2019 Fall Meeting of The Korean Ceramic Society

2019
한국세라믹학회
추계학술대회 및 총회

일시_ 2019년 11월 13일(수) ~ 15일(금)

장소_ 서울 COEX



THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한국세라믹학회

www.healingyo.com

쉐프보다 더 까다로운
이상민이 선택한 건강조리기

힐링요
HEALINGYO
(주)에릭스도자기



이제는 열이 아닌 빛으로 조리한다.



힐링요는 전자레인지의 전자파를 흡수하여 생명체에 이로운 생육광선으로 변환하고 또한 생육광선이 물(H_2O)을 만나 공명흡수현상을 일으켜 음식물이 저분자, 이온화 되는 **노벨물리학상 원리**를 제품화한 **전자레인지 전용, 기능성 도자기** 제품입니다. (한 / 중 / 일 발명특허)

[2편의 노벨물리학상 원리가 들어있는 힐링요]

1. 전자파 흡수 ⇒ 생육광선으로 변환
   - 양자역학 (자기공명)
   - 리처드파인먼 (1965년 노벨물리학상 수상)
2. 공명흡수현상 ⇒ 저분자, 이온화 시킴
   - 광전효과 (E=hf)
   - 아인슈타인 (1921년 노벨물리학상 수상)

현재 대중화된 조리방식
열 火식 = 질병식

1. 영양소파괴 2. 산성노폐물 발생 3. 생체에너지 소멸 (死)

산성노폐물 : 탄수화물, 지방, 단백질에 열을 가하면 산화 되면서 발생하는 독소
→ 고혈압, 당뇨, 암 등 모든 질병의 주범

※산소부족이론 : 산소부족이 만병의 근원이다 (독일 dr. warburg - 1931, 노벨 생리의학상)

생체에너지 : 열로 조리된 음식은 생체에너지 90%이상 소멸

※생체광자이론 - 독일 물리학자, 알버트 포프

건강하고 맛있는 조리방식
빛 光식 = 건강식

1. 영양소증가 2. 알칼리약성화 3. 생체에너지 증가 (生)



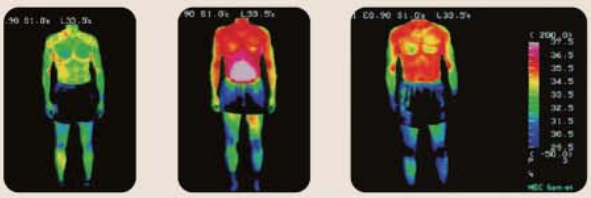
1. 쉽고 빠르다
   전자레인지에 3~10분이면 OK!
2. 맛있다
   촉촉하게, 저분자, 이온화
3. 건강하다
   영양소, 에너지, 흡수율 증가

힐링요
HEALINGYO

1. 체온1도 찜질기



면역력, 기혈순환, 세포활성화, 염증, 증금속, 노폐물 배출



찜질 전 → 1시간 사용 → 중단 후 3시간

☆1시간 만에 체온 2도 이상 올릴 수 있는 찜질기

2. 알칼리 이온 주전자



알칼리 이온수로 생육을 촉진하고 체내 독소·노폐물 배출



생육촉진수
생육광선은 산소와 파동에너지를 증가시켜 생육을 촉진하는 작용을 합니다

알칼리 이온수
공명흡수현상으로 물분자를 이온화(H^+, OH^-)시켜 알칼리 이온수가 됩니다

저분자 약선수
생육광선의 파동에너지로 독성을 제거하고, 향과 풍미가 넘치는 저분자 약선수가 됩니다

3. 저분자, 이온 조리기



영양소 파괴, 독소 없는 저분자, 이온화된 건강식



힐링요는 식재료의 성분을 **저분자, 이온화**하여 **소화, 흡수**가 잘되고, 감칠맛을 내는 **아미노산 증가**로 부드럽고, 맛이 좋아지는 **결과**를 보임

*[힐링요의 특성 분석 보고서] 식재료 별 힐링요를 이용한 조리 및 분석 실험결과 / (주)다손, 서울대, 2013. 12. 30

탄소유기체에너지소재연구단

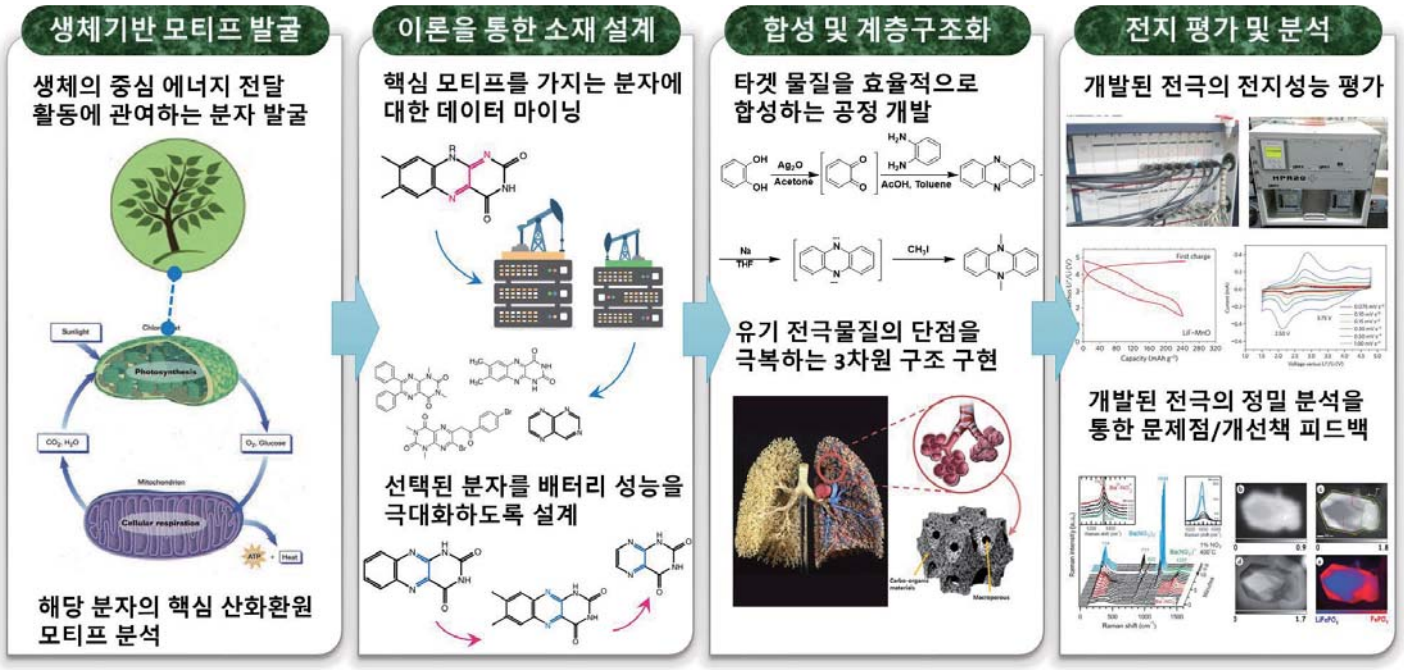
연구목표

기존 전이금속 기반 에너지저장 소재를 대체할 수 있는 고성능 카보-올가닉 소재 개발

다양한 생체 유래 분자로부터 새로운 종류의 카보-올가닉 소재군 발굴

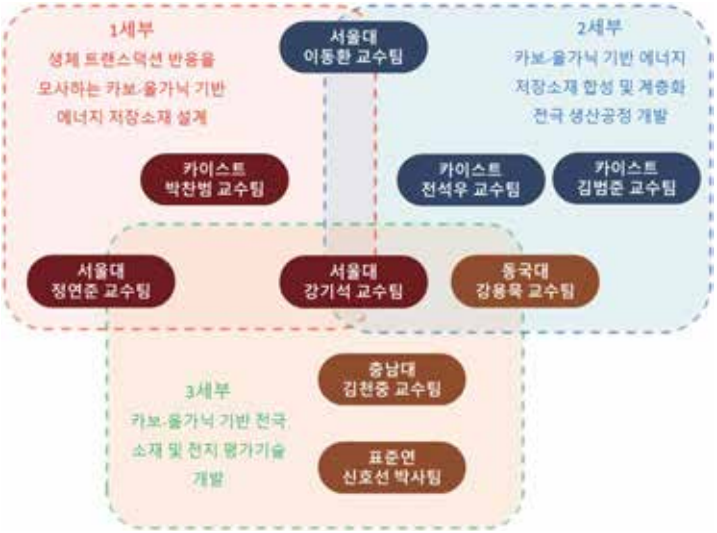
연구방법론

자연계에 존재하는 고효율 생체 트랜스덕션 반응을 역공학적으로 재설계하여 소재 개발



연구단 소개





연구단 연락처

연구단장 강기석 교수
서울대학교 재료공학부
E-mail : matlgen1@snu.ac.kr
TEL : 02-880-7088



김민주 행정원 E-mail : konotono2357@hanmail.net
TEL : 02-880-7165
이세찬 연구원 E-mail : lsc1126@snu.ac.kr
TEL : 02-880-7102

2019 한국세라믹학회 추계학술대회

여성세라미스트 멘토링 워크숍

▣ 일 시 : 2019년 11월 15일(금) 12:30-14:30
▣ 장 소 : 코엑스 컨퍼런스룸(남) 317B

12:30-12:50 등록/점심스낵
12:50-12:55 축사 김응수 한국세라믹학회 회장
12:55-13:00 WISET-KCERS 젊은여성연구자상 및 차세대여성세라미스트 논문상 안내
13:00-14:30 전문가 특강 및 멘토링 세션

진행: 이종숙 교수(전남대)

Digital transformation 기업의 변화에 대한 이해



주지원 ASHLEY JOO

Camp Cloud Partner
Data and CX Strategy

서울대학교 무기재료공학 박사학위.
Univ. Pennsylvania, Wharton School MBA.
BCG등 컨설팅사와 국내대기업전략,신사업개발과 운영.
온라인 커머스 및 이동통신사 마케팅/신사업담당 임원.

Focus

고객 행동 관찰/경험 분석 및 User Experience 설계.
브랜드 및 채널 전략, 마케팅/영업전략 수립.
모바일/온라인 서비스 전략 및 상세 설계.
마케팅/영업 현황 개선 전략 및 실행.

❖ 온라인 등록 https://forms.gle/PVMZaEqCGmrtyof2A
❖ 사전등록자 점심제공/기념품 증정

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한국세라믹학회
여성세라미스트부회
WOMEN CERAMISTS DIVISION

WISET
한국여성과학기술인지원센터

한국세라믹학회 시상 안내

춘계학술대회

- **공로상:** 본 학회의 발전에 공로가 극히 많은 원로 회원
- **학술상:** 세라믹에 관한 저서 및 논문 등으로 세라믹학술 발전에 크게 이바지한 회원
- **기술상:** 국내외 세라믹산업의 기술 발전에 크게 이바지한 회원
- **진명상:** 한국세라믹학회 회원으로 지난 5년간 세라믹계의 연구개발 및 생산 분야에서 종사한 자로서, 세라믹관계 연구 논문 및 특허 또는 탁월한 산업화 기술창출이 세라믹 발전에 지대한 공헌을 하였다고 인정되는 여성 세라미스트
- **양송포스터상:** 한국세라믹학회 학생회원으로 세라믹을 전공하는 자로서, 세라믹관련 우수포스터를 발표하여 세라믹발전에 공헌을 하였다고 인정되는 개인 또는 단체
- **삼성전기 우수포스터상:** 양송포스터상 신청자 중 MLCC 관련 세션에 포스터를 발표하는 회원
- **삼성전기 세라미스트상:** 세라믹분야에서 우수한 연구 성과를 이룬 학부/대학원생

추계학술대회

- **학술진보상:** 세라믹에 관한 창의적 학술논문을 본 학회지에 최근 3년 내에 발표한 신진 학자로서 회원인자
- **기술진보상:** 세라믹에 관한 우수한 산업기술을 최근 3년 내에 개발한 신진기술자로 회원인 자
- **성옥상:** 한국세라믹학회 회원으로 10년 이상 세라믹계의 연구개발 및 생산분야에서 종사한자로서, 세라믹관계 연구 논문 및 특허 또는 탁월한 산업화 기술창출이 세라믹 발전에 지대한 공헌을 하였다고 인정되는 개인 또는 단체
- **양송논문상:** 한국세라믹학회 회원으로 한국세라믹학회지에 우수한 논문을 많이 발표하여 세라믹분야 및 학회의 발전에 지대한 공헌을 하였다고 인정되는 개인
- **양송세라모그라피:** 한국세라믹학회 회원으로 우수한 세라믹관련 세라모그라피를 발표하여 세라믹 발전에 지대한 공헌을 하였다고 인정되는 개인 또는 단체
- **양송포스터상:** 한국세라믹학회 학생회원으로 세라믹을 전공하는 자로서, 세라믹관련 우수포스터를 발표하여 세라믹발전에 공헌을 하였다고 인정되는 개인 또는 단체
- **삼성전기 우수포스터상:** 양송포스터상 신청자 중 MLCC 관련 세션에 포스터를 발표하는 회원
- **젊은세라미스트상:** 한국세라믹학회 회원으로 지난 5년간 세라믹연구분야에 탁월한 업적을 가진 전도가 유망한 젊은 연구자에게 수여
- **차세대여성세라미스트 논문상:** 한국세라믹학회지에 40세 미만 또는 최고학위 (석사 또는박사) 졸업 후 6년 미만의 주저자인 논문 중에서 "차세대여성세라미스트 우수논문"을 발탁하여 시상
- **학술기여상:** 학술지 발전에 공헌하여 편집위원회의 추천을 받은 회원에게 시상 (금상, 은상, 동상)
- **PACRIM 세라미스트상:** 세라믹 분야에서 우수한 연구 성과를 이룬 학부 및 대학원생에게 해외학술대회 발표의 기회를 부여함
- **삼성전기 세라미스트상:** 세라믹분야에서 우수한 연구 성과를 이룬 학부/대학원생
- **KICET 학술연구상:** 한국세라믹학회 회원으로 세계적 수준의 연구를 통해 학술지 국제화에 기여한 중견과학자에게 수여
- **대주 신진과학자상:** 한국세라믹학회 회원으로 연구업적이 우수하고 학술지 국제화에 기여한 신진과학자에게 수여

학술상추천안내

1. 수상자

– 학술상의 수상자는 매년 1명 이내로 하며, 당해년도에 수상대상자가 없는 경우에는 시상하지 않는다.

2. 수상자의 자격

– 수상자는 한국세라믹학회 회원으로 10년 이상 세라믹에 관한 저서 및 논문 등으로 세라믹 학술 발전에 지대한 공헌을 하였다고 인정되는 개인에 한한다.

3. 수상후보자의 추천

– 수상후보자의 추천은 수상자의 자격을 갖춘 개인 중 본 학회 회원 3인 이상이 추천하거나 세라믹관련 단체장의 추천에 의한다.

4. 제출서류 (추천구비서류)

– 추천자는 다음 각 호의 서류를 갖추어 마감일까지 한국세라믹학회 포상위원회에 제출하여야 한다.

1) 추천서 1통 (자유 서식) – 추천인 중 대표 1인이 작성해도 무방하나 3인 모두의 서명 필요

2) 수상후보자의 이력서 1통 (논문 목록 수록)

3) 수상후보자 증빙자료 1부 –수상후보자의 국내 또는 국외 학술지 대표논문 3개 이상 (파일 또는 별쇄본 첨부) 또는 대표 저서

5. 접수기간

– 2019년 12월 31일(화) 17시까지 한국세라믹학회 사무실에 접수완료 하여야 함.

6. 수상자 발표

– 2020년 2월 중

7. 수상일자 및 기념 강연

– 2020년 4월 춘계학술대회 시(수상자는 춘계학술대회에서 기념강연을 하고, 3개월 이내 한국세라믹학회지에 논문기고를 하여야 한다.)

8. 시상

– 학술상패 및 부상(500만원)

9. 접수 및 문의처

– (06704) 서울시 서초구 방배로 76 머리재빌딩 403호
한국세라믹학회(Tel.02)584–0185, Fax.02)586–4582, e–mail:ceramic@kcers.or.kr)

기술상추천안내

1. 수상자

– 기술상의 수상자는 매년 2명 이내로 하며, 당해연도 수상대상자가 없는 경우에는 시상하지 않는다.

2. 수상자의 자격

– 수상자는 한국세라믹학회 회원으로 10년 이상 국내외 세라믹산업의 기술발전에 크게 이바지하였다고 인정되는 개인에 한한다.

3. 수상후보자의 추천

– 수상후보자의 추천은 수상자의 자격을 갖춘 개인 중 본 학회 회원 3인 이상이 추천하거나 세라믹관련 단체장의 추천에 의한다.

4. 제출서류 (추천구비서류)

– 추천자는 다음 각 호의 서류를 갖추어 마감일까지 한국세라믹학회 포상위원회에 제출하여야 한다.

1) 추천서 1통 (자유 서식) – 추천인 중 대표 1인이 작성해도 무방하나 3인 모두의 서명 필요
2) 수상후보자의 이력서 1통
3) 수상후보자의 기술개발 업적(특허 등) 증빙자료

5. 접수기간

– 2019년 12월 31일(화) 17시까지 한국세라믹학회 사무실에 접수완료 하여야 함.

6. 수상자 발표

– 2020년 2월 중

7. 수상일자

– 2020년 4월 춘계학술대회 시

8. 접수 및 문의처

– (06704) 서울시 서초구 방배로 76 머리재빌딩 403호
한국세라믹학회(Tel.02)584–0185, Fax.02)586–4582, e–mail:ceramic@kcers.or.kr)

2020 한국세라믹학회 춘계학술대회 및 총회

2020년 4월 8~10일 / 경주화백컨벤션센터

발표분야

▶ 일반세션

G1. 전자 세라믹스
G2. 에너지 환경 세라믹스
G3. 엔지니어링 세라믹스
G4. 나노융합 세라믹스
G5. 바이오 세라믹스
G6. 유리 및 비정질 세라믹스
G7. 내화물 및 시멘트 세라믹스
G8. 전산재료과학 및 재료분석
G9. 생활 및 전통 세라믹스

▶ 주제별 심포지엄

심포지엄 개최를 원하시는 회원(비회원도 가능) 또는 부회는 개최 신청서를 작성하여 제출

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한국세라믹학회
서울특별시 서초구 방배로 76, 머리재빌딩403호
T.02-584-0185, 588-5140

The Korean Ceramic Society

2020년 한국세라믹학회 춘계학술대회

심포지엄 개최 신청서

한국세라믹학회 춘계학술대회가 2020년 4월 8~10일 3일간 경주화백컨벤션센터에서 개최됩니다.

이번 학술대회에 심포지엄을 개최하고자 하시는 회원과 각 부회 및 세라믹관련 연구그룹, 사업단의 많은 참여를 바라며, 본 개최신청서를 작성하신 후 12월 31일(화요일)까지 학회 이메일로 송부해 주시기 바랍니다. 비회원님들의 신청도 환영합니다.

신청 및 개최지원 문의: 02-584-0185, ceramic@kcers.or.kr

심포지엄 명	(국문) (영문)
조직위원 정보	조직위원장: 공동 조직위원: 대표 연락처:
심포지엄 개요 (간단히)	
심포지엄 세부 분야 (개조식)	- - - -
예상 참가 발표 건수	초청 강연 발표 건수: (국외참가자 구분요망) 일반 구두 발표 건수: 포스터 발표 건수:
필요 좌석수 (룸배정)	
기타 고려 사항	예) 초청강연으로만 구성되는 여부, 진행시 지원, 요구사항 등.

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한국세라믹학회
서울특별시 서초구 방배로 76, 머리재빌딩 403호
T.02-584-0185, 588-5140

2019 Fall Meeting of The Korean Ceramic Society

2019 한국세라믹학회 추계학술대회 및 총회

일시_ 2019년 11월 13일(수) ~ 15일(금)

장소_ 서울 COEX



THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한국세라믹학회

모시는 말씀

존경하는 한국세라믹학회 회원 여러분

풍요로운 결실의 계절인 가을을 맞이하여 회원 여러분의 가정에 행복과 기쁨이 항상 가득하시기를 기원합니다.

한국세라믹학회는 11월 13일 (수)부터 15일 (금)까지 서울 코엑스 (COEX)에서 2019년 추계 학술대회 및 총회를 개최합니다. 본 학술 대회가 회원님들께서 연구하신 소중한 연구결과들을 발표하고 또한 활발한 토론을 통하여 여러분의 연구와 한국 세라믹 분야의 발전에 도움이 되는 장이 되기를 기원합니다. 나아가 회원 여러분들의 교류와 친목을 다지는 기회가 되기를 간절히 바랍니다.

이번 학술발표회에서는 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology의 Kazumi Kato 박사님, Xi'an Jiaotong University의 Lionel Vayssieres 교수님, Tsinghua University의 Cewen Nan 교수님, 산업통상자원부의 강 경성 국장님의 기조강연과 3개의 특별 Keynote 강연이 발표될 예정입니다. 나아가 24개의 Keynote 강연으로 구성된 4대 미래기술심포지엄과 20개의 분야별 특별 심포지엄 및 9개의 일반 세션을 포함하여 총 840여편의 논문이 발표될 예정입니다.

여러 가지 업무로 바쁘시겠지만 서울 코엑스에서 열리는 2019년 추계 한국세라믹 학술대회에 회원 여러분들께서 적극 참석하시어 활발한 학문적인 토론과 연구 정보를 교류하는 유익한 시간을 가지시기 바랍니다. 저희 조직위원회에서는 본 행사 기간 동안에 회원 여러분께서 불편함 없이 뜻깊고 유익한 시간을 가지실 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

본 추계 학술대회의 성공적인 개최를 위하여 회원 여러분의 성원과 아낌없는 지원을 부탁드리며 코엑스에서 건강한 모습으로 만나 뵙기를 기원 합니다.

2019년 한국세라믹학회 추계학술대회 조직위원회 위원 일동

2019 한국세라믹학회 추계 학술대회 조직위원회

2019년 11월 13일(수) ~ 15일(금) | 서울 COEX

【 조 직 위 원 장 】 · 박형호(연세대)

【 학술프로그램위원장 】 · 이규형(연세대)

【 조 직 부 위 원 장 】

· 송규호(대구기계부품연구원) · 윤석영(부산대) · 윤석현(삼성전기) · 최지원(KIST)

【 조 직 위 원 회 】

· 권우택(KICET)
· 김윤석(성균관대)
· 박민혁(부산대)
· 백승협(KIST)
· 심우영(연세대)
· 육종민(KAIST)
· 이상훈(서울대)
· 이정헌(성균관대)
· 이희수(부산대)
· 최용규(항공대)
· 황광택(KICET)
· 김대종(KAERI)
· 김종현(포항공대 가속기연구소)
· 박영조(KIMS)
· 서민수(KIER)
· 양상모(숙명여대)
· 이관형(서울대)
· 이성민(KICET)
· 이정훈(광운대)
· 임재홍(가천대)
· 한병동(KIMS)
· 황규홍(경상대)
· 김동완(고려대)
· 류성수(KICET)
· 박종성(명지대)
· 신원호(광운대)
· 오민욱(한밭대)
· 이기성(국민대)
· 이승용(KIST)
· 이현권(금오공대)
· 최 균(KICET)
· 한상수(KIST)
· 황호연(한국세라믹연합회)
· 김득중(성균관대)
· 박대환(경남대)
· 배중면(KAIST)
· 신효순(KICET)
· 유영준(충남대)
· 이명현(KICET)
· 이응원(세라믹기술사부회)
· 이홍림(한국세라믹학회 산학연협력위원회)
· 최시영(포항공대)
· 한영환(우한공대)

【 심포지엄 Organizer 】

세션 구분	세션명	Organizer
일반세션		
G1	전자세라믹스	박종성(명지대)
G2	에너지환경 세라믹스	이규형(연세대)
G3	엔지니어링 세라믹스	류성수(KICET)
G4	나노 융합 세라믹스	신원호(광운대), 임재홍(가천대)
G5	바이오 세라믹스	이정헌(성균관대)
G6	유리 및 비정질 세라믹스	최용규(항공대)
G7	내화물 및 시멘트 세라믹스	이기성(국민대)
G8	전산재료과학 및 재료분석	김윤석(성균관대), 오민욱(한밭대)
G9	생활 및 전통 세라믹스	황광택(KICET)
4대 미래기술 특별 심포지엄		
S1	스마트 미래기술	백승협(KIST), 이관형(서울대)
S2	에너지/바이오 미래기술	김동완(고려대), 이정훈(광운대)
S3	물질창제 미래기술	심우영(연세대), 한상수(KIST)
S4	세라믹소재 자립의 디딤돌, 원료	이명현(KICET), 이현권(금오공대)
특별 심포지엄		
SS1	제5회 한국 세라믹산업 발전을 위한 산 · 학 · 연 협력 및 한국세라믹기술사 공동 심포지엄	황호연(한국세라믹연합회), 이응원(한국세라믹기술사부회), 이홍림(한국세라믹학회 산 · 학 · 연 협력 위원회)
SS2	한국화학관련연합회 특별 심포지엄	김득중(성균관대), 이기성(국민대)
SS3	반도체장비용 세라믹 핵심부품 심포지엄	이성민(KICET), 이현권(금오공대)
SS4	수동소자용 소재 및 공정 기술 심포지엄	윤석현(삼성전기), 이순일(창원대)
SS5	세라믹 제조혁신 플랫폼 심포지엄	신효순(KICET)
SS6	제13회 세라믹스 표준화 심포지엄	이희수(부산대)
SS7	세라믹 복합체의 연구개발 동향 및 과제 심포지엄	김대종(KAERI), 최균(KICET)
SS8	수소경제 실현을 위한 SOFC 및 SOEC 신기술 심포지엄	배중면(KAIST)
SS9	첨단 방사광 기술과 세라믹 소재 개발 심포지엄	김종현(포항공대 가속기연구소), 한병동(KIMS)
SS10	신기능성 산화물의 물성 이해 및 응용 심포지엄	박민혁(부산대), 양상모(숙명여대)
SS11	고기능 세라믹 소결 심포지엄	한영환(우한공대), 황규홍(경상대)
SS12	투과전자현미경을 이용한 기능성 소재의 구조 분석 심포지엄	육종민(KAIST), 최시영(포항공대)
SS13	주사탐침현미경을 이용한 기능성 소재의 표면 연구 심포지엄	김윤석(성균관대), 유영준(충남대)
SS14	세라믹 골대체재의 개발 현황 심포지엄	이상훈(서울대)
SS15	인공지능 및 전산재료과학을 이용한 재료설계 심포지엄	오민욱(한밭대)
SS16	4차산업혁명대응 바이오융합세라믹스 심포지엄	박대환(경남대)
SS17	세라믹 소재 기반 열재생 기술 심포지엄	서민수(KIER)
SS18	다결정 투명 세라믹스 심포지엄	박영조(KIMS)
SS19	Entrepreneurship 연구회 워크숍	이승용(KIST)
SS20	에너지효율세라믹 심포지엄	권우택(KICET)

목 차

일정표 4

초록 전문

- 구두 발표 109
- Poster－Ⅰ (수) 177
- Poster－Ⅱ (목) 239

발표자 리스트 301

좌장 리스트 317

일정표

2019년 11월 13일(수)

수(11/13)	402	403	300	317A	317B	317C	318A	318B	318C	327A	327B	327C	328	324
13:00-13:30	SS7 세라믹 복합체의 연구개발 동향 및 과제 심포지엄 Organizer 최균(KICET), 김대종(KAERI)	SS8 수소경제 실현을 위한 SOFC 및 SOEC 신기술 심포지엄 Organizer 배중면(KAIST)	SS3 반도체장비용 세라믹 핵심부품 심포지엄 Organizer 이현권(금오공대), 이성민(KICET)	SS2 한국화학관련 학회연합회 특별 심포지엄 Organizer 김득중(성균관대), 이기성(국민대)	SS14 세라믹 골대체재의 개발 현황 심포지엄 Organizer 이상훈(서울대)	SS19 Entrepreneurship 연구회 워크숍 Organizer 이승용(KIST)	SS10 신기능성 산화물의 물성 이해 및 응용 심포지엄 Organizer 양상모(숙명여대), 박민혁(부산대)	SS12 투과전자현미경을 이용한 기능성 소재의 구조 분석 심포지엄 Organizer 육종민(KAIST), 최시영(포항공대)	SS13 주사탐침현미경을 이용한 기능성 소재의 표면 연구 심포지엄 Organizer 유영준(충남대), 김윤석(성균관대)	SS4 수동소자용 소재 및 공정 기술 심포지엄 Organizer 윤석현(삼성전기), 이순일(창원대)	SS5 세라믹 제조혁신 플랫폼 심포지엄 Organizer 신효순(KICET)	G4 나노 융합 세라믹스 Organizer 신원호(광운대), 임재홍(가천대)	G3 엔지니어링 세라믹스 Organizer 류성수(KICET)	SS17 세라믹 소재 기반 열재생 기술 심포지엄 Organizer 서민수(KIER)
13:30-14:00														
14:00-14:30														
14:30-15:00														
15:00-15:30														
15:30-16:00														
16:00-16:10														
16:10-16:50	기조강연 I (402호) : 강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)													
16:50-17:00														
17:00-17:30	포스터세션(전시장 C홀) 및 웰컴파티													
17:30-18:00														
18:00-19:00														

2019년 11월 14일(목)

목(11/14)	402	403	317A	317B	317C	318A	318B
08:00~	등록						
08:30-09:00	특별 키노트 세션 – 오제민 교수(동국대) – 이우영 교수(연세대) – Prof. Kazuyoshi Kanamori(Kyoto Univ.)	SS8 수소경제 실현을 위한 SOFC 및 SOEC 신기술 심포지엄	SS7 세라믹 복합체의 연구개발 동향 및 과제 심포지엄	G1 전자세라믹스	G2 에너지환경 세라믹스	G3 엔지니어링 세라믹스	G5 바이오 세라믹스
09:00-09:30							
09:30-10:00							
10:00-10:10	개회식 (402호)						
10:10-10:50	기조강연 II (402호) : Prof. Lionel Vayssieres (International Research Center for Renewable Energy, Xi'an Jiaotong University)						
10:50-11:30	기조강연 III (402호) : Dr. Kazumi Kato (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)						
11:30-12:50	점심 + 총회 (402호)						
12:50-13:30	기조강연IV (402호) : Prof. Cewen Nan (Materials Science and Engineering, Tsinghua University)						
13:30-13:50	성옥상 기념강연 (402호)						
13:50-14:00							
14:00-14:30	**4대 미래기술 특별 심포지엄** S1. 스마트 미래기술(Organizer: 이관형(서울대), 백승협(KIST)) (300호) S2. 에너지/바이오 미래기술(Organizer: 김동완(고려대), 이정훈(광운대)) (317호) S3. 물질창제 미래기술(Organizer: 심우영(연세대), 한상수(KIST)) (318호) S4. 세라믹 소재 자립의 디딤돌, 원료(Organizer: 이현권(금오공대), 이명현(KICET)) (327호)						
14:30-15:00							
15:00-15:30							
15:30-15:40							
15:40-16:10							
16:10-16:40							
16:40-17:10							
17:10-17:40	포스터 세션(전시장C홀)						
17:40-18:10							
18:10-19:00	세라미스트의 밤(그랜드볼룸)						
19:00-20:00							

일정표

2019년 11월 15일(금)

금(11/15)	402	403	317A	317B	317C	318A	318B	318C	327A	327B	327C	328	324	325
08:30-09:00	G2 에너지환경 세라믹스 Organizer 이규형(연세대)	SS9 첨단 방사광 기술과 세라믹 소재 개발 심포지엄 Organizer 김종현 (포항공대 가속기연구소), 한병동(KIMS)	SS6 제13회 세라믹스 표준화 심포지엄 Organizer 이희수(부산대)	G6 유리 및 비정질 세라믹스 Organizer 최용규(항공대)	SS20 에너지효율 세라믹 심포지엄 Organizer 권우택(KICET)	SS1 한국 세라믹 산업 발전을 위한 산 · 학 · 연 협력 및 한국 세라믹기술사 공동 심포지엄	SS16 4차산업혁명 대응 바이오융합 세라믹스 심포지엄 Organizer 박대환(경남대)	SS18 다결정 투명 세라믹스 심포지엄 Organizer 박영조(KIMS)	G8 / SS15 전산재료과학 및 재료분석 / 인공지능 및 전산재료과학을 이용한 재료설계 Organizer 오민욱(한밭대)	G5 바이오 세라믹스 Organizer 이정현(성균관대)	G1 전자세라믹스 Organizer 박종성(명지대)	SS11 고기능 세라믹 소결 심포지엄 Organizer 한영환(우한공대), 황규홍(경상대)	G1 전자세라믹스 Organizer 박종성(명지대)	G2+G4 / G7+G9 내화물 및 시멘트 세라믹스, 전통 세라믹스 Organizer 이기성(국민대), 황광택(KICET)
09:00-09:30														
09:30-10:00														
10:00-10:30														
10:30-11:00														
11:00-11:30														
11:30-12:00														
12:00-12:30	폐회식(402호) : 시상 및 경품 추첨													
12:30-13:00			SS6 제13회 세라믹스 표준화 심포지엄 Organizer 이희수(부산대)	여성 세라미스트 멘토링 워크숍 Organizer 이종숙(전남대)	SS20 에너지효율세라믹 심포지엄 Organizer 권우택(KICET)	SS1 Organizer 황호연 (한국세라믹연합회), 이응원 (한국세라믹기술사부회), 이홍림 (한국세라믹학회 산학연협력위원회)								
13:00-14:00														
14:00-15:00														
15:00-16:00														
16:00-17:00														
17:00-18:00														

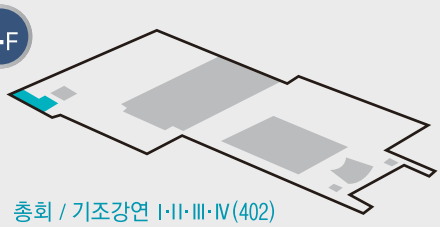
일반세션 및 심포지엄 발표 일정

세션구분	세션명	Organizer	발표 번호	발표 일자	Room
G1	전자세라믹스	박종성(명지대)	G1-1~G1-5	11월 14일(목) 08:20-09:50	317B
			G1-6~G1-17	11월 15일(금) 08:30-12:00	327C
			G1-18~G1-30	11월 15일(금) 08:30-12:00	324
G2	에너지환경세라믹스	이규형(연세대)	G2-1~G2-5	11월 14일(목) 08:30-09:50	317C
			G2-6~G2-18	11월 15일(금) 08:30-12:00	402
			G2-19~G2-21	11월 15일(금) 08:30-09:15	325
G3	엔지니어링세라믹스	류성수(KICET)	G3-1~G3-9	11월 13일(수) 13:00-15:45	328
			G3-10~G3-14	11월 14일(목) 08:30-09:45	318A
G4	나노융합세라믹스	신원호(광운대), 임재홍(가천대)	G4-1~G4-11	11월 13일(수) 13:00-16:05	327C
			G4-12~G4-16	11월 15일(금) 09:15-10:30	325
G5	바이오 세라믹스	이정헌(성균관대)	G5-1~G5-4	11월 14일(목) 08:45-09:45	318B
			G5-5~G5-10	11월 15일(금) 09:00-11:30	327A
G6	유리 및 비정질 세라믹스	최용규(항공대)	G6-1~G6-14	11월 15일(금) 08:30-12:30	317B
G7	내화물 및 시멘트 세라믹스	이기성(국민대)	G7-1~G7-3	11월 15일(금) 11:00-12:00	325
G9	생활 및 전통 세라믹스	황광택(KICET)	G9-1		
G8	전산재료과학 및 재료분석	김윤석(성균관대), 오민욱(한밭대)	G8-1~G8-4	11월 15일(금) 08:30-10:00	327A
S1	4대 미래기술 특별 심포지엄: 스마트 미래기술	백승협(KIST), 이관형(서울대)	S1-1~S1-6	11월 14일(목) 14:00-17:10	300
S2	4대 미래기술 특별 심포지엄: 에너지/바이오 미래기술	김동완(고려대), 이정훈(광운대)	S2-1~S2-6	11월 14일(목) 14:00-17:10	317
S3	4대 미래기술 특별 심포지엄: 물질창제 미래기술	심우영(연세대), 한상수(KIST)	S3-1~S3-6	11월 14일(목) 14:00-17:10	318
S4	4대 미래기술 특별 심포지엄: 세라믹소재 자립의 디딤돌, 원료	이명현(KICET), 이현권(금오공대)	S4-1~S4-6	11월 14일(목) 14:00-17:10	327
SS1	제5회 한국 세라믹산업 발전을 위한 산 · 학 · 연 협력 및 한국세라믹기술사 공동 심포지엄	황호연(한국세라믹연합회), 이응원(한국세라믹기술사부회), 이홍림(한국세라믹학회 산 · 학 · 연 협력 위원회)	SS1-1~SS1-6	11월 15일(금) 10:00~17:00	318A
SS2	한국화학관련연합회 특별 심포지엄	김득중(성균관대), 이기성(국민대)	SS2-1~SS2-3	11월 13일(수) 13:30~18:00	317A
SS3	반도체장비용 세라믹 핵심부품 심포지엄	이성민(KICET), 이현권(금오공대)	SS3-1~SS3-8	11월 13일(수) 13:00~16:00	300
SS4	수동소자용 소재 및 공정 기술 심포지엄	윤석현(삼성전기), 이순일(창원대)	SS4-1~SS4-7	11월 13일(수) 13:00~16:10	327A
SS5	세라믹 제조혁신 플랫폼 심포지엄	신효순(KICET)	SS5-1~SS5-9	11월 13일(수) 13:00~16:00	327B
SS6	제13회 세라믹스 표준화 심포지엄	이희수(부산대)	SS6-1~SS6-10	11월 15일(금) 09:00~15:30	317A
SS7	세라믹 복합체의 연구개발 동향 및 과제 심포지엄	김대종(KAERI), 최균(KICET)	SS7-1~SS7-7	11월 13일(수) 13:00~16:00	402
SS8	수소경제 실현을 위한 SOFC 및 SOEC 신기술 심포지엄	배중면(KAIST)	SS8-1~SS8-11	11월 13일(수) 13:00~16:00	403
			SS8-12~SS8-16	11월 14일(목) 08:30-09:45	403
SS9	첨단 방사광 기술과 세라믹 소재 개발 심포지엄	김종현(포항공대 가속기연구소), 한병동(KIMS)	SS9-1~SS9-6	11월 15일(금) 09:30~12:15	403
SS10	신기능성 산화물의 물성 이해 및 응용 심포지엄	박민혁(부산대), 양상모(숙명여대)	SS10-1~SS10-9	11월 13일(수) 13:00~16:00	318A
SS11	고기능 세라믹 소결 심포지엄	한영환(우한공대), 황규홍(경상대)	SS11-1~SS11-8	11월 15일(금) 08:30~11:40	328
SS12	투과전자현미경을 이용한 기능성 소재의 구조 분석 심포지엄	육종민(KAIST), 최시영(포항공대)	SS12-1~SS12-6	11월 13일(수) 13:00~16:00	318B
SS13	주사탐침현미경을 이용한 기능성 소재의 표면 연구 심포지엄	김윤석(성균관대), 유영준(충남대)	SS13-1~SS13-9	11월 13일(수) 13:00~16:00	318C
SS14	세라믹 골대체재의 개발 현황 심포지엄	이상훈(서울대)	SS14-1~SS14-9	11월 13일(수) 13:00~17:45	317B
SS15	인공지능 및 전산재료과학을 이용한 재료설계 심포지엄	오민욱(한밭대)	SS15-1~SS15-3	11월 15일(금) 10:30~11:30	327A
SS16	4차산업혁명대응 바이오융합세라믹스 심포지엄	박대환(경남대)	SS16-1~SS16-6	11월 15일(금) 10:00~12:00	318B
SS17	세라믹 소재 기반 열재생 기술 심포지엄	서민수(KIER)	SS17-1~SS17-8	11월 13일(수) 13:00~16:00	324
SS18	다결정 투명 세라믹스 심포지엄	박영조(KIMS)	SS18-1~SS18-9	11월 15일(금) 08:30~12:00	318C
SS19	Entrepreneurship 연구회 워크숍	이승용(KIST)	SS19-1~SS19-4	11월 13일(수) 13:00~15:00	317C
SS20	에너지효율세라믹 심포지엄	권우택(KICET)	SS20-1~SS20-9	11월 15일(금) 10:30~15:50	317C

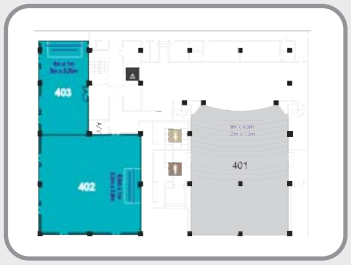
2019 한국세라믹학회 회의장 안내

COEX 컨퍼런스룸(남쪽) 3F, 4F, 1F 및 C Hall

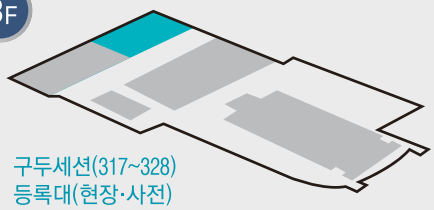
4F



총회 / 기조강연 I·II·III·IV(402)
개회식 / 폐회식 / 성옥상 기념강연(402)



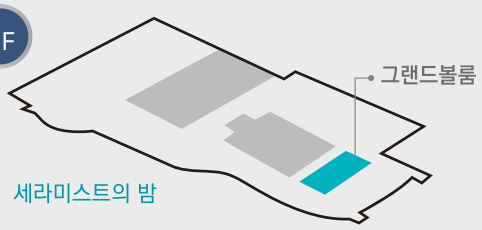
3F



구두세션(317~328)
등록대(현장·사전)

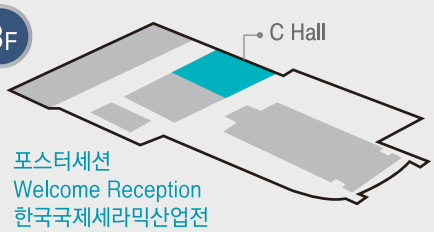


1F



세라미스트의 밤

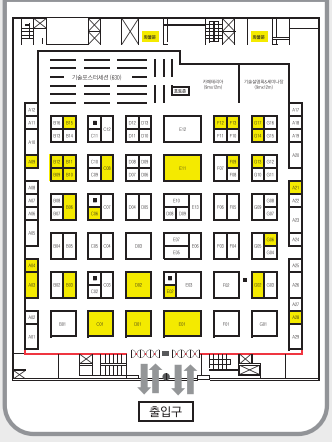
3F



포스터세션
Welcome Reception
한국국제세라믹산업전

참가업체	부스번호
부산대학교	A03
(주)테스칸코리아	A04
(주)펨토사이언스	A09
㈜솔텍트레이딩	A21
Springer	A26
모간	B03
(주)화신기계상사	B06
주식회사 넥스트론	B09
파크시스템즈	B10
주식회사 퓨전텍	B11
㈜한테크	B12
㈜네오사이언스	B15
재료연구소	C01
㈜플루시스	C06
대구기계부품연구원	C08
대구기계부품연구원 첨단공구기술지원센터	C08
한국세라믹기술원(본원)	D01
전남테크노파크	D02
삼성전기	E01
㈜엘전토탈솔루션	E02
캐리마	E11
에이티이랩	F09
브루커코리아㈜	F12
㈜쎄노텍	F13
시마즈코리아	G02
(주)고순도코리아	G06
(주)신코엔텐티	G13
태명과학(주)	G14
이그젝트 티알엠	G17

한국세라믹학회 ZONE



Plenary Lecture 1

11월 13일(수) 16:10-16:50, 402호



강경성 국장 (산업통상자원부)

소재부품산업정책관

소재 · 부품 · 장비 산업의 미래

소재 · 부품 · 장비 산업은 제조업의 허리이자 경쟁력의 핵심요소이다. 특히 4차 산업혁명의 주도권은 경량화, 융 · 복합화, 스마트화를 구현하는 소재 · 부품 · 장비에 좌우된다고 할 수 있다. 하여 그간 우리는 '01년 부품 · 소재특별법 제정과 함께 현재까지 R&D에 5.4조원을 투입하였으며, 외형성장과 경쟁력 강화 등에 기여하였다. 그 결과 현재 소재 · 부품 · 장비산업은 생산이 3배('01년 240조원 → '17년 786조원), 수출은 5배('01년 646억불 → '18년 3,409억불) 증가하였다. 그러나 외형성장의 이면에는 범용제품 위주의 추격형 제품에 한정되어 압축 성장했고, 핵심 전략품목들은 해외 공급망에 치중되거나, 국내 공급기업과의 협력이 부족했으며, 기술자립도가 낮은 문제들이 있다.

이에 우리는 근본적으로 특정 국가에 대한 높은 의존도 등 소재 · 부품 · 장비산업이 가진 구조적 취약점을 해결하고자 소재 · 부품 · 장비산업에 예산과 금융, 세제, 입지, 규제특례 등 국가자원과 역량을 총력 투입하는 특단의 대책을 마련하였다. 여기에는 기업 간 협력모델 구축, 개발이 양산으로 이어지는 사다리 정책, 적시성 있는 집중투자와 기술획득 다각화, 조속한 생산 · 시설 투자가 가능한 패키지 지원 등이 담겨 있다.

이러한 소재 · 부품 · 장비산업에 대한 집중 지원으로 대외 의존도가 높은 100대 품목의 조기 국내 공급안정성을 확보하고, 기술개발-실증-양산-신뢰성 보증으로 이어지는 전주기적 연계지원을 통한 산업 전반의 경쟁력 강화를 기대하고 있다.

Plenary Lecture 2

11월 14일(목) 10:10-10:50, 402호



Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong University, China)

Professor, Co-Founder and Scientific Director of the International Research Center for Renewable Energy

A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis

This decade is experiencing the widest consequences of man-made activities on our planet with environmental risks for public health now at a record high. Indeed, staggering air and water pollution worldwide, chronic in major cities in Asia and in the Western world, due to toxic gases, chemicals, and ultrafine particles from industry, agriculture, and transportation sectors has become one of the most, if not The most, important problem that humanity is facing. Consequently, it is now crucial to transition to new societies where environmental, energy, and economic policies are no longer based on endless-growth financial models and fossil fuel technologies to substantially decrease our ecological footprint and environmental and health impacts. The origin of this strong imbalance between human activities and the environment could be found in the endless-growth economic system in place in major countries worldwide as it inherently requires the use of endless cheap energy to be sustained, hence the massive use of coal and fossil fuels as energy sources for a more profitable energy return on energy invested, which might be good for the economy but clearly is not for our environment, health, and sustainable future. Technological innovation has always helped boost the economy and has done it successfully numerous times throughout civilizations, even recently with solid-state lighting technology for instance. These technological advancements must involve large-scale, clean, and cost-effective fabrication techniques at moderate to low temperatures and be based on highly efficient materials that mostly contain earth-abundant elements, easily extractable and fully recyclable rather than expensive, scarce, and toxic metals and rare earths. In addition, given that conventional technologies that attempt to improve the efficiency and performance of existing materials and devices by further development along the same incremental approaches are reaching their limits, it is crucial to develop novel (multi)functional materials where bulk limitations are overcome by changing the fundamental underlying physics and chemistry by nanoscale design and quantum confinement effects.

The transition to a hydrogen-based energy and economy would be ideal as it produces zero carbon emission (only water), and consumer hydrogen fuel cell powered cars as well as public transportations are becoming available in our societies. Yet, most of the hydrogen produced nowadays still comes from nonrenewable sources, made by steam reforming of methane which produces large amount of carbon mono-/dioxide. The most natural and cleanest way to sustainably produce hydrogen at large scale is by photocatalytically splitting (sea)water. Consequently, a great increase in research during the past decade, with dedicated studies on material fabrication, surface and electronic structure engineering have been conducted to identify ideal materials and systems.

Our strategy is to fabricate heteronanostructures consisting of oriented arrays of quantum rods and dots of high purity synthesized by aqueous chemical growth at low temperature without surfactant and with controlled dimensionalities and surface chemistry with intermediate bands for high visible-light conversion, bandgap and band edges optimized for stability against photocorrosion and operation conditions at neutral pH and low bias without sacrificial agent. Such unique characteristics, combined with the in-depth investigation of their size-dependent, interfacial electronic structure, and electrical conductivity effects do provide better fundamental understanding and structure-efficiency relationships for a cost-effective and sustainable generation of hydrogen from the two most abundant and geographically-balanced free resources available, that is the sun and seawater.

An overview of a decade of quantum-confined materials design along with the latest advances in the low-cost controlled fabrication of highly ordered hybrids consisting of a visible light active semiconductor and a molecular co-catalyst, the atomic-scale origin of performance and stability of nitride nanorod-arrays for overall water splitting in neutral and simulated seawater and the latest development in highly efficient single junctions for solar hydrogen generation without transparent substrates will be presented.

Plenary Lecture 3

11월 14일(목) 10:50-11:30, 402호



Dr. Kazumi Kato (Naitional Institute of Advanced Industrial Science and Technology(AIST), Japan)

Vice President of AIST / Member of Science of Council Japan

Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics

Nanocube which is single crystal in nanometer-size has attracted much attention as a building block to evolve hierarchical structures where the nanocubes are assembled with the 4-fold symmetry along both vertical and horizontal directions. Single crystalline {100} dominant $BaTiO_3$ nanocubes possesing edge length of almost 15 nm were synthesized by the hydrothermal method. Small capacitors consisting of the $BaTiO_3$ nanocube ordering assemblies after heating at 1123 K exhibited higher dielectric constant and relatively low loss of 4000 and 0.07, respectively. By in-situ TEM analysis of the nanocube at 773 K, the hopping movement of atoms at the surface and the surface reconstruction were confirmed although the inner atomic arrangement has been fixed as a perfect perovskite structure. On the other hand, after heating at a certain temperature range of 1023 K to 1173 K, the adjacent nanocubes with small tilting angles were found to bond each other to generate misfit strain in the interface region. The consequent geometric appearances were consistent with the enhanced dielectric properties. Recently, monolayer assemblies of $BaTiO_3$ nanocubes having relatively larger area without cracks and containing nanocube ordering with the 4-fold symmetry in 2 dimensions were developed. It is not until the monolayer that we open our knowledge of nano-sized ferroelectrics. Tip-enhanced Raman spectroscopy (TERS) of individual nanocubes in the monolayer indicated the sole nanocube without post heat treatment was in tetragonal phase and exhibited phase transition. The construction of boundary between the nanocubes with heat treatment was confirmed. These newly given basic results were identified with our previous results of the 3D assemblies. In addition, electrospray deposition method was conducted using $BaTiO_3$ nanocubes. Elementary insights of the relation of the individual nanocube polar and the externally applied voltage might be available in the construction of future devices.

This work was supported by the Japan Science and Technology Agency (JST) under the Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program (ALCA) and the Collaborative Research Based on Adaptable and Seamless Technology Transfer Program (A-Step), and the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) under the Advanced Research Program for Energy and Environmental Technologies.

References: [1] F. Dang, K. Mimura, K. Kato, H. Imai, S. Wada, H. Haneda, M. Kuwabara, Nanoscale, 4, 1344 (2012); [2] K. Mimura and K. Kato, J. Nanopart. Res., 15, 1995 (2013); [3] K. Mimura, K. Kato, H. Imai, S. Wada, H. Haneda, M. Kuwabara, Appl. Phys. Lett., 101, 012901 (2012); [4] K. Mimura, K. Kato, Applied Physics Express, 7, 061501 (2014); [5] Q. Ma, K. Kato, Materials and Design, 107, 378 (2016); [6] Z. Liu, K. Kato, unpublished; [7] Q. Ma, K. Kato, CrystEngComm, 18, 1543 (2016); [8] K. Yasui, K. Mimura, N. Izu, K. Kato, Jpn. J. Appl.Phys., 56, 021501 (2017); Jpn. J. Appl.Phys., 57, 031501 (2018); [9] H. Itasaka, K. Mimura, K. Kato, Nanomaterials, 8, 739 (2018); [10] H. Itasaka, K. Mimura, K. Kato, Applied Physics Letters, 112, 212901 (2018); [11] S. Suehiro, T. Kimura, M. Tanaka, S. Takahashi, K. Mimura, K. Kato, Langmuir, 35, 5496-5500 (2019).

Plenary Lecture 4

11월 14일(목) 12:50-13:30, 402호



Prof. Ce-Wen Nan (Tsinghua University, China)

Vice President of Chinese Ceramic Society
Editor-in-Chief of Journal of Chinese Ceramic Society

Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries

Driven by solid-state lithium metal batteries with both high safety and high energy density, solid electrolyte materials have experienced a rapid development in the past years. Various solid electrolytes have been developed and the electrolyte/electrode interfaces are being extensively investigated. Some challenges remain for the applications of solid electrolytes in lithium metal batteries. In this talk, we are going to describe several kinds of solid electrolytes including oxide, sulfide, and composite electrolytes and discuss the challenges for high-performance solid-state lithium metal batteries. The preparation methods of various electrolytes are optimized and the relationship between the synthetic processes and the ionic conductivity of the electrolytes is studied. With the optimized electrolytes, solid-state lithium metal batteries are assembled and their cycle performance is systematically investigated. It is found that the interfaces between the solid electrolytes and the electrodes play an important role in the cell performance. On the anode side, a stable electrolyte/anode interface is critical for the long-term cycling of the lithium metal batteries. A surface treatment on the electrolytes such as LLZO can be carried out to significantly reduce the interfacial resistance and ensure a long life at high rates for the solid-state lithium metal batteries. As for the cathode side, it is also necessary to maintain an intimate interface during the cell cycling. With rational designs of solid electrolytes and proper interface engineering, high-performance solid-state lithium metal batteries are obtained.

Keynote Lecture: 스마트 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 300호

S1-1 [300호, 11월 14일(목), 14:00-14:30]



이종호

삼성전기

Development Trend and Technological Evolution of MLCC

The production of MLCC is state-of-the-art in ceramic processing: diverse processes, including preparation, dispersion, sintering and heat treatment of nano-sized dielectric/additive materials, must be conducted in a precisely controlled manner in order to achieve demanding characteristics. Recent progresses in MLCC technology, including core-shell-structured ceramic, non-agglomerative base metal electrode (Ni) and oxygen vacancy control in ceramics, requires an extreme level of parameter controllability in temperature, composition and atmosphere. Despite of rapidly increasing difficulties, the market demands higher capacitance, smaller size and extended durability in severe operating environment. Realization of higher capacitance and smaller size both requires reduction of layer thickness of dielectric and internal electrode, owing the risk of reliability degradation at the same time. Yet, layer thickness reduction, a crucial aspect in implementation of higher capacitance in the unit volume, has been limited by current technological level. Here, this work introduces the development trend of MLCC with higher capacitance and smaller size, especially thinner dielectric and internal electrodes formation and high reliability.

Keynote Lecture: 스마트 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00–17:10, 300호

S1–2 [300호, 11월 14일(목), 14:30–15:00]



전윤기

LG 하우시스 연구소

유리 산업의 도전과 성과, 그리고 미래

인류가 유리를 사용하기 시작한 시점은 구석기 시대로 추정될 정도로, 유리 재료는 오랜 역사를 자랑한다. 하지만, 근래와 같이 저렴한 가격에 투명하고, 고품질의 유리를 사용하여 아름다운 건축물을 지을 수 있게 된 시점은 채 백 년도 되지 않았다. 그리고 그러한 유리 역사에서의 혁신에는 항상 과학이 함께 하였다.

본 발표에서는 유리의 역사와 재료공학의 관점에서 유리 산업의 혁신적 변화를 고찰하고, 아울러 향후 유리 산업이 발전해 나아갈 방향에 대해 소개하고자 한다. 구체적으로 인류가 유리를 처음 가공하게 된 시점, 투명유리의 개발로 건축물의 창에 사용되게 된 시점 및 공정 개발 역사, 플로트 공법(Floating Process)을 통한 고품질 판유리의 대량 생산과 보급화 과정, 그리고 에너지 절감을 위한 핵심 건축자재로 자리 잡은 저방사 (Low–Emissivity) 코팅유리의 공정 및 개발 역사 등에 대해 소개할 계획이다. 항상 미래를 예측하는 것은 어려운 일인 것 같다. 하지만, 10년 이상 산업체에서 유리 관련 연구를 해온 경험을 바탕으로 미래의 유리 발전 방향에 대해서도 관련 기술 소개와 함께 의견을 드려보고자 한다.

유리의 역사를 되돌아보면, 그 어떤 소재 못지않게 패러다임 쉬프트 (Paradigm Shift)를 이끈 기술 혁신과 그를 통한 인류 삶의 혁명적 변화를 가져왔다는 생각이 든다. 그러한 유리 소재에 대해, 작지만 한 영역에서 연구자로서 일하고 또 다소나마 보탬이 되고 있다는 사실에 참 행복하다.

Keynote Lecture: 스마트 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 300호

S1-3 [300호, 11월 14일(목), 15:00-15:30]



안종현

연세대학교

Graphene and 2D Materials for Wearable Electronic Devices and Biosensors

Rapid advances in synthesis of graphene and 2D materials, and fabrication methods for functional devices enable sophisticated types of functionality and their application to various emerging electronics, such as flexible, wearable and optoelectronic applications, that cannot be addressed with conventional materials. In this talk, I present that two-dimensional semiconductor/semi-metal materials can play critical roles in this context, through demonstrations of complex, mechanically assembled electronic and optoelectronic devices for flexible and wearable applications. Specifically, the mechanics of graphene and MoS2canyieldvariousdevicesindistinct,engineeredwearablegeometriesthat cannot be easily reproduced with conventional materials and/or conventional device layouts. Examples of devices include touch, tactile sensors, wearable OLED display, and brain signal sensing devices.

Keynote Lecture: 스마트 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 300호

S1-4 [300호, 11월 14일(목), 15:40-16:10]



강기범

KAIST

Wafer-scale Growth and Assembly of 2D Layered Semiconducting Materials

High-performance semiconducting films with precisely engineered thicknesses and compositions are essential for developing next generation electronic devices, which are becoming more integrated, complex, and multifunctional. My talk will introduce the novel processes that enable atomic-scale control of the thickness and spatial composition of semiconducting films on the wafer-scale. These processes include: (i) the wafer-scale generation of monolayer van der Waals semiconductors such as transition metal dichalcogenides (TMDCs) via metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD), (ii) the atomic-level engineering of vertical thickness and composition through the layer-by-layer assembly of TMDC monolayers, and (iii) the transfer of atomically engineered films, using their van der Waals nature, onto arbitrary substrates. These capabilities provide a new material platform for both fundamental research and practical applications, including incorporation into existing integrated circuit technology to form hybrid materials (i.e. TMDC/CMOS) and boost electrical and optical functionality.

Keynote Lecture: 스마트 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 300호

S1-5 [300호, 11월 14일(목), 16:10-16:40]



이호용[1,2]

[1]Sunmoon University
[2]Ceracomp Co., Ltd.

Current Status and Future Prospects of Piezoelectric Single Crystals and Their Composites: "Lead-based" and "Lead-free"

Crystallographically engineered Relaxor-PT single crystals, specifically PMN-PT and PZN-PT, offer much higher piezoelectric and electromechanical coupling coefficients (d_{33}〉1,500 pC/N, k_{33}〉0.9), when compared to PZT ceramics. Therefore, the high performance piezoelectric single crystals have been expected to replace polycrystalline PZT ceramics in many application fields such as ultrasound transducers (medical and NDA), SONAR transducer, piezoelectric actuators, piezoelectric sensors, ultrasonic motors, piezoelectric composites and piezoelectric energy harvesting, etc.

Recently the solid-state single crystal growth (SSCG) technique for fabricating the high performance "lead(Pb)-based" piezoelectric single crystals such as PMN-PT and PMN-PZT has been successfully developed. Compared to conventional single crystal growth methods such as flux and Bridgman methods, the SSCG process is very cost-effective and suitable to mass production because a complicated melting process is not involved in the SSCG process. And the SSCG method was successfully applied to growth of high performance "lead(Pb)-free" piezoelectric single crystals (d_{33}〉1,500 pC/N, k_{33}〉0.9).

In this presentation the recent progress on development and application of "lead-based" and "lead-free" piezoelectric single crystals [wafers, wedges, rings, 1-3 and 2-2 composites, and SFC (single crystal fiber composite)] will be introduced.

Keynote Lecture: 스마트 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 300호

S1-6 [300호, 11월 14일(목), 16:40-17:10]



백승협

한국과학기술연구원

Epitaxial Piezoelectric Thin Films on Si for Ultrasound Transducers

Secure authentication of one's identity is a major challenge in a modern society due to the increasing popularity of mobile devices (such as smart phones) that can not only store the owner's personal information but also allow banking transactions. A biometrics-based authentication system has attracted a great attention owing to its relatively high-security level and convenience. Current fingerprint recognition systems do not meet the required security level: optical sensors are hard to miniaturize and easily deceived, and capacitive detectors often fail to recognize the patterns by contamination. The ultrasound technology with pMUT (piezoelectric micromachined ultrasound transducer) is one of the most promising technologies to realize such a highly-secure biometrics-based authentication system for mobile electronics. The performance of pMUT is directly determined with the electromechanical property of the piezoelectric layer. However, using conventional piezoelectric materials such as AlN, ZnO, and PZT, it is difficult to generate high power ultrasound that can penetrate into the skin to see veins. Therefore, it is highly desirable to integrate single crystalline relaxor-ferroelectrics, so-called giant piezoelectric materials, on Si substrate. In this talk, I will discuss the recent progress on the epitaxial integration of $Pb(Mg,Nb)O_3$-$Pb(Zr,Ti)O_3$ thin films on Si.

Keynote Lecture: 에너지/바이오 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 317호

S2-1 [317호, 11월 14일(목), 14:00-14:30]



정우철

한국과학기술원

Design principle of a High Performance Fuel Cell Electrode

Fuel cells, and in particular solid oxide fuel cells, enable high-efficiency conversion of chemical fuels into useful electrical energy and, as such, are expected to play a major role in a sustainable energy future. Essential to the fuel cell energy conversion process are the electrochemical reactions at the electrodes – oxygen reduction at the cathode and fuel oxidation at the anode. Despite recognition of the importance of the electrochemical reactions and extensive research efforts towards their elucidation, the reaction pathways and rate-limiting steps remain largely unknown. Progress has been impeded by a number of factors including the morphological complexity of the electrode and of the electrode-electrolyte interface in typical structures, evolution of the surface chemistry during measurement and/or operating, and poor knowledge of the inherent defect and transport properties of the material under electrochemical investigation.

Here, we address these factors through micro/nano-fabrication of simplified, well-defined structures and evaluation of materials with well-known bulk defect and transport properties. We employ physical vapor deposition and micro/nano-patterning methods to prepare oxide-metal composite electrode structures with good impurity control. This geometry, in combination with selected in-situ and ex-situ characterization techniques, enables identification of the reaction pathways, facilitates measurement of the site-specific electro-catalytic activity, and reveals critical factors governing the overall electrode reaction rates. The observations give guidance for achieving fuel cell electrodes with exceptional performance.

Keynote Lecture: 에너지/바이오 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 317호

S2-2 [317호, 11월 14일(목), 14:30-15:00]



정현석

성균관대학교

Economically Viable 페로브스카이트 태양전지

최근들어 미세먼지 문제로 경제적 사회적으로 매우 큰 손실을 겪고 있다. 미세먼지 문제는 단순히 환경만의 문제는 아니며, 근원적인 원인은 에너지와 연관되어 있다. 그 예로 미세먼지 원인 중의 하나인 석탄화력발전을 보면, 아직도 우리나라 전력원의 45% 이상을 차지하고 있다. 궁극적으로 미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 발전방식을 신재생에너지발전 방식으로 점진적으로 바꾸어야 한다. 여러가지 신재생에너지원중 태양광 발전은 매우 현실적이다. 태양광에너지는 고갈되지 않는 무한한 자원으로써 지표의 약 0.16%에 효율 10%의 태양전지를 설치하여도 연간 약 20TW를 생산할 수 있어, 전세계 에너지 사용량을 충당할 수 있다. 그러나 최근 저유가와 중국의 치킨게임공세에 국내 기업들의 태양광분야 투자가 주춤하고 있다. 이를 극복하기 위해서 기존의 Si 태양전지 시장의 패러다임을 바꿀 수 있는 신기술이 요구되고, 마침 최근 효율 25% 이상의 초저가를 구현할 수 있는 페로브스카이트 태양전지가 등장하였다. 본 강의에서는 페로브스카이트 태양전지의 최신 역사를 소개하고, 이에 대한 기존의 연구방향과 다른 초경량 플렉시블 페로브스카이트 태양전지 제조기술 및 이 태양전지의 재생기술을 소개하여 새로운 응용방향 및 신시장 개척의 가능성을 타진한다.

Keynote Lecture: 에너지/바이오 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 317호

S2-3 [317호, 11월 14일(목), 15:00-15:30]



김유찬

한국과학기술연구원

의료기기 제품화 융합연구

최근 대두되고 있는 자국우선보호무역주의는 원천 과학기술 확보의 중요성과 이들의 활용에 대해 다시한번 생각하게 한다. 현재 산업계가 주도하고 있는 주력산업인 자동차, 반도체 등 기존의 먹거리 산업은 점차 포화되어 가고 있고, 이제 연구의 방향은 새로운 성장동력을 발굴해야 하는 시점에 있음에도 분명하다. 이에 본 강연에서는 새로운 성장동력으로서의 바이오 의료기기 산업에 대한 소개와 개발과정의 독특한 구조를 소개하고 앞으로 개발을 위해 우리가 고려해야할 융합연구라는 화두에 대해 최근 개발된 생체분해성 금속소재의 개발과정을 예시로 설명하고자 한다.

Keynote Lecture: 에너지/바이오 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 317호

S2-4 [317호, 11월 14일(목), 15:40-16:10]



황명익

(주)현대에너지솔루션

최신 태양광 산업 및 소재 기술 동향

최근 태양광은 전세계적으로 100GW, 국내 2GW 이상의 시장을 형성하면서 기존 발전원 대비 경쟁력을 갖춘 신재생에너지의 대표 주자로 성장하고 있다. 이 배경에는 대규모 투자에 따른 규모의 경제 실현이 기여함과 동시에 셀 효율 및 모듈 출력의 개선 역시 큰 역할을 담당하였다. 현재, 다양한 태양전지 기술 중 결정질 Si 기반 제품이 점유율 90% 이상을 차지하고 있다. 결정질 Si 제품의 효율 및 출력 향상에는 PERC(Passivated Emitter and Rear Contact) 구조 양산화와 같은 셀 구조 및 공정의 발달이 기여했지만, 그 바탕에는 페시베이션 유전막, 전극용 페이스트 등의 소재 기술을 발달이 전제되었다고 할 수 있다. 또한, 추가적인 셀 고효율화 및 고출력화를 위해서는 저저항/고정세 페이스트, 고투과 유리, 전도성 접착제 등의 신소재의 개발이 필요하며 결정질 Si 태양전지의 한계를 넘어서는 고효율화를 위해서는 텐덤 구조 구현을 위한 Cu(In.Ga)Se2 또는 페로브스카이트 등 박막태양전지 기술과의 접목도 요구된다. 또한, 이러한 소재 및 이를 적용한 태양전지는 우선 높은 효율을 얻을 수 있어야 하지만, 추가적으로 장기신뢰성, 경쟁력 있는 원가를 확보할 수 있어야 한다. 본 발표에서는 결정질 Si 태양전지의 산업 및 기술 동향에 대해 소개하고 미래의 고효율화, 고출력화에 필요한 소재기술에 대해서 고찰하도록 하겠다.

Keynote Lecture: 에너지/바이오 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 317호

S2-5 [317호, 11월 14일(목), 16:10-16:40]



문주호

연세대학교

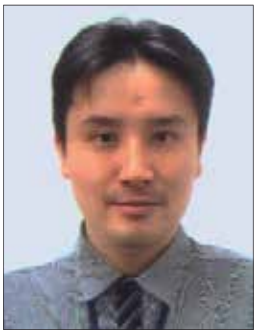
Nanostructured Solution-Processed Antimony Selenide Based Photocathodes for Photoelectrochemical Water Splitting

Photoelectrochemical (PEC) water splitting has also drawn significant attention as a cost-effective approach to accomplish solar hydrogen production because photoelectrode in PEC device simultaneously functions as a light harvester and electrolysis. In order to reduce the cost of solar hydrogen, earth-abundant light absorber materials should be accomplished with low-cost solution processing. In this talk, we will give a brief overview of recent progress in solution-processed photocathodes with earth-abundant constituents. Among the emerging photocathode materials, antimony selenide (Sb_2Se_3) is an attractive one due to the narrow band gap of 1.0 - 1.3 eV, high absorption coefficient (〉10^5 cm^{-1}) and high hole mobility. Moreover, Sb_2Se_3 is simple binary compound only having a thermodynamically stable orthorhombic phase, which allows avoiding the complexity of phase and defect control as encountered in other low-cost p-type semiconductor. We fabricated shape-controlled Sb_2Se_3 nanostructures via a facile spin-coating with molecular inks. The underlying unique growth mechanism of Sb_2Se_3 nanostructures was elucidated based on understanding of molecular chemistry. The molecular inks were derived from mixtures of thiol-amine, so-called "alkahest", which have been known as a strong solvent system capable of dissolving diverse compound including metals, oxides and chalcogenides. High-quality metal chalcogenides were obtained by sequential coating molecular solution and annealing. With the controlled shaped Sb_2Se_3 nanostructures, the subsequent deposition of protection layer (TiO_2) and co-catalyst for hydrogen evolution (Pt, RuO_x, MoS_x) enabled us to demonstrate promising performances, exceeding 30 mA cm^{-2} at 0 V vs reversible hydrogen electrode (RHE) under AM 1.5 G illumination, and stability over 10 h.

Keynote Lecture: 에너지/바이오 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 317호

S2-6 [317호, 11월 14일(목), 16:40-17:10]



박장웅

연세대학교

Transparent and Stretchable Electronic Devices with Wireless Functions

Healthcare applications of wearable and smart sensors which can monitor human health conditions noninvasively with function of wireless transmission have attracted substantial interests due to the capability of direct detection of biomarkers contained in body fluids. However, the transparent and stretchable sensors integrated on the biomaterials are not yet been realized. In this talk, we presented a multifunctional sensor for human disease diagnosis based on a RLC circuit, where R (resistance) responds to molecular binding of biomarkers in the body fluid while L (inductive) and C (capacitance) change in accordance with structural changes of capacitance materials induced by varying pressure. This device based on hybrid nanostructures using two-dimensional graphene and one-dimensional metal nanowire exhibited high transparency, superb stretchability, and hence enabled the device to be fittable on biomaterials with wireless sensing capability. Furthermore, *in-vivo* and *ex-vivo* tests demonstrated its reliable operation. The advance of these electronics using hybrid structures provides a route towards future electronics.

Keynote Lecture: 물질창제 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 318호

S3-1 [318호, 11월 14일(목), 14:00-14:30]



심우영

연세대학교

Fundamentals for Decoding the Materials Genome

One of the intriguing questions in materials science is how elements can be combined to form a solid with desired properties. One part of the answer to this question can be derived from the fundamental relationship between the composition, structure, and basic bonding in materials. This lecture starts with a description of the fundamental atomic structure connected to the structure stability and correlated properties. These aspects will be covered in the context of thermodynamics, crystallography, and solid state physics that complete the correlations between the structures and properties and beyond. Pursuing the discovery and development of advanced material systems lies in this deep understanding of the materials fundamentals, which is also crucial to achieving global competitiveness of material research.

Keynote Lecture: 물질창제 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 318호

S3-2 [318호, 11월 14일(목), 14:30-15:00]



한상수

한국과학기술연구원

First-Principles Guided Discovery of Novel Bimetallic Catalysts

The direct synthesis of hydrogen peroxide (H_2O_2) from H_2 and O_2 represents a potentially atom-efficient alternative to the current industrial indirect process. And, Pd has been currently used as an efficient catalyst for direct H_2O_2 synthesis, although it has not been commercialized yet due to its expensive cost and still unsatisfied catalytic performances. In this regard, it is imperative to discover an inexpensive alternative with a superior catalytic property. For this purpose, we have designed several bimetallic catalysts replacing Pd through first-principles calculations, in particular, a high-throughput approach combining a calculation automation. Moreover, the designed catalysts were experimentally confirmed. Electronic structure of a material is one of key features to determine catalytic properties as like d-band center theory. In the extension line of the theory, we screened 4350 bimetallic alloys by first-principles calculation and calculated similarities of their electronic densities of states (DOS) by comparing with that of Pd. Then, we filtered 10 potential catalysts (thermodynamically miscible) with the highest DOS similarities. And then, we synthesized the 10 candidates and experimentally measured their catalytic properties for H_2O_2 direct synthesis. After the experimental confirmation, it is found that, of the 10 candidates, three bimetallic alloys indeed show similar or superior catalytic properties to Pd. In addition, we suggest a new design scheme using "immiscible" bimetallic systems based on first-principles calculation, and the scheme is also successfully confirmed by an experiment. In this talk, I will also discuss the scheme.

Keynote Lecture: 물질창제 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 318호

S3-3 [318호, 11월 14일(목), 15:00-15:30]



남기태

서울대학교

Mechanistic Investigation of Electrochemical Water Oxidation

Water splitting is regarded as a promising step towards environmentally sustainable energy schemes. The oxygen evolution reaction (OER) requires extremely high overpotential due to its slow reaction kinetics. The water oxidizing cluster in photosystem II, in the form of cubical Mn_4CaO_5 cluster, efficiently catalyzes water oxidation. Specific questions that we intensively focus for further applications include how to translate the underlying principles in Mn_4CaO_5 cluster into synthetic heterogeneous catalysts. Toward this vision, we have been developing a new catalytic platform based on sub-10 nm-sized Mn oxide nanoparticles to bridge the gap between atomically defined biological catalysts. In this approach, the local atomic geometry is controlled by the surface modification of the specific ligand and the heterogeneous atom doping, that enhance the catalytic activity and selectivity. Furthermore, we detected key intermediate species, Mn(IV)=O, based on comprehensive electrokinetic and in-situ spectroscopic analysis. We revealed unique water oxidizing mechanism mediated by Mn-oxide nanocatalysts different from bulk counterparts.

We further conducted electrochemical impedance spectroscopy (EIS) analysis to understand various electrochemical processes in film-type OER electrocatalysts. The transmission line model with Havriliak-Negami capacitors and Warburg element was newly established for accurate fitting analysis and well-defined kinetic parameters for Mn-oxide nanocatalysts. From EIS analysis, protons are involved in the electron transport process across the nanoparticle film, which directly proves the ongoing hypothesis of the oxo-hopping mechanism. Also, from the correlation between k and TOF, the ratio (~0.001) of total Mn sites on the surface to the actual number of active sites could be evaluated.

Also, we focused on the entropic contribution for water oxidizing electrocatalysis. The activation enthalpy and entropy was measured from temperature dependent analysis for well-known Co-oxide catalyst (Co-Pi). The high negative entropic contribution in heterogeneous water oxidation was confirmed. The entropy effect on OO bond formation by both the AB and RC mechanisms was studied. We anticipate that the unfavorable entropic effect in heterogeneous system could be improved by a hydrogen-bond network stabilizing the active site controlling the transportation of water molecules to the electrode surface in an ordered way.

Keynote Lecture: 물질창제 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 318호

S3-4 [318호, 11월 14일(목), 15:40-16:10]



박은수

서울대학교

지능형 자가변환 기반 자가치유 센테니얼 합금 개발

현재의 수송기기, 우주항공, 발전소 등의 다양한 첨단 산업에서 사용되고 있는 내열합금은 에너지 효율 극대화 및 환경오염문제 개선을 위해 그 사용 온도가 계속 증가하고 있고 부품의 장수명화가 요구되어지고 있다. 특히, 초고속 수송기기 및 고효율 발전설비와 같은 미래형 인프라 개발을 위해서는 고효율, 고출력의 엔진이 요구되며, 엔진의 효율과 출력은 터빈입구온도와 관계되기 때문에 극초내열 합금 개발 연구가 반드시 수반되어야 한다. 현재 이러한 초내열 합금은 Ni계 초내열 합금이 주로 활용되고 있으나, 근원적인 융점의 한계로 인해 가용온도 및 가용가능 환경에 제한이 있다. 따라서, 본 연구에서는 환경감응 지능형 자가변환 금속의 자가치유 효과로부터 지속가능성 및 안전성이 극대화되어 현 초내열합금의 특성한계를 극복할 수 있는 지능형 자가치유 센테니얼 극초내열 합금을 개발하고자 한다. 이를 위하여, 자가치유 신합금 개발에 관한 창의적 新연구전략으로 멀티스케일 전산모사, Property-targeted Quantitative Design을 통한 합금 개발, 변형 Informatics 기반 결함 빅데이터 수집 및 인공지능 머신러닝을 통한 능동적 자가치유 특성 최적화, Additive Manufacturing 기반 맞춤형 최적화-부품화 공정기술도입을 통해 자가치유 소재개발 연구를 효과적으로 진행하는 방안에 관해 제시하고자 한다. 본 연구를 통하여 전 세계적으로 태동단계인 자가치유 금속소재 개발에 대한 선제적 선택과 집중에 의한 고부가가치 첨단산업용 금속 구조소재 원천기술개발로 관련소재 기술분야 국내기술수준이 세계기술을 선도하는 수준으로 도약하도록 하고, (경제성)-(소재신뢰성)-(친환경성)이 동시에 확보 가능하도록 하여, 극한 환경 극복 신산업 창출 및 차세대 성장 동력을 제공하고자 한다.

Keynote Lecture: 물질창제 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 318호

S3-5 [318호, 11월 14일(목), 16:10-16:40]



정덕영

성균관대학교

Perovskite Oxides and Halides: Synthesis, Crystal Structures and Hybrid Materials

The perovskite is a large family of compounds having crystal structures related to the mineral $CaTiO_3$. The perovskite oxide is one of the most studied oxides, for instance, $BaTiO_3$ and $PbTiO_3$ thanks to ferroelectric response. In addition, the discovery of high-temperature cuprate superconductors was also closely related with perovskites of $La_{2-x}Ba_xCuO_4$, followed by the $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, which are 2D varieties of the perovskite structure. Other important oxide perovskites include the colossal magnetoresistance in $La_xCa_{1-x}MnO_3$. Recently, the halide perovskites, $CsPbX_3$ as well as hybrid $(RNH_4)PbX_3$ (X = Cl, Br, I) demonstrate exciting properties such as photovoltaic, light emitting and water splitting. The synthetic conditions of halide and oxide perovskites should be considered to suggest the formation mechanisms and defect chemistry based on solid state reaction and solution crystallization in liquid media. The Cs-Pb-X phases have been reported and interestingly the correlation between the crystal structures and optical properties is still debating. The recent results of immobilization of $CsPbX_3$ in the confined nanopores and photoconductivity of single crystal Cs_4PbBr_6 will be also presented.

Keynote Lecture: 물질창제 미래기술 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 318호

S3-6 [318호, 11월 14일(목), 16:40-17:10]



김영민

성균관대학교

Atomic-scale Physical Imaging and Chemical Mapping of Functional Nanomaterials Using STEM-EDX Technique

Scanning transmission electron microscopy (STEM)-based structural analysis at an atomic scale has become routine with the successful correction of aberrations of the probe-forming lens. Atomic positions in the structure can be determined even with picometer precision, revealing subtle changes in structural parameters in the unit cell-wise framework, which has been hitherto unsolved. Furthermore, recent advances in detector technology for energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) enable us to resolve chemical composition of functional nanomaterials on the atomic scale, since this allows detection efficiency being about 10 times higher than that of conventional detectors. Notably, these high-end analytical techniques are simultaneously utilized in the same position of interest in samples. Taking advantage of the simultaneous, multiple imaging and probing capabilities, we can successfully identify which atoms are where in the unit cell, which is essential information in understanding quantum phenomena occurring in nanomaterials. In this talk, I will introduce how this STEM-based analysis is effectively used to solve materials problems arisen from manifold aspects of nanomaterials in terms of structure-property relationship. Particularly, I will discuss defect-mediated structural phenomena observed at the atomic-scale in some of functional nanomaterials such as thermoelectric materials and complex oxides as exemplar applications of atomic-scale STEM and EDX technique.

Keynote Lecture: 세라믹 소재 자립의 디딤돌, 원료 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 327호

S4-1 [327호, 11월 14일(목), 14:00-14:30]



정봉용

한국산업기술평가관리원

국내 첨단 세라믹원료산업 현황과 소재 자립을 위한 대응방안

우리나라 소재 · 부품 산업의 무역흑자는 4년째 천억 달러 이상을 이어가고 있으나, 소재만으로 보면 여전히 대일 무역적자 증가세와 대중 흑자 감소세라는 지표가 불편한 대목이다. 제조업 전반으로 보면 반도체 · 디스플레이 산업의 비중이 지나치게 크기 때문에 마치 계란을 한 바구니에 담아 놓은 듯한 불안요소 또한 우리나라 산업의 현실이다. 지난 7월 4일, 일본의 핵심소재 수출규제라는 도발로 반도체 등 관련 산업계는 초비상이 걸려있는 요즘, 전방산업의 약진을 위해서는 소재라는 후방산업의 뒷받침이 너무도 중요하다는 인식은 그저 새삼스럽다.

이때 세라믹 소재를 소재답게 만들어주는 것은 바로 세라믹원료다. 그러나 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 응용되고 있는 세라믹 소재 · 부품용 세라믹원료는 대부분 일본 등에서 수입에 의존하고 있다. 일부 국내 기업이 자립화에 고군분투중이지만 장기간의 많은 투자가 필요한 세라믹원료 특성상 아직은 이렇다 할 모양새는 나오지 않고 있다. 게다가 최근에 터진 일본 사태로 인해 첨단 세라믹원료 수급 불안정성은 그 어느 때보다도 커져있다. 원료소재 자립화 투자를 더 이상 미룰 수 없는 이유다.

따라서 우선적으로 국내 첨단 세라믹원료 산업에 대한 진단이 필요하다. 이를 위해 주요 세라믹원료에 대한 실태조사를 추진하였으며 조사 결과를 통해 첨단 세라믹원료 산업의 현황과 문제점 등을 분석하였다. 이를 토대로 향후 첨단 세라믹원료 산업 발전 정책 발굴을 위한 제언을 하고자 한다. 궁극적으로는 첨단 세라믹원료산업의 내실을 다짐으로서 우리나라 제조업의 비타민 같은 세라믹 산업 전반에 활력을 불어넣는 계기가 되기를 바라는 마음이다.

S4-2 [327호, 11월 14일(목), 14:30-15:00]



김병숙

LG이노텍

초고순도 SiC 분말 기술 및 시장 동향

최근에 실리콘 카바이드(SiC) 단결정이 HEV(하이브리드 차량), PFC(power factor correction), PV(태양전지), 열차 트랙션 시스템 등의 반도체 기판 소재로 각광 받고 있다. SiC는 낮은 전력 소비량과 뛰어난 고온 능력으로 실리콘보다 높은 효율의 전기 변환을 가능하게 한다. SiC 단결정의 핵심 기술은 결함 밀도를 줄이고 결정 크기를 늘리는 것이다.

SiC 단결정은 현재 물리적 증기 전달(PVT) 방식을 통하여 실리콘 카바이드 분말을 성장원으로 사용하고 있으며, 분말의 불순물 수준은 웨이퍼의 결정 결함 등 결정 품질에 지대한 영향을 미치고 있다.

아울러 최근 반도체 산업의 발전으로 높은 집적도 및 대형 웨이퍼 생산에 따른 순도 높은 환경을 필요로 하는 장비의 요구가 꾸준한 증가세를 보이고 있다. 이에 따라서 고순도 SiC 분말의 효율적인 소결체 제작을 위한 개발이 요구되고 있다.

하지만 이런 단결정용 SiC 분말 및 소결용 SiC 분말에 대한 제조 방법 및 분말이 단결정 품질에 미치는 영향 그리고 고순도 소결체 제작에 대한 심층 연구는 아직 보고되지 않았다.

본 연구에서는 카본과 실리카 원료의 혼합비를 1.5~3의 비율로 조정하여 1650℃의 온도에서 탄소 열환원 공정을 사용하여 합성되었다. 아울러 합성된 분말은 온도 및 시간의 제어를 통하여 입성장 되었다. 이들 분말의 산소 함량은 NO 분석기(TC-436, LECO), 탄소 함량은 TGA(Q5000, TA)로 분석되었다. 입자의 형상은 SEM을 통해 확인하였으며, KS L ISO 14703에 의해 입도 분석기(Masterizer 2000, Malbern)를 통해 입자 크기가 측정되었다. 분말의 순도는 GDMS로 측정되었다.

개발된 SiC 분말을 활용하여 단결정 성장 중 분말 내 불순물 및 마이크로파이프 밀도(MPD)와 에치 핏 밀도(EPD) 등의 결함의 형성과 상관관계를 연구하였다. 아울러 Hot Press 공정을 통하여 고순도 SiC 소결체를 제작하여 굴곡 강도는 456 MPa, 열팽창계수와 열전도도는 각각 4.4x10-6℃와 206W/m · K를 구현하였다.

Keynote Lecture: 세라믹 소재 자립의 디딤돌, 원료 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 327호

S4-3 [327호, 11월 14일(목), 15:00-15:30]



홍주섭

KCC

전력반도체 파워모듈용 방열소재 세라믹 기판을 위한 질화규소 분말의 요구 특성

전력반도체는 전기자동차, 태양광발전 등 다양한 분야에 적용 되고 있으며, 각각의 부품들에 필요한 전력을 공급 및 제어, 분배하는 중요한 역할을 담당한다. 이외에도, 전기를 생산하는 단계부터 소비하는 최종 단계까지 필수적으로 사용되고 있다. 최근, 세계적으로 친환경 정책이 추진되면서 배기가스의 배출이 없는 전기자동차의 공급이 증가하고 있다. 전력반도체 파워모듈은 전력 사용량의 증가 및 고효율성 요구로 인해 핵심 소재인 세라믹 기판 또한 고신뢰성 특성이 요구된다.

질화규소 기판은 강도가 높고 열전도도, 절연성, 열피로 특성 등이 우수하여 가장 유력한 후보로 주목받고 있으며 전기자동차의 수요 증가와 함께 사용량이 증가할 것으로 예상된다. 그러나, 전력반도체 파워모듈용 질화규소 기판은 현재 일본 업체에서만 생산하고 있어 세계의 파워모듈 제조업체들은 대부분 질화규소 기판을 일본 업체에 의존하여 수입하고 있다. 뿐만 아니라, 질화규소 기판의 핵심 소재인 질화규소 분말 역시 일본 업체들이 독점적으로 공급하고 있는 상황으로 질화규소 기판 수요업체들은 일본 업체의 영향을 벗어나기 어려운 상황이다. 유럽 및 중국 등에서도 질화규소 분말을 제조 및 판매하고는 있지만 총생산량이 일본 업체에 비해 매우 적고, 적용 분야가 베어링볼이나 절삭공구, 지그 등으로 한계가 있어 지속적인 기술 개발이 필요한 실정이다. 최근, 일본과의 관계 악화 및 백색국가 리스트 제외 등으로 국내 반도체 관련 산업에 영향을 미칠 것으로 예상되고 있고, 이번 일을 계기로 소재의 일본 의존으로부터 벗어나기 위한 움직임이 정부와 산학연 기관 중심으로 진행되고 있다.

전력반도체 파워모듈에 적용하기 위한 질화규소 분말은 소결 후 세라믹 기판의 특성 뿐만 아니라 금속 동판과의 접합 이후 요구 특성 및 고객사 모듈 조립 이후 신뢰성 평가까지 모두 만족해야 한다. 현재 당사에서 적용중인 질화규소 세라믹 기판은 굽힘강도 800Mpa 이상(3점 기준), 열전도도는 80W/mK 이상을 만족한다. 그리고, 접합(AMB, Active metal brazing) 이후에는 접합강도 9.8N/mm 및 열피로 신뢰성 5,000회를 만족한다. 산업용 파워모듈에 가장 많이 사용되고 있는 알루미나 접합 기판(DCB, Direct copper bonding)의 경우 열피로 신뢰성이 45~60회 수준으로 질화규소 접합기판과 매우 큰 차이가 있다. 본 발표에서는 전력반도체 파워모듈에 적용하기 위한 질화규소 기판을 제조하는데 있어 질화규소 분말의 요구 특성에 대해 수요업체이면서 동시에 질화규소 접합 기판 제조업체의 입장으로서 관련 정보를 공유하고자 하였다.

Keynote Lecture: 세라믹 소재 자립의 디딤돌, 원료 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 327호

S4-4 [327호, 11월 14일(목), 15:40-16:10]



김대웅

케이씨(주)

알루미나 광물의 첨단 소재화 전망

알루미나는 물리적 화학적 열적인 면에서 다른 무기소재 보다도 특성이 우수하기 때문에 구조재료, 내화재료 및 전자재료등 광범위하게 사용되는 원료중의 하나다. 알루미나는 보크사이트라는 원광으로부터 베이어 공정을 통해서 생산되고 있으며 전 세계적으로 보크사이트 원광 매장량이 가장 많은 국가는 기니, 호주, 브라질 등의 열대지역에 위치한 나라들이다.

본 자료에서는 보크사이트 원광으로부터 정제된 수산화알루미늄의 특성과 소성과정을 통해 만들어진 알루미나 제품들의 각각의 특성을 비교함으로서 이들이 세라믹 산업전반에 응용되는 사례들과 우리가 향후 개발해야 될 아이템에 대해서 검토해 보았다.

Keynote Lecture: 세라믹 소재 자립의 디딤돌, 원료 특별 심포지엄

11월 14일(목) 14:00-17:10, 327호

S4-5 [327호, 11월 14일(목), 16:10-16:40]



임형섭

(주) 석경에이티

단분산 구형 실리카 입자의 생산기술과 그의 응용

유기금속화합물중 가장 많이 산업에서 활용되고 있는 TEOS를 원료로 일반적으로 잘 알려진 알칼리촉매를 활용한 가수분해반응을 통해 제조되는 '단분산 구형 실리카입자의 대량생산기술, 요소기술에 대해 고찰하고 이러한 단분산 구형 실리카 입자의 산업적 응용 및 관련 제품의 시장상황, 경쟁구도 등을 중심으로 시장의 요구사항 등에 대한 경쟁력 확보 방안과 고부가가치의 단분산 구형 실리카 입자를 중심으로 한 원료부터 수요제품까지의 생태계 구축을 위한 필요사항 대해 고찰하였다.

Keynote Lecture: 세라믹 소재 자립의 디딤돌, 원료 특별 심포지엄
11월 14일(목) 14:00-17:10, 327호

S4-6 [327호, 11월 14일(목), 16:40-17:10]



김용남

한국산업기술시험원

국산 세라믹원료 상용화를 위한 표준 및 인증의 역할

일본이 우리나라의 수출 주력산업인 반도체 · 디스플레이 분야에서 대일 의존도가 높은 3대 핵심소재(플루오린 폴리이미드, 고순도 불화수소, 포토레지스트)의 수출규제를 강화하고 우리나라를 화이트리스트에서 배제함에 따라 그 어느 때보다도 원료소재의 국산화 필요성이 크게 부각되고 있다. 우리나라는 알루미나, 지르코니아, 이트리아, 탄화규소, 질화규소, 질화알루미늄 등 세라믹원료의 많은 부분을 일본에서 수입하고 있다. 고순도, 고품위 원료일수록 대일 의존도가 높고, 심지어 100% 일본에 의존하는 품목들도 있다. 국내에서도 세라믹원료를 생산하는 기업들과 공급 가능한 원료의 종류가 점점 증가하고 있지만 대부분 범용 수준의 원료에 국한되어 있다. 고순도, 고품위 원료를 요구하는 반도체 · 디스플레이, 이차전지 등의 고부가가치 전방산업으로는 국산원료가 진입하지 못하고 있는 것이 현실이다. 이와 같은 문제를 극복하기 위해 세라믹원료를 국산화하려면 우선 기술개발을 통해 국산원료의 특성/성능/신뢰성을 수입원료 대비 동등 이상으로 향상시켜야 한다. 그리고 표준을 활용하여 국산원료가 수입원료 대비 동등 이상임을 객관적으로 입증하고 인증체계를 통해 이를 보증한다면 국산원료에 대한 수요기업의 인식을 긍정적으로 변화시킬 수 있을 것이다. 이상과 같이 본 발표에서는 국산 세라믹원료의 상용화를 촉진하기 위하여 세라믹원료의 공급기업과 수요기업이 상호간 신뢰를 형성할 수 있는 수단으로 표준화(Standardization) 및 인증(Certification)의 필요성, 역할 등을 설명하고자 한다.

Keynote Lecture

11월 14일(목) 08:30-09:45

KL-1 [402호, 11월 14일(목), 08:30-08:55]



오제민

동국대학교

Positively Charged Layered Inorganic Materials: Charge Interaction under Biological Condition

Layered double hydroxide (LDH) has intrinsic positive surface charge and it is expected to affect its biological fate. We tried to find the role of positive charge in LDH in its behavior toward biological substances utilizing surface charge modified LDH. Coating with organic moieties such as citrate, malate and serine gradually modified the surface charge of LDH to highly negative, almost neutral and positive according to the number of carboxylate acid and amine functional groups. We first tested the hemolysis effect of charge controlled LDH and found that the positively charged one showed the least membrane damage on red blood cells. According to the protein fluorescence quenching assay, it was clearly shown that the positively charge LDH particles interact more actively with plasma proteins, possibly forming protein corona on its surface. The charge effect was more significantly elucidated on the quenching assay utilizing proteins with different isoelectric point. As the positive charge played a key role in biological interaction, the LDH particles with different surface charge was again tested to micro-organisms for flocculation. *Microcystis* aeruginosa which induces serious algal bloom showed strong flocculation upon treatment of positively charged LDH while negative surface charge did not play important role in flocculation. It was also shown that clay particles with negative charge did not show significant flocculation with blue-green algae.

Keynote Lecture

11월 14일(목) 08:30-09:45

KL-2 [402호, 11월 14일(목), 08:55-09:20]



이우영

연세대학교

Hydrogen Sensors for the Era of Hydrogen Economy

Nanoscale gaps, which enable many research applications in fields such as chemical sensors, single-electron transistors, and molecular switching devices, have been extensively investigated over the past decade and have witnessed the evolution of related technologies. Importantly, nanoscale gaps employed in hydrogen gas (H_2) sensors have been used to reversibly detect H_2 in a non-off manner, and function as platforms for enhancing sensing performance. This talk reviews recent advances in nano gap design for H_2 sensors and deals with various strategies to create these gaps, including fracture generation by H2 exposure, deposition to pre-structured patterns, is land formation on a surface, artificial manipulation methods, methods using hybrid materials, and recent approaches using elastomeric substrates. Furthermore, new nano gap design that advances sensing capabilities in order to meet the diverse needs of academia and industry will be discussed.

Keynote Lecture

11월 14일(목) 08:30-09:45

KL-3 [402호, 11월 14일(목), 09:20-09:45]



Kazuyoshi Kanamori

Kyoto University, Japan

Silicone-based Aerogels with Mechanical Flexibility

Aerogels with uniform mesoporosity show visible-light transparency and very low thermal conductivity, and are gathering attentions to address urgent energy saving issues. To open the way for industrial applications of monolithic transparent aerogels with superinsulating performance, we have been studying mechanically improved aerogels based on polysiloxane-based organic-inorganic hybrids (so-called silicones) prepared via rather classical sol-gel process without relying on supercritical drying.

Poly(methylsilsesquioxane) aerogels have been prepared from methyltrimethoxysilane in our early study, and the high strength and flexibility of these aerogels against compressive deformations are beneficial in obtaining aerogels via evaporative drying under ambient conditions. These aerogels show high transparency and low enough thermal conductivity (~ 13 mW m^{-1} K^{-1}) and are currently under development for industrial superinsulation applications. Other poly(organosilsesquioxane) aerogels with ethyl, vinyl, chloromethyl have been developed to investigate the effect of organic substituents and impart functionality to aerogels. For instance, poly(vinylsilsesquioxane) offers an opportunity for improving strength and flexibility through post-gelation vulcanization of the vinyl groups. Further, polysiloxanes with polymerized organic bridges have been prepared via successive radical polymerization and hydrolysis-polycondensation from vinyl- or allyl-substituted alkoxysilanes such as vinylmethyldimethoxysilane. The resultant "double crosslinked" networks allow large deformations of the aerogels. Exquisite hybridization of organic and inorganic components and optimization of multiscale structures would result in even higher mechanical strength and flexibility while maintaining other physical properties through synergetic effects of both components.

Acknowledgement: This work was financially supported by Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program from Japan Science and Technology Agency and a Grant-in-Aid for Scientific Research (17K06015) from Japan Society for the Pro-motion of Science.

일 정 표

구두발표

Room 402



2019년 11월 13일(수)

SS7. 세라믹 복합체의 연구개발 동향 및 과제 심포지엄
(Organizer: 최균(KICET), 김대종(KAERI))

좌장: 최 균(KICET)

SS7-1 LPCVD에 의해 C/C 복합체 위에 증착된 BN-SiC 다중층의 산화 거동
13:00-13:20 정영석[1*], 윤호규[2], 최 균[1] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

SS7-2 CMC 소재 기계적 물성 평가 및 해석 (*Invited*)
13:20-13:45 한윤수[*], 김경호, 최 균, 이성민 (*KICET*)

SS7-3 원자력 핵연료 피복관 응용을 위한 탄화규소 복합체 개발 (*Invited*)
13:45-14:10 김대종[1*], 이현근[1], 박지연[1], 김원주[1], 도아랑[2] ([1]*KAERI*, [2]*연세대*)

SS7-4 초고농도 SiC filler를 이용한 SiC계 세라믹 복합재료의 제조 및 물성 평가 (*Invited*)
14:10-14:35 이세훈[*], 이희정, 김준섭, 구지안 (*KIMS*)

14:35-14:45 Coffee Break

좌장: 김대종(KAERI)

SS7-5 CMC CVI 공정에서의 CFD 시뮬레이션의 활용 (*Invited*)
14:45-15:10 최 균[1*], 이재문[1,2], 이종흔[3] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

SS7-6 초경량 비산화물 CMC 소재개발을 위한 고분해능 TEM 분석 (*Invited*)
15:10-15:35 정성윤[*] (*KAIST*)

SS7-7 CMC 연구 개발 동향 (*Invited*)
15:35-16:00 박지연[1*], 이기성[2], 김세영[3], 김원주[1], 류도형[4] ([1]*KAERI*, [2]*국민대*, [3]*KIER*, [4]*서울과기대*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장(산업통상자원부 소재부품산업정책관)

17:00-19:00 포스터 세션(전시장C홀) 및 웰컴파티

구두발표

Room 403



2019년 11월 13일(수)

SS8. 수소경제 실현을 위한 SOFC 및 SOEC 신기술 심포지엄
(Organizer: 배중면(KAIST))

좌장: 이강택(DGIST)

SS8-1 Evaluation & Modelling of the Conventional SOFC by using Electrochemical Impedance Spectroscopy
13:00-13:15 홍재운*, 남궁연, 김인호, 송선주 (*전남대*)

SS8-2 From Kinetic Study to Material Design: Correlation between Time Evolution of Sr Segregation and Surface Activity in Thin Film Model Electrode
13:15-13:30 서종수[1*], 김현승[1], 구본재[2], 정우철[1] ([1]*KAIST*, [2]*MIT*)

SS8-3 A Study of Time-Dependent Degradation Phenomenon on $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fo_{0.8}O_{3-d}$ Cathodes for Solid Oxide Fuel Cells
13:30-13:45 김도엽*, 박진완, 윤병현, 박정화, 이강택 (*DGIST*)

SS8-4 Spatial Investigation of Electronic Properties in Composite Electrolytes for Solid Oxide Fuel Cells Using Embedded Probes
13:45-14:00 Niaz Atif Khan[1*], 정명근[1], 박준영[2], Anil V. Virkar[3], 임형태[1] ([1]*Changwon Nat'l Univ.*, [2]*세종대*, [3]*Univ. of Utah*)

SS8-5 **고도화된 전기분사 증착 기술을 통한 차세대 고성능 고체산화물 연료전지 개발**
14:00-14:15 신성수* (*KIST*)

SS8-6 Gadolinia-Doped Ceria Thin Film Fabricated by Atomic Layer Deposition for Enhancing ORR Kinetics of LT-SOFCs
14:15-14:30 양휘철*, 임용현, 김영범 (*한양대*)

14:30-14:45 Coffee Break

좌장: 정우철(KAIST)

SS8-7 **가역운전 수전해셀 연료극(Ni-YSZ) 내구성 향상**
14:45-15:00 이민진*, 신재화, 황해진 (*인하대*)

SS8-8 **금속지지체형 고체산화물 연료전지의 연료극 오믹저항에 대한 연구**
14:45-15:00 이희대* (*KAIST*)

SS8-9 A Highly Active and Redox Stable Ceramic Anode Material with In-situ Exsolution of Metallic Nanocatalysts
15:15-15:30 김경준[1*], 라스 쿠마르 마나사[1], 곽헌호[1], 김형준[2], 한정우[2], 홍승태[1], 이강택[1] ([1]*DGIST*, [2]*포항공대*)

SS8-10 Development of High Performance Ni-based Catalytic Anode with Ultra Low-Pt Loading for Low-temperature Solid Oxide Fuel Cells
15:30-15:45 임용현*, 양휘철, 김영범 (*한양대*)

SS8-11 **전력부하에 따른 고체산화물연료전지 내부 열 유동현상 분석**
15:45-16:00 이상혁[1*], 윤경중[1], 이종호[1],최원준[2], 홍종섭[3] ([1]*KIST*, [2]*고려대*, [3]*연세대*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 300



2019년 11월 13일(수)

SS3. 반도체장비용 세라믹 핵심부품 심포지엄
(Organizer: 이현권(금오공대), 이성민(KICET))

좌장: 이성민(KICET)

SS3-1 PECVD Process 엔지니어링 세라믹 동향 (*Invited*)
13:00-13:20 박용균* (*원익아이피에스*)

SS3-2 **반도체 장비 및 공정용 세라믹 정전척의 기술 동향 (*Invited*)**
13:20-13:40 조상범* (*미코*)

SS3-3 **반도체 제조장비용 부품을 위한 내플라즈마 코팅과 소재 (*Invited*)**
13:40-14:00 박재혁*, 김대근, 석혜원, 이경민, 이문기 (*아이원스*)

SS3-4 **대기 플라즈마 용사 코팅법을 이용한 내플라즈마 코팅특성의 용사 분말 및 용사 코팅 공정의 영향 (*Invited*)**
14:00-14:20 문홍수*, 김지유, 김진욱 (*(주)세원하드페이싱*)

14:20-14:40 Coffee Break

좌장: 이현권(금오공대)

SS3-5 **반도체 및 디스플레이 부품 세라믹 제품 제조 기술 개발 (*Invited*)**
14:40-15:00 황성식* (*SKC solmics*)

SS3-6 Technology and Market Status of Quartz Crucible (*Invited*)
15:00-15:20 강남훈* (*쿼츠테크*)

SS3-8 **반도체웨이퍼테스트용 프로브카드의 트랜드와 재료 개발 과제 (*Invited*)**
15:20-15:40 박윤휘* (*(주)코리아인스트루먼트*)

SS3-7 **반도체 패키지용 펄스히터의 기술 동향 (*Invited*)**
15:40-16:00 김관형*, 김학범 (*에이치앤세온*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장(산업통상자원부 소재부품산업정책관)

17:00-19:00 포스터 세션(전시장C홀) 및 웰컴파티

구두발표

Room 317A



2019년 11월 13일(수)

SS2. 한국화학관련학회연합회 특별 심포지엄
(Organizer: 김득중(성균관대), 이기성(국민대))

좌장: 이기성(국민대)

13:30-13:50	방명록 접수	
13:50-14:00	개회사	김득중 회장(한국화학관련학회연합회)
SS2-1	소재가 여는 미래 (*Invited*)	
14:00-14:40	최영민* (*KRICT*)	
14:40-14:50	질의응답	
SS2-2	저차원 나노소재의 제조 및 응용 (*Invited*)	
14:50-15:30	좌용호* (*한양대*)	
15:30-15:40	질의응답	
15:40-16:00	Coffee Break	
SS2-3	디지털혁신 시대의 자제와 전략 – 아날로그 내공과 디지털 내공의 실전적 함양방법을 중심으로– (*Invited*)	
16:00-17:30	강민구* (*서울고등법원*)	
17:30-17:40	질의응답	
18:00	만찬 및 자유 토론	

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**

강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 317B



2019년 11월 13일(수)

SS14. 세라믹 골대체재의 개발 현황 심포지엄
(Organizer: 이상훈(서울대))

좌장: 이상훈(서울대)

SS14-1 Synthetic Polymer Scaffold with Hydrophilic Apatite Surface (*Invited*)
13:00-13:30 이상훈*, 김인애 (*서울대*)

SS14-2 Current Status of Ceramic-based Scaffolds for Bone Regeneration (*Invited*)
13:30-14:00 윤석영* (*부산대*)

SS14-3 Brushite Bone Cement Prepared with Granulated β-TCP: Drug Release and Injection Behavior (*Invited*)
14:00-14:30 오경식* (*안동대*)

SS14-4 **인산칼슘계 세라믹의 형상제어 기술** (*Invited*)
14:30-15:00 윤희숙* (*KIMS*)

15:00-15:15 Coffee Break

좌장: 윤희숙(KIMS)

SS14-5 Hybrid Bone-related Materials with Controlled Release Formulation and Biological Assessments (*Invited*)
15:15-15:45 장정호* (*KICET*)

SS14-6 Reactive Nanomaterials Actions in Tissue Healing Process (*Invited*)
15:45-16:15 김해원* (*단국대*)

SS14-7 Biomaterials in Digital Dentistry and Future Surgery Thchniques (*Invited*)
16:15-16:45 양동준* (*(주)이비아이*)

SS14-8 Recent Trends of Glass-ceramics in Dental CAD/CAM Materials (*Invited*)
16:45-17:15 임형봉* (*(주)하스*)

SS14-9 Synthesis of Low Temperature Calcium Phosphate Minerals (*Invited*)
17:15-17:45 김석영*, 김주성 (*영남대*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 317C



2019년 11월 13일(수)

SS19. Entrepreneurship 연구회 워크숍
(Organizer: 이승용(KIST))

좌장: 이승용(KIST)

SS19-1 **투명전극재 산화물타겟 연구개발 및 사업화 사례 (*Invited*)**
13:00-13:30 윤한호* (*(주)하이마*)
SS19-2 **초친수 나노 표면 기술 상용화 소개 (*Invited*)**
13:30-14:00 문명운* (*KIST*)
SS19-3 **스타트업을 위한 IP 전략 (*Invited*)**
14:00-14:30 윤락근* (*특허법인 임앤정*)
SS19-4 **플라즈마 전해 산화 코팅기술 개발 동향 및 사업화 사례 (*Invited*)**
14:30-15:00 도정만*, 최영준 (*KIST*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 318A



2019년 11월 13일(수)

SS10. 신기능성 산화물의 물성 이해 및 응용 심포지엄
(Organizer: 양상모(숙명여대), 박민혁(부산대))

좌장: 양상모(숙명여대), 박민혁(부산대)

SS10-1 Water Splitting Photoelectrodes based on Metal Oixde Semiconductors (*Invited*)
13:00–13:20 장호원* (*서울대*)

SS10-2 Bismuth Vanadate–based Epitaxial Heterostructure Photoanode for Solar Water Splitting (*Invited*)
13:20–13:40 이상한* (*GIST*)

SS10-3 Enhancing Room–temperature Electron Mobility in Transparent BaSnO3 Semiconductor (*Invited*)
13:40–14:00 손준우* (*포항공대*)

SS10-4 Site–specific Alloying of Ferroelectric Bi4Ti3O12 for Multifunctionalities (*Invited*)
14:00-14:20 손창희* (*UNIST*)

SS10-5 Emerging Phase Transitions in Hetero–anionic Oxide Materials (*Invited*)
14:20-14:40 김태헌* (*울산대*)

SS10-6 Ferroelectricity of Si–doped HfO2 for Neuromorphic Device (*Invited*)
14:40-15:00 채승철* (*서울대*)

SS10-7 Multiscale Modeling of HfO_2–based Ferroelectric Tunneling Junction (*Invited*)
15:00-15:20 이재광* (*부산대*)

SS10-8 Two–dimensional Electron Gas at Thin Film Oxide Heterostructures via Atomic Layer Deposition (*Invited*)
15:20-15:40 이상운* (*아주대*)

SS10-9 Atomic Layer Deposition of $SrTiO_3$ Thin Films with Cp–based Precursors for DRAM Capacitors (*Invited*)
15:40-16:00 이웅규* (*명지대*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL–1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 318B



2019년 11월 13일(수)

SS12. 투과전자현미경을 이용한 기능성 소재의 구조 분석 심포지엄
(Organizer: 육종민(KAIST), 최시영(포항공대))

좌장: 육종민(KAIST), 최시영(포항공대)

SS12-1 Toward Dynamics Research of Skyrmions using in-situ Lorentz TEM (*Invited*)
13:00-13:30 장혜정[1*], 정주영[2], 노형래[2], 김지훈[2] ([1]*KIST*, [2]*포항공대*)

SS12-2 Real-time Atomic-scale Observation of Surface Reconstruction of $SrTiO_3$ (001) Surface at High Temperatures (*Invited*)
13:30-14:00 오상호* (*성균관대*)

SS12-3 Development of Computational Analysis Technique in Transmission Electron Microscopy (*Invited*)
14:00-14:30 Kyouhyun Kim* (*KITECH*)

SS12-4 Local Electronic Structure and Inhomogeneity Created by Double Chain Layer Defects Surrounding Columnar Tracks in Heavy-ion Irradiated $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (*Invited*)
14:30-15:00 권지환[1*], Yefei Meng[2], Jian-Min Zuo[2] ([1]*KRISS*, [2]*Univ. Illinois at Urbana-Champaign Urbana*)

SS12-5 Lens Structure /Electrical Understanding (*Invited*)
15:00-15:30 Hyo Sik Shim* (*JEOL KOREA*)

SS12-6 Single-Atom Level Determination of Complex 3D Atomic Structure and Their Dynamics (*Invited*)
15:30-16:00 양용수* (*KAIST*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 318C



2019년 11월 13일(수)

SS13. 주사탐침현미경을 이용한 기능성 소재의 표면 연구 심포지엄
(Organizer: 유영준(충남대), 김윤석(성균관대))

좌장: 유영준(충남대)

SS13-1 **지능형 알고리즘을 바탕으로 한 3차원 AFM과 고종횡비의 나노구조 측정 (*Invited*)**
13:00-13:20 서용호* (*세종대*)

SS13-2 Development of Heated Cantilever Arrays for Scalable Nanomanufacturing and Nanometrology (*Invited*)
13:20-13:40 김회준* (*DGIST*)

SS13-3 SPM"s Pinpoint Scan Applications for Quantitative Nano-Metrology (*Invited*)
13:40-13:50 조상준* (*파크시스템스*)

SS13-4 **주사탐침현미경을 이용한 바이오의료소재의 특성분석 (*Invited*)**
13:50-14:10 윤대성* (*고려대*)

14:10-14:30 Coffee Break

좌장: 김윤석(성균관대)

SS13-5 **표면처리에 방법에 따른 PAN계 탄소섬유표면 특성 AFM 분석 (*Invited*)**
14:30-14:50 박종배* (*한국기초과학지원연구원*)

SS13-6 Strain Induced Anisotropic Frictional Domains on 2D Materials (*Invited*)
14:50-15:10 이지혜[1*], 전지훈[1], 오다예[1], 신민정[1], 이미정[1], 안종현[2], 노창재[3], 이종석[3] ([1]*건국대*, [2]*연세대*, [3]*GIST*)

SS13-7 Quantitative Electrostatic Force Imaging of Two Dimensional Semiconductor Materials (*Invited*)
15:10-15:30 김태경* (*한국외대*)

SS13-8 Quantitative Measurement of Piezo Response on Cantilever Based Techniques (*Invited*)
15:30-15:40 Wanxin Sun* (*Bruker Nano Surface*)

SS13-9 Nanopipette-Based Scanning Electrochemical Probe Microscopy (*Invited*)
15:40-16:00 김양래* (*광운대*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 327A



2019년 11월 13일(수)

SS4. 수동소자용 소재 및 공정 기술 심포지엄
(Organizer: 윤석현(삼성전기), 이순일(창원대))

좌장: 이순일(창원대)

SS4-1 Synthesis and Defect Characterization of Ultrafine $BaTiO_3$ Nanoparticles Prepared by Hydrothermal Reaction (*Invited*)
13:00-13:25 김도경* (*KAIST*)

SS4-2 Solvothermal Synthesis of Barium Titanate Nanocubes and Their Assembly (*Invited*)
13:25-13:50 S. Ueno, S. Hatakeyama, M. Watanabe, K. Fukasawa, T. Chikata, I. Fujii, S. Wada* (*Univ. Yamanashi, Japan*)

SS4-3 Correlation between Tetragonality (c/a) and Direct Current (dc) Bias Characteristics of $BaTiO_3$-based Multi-layer Ceramic Capacitors (MLCC) (*Invited*)
13:50-14:15 Seok-Hyun Yoon*, Mi-Yang Kim, Donghun Kim, Jin-Woo Kim, Jong-Suk Jung (*Samsung Electro-Mechanics*)

SS4-4 유전체 세라믹스 제조 공정의 data 수집 (*Invited*)
14:15-14:40 신효순* (*KICET*)

14:40-14:55 Coffee Break

좌장: 윤석현(삼성전기)

SS4-5 MLCC 임피던스 분석연구의 현황과 미래 (*Invited*)
14:55-15:20 이종숙* (*전남대*)

SS4-6 Suppression of Dielectric Loss at High Temperature in $(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO_3$ Ceramic for High Temperature Dielectric Application (*Invited*)
15:20-15:45 조 욱* (*UNIST*)

SS4-7 Understanding Electrical Properties of ABO3 Dielectrics through Defect Chemistry (*Invited*)
15:45-16:10 이순일* (*창원대*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 327B



2019년 11월 13일(수)

SS5. 세라믹 제조혁신 플랫폼 심포지엄
(Organizer: 신효순(KICET))

좌장: 이승협(KICET)

SS5-1 **세라믹 제조혁신 플랫폼 기술 (*Invited*)**
13:00-13:20 신효순* (*KICET*)

SS5-2 **지능정보기술 기반 지능형 공정 최적화 빅데이터 분석 플랫폼 개발 (*Invited*)**
13:20-13:40 지수영* (*ETRI*)

SS5-3 **AI를 활용한 제조라인 최적화 (*Invited*)**
13:40-14:00 윤병문* (*㈜에이아이더*)

SS5-4 **딥러닝 기술을 이용한 세라믹 불량식별 기술 (*Invited*)**
14:00-14:20 김혜진* (*ETRI*)

SS5-5 **Data Strategy in Ceramic Materials and the Role of Simulation (*Invited*)**
14:20-14:40 조성범* (*KICET*)

SS5-6 **지능형 세라믹 제조시스템을 위한 딥러닝과 영상처리를 결합한 아날로그 게이지 데이터 추출 (*Invited*)**
14:40-15:00 정의현* (*안양대*)

SS5-7 **세라믹 유연공정 빅데이터 구축을 위한 테잎 캐스팅 공정 최적화 (*Invited*)**
15:00-15:20 여동훈*, 유창민, 최동규, 김시연, 신효순 (*KICET*)

SS5-8 **제조 혁신을 위한 볼밀 공정 실시간 데이터 수집 및 분석 방법에 대한 연구 (*Invited*)**
15:20-15:40 정현덕*, 김세기, 박유경, 안창의, 한윤수, 류성수, 이성민 (*KICET*)

SS5-9 **Al_2O_3 granule의 성형조건별 기공 분포 및 특성 평가 (*Invited*)**
15:40-16:00 권희진[1*], Pipit[1], 권오용[2], 백승우[3], 한윤수[4], 류성수[4], 이성민[4], 윤당혁[1] (*[1]영남대, [2](주)삼부세라믹, [3](주)맥테크, [4]KICET*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 327C



2019년 11월 13일(수)

G4. 나노 융합 세라믹스
(Organizer: 임재홍(가천대), 신원호(광운대))

좌장: 임재홍(가천대)

G4-1 Post Ligands Treatment Study of Oxide Nanoparticles for Their Application (*Invited*)
13:00-13:20 한우제*, 박형호 (*연세대*)

G4-2 Solution-based Synthesis of 2D Heterostructured Metal Chalcogenides
13:20-13:35 민유호[1*], 임은미[2], 황건태[1], 김종우[1], 안철우[1], 최종진[1], 한병동[1], 최준환[1], 윤운하[1], 문건대[2], 박동수[1] ([1]*KIMS*, [2]*KITECH*)

G4-3 **수열합성을 통한 다양한 상을 지닌 (K1-xNax)NbO_3 (KNN) 입자 합성**
13:35-13:50 박선화[1*], Peddigari Mahesh[1], 민유호[1], 황건태[1], 김종우[1], 안철우[1], 최종진[1], 이정우[2], 한병동[1] ([1]*KIMS*, [2]*부산대*)

G4-4 **MOCVD 기반의 헤테로 반데르발스 에피택시 기법을 이용한 고품질의 단일층 MoS_2 성장**
13:50-14:05 장수희* (*한양대*)

G4-5 Spreading and Wrinkling of Single-layer Graphene
14:05-14:20 이상일* (*한양대*)

G4-6 Omni-Transferrable Boron Nitride Film having Thermal-Management and Optical-Enhancing Property made by Solvent Induced Adhesioin Switching
14:20-14:35 한유진*, 정연식 (*KAIST*)

14:35-14:45 Coffee Break

좌장: 신원호(광운대)

G4-7 Controllable Synthesis of Semiconductor Nanostructures and their Applications for Optoelectronic Devices (*Invited*)
14:45-15:05 방지원* (*KICET*)

G4-8 Performance Enhancement of Quantum-dot and Perovskite Solar Cells by Julolidine-based Interfacial Modifier
15:05-15:20 정인환* (*국민대*)

G4-9 Electrochemical Reduction-induced Metal Oxide Nanoparticles for Energy Conversion Aapplication
15:20-15:35 정형모* (*강원대*)

G4-10 Porous Ion Exchange Matrix, Au Nanoparticle, Carbon Nanotube Chemiresistors with Voltage-Activated Sensitivity
15:35-15:50 구원태[1*], 김일두[1], Timothy Swager[2] ([1]*KAIST*, [2]*Massachusetts Institute of Technology*)

G4-11 A Study on One-step Fabrication and Drag Reduction Characteristics of Superhydrophobic Surface
15:50-16:05 김도은[1*], 이윤기[2], 이승협[1] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 328



2019년 11월 13일(수)

G3. 엔지니어링 세라믹스
(Organizer: 류성수(KICET))

좌장: 류성수(KICET)

G3-1 Synthesizing of Silicon Carbide Using Polysilicon Wafers Recovered from Wasted Photovoltaic Cells via Spark Plasma Sintering
13:00-13:15 오아현*, 신재록, 최성철, 안계석 (*한양대*)

G3-2 **소결첨가제 YAG의 SiC-TiC 복합체 치밀화 및 기계적 특성**
13:15-13:30 황희웅[1*], 소성민[1], 이삼행[1], 김경훈[1], 박주석[1], 이성갑[2], 김형순[3] ([1]*KICET*, [2]*경상대*, [3]*인하대*)

G3-3 **Li_2TiO_3 삼중수소 증시재의 미세구조에 미치는 열분해 공정의 영향**
13:30-13:45 김종일*, 박이현, 안무영, 이영민, 조승연 (*국가핵융합연구소*)

G3-4 **필라멘트 공급 FDM법을 통한 투명유리 3D프린팅**
13:45-14:00 이혜지[1*], 김경호[1], 김형준[1], 박진성[2], 한윤수[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

14:00-14:30 Coffee Break

좌장: 하장훈(KIMS)

G3-5 Development of Flexible Ceramic Nanofibers for Potential Applications towards Air/Water Filtration Media
14:30-14:45 이종만*, 하장훈, 송인혁 (*KIMS*)

G3-6 Thermal and Mechanical Properties of Highly Porous Silica Ceramics
14:45-15:00 Rajpoot Shalini* (*서울시립대*)

G3-7 The Changes on the Pore Structure Properties of Sodium Silicate-based Silica Aerogels by the Addition of Acetonitrile
15:00-15:15 김영훈*, 김태희, 정해누리, 이규연, 한우제, 박형호 (*연세대*)

G3-8 **상이한 합성 조건에서 제조된 폴리카보실란의 특성 및 SiC 섬유에 미치는 영향**
15:15-15:30 장석훈[1*], 신동근[1], 조광연[1], 이윤기[2], 이윤주[1] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

G3-9 Pseudo Strain Hardening in Melt-spun Fiber: A Study on the Effect of Rheological Properties of Aluminosilicate Melts on the Mechanical Properties of Spun Fibers
15:30-15:45 고현석[1*], 김명욱[1], 박성은[2], 김한봄[2], 박선민[1], 임형미[1] ([1]*KICET*, [2]*(주)벽산*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장 (산업통상자원부 소재부품산업정책관)

구두발표

Room 324



2019년 11월 13일(수)

SS17. 세라믹 소재 기반 열재생 기술 심포지엄
(Organizer: 서민수(KIER))

좌장: 서민수(KIER)

SS17-1 Symposium on Thermally Regenerative Energy (TRE) Technology
13:00–13:10 서민수* (*KIER*)

SS17-2 Current Trend and State of Thermally Regenerative Electrochemical System (TRES)
13:10–13:30 서민수[1*], 조민정[1], 윤영직[1], 홍종은[1], 김정현[2], 백승욱[3], 강보식[4], 후지이 타카히로[5], 다나카 고타로[6]
([1]*KIER*, [2]*한밭대*, [3]*KRISS*, [4]*KIMM*, [5]*산업기술총합연구소*, [6]*시바우라 공업 대학*)

SS17-3 Nuclear Fusion Energy and Technical Challenges (*Invited*)
13:30-14:00 이정배* (*ITER Organization*)

SS17-4 **고속 충전 및 장거리 주행을 위한 전기자동차 (*Invited*)**
14:00-14:30 송준영* (*인천대*)

SS17-5 **열에너지 재생 시스템에서의 고체산화물연료전지와 전고체전지 (*Invited*)**
14:30-15:00 백승욱[1*], 김정현[2] ([1]*KRISS*, [2]*한밭대*)

SS17-6 **실린더형 MoSi2계 발열체의 유도가열 적용**
15:00-15:15 김요한*, 명재하 (*인천대*)

SS17-7 Investigation of Heterogeneous Lanthanides Substituted Layered Perovskites in A-site for IT-SOFC Cathodes
15:15-15:30 김정현[1], 우성훈[1*], 신태호[2], 정기채[1] ([1]*한밭대*, [2]*KICET*)

SS17-8 Relationship in Electrochemical and Surface Property of Impregnated $La_{0.4}Sr_{0.6}Ti_{0.8}Mn_{0.2}O_{3\pm d}$ Anode Material for High Temperature-operating Solid Oxide Fuel Cell (*Invited*)
15:30-16:00 김정현* (*한밭대*)

16:10-16:50 기조강연(402호)

좌장: 조우석(KICET)

PL-1 **"소재 · 부품 · 장비 산업의 미래"**
강경성 국장(산업통상자원부 소재부품산업정책관)

17:00-19:00 포스터 세션(전시장C홀) 및 웰컴파티

구두발표

Room 402



2019년 11월 14일(목)

KL. 특별 키노트 세션
(Organizer: 이규형(연세대))

좌장: 이규형(연세대)

KL-1 Positively Charged Layered Inorganic Materials: Charge Interaction under Biological Condition (*Keynote*)
08:30-08:55 오제민* (*동국대*)

KL-2 Hydrogen Sensors for the Era of Hydrogen Economy (*Keynote*)
08:55-09:20 이우영* (*연세대*)

KL-3 Silicone-based Aerogels with Mechanical Flexibility (*Keynote*)
09:20-09:45 Kazuyoshi Kanamori* (*Kyoto Univ., Japan*)

10:00-10:10 개회식 (402호)

10:10-10:50 기조강연

좌장: 이규형(연세대)

PL-2 **"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"**
Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)

10:50-11:30 기조강연

PL-3 **"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"**
Dr. Kazumi Kato (AIST)

11:30-12:50 점심 및 총회 (402호)

12:50-13:30 기조강연

좌장: 윤석현(삼성전기)

PL-4 **"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"**
Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)

13:30-13:50 성옥상 기념강연

좌장: 최지원(KIST)

"MLCC 사업의 성장과 Vision"
유진영 부사장(삼성전기)

17:10-18:10 포스터 집중 심사 (전시장 C홀)

18:10-20:00 세라미스트의 밤(그랜드 볼룸)

구두발표

Room 403



2019년 11월 14일(목)

SS8. 수소경제 실현을 위한 SOFC 및 SOEC 신기술 심포지엄
(Organizer: 배중면(KAIST))

좌장: 명재하(인천대)

SS8-13 A DFT Study for Engineering of B-metal Exsolution Tendency in Perovskite Materials
08:30-08:45 김경학*, 한정우 (*포항공대*)

SS8-12 Control of Size and Distribution of Exsolved Nanoparticles Achieved through Nucleation Engineering
08:45-09:00 김준규*, 김승현, 정우철 (*KAIST*)

SS8-14 Analysis of Ion and Electronic Conductivity of Ceria-based Material by Permeation and Hebb-Wagner Polarization Methods
09:00-09:15 남경덕*, 주종훈 (*충북대*)

SS8-15 **화학적 에칭 및 원자층 증착법을 이용한 SOFC 박막 공기극 표면 개질**
09:15-09:30 김동환[1*], 구준모[1], 박정훈[2], 손지원[2], 심준형[1] ([1]*고려대*, [2]*KIST*)

SS8-16 **박막 전해질을 활용한 고체산화물연료전지의 열적 내구성을 높이기 위한 다중반복 구조의 전해질 개발**
09:30-09:45 김태홍*, 강성민, 배민석, 배중면 (*KAIST*)

10:00-10:10 개회식 (402호)

10:10-10:50 기조강연
좌장: 이규형(연세대)
PL-2 **"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"**
Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)

10:50-11:30 기조강연
PL-3 **"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"**
Dr. Kazumi Kato (AIST)

11:30-12:50 점심 및 총회 (402호)

12:50-13:30 기조강연
좌장: 윤석현(삼성전기)
PL-4 **"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"**
Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)

13:30-13:50 성옥상 기념강연
좌장: 최지원(KIST)
"MLCC 사업의 성장과 Vision"
유진영 부사장(삼성전기)

17:10-18:10 포스터 집중 심사 (전시장 C홀)

18:10-20:00 세라미스트의 밤 (그랜드 볼룸)

구두발표

Room 300



2019년 11월 14일(목)

10:00-10:10	개회식 (402호)	
10:10-10:50	기조강연	좌장: 이규형(연세대)
PL-2	**"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"** Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)	
10:50-11:30	기조강연	
PL-3	**"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"** Dr. Kazumi Kato (AIST)	
11:30-12:50	점심 및 총회 (402호)	
12:50-13:30	기조강연	좌장: 윤석현(삼성전기)
PL-4	**"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"** Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)	
13:30-13:50	성옥상 기념강연	좌장: 최지원(KIST)
	"MLCC 사업의 성장과 Vision" 유진영 부사장(삼성전기)	

4대 미래기술 심포지엄: 스마트 미래기술
(Organizer: 이관형(서울대), 백승협(KIST))

좌장: 이관형(서울대)

S1-1 Development Trend and Technological Evolution of MLCC (*Keynote*)
14:00-14:30 이종호* (*삼성전기*)

S1-2 유리 산업의 도전과 성과, 그리고 미래 (*Keynote*)
14:30-15:00 전윤기* (*LG 하우시스 연구소*)

S1-3 Graphene and 2D Materials for Wearable Electronic Devices and Biosensors (*Keynote*)
15:00-15:30 안종현* (*연세대*)

15:30-15:40 Coffee Break

좌장: 백승협(KIST)

S1-4 Wafer-scale Growth and Assembly of 2D Layered Semiconducting Materials (*Keynote*)
15:40-16:10 강기범* (*KAIST*)

S1-5 Current Status and Future Prospects of Piezoelectric Single Crystals and Their Composites: "Lead-based" and "Lead-free" (*Keynote*)
16:10-16:40 이호용[1,2*] ([1]*선문대*, [2]*Ceracomp Co., Ltd.*)

S1-6 Epitaxial Piezoelectric Thin Films on Si for Ultrasound Transducers (*Keynote*)
16:40-17:10 백승협* (*KIST*)

17:10-18:10	포스터 집중 심사 (전시장 C홀)
18:10-20:00	세라미스트의 밤(그랜드 볼룸)

구두발표

Room 317A



2019년 11월 14일(목)

SS7. 세라믹 복합체의 연구개발 동향 및 과제 심포지엄
(Organizer: 최균(KICET), 김대종(KAERI))

좌장: 이세훈(KIMS)

SS7-8 화학기상증착법에 의한 TaC/SiC 다층코팅의 열충격특성
08:30-08:50 김현미[1,2*], 최성철[2], 최균[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

SS7-9 다성분계 희토류 기반 CMC용 세라믹 환경차폐코팅 (*Invited*)
08:50-09:15 오윤석*, 박수민 (*KICET*)

SS7-10 재생냉각형 극초음속 스크램제트 엔진용 C/C-SiC 연소기 부품 개발 (*Invited*)
09:15-09:40 김세영*, 김수현, 한인섭, 성영훈, 우상국, 방형준 (*KIER*)

SS7-11 고온 수증기 조건에서 액상소결 탄화규소 세라믹스의 산화 및 부식 거동 (*Invited*)
09:40-10:05 임광영[1*], 정태식[1], 나연수[1], 주민제[1], 이승재[1], 김영욱[2], 김정범[3] ([1]*한전원자력연료*, [2]*서울시립대*, [3]*충남대*)

SS7-12 CFD 시뮬레이션을 기반으로 한 C/SiC 제조공정 최적화
10:05-10:25 이재문[1,2*], 최균[1], 이종흔[2] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

10:00-10:10 개회식 (402호)

10:10-10:50 기조강연 — 좌장: 이규형(연세대)

PL-2 **"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"**
Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)

10:50-11:30 기조강연

PL-3 **"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"**
Dr. Kazumi Kato (AIST)

11:30-12:50 점심 및 총회 (402호)

12:50-13:30 기조강연 — 좌장: 윤석현(삼성전기)

PL-4 **"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"**
Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)

13:30-13:50 성옥상 기념강연 — 좌장: 최지원(KIST)

"MLCC 사업의 성장과 Vision"
유진영 부사장(삼성전기)

4대 미래기술 심포지엄: 에너지/바이오 미래기술
(Organizer: 김동완(고려대), 이정훈(광운대))

좌장: 김동완(고려대)

S2-1 Design Principle of a High Performance Fuel Cell Electrode (*Keynote*)
14:00-14:30 정우철* (*KAIST*)

S2-2 Economically Viable 페로브스카이트 태양전지 (*Keynote*)
14:30-15:00 정현석* (*성균관대*)

S2-3 의료기기 제품화 융합연구 (*Keynote*)
15:00-15:30 김유찬* (*KIST*)

15:30-15:40 Coffee Break

구두발표

Room 317A



2019년 11월 14일(목)

좌장: 이정훈(광운대)

S2-4 **최신 태양광 산업 및 소재 기술 동향 (*Keynote*)**
15:40-16:10 황명익* *((주)현대에너지솔루션)*

S2-5 Nanostructured Solution–Processed Antimony Selenide Based Photocathodes for Photoelectrochemical Water Splitting (*Keynote*)
16:10-16:40 문주호* *(연세대)*

S2-6 Transparent and Stretchable Electronic Devices with Wireless Functions (*Keynote*)
16:40-17:10 박장웅* *(연세대)*

17:10-18:10	포스터 집중 심사 (전시장 C홀)
18:10-20:00	세라미스트의 밤(그랜드 볼룸)

구두발표

Room 317B



2019년 11월 14일(목)

G1. 전자 세라믹스
(Organizer: 박종성(명지대))

좌장: 박종성(명지대)

G1-1 Fabrication and Evaluation of FTO Thin Film for Microwave-transparent De-icing Application
08:20-08:50 이승준[1*], 김영렬[1], 박진우[1], 박성환[2] ([1]*국방과학연구소*, [2]*H&세온*)

G1-2 Microwave Absorption Properties of Zn Substituted Strontium W-type Hexaferrite in Ka Band (26.5 - 40 GHz)
08:50-09:05 최성준[1*], 유재형[1], 박승영[2], 최성진[3], 유상임[1] ([1]*서울대*, [2]*KBSI*, [3]*(주)창성*)

G1-3 Dependence of Microwave Dielectric Properties on the Structural characteristics of $CaMo_{1-x}Te_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.05$) Ceramics
09:05-09:20 김주현*, 김응수 (*경기대*)

G1-4 Dependence of Microwave Dielectric Properties on the Non-stoichiometry of $Mg_{2+x}Ti_{0.95}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}O_4$ ($-0.02 \leq x \leq 1$) Ceramics
09:20-09:35 박윤식*, 김응수 (*경기대*)

G1-5 Effects of Ti-site Complex Substitution on the Structural Characteristics and Microwave Dielectric Properties of $MgTiO_3$ Ceramics
09:35-09:50 정종석*, 김응수 (*경기대*)

10:00-10:10 개회식 (402호)

10:10-10:50 기조강연

좌장: 이규형(연세대)

PL-2 **"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"**
Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)

10:50-11:30 기조강연

PL-3 **"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"**
Dr. Kazumi Kato (AIST)

11:30-12:50 점심 및 총회 (402호)

12:50-13:30 기조강연

좌장: 윤석현(삼성전기)

PL-4 **"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"**
Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)

13:30-13:50 성옥상 기념강연

좌장: 최지원(KIST)

"MLCC 사업의 성장과 Vision"
유진영 부사장(삼성전기)

4대 미래기술 심포지엄: 에너지/바이오 미래기술
(Organizer: 김동완(고려대), 이정훈(광운대))

좌장: 김동완(고려대)

S2-1 Design Principle of a High Performance Fuel Cell Electrode (*Keynote*)
14:00-14:30 정우철* (*KAIST*)

S2-2 Economically Viable 페로브스카이트 태양전지 (*Keynote*)
14:30-15:00 정현석* (*성균관대*)

S2-3 의료기기 제품화 융합연구 (*Keynote*)
15:00-15:30 김유찬* (*KIST*)

15:30-15:40 Coffee Break

구두발표

Room 317B



2019년 11월 14일(목)

좌장: 이정훈(광운대)

S2-4 **최신 태양광 산업 및 소재 기술 동향 (*Keynote*)**
15:40-16:10 황명익* *((주)현대에너지솔루션)*

S2-5 Nanostructured Solution–Processed Antimony Selenide Based Photocathodes for Photoelectrochemical Water Splitting (*Keynote*)
16:10-16:40 문주호* *(연세대)*

S2-6 Transparent and Stretchable Electronic Devices with Wireless Functions (*Keynote*)
16:40-17:10 박장웅* *(연세대)*

17:10-18:10	포스터 집중 심사 (전시장 C홀)
18:10-20:00	세라미스트의 밤(그랜드 볼룸)

구두발표

Room 317C



2019년 11월 14일(목)

G2. 에너지환경 세라믹스
(Organizer: 이규형(연세대))

좌장: 정형모(강원대)

G2-1 New Design of High-Temperature Selective Emitters for SolarThermoPhotoVoltaics (*Invited*)
08:30-08:50 전나리* (*충남대*)

G2-2 Oxide-derived Nanoporous In-Sn Catalysts for Electrochemical Carbon Dioxide Reduction
08:50-09:05 동완재* (*포항공대*)

G2-3 Electrocatalytic Conversion of CO_2 to Hydrocarbons Catalysed by Molecular Cu-Complex Immobilised on Graphitised Mesoporous Carbon
09:05-09:20 Mani Balamurugan*, 남기태 (*Seoul Nat'l Univ.*)

G2-4 **사물 인터넷 소자 제작을 위한 3D 프린팅 니켈 전구체 잉크 개발**
09:20-09:35 장성완*, 박수진, 배창준 (*KIMS*)

G2-5 Oxygen-Octahedron Perturbation via Surface Ion Exchange in Perovskite Nickelates to Enhance Oxygen Evolution
09:35-09:50 박주미*, 정성윤 (*KAIST*)

10:00-10:10 개회식 (402호)

10:10-10:50 기조강연
좌장: 이규형(연세대)
PL-2 **"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"**
Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)

10:50-11:30 기조강연
PL-3 **"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"**
Dr. Kazumi Kato (AIST)

11:30-12:50 점심 및 총회 (402호)

12:50-13:30 기조강연
좌장: 윤석현(삼성전기)
PL-4 **"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"**
Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)

13:30-13:50 성옥상 기념강연
좌장: 최지원(KIST)
"MLCC 사업의 성장과 Vision"
유진영 부사장(삼성전기)

4대 미래기술 심포지엄: 에너지/바이오 미래기술
(Organizer: 김동완(고려대), 이정훈(광운대))

좌장: 김동완(고려대)

S2-1 Design Principle of a High Performance Fuel Cell Electrode (*Keynote*)
14:00-14:30 정우철* (*KAIST*)

S2-2 Economically Viable 페로브스카이트 태양전지 (*Keynote*)
14:30-15:00 정현석* (*성균관대*)

S2-3 **의료기기 제품화 융합연구** (*Keynote*)
15:00-15:30 김유찬* (*KIST*)

15:30-15:40 Coffee Break

구두발표

Room 317C



2019년 11월 14일(목)

좌장: 이정훈(광운대)

S2-4 **최신 태양광 산업 및 소재 기술 동향 (*Keynote*)**
15:40-16:10 황명익* (*(주)현대에너지솔루션*)

S2-5 Nanostructured Solution–Processed Antimony Selenide Based Photocathodes for Photoelectrochemical Water Splitting (*Keynote*)
16:10-16:40 문주호* (*연세대*)

S2-6 Transparent and Stretchable Electronic Devices with Wireless Functions (*Keynote*)
16:40-17:10 박장웅* (*연세대*)

17:10-18:10	포스터 집중 심사 (전시장 C홀)
18:10-20:00	세라미스트의 밤(그랜드 볼룸)

구두발표

Room 318A



2019년 11월 14일(목)

G3. 엔지니어링 세라믹스
(Organizer: 류성수(KICET))

좌장: 김성원(KICET)

G3-10 RBAO공정을 이용한 ZTA 세라믹스 접합체 제조
08:30-08:45 문정운*, 이현권 (*금오공대*)

G3-11 상온 세라믹 분사 코팅 공정을 통한 저열용량 저열전도도 고내구성 다공질 단열 코팅기술 개발
08:45-09:00 윤세중[1*], 한병동[2], 윤운하[2], 안철우[2], 민유호[2], 최종진[2] ([1]*UST*, [2]*KIMS*)

G3-12 저열도성 열차폐 코팅에서 $La_2Zr_2O_7$의 열분해 거동
09:00-09:15 송도원[1*], 송태섭[1], 백운규[1], 여관림[2], 김준성[2], 정연길[2] ([1]*한양대*, [2]*창원대*)

G3-13 내플라즈마성 YAG 코팅층 제조 및 특성평가
09:15-09:30 전서연*, 이현권 (*금오공대*)

G3-14 Calcium Magnesium Alumina–silicate (CMAS) Infiltration Behavior in YSZ–LZ Composite Thermal Barrier Coatings
09:30-09:45 Lyu Guanlin[1*], 김준성[1], 송도원[2], 손정훈[1], 양승철[1], 정연길[1] ([1]*창원대*, [2]*한양대*)

10:00-10:10 개회식 (402호)

10:10-10:50 기조강연 — 좌장: 이규형(연세대)

PL-2 **"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"**
Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)

10:50-11:30 기조강연

PL-3 **"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"**
Dr. Kazumi Kato (AIST)

11:30-12:50 점심 및 총회 (402호)

12:50-13:30 기조강연 — 좌장: 윤석현(삼성전기)

PL-4 **"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"**
Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)

13:30-13:50 성옥상 기념강연 — 좌장: 최지원(KIST)

"MLCC 사업의 성장과 Vision"
유진영 부사장(삼성전기)

4대 미래기술 심포지엄: 물질창제 미래기술
(Organizer: 심우영(연세대), 한상수(KIST))

좌장: 김영민(성균관대))

S3-1 Fundamentals for Decoding the Materials Genome (*Keynote*)
14:00-14:30 심우영* (*연세대*)

S3-2 First-Principles Guided Discovery of Novel Bimetallic Catalysts (*Keynote*)
14:30-15:00 한상수* (*KIST*)

S3-3 Mechanistic Investigation of Electrochemical Water Oxidation (*Keynote*)
15:00-15:30 남기태* (*서울대*)

15:30-15:40 Coffee Break

구두발표

Room 318A



2019년 11월 14일(목)

좌장: 심우영(연세대))

S3-4 지능형 자가변환 기반 자가치유 센테니얼 합금 개발 (*Keynote*)
15:40-16:10 박은수* (*서울대*)

S3-5 Perovskite Oxides and Halides: Synthesis, Crystal Structures and Hybrid Materials (*Keynote*)
16:10-16:40 정덕영* (*성균관대*)

S3-6 Atomic-scale Physical Imaging and Chemical Mapping of Functional Nanomaterials Using STEM-EDX Technique (*Keynote*)
16:40-17:10 김영민* (*성균관대*)

17:10-18:10	포스터 집중 심사 (전시장 C홀)
18:10-20:00	세라미스트의 밤(그랜드 볼룸)

구두발표

Room 318B



2019년 11월 14일(목)

G5. 바이오 세라믹스
(Organizer: 이정헌(성균관대))

좌장: 이정헌(성균관대)

G5-1 Osteoinductive Potential of a Calcium Phosphate Bioceramics, Q-Oss®+
08:45-09:00 박형준*, 최백선, 하경원 (*오스템임플란트*)

G5-2 **바이오가스 생산 증대를 위한 볼밀 전처리 파일럿 규모 연구**
09:00-09:15 구양모[1*], 변하람[1], 박선영[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

G5-3 **Pt 개질 TiO_2를 이용한 가시광 활성 항균 공기 필터의 개발**
09:15-09:30 변하람[1*], 구양모[1], 박선영[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

G5-4 Illite-polyethylene Hybrid Film for Keeping Freshness of Fruits with Enhanced Oxygen Permeability
09:30-09:45 성동민[1*], 장정호[2] ([1]*고려대*, [2]*KICET*)

10:00-10:10 **개회식 (402호)**

10:10-10:50 **기조강연**

좌장: 이규형(연세대)

PL-2 **"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"**
Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)

10:50-11:30 **기조강연**

PL-3 **"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"**
Dr. Kazumi Kato (AIST)

11:30-12:50 **점심 및 총회 (402호)**

12:50-13:30 **기조강연**

좌장: 윤석현(삼성전기)

PL-4 **"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"**
Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)

13:30-13:50 **성옥상 기념강연**

좌장: 최지원(KIST)

"MLCC 사업의 성장과 Vision"
유진영 부사장(삼성전기)

4대 미래기술 심포지엄: 물질창제 미래기술
(Organizer:심우영(연세대), 한상수(KIST))

좌장: 김영민(성균관대))

S3-1 Fundamentals for Decoding the Materials Genome (*Keynote*)
14:00-14:30 심우영* (*연세대*)

S3-2 First-Principles Guided Discovery of Novel Bimetallic Catalysts (*Keynote*)
14:30-15:00 한상수* (*KIST*)

S3-3 Mechanistic Investigation of Electrochemical Water Oxidation (*Keynote*)
15:00-15:30 남기태* (*서울대*)

15:30-15:40 Coffee Break

구두발표

Room 318B



2019년 11월 14일(목)

좌장: 심우영(연세대)

S3-4 지능형 자가변환 기반 자가치유 센테니얼 합금 개발 (*Keynote*)
15:40-16:10 박은수* (*서울대*)

S3-5 Perovskite Oxides and Halides: Synthesis, Crystal Structures and Hybrid Materials (*Keynote*)
16:10-16:40 정덕영* (*성균관대*)

S3-6 Atomic-scale Physical Imaging and Chemical Mapping of Functional Nanomaterials Using STEM-EDX Technique (*Keynote*)
16:40-17:10 김영민* (*성균관대*)

17:10-18:10	포스터 집중 심사 (전시장 C홀)
18:10-20:00	세라미스트의 밤(그랜드 볼룸)

구두발표

Room 327



2019년 11월 14일(목)

10:00-10:10	개회식 (402호)	
10:10-10:50	기조강연	좌장: 이규형(연세대)
PL-2	**"A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis"** Prof. Lionel Vayssieres (Xi'an Jiaotong Univ.)	
10:50-11:30	기조강연	
PL-3	**"Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics"** Dr. Kazumi Kato (AIST)	
11:30-12:50	점심 및 총회 (402호)	
12:50-13:30	기조강연	좌장: 윤석현(삼성전기)
PL-4	**"Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries"** Prof. Cewen Nan (Tsinghua Univ.)	
13:30-13:50	성옥상 기념강연	좌장: 최지원(KIST)
	"MLCC 사업의 성장과 Vision" 유진영 부사장(삼성전기)	
	4대 미래기술 심포지엄: 세라믹 소재 자립의 디딤돌, 연료 (Organizer: 이명현(KICET), 이현권(금오공대))	

좌장: 이현권(금오공대))

S4-1 국내 첨단 세라믹원료산업 현황과 소재 자립을 위한 대응방안 (*Keynote*)
14:00-14:30 정봉용* (*KEIT*)
S4-2 초고순도 SiC 분말 기술 및 시장 동향 (*Keynote*)
14:30-15:00 김병숙* (*LG이노텍*)
S4-3 전력반도체 파워모듈용 방열소재 세라믹 기판을 위한 질화규소 분말의 요구 특성 (*Keynote*)
15:00-15:30 홍주섭* (*KCC*)

15:30-15:40	Coffee Break

좌장: 이명현(KICET))

S4-4 알루미나 광물의 첨단 소재화 전망 (*Keynote*)
15:40-16:10 김대웅* (*케이씨(주)*)
S4-5 단분산 구형 실리카 입자의 생산기술과 그의 응용 (*Keynote*)
16:10-16:40 임형섭* (*(주)석경에이티*)
S4-6 국산 세라믹원료 상용화를 위한 표준 및 인증의 역할 (*Keynote*)
16:40-17:10 김용남* (*KTL*)

17:10-18:10	포스터 집중 심사 (전시장 C홀)
18:10-20:00	세라미스트의 밤(그랜드 볼룸)

구두발표

Room 402



2019년 11월 15일(금)

G2. 에너지 환경 세라믹스
(Organizer: 이규형(연세대))

좌장: 김상일(서울시립대)

G2-6 Enhanced Interfacial Stability of Li6PS5Cl Argyrodite Electrolyte by Oxygen Substitution in Composite Cathode for All-solid-state Lithium-Ion Batteries
08:30-08:45 김규범*, 박찬휘, 김민희, 신동욱 (*한양대*)

G2-7 LiNi0.6Co0.2Mn0.2O2 리튬이온전지 양극 소재에 대한 폴리도파민 pre-coating 공정 기반 TiO2 나노층 표면 코팅 기술
08:45-09:00 김형우[1*], 장지혜[2], 변동진[1], 김형석[2], 최원창[3] ([1]*고려대*, [2]*KIST*, [3]*건국대*)

G2-8 3D Printing Technique for Developing Fast Charge, High Energy Densified Li-ion Battery Electrode
09:00-09:15 박수진*, 배창준 (*KIMS*)

G2-9 $TiO_{2-x}/TiO_{1-x}N_x$ as an Efficient Coating Layer for Silicon Nanoparticles in High Performance Li-ion Batteries
09:15-09:30 왕성은[1,2*], 정남영[1,3], 김민지[4], 정대수[1] ([1]*KICET*, [2]*고려대*, [3]*경상대*, [4]*부경대*)

G2-10 Electrochemical Characterization and Mechanistic Approach of Monoclinic $Fe_2(SO_4)_3$ for Na-ion batteries
09:30-09:45 박현영* (*세종대*)

G2-11 Dissolution and Reprecipitation Process on the Sheet-type $Li[Ni_{0.6}Mn_{0.2}Co_{0.2}]O_2$ using Li_6PS_5Cl Solid Electrolyte with Super-P for All-solid-state Lithium-ion Batteries
09:45-10:00 임승우*, 최선호, 안지유, 도지예, 신동욱 (*한양대*)

G2-12 A New Layered-tpye Cathode with High Electrochemical Performances for Na-ion Batteries using First-principles Calculation (*Invited*)
10:00-10:20 김종순* (*세종대*)

10:20-10:30 Coffee Break

좌장: 김종순(세종대)

G2-13 Photocatalytic Properties of SnO_2 Aerogel/Graphene Nanocomposites
10:30-10:45 김태희*, 정해누리, 김영훈, 이규연, 박형호 (*연세대*)

G2-14 Barim/Ceria가 담지된 V_2O_5-WO_3/TiO_2계 SCR 촉매의 탈질효율 및 흡착, 탈착 특성
10:45-11:00 김진우[1*], 이금연[1], 이명진[1], 예보라[1], 김태욱[1], 이희수[2], 김홍대[1] ([1]*KITECH*, [2]*부산대*)

G2-15 Isostatically Pressed Bilayer Electrolyte for Highly Stable and Enhanced Performance of Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells
11:00-11:15 김성민*, 김찬호, 장인영, 이형준, 윤희성, 백운규 (*한양대*)

G2-16 암모니아를 직접 주입하여 구동하는 고체산화물연료전지에 관한 연구
11:15-11:30 이강용[1*], 이건호[2], Sai P. Katikaneni[2], 배중면[1] ([1]*KAIST*, [2]*Saudi Aramco*)

G2-18 Semimetal to Semiconductor Transition and Tunable Thermopower in 2D layered $PtSe_2$ Nanosheets
11:30-11:45 김정민*, 문홍재, 이우영 (*연세대*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 403



2019년 11월 15일(금)

SS9. 첨단 방사광 기술과 세라믹 소재 개발 심포지엄
(Organizer: 김종현(포항공대 가속기연구소), 한병동(KIMS))

좌장: 김종현(포항공대 가속기연구소)

SS9-1 Advanced in-situ Characterization of 3D Structure of Mulitphase Ceramic using Synchrotron Tomography: from Bulk to Powder (*Invited*)
09:00-09:30 임준* (*포항가속기연구소*)

SS9-2 투명세라믹의 극미세 결함 분석을 위한 소각 X선 산란 분석법 적용 (*Invited*)
09:30-10:00 김하늘[1*], 안형주[2], 오현명[3], 고재웅[1], 박영조[1] ([1]*KIMS*, [2]*포항가속기연구소*, [3]*금오공대*)

SS9-3 Development of High-resolution Beamline for in-situ X-ray Scattering under Extreme Conditions and its Applications (*Invited*)
10:00-10:30 성동훈* (*전남대*)

10:30-10:45 Coffee Break

좌장: 한병동(KIMS)

SS9-4 RF전력소자용 GaN 에피소재 개발을 위한 방사광 가속기 기반의 SiC 단결정 결함분석 (*Invited*)
10:45-11:15 배성범[1*], 김종현[2], 이형석[1], 김성복[1] ([1]*한국전자통신연구원*, [2]*포항공대*)

SS9-5 가속기 백색광 X-ray 토포그래피 방법을 이용한 단결정 다이아몬드 내부 전위 분석 (*Invited*)
11:15-11:45 배시영* (*KICET*)

SS9-6 High Resolution Structural Research via X-ray Nanoscale Imaging and Scientific Interior Data Mining: Solving Key Challenges in Battery Research using High Performance Synchrotron Facility (*Invited*)
11:45-12:15 이상설* (*포항가속기연구소*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 317A



2019년 11월 15일(금)

SS6. 제13회 세라믹스 표준화 심포지엄
(Organizer: 이희수(부산대))

좌장: 이선홍(KICET)

SS6-1 **4차산업에서 첨단소재기술의 글로벌 표준화 (*Invited*)**
09:00-09:30 이희수[1*], 홍은표[1], 김태우[1], 이민규[2], 정성욱[2] (*[1]부산대학교, [2]한국표준협회*)

09:30-09:45 **개회사 및 인사말**

SS6-2 **Activities in ISO/TC206 "Fine Ceramics", and around ISO Standards (*Invited*)**
09:45-10:15 Shuji SAKAGUCHI[*] (*AIST, Nagoya, Japan*)

10:15-10:30 Coffee Break

SS6-3 **Influence of Microwave Sintering Zirconia Ceramic by Copper Oxide Additive (*Invited*)**
10:30-11:00 W. D. Teng[1*] and S. Ramesh[2] (*[1]SIRIM, Malaysia, [2]University of Malaya, Malaysia*)

SS6-4 **Progress of Standardization Activities for Fine Ceramics in China (*Invited*)**
11:00-11:30 Xingang Wang[*] (*Chinese Academy of Sciences, China*)

11:30-13:00 Lunch

12:00-12:30 **폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨**

좌장: 김용남(KTL)

SS6-5 **Standards for Performance Test and Certification System for Photocatalytic Products (*Invited*)**
13:00-13:30 Tai Kyu Lee[*], Woosug Yoon (*NANOPAC Co., Ltd*)

SS6-6 **ISO TC206 (Fine Ceramics) 화학분석분과(WG3)에서의 국제표준화 활동**
13:30-13:50 최기인[*], 김민정, 민수경, 이창현 (*KICET*)

SS6-7 **전기자동차용 리튬이차전지 양극활물질 소재의 화학분석방법 표준화 연구**
13:50-14:10 이선홍[*], 이명규 (*KICET*)

14:10-14:30 Coffee Break

SS6-8 **벌크형 열전소재의 고온 제벡계수 및 전기전도도 평가기술 및 국제표준화에 대한 연구**
14:30-14:50 이동원[1*], 이규형[2], 김용남[1] (*[1]KTL, [2]연세대*)

SS6-9 **Synthesis for Flexible Display Organic–inorganic Hybrid Composite Coating according to Precursor**
14:50-15:10 이희선[1*], 손경우[1], 손호석[2], 이희수[3], 임형미[1] (*[1]KICET, [2]SMS, [3]부산대*)

SS6-10 **ISO Standardization of Test Method for Total Electrical Conductivity of Conductive Fine Ceramics**
15:10-15:30 류지승[1*], 신태호[1], 이희수[2] (*[1]KICET, [2]부산대*)

구두발표

Room 317B



2019년 11월 15일(금)

G6. 유리 및 비정질 세라믹스
(Organizer: 최용규(항공대))

좌장: 최용규(항공대)

G6-1 Key role of TeO_2 based Optical Glass for Mid-Infrared Optical Lens and Cameras
08:30-09:00 최주현*, K. Lingana (*KOPTI*)

G6-2 Heat Transfer Control by Dispersed Metallic Particles in $CaO-Al_2O_3-CaF_2$-based Glasses
09:00-09:15 현성희*, 조중욱 (*포항공대*)

G6-3 Cd-rich Core with Zn-rich Shell Morphology of $Cd_{1-x}Zn_xSe$ Quantum Dots in Silicate Glasses Investigated using the Atom Probe Tomography
09:15-09:30 이호정*, 박원지, 허 종 (*포항공대*)

G6-4 삼성분계 Ge-Ga-Se 유리의 물성과 구조에 대한 화학양론비의 영향
09:30-09:45 김 현[1*], 이준호[1], 이우형[1], 최주현[2], 최용규[1] ([1]*항공대*, [2]*KOPTI*)

G6-5 칼코지나이드 유리 적외선 투과단의 조성 의존성에 대한 'Single Average Harmonic Oscillator' 모델의 보편성
09:45-10:00 최용규*, 김 현, 이준호 (*항공대*)

10:00-10:15 Coffee Break

좌장: 김선훈(KOPTI)

G6-6 Eu^{2+}가 도핑된 Oxy-fluoride 결정화유리의 RF_2 (R = Ba, Ca, Sr) 첨가에 따른 발광 특성
10:15-10:30 이한솔[1*], 최용규[2], 정운진[1] ([1]*공주대*, [2]*항공대*)

G6-7 β-sialon:Eu^{2+} 형광체 및 Nd-첨가 silicate 유리를 이용한 백색 LED용 phosphor-in-glass의 색 재현성 및 열 안정성 향상
10:30-10:45 남윤희*, 김성현, 정운진 (*공주대*)

G6-8 Development of Glass Composition without Alkali Element for Red-Emitting Phosphor in Glass (PiG) with $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$ Phosphor
10:45-11:00 박영지[1,2*], 황종희[1], 이윤기[2], 김선욱[1] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

G6-9 Optical Properties of Periodic Micropatterned VO2 Thermochromic Films Prepared by Thermal and Intense Pulsed Light Sintering
11:00-11:15 손승배*, 김광석, 윤지원, 김대업 (*KITECH*)

G6-10 용액공정으로 제조된 VO_2 박막 광소결 특성에 파장대 영역이 미치는 영향
11:15-11:30 윤지원[1*], 이석재[2], 김광석[1], 김대업[1] ([1]*KITECH*, [2]*전북대*)

G6-11 나노 분말의 첨가에 따른 Alumino-Boro-Phosphate 유리의 코팅 물성
11:30-11:45 김인건*, 이한솔, 정운진 (*공주대*)

G6-12 무기 바인더의 이중코팅을 통한 세라믹 중자의 강도향상
11:45-12:00 박혜영*, 이혜주, 최현희, 김봉구, 최혜량, 조근호, 김은희, 정연길 (*창원대*)

G6-13 유기-무기 바인더 전환공정에서 $SiO_2-Na_2O-Al_2O_3$ 3성분계 무기 바인더 특성
12:00-12:15 최현희*, 김은희, 양승철, 정연길, 여정인 (*창원대*)

G6-14 Y2O3와 Fe2O3가 포함된 LAS 계 결정화 유리 특성
12:15-12:30 이지선[1,2*], 김진호[2], 김선욱[2], 전대우[2], 임태영[2], 이영진[2], 라용호[2], 황종희[2] ([1]*인하대*, [2]*KICET*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

여성세라미스트 멘토링 워크숍
(Organizer: 이종숙(전남대))여성세라미스트 멘토링 워크숍

진행: 이종숙 교수(전남대)

12:30-12:50 등록/점심스낵

12:50-12:55 축사 김응수 한국세라믹학회 회장

12:55-13:00 WISET-KCERS 젊은여성연구자상 및 차세대여성세라미스트 논문상 안내

13:00-14:30 전문가 특강 및 멘토링 세션
기업의 변화에 대한 이해
주지원(Camp Cloud Partner Data and CX Strategy)

구두발표

Room 317C



2019년 11월 15일(금)

SS20. 에너지효율세라믹 심포지엄
(Organizer: 권우택(KICET))

좌장: 류도형(서울과기대)

SS20-1 이산화탄소 포집 및 탄소광물화 기술 (*Invited*)
10:30–10:50 권우택*, 김영희, 이윤주, 권오규 (*KICET*)

SS20-2 A Review on Ceramic Coatings Applied to Boiler Tube System at Waste to Energy Plants (*Invited*)
10:50–11:10 Nguyen Minh Dat*, 권우택, 김영희, 이윤주 (*KICET*)

SS20-3 Synthesis and Crystal Growth of AlN : Powder Synthesis, Thermodynamic Modeling and Bulk Crystal Growth (*Invited*)
11:10–11:30 정성민*, 김영희 (*KICET*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

좌장: 이명현(KICET)

SS20-4 바이오세라믹스의 임상적 활용 (*Invited*)
13:30–13:50 하성민* (*메타바이오메드*)

SS20-5 요오드안정화법으로 제조된 탄화규소섬유의 나노구조 (*Invited*)
13:50–14:10 류도형[1*], 홍준성[2], 조광연[3], 신동근[3] ([1]*서울과기대*, [2]*Univ. Conetticut*, [3]*KICET*)

SS20-6 다양한 SiC 분말을 이용한 SiC 단결정 성장 및 특성 분석 (*Invited*)
14:10–14:30 이원재* (*동의대*)

14:30-14:50 Coffee Break

좌장: 신동근(KICET)

SS20-7 Preparation of Bio-inspired Sol-Gel Coating by Electrophoretic Deposition (*Invited*)
14:50–15:10 임형미* (*KICET*)

SS20-8 석유화학촉매 상용화 사례 및 기술개발 현황 (*Invited*)
15:10–15:30 김호동* (*희성촉매*)

SS20-9 PDC (고분자유래 세라믹 제조) 기술을 기반으로 하는 SiC 성형 및 이의 응용 (*Invited*)
15:30–15:50 이윤주* (*KICET*)

구두발표

Room 318A



2019년 11월 15일(금)

SS1. 제5회 한국 세라믹산업 발전을 위한 산 · 학 · 연 협력 및 한국세라믹기술사 공동 심포지엄
(Organizer: 황호연(한국세라믹연합회), 이응원(한국세라믹기술사부회), 이홍림(한국세라믹학회 산 · 학 · 연 협력 위원회))

10:00-10:10 진행: 이준영 전무(한국세라믹연합회)

▣ 인사 · 축사 · 환영사
1. 인사말: 한국세라믹연합회 황호연 회장
2. 축 사: 한국세라믹학회 김응수 회장
3. 환영사: 한국세라믹기술협의회 오부근 회장

10:10 ~ 10:20 진행: 이준영 전무(한국세라믹연합회)

1. 2019년 한국세라믹산업기술상 소개: 세라믹산업기술상 선정위원장(한국세라믹학회 유상임 수석부회장)
2. 2019년 한국세라믹산업기술상 포상: 한국세라믹연합회 황호연 회장

▣ 특별강연 및 일반강연: 한국세라믹산업 발전을 위한 산학연 협력방안

진행: 이홍림 명예교수(연세대)

좌장: 김병욱 박사(아이젝스)

SS1-1 **치과용 세라믹스의 발전 과정 (*Invited*)**
10:20-11:00 김철영 명예교수[1,2*] (*[1](주) 하스, [2]인하대*)

SS1-2 **소재부품장비의 경쟁력은 어디서 오는 것인가? (*Invited*)**
11:00-11:30 안형수 수석* (*KEIT*)

11:30-13:30 점심

좌장: 김용환 박사(KISTI)

SS1-3 **피라미드의 축조 (*Invited*)**
13:30-14:00 송종택 명예교수* (*단국대*)

SS1-4 **위기 극복: 엔지니어링 세라믹스 산업 (*Invited*)**
14:00-14:30 박상환 박사* (*KIST*)

14:30-15:00 Coffee Break

좌장: 김준수 박사(KCM)

SS1-5 **요업인 세대론 (*Invited*)**
15:00-15:30 한상목 교수* (*강원대*)

SS1-6 **복합화력발전용 가스터빈용 고온부품 및 세라믹스코팅기술 (*Invited*)**
15:30-16:00 김형태 박사* (*KICET*)

16:00-17:00 진행: 오부근 박사(한국세라믹기술협의회 회장)

▣ 한국세라믹산업 발전을 위한 토론회

구두발표

Room 318B



2019년 11월 15일(금)

S16. 4차산업혁명대응 바이오융합세라믹스 심포지엄
(Organizer: 박대환(경남대))

좌장: 박대환(경남대)

SS16-1 Ceramic Industry 4.0 begins with Bio-Convergence (*Invited*)
10:00-10:20 박대환* (*경남대 나노신소재공학과*)

SS16-2 Application and Evaluation of Dental Zirconia (*Invited*)
10:20-10:40 정신혜* (*서울대 치의학과*)

SS16-3 **첨단 바이오센서 및 삽입형 의료기기 계면 제어 기술 (*Invited*)**
10:40-11:00 서정목* (*연세대 전기전자공학부*)

SS16-4 Surface Adhesive Phenolics Inspired by Adhesion in Nature (*Invited*)
11:00:11:20 서성백* (*부산대 바이오소재과학과*)

SS16-5 In vitro Diagnostic (IVD) Platform based on Nanomaterials for High-efficiency Disease Diagnosis (*Invited*)
11:20-11:40 임은경* (*한국생명공학연구원*)

SS16-6 3D Hydrogel-bioceramic Scaffold for Anti-inflammation and Osteogenic Differentiation of Human Mesenchymal Stem Cells (*Invited*)
11:40-12:00 박민희* (*KICET*)

12:00-12:30 **폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨**

구두발표

Room 318C



2019년 11월 15일(금)

SS18. 다결정 투명 세라믹스 심포지엄
(Organizer: 박영조(KIMS))

좌장: 최종진(KIMS)

SS18-1 **중적외선 고투광성 나노복합체 소재의 특성과 응용**
08:45-09:00 마호진*, 김도경 (*KAIST*)

SS18-2 Processing of YAG: Ce Composite Ceramics for High Power WLED Application
09:00-09:15 허세윤*, 홍성현 (*서울대*)

SS18-3 Current Status and Future of Ceramic Phosphor Plate for High Power LD/LED Applications (*Invited*)
09:15-09:45 문영부* ((*주*)*유제이엘*)

SS18-4 **산소분위기 상압소결을 통해 제조된 이방성 결정구조 PLZT 투명 세라믹스의 광학 및 압전 특성 평가**
09:45-10:00 김정환*, 최종진, 황건태, 민유호, 안철우, 한병동, 윤운하 (*KIMS*)

SS18-5 Fabrication of Polycrystalline Transparent γ-AlON Added with $Pr(NO_3)_3$ by 2-step Pressureless Sintering
10:00-10:15 Muhammad Tsabit Ayman*, 김명동, 윤당혁 (*Yeungnam Univ.*)

10:15-10:30 Coffee Break

SS18-6 **세라믹 소재의 광 투과 특성 (*Invited*)**
10:30-11:00 정운진* (*공주대*)

SS18-7 **일반적인 고상 소결 공정을 통한 $(K,Na)NbO_3$ 계열 무연 압전 세라믹의 단결정 성장 (*Invited*)**
11:00-11:30 조경훈[1*], 유일열[1], 안철우[2], 최종진[2], 한병동[2] ([1]*금오공대*, [2]*KIMS*)

SS18-8 **고내열충격 중적외선 투과 세라믹 제조 기술 연구**
11:30-11:45 최두현*, 용석민, 고석영, 이기수, 정동익 (*국방과학연구소*)

SS18-9 **다결정 투명 세라믹스의 내플라즈마 특성**
11:45-12:00 박영조[1*], 오현명[2], 김하늘[1], 고재웅[1], 김미주[1] ([1]*KIMS*, [2]*금오공대*)

12:00-12:30 **폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨**

구두발표

Room 327A



2019년 11월 15일(금)

G8. 전산재료과학 및 재료분석 / SS15. 인공지능 및 전산재료과학을 이용한 재료 설계
(Organiezr: 오민욱)

좌장: 강영호(KIMS)

G8-1 Point Defects in Semiconductors: Insights from First Principles Calculations (*Invited*)
08:30-9:00 강영호*(*재료연구소*)

G8-2 **열전재료 및 발전시스템의 성능 측정 및 평가 기술 개발 (*Invited*)**
09:00-09:30 허성준[1*], 노윤현[1], Brakowa Frimpong[2], 성동수[2], 김병민[2], 박천영[2] (*[1](주)블루시스, [2]한밭대학교*)

G8-3 **결정성장 중 계면에서의 용질 재분배: 몬테카를로 시뮬레이션**
09:30-09:45 이재욱* (*재료연구소 (KIMS)*)

G8-4 Fast Direct Probing Polarization Charge at the Nanoscale
09:45-10:00 권오웅*, 김윤석 (*성균관대학교*)

10:00-10:30 Coffee Break

좌장: 오민욱(한밭대)

SS15-1 Representing Materials Information to Apply Machine Learning to Band Gap Predictions and Molecular Dynamics Simulations (*Invited*)
10:30-11:00 김현우* (*KRICT*)

SS15-2 **호모사피엔스와 AI (*Invited*)**
11:00-11:30 이정원* (*한국전자통신연구원*)

SS15-3 Computational Design and Analysis of Metal–Halide Perovskites toward Eco–friendly and Stable Materials (*Invited*)
11:00-11:30 홍기하* (*한밭대*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 327B



2019년 11월 15일(금)

G5. 바이오 세라믹스
(Organizer: 이정헌(성균관대))

좌장: 이정헌(성균관대)

G5-5 **생분해성 전자소자를 활용한 최소침습형 삽입형 의료소자**
09:00-09:20 강승균* (*서울대*)

G5-6 Biocompatible Carbon Dots for Diagnostics and Therapeutics
09:20-09:40 권우성* (*숙명여대*)

G5-7 Modulation of Hypoxic Microenvironment using Multifunctional Nanoparticles
09:40-10:00 이노현* (*국민대*)

10:00-10:30 Coffee Break

좌장: 강승균(서울대)

G5-8 Bioinspired Nanoparticles for Diagnosis and Therapy
10:30-10:50 이효진* (*KIST*)

G5-9 Engineering of Plasmonic Nanostructures for Live Cell Imaging and Biodiagnostic Applications
10:50-11:10 임동권* (*고려대*)

G5-10 Generation of Structure–switching Nanostructures toward *in situ* Analyte Monitoring
11:10-11:30 오승수* (*포항공대*)

12:00-12:30 **폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨**

구두발표

Room 327C



2019년 11월 15일(금)

G1. 전자 세라믹스
(Organizer: 박종성(명지대))

좌장: J.G. Fisher(전남대)

G1-6 A MEMS-based Piezoelectric AlN Acoustic Sensor Array for Next-Generation Cochlear Implant (*Invited*)
08:45-09:15 장종문[1*], 최홍수[2], Juergen Brugger[3], 최종진[1], 윤운하[1] ([1]*KIMS*, [2]*DGIST*, [3]*스위스로잔연방공과대*)

G1-7 Dependence of Piezoelectric Properties on Sintering Conditions of $0.65Bi_{1.05}FeO_3$-$0.35BaTiO_3$(BF-BT) Ceramics
09:15-09:30 TAUSEEF AHMED*, Salman Ali Khan, Fazli Akram, 배지희, Tran Thi Thanh, Tae Kwon Song, Myong-Ho Kim, Sonnil Lee (*Changwon Nat'l Univ.*)

G1-8 PFM Study with Band Excitation Technique in the Model System with Low Piezoresponse
09:30-09:45 강승훈[1*], 전세라[2], 김세라[1], 설대희[1], 양희준[1], 이재광[2], 김윤석[1] ([1]*성균관대*, [2]*부산대*)

G1-9 Structures and Piezoelectric Properties of Cubic-based Polymorphic Phase Boundary in $(1-y)(Na_{0.5}K_{0.5})(Nb_{1-x}Sb_x)-yCaTiO_3$ Ceramics
09:45-10:00 김인수*, 이태곤, 남 산 (*고려대*)

10:00-10:15 Coffee Break

좌장: 장종문(KIMS)

G1-11 Growth of Lead-free Piezoelectric Single Crystals by Solid State Crystal Growth and Their Electrical Properties
10:15-10:30 J.G. Fisher[1*], LE GIA PHAN[1], 맹몽[1],Pham Thuy Linh[1], Uwiragiye Eugenie[1], Dang Thanh Nguyen[1], 이종숙[1], 김황필[2], 조 욱[2], Byoung-Wan Lee[3], Jaehyeon Ko[3] ([1]*Chonnam Nat'l Univ.*, [2]*UNIST*, [3]*Hallym Univ.*)

G1-12 Effects of Thermal Process on Piezoelectric Properties of Bismuth Ferrite-based Ceramics
10:30-10:45 살만 알리 칸*, Tauseef Ahmed, AKRAM FAZLI, Jihee Bae, Soo Yong Choi, Tae Kwon Song, Myong-Ho Kim, Soonil Lee (*Changwon Nat'l Univ.*)

G1-13 The Optimal Design of a Flexible Piezoelectric Module Structure based on a Lead-free Piezoceramic Nanofiber
10:45-11:00 지상현[1*], 이우영[2], 윤지선[1] ([1]*KICET*, [2]*연세대*)

G1-14 High Piezoelectric Properties of Lead-free Thick-films and Their Application to Alternative Multilayer Actuator
11:00-11:15 채석준[1*], 이태곤[1], 남 산[2] ([1]*KUKIST융합대학원*, [2]*고려대*)

G1-15 Electrical Properties of Nitrogen doped Al_2O_3 Films based on Atomic Layer Deposition
11:15-11:30 김민재*, 강경문, Yue Wang, 이 찬, 박형호 (*연세대*)

G1-16 Improvement of Conductance Modulation Linearity in Cu-doped $KNbO_3$ Memristor for Neuromorphic Computing System
11:30-11:45 박성민*, 남 산 (*고려대*)

G1-17 Conductance Modulation and Synaptic Plasticity in Ta_2O_5 Cross-point Memristor
11:45-12:00 황현규*, 우종운, 박성민, 남 산 (*고려대*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 328



2019년 11월 15일(금)

SS11. 고기능 세라믹 소결 심포지엄
(Organizer: 한영환(우한공대), 황규홍(경상대))

좌장: 한영환(우한공대)

SS11-1 Spark Plasma Sintering and In Vitro Biocompatibility of Graphene Nanoplatelet (GNP) Reinforced Aluminum Oxide
08:30-08:50 황규홍[1*], 유진실[1], 김채호[1], 권기훈[1], 한영환[2] ([1]*경상대*, [2]*Wuhan Univ. Technol.*)

SS11-2 Bonding Strength of Dental Metals with Porcelain Ceramics
08:50-09:10 황규홍*, 권기훈, 김채호 (*경상대*)

SS11-3 **올세라믹 지르코니아 임플란트의 제작 및 물성 (*Invited*)**
09:10-09:30 이종국[1*], 황규홍[2], 김대성[1], 김우창[1], 김정준[1], 윤유현[1] ([1]*조선대*, [2]*경상대*)

SS11-4 Functional Polymer-Derived Ceramics; Review (*Invited*)
09:30-09:50 한영환* (*Wuhan Univ. Technol.*)

09:50-10:00 Coffee Break

SS11-5 Phase Transformation of Octacaclum Phosphate Ceramics with Temperature (*Invited*)
10:00-10:20 김주성, 김석영* (*영남대*)

SS11-6 **플래시 소결법을 이용한 수산화아파타이트 바이오 세라믹 소결 및 그 메커니즘 (*Invited*)**
10:20-10:40 황창훈[1], 김석영[2], 윤존도[1*] ([1]*경남대*, [2]*영남대*)

SS11-7 Microstructural Properties and Sintering Behavior of Y_2O_3 by Spark Plasma Sintering (*Invited*)
10:40-11:10 이지환[1], Byung-Nam Kim[2], Byung-Koog Jang[1*] ([1]*Kyushu Univ.*, [2]*NIMS*)

SS11-8 Polymer Precursor Derived Hybrid Nanoceramics (*Invited*)
11:10-11:40 한영환* (*Wuhan Univ. Technol.*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 324



2019년 11월 15일(금)

G1. 전자 세라믹스
(Organizer: 박종성(명지대))

좌장: 황건태(KIMS)

G1-18 High-output Magneto-mechano-triboelectric Generator for IoT Applications
08:30-08:45 황건태[1*], 민유호[1], 김종우[1], 안철우[1], 최종진[1], 한병동[1], 최준환[1], 윤운하[1], 박동수[1], 류정호[2] ([1]*KIMS*, [2]*영남대*)

G1-23 Engineering Nanoscale Doping Profiles of Vanadium Dioxide Thin Films for Developing High-performance Temperature Sensors
08:45-09:00 양하늘*, 이서윤 (*숙명여대*)

G1-20 **졸-겔법에 의한 $Lu_3(Al,Ga)_5O_{12}:Ce^{3+},Cr^{3+}$ 형광체 분말의 저온 합성과 잔광 특성**
09:00-09:15 김지원*, 김영진 (*경기대*)

G1-21 Enhanced Pinning Properties by Refining Gd_2O_3 Particles Trapped in the $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Films via RCE-DR
09:15-09:30 박인성[1*], 오원재[1], 이재훈[2], 문승현[2], 유상임[1] ([1]*서울대*, [2]*(주)서남*)

G1-22 Effect of Post-annealing on the Microstructure and Pinning Properties of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Coated Conductors via RCE-DR
09:30-09:45 오원재[1*], 박인성[1], 이재훈[2], 문승현[2], 정국채[3], 유상임[1] ([1]*서울대*, [2]*(주)서남*, [3]*KIMS*)

G1-19 Hierarchical Nano-Heterostructure of $BiVO_4$/Branched WO_3 Nanorods for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting
09:45-10:00 김재혁*, 김도홍, 윤지원, 이종흔 (*고려대*)

10:00-10:15 Coffee Break

좌장: 이현숙(연세대)

G1-24 Highly Sensitive and Selective Detection of Isoprene and Acetone for Breath-Analyzer Applications
10:15-10:30 이현숙*, 이준호, 장연지, 정회봉, 이우영 (*연세대*)

G1-25 Atomically Dispersed Noble Metal Atoms-anchored Carbon Nitride: Dual Sensitization of Metal Oxide Nanofibers for Enhanced Gas Sensing
10:30-10:45 신하민*, 김동하, 장지수, 조수호, 김일두 (*KAIST*)

G1-26 A Novel Design for Tuning Gas Selectivity and Response of Oxide Chemiresistors: Bilayer Design Consisting of Metal Oxide Sensing Layer and Au Nanoparticle Catalytic Overlayer
10:45-11:00 문영국*, 정성용, 강윤찬, 이종흔 (*고려대*)

G1-27 Dual Gas Sensor for Highly Sensitive and Selective Detection of p-xylene and Toluene using Nb doped NiO Hollow Spheres
11:00-11:15 김태형*, 정성용, 문영국, 이종흔 (*고려대*)

G1-28 Humidity-Independent Detection of Acetone Using Pr-Doped In_2O_3 Macroporous Spheres
11:15-11:30 김준식* (*고려대*)

G1-29 **고강도/고열전도도 ZTA 저온 소결용 저가 신공정 기술**
11:30-11:45 성웅경[1*], 안철우[1], 조영래[2], 한병동[1], 최준환[1], 최종진[1], 황건태[1], 민유호[1], 안병민[2] ([1]*KIMS*, [2]*부산대*)

G1-30 **Nb_2O_5의 첨가가 Al_2O_3와 ZTA의 소결 온도와 미세구조에 미치는 영향**
11:45-12:00 안병민[1*], 성웅경[1], 안철우[1], 민유호[1], 최종진[1], 최준환[1], 한병동[1], 황건태[1] ([1]*부산대*, [2]*KIMS*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 325



2019년 11월 15일(금)

G2. 에너지 환경 세라믹스 / G4. 나노 융합 세라믹스
(Organizer: 이규형(연세대) / 임재홍(가천대), 신원호(광운대))

좌장: 김현식(홍익대)

G2-19 Development of ALD SnS Film Process and Investigation of Seed Layer Effect for Energy Device Applications
08:30-08:45 최형수*, 전형탁 (*한양대*)

G2-20 Site Selectivity Controllable Electrochemical Carboxylation of Olefin with CO_2 for Chemical Feedstock Production
08:45-09:00 박경도*, 남기태 (*서울대*)

G2-21 Self-passivated Dihafnium Sulfide Electride to Enable a Persistent Eleectrocatalytic Reaction in Water and Acid
09:00-09:15 강세황*, 정경화, 김성웅 (*성균관대*)

G4-12 Creation of Two-dimensional Layered Zintl Phase by Dimensional Manipulation of Crystal Structure
09:15-09:30 송준성*, 김성웅 (*성균관대*)

G4-13 Synthesis of Chelate Ligand Attached to Fe_3O_4 Nanoparticle with PEI and PAA
09:30-09:45 최진욱*, 한진순, 최성철, 안계석 (*한양대*)

G4-14 Fabrication of Fe_3O_4@SiO_2 Nanoparticle with Sodium Silicate and Evaluation of its Core-shellization and Physical properties
09:45-10:00 차지현*, 허재욱, 최성철, 안계석 (*한양대*)

G4-15 I-III-VI 양자점 기반 고효율, 고연색 특성의 백색 전계발광 소자 제작 연구
10:00-10:15 윤석영*, 김경혜, 김양희, 김휘재, 양희선 (*홍익대*)

G4-16 Synergistic Coupling Derived Cobalt Oxide with Nitrogenated Holey Two-Dimensional Matrix as an Efficient Bifunctional Catalyst for Metal-Air Batteries
10:15-10:30 김정원*, 황효제, 양예진, 이한솔, 김건태 (*UNIST*)

G7. 내화물 및 시멘트 세라믹스 / G9. 생활 및 전통 세라믹스
(Organizer: 이기성(국민대) / 황광택(KICET))

좌장: 이기성(국민대)

G7-1 공침 합성법을 이용한 마그네시아(MgO) 기반 2성분계 분말 합성
11:00-11:15 김봉구[1*], 최현희[1], 손정훈[1], 변윤기[2], 권민석[2], 김동경[1] ([1]*창원대*, [2]*포스코*)

G7-2 파우더 베드 방식 3D 프린팅에서 다공성 세라믹 과립에 대한 모세관 압력의 영향
11:15-11:30 전승엽[1*], 김홍대[1], 이희수[2], 김태욱[1], 정보라[1], 이명진[1], 박성현[1] ([1]*KITECH*, [2]*부산대*)

G9-1 Development of High-viscosity ZrO_2 Nanocomposite Resins for Supportless 3D Printing Process
11:30-11:45 김진우*, 윤지선 (*KICET*)

G7-3 전기자동차 부품 제작을 위한 사형 주조 3D 프린팅 소재 연구
11:45-12:00 손현진[1*], 장성완[1], 배창준[1], 양정직[2], 이환종[2], 정영근[3] ([1]*KIMS*, [2]*KATECH*, [3]*부산대*)

12:00-12:30 폐회식(402호): 시상 및 경품 추첨

포스터발표

Poster-I

2019년 11월 13일(수)

G2. 에너지 환경 세라믹스

P1-G2-1 Enhanced Photoelectrochemical Water Splitting Performance of WO_3/Nb:$SrTiO_3$ (100) by Graphene Passivation Layer
조아영*, 이상우, 윤철민, 최택집 (*세종대*)

P1-G2-5 **전기방사법에 의한 혼재된 망간상을 갖는 나노와이어 합성 및 전기화학적 특성평가**
김희선*, 김지훈, 윤종원 (*단국대*)

P1-G2-6 **전기방사로 제작된 $LaMnO_3$ 나노와이어의 전기화학적 특성**
김지훈*, 김희선, 윤종원 (*단국대*)

P1-G2-7 Defect Structure and Transport Properties of $BaZr_{0.5}Ce_{0.3}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ Electrolyte
김인호*, 홍재운, Aman Bhardwaj, 송선주 (*전남대*)

P1-G2-8 ALD Grown Nickel Oxide (NiO) Layers Doped with Sulphur (S) on n-Si as Photoanodes for Water Oxidation Reaction
조제미* (*성균관대*)

P1-G2-9 **소듐이차전지용 고용량 인화바나듐 함유 인 기반 복합소재의 합성 및 전기화학적 거동 연구**
제준환*, 김상욱 (*KIST*)

P1-G2-10 **고성능 소듐이온전지를 위한 이황화 몰리브덴/탄소 복합 음극소재에 관한 연구**
임효준[1*], 김형우[2], 최원창[3], 김상욱[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*, [3]*건국대*)

P1-G2-11 **태양전지 투습도 감소를 위한 유무기 hybrid 코팅 연구**
정동욱*, 유상우, 장은진, 권정규, 정창훈 (*경기대*)

P1-G2-12 **$Ba_{0.95}La_{0.05}FeO_{3-\delta}$의 결함화학적 특성과 비대칭 산소 투과 분리막을 위한 다공성 지지체의 미세구조 평가**
김은일*, 배호한, 윤예진, 송선주 (*전남대*)

P1-G2-13 The Impacts of Different Carbon Support on the Platinum Catalyst Layer for PEM Fuel cells
Aniket Kumar*, 홍재운, 윤예진, 송선주 (*전남대*)

P1-G2-14 **물분해 전극으로의 응용을 위한 페로브스카이트 산화물 박막의 전기적, 전기화학적 특성 분석**
최민주*, 장호원 (*서울대*)

P1-G2-15 **FA기반 페로브스카이트 태양전지의 전단코팅 최적화를 위한 조성제어 연구**
김한솔*, 송동준, 구혜원, 정중희, 홍기하 (*한밭대*)

P1-G2-16 $BiVO_4$/WO_3 Heterogeneous Photoanodes for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting via Electrochemical Synthesis
양진욱*, 장호원 (*서울대*)

P1-G2-17 Surface Decorated Spinel-Oxide Electrodes for Mixed-Potential Type Ammonia Gas Sensors: Performance and DRT analysis
Aman Bhardwaj*, Aniket Kumar, 배호한, 김은일, 송선주 (*전남대*)

P1-G2-18 The Effect of Quenching Treatment of TiO_2 Photoelectrode for Dye Sensitized Solar Cells.
박운용*, 박윤태, 박재우, 이기태 (*전북대*)

P1-G2-19 Reliable Quantification of Atomic Defects in 1L-TMDs using Quantitative Low-kV STEM Analysis
최우선*, 김영민 (*성균관대*)

P1-G2-20 Flexible Thermoelectric Generator Based on Hot-extruded Bi_2Te_3-Based Alloys
홍석원*, 김상일 (*서울시립대*)

P1-G2-21 **에어로졸 공정 기반 계층적 기공구조의 탄소 구형입자 합성 및 슈퍼캐퍼시터 특성**
김진구*, 유용주, 강윤찬 (*고려대*)

P1-G2-22 Catalytic Behavior of Cu_2O Enhancing Lithium Storage of Binder-free MoO_{3-x}
신수은*, 윤재상, 김은수, 윤원섭, 신현정 (*성균관대*)

P1-G2-23 Thermoelectric Properties Modulation via Semimetal to Semiconductor Transition in $Bi_{1-x}Sb_x$ Nanowires
홍석균*, 문홍재, 김정민, 이우영 (*연세대*)

P1-G2-24 Thermoelectric Transport Properties of 2D Layered $NbSe_2$ nanosheets
문홍재*, 김정민, 홍석균, 이우영 (*연세대*)

P1-G2-25 **분무열분해 공정을 통한 중공 구조의 나노큐브들로 이루어진 rGO ball의 합성과 전기화학 특성 평가**
박진성*, 양성진, 강윤찬 (*고려대*)

P1-G2-26 Microstructure Formation and Magnetocaloric Effect of the Fe_2P-type Phase in $(Mn,Fe)_2(P, Si)$ Alloys
김진영*, 김수민, 신현준, 이규형, 이우영 (*연세대*)

포스터발표

Poster-I



2019년 11월 13일(수)

P1-G2-27 Electrochemical Properties of Oxide/Sulfide Composite Solid Electrolytes for All-solid-state Batteries
이은정*, 김강산인, 황해진 (*인하대*)

P1-G2-28 High Power Density Skutterudite Modules for High Temperature Thermoelectric Generation
김영선[1*], 윤하나[2], 윤기완[1], 박상현[2] ([1]*KAIST*, [2]*KIER*)

P1-G2-29 Measurement of Seebeck Coefficient and Electrical Conductivity of Thermoelectric Materials at High Temperature
김민영[1*], 김용남[2], 이규형[1] ([1]*연세대*, [2]*KTL*)

P1-G2-30 **열간 압출을 이용한 p형 Bi-Sb-Te 열전소재 제조**
김희림[1*], 김성웅[2], 이규형[1] ([1]*연세대*, [2]*성균관대*)

P1-G2-31 Inhomogeneously Augmented Oxygen Vacancies Responsible for Catalystic Performance in Metal Doped SnO_2 Nanoparticles
장우성* (*성균관대*)

P1-G2-32 Enhancement of Thermoelectric Properties of Higher Manganese Silicide by the Introduction of Fe and Co Nanoparticles
김관식[1*], 김정민[1], 이규형[1], 노종욱[2], 이우영[1] ([1]*연세대*, [2]*경북대*)

P1-G2-33 Radiofrequency-wave-transmittable Electrode for Device-to-device Communication
김태훈* (*연세대*)

P1-G2-34 Direct Observation of Structural Transformation in Au-Pt Core-Shell Nanocrystals by In-situ Transmission Electron Microscopy
김주영[1*], 박희영[2], 배지환[2], 홍재영[2], 유성종[2], 김긍호[2], 이규형[1], 천동원[2] ([1]*연세대*, [2]*KIST*)

P1-G2-35 **고효율 고체산화물 전지 및 In-situ Sensing System 개발**
이윤재[1*], 조용현[1], 이종민[1], 최형섭[1], 정현권[2], 최승아[2], 송준영[2], 명재하[2] ([1]*인천과학예술영재학교*, [2]*인천대*)

P1-G2-36 Proton-conducting Graphene Oxide Composite Membranes
Shahjahan[1*], 박성범[2], 박용일[1] ([1]*금오공과대*, [2]*동국대*)

P1-G2-37 Enhanced Stability of Coated Carbon Electrode for Li-O_2 Batteries
배영준[1*], 이선영[1], 박혁준[1], 고영민[1], 민요셉[2], 강기석[1] ([1]*서울대*, [2]*건국대*)

P1-G2-38 Lithium Evaporation of Dense $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ Ceramics for All-solid-state Lithium-ion Batteries
김동규*, 윤종혁, 김도경 (*KAIST*)

P1-G2-39 Microstructural and Thermoelectric Characteristics of Chalcogenide Cu-In-Se Compounds
김현지*, 이호성 (*경북대*)

P1-G2-40 The Transport Properties of $_{0.70.3}$-CNT Composites
조준영[1*], 진우찬[1], 박경희[1], SIYAR MUHAMMAD[2], 김진상[3], 박찬[1] ([1]*서울대*, [2]*School of Chemical and Material Engineering*, [3]*KIST*)

P1-G2-41 Capacity Fade Analysis of All-solid-state Lithium Ion Batteries Consisting of Alloy Anode Using a Reference Electrode
장기환*, 최한울, 임형태 (*창원대*)

P1-G2-42 Effect of Aluminum-based Metallic Glasses as Silver Paste Additive
민병욱*, 김석준, 이준호, 박호준 (*한국기술교대*)

P1-G2-43 In Operando Raman Spectroscopy of High-Areal-Capacity and Stable Li-S Battery Using Biomass-Derived Carbon Fiber and Vanadium Dioxide As Self-Supported Cathode Material
윤종혁[1*], 김주형[1], Pitchai Ragupathy[2], 김도경[1] ([1]*KAIST*, [2]*CECRI(India)*)

P1-G2-44 Giant Miscanthus Residue Derived Activated Carbon for Supercapacitors
이정한[1*], 차영록[2], 노광철[1] ([1]*KICET*, [2]*농진청*)

P1-G2-45 Sulfuric Acid Treated Hard Wood Derived Activated Carbon for Supercapacitors
임건해*, 손운배, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-46 Improved Electrochemical Performance of Boron or Zirconium Doped $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$
심현*, 홍성현, 정철호 (*서울대*)

P1-G2-47 Investigation on Fluorine Doping Effects on Cathode Performance of Spinel-Layered $Li_3Mn_3O_{7.5-x}F_x$ for Li-ion Batteries
트란 후하* (*한양대*)

P1-G2-48 Improved Thermoelectric Performance of Filled $CoSb_3$ Skutterudite by Incorporating Carbon Nanomaterials
탁장렬[1*], Nguyen Van Du[2], 조중영[2], 서원선[2], 신원호[2], 조형균[1], 남우현[2] ([1]*성균관대*, [2]*KICET*)

P1-G2-49 Highly Stable TiO_2-Protected Sb_2Se_3 Photocathodes Employing Fullerene as a Charge Transfer Promoter
탄제완*, 이형수, 박재민, 심상기, 박영선, 윤주원, 문주호 (*연세대*)

포스터발표

Poster-I

2019년 11월 13일(수)

P1-G2-50 Deriving Highly Active and Stable Iridium Based Oxygen Evolution Reaction Catalyst on Antimony Doped Tin Oxide Support.
이규락*, 김예지, 정연식 (*KAIST*)

P1-G2-51 Nitrogen-doped Activated Carbon for Supercapacitors Derived from Nitrogen-immobilized Ionic Liquids
김주연*, 정준희, 오민주, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-52 **코크스로부터 제조된 활성탄을 활용한 하이브리드 슈퍼커패시터 성능향상 연구**
강서희*, 천진녕, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-53 **상온에서 공기 중에 장시간 노출된 K_2CO_3 기반 고상 CO_2 흡수제 표면의 구조적 변화와 $KHCO_3$결정의 침상 성장**
조한빈[1*], 류도형[1], 조영식[1], 안상헌[2], 박효선[2], 권민철[2] ([1]*서울과기대*, [2]*(주)토다이수*)

P1-G2-54 Surface Variation in Alkaline-Earth-Iridate Electrocatalysts during Oxygen Evolution Reaction in Acid Electrolyte
송창우*, 서호영, 정성윤 (*KAIST*)

P1-G2-55 Surface Modification of Co-rich Perovskite Cathode Material of IT-SOFC by $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ Infiltration
정동휘*, 김건태 (*UNIST*)

P1-G2-56 Paper Air Cathodes with One-Dimensional Perovskite Nanofiber for Origami-Foldable/Rechargeable Zn－Air Batteries
이한솔*, 김건태 (*UNIST*)

P1-G2-57 Cation Swapping for High Power Density of SOFC
주상욱*, 권오훈, 김건태 (*UNIST*)

P1-G2-58 Cold Antisolvent Bathing Enabled Nucleation and Growth Mechanism Control for Highly Efficient Large-Area Perovskite Solar Cells
장규민*, 권혁찬, 마선일, 윤성철, 양현하, 문주호 (*연세대*)

P1-G2-59 **삼성분계 $NiTi_2S_4$의 합성 및 고안정성 리튬이온배터리 음극재로써의 전기화학적 특성 평가**
김형호*, 홍성현 (*서울대*)

P1-G2-60 Amorphous Cobalt-Iron Phyllosilicate Catalysts for Electrochemical Oxygen Evolution Reaction
김병훈* (*서울대*)

P1-G2-61 Improving the Capacitive Behaviour of Supercapacitor by Modifying Activated Carbon Surface with Carbon Dots
장수진*, 채지수, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-62 Bio-inspired Molecular Redesign of a Phenazine-based Multi-redox Catholyte for High-energy Non-aqueous Organic Redox Flow Batteries
권기윤*, 이규남 (*서울대*)

P1-G2-63 Direct Observation of Solution-phase Discharge in Li-O_2 Batteries by Liquid Cell Transmission Electron Microscopy
박혁준*, 이동훈, 박정원, 강기석 (*서울대*)

P1-G2-64 Stable and High-Power Calcium-Ion Batteries Enabled by Calcium Intercalation into Graphite
박주하* (*서울대*)

P1-G2-65 A New Catalyst for Oxygen Reduction Reaction Catalysts in Lithium－oxygen Batteries Devrived from Biological Redox Mediation in Electron Transport Chain of Bacteria
고영민* (*서울대*)

P1-G2-66 A MOF-derived Nickel Phosphide/Reduced Graphene Oxide Electrode with High Specific Capacity and Ultra-stable Cyability for Lithium Ion Batteries
이종원* (*서울대*)

P1-G2-67 Superior Electrochemical Performance of $Mn_{1-x}V_xP$ Solid Solution with Alloying-Insertion Dual Anode Reaction Mechanism for Lithium-Ion Batteries
김경호*, 정철호, 홍성현 (*서울대*)

P1-G2-68 Dioxybenzene-bridged Hydrophobic Silica Aerogels with Enhanced Textural and Mechanical Properties
이규연*, Qi Wang, 김태희, 김영훈, 정해누리, 박형호 (*연세대*)

P1-G2-69 Enhancement of Mechanical Strength for Silica Aerogel Hybridized with Organic Binder Materia
이규연*, 김태희, 김영훈, 박형호 (*연세대*)

P1-G2-70 Phenyl Modified Silica Nanofiber/Silica Aerogel Composite Synthesized by Co-precursor Method
김태희*, Rushikesh P. Dhavale, 이규연, 김영훈, 정해누리, 박형호 (*연세대*)

포스터발표

Poster-I

2019년 11월 13일(수)

P1-G2-71 Phase-controlled Synthesis of MoO_3 Nanorods by Hydrothermal Method and Their Electrocatalytic Activity
홍대현*, 김명규, 최윤혁 (*대구가톨릭대*)

P1-G2-72 Direct Integration of Amorphous Molybdenum Oxide Nanoarchitectures on Carbon Fiber Papers by Chemical Vapor Deposition and the Modulation of their Structure and Electrocatalytic Activity by Thermal Annealing
김명규*, 홍대현, 최윤혁 (*대구가톨릭대*)

P1-G2-73 In Situ Formed Graphene Oxide-polyacrylic Acid Composite Cage on Silicon Microparticles for Lithium Ion Batteries via Esterification reaction
정철호*, 홍성현 (*서울대*)

P1-G2-74 Photodegradation Property ofTiO_2 Nanotubes Doped with Various Metal Ions
이득용[1*], 김배연[2] ([1]*대림대*, [2]*인천대*)

P1-G2-75 Highly Modified Cathode Structure for Enhancing Solid Oxide Fuel Cell Performance
남궁연*, 홍재운, 배호한 (*전남대*)

P1-G2-76 **경사기능성 구현을 목적으로 하는 알루미나 기반 고전압 가스절연개폐장치 스페이서용 3D프린팅 소재 개발**
윤범진*, 강영심 (*KETI*)

P1-G2-77 Rapidly Capture of Toxic Sulfur Molecules by Silver Ion Exchanged Zeolite Y
손예림*, 김규린, 하자윤, 유현지, 곽민석, 김현성 (*부경대*)

P1-G2-78 Rapid Adsorption of Toxic Molecules Containing Sulfur Using Zeolitic Imidazole Framework
유현지*, 김규린, 하자윤, 손예림, 곽민석, 김현성 (*부경대*)

P1-G2-79 Characteristics of Nasicon-based Solid Electrolyte Sintered Using Hot-press for All-solid-state Batteries
이석희*, 송가영, 조형규 (*KICET*)

P1-G2-80 Electrical Characterization of Halide Perovskite Thin Films Using Photo-Hall Measurement
이승민* (*고려대*)

P1-G2-81 Improvement of Lithium Metal Batteries by Methyl Acetate as a Co-Solvent in Carbonate-Based Electrolytes
명윤[1*], 김남용[2], 강현서[2], 이재원[2], 양민호[2] ([1]*KITECH*, [2]*단국대*)

P1-G2-82 Enhanced Photoelectrochemical Water Oxidation Performance by Doping to $BiVO_4$ Photoanodes
이재명*, 정현석 (*성균관대*)

P1-G2-83 Overcoming Halide Segregation Through Thermal Press Treatment
최광* (*고려대*)

P1-G2-84 **탄화수소 연료를 위한 수소이온전도성 세라믹 연료 전지 복합체 연료극 제조 및 안정성**
신은경*, 박종성, 김순기 (*명지대*)

P1-G2-85 **Triple conductor (수소이온,산소이온, 전자전도성 세라믹)을 이용한 연료전지 공기극 제조**
남준태*, 박종성, 김순기 (*명지대*)

P1-G2-86 **리튬이온전도성 유/무기 복합 고체전해질의 제조 및 특성평가**
황해진*, 김강산인 (*인하대*)

P1-G2-87 Visually Interactive Pressure Sensor Using Thermochromic Display
김태영*, 김광묵, 조성준, 심우영 (*연세대*)

P1-G2-88 **수소이온 전도성 세라믹 연료전지용 산화물 복합체 연료극 설계**
황성현*, 박종성, 김순기 (*명지대*)

P1-G2-89 Development of Nanoporous Copper Electrode for Electrochemical Reduction of CO_2 in Aqueous Solution.
Mayur Gaikwad*, Rohini Kanase, 강순형 (*전남대*)

P1-G2-90 Chemical Integration of Iron Vanadate Thin Films via SILAR and Insights on their Photoelectrochemical Properties
Mayur Gaikwad*, 강순형 (*전남대*)

P1-G2-91 Photo and Electrochemical Studies of Bismuth based Photoelectrode for Solar Water Splitting
Das Pran Krisna*, Maheswari Arunachalam, 강순형 (*전남대*)

P1-G2-92 **지르코늄 카바이드 벌크 소결체와 우라늄 합금 연료 용해주조 부품 반응성 평가**
오석진*, 정경채, 국승우, 김기환, 박정용 (*KAERI*)

포스터발표

Poster-I

2019년 11월 13일(수)

P1-G2-93 Functional Blocking Layer of Twisted Tungsten Oxide Nanorod Grown by Electrochemical Anodization for Photoelectrochemical Water Splitting
Das Pran Krisna*, 강순형 (*전남대*)

P1-G2-94 All-solution-processed Si-based Photoanodes for Highly Efficient Water Splitting
이솔아*, 장호원 (*서울대*)

P1-G2-95 Transparent Capacitive Pressure Sensor having Microstructured Surface with Embedding Nanoparticles
조영준*, 김혜온, 김광묵, 김태훈, 심우영 (*연세대*)

P1-G2-96 NiFe Layered Double Hydroxide for Efficient Water Splitting Anode
최승균* (*서울대*)

P1-G2-97 Ultrathin Bi Nanoflake Fabricated by Pulse Electrodeposition as Highly Selective Catalysts for Electrochemical Reduction of CO_2 to Formate
홍대명* (*포항공대*)

P1-G2-98 Neuron-like Energy Harvesting
김성순*, 심우영 (*연세대*)

P1-G2-99 **칼코지나이드계 나노입자를 적용한 투명 열차단 필름**
장병권*, 김남훈 (*(주)앰트*)

P1-G2-100 Effect of Thermally Decomposable Spacers on Graphene Microsphere Structure and Restacking of Graphene Sheets During Electrode Fabrication
정준희*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-101 Multimodal Porous Carbon Derived from Ionic Liquids: Correlation Between Pore Size and Ionic
정준희*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-102 $Li_4Ti_5O_{12}$/N-doped Graphene Composite Using Cyanamide Both as Nanospacer and a Nitrogen Doping Source
정준희*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-103 Rational Design of $Li_4Ti_5O_{12}$/Carbon Composite to Achieve Superior Rate-capability Via Enhanced Lithium-ion Transport Across Carbon to Oxide
정준희*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-104 Nano-perforated Graphene-wrapped $Li_4Ti_5O_{12}$ for High-performance Hybrid Supercapacitors
정준희*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-105 High Capacity Aluminum-air Battery with Sparked Graphene Oxide/Silver Nanoparticle Cathode.
이상원*, 최상진 (*연세대*)

P1-G2-106 Bi islands on β"-Alumina for Low Temperature Na-BASE Batteries
배지홍[1*], 진단아[1], 박윤철[2], 정기영[2], 심우영[1] ([1]*연세대*, [2]*Research Institute of Industrial Science & Technology*)

P1-G2-107 Sn-assisted Periodic Cu Tip Nanostructures for Selective and Efficient Electrochemical CO_2 Reduction
임진욱* (*포항공대*)

P1-G2-108 Reduced Graphene Oxide Sheets for the Wetting of Liquid Na Anode on the Solid Electrolyte
진단아[1*], 이해곤[1], 박윤철[2], 정기영[2], 심우영[1] ([1]*연세대*, [2]*Research Institute of Industrial Science & Technology*)

P1-G2-109 Understanding the Improved Electrochemical Properties of Li_2O-$2B_2O_3$ Coated $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ for Lithium-ion Batteries
채지수*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-110 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ Cathode Via Carbon Combustion Method and $Li_4Ti_5O_{12}$ Anode for Lithium Ion Battery
채지수*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-111 A Biocompatible Implant Electrodes Capable of Operating in Body Fluids for Energy Storage Devices
채지수*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-112 Synthesis and Electrochemical Characterization of Manganese Oxide/Carbon Nanotube Composites for Supercapacitors
채지수*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-113 Non-aqueous Quasi-solid State Electrolyte Based Electrical Double Layer Capacitors
채지수*, 노광철 (*KICET*)

P1-G2-114 Tailoring Catalytic Activity of Niobium Disuldes for Efficient Solar Water Splitting
전상언* (*서울대*)

포스터발표

Poster-I



2019년 11월 13일(수)

P1-G2-115 Photoelectrochemical Water Oxidation Reaction of Anatase TiO2 Thin Film with Precisely Controlled Thickness
양현우* (*성균관대*)

P1-G2-116 Novel 2D RuO_2 Oxide Design
정성엽* (*부산대*)

P1-G2-117 Ultrathin α-Fe2O3 Photoanode with Particulate WO3 Network as an Efficient Electron Extraction Layer for Photoelectrochemical Water Oxidation
김은수*, 신현정 (*성균관대*)

P1-G2-118 Fast Switching Thermochromic Display Using Molecular Printing
원종범* (*연세대*)

P1-G2-119 Aluminum-air Battery with Shape-reconfigurability
최상진*, 김광묵, 문주호, 심우영 (*연세대*)

P1-G2-120 Vertically Aligned MoS_2 Thin Film Catalysts Decorated with Metal Sulfide for Efficient Solar Water Splitting
김창연*, 최석훈, 이태형, 서준민, 홍구택, 장호원 (*서울대*)

P1-G2-121 **용매열 합성법을 이용한 소듐금속불화물 나노입자 클러스터 제조**
천진녕* (*KICET*)

P1-G2-122 Sea-Sponge Structure of Lead-Free Piezocomposite Energy Harvesters and Sensors
박지슬*, 정창규 (*전북대*)

P1-G2-123 Preparation of SiOx/C Composite from Waste Silicon Sludgy for the High Capacity Si Anode
김도훈[1,2*], 왕성은[1], 장건호[1], 정대수[1] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

P1-G2-124 Designing the metallic grids using electrohydrodynamic (EHD) jet printing for high performance of IT-SOFC
최민기*, 이원영 (*성균관대*)

P1-G2-126 $Ti_2FeNiSb_2$ Quaternary Double Half-Heusler Alloy: A New Phase Thermoelectric Material with Low Thermal Conductivity
Hasan Rahidul[1*], Woo Hyeong Sim[2], Hyung Mo Jeong[2], Lee Kyu Hyoung[1] ([1]*연세대*, [2]*강원대*)

P1-G2-127 **다공성 및 중공 구조의 카본-탄소나노튜브 복합체의 합성과 리튬 설퍼 배터리의 양극 물질로의 적용**
박기대*, 강윤찬 (*고려대*)

P1-G2-128 First-principles Studies of Flexoelectric Effect in Corrugated Two-dimensional Materials
진영록* (*부산대*)

P1-G2-129 Effect of Formation of CMC Layer on Silicon Nanosheets Electrode for Li-ion Batteries
박상원[1*], 하정훈[2], 조병원[2], 최헌진[1] ([1]*연세대*, [2]*KIST*)

P1-G2-130 High Temperature Reactions of Sacrificial Ceramic Materials for Core Catcher
이병우*, 홍일곡, 문성욱, 김기호 (*한국해양대*)

P1-G2-131 Pressure Sensor on Paper Substrate with Roughness-enabled High Sensitivity
김광묵*, 이길수, 이재홍, 이태윤, 심우영 (*연세대*)

P1-G2-132 **캐리어 농도 최적화를 통한 P형 Skutterudite $YbFe_3NiSb_{12}$의 열전특성 향상**
정민석[1*], 탁장렬[2], Nguyen Van Du[3], 남우현[3], 서원선[3], 문경석[1], 조중영[3] ([1]*경상대*, [2]*성균관대*, [3]*KICET*)

P1-G2-133 Nano-structuring of $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ Toward High Thermoelectric Performance
임상순[1*], 김광천[1], 박형호[2], 백승협[1], 김성근[1], 김진상[1] ([1]*KIST*, [2]*연세대*)

P1-G2-134 Design and Fabrication of Wearable Thermoelectric Generator using Bi_2Te_3-based Alloys
정성진[1*], 신준철[1], 박형호[2], 김성근[1], 백승협[1], 김진상[1] ([1]*KIST*, [2]*연세대*)

P1-G2-135 Electrochromic Properties of Silver Nanowire-embedded Tungsten Tri-oxide Thin Films Fabricated by Electro-deposition
박윤태*, 박재우, 이기태 (*전북대*)

P1-G2-136 Electrical Properties of Cu_2O/TiO_2 Nanoparticles Embedded epoxy
김현[1*], 김영백[2], 양비룡[1] ([1]*금오공과대*, [2]*아이피텍(주)*)

P1-G2-137 Cu_2O/TiO_2 Nanoparticles on Mesoporous Media for CO_2 Reduction
김현*, 양비룡 (*금오공과대*)

P1-G2-138 Electrochemical Properties of PAMPS Polyelectrolyte Containing Zwitterionic Silica Sulfobetaine for Supercapacitors
고장면*, Vera Afumaa Afrifah, 최승훈, 윤충섭, 김용주 (*한밭대*)

포스터발표

Poster-I



2019년 11월 13일(수)

P1-G2-139 **폐유리의 폴리비닐부티럴을 이용한 수처리용 다공성 탄소 나노 섬유 흡착제 합성**
박종철*, 김동완, 김재찬 (*고려대*)

P1-G2-140 Nanocomposite of SiO_x@Carbon for Lithium Ion Battery Anodes with Cycling Stability
이승우*, 신동혁, 유명우, 박준혁, 송태섭 (*한양대*)

P1-G2-141 **주석 도핑된 인듐산화물(ITO) 박막의 유연성과 광전도 특성**
박희정* (*단국대*)

P1-G2-142 **$PrBa_{1-x}Sr_xCo_{2-y}Fe_yO_{5.5}$에서 조성에 따른 층상구조와 복합구조의 안정성 탐색**
김영철*, 조준영, 최인규, 김기영 (*한국기술교대*)

P1-G2-143 Nontoxic Ethanol Based Particulate Inks for Simple Fabrication of Sb_2Se_3 Photocathodes for Photoelectrochemical Water Splitting
박영선*, 탄제완, 이형수, 박재민, 심상기, 문주호 (*연세대*)

P1-G2-144 Improved Humidity Stability and Device Performance of Perovskite Solar Cells Using Hydrophobic Dopants for Hole Transport Layer
고숙영*, 권혁찬, 마선일, 장규민, 양현하, 문주호 (*연세대*)

P1-G2-145 Improved Low Temperature Performance for Lithium Ion Batteries by Adopting Zwitterionic Lithium-Silicasulfobetaine and Polydimethylsiloxane - Hydroxyl Terminated as Electrolyte Additives
고장면*, 김용주, 윤충섭, Isheunesu Phiri, 최승훈, 박종빈 (*한밭대*)

P1-G2-146 Enhanced Methane Production on Isolated Cu Nanoparticles in Electrochemical CO_2 Reduction Via Metal Organic Framework Template
김문경*, 강신준, 정형모 (*강원대*)

P1-G2-147 **Bi_2Te_3계 n-형 열전박막의 열전 출력인자 향상을 위한 첨가제 실험**
배상현*, 최순목 (*한국기술교대*)

P1-G2-148 Photocatalytic Decomposition of Formaldehyde Using Cu_2O/TiO_2 Nanoparticles Coated Optical Fibers for Spacecraft
김현*, 양비룡 (*금오공과대*)

P1-G2-149 Effect of Density-of-states Effective Mass on Transport Properties of Two Converging Valence Bands
김현식* (*홍익대*)

P1-G2-150 Characterization and Synthesis of $Li_3V_2(PO_4)_3$/Carbon Composite Cathode Materials by Wet Chemical Method
최인희*, 조성진, 임대영, 송정환 (*배재대*)

P1-G2-151 Fabrication and Ionic Conductivity of $Li_{1+x}Y_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ (x=0.0, 0.3, 0.5) Solid Electrolyte by Sol-gel Method
조성진*, 최인희, 임대영, 송정환 (*배재대*)

P1-G2-152 **소듐이온전지의 음극소재로서 Cr 도핑된 Li4Ti5O12 산화물 나노입자의 합성 및 전기화학적 평가**
이지현[1,2*], 공상혁[1], 김형석[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*)

P1-G2-153 **소듐이온전지 양극소재용 층상구조산화물의 플루오린 치환에 따른 전기화학 특성평가**
공상혁*, 김형석 (*KIST*)

P1-G2-154 Synthesis of High Solar-reflective TiO2 Particles for Thermo-Shielding
제현모*, 김희정, 문혜원, 김대성, 노동규 (*KICET*)

P1-G2-155 **리튬이온 배터리 적용을 위한 Gum-like 복합전해질 제조 및 평가**
이승수[1*], 김재광[2], 김영식[3], 정연길[4] ([1]*DTAQ*, [2]*청주대*, [3]*UNIST*, [4]*창원대*)

P1-G2-156 Characteristics of Metal Doped TiO2 Nanoparticles by Solid-state Reaction Method for Perovskite Solar Cells
박정웅*, 이신규, Hoang Van Quy, 김마로, 하서 (*가천대*)

P1-G2-157 **폐 가공 열전 스크랩을 활용한 Bi-Te계 열전 소재 회수 및 소재화에 대한 연구**
하국현[1*], 김성원[1], 박민수[2] ([1]*KIMS*, [2]*부산대*)

P1-G2-158 One Step Fabrication of Adjustable Grain Size and Porosity $BiVO_4$ Photoanode for PEC Water Splitting
심상기*, 양우석, 탄제완, 박재민, 이형수, 박영선, 윤주원, 김경민, 문주호 (*연세대*)

P1-G2-159 1-D Perovskite for Large Area Semitransparent Solar Module Using Anodic Aluminium Oxide Scaffold
권혁찬*, 마선일, 장규민, 양현하, 고숙영, 문주호 (*연세대*)

P1-G2-160 ALD-Assisted Reduced-Co@N-doped CNT Nanocomposites as an Efficient Oxygen Evolution Electrocatalysts
백주원[1*], 정영규[1], 박진균[2], 고우철[1], 조영주[1] ([1]*KITECH*, [2]*한국외대*)

포스터발표

Poster-I

2019년 11월 13일(수)

P1-G2-161 **리튬-산소 전지용 $ZnSeO_3$ 나노시트 전기촉매 합성**
김윤선*, 이광희, 김동완 (*고려대*)

P1-G2-162 Alkaline Earth Metal Incorporated Glass-ceramics for C-14 Capture
김형주*, 김성준, 양희철, 은희철, 이근영, 서범경 (*KAERI*)

P1-G2-163 The Relation of Atomic Layer Deposited (ALD) TiO_2 Crystallization with Growth and Annealing Condition
조영준*, 장효식 (*충남대*)

P1-G2-164 High Electrochemical Performances of Conducting Polymer-Coated Na_2FePO_4F Composite for Na-ion Batteries
고원석*, 김종순 (*세종대*)

P1-G2-165 Cu-Based Cathode Material with High Energy through Conversion Reaction for Sodium-Ion Batteries
이용석*, 김종순 (*세종대*)

P1-G2-166 Highly Transparent and Stable CuNW Based Transparent Electrode Protected by Atomic Layer Deposition as the bottom Electrode for Flexible Perovskite Solar Cells
양현하*, 권혁찬, 마선일, 장규민, 고숙영 (*연세대*)

P1-G2-167 Strain Engineering for Stabilization of Black CsPbI3 Phase
마선일*, 권혁찬, 장규민, 문주호 (*연세대*)

P1-G2-168 Process Optimizations of Hydrogen Induced Mechanical Alloying for $(Mg-CaO)_2NiHx$ Hydride
한정흠*, 이영환, 유제선 (*한국교통대*)

P1-G2-169 Enhancing Performance of Sb_2Se_3 Photocahotde for Photoelectrochemical Water Splitting via Introducing Cu-doped NiO Hole Selective Layer
이형수*, 양우석, 탄제완, 오윤정, 박재민, 심상기, 박영선, 윤주원, 김경민, 문주호 (*연세대*)

P1-G2-170 Hierarchical Nanorod Bilayer Sb_2Se_3 Light Absorber: Nanostructured Photocathode for Highly Efficient Solar to Hydrogen Conversion
박재민*, 탄제완, 이형수, 문주호 (*연세대*)

P1-G2-171 **프로톤세라믹 연료전지용 적층형 구조 코발트계 공기극 연구**
박광호*, 신지섭, 조민경, 박준영 (*세종대*)

P1-G2-172 **경수로 사용후핵연료 집합체의 핵적 특성 데이터 분포 평가**
권형문*, 양용식, 김도식 (*KAERI*)

P1-G2-173 Side Effect on the Interface Between Li10GeP2S12 Electrolyte and Carbon Conductive Agents in All-solid-state Lithium Battery
윤경호* (*서울대*)

P1-G2-174 All Solid State Li-ion Battery with $Li(Ni_{0.3}Co_{0.3}Mn_{0.3})O_2$(NCM)/LiPON/Li Metal
이병준*, 서인석, 나단, 윤백상, 김영범, 임현수 (*전북대*)

P1-G2-175 Lead-Free $Bi(Na,K)TiO_3$ Nanoparticle Fillers-Elastomeric Composite Films for Paper-Based Flexible Power Generators
정창규*, 김현승 (*전북대*)

P1-G2-176 Elimination of Voltage Decay and Asymmetry of Oxygen Redox in Lithium-rich Layered Materials by Structural Redesign
음동건* (*서울대*)

P1-G2-177 Uncover the Effect of Chemical Reaction between CFx and Electrolyte on Discharge Performance in CFx Discharge Mechanism
황태현* (*서울대*)

P1-G2-178 Utilization of Organic Charge-transfer Complex as the Future-generation Electrode Materials
이세찬*, 홍지현 (*서울대*)

P1-G2-179 **리튬전고체 전지용 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 고체전해질의 합성 및 도핑 효과에 관한 연구**
박한얼*, 김원식, 홍성현 (*서울대*)

P1-G2-180 Lithium Iron Phosphate as a Cathode Material for All-solid-state Thin Film Batteries grown by RF Sputtering.
김영범*, 서인석, 나단, 이병준, 윤백상, 임현수 (*전북대*)

P1-G2-181 Superhydrophobic and Superoleophilic Nickel Foam by a Simple Dip-coating Method for Oil/Water Separation.
고장면*, Isheunesu Phiri (*한밭대*)

P1-G2-182 Electrical and Optical Properties of Layered Halide Perovskite s for Radiation Detectors
황영훈[1*], 안창원[2] ([1]*울산과학대*, [2]*울산대*)

포스터발표

Poster-I

2019년 11월 13일(수)

G2-17 **다양한 전류조건에서 고체산화물 연료전지의 열화현상과 열화 억제 로직 설계**
김유동*, 이전인, Muhammad Saqib, 신지섭, 박광호, 박준영 (*세종대*)

G4. 나노 융합 세라믹스

P1-G4-1 Single Crystal VO_2 Nanobelt by Using Hydrothermal Method
김해인*, 이상우, 이호진, 이준봉, 조아영, 윤철민, 최택집 (*세종대*)

P1-G4-2 **전도성 섬유용 $BaSnO_3$ 투명 전도성 산화물(TCO)의 합성 및 특성**
차유림*, 고재환, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 윤영수 (*가천대*)

P1-G4-3 **액체 연료전지용 연료극 촉매 성능향상을 위한 촉매지지체 산화물 코팅**
이운호*, 고재환, 이유나, 김인예, 김대윤, 차유림, 윤영수 (*가천대*)

P1-G4-4 **연료전지 시스템의 비용 절감 및 내부식성 향상을 위한 금속분리판 CrN 코팅**
김대윤*, 이운호, 차유림, 이유나, 김인예, 윤영수 (*가천대*)

P1-G4-5 Effect of Metal Nano-particles of Silicates and PVDF Based Polymer Nanocomposites and Changes in Dielectric Properties
고유민*, 권도균, 송태영 (*항공대*)

P1-G4-6 High-performance Monolayer MoS_2 Field-effect Transistor with Large-scale Nitrogen-doped Graphene Electrodes for Ohmic Contact
서동제[1*], Dong Yun Lee[2], Junyoung Kwon[1], Jea Jung Lee[3], Takashi Taniguchi[4], Kenji Watanabe[4], Gwan-Hyoung Lee[5], Keun Soo Kim[2], James Hone[6], Young Duck Kim[3], 최현진[1]
([1]*연세대*, [2]*Sejong Univ.*, [3]*Kyung Hee Univ.*, [4]*NIMS*, [5]*Seoul Nat'l Univ.*, [6]*Columbia Univ.*)

P1-G4-7 **늘일수 있는 전이금속칼고지나이드계 나노화합물 열전 장치**
김준엽* (*가천대*)

P1-G4-8 **질화물계 나노에미터의 고효율 광추출 구조를 위한 ZnO Nanotube/SiO_2 core shell 구조**
임광균[1*], 오세미[2], 최희정[1], 임예빈[1], 손수연[1], 권순환[1], 권영주[1], 김경국[1] ([1]*산기대*, [2]*미시간대*)

P1-G4-9 Improvement of Indium Tin Oxide Thin Film by Ultra-thin Low Molecular Weight Polydimethylsiloxane Layer under Argon Plasma Treatment
조창희* (*가천대*)

P1-G4-10 **고주파 RF 마그네트론 스퍼터링법과 후열처리 공정으로 제조된 p형 ZnO 박막의 전도성 연구**
임예빈*, 김시원, 박소연, 손수연, 임광균, 김경국 (*산기대*)

P1-G4-11 **자외선 발광다이오드 적용을 위한 갈륨산화물 기반 다층구조 투명전극의 특성연구**
손수연*, 김시원, 노범래, 박소연, 임예빈, 임광균, 김경국 (*산기대*)

P1-G4-12 **Br 도핑량에 따른 SnSe2 단결정 소재의 전도물성 분석**
방극찬*, 류정현, 이기문 (*군산대*)

P1-G4-13 **고압에서 열 증착을 이용한 은과 산화 주석의 제조 및 응용**
이은지*, 유상우, 민준기, 권우미 (*경기대*)

P1-G4-14 **Te 도핑된 InP 양자점 합성**
손민지[1*], 김태건[1], 이윤기[1], 방지원[2] ([1]*경상대*, [2]*KICET*)

P1-G4-15 **Pentagonal 대칭 구조의 이차원 $PdSe_{2-x}S_x$ 고용체 합성 및 그 수송특성**
류정현[1*], 이규형[2], 홍석원[3], 김상일[3], 이기문[1] ([1]*군산대*, [2]*연세대*, [3]*서울시립대*)

P1-G4-16 Effects of Vapor-phase Selenization Process on Chalcogenide Thin Films
안학영[1*], 박종구[2], 이승용[2], 주병권[1], 조소혜[2] ([1]*고려대*, [2]*KIST*)

P1-G4-17 Nanopatterning Method of Ultrafine 3D Multi-material Nanoarrays via Nanotransfer Printing
박태완[1*], 박운익[2] ([1]*KICET*, [2]*부경대*)

P1-G4-18 **2차원 Ho_2C와 Er_2C 전자화물의 합성 및 자기적 성질**
황정윤[1*], 이규형[1], 김성웅[2], 이기문[3], 박종호[2] ([1]*연세대*, [2]*성균관대*, [3]*군산대*)

P1-G4-19 NiO-incorporated Carbon Papers; An Efficient Electrocatalyst for Rechargeable Li-O_2 Batteries
김주형*, 강인한, 조영권, 홍기창, 강정원 (*목포대*)

P1-G4-20 **상온 분말 분사 공정을 통해 내장형 캐패시터로 응요하기 위해 제작된 $BaTiO_3$/Cu 복합체 필름의 Cu함량에 따른 Percolation특성**
김익수[1*], 조명연[1], 이동원[2], 오종민[1] ([1]*광운대*, [2]*KTL*)

포스터발표

Poster-I



2019년 11월 13일(수)

P1-G4-21 **산화망간/탄소 전기촉매의 간단한 제조 및 Li-O_2 전지의 응용**
김주형*, 박일한, 이예진, 강정원 (*목포대*)

P1-G4-22 Ultrahigh Oxidation-resistance of the Negatively Charged Copper Nanoparticles Induced by Electrides
정경화*, 김성웅 (*성균관대*)

P1-G4-23 **에어로졸 데포지션으로 성막한 Al_2O_3 필름 성장에 출발 원료가 미치는 영향**
조명연[1*], 김익수[1], 이동원[2], 오종민[1] ([1]*광운대*, [2]*KTL*)

P1-G4-24 Microstructure and Crystal Structure of Z-type Hexaferrite $Ba_{3-x}Sr_xCo_2Fe_{24}O_{41}$ by Molten Salt Synthesis
권채연[1*], 강영민[2], 이상의[3], 문경석[1] ([1]*경상대*, [2]*교통대*, [3]*인하대*)

P1-G4-25 Temperature Dependent Phase Modification of $Nd_{1.4}Sr_{1.6}Mn_2O_7$ R-P Phase Perovskite
Akshay Kumar*, 김민수, 구본흔 (*창원대*)

P1-G4-26 Effect of pH on Structure and Soft Magnetic Properties of Fe-B-P Amorphous Nanoparticles
Bulgan Tsedenbal*, 이지은, 이찬규, 허석환, 구본흔* (*창원대*)

P1-G4-27 Understanding Phase Stabilization and Optical Properties of Zero-dimensional Cesium Lead Halide Nanocrystals
조한빈* (*한양대*)

P1-G4-28 **InP/ZnSeS/ZnS 양자점의 헤테로 구조 미세 제어를 통한 발광 특성 향상 연구**
김유리*, 조정호, 조대연, 김현민, 임한별, 양희선 (*홍익대*)

P1-G4-29 **전계발광 소자용 비카드뮴 청색 발광 ZnSeTe 양자점 합성 연구**
송승원*, 이선형, 한창열, 양희선 (*홍익대*)

P1-G4-30 Investigation of Cathode Microstructure on Highly Efficient Protonic Ceramic Fuel Cells with $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$
성아림*, 김건태 (*UNIST*)

P1-G4-31 Core Structure Dependent Photoluminescence Properties of Carbon Dots
홍우태[1*], 제재용[2], 문병기[1], 양현경[1] ([1]*부경대*, [2]*동의과학대*)

P1-G4-32 Gold-coated Magnetic Nanoparticles for Analyte Concentration and Ionization for LDI Mass Spectrometry
김문주*, 이수정, 성정수, 변재철 (*연세대*)

P1-G4-33 Graphene Liquid Cell Electron Microscopy of Initial Lithiation in Co_3O_4 Nanoparticles
정준영*, 장준하, 김일두 (*KAIST*)

P1-G4-34 Fabrication of Highly Ordered 3-dimensional Hybrid Patterns with High Density
박태완[1, 2*], 박운익[3] ([1]*KICET*, [2]*고려대*, [3]*부경대*)

P1-G4-35 Study of Inorganic High-k Nanocomposites Thin Films for Flexible Device Applications
한우제*, 이찬, 박형호 (*연세대*)

P1-G4-36 2D Heterolayered Nanosheets of Layered Double Hydroxide-Metal Oxide with Excellent Electrocatalyst Performance
JIN XIAOYAN*, 황성주 (*연세대*)

P1-G4-37 Synergistic Control of Structural Disorder and Surface Electron Density to Improve Diverse Functionalites of Manganese Oxide
JIN XIAOYAN*, 황성주 (*연세대*)

P1-G4-38 Mesoporous Layer-by-Layer-Ordered Heterostructure of Graphitic Carbon Nitride and Molybdenum Disulfide Nanosheets with Bifunctional Catalytic Performances
권남희*, 황성주 (*연세대*)

P1-G4-39 Control of the Chemical Bonding Nature of α-MnO_2 Nanowire for Improving Its Electrocatalytic Activity and Li-O_2 Electrode Functionalities
구태하[1*], 황성주[2] ([1]*이화여대*, [2]*연세대*)

P1-G4-40 **YSZ 분말 특성에 따른 분산안정성과 과립분말의 물성 영향**
최임주* (*KICET*)

P1-G4-41 MnO_x/Co_3O_4 - MWCNT as Catalyst for Electrochemical Oxygen Reduction in Alkaline Fuel Cell
Pham Thi Ngoc Tuyen*, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 차유림, 윤영수 (*가천대*)

P1-G4-42 The Effect of Co_3O_4 Nanoparticles on the Composite of PdRu@MWCNT as a Cathodic Catalyst in Direct Urea Fuel Cell
Nguyen Huu Hung Tuyen*, 윤영수, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 차유림 (*가천대*)

포스터발표

Poster-I

2019년 11월 13일(수)

P1-G4-43 **열처리 분위기에 따른 열전지 고전압 양극용 copper vanadate foam 합성 최적화**
김인예*, 윤영수 (*가천대*)

P1-G4-44 Preparation and Effect of PAN-coated $LiNiO_2$ Cathode Material for Lithium Ion Battery
유제선*, 한정흠, 이영환, 홍태환, 손종태 (*교통대*)

P1-G4-45 Preparation of Solution-processed Two-dimensional Transition Metal Carbide Flakes Using Highly Purified Precursors
석시현* (*UNIST*)

P1-G4-46 Confinement of Self-Assembled Spherical Silica in Metallic Nanonet
박운익* (*부경대*)

P1-G4-47 Preparation of Quasi-inverse Opal based on Shape-controlled Hydroxyapatite
김희정*, 한길상, 정현석 (*성균관대*)

P1-G4-48 **백색광을 위하여 양자점과 유기 인광 물질을 이용한 하이브리드 전계 발광 소자**
문아람*, 김지완 (*경기대*)

P1-G4-49 Wafer-scale Epitaxial Growth of MoS_2 on Sapphire
오현근[1*], 이관형[2] ([1]*연세대*, [2]*서울대*)

P1-G4-50 Promoter Assisted Chemical Vapor Deposition Growth of Tungsten Diselenide
신용준[1*], 정연준[2], 이관형[1] ([1]*서울대*, [2]*연세대*)

P1-G4-51 **양자점-유기 인광 분자 다중 적층 층을 기반으로 하는 독특한 전계 발광 소자**
오성근*, 김지완 (*경기대*)

P1-G4-52 **TiO_2를 무기 전자 수송층으로 적용하여 전하 불균형을 줄이는 양자점 전계발광 소자**
김문본*, 김지완 (*경기대*)

P1-G4-53 **양자점과 유기 인광물질로 이루어진 발광층을 갖는 솔루션 프로세스 하이브리드 소자**
주소은*, 김지완 (*경기대*)

P1-G4-54 Study on Electrochemical Properties and Environmental Stabilities of 3D Hraphene-coated Ni Foam Heterostructures
심여선[1*], 권순용[1], 곽진성[1], 김세양[1], 조용수[1], 김승현[1], 김성엽[1], 김지현[1], 이치승[2], 조장호[2] ([1]*UNIST*, [2]*현대자동차*)

P1-G4-55 **결정립 크기 제어를 통한 n-type Bi_2Te_3의 열전 성능 향상**
이나영[1*], Rahman Jamil Ur[2], 서원선[2], 조중영[2], 남우현[2], 신원호[3], 노종욱[1] ([1]*경북대*, [2]*KICET*, [3]*광운대*)

P1-G4-57 **BLT (Bi3.25La0.75TiO3)를 증착한 FTO glass구조적 광학적 특성**
이신규*, 박정웅, 김마로, 노재권, 김요섭 (*가천대*)

P1-G4-58 **나노임프린트 공정 기반 고내구성 유연 광메타 물질 제조 연구**
홍성훈* (*ETRI*)

P1-G4-59 Synthesis of Core-shell Fe_3O_4@C Nanocomposites through Amino-functionalization Applied by Silylation/Polymerization
허재욱*, 오아현, 최진욱, 안계석, 최성철 (*한양대*)

P1-G4-60 **결정구조 차원 변형으로 제조한 층상구조 ZnSb의 전도 특성 평가**
금아라[1*], 송준성[2], 이기문[3], 김성웅[2], 이규형[1] ([1]*연세대*, [2]*성균관대*, [3]*군산대*)

P1-G4-61 Trion Modulation at Room Temperature in Emitting Devices of Two-dimensional Heterostructures
류희제[1*], 권준영[2], 이철호[3], 이관형[1] ([1]*서울대*, [2]*연세대*, [3]*고려대*)

P1-G4-62 Modulation Defective-related Photoluminescence and Electrical Properties by Plasma Treatment in Hexagonal Boron Nitride
나윤성*, 김종훈 (*서울대*)

P1-G4-63 Band Engineering of WSe2 Homo-junction via Thickness Control 두께에 따른 WSe2 동일물질접합에서의 밴드엔지니어링
신준철* (*서울대*)

P1-G4-64 Effect of Solvent on the Microstructure and Optical Properties of the Perovskite Nanocrystal ($CsPbBr_3$) Material
이솔[1*], 박영지[1,2], 김선욱[1] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

P1-G4-65 Image Sensor Array for Digital X-ray Detector System
오민석[1*], 김현재[1], 김윤수[1,2], 양태경[1,3], 황영현[1], 유병욱[1], 한철종[1] ([1]*KETI*, [2]*고려대*, [3]*경기대*)

P1-G4-66 **고감도 트리에틸아민 다공성 산화인듐 나노구조 센서**
윤성도*, 명윤, 김연주, 나찬웅 (*KITECH*)

포스터발표

Poster-I

2019년 11월 13일(수)

P1-G4-67 Synthesis and Characterization of $Ce_{1-\sigma}Cr_{\sigma}O_2$ Nanoparticles for Chemical Mechanical Planarization Application
주우빈*, 이강천, 백운규 (*한양대*)

P1-G4-68 Copper Oxide Decorated Silica Nanoparticles for Tungsten Chemical Mechanical Planarization
윤경희*, 이강천, 백운규 (*한양대*)

P1-G4-69 CVD 방법을 이용한 3차원 구조 위의 2차원 물질 직접 성장
신재혁*, 박원일 (*한양대*)

P1-G4-70 Microstructural Characteristics of SnO_2-Au Nanocomposites Surface-treated by Direct Energy Injection
진창현[1*], 박수영[2], 김상우[3], 이규형[1] ([1]*연세대*, [2]*극동대*, [3]*KITECH*)

P1-G4-71 "Semiconducting Core/insulating Shell" Structure for Simultaneous Engineering of Dielectric Constant and Grain Growth in La-doped $SrTiO_3$
김현식[1*], 양대진[2], 곽찬[2], 문경석[3] ([1]*홍익대*, [2]*삼성전자 종합기술원*, [3]*경상대*)

P1-G4-72 전기방사된 $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ 나노 섬유의 전구체 폴리머 함량에 따른 직경분포 및 자기 특성 분석
나경한[1*], 김완태[1], 박동철[2], 송태협[3], 최원열[1] ([1]*강릉원주대*, [2]*주식회사 위드엠텍*, [3]*한국건설기술연구원*)

P1-G4-73 양극산화법에 의한 TiO_2 광결정 제조 및 광학적 특성
김완태*, 나경한, 최원열 (*강릉원주대*)

P1-G4-74 A Facile Approach to Synthesize Graphene Quantum Dots with Controllable Surface Condition
강석현*, 김강민, 정경환 (*KITECH*)

P1-G4-75 Ag가 도핑된 SiO2 하이브리드 코팅제의 향균 특성
김락희[1*], 손정훈[2], 정연길[2] ([1]*한국내화*, [2]*창원대*)

P1-G4-76 Graphene-mediated Coherent Light Lasing from $CsPbI_3$ Perovskite Nanorods
김현민* (*DGIST*)

P1-G4-77 One-step Synthesis Y_2O_3:Eu^{3+} Phosphor Ceramics with Luminescence Properties by Microwave Synthesis
정종원*, 이우철, 박성준, 홍우태, 박진영, 양현경 (*부경대*)

P1-G4-78 Synergistic Effect of the Au-TiO_2 Heterostructure for Highly Efficient Ionization in LDI Mass Spectrometry
김문주*, 이수정, 성정수, 변재철 (*연세대*)

P1-G4-79 Multifunctional Li-doped Zinc Oxide Nanowires for Piezoelectric Motion and Temperature Sensing
신성호[1*], 정준영[1], 김찬훈[2], 김일두[1] ([1]*KAIST*, [2]*KITECH*)

P1-G4-80 Analysis of Electrochemically Li-intercalated TiO_2 for Photocatalytic Production of Hydrogen
심우형*, 이정문, 정형모 (*강원대*)

P1-G4-81 Fabrication and Characteristics of Solution-processed, Photo-patternable Fluorinated Sol-gel Siloxane Hybrid Materials
이인준*, 이원령, 배병수 (*KAIST*)

P1-G4-82 PCS with Dispersed Pd Nanoparticles Produced by Redissolution and Reprecipitation of Polymerized PCS with Cross Linking
조영식*, 김진례, 류도형 (*서울과기대*)

P1-G4-83 Radiation mat용 M-PCS 제조 및 코팅층의 물성 연구
김진례*, 조영식, 김민석, 류도형 (*서울과기대*)

포스터발표

Poster-II

2019년 11월 14일(목)

G1. 전자 세라믹스

P2-G1-1 Parametric Impedance Model Analysis of Wide Temperature AC Responses in Ferroelectric Perovskite Oxides
Pham Thuy Linh[1*], Namsoo Shin[2], John G. Fisher[1], 이종숙[1] (*[1]전남대, [2]딥솔루션*)

P2-G1-2 Dielectric Properties and Grain Boundary Potentials of Sulfurized $CaCu_3Ti_4O_{12}$ Thin Films 황화 도핑된 $CaCu_3Ti_4O_{12}$ 박막의 유전특성 개선
정예슬[*], 조용수 (*연세대*)

P2-G1-3 Surface Potentials and Piezoelectric Energy-Harvesting in Bi(Na0.5Ti0.5)O3-BaTiO3 Thin Fllms
김다빈[*], 조아라, 조용수 (*연세대*)

P2-G1-4 Nanoindentation and Bending Fracture Resistance of In-Situ Stressed Flexible Sulfide Thin Films
김다빈[*], 박관현, 장진우, 조용수 (*연세대*)

P2-G1-5 Piezoelectric Energy-Harvesting Characteristics of an In-situ Stressed ZnO Nanorod-Array Structure
최홍제[*], 정예슬, 한주, 조용수 (*연세대*)

P2-G1-6 Room Temperature-Processable Printed Piezoelectric Energy-Harvesters of Nanoparticle-Dispersed Composite films
김다빈[*], 박선재, 최홍제, 조용수 (*연세대*)

P2-G1-7 RF Thermal Plasma-Processed Ni-W Thick Films for Microcircuit Applications
나현웅[1*], 박재우[1], 최한신[2], 조용수[1] (*[1]연세대, [2]KITECH*)

P2-G1-8 High Piezoelectricity of In Situ Stretching-Driven ZnO Thin Films
최홍제[*], 조용수 (*연세대*)

P2-G1-9 Stretching-Driven Crystal Anisotropy and Optical Modulations of Flexible Wide Bandgap Inorganic Thin Films
최홍제[*], 장우선, 김영은, Aloysius Soon, 조용수 (*연세대*)

P2-G1-10 Flexible Micro-Scale UV-Curable Phosphor Layers for Improved White Luminescence
장진우[*], 권오현, 조용수 (*연세대*)

P2-G1-11 Carbon Nanotube-Driven Micro-Scale Roughening of Planar Phosphor Layer for Enhanced White Luminescence
권오현[*], 장진우, 김영은, 조용수 (*연세대*)

P2-G1-12 $0.95(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$0.05CaTiO_3$ 무연 압전 세라믹의 비화학량론 조성 제어에 따른 미세구조 변화
하수진[*], 곽도우, 정재훈, 조경훈 (*금오공과대*)

P2-G1-13 자기전기 적층 소자의 자왜층 소재 및 tip-mass 제어 연구
이용우[*], Deka Bipul, 조경훈 (*금오공과대*)

P2-G1-14 $(0.97-x)(K,Na)NbO_3$-$0.03Bi(Na,K,Li)ZrO_3$-$xBiScO_3$(x=0.075, 0.01, 0.0125, 0.015) 압전 세라믹스의 온도 안정성 연구
김설[1*], 이경자[2], 박진주[2], 이민구[2] (*[1]홍익대, [2]KAERI*)

P2-G1-15 IR 차단 스마트 윈도우를 위한 ATO 기반 접착제 제조 특성
안소연[*], 박혜림, 김진호, 전대우, 김선욱, 이영진, 이미재, 황종희, 임태영, 라용호 (*KICET*)

P2-G1-16 PVDF 압전 필름을 이용한 초음파 스피커 특성 연구
박혜림[*], 안소연, 라용호, 김진호, 전대우, 김선욱, 이미재, 황종희, 임태영, 이영진 (*KICET*)

P2-G1-17 Quasi-2D Halide Perovskites for Resistive Switching Memory Devices for High ON/OFF Ratios
김효정[1*], Quyet Van Le[2], 장호원[1] (*[1]서울대, [2]Duy Tan Univ.*)

P2-G1-18 Dielectric Properties of $BaTiO_3$-$(Bi_{0.5},Na_{0.5})TiO_3$ Multilayer Thin Films Deposited by Sol-gel Process.
송태영[*], 권도균, 고유민 (*한국항공대*)

P2-G1-19 Silicon Nitride Anode Materials for Lithium Ion Thin Film Batteries
이현석[1*], 김광점[2], 최지원[1] (*[1]KIST, [2]연세대*)

P2-G1-20 $(K_{0.48}Na_{0.5}A_{0.01+}x)NbO_3$ (A: Ca, Sr, Ba) 압전 세라믹의 결정립 성장 거동
최성희[*], 유일열, 조경훈 (*금오공대*)

P2-G1-21 Study on the Effect of Thermal Annealing Condition of Grown GaN Substrate by HVPE
이희애[1*], 박재화[2], 이주형[1], 이승훈[1], 강효상[1], 이성국[2], 이성철[1] (*[1]한양대, [2]에임즈마이크론(주)*)

P2-G1-22 Electrical Transport and Power Dissipation in Quasi-1D WTe_2 Interconnects
송승욱[1*], 김세양[1], 곽진성[1], 조용수[1], 김정화[1], 이종화[1], 이재웅[2], 김종욱[3], 윤형덕[1], 심여선[1], 왕재원[1], 이도희[1], 석시현[1], 김태일[3], 정현식[2], 이종훈[1], 권순용[1] (*[1]UNIST, [2]서강대, [3]성균관대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 11월 14일(목)

P2-G1-23 Exploration of Ag Based Alloy Composition in Oxide/Metal/Oxide Multilayer for Flexible Transparent Conducting Thin Film
장주희*, 최지원 (*KIST*)

P2-G1-24 Substitutional Effects of $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ on the Microwave Dielectric Properties of $CaW_{1-x}(Mo_{1/2}Te_{1/2})_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.17$) Ceramics
김주현*, 김응수 (*경기대*)

P2-G1-25 Structural Properties of Titania Nanosheet
김정준*, 최지원 (*KIST*)

P2-G1-26 Two-step Growth of Tungsten-doped Vanadium Dioxide Thin Films
이서윤*, 양하늘 (*숙명여대*)

P2-G1-27 **(K,Na)NbO_3계 압전 세라믹 링을 이용한 비납계 압축형 가속도계 센서 제조 및 특성 연구**
한승호[1*], 이경자[2], 박진주[2], 이민구[2] ([1]*홍익대*, [2]*KAERI*)

P2-G1-28 **비스무스 층상구조 강유전체 세라믹($Bi_4Ti_3O_{12}$)의 구조적, 전기적 특성에 미치는 Nb/Ta 도핑 연구**
박상호[1*], 이경자[2], 박진주[2], 이민구[2] ([1]*홍익대*, [2]*KAERI*)

P2-G1-29 Intrinsically Stretchable Electrode Encapsulated by Photo-patternable PDMS to Monitor Electrocardiogram Signal
김승완*, 배병수, 이원령 (*KAIST*)

P2-G1-30 **절단 생성 산화철을 이용한 구리(Cu) 및 안티몬(Sb) 중금속 흡착**
오주현[1*], 이지은[1], 우진주[1], 문일우[2], 구본흔[1] ([1]*창원대*, [2]*한토커팅시스템(주)*)

P2-G1-31 **신축성 전자기기의 재료 및 제조 공정에 관한 연구**
조두호[1*], 김준형[1], 정성묵[1], 이수연[1], 최영민[1], 심우영[2] ([1]*KRICT*, [2]*연세대*)

P2-G1-32 Fabrication of Conductive Composites for Stretchable Electrodes
정평근*, 최영민, 이수연, 정성묵, 박긍규, 이은정, 한설희, 조예진 (*KRICT*)

P2-G1-33 Flexible Piezoelectric Energy Harvester by Adopting Lead-free KNN Particles
함성수*, 현동열, 박귀일 (*경북대*)

P2-G1-34 First-principles Study of Hydrogen Diffusion in the Oxygen-deficient VO_2
김인서*, 최민석 (*인하대*)

P2-G1-35 Vertically Grown $BaTiO_3$ Nanotube Arrays for Piezoelectric Energy Harvester
이재훈*, 박귀일 (*경북대*)

P2-G1-36 Transparent and Flexible Self-Powered Sensors Based on Piezoelectric Polymer Thin Film
현동열[1*], 정창규[2], 박귀일[1] ([1]*경북대*, [2]*전북대*)

P2-G1-37 Electrical Properties of Nickel Oxide Thin Films with Molybdenum Oxide Nanoparticles Blended Structure
김무현*, 조남명, 정연식 (*KAIST*)

P2-G1-38 Comparison of Abnomal Grain Growh Behavior of (Na,K)NbO_3-M(Cu,Nb)O3,(M=Ca,Sr,Ba)Ceraimics
정승운*, 임지호, 박춘길, 정대용 (*인하대*)

P2-G1-39 Dielectric and Energy Storage Properties of Relaxor Ferroelectric $Pb_{0.79}Ba_{0.11}La_{0.10}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})$ Thick Film by Aerosol Deposition
지성엽*, 임지호, 정한보, 정대용 (*인하대*)

P2-G1-40 High Dielectric PDMS Polymer Nanocomposite with BSTO Nanoparticles BSTO NPs 혼합 고유전 PDMS 폴리머 나노 복합체
이찬*, 한우제, 박형호 (*연세대*)

P2-G1-41 Luminescence Properties of Er-doped ZnO Prepared by RF Sputtering Deposition
김민재*, Chabungbam Akendra Singh, 강경문, Yue Wang, 박형호 (*연세대*)

P2-G1-42 An Investigation about the Passivation of Oxygen Vacancy in Atomic Layer Deposited ZnO using Hydrogen Peroxide
김민재*, Yue Wang, 강경문, 박형호 (*연세대*)

P2-G1-43 Properties of ZnO Thin Film Doped with Halogen Chloride using Atomic Layer Deposition
강경문*, Yue Wang, 김민재, 이찬, 박형호 (*연세대*)

P2-G1-44 Nano-junctions Packed Alternating Insulating- conducting Terraces Morphology in ZnO Single Crystal
너렌드라파르마[1*], 임해나[1], Lynn A. Boatner[2], 최지원[1] ([1]*KIST*, [2]*Oak Ridge National Laboratory*)

P2-G1-45 **수소이온 조사로 환원된 Co/Pd 다층박막의 산소 분포에 대한 연구**
황정원*, 홍종일(*연세대*)

포스터발표

Poster-II

2019년 11월 14일(목)

P2-G1-46 수소가스 노출에 따른 Co/Pd 다층박막의 전자기적 특성 변화
김기성*, 홍종일 (*연세대*)

P2-G1-47 Effect of Organic – inorganic Composite Insulation Layer of Soft Magnetic Powder Core
오혜령*, 양현승, 이우성 (*KETI*)

P2-G1-48 Veritical-Oriented 2D Organo-metal Halide Perovskites for Resistive Switching Memory and Neuromorphic Synapse devices
김승주*, 장호원 (*서울대*)

P2-G1-49 HVPE방법에 의한 GaN 단결정에서 nitridation과 HCl flow 의 효과에 관한 연구
이승훈[1*], 이주형[1], 이희애[1], 오누리[1], 이성철[1], 강효상[1], 박재화[2], 이성국[2] ([1]*한양대*, [2]*에임즈마이크론(주)*)

P2-G1-50 HVPE 법으로 성장시킨 GaN 단결정에 대해 ultra fine grinding 공정 이후 N-polar plane에 대한 CMP 공정 연구
이주형[1*], 박재화[2], 강효상[2], 이희애[1], 이승훈[1], 오누리[1], 이성철[1] ([1]*한양대*, [2]*에임즈마이크론(주)*)

P2-G1-51 Ultrathin Non-volatile Ferroelectric Memory Based on Monolayer MoTe2
백지환* (*서울대*)

P2-G1-52 High-k Dielectric Nanosheets for Next-generation Devices
최지원* (*KIST*)

P2-G1-53 Advancement of Metal-free Halide Perovskite as Ferroelectric Material
이민경* (*서울대*)

P2-G1-54 Optical Properties of Middle Infrared Transparent ZnS Ceramics at Various Sintering Heating Rate
여서영*, 백종후, 박범근 (*KICET*)

P2-G1-55 초음파 분무 코팅장치를 이용한 플렉시블 OLED용 습기 차단 박막의 제조
이태경[1*], 김태희[1], 조정[2], 박경봉[1] ([1]*안동대*, [2]*㈜에프이엠*)

P2-G1-56 Electric field cycling 이 Si doping 된 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ 박막의 분극 특성에 미치는 영향 연구
한유근*, 정주영, 손현철 (*연세대*)

P2-G1-57 ALD로 증착한 $(Zr)_{99.2}(Ge)_{0.8}O_2$ 박막의 후속열처리에 따른 전기적 특성 변화 연구
정주영*, 한유근, 손현철 (*연세대*)

P2-G1-58 Effects of Crystal Property on Lithium Based Hydride's Ionic Conductivity
이영환*, 한정흠, 유제선, 홍태환 (*한국교통대*)

P2-G1-59 Tantalum and Niobium Doped HfO_2 High-κ Dielectrics for Metal-Insulator-Metal Capacitor
김다미*, 반예준, 유상임 (*서울대*)

P2-G1-60 Flexible PVDF Nanocomposites Thin Films with Enhanced Dielectric Properties
류아롬[1*], 임해나[1], 남산[2], 최지원[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*)

P2-G1-61 Observation of Resistive Switching with Vertically Aligned MoS2
최운오* (*서울대*)

P2-G1-62 Highly Mobile Palladium Thin Films on an Elastomeric Substrate: Nanogap-Based Hydrogen Gas Sensors
김성준*, 이우영 (*연세대*)

P2-G1-63 Microscopic Evidence of Strong Interaction Between Chemical Vapor Deposited MoS2 and SiO2 Template
손운배[1*], 장호원[2], 노광철[1] ([1]*KICET*, [2]*서울대*)

P2-G1-64 Thickness Dependent Octahedral Tilt in Perovskite Oxides that Results in Metal-insulator Transition at the LaAlO3/CaTiO3 Heterointerfaces
손운배[1*], 장호원[2], 노광철[1] ([1]*KICET*, [2]*서울대*)

P2-G1-65 Breath Acetone Sensing Performances of SnO2 Nanorod Arrays by Decorating Noble Metal Catalysts
장연지[1*], 이우영[1], 이준호[1], 정회봉[1], 최용삼[2] ([1]*연세대*, [2]*(주)아이센랩*)

P2-G1-66 Sensitive Detection of Methane by In_2O_3 Nanoparticles for Environmental Monitoring System
ZHENG QIAN*, 이준호, 김성준 (*연세대*)

P2-G1-67 Effect of the Metal(Al, In) doped ZnO for Detection Acetylene Gas in Transformer Oil
박민선*, 이준호 (*연세대*)

P2-G1-68 Highly Sensitive Detection of Acetylene by SnO_2 Nanorod Based gas Sensors Integrated with a Packed Column
이준호[1*], 박민선[1], 최용삼[2], 이우영[1] ([1]*연세대*, [2]*㈜아이센랩*)

포스터발표

Poster-II



2019년 11월 14일(목)

P2-G1-69 Effect of Co^{2+} Substitution on Microwave Dielectric Properties of $Mg_{2-x}Co_xSiO_4$ ($0.005 \leq x \leq 0.04$) Ceramics
박윤식*, 김응수 (*경기대*)

P2-G1-70 Synthesis of $KCa_2A_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$ Ceramics for Nanosheets and Characteristics
류소연[1,2*], 남산[2], 최지원[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*)

P2-G1-71 Optical Maze-like TiO_2 Nanonetworks for Efficient Photo-activated Chemiresistors at Room-temperature
심영석[1*], 조동휘[1], 서준민[2], 장호원[2], 전석우[1] ([1]*KAIST*, [2]*서울대*)

P2-G1-72 Metal-organic Framework-derived Metal Oxide Nanoparticles@Reduced Graphene Oxide Composites as Cathode Materials for Rechargeable Aluminium-ion Batteries
Kaiqiang Zhang* (*서울대*)

P2-G1-73 SrY_2O_4-CaY_2O_4 계 세라믹스의 내플라즈마 특성
전승규*, 윤상옥, 김신, 조형환 (*강릉원주대*)

P2-G1-74 Na_2O 및 Y_2O_3 첨가 $Ba(Mg_{0.5}W_{0.5})O_3$ 세라믹스의 마이크로파 유전특성
최대언[1*], 윤상옥[1], 김신[1], 홍창배[2] ([1]*강릉원주대*, [2]*연테크*)

P2-G1-75 질화규소와 동판의 활성금속 접합시 계면층의 확산거동이 접합강도에 미치는 영향
조인철*, 김종민, 안민우, 김경택 (*존인피니티*)

P2-G1-76 기계적 물성이 향상된 3D 프린팅용 유/무기 복합 resin에 대한 연구
김보영*, 정과정, 양현승, 박성대, 이우성 (*KETI*)

P2-G1-77 Effect of Silica Nanoparticles on Mechanical Properties of Elastomeric Photopolymer for 3D Printing
정과정*, 김보영, 양현승, 박성대, 이우성 (*KETI*)

P2-G1-78 Mn_3O_4 함량에 따른 ZnO-Zn_2BiVO_6 계 바리스터의 입계 특성
하만진[1*], 남산[2], 홍연우[1] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

P2-G1-79 A Model Study on the Atomic Origin of Current Flow through Biomaterials
김한슬* (*KISTI*)

P2-G1-80 Atomistic Perspective of the Electron Transport through a Nanoscale Metal-insulator-metal Junction System
김한슬[1*], Ji il Choi[2], Seung Soon Jang[2] ([1]*KISTI*, [2]*Georgia Institute of Technology*)

P2-G1-81 Photoluminescence Properties of Non-rare Earth $SrAl_2O_4$: Mn^{4+} Red Phosphor for w-LEDs
최병수*, 엄지훈, 이호상, 김도희, 조현 (*부산대*)

P2-G1-82 Chlorine-based Inductively Coupled Plasma Etching of α-Ga_2O_3 Epitaxy Layer
엄지훈[1*], 최병수[1], 조현[1], 정대휘[1], 최현웅[1], 전대우[2] ([1]*부산대*, [2]*KICET*)

P2-G1-83 The Dielectric Properties of A-site Modified Strontium Niobate Nanosheets
임해나[1*], 류소연[1,2], 최지원[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*)

P2-G1-84 Bi_2Te_3계 열전 에너지 하베스터 및 유니커플 모듈러 프로세스
마희승*, 이재훈, 함성수, 박귀일 (*경북대*)

P2-G1-85 Structural and Electrical Properties of $Sr_2Nb_3O_{10}$ Thin Films Grown by Electrophoretic Method
하주연*, 이웅희, 남산 (*고려대*)

G3. 엔지니어링 세라믹스

P2-G3-1 탄소-탄소 복합재의 고온 분위기 변화에 따른 산화시험 및 평가
맹자정[1*], 박수인[1], 배수빈[2], 이형익[2], 이기성[1] ([1]*국민대*, [2]*국방과학연구소*)

P2-G3-2 Study on the Optical Property and Mechanical Property of Yttria-stabilized Zirconia
김부경*, 김도경 (*KAIST*)

P2-G3-3 Mullite/Yb_2SiO_5 복합재의 균열치유거동 연구
이계원*, 이기성, 김태우 (*국민대*)

P2-G3-4 Fabrication of Silicon Nitride Ceramics with Pressureless Sintering and its Thermal Conductivity Analysis
공정훈*, 마호진, 정욱기, 김도경 (*KAIST*)

P2-G3-5 다양한 질화물 코팅층의 고온, 고압 물 환경에서의 부식
도아랑[1*], 김대종[1], 김원주[1], 박지연[1], 이현근[1], 최헌진[2] ([1]*KAERI*, [2]*연세대*)

포스터발표

Poster-II

2019년 11월 14일(목)

P2-G3-6 HfO_2 활용한 TRISO 연료 입자 코팅 기술 개발
김도은[1*], 김응선[1], 김대종[1], 이현근[1], 홍순익[2] ([1]*KAERI*, [2]*충남대*)

P2-G3-7 Cr과 Al이 첨가된 CVD SiC의 부식거동
송희[1*], 이현근[1], 김대종[1], 박지연[1], 김원주[1], 윤순길[2] ([1]*KAERI*, [2]*충남대*)

P2-G3-8 The effect of Current on the Densification and Microstructure of Ceramic Materials During Spark Plasma Sintering
진우찬[1*], 조준영[1], 박경희[1], Siyar Muhammad[2], 박찬[1] ([1]*서울대*, [2]*National University of Science Technology*)

P2-G3-9 서스펜션 플라즈마 스프레이법을 이용한 주철계 기판의 마모저감을 위한 세라믹 코팅 개발
홍세영[1,2*], 오윤석[1], 남산[2] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

P2-G3-10 내산화 실험을 통한 Environmental barrier coating층의 표면거동관찰
박수민[1*], 오윤석[1], 남산[2] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

P2-G3-11 피스톤 실형상 YSZ/SiO_2 서스펜션 플라즈마 스프레이 코팅의 세부 분석
전학범[1*], 오윤석[2], 이인환[1] ([1]*고려대*, [2]*KICET*)

P2-G3-12 Enhancement of Mechanical Strength of LAS Ceramics by Optimizing Composition and Composites
전시진[1*], 김성훈[2], 김종영[2] ([1]*연세대*, [2]*KICET*)

P2-G3-13 The Plasma Corrosion Resistance of CaO-Al_2O_3-SiO_2 Glasses Containing CaF_2 with the High Boiling Point Under Fluorocarbon Plasma with Ar^+
박제원[1*], 나혜인[1], 최성철[2], 김형준[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P2-G3-14 PVA 폴리머 공정을 이용한 나노 크기의 YAG 분말제조 및 특성 연구
임현호*, 이상진 (*목포대*)

P2-G3-15 pH와 분산제 첨가에 따른 이트리아 슬러리의 입자형상 변화에 대한 연구
이대선*, 배현준, 이상진 (*목포대*)

P2-G3-16 Hot-press 소결을 이용한 Cu-AlN, Cu-SiC 복합재료의 제조 및 물리적 성질에 대한 연구
오복현*, 이상진 (*목포대*)

P2-G3-17 입자크기, 성형방법, 소성온도가 구형의 실리카 분말 소결체의 투광성에 미치는 영향
안유경*, 이상진 (*목포대*)

P2-G3-18 개기공 구조 다공성 고령토 폼의 레플리카 법을 이용한 제조 및 특성평가
이수진*, 하장훈, 이종만, 송인혁 (*KIMS*)

P2-G3-19 반도체 식각공정용 YAS계 프릿 코팅 세라믹스 제조 및 평가
박의근*, 이현권 (*금오공과대*)

P2-G3-20 The Synthesis of Compound Aerogel with Controlling of Sol-gel Reaction Rate and the Study of Pore Structure
정해누리*, 김태희, 김영훈, 박형호 (*연세대*)

P2-G3-21 후라이팬에 적용된 넌스틱 세라믹코팅의 특성조사
하정수*, 신명섭, 이국형, 강태원, 표진솔, 최영훈, 박기동, 김아현, 허수빈, 박민석, 손익수 (*안동대*)

P2-G3-22 Thermo-physical Properties of UO_2-Mo Fuel Pellets under the Temperature Gradients
김동석*, 김동주, 양재호, 김건식, 김종헌, 윤지해 (*KAERI*)

P2-G3-23 프리프릴 알코올 수지를 이용한 미세 다공성 유리질 탄소의 제조
이지수[1*], 신동욱[1], 김대종[2], 박지연[2], 김원주[2] ([1]*한양대*, [2]*KAERI*)

P2-G3-24 무기난연제가 첨가된 난연성 에폭시의 경화 조건에 따른 점탄성 분석
문소윤*, 손경우, 임형미 (*KICET*)

P2-G3-25 세라믹 복합 고분자 신소재를 적용한 기능성 전통 지붕재의 개발
채수빈*, 송석균 (*(재)철원플라즈마산업기술연구원*)

P2-G3-26 소결 분위기에 따른 Y2O3 세라믹스의 소결 거동
이도윤*, 김기도, 이정아, 허영우, 이준형, 김정주 (*경북대*)

P2-G3-27 마이크로파 소결에 의한 인공월면토 소결체 제조 및 특성 분석
김영재*, 유병현, 신휴성 (*KICT*)

P2-G3-28 반도체공정용 내플라즈마성 YOF 제조와 기계적 물성
이채언*, 김하늘 (*KIMS*)

포스터발표

Poster-II



2019년 11월 14일(목)

P2-G3-29 DLP 3D 프린팅 방식의 알루미나 성형체 출력 및 광개시제 함량과 노광시간의 영향
김경민[1*], 정현덕[1], 백수현[1], 한윤수[1], 김영도[2], 류성수[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P2-G3-30 YSZ가 MCAS glass-Y_2O_3 첨가제를 가진 AlN의 물성에 미치는 영향
백수현[1*], 김경민[1], 정현덕[1], 김영도[2], 류성수[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P2-G3-31 DLP 기반 3D 프린팅에 의한 알루미나 절삭 공구의 기계적 물성 연구
이현빈[*], 김경민, 류성수, 한윤수 (*KICET*)

P2-G3-32 고순도 비산화물 세라믹 분말제조를 위한 다공성 카본 도가니의 특성평가
정재훈[1*], 이경진[1], 강양구[2], 황해진[1] ([1]*인하대*, [2]*(주)코멕스카본*)

P2-G3-33 열전도도 향상 사고저항성 핵연료 소결체 기술 개발 현황
김동주[*], 김동석, 양재호, 김건식, 김종헌, 윤지해, 김현길 (*KAERI*)

P2-G3-34 Effect of Sintering Additive on Microstructure and Mechanical Properties of Silicon Nitride
조용현[1*], 박주석[1], 이성갑[2] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

P2-G3-35 Cold sintering process 중 yttrium nitrate 첨가량에 따른 Y_2O_3 치밀화 거동 분석
이도윤[*], 김도겸, 이정아, 허영우, 이준형, 김정주 (*경북대*)

P2-G3-36 WC,W2C의 Spark plasma Sintering특성 및 에칭표면 분석
오규상[1,2*], 이성민[1] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

P2-G3-37 압출방법을 이용한 VOCs 제거용 세라믹 다공성 담체제조 및 특성연구
박태민[1*], 이동길[1], 임현호[1], 박가연[1], 김명중[2], 이상진[1] ([1]*목포대*, [2]*(주)아이비메터리얼스*)

P2-G3-38 실리콘 잉곳 성장 도가니 제조용 초고순도 실리카 분말의 염화 정제 기술
김종호[*] (*RIST*)

P2-G3-39 고내열 자동차 부품 가공용 솔리드타입 세라믹 접합 공구 개발
정우영[1*], 김태경[1], 유승을[1], 이승준[2] ([1]*KATECH*, [2]*챔프다이아*)

P2-G3-40 Na_2SO_4 + V_2O_5에 저항하는 Yb-Gd-Y-Zr 기반 열차폐 코팅의 고온 부식 거동
김준성[1*], 송도원[2], 송태섭[2], 백운규[2], Lyu Guanlin[1], 편장혁[1], 양승철[1], 정연길[1] ([1]*창원대*, [2]*한양대*)

P2-G3-41 3성분계 소결첨가제의 공정제어를 통한 성능개선 UO_2 핵연료 물성 평가
김정범[1*], 이종현[1], 이승재[2], 임광영[2], 나연수[2], 정태식[2], 주민제[2] ([1]*충남대*, [2]*KNF*)

P2-G3-42 핵연료 피복관 고온 내산화성을 향상을 위한 금속질화물 박막특성분석
박정환[*], 박동준, 정양일, 이영호, 최병권, 김일현, 김종열, 김현길 (*KAERI*)

P2-G3-43 Effect of Composition of Electrospinning Solution on Morphology of Ceramic Nanofibrous Filter Media
무하마드 안와르[*], 이종만, 하장훈, 송인혁 (*KIMS*)

P2-G3-44 Ti-Ni 합금에 대한 탄화를 통해 제조된 TiC-Ni 복합체에 대한 Ni 함량의 영향
권한중[*], 서창열 (*KIGAM*)

P2-G3-45 Microstructure and Mechanical Properties of Cr-Ni-N Coatings Deposited by HiPIMS
신정호[1*], 김도형[2], 정윤철[1], 김광호[3] ([1]*(재)대구기계부품연구원*, [2]*KITECH*, [3]*부산대*)

G5. 바이오 세라믹스

P2-G5-1 Mesoporous Silica Nanoparticles for Biomedical Applications
박성범[1*], Md Shahjahan Kabir Chowdury[2], SeungHyun Park[3], Won Hyung Ryu[3], Yong-il Park[2] ([1]*동국대*, [2]*금오공대*, [3]*연세대*)

P2-G5-2 TiO_2 Nanowire Target Plate based on LDI-TOF Mass Spectrometry for Quantitative Analysis of Small Biomolecules
윤태경[*], 박종민, 노주윤, 김문주, 김태헌, 변재철 (*연세대*)

P2-G5-3 Top-down Processed TiO_2 Nanowire Target Plate for Peptide Sequencing using LDI-TOF Mass Spectrometry
윤태경[*], 박종민, 노주윤, 김문주, 봉지홍, 변재철 (*연세대*)

P2-G5-4 Sensitive Chemiluminescence Lateral Flow Immunoassay using Platinum Nanoparticles with Peroxidase Activity
박종민[*], 변재철 (*연세대*)

P2-G5-5 Diagnosis of Sepsis by Quantitative Analysis of Lysophosphatidylcholine using MALDI-TOF MS based on Parylene-Matrix Chip
박종민[*], 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철 (*연세대*)

포스터발표

Poster-II

2019년 11월 14일(목)

P2-G5-6 Simultaneous Analysis of Multiple Cancer Biomarker using MALDI-TOF MS based on Parylene-Matrix Chip
박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철 (*연세대*)

P2-G5-7 Quantitative Carbapenem Susceptibility Test using MALDI-TOF MS based on Parylene-Matrix Chip
박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철 (*연세대*)

P2-G5-8 **고투광성의 경사기능형 색조 변화를 가지는 지르코니아 세라믹의 제조를 위한 광경화 기반 3D 프린팅 기술**
김규남*, 김종현, 맹우열, 최규빈, 조현석, 고영학 (*고려대*)

P2-G5-9 **다공성 계층 구조를 가지는 동결주조 세라믹 피드라드의 광경화 3D 플라팅 기술**
맹우열*, 고영학, 이정빈 (*고려대*)

P2-G5-10 Fabrication of Frozen Ceramic Feedrods for Microporous Hollow Tubular Ceramic Structures using Photocuring-assisted 3D Plotting
전종원*, 맹우열, 최규빈, 고영학 (*고려대*)

P2-G5-11 Fabrication and Characterization of Porous Hydroxyapatite Scaffolds with Structural and Mechanical Properties Similar to Cancellous Bone Using Porogen
김태림*, 이치승, 윤석영 (*부산대*)

P2-G5-12 Tailoring Porous Structures of Ceramic Scaffolds for High Mechanical Properties using Digital Light Processing
이지원*, 고영학 (*고려대*)

P2-G5-13 **전해용액에 포함된 키토산의 양에 따른 마그네슘 합금 표면의 전해플라즈마산화 코팅층 형성의 영향**
김민수[1*], 우진주[1], 김원웅[2], 구본흔[*1] ([1]*창원대*, [2]*우수용사공업(주)*)

P2-G5-14 **고함량의 지르코니아(ZrO2)가 포함된 광경화성 슬러리 제작 기술과 3D 프린팅을 활용한 높은 물성과 투광성을 지닌 인공 치아 제작 기술**
김종현*, 고영학, 맹우열, 최규빈, 김규남 (*고려대*)

P2-G5-15 Extrusion-based Ceramic 3d Printing of Core/Shell Tunnel-shaped Structure using Photo-curing
최우림*, 고영학, 맹우열 (*고려대*)

P2-G5-16 Fabrication of Dental Bracket using Photocurable Alumina Slurry with Solid Camphor as Diluent
이윤희*, 고영학 (*고려대*)

P2-G5-17 Fabrication of Hierarchical Macro/Micro Porous Calcium Phosphate Gyroid Structure by Digital Light Processing(DLP) Process with PMMA Beads as Porogen
이윤희*, 고영학 (*고려대*)

P2-G5-18 Freeze-casting Applied DLP for Microporous Ceramic Structures
최규빈*, 전종원, 이정빈, 맹우열, 이윤희, 김규남, 고영학 (*고려대*)

P2-G5-19 Hypersensitive Immunoassays Based on Highly N-doped Silicon Carbide (SiC) Electrode
박준희*, SONG ZHIQUAN, 정재용, 변재철 (*연세대*)

P2-G5-20 Development of Biosensor Based on Vertically Paired PEDOT:PSS Interdigitated Electrode (IDE)
박준희*, 이가연, SONG ZHIQUAN, 정재용, 이가연 (*연세대*)

P2-G5-21 TiO2 Nanostructures for the Analysis of Gout-related Crystals using LDI Mass Spectrometry
김문주*, 이수정, 성정수, 변재철 (*연세대*)

P2-G5-22 **전압 및 전해질에 따른 Ti 임플란트 PEO 코팅층의 특성**
이득용[1*], 오진우[1], 김배연[2] ([1]*대림대*, [2]*인천대*)

P2-G5-23 In-situ Synthesis of CdS Nanowires and Effects of Surface Protection using Parylene Films.
김홍래*, 정재용, 변재철 (*연세대*)

P2-G5-24 A Simple One-step Synthetic Route to Flower-like Carbon Nanostructures for Efficient Oxygen Evolution Reaction
이호준*, 정경환, 김강민 (*KITECH*)

P2-G5-25 Info-Convergence Bioceramic Nanosystems
박대환* (*경남대*)

P2-G5-26 Engineering of Plasmonic Nanostructures for Live Cell Imaging and Biodiagnostic Applications
임동권* (*고려대*)

포스터발표

Poster-II

2019년 11월 14일(목)

P2-G5-27 Fluorescein Polymers Based Nanoparticles: Facile One-pot Synthesis, Assembly, and Immobilization of Biomolecules for Application of Highly Sensitive Biosensor
성대경*, 우지섭, 나윤희 (*KICET*)

P2-G5-28 **탄산 마그네슘 종류 및 배합비에 따른 초크 마찰력 비교**
손경우*, 임형미 (*KICET*)

P2-G5-29 On the Crystallization of Hydroxyapatite in Hydrothermal Conditions: Role of Sebacic Acid as an Additive
인용재*, AMORNKITBAMRUNG URASAWADEE, 홍민호, 신현정 (*성균관대*)

P2-G5-30 Surface Modification of Collagen Matrices for Mineralization
AMORNKITBAMRUNG URASAWADEE*, 인용재, 홍민호, 신현정 (*성균관대*)

P2-G5-31 Effect of Ball Mill and Ultrasonic Pretreatments on Enhancing Biogas Production and COD Solubilization of Food Waste
박선영[1*], 구양모[1], 변하람[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P2-G5-32 Biologically Benign Multi-functional Mesoporous Silica Encapsulated Gold/Silver Nanorods for Anti-bacterial Applications by On-demand Release of Silver Ions
윤석영*, 정영환, 이진웅, 장준혁, 이정헌 (*성균관대*)

P2-G5-33 Self-Assembled Peptide-Carbon Nano Tube(CNT) Hybrids for Regulating Cellular Activity
정유진*, 한소희, 정우진, 김희원, 임용범 (*연세대*)

P2-G5-34 **상용 3Y-TZP 분말특성이 소결물성에 미치는 영향**
윤유현*, 이종국 (*조선대*)

P2-G5-35 3D Bioceramic Scaffold for Osteogenic Differentiation Osteogenic of Human Adipose-derived Mesenchymal Stem Cells (hADSCs)
심주영*, 최수진, 박민희 (*KICET*)

P2-G5-36 Multifunctional Nanomaterial-alginate Drug Delivery and Imaging System for Cancer Therapy
윤석영*, 장준혁, 한권훈, 이정헌 (*성균관대*)

P2-G5-37 Long-term Deposition of Nanoparticles on Paper Substrates
정순환*, 조희훈, 김수지, Ali Turab Jafry, 이정헌, 이진기 (*성균관대*)

P2-G5-38 Injectable Fibrin Hydrogel and PLGA Scaffold Composite for Efficient Cell Proliferation
이진실* (*KICET*)

P2-G5-39 A Novel, Highly Specific Hydroxyapatite-binding Peptide for in Vivo Bone Imaging
김성현*, 방진호 (*KICET*)

P2-G5-40 **지르코니아 슬러리 코팅 시 표면 거칠기에 미치는 분말 입자크기 및 고체함량의 영향**
김우창*, 이종국 (*조선대*)

P2-G5-41 Aging Effects on the Preparation of Hydroxyapatite by Precipitation Method
이병우*, 홍일곡, 문성욱 (*한국해양대*)

P2-G5-42 **β-$Ca_3(PO_4)_2$ 의 Additive 성형시 현탁액 배출속도의 영향**
오경식*, 이금성, 오동현, 이해주, 권유빈, 최동걸, 문다혜 (*안동대*)

P2-G5-43 **FDM 출력방식을 이용한 무소결 개방셀 세라믹의 기공률에 따른 압축강도**
구영진*, 이명현, 이윤주 (*KICET*)

P2-G5-44 **기판의 연마 상태가 지르코니아 상온분사 코팅 표면의 조도에 미치는 효과**
김정준*, 이종국 (*조선대*)

P2-G5-45 **왕겨를 이용한 다공성 실리카 합성 및 밀링 처리에 따른 입자 특성 비교**
박지연[1*], 구양모[1], 변하람[1], 박선영[1], 상병인[2], 천진녕[1], 이진형[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P2-G5-46 **Brushite Bone Cement의 β-$Ca_3(PO_4)_2$ 과립 크기에 따른 Plastic Limit 및 주사성 변화**
오경식*, 문다혜 (*안동대*)

P2-G5-47 Lithium Release from b-tricalcium Phosphate Improving Proliferation of Human Dental Pulp Stem Cells (hDPSCs)
선우경*, 김현진, 유경현, 윤석영 (*부산대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 11월 14일(목)

G6. 유리 및 비정질 세라믹스

P2-G6-1 $Li_2O-B_2O_3-SiO_2$/LLZO 고체전해질 복합체의 리튬이온전도 및 전기화학적 특성 평가
전형탁*, 최병현, 이은정, 황해진 (*인하대*)

P2-G6-2 Fabrication and Characterization of Silica Glass with Alumina as Additive using PBF 3D Printing Process
배병훈*, 윤창번, 차재민, 김남인, 김일원, 윤창번 (*한국산기대*)

P2-G6-3 Enhancement of the Luminous Efficiency in the YAG:Ce Phosphor-in-glass by Transition Metals Doping into the Glass Frits
박영지[1*], 황종희[1], 이윤기[2], 김선욱[1] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

P2-G6-4 ta-C 코팅층의 잔류 응력 변화에 따른 마이크로 드릴의 내마모성 향상에 관한 연구
손민희[1*], 김효준[1], 장규범[2], 김광진[2], 이선영[1] ([1]*한양대*, [2]*(주)네오티스*)

P2-G6-5 Polymer에 분산시킨 $NaYF_4$ 나노 결정 내 Tm^{3+}의 광학적 특성
전재남*, 박원지, 허종 (*포항공대*)

P2-G6-6 고온 RSOC용 $SiO_2-B_2O_3-BaO-Al_2O_3$ 유리의 밀봉 특성
김우식*, 이한솔, 정운진 (*공주대*)

P2-G6-7 전이금속 이온에 따른 SiO_2-TiO_2-BaO계 고굴절 유리의 착색효과
이중희[1*], 김인건[1], 이한솔[1], 최용규[2], 정운진[1] ([1]*공주대*, [2]*항공대*)

P2-G6-8 $CaO - Al_2O_3 - SiO_2$ 계 glasses 스프레이 코팅막의 소성 거동
나혜인[1*], 박제원[1], 최성철[2], 김형준[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P2-G6-9 A Rapid Synthesis of Multi-layer Phosphor-in-glass (PiG) by using a Microwave Synthesis
이우철*, 박성준, 홍우태, 정종원, 박진영, 양현경 (*부경대*)

P2-G6-10 온도센서 응용을 위한 Er^{3+} 및 Yb^{3+}이 첨가된 산화물계 유리의 광학적 특성
최남건*, 이창원, 나임쿠람, 주성민, 김복현 (*GIST*)

P2-G6-11 IR 응용을 위한 $TeO_2-ZnO-BaO$계 유리이 열적 기계적 특성 분석
최남건[1*], 이창원[1], 정혜정[2], 부성재[2], 최은서[3], 김복현[1] ([1]*GIST*, [2]*KITECH*, [3]*조선대*)

P2-G6-12 Optical and Dosimeter Properties of RPL Glass Materials by Heat Treatment
강봉훈[1*], 황성태[2] ([1]*극동대*, [2]*한성대*)

P2-G6-13 원전 해체 제염 폐기물 흡착제 담지용 유리고화체 개발
전재남*, 이호정, 이청원, 박상수, 강재혁, 엄우용, 허종 (*포항공대*)

G7. 내화물 및 시멘트 세라믹스

P2-G7-1 입도 분포에 따른 캐스타블 내화물의 특성변화 연구
김성열*, 김원갑, 하창기, 김락희 (*한국내화*)

P2-G7-2 Molten steel이 존재하는 조건에서 Mold flux에 의한 Zirconia-BN 내화물의 화학적 계면 반응
소성민[1*], 김경훈[1], 박주석[1], 김형순[2] ([1]*KICET*, [2]*인하대*)

P2-G7-3 전기자동차 부품 제작을 위한 사형 주조 3D 프린팅 소재 연구
손현진[1*], 장성완[1], 배창준[1], 양정직[2], 이환종[2], 정영근[3] ([1]*KIMS*, [2]*KATECH*, [3]*부산대*)

P2-G7-4 Improvement of Dispersion Stability of Zirconium Diboride in Aqueous Solvent by Surface Functionalization Applying Amine and Carboxyl Groups
신재록*, 한진순, 차지현, 안계석, 최성철 (*한양대*)

P2-G7-5 MgO-C내화물의 압입변위에 의한 준소성적 탄성 및 충격거동 예측
이기성[1*], 이동헌[1], 김태우[1], 변윤기[2] ([1]*국민대*, [2]*포스코 기술연구원*)

P2-G7-6 광중합 단량체의 작용기 수에 따른 세라믹 코어의 기계적 특성
이혜주*, 최현희, 박혜영, 김하은, 김은희, 양승철, 정연길 (*창원대*)

P2-G7-7 Mo-Nb 시스템에서 Mo/Nb 분율에 따른 Silicide 코팅층의 미세조직과 산화거동
양원철*, 황철홍, 최찬식, 박종원, 박준식 (*한밭대*)

P2-G7-8 금속 연료심 제조공정에 사용되는 몰드의 제조와 반응특성
정경채*, 오석진, 김기환, 국승우, 박정용 (*KAERI*)

포스터발표

Poster-II

2019년 11월 14일(목)

P2-G7-9 패각분말을 활용한 콘크리트 내식성을 향상시킨 표면 경화제 물성 평가
김지혜* (*KCL*)

P2-G7-10 인산 마그네슘 세라믹을 활용한 황토 모르타르의 특성에 관한 연구
박동철*, 황무연, 양완희, 이정우 (*㈜위드엠텍*)

G8. 전산재료과학 및 재료분석

P2-G8-1 Chemical Bonding and Electronic Structure Analysis of Layered Hexagonal $ZnIn_2S_4$
이진호*, 이태훈, 장우선, 손알로이시우스 (*연세대*)

P2-G8-2 열/전기 해석과 상장법을 결합한 상변화메모리 소자에 대한 전산 해석 연구
이환욱*, 권용우 (*홍익대*)

P2-G8-3 A Study on Relationships Between Pore Structure and Effective Property to Design Optimal Pore Structure in Porous Material
정동명*, 권용우 (*홍익대*)

P2-G8-4 Identification of Thermoelectric Transport Properties in $Na_xPb_{1-x}Ag_yTe$ by Computational Materials Science
장한휘[1*], 정연식[1], 오민욱[2] ([1]*KAIST*, [2]*한밭대*)

P2-G8-5 Polyol 합성법과 염화은(AgCl) 전구체를 이용해 제어한 은(Ag) 입자 제조
이수현[1*], 오민욱[2] ([1]*KAIST*, [2]*한밭대*)

P2-G8-7 Ln3+ Ion Size Effect on Electronic Structure in Metal Insulator Transition System LnBaCo2O5.5(Ln=Lanthanides)
김은호*, 이준호, 이동화 (*포항공대*)

P2-G8-8 Investigating the Role of Anisotropy on Thermoelectric Properties of Tellurium Prepared by Directional Solidification
ABBEY STANLEY*, Min-Wook Oh (*한밭대*)

P2-G8-9 무연 페로브스카이트 태양전지 개발을 위한 열역학적 접근법
송동준*, 김한솔, 구혜원, 홍기하 (*한밭대*)

P2-G8-10 CaF_2 용융염에서 TiO_2 전해환원의 제일원리 분자동역학 연구
도경연*, 이동화 (*포항공대*)

P2-G8-11 리튬이차전지용 micro sized silicon/carbon 복합입자 음극활물질
강아연*, 신민선, 이성만 (*강원대*)

P2-G8-12 리튬이온 전지의 Si-alloy 음극 활물질에 대한 polydopamine 코팅의 효과
박지은*, 이지선, 이성만 (*강원대*)

P2-G8-13 Theoretical Study on the Optical Properties of Tetraphenylethylene (TPE) and its Derivatives
안아름*, 염민선 (*KISTI*)

P2-G8-14 Polymorphic Expressions in Alkali-metal Niobates: Examining Structural Diversity in Functional Piezo-electroceramics
황우현*, 윤승재, 손알로이시우스 (*연세대*)

P2-G8-15 Phase Stability Diagrams of Group 6 Magnéli Oxides and Their Implications for Photon-Assisted Applications
이윤재*, 이태훈, 손알로이시우스 (*연세대*)

P2-G8-16 소결 및 동작 분위기가 $Ce_{1-x}Zr_xO_{2-\sigma}$ (x~0.2)의 안정성에 미치는 영향
김영철*, 최인규, 김기영, 조준영 (*한기대*)

P2-G8-17 $LiBaPO_4:Eu^{2+}$계 형광체의 합성 및 발광 특성
박인용* (*한밭대*)

P2-G8-18 $NaCaPO_4:Eu^{2+}$계 녹색 형광체의 합성 및 발광 특성
박인용* (*한밭대*)

P2-G8-19 The Role of Interfacial Layer for High Endurance and Reliable Multi-bit Operation in a Ta_2O_5 Based Resistive Switching Device
양민규* (*삼육대*)

P2-G8-20 Formation of Inter-diffusion Layer between CrAl Coating and Zr Substrate during Exposure at High Temperature
박동준*, 정양일, 박정환, 이영호, 최병권, 김일현, 김현길 (*KAERI*)

P2-G8-21 Laser를 이용한 Mg 합금과CFRP 이종접합
이연승*, 윤지영, Andrews Nsiah Ashong, 김정한 (*한밭대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 11월 14일(목)

P2-G8-22 **전처리가 마그네슘합금 표면에 미치는 영향**
나사균[1*], 윤지영[1], 김민지[1], 이연승[1], 김정원[2] (*[1]한밭대, [2]KRISS*)

G9. 생활 및 전통 세라믹스

P2-G9-1 **실리카 구조제어를 통한 기능성 코팅층의 특성 연구**
김혜진[1*], 남산[2], 한규성[1], 황광택[1], 김진호[1] (*[1]KICET, [2]고려대*)

P2-G9-2 Synthesis and Characterization of NIR Reflective Mn^{5+}, Ti^{4+} Co-doped $Ca_6BaP_4O_{17}$ Cool Color Inorganic Pigments
정규진[1,2*], 박영지[1], 황종희[1], 황규홍[2], 김선욱[1] (*[1]KICET, [2]경상대*)

SS5. 세라믹 제조혁신 플랫폼 심포지엄

P2-SS5-1 Comparison of the Simulation and Experimental Observation on the Compaction of Al_2O_3 Granules
Pipit[1*], 권희진[1], 한윤수[2], 이성민[2], 윤당혁[1] (*[1]Yeungnam Univ., [2]KICET*)

SS6. 제13회 세라믹스 표준화 심포지엄

P2-SS6-1 Co/ tunable-N-doped Carbon Catalysts as Economic and Efficient Zinc-Air Battery Cathode Materials and its analysis method
김성희[*], Li Oi Lun (*부산대*)

P2-SS6-2 Development of Standard for Chemical Analysis of High-silica/Quratz
이진숙[*], 이연숙, 김용남 (*KTL*)

P2-SS6-3 **에너지 저장 소자의 기재 형상에 따른 전기화학적 특성 및 성능 평가**
임태섭[*], 이정우 (*부산대*)

P2-SS6-4 Evaluation for Degradation of TiZrN Coatings by Electrical Resistance
김태우[1*], 전설[2], 신현규[3], 유현조[1], 이희수[1] (*[1]부산대, [2]국가기술표준원, [3]KTL*)

P2-SS6-5 Test Method for Residual Stress in Carbon-doped TiZrN Coating on Phase Formation
홍은표[1*], 최용규[2], 이선홍[3], 전환호[4], 이희수[1] (*[1]부산대, [2]KTL, [3]KICET, [4](주)하이마*)

P2-SS6-6 Lifetime Prediction of Cubic Stabilized Zirconia by Thermally Accelerated Stress Test
이환석[1*], 박민성[1], 윤상현[2], 신민철[3], 이희수[1] (*[1]부산대, [2]POSCO, [3]KTL*)

P2-SS6-7 Test Method for AC Polarization Resistance of Symmetric Cell for SOFC Cathode
조강희[1*], 류지승[2], 하주연[3], 노태민[4], 김용남[3], 이희수[1] (*[1]부산대, [2]KICET, [3]KTL, [4]LG 화학*)

P2-SS6-8 Powder Characterization for Wet-process Additive Manufacturing of OPC-CSA Blends with CSA Addition
김성훈[1*], 김부영[1], 김명주[1], 김홍대[2], 이희수[1] (*[1]부산대, [2]KITECH*)

SS8. 수소경제 실현을 위한 SOFC 및 SOEC 신기술 심포지엄

P2-SS8-1 Exceptionally Long-term Stable Bi_2O_3-based Superionic Conductor at 500˚C for LT-SOFCs
정인철[*], 이강택 (*DGIST*)

P2-SS8-2 A-site Deficient $La_{0.4}Sr_{0.4}Ti_{0.9}Ni_{0.1}O_3$-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ Composites as Efficient and Stable Anodes for Solid Oxide Fuel Cells
이종준[*] (*DGIST*)

P2-SS8-3 Enhancing Electrochemical Performance of Reversible Solid Oxide Cells via Incorporating Highly Conductive Sm^{3+} and Nd^{3+} Co-doped Ceria
박정화[1*], 정찬훈[1], 김경준[1], THAHEEM IMDADULLAH[1], 홍종은[2], 이강택[1] (*[1]DGIST, [2]KIER*)

P2-SS8-4 **중저온 구동 고체산화물연료전지 전해질용 Bi_2O_3 기반 고성능 산소이온전도체 개발에 관한 연구**
김시원[*], 김예린, 김정은, 서현주, 이강택 (*DGIST*)

P2-SS8-5 Highly Active Bi-doped (Pr,Sr)MnO3 Cathodes for Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells
배경택[*], 김도엽, 이강택 (*DGIST*)

P2-SS8-6 Development of Highly Conductive and Long-term Stable Bi_2O_3-based Oxide Ion Conducting Electrolyte for Solid Oxide Fuel Cell
정우영[*], 윤병현, 윤동연, 김선아, 이상협, 원재희, 이강택 (*DGIST*)

포스터발표

Poster-II



2019년 11월 14일(목)

P2-SS8-7 Performance and Durability Improvement of Metal Nanoparticle-dispersed LSCF cathode by Oxide Atomic Layer Deposition
전성현*, 서종수, 서한길, 정우철 (*KAIST*)

P2-SS8-8 TiO_2 Supported Pt Catalysts toward High Electrocatalytic Performance of Oxygen Reduction Reaction
이영욱[1*], 김한슬[1,2], 황국진[1], 신미영[1], 신태호[1] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

P2-SS8-9 Graphene Oxide-Hydrogen Membranes for Proton Exchange Membrane Fuel Cells
Shahjahan[1*], 박성범[2], 박용일[1] ([1]*금오공대*, [2]*동국대*)

P2-SS8-11 Distribution of Current Density, Gas Concentration and Temperature on Planar Anode-supported SOFCs
김민우*, 권화빈, 박희성, 임형태 (*창원대*)

P2-SS8-12 Locally Developed Electronic Conduction in Yttria Stabilized Zirconia (YSZ) Electrolyte for Durable Solid Oxide Fuel Cells
손민지*, 임형태 (*창원대*)

P2-SS8-13 Effect of Pd Position at the Ni-YSZ Anode on SOFC Operation over Butane at a Low Temperature
THIEU CAM ANH*, THIEU CAM ANH, 손지원 (*KIST*)

P2-SS8-14 **롤 캘린더 공정을 이용한 고체산화물연료전지의 구조적 안정성과 전기화학 성능 향상 기술 개발**
김준석*, 지호일 (*KIST*)

P2-SS8-15 **페로브스카이트 산화물 기반 고체산화물 연료전지 연료극 제조**
정재우*, 황해진 (*인하대*)

P2-SS8-16 **산소 투과도 및 ECR 측정을 통한 $PrBaFe_2O_{5+\delta}$ 전극 소재의 산소 이온 전도 및 표면 교환 특성 분석**
손승재[1*], 김동영[2], 주종훈[1] ([1]*충북대*, [2]*삼성전자*)

P2-SS8-17 $Ce_xSr_{2-x}MnO_4$ based Oxygen Carriers for Chemical Looping Combustion of Methane
오동환*, 김준규, 김승현, 정우철 (*KAIST*)

P2-SS8-18 Scalable Multi-Layer Roll Calendering Process for Reliable Anode of Large-Area Planar Solid Oxide Fuel Cells
신지수* (*KIST*)

P2-SS8-19 Rheological Analysis of Gadolinium Doped Ceria (GDC) Tape Casting Slurry
Lakshya Mathur*, 윤예진, 김인호, 송선주 (*전남대*)

P2-SS8-20 Defect Chemistry of Highly Defective $La_{0.1}Sr_{0.9}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ by Considering Oxygen Interstitials
배호한*, 홍재운, 김인호, 송선주 (*전남대*)

P2-SS8-21 A Simple Electrochemically-driven $(Pr,Ce)O_{2-\delta}$ Overcoating to Enhance the Activity and Thermostability of Silver Cathodes for Thin-film Solid Oxide Fuel Cells
김현승[1*], 서한길[1], 최윤석[2], 정우철[1] ([1]*KAIST*, [2]*KIER*)

P2-SS8-22 $La_{1.7}Ca_{0.3}Cu_{1-x}M_xO_{4+d}$ (M=Co, Fe) Ruddlesden-Popper Series as Oxygen Electrode for Solid Oxide Fuel Cells
황국진*, 신태호, 신미영, 우성훈 (*KICET*)

P2-SS8-23 The effect of $La_{0.4}Ce_{0.6}O_{2-\delta}$ Buffer Layer Thickness between Ni-Fe Anode and $La_{0.9}Sr_{0.1}Ga_{0.8}Mg_{0.2}O_{3-\delta}$ Electrolyte on the Electrochemical Performance of Solid Oxide Fuel Cells
장미[1*], 황국진[2], 김재현[1], 신태호[2] ([1]*경상대*, [2]*KICET*)

P2-SS8-24 Steam Concentration Effect on Carbon Deposition of Ni-GDC Cermet Anode for Solid Oxide Fuel Cells
박재우*, 박윤태, 이기태 (*전북대*)

P2-SS8-25 Surface Modification of $Ce(Mn,Fe)O_2$ / $La(Sr)Fe(Mn)O_3$ Ceramic Anode for Propane Fueled Solid Oxide Fuel Cells
김민규[1*], 이영욱[1], Tatsumi Ishihara[2], 신태호[1] ([1]*KICET*, [2]*Kyushu Univ.*)

P2-SS8-26 Proton Ceramic Fuel Cell with Inkjet Printing
정헌준* (*고려대*)

P2-SS8-27 Application of Ni-based Pd Catalyst by Atomic Layer Deposition to Direct Methanol Solid Oxide Fuel Cell
김근희*, 장동영, 정헌준, 김동환, 심준형 (*고려대*)

P2-SS8-28 High Performing $Mn_{1.3}Co_{1.3}Cu_{0.4}O_4$ Spinel based Composite Cathodes for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells
Thaheem*, 김경준, 이종준, 조동우, 정인철, 이강택 (*DGIST*)

P2-SS8-29 Mechanistic Study on the Phase Separation of Epitaxial $Ce_{0.75}Zr_{0.25}O_2$ Film to Improve its Chemical Stability in Reducing Atmosphere
오설희* (*KIST*)

포스터발표

Poster-II



2019년 11월 14일(목)

P2-SS8-30 Highly Active and Durable Double-doped Bismuth Oxide-based Oxygen Electrodes for Reversible Solid Oxide Cells at Reduced Temperatures
윤병현*, 김경준, 조동우, 이종준, 채문석, 김대원, 강석범, 최도영, 홍승태, 이강택 (*DGIST*)

P2-SS8-31 Quantification of Interplay between Sintering Temperature, Microstructure and Mechanical Properties of Ni-$BaZr_xCe_{0.8-x}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-d}$(x=0.1, 0.5) Cermet Anodes by Image Analysis(x=0.1, 0.5) Cermet Anodes by Image Analysis
윤예진*, 김인호, 김은일, 송선주 (*전남대*)

P2-SS8-32 NiO-YSZ 연료극 및 Stainless steel 기반 금속 지지형 박막 고체산화물 연료전지 개발에 관한 연구
강성민[1*], 이재석[1], 차석원[2], 배중면[1] ([1]*KAIST*, [2]*서울대*)

P2-SS8-33 Temperature-dependent Long-term Stability of $Sr_{0.3}Na_{0.4}SiO_{2.8}$ Fast Ion Conductor
신홍림[1*], 조동우[1], 김종우[2], 이강택[1] ([1]*DGIST*, [2]*LG Chem R&D Campus*)

SS9. 첨단 방사광 기술과 세라믹 소재 개발 심포지엄

P2-SS9-1 High Electrocatalytic Performance of Bimetal Alloy on Ceramic Support for Oxygen Reduction Reaction
김한슬[1,2*] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

SS10. 신기능성 산화물의 물성 이해 및 응용 심포지엄

P2-SS10-1 Stress-driven High Electrostrain at Low Driving Field in Bismuth-based Incipient Piezoelectrics
Muhammad Sheeraz[1*], Abdul Khaliq[1], Aman Ullah[2], 한형수[1], Aurangzeb Khan[3], Amir Ullah[4], 김일원[1], 김태헌[1], 안창원[1]
([1]*울산대*, [2]*University of Science and Technology, Pakistan*, [3]*Abdul Wali Khan Univ., Pakistan*, [4]*Islamia College Univ., Pakistan*)

P2-SS10-2 Oxygen-vacancy-induced structural and Dielectric Phase Transitions in Ni-doped $BaTiO_3$ Ceramics
Duong[1*], 배종성[2], 전종철[3], 임소연[4], 오수한[5], aman ullah[1], Muhammad Sheeraz[1], 최진산[1], 이순일[6], 고재현[5], 양상모[4], 김규현[3], 김일원[1], 안창원[1], 김태헌[1] ([1]*Univ. Ulsan*, [2]*한국기초과학연구원*, [3]*국가과학기술연구회*, [4]*숙명여대*, [5]*한림대*, [6]*창원대*)

P2-SS10-3 Understanding Ferroelectric Phase Formation in doped HfO_2 Thin Films based on Classical Nucleation Theory
박민혁[1*], 이영환[2], 황철성[2] ([1]*부산대*, [2]*서울대*)

SS11. 고기능 세라믹 소결 심포지엄

P2-SS11-1 Separation of Quartz and Anorthite from Halloysite Nano Tubes(HNTs) by Grinding Processes
황규홍[1*], 박관식[2], 김채호[1], 권기훈[1], 유진실[1] ([1]*경상대*, [2]*풍산광업*)

P2-SS11-2 Flash Sintering of Hydroxyapatite Ceramics and its Mechanism
황창훈[1*], 김석영[2], 윤존도[1] ([1]*경남대*, [2]*영남대*)

SS12. 투과전자현미경을 이용한 기능성 소재의 구조 분석 심포지엄

P2-SS12-1 Visualization of the Crystallographic Effect of Oxygen Diffusion Channels in VO_2
심혜지*, 김기엽, 박윤규, 조민국, 손준우, 최시영 (*포항공대*)

P2-SS12-2 Identifying Unknown Crystal Structures of Nearly Room Temperature van der Walls Ferromagnet vis STEM Analysis
황수윤*, 김기엽, 서준호, 김준성, 최시영 (*포항공대*)

P2-SS12-3 Electron Microscopy Study of Unexpected Structure Change in Mn_3GaN/Mn_3Ga Superlattice Film
노가희[1*], 김기엽[1], 엄창범[2], 최시영[1] ([1]*포항공과대*, [2]*Univ. Wisconsin-Madison*)

P2-SS12-4 Scanning Transmission Electron Microscopy Analysis of the Modified Layered Structure in Lithium Batteries
양유정*, 김소연, 김기엽, 이정화, 강병우, 최시영 (*포항공대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 11월 14일(목)

SS18. 다결정 투명 세라믹스 심포지엄

P2-SS18-1 Nd:Y2O3 세라믹스의 광학적 특성에 미치는 가소결분위기의 영향
오현명[1*], 박영조[2], 김하늘[2], 고재웅[2], 이현권[1] (*[1]금오공대, [2]KIMS*)

P2-SS18-2 Microstructural Evolution and Relevant Mechanical Properties of Al-rich Transparent Magnesium Aluminate Ceramics
김하늘[1*], 김지원[1], 박영조[1], 고재웅[1], 윤존도[2] (*[1]KIMS, [2]경남대*)

G2. 에너지 환경 세라믹스

P1-G2-2 Impedance Spectroscopy of Semiconducting Oxide Photoelectrodes for PECs and DSSCs
TRAN THI LAN[*], Hung Tai Nguyen, Dang Thanh Nguyen, 강순형, 이종숙 (*전남대*)

P1-G2-3 Application of Modified Barsoukov Battery Model to Supercapacitors
TRAN THI LAN[1*], Guoliang Liu[2], 강영호[1], 이종숙[1] (*[1]전남대, [2]Chem. Eng.*)

P1-G2-4 Python-assisted Kinetic Analysis of Electrical Conductivity Relaxations : A Case Study of La0.8Sr0.2FeO3-δ
Pham Thuy Linh[1*], 배호한[1], 신남수[2], 송선주[1], 이종숙[1] (*[1]전남대, [2]딥솔루션*)

P1-G2-125 Growth of Conductive Cu-MOF Around Silicon Nanoparticles as an Efficient Anode Material for High Capacity Lithium Ion Batteries
NAZIR AQSA[*], 박찬진 (*전남대*)

P2-G2-1 바이오가스용 고효율 황화수소 무기흡착제 개발에 관한 연구
구본급[1*], 장길남[2] (*[1]한밭대, [2]㈜마디*)

G4. 나노 융합 세라믹스

P1-G4-56 Investigation on Anti-corrosive and Electrically Conductive Behaviors of Aluminum Coated with Polymer-nanocomposites
이혜민[*], 김한, 조홍백, 좌용호 (*한양대*)

구두 발표

PL-1 소재·부품·장비 산업의 미래

강경성*. *산업통상자원부 소재부품산업정책관*

소재·부품·장비 산업은 제조업의 허리이자 경쟁력의 핵심요소이다. 특히 4차 산업혁명의 주도권은 경량화, 융·복합화, 스마트화를 구현하는 소재·부품·장비에 좌우된다고 할 수 있다. 하여 그간 우리는 '01년 부품·소재특별법 제정과 함께 현재까지 R&D에 5.4조원을 투입하였으며, 외형성장과 경쟁력 강화 등에 기여하였다. 그 결과 현재 소재·부품·장비산업은 생산이 3배('01년 240조원 → '17년 786조원), 수출은 5배('01년 646억불 → '18년 3,409억불) 증가하였다. 그러나 외형성장의 이면에는 범용제품 위주의 추격형 제품에 한정되어 압축 성장했고, 핵심 전략품목들은 해외 공급망에 치중되거나, 국내 공급기업과의 협력이 부족했으며, 기술자립도가 낮은 문제들이 있다.

이에 우리는 근본적으로 특정 국가에 대한 높은 의존도 등 소재·부품·장비산업이 가진 구조적 취약점을 해결하고자 소재·부품·장비산업에 예산과 금융, 세제, 입지, 규제특례 등 국가자원과 역량을 총력 투입하는 특단의 대책을 마련하였다. 여기에는 기업 간 협력모델 구축, 개발이 양산으로 이어지는 사다리 정책, 적시성 있는 집중투자와 기술획득 다각화, 조속한 생산·시설 투자가 가능한 패키지 지원 등이 담겨 있다.

이러한 소재·부품·장비산업에 대한 집중 지원으로 대외 의존도가 높은 100대 품목의 조기 국내 공급안정성을 확보하고, 기술개발-실증-양산-신뢰성 보증으로 이어지는 전주기적 연계지원을 통한 산업 전반의 경쟁력 강화를 기대하고 있다.

PL-2 A Place in the Sun for Artificial Photosynthesis

Lionel Vayssieres*. *Xi'an Jiaotong University, China*

This decade is experiencing the widest consequences of man-made activities on our planet with environmental risks for public health now at a record high. Indeed, staggering air and water pollution worldwide, chronic in major cities in Asia and in the Western world, due to toxic gases, chemicals, and ultrafine particles from industry, agriculture, and transportation sectors has become one of the most, if not The most, important problem that humanity is facing. Consequently, it is now crucial to transition to new societies where environmental, energy, and economic policies are no longer based on endless-growth financial models and fossil fuel technologies to substantially decrease our ecological footprint and environmental and health impacts. The origin of this strong imbalance between human activities and the environment could be found in the endless-growth economic system in place in major countries worldwide as it inherently requires the use of endless cheap energy to be sustained, hence the massive use of coal and fossil fuels as energy sources for a more profitable energy return on energy invested, which might be good for the economy but clearly is not for our environment, health, and sustainable future. Technological innovation has always helped boost the economy and has done it successfully numerous times throughout civilizations, even recently with solid-state lighting technology for instance. These technological advancements must involve large-scale, clean, and cost-effective fabrication techniques at moderate to low temperatures and be based on highly efficient materials that mostly contain earth-abundant elements, easily extractable and fully recyclable rather than expensive, scarce, and toxic metals and rare earths. In addition, given that conventional technologies that attempt to improve the efficiency and performance of existing materials and devices by further development along the same incremental approaches are reaching their limits, it is crucial to develop novel (multi)functional materials where bulk limitations are overcome by changing the fundamental underlying physics and chemistry by nanoscale design and quantum confinement effects.

The transition to a hydrogen-based energy and economy would be ideal as it produces zero carbon emission (only water), and consumer hydrogen fuel cell powered cars as well as public transportations are becoming available in our societies. Yet, most of the hydrogen produced nowadays still comes from nonrenewable sources, made by steam reforming of methane which produces large amount of carbon mono-/dioxide. The most natural and cleanest way to sustainably produce hydrogen at large scale is by photocatalytically splitting (sea)water. Consequently, a great increase in research during the past decade, with dedicated studies on material fabrication, surface and electronic structure engineering have been conducted to identify ideal materials and systems.

Our strategy is to fabricate heteronanostructures consisting of oriented arrays of quantum rods and dots of high purity synthesized by aqueous chemical growth at low temperature without surfactant and with controlled dimensionalities and surface chemistry with intermediate bands for high visible-light conversion, bandgap and band edges optimized for stability against photocorrosion and operation conditions at neutral pH and low bias without sacrificial agent. Such unique characteristics, combined with the in-depth investigation of their size-dependent, interfacial electronic structure, and electrical conductivity effects do provide better fundamental understanding and structure-efficiency relationships for a cost-effective and sustainable generation of hydrogen from the two most abundant and geographically-balanced free resources available, that is the sun and seawater.

An overview of a decade of quantum-confined materials design along with the latest advances in the low-cost controlled fabrication of highly ordered hybrids consisting of a visible light active semiconductor and a molecular co-catalyst, the atomic-scale origin of performance and stability of nitride nanorod-arrays for overall water splitting in neutral and simulated seawater and the latest development in highly efficient single junctions for solar hydrogen generation without transparent substrates will be presented.

PL-3 Nanocube and Assembly Leading Innovation in Ceramics

Kazumi Kato*. *National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan*

Nanocube which is single crystal in nanometer-size has attracted much attention as a building block to evolve hierarchical structures where the nanocubes are assembled with the 4-fold symmetry along both vertical and horizontal directions. Single crystalline {100} dominant $BaTiO_3$ nanocubes possesing edge length of almost 15 nm were synthesized by the hydrothermal method. Small capacitors consisting of the $BaTiO_3$ nanocube ordering assemblies after heating at 1123 K exhibited higher dielectric constant and relatively low loss of 4000 and 0.07, respectively. By in-situ TEM analysis of the nanocube at 773 K, the hopping movement of atoms at the surface and the surface reconstruction were confirmed although the inner atomic arrangement has been fixed as a perfect perovskite structure. On the

other hand, after heating at a certain temperature range of 1023 K to 1173 K, the adjacent nanocubes with small tilting angles were found to bond each other to generate misfit strain in the interface region. The consequent geometric appearances were consistent with the enhanced dielectric properties. Recently, monolayer assemblies of $BaTiO_3$ nanocubes having relatively larger area without cracks and containing nanocube ordering with the 4-fold symmetry in 2 dimensions were developed. It is not until the monolayer that we open our knowledge of nano-sized ferroelectrics. Tip-enhanced Raman spectroscopy (TERS) of individual nanocubes in the monolayer indicated the sole nanocube without post heat treatment was in tetragonal phase and exhibited phase transition. The construction of boundary between the nanocubes with heat treatment was confirmed. These newly given basic results were identified with our previous results of the 3D assemblies. In addition, electrospray deposition method was conducted using BaTiO3 nanocubes. Elementary insights of the relation of the individual nanocube polar and the externally applied voltage might be available in the construction of future devices.

This work was supported by the Japan Science and Technology Agency (JST) under the Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program (ALCA) and the Collaborative Research Based on Adaptable and Seamless Technology Transfer Program (A-Step), and the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) under the Advanced Research Program for Energy and Environmental Technologies.

References:

[1] F. Dang, K. Mimura, K. Kato, H. Imai, S. Wada, H. Haneda, M. Kuwabara, Nanoscale, 4, 1344 (2012).
[2] K. Mimura and K. Kato, J. Nanopart. Res., 15, 1995 (2013).
[3] K. Mimura, K. Kato, H. Imai, S. Wada, H. Haneda, M. Kuwabara, Appl. Phys. Lett., 101, 012901 (2012).
[4] K. Mimura, K. Kato, Applied Physics Express, 7, 061501 (2014).
[5] Q. Ma, K. Kato, Materials and Design, 107, 378 (2016).
[6] Z. Liu, K. Kato, unpublished.
[7] Q. Ma, K. Kato, CrystEngComm, 18, 1543 (2016).
[8] K. Yasui, K. Mimura, N. Izu, K. Kato, Jpn. J. Appl. Phys., 56, 021501 (2017); Jpn. J. Appl.Phys., 57, 031501 (2018).
[9] H. Itasaka, K. Mimura, K. Kato, Nanomaterials, 8, 739 (2018).
[10] H. Itasaka, K. Mimura, K. Kato, Applied Physics Letters, 112, 212901 (2018).
[11] S. Suehiro, T. Kimura, M. Tanaka, S. Takahashi, K. Mimura, K. Kato, Langmuir, 35, 5496-5500 (2019).

PL-4 Solid Electrolytes For Solid-State Lithium Metal Batteries

Liangliang Li and Ce-Wen Nan*. *Tsinghua University, China*

Driven by solid-state lithium metal batteries with both high safety and high energy density, solid electrolyte materials have experienced a rapid development in the past years. Various solid electrolytes have been developed and the electrolyte/electrode interfaces are being extensively investigated. Some challenges remain for the applications of solid electrolytes in lithium metal batteries. In this talk, we are going to describe several kinds of solid electrolytes including oxide, sulfide, and composite electrolytes and discuss the challenges for high-performance solid-state lithium metal batteries. The preparation methods of various electrolytes are optimized and the relationship between the synthetic processes and the ionic conductivity of the electrolytes is studied. With the optimized electrolytes, solid-state lithium metal batteries are assembled and their cycle performance is systematically investigated. It is found that the interfaces between the solid electrolytes and the electrodes play an important role in the cell performance. On the anode side, a stable electrolyte/anode interface is critical for the long-term cycling of the lithium metal batteries. A surface treatment on the electrolytes such as LLZO can be carried out to significantly reduce the interfacial resistance and ensure a long life at high rates for the solid-state lithium metal batteries. As for the cathode side, it is also necessary to maintain an intimate interface during the cell cycling. With rational designs of solid electrolytes and proper interface engineering, high-performance solid-state lithium metal batteries are obtained.

KL-1 Positively Charged Layered Inorganic Materials: Charge Interaction under Biological Condition

양전하를 띠는 층상형 무기물질: 생물학적 환경에서의 전하 상호작용

오제민*. *동국대학교*

Layered double hydroxide (LDH) has intrinsic positive surface charge and it is expected to affect its biological fate. We tried to find the role of positive charge in LDH in its behavior toward biological substances utilizing surface charge modified LDH. Coating with organic moieties such as citrate, malate and serine gradually modified the surface charge of LDH to highly negative, almost neutral and positive according to the number of carboxylate acid and amine functional groups. We first tested the hemolysis effect of charge controlled LDH and found that the positively charged one showed the least membrane damage on red blood cells. According to the protein fluorescence quenching assay, it was clearly shown that the positively charge LDH particles interact more actively with plasma proteins, possibly forming protein corona on its surface. The charge effect was more significantly elucidated on the quenching assay utilizing proteins with different isoelectric point. As the positive charge played a key role in biological interaction, the LDH particles with different surface charge was again tested to micro-organisms for flocculation. *Microcystis* aeruginosa which induces serious algal bloom showed strong flocculation upon treatment of positively charged LDH while negative surface charge did not play important role in flocculation. It was also shown that clay particles with negative charge did not show significant flocculation with blue-green algae.

KL-2 Hydrogen Sensors for the Era of Hydrogen Economy

수소 경제 시대의 수소 센서

이우영*. *연세대학교*

Nanoscale gaps, which enable many research applications in fields such as chemical sensors, single-electron transistors, and molecular switching devices, have been extensively investigated over the past decade and have witnessed the evolution of related technologies. Importantly, nanoscale gaps employed in hydrogen gas (H_2) sensors have been used to reversibly detect H_2 in a non-off manner, and function as platforms for enhancing sensing performance. This talk reviews recent advances in nano gap design for H_2 sensors and deals with various strategies to create these gaps, including fracture

generation by H_2 exposure, deposition to pre-structured patterns, is land formation on a surface, artificial manipulation methods, methods using hybrid materials, and recent approaches using elastomeric substrates. Furthermore, new nano gap design that advances sensing capabilities in order to meet the diverse needs of academia and industry will be discussed.

KL-3 Silicone-based Aerogels with Mechanical Flexibility
기계적 유연 특성의 실리카 기반 에어로겔
Kazuyoshi Kanamori*. *Kyoto University, Japan*
Aerogels with uniform mesoporosity show visible-light transparency and very low thermal conductivity, and are gathering attentions to address urgent energy saving issues. To open the way for industrial applications of monolithic transparent aerogels with superinsulating performance, we have been studying mechanically improved aerogels based on polysiloxane-based organic-inorganic hybrids (so-called silicones) prepared via rather classical sol-gel process without relying on supercritical drying.

Poly(methylsilsesquioxane) aerogels have been prepared from methyltrimethoxysilane in our early study, and the high strength and flexibility of these aerogels against compressive deformations are beneficial in obtaining aerogels via evaporative drying under ambient conditions. These aerogels show high transparency and low enough thermal conductivity (~ 13 mW m^{-1} K^{-1}) and are currently under development for industrial superinsulation applications. Other poly(organosilsesquioxane) aerogels with ethyl, vinyl, chloromethyl have been developed to investigate the effect of organic substituents and impart functionality to aerogels. For instance, poly(vinylsilsesquioxane) offers an opportunity for improving strength and flexibility through post-gelation vulcanization of the vinyl groups. Further, polysiloxanes with polymerized organic bridges have been prepared via successive radical polymerization and hydrolysis-polycondensation from vinyl- or allyl-substituted alkoxysilanes such as vinylmethyldimethoxysilane. The resultant “double crosslinked” networks allow large deformations of the aerogels. Exquisite hybridization of organic and inorganic components and optimization of multiscale structures would result in even higher mechanical strength and flexibility while maintaining other physical properties through synergetic effects of both components.

Acknowledgement: This work was financially supported by Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program from Japan Science and Technology Agency and a Grant-in-Aid for Scientific Research (17K06015) from Japan Society for the Pro-motion of Science.

G1-1 Fabrication and Evaluation of FTO Thin Film for Microwave-transparent De-icing Application
전파 투과능 디아이싱 소재 응용을 위한 FTO 박막의 제조 및 평가
이승준[1*], 김영렬[1], 박진우[1], 박성환[2]. *[1]국방과학연구소, [2]H&세온*
Fluorine-doped tin oxide (FTO) films have been widely used as photovoltaics, optical windows, and light-emitting diodes due to their high thermal and chemical stability, mechanical strength, and cost advantages. However, the FTO films are not adequate to apply for radome required to transmit RF wave since induced current on the FTO films by transmitted RF waves blocks the incident waves again. In this research, it is the goal to figure out the optimized FTO sheet resistance that satisfies both heating ability and RF transmission. Fluorine-doped tin oxide (FTO) films are used as a Joule heater to prevent the ice accretion. FTO films with different thickness (i.e. sheet resistance) are prepared on glass substrates by spray pyrolysis. The microstructure, X-band transmission, and heating ability as a Joule heater are analyzed. In addition, numerical 3D electromagnetic simulation of FTO films inside a microwave region is provided by CST software.

G1-2 Microwave Absorption Properties of Zn Substituted Strontium W-type Hexaferrite in Ka Band (26.5-40 GHz)
Ka-영역에서의 Zn 치환 SrW타입 헥사페라이트 전자파 흡수 특성
최성준[1*], 유재형[1], 박승영[2], 최성진[3], 유상임[1]. *[1]서울대학교, [2]KBSI, [3](주)창성*
Strontium W-type hexaferrite ($SrMe_2Fe_{16}O_{27}$; $SrMe_2W$, where Me is a divalent transition metal ion), have been widely studied for microwave antenna application as they exhibit uniaxial anisotropy along the c-axis, and thus high ferromagnetic resonance frequency. Also, Zn^{2+} is known to increase real and imaginary permittivity of $SrMe_2W$, we tried to synthesize and identify the microwave absorbing property of partially Zn^{2+}-substituted $SrMe_2W$ hexaferrites ($SrZn_xFe_{2-x}W$, where $0.0 \leq x \leq 2.0$). For this purpose, the samples with different x values were annealed at the temperature region of 1000-1350ºC for 2 h in the PO_2 of 10^{-3} atm. As a result, single-phase polycrystalline samples of $SrZn_xFe_{2-x}W$ for x = 0.0-1.0 were obtained by annealing in the PO_2 of 10^{-3} atm, while $SrZn_2W$ was only obtainable by annealing in air. The complex permittivity and permeability of the samples were measured in Ka band (26.5-40 GHz), and the reflection losses were calculated based on the obtained permittivity and permeability spectra.

This work was supported by a Grant from Chang Sung CO.

G1-3 Dependence of Microwave Dielectric Properties on the Structural characteristics of $CaMo_{1-x}Te_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.05$) Ceramics
$CaMo_{1-x}Te_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.05$)세라믹스의 구조적 특성에 대한 마이크로파 유전특성의 의존성
김주현*, 김응수. *경기대학교*
Effects of structural characteristics on the microwave dielectric properties of $CaMo_{1-x}Te_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.05$) ceramics with Te^{6+} substitution were investigated. For the specimens sintered at 900-985ºC for 2 h, a single phase of scheelite structure was confirmed up to x = 0.03 and then secondary phases were observed for further substitution. As the Te^{6+} content increased, the dielectric constant (K) gradually increased because the polarizability of Te^{6+} (3.7 Å^3) is higher than that of Mo^{6+} (3.28 Å^3). While the temperature coefficient of resonant frequency (TCF) decreased due to the increase of oxygen bond valence as the Te^{6+} content increased. The Qf value of the specimens was increased up to x = 0.03, which is due to the increase of bond valence and covalency confirmed by Rietveld Refinement of XRD patterns. However, the Qf value of the specimens above x = 0.03 was decreased, which is due to the secondary phase with low Qf value. Good microwave dielectric properties of K = 10.72, TCF = -40.56 ppm/ºC, Qf = 185,400GHz was obtained $CaMo_{0.97}Te_{0.03}O_4$ sintered at 950ºC for 2 h.

G1-4 Dependence of Microwave Dielectric Properties on the Non-stoichiometry of $Mg_{2+x}Ti_{0.95}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}O_4$ ($-0.02 \leq x \leq 1$) Ceramics

$Mg_{2+x}Ti_{0.95}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}O_4$ ($-0.02 \leq x \leq 1$) 세라믹스의 마이크로파 유전특성의 비화학양론성 의존성

박윤식*, 김응수. *경기대학교*

Effects of non-stoichiometry on microwave dielectric properties of $Mg_{2+x}Ti_{0.95}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}O_4$ ($-0.02 \leq x \leq 1$) ceramics were investigated. The specimens sintered at 1450°C for 4h, showed a single phase of inverse-spinel structure in the range up to x=0.14, and then the secondary phase of MgO was detected. With the excess of Mg^{2+} cation, the *Qf* value was increased up to the maximum value of 182,000 GHz at $x = 0.14$, then was decreased. The increase of *Qf* value was attributed to the increase of the bond valence and the atomic packing fraction which are related to the structural stability. However, the appearance of MgO secondary phase affected to both the decrease of *Qf* value and grain size of the microstructure. This result could be explained by the dragging effect which was occurred by the segregation of Mg^{2+} cation at the grain boundaries. Dielectric constant (K) and temperature coefficient of resonant frequency (*TCF*) of the specimens were not changed significantly with non-stoichiometric Mg contents.

G1-5 Effects of Ti-site Complex Substitution on the Structural Characteristics and Microwave Dielectric Properties of $MgTiO_3$ Ceramics

$MgTiO_3$ 세라믹스의 구조적 특성과 마이크로파 유전특성에 Ti 자리 복합치환이 미치는 효과

정종석*, 김응수. *경기대학교*

Microwave dielectric properties of $MgTi_{1-x}(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_xO_3$ ($0 \leq x \leq 0.05$) were investigated based on the crystal structural characteristics. For the specimens sintered at 1400°C for 4h, complete solid solutions with the single phase of ilmenite structure were obtained through the entire range of compositions. The quality factor (*Qf*) was dependent on the average Ti-site covalency related with their electronegativity difference between cations and oxygen ions in oxygen octahedra. $MgTi_{0.995}(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.005}O_3$ showed the highest *Qf* value of 212,300GHz due to high bond valence and bond strength of Ti-site of $MgTiO_3$ which were confirmed by Rietveld refinement of XRD patterns. The dielectric constant (K) of the specimens was affected by the theoretical dielectric polarizabilities of composing ions of the specimens. Temperature coefficients of the resonant frequency (*TCF*) of $MgTiO_3$-based ceramics were dependent on the degree of average oxygen octahedral distortion of ilmenite structure. Good microwave dielectric properties was obtained for $MgTi_{0.995}(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.005}O_3$; K = 18.4 , *Qf* = 212,300 GHz.

G1-6 A MEMS-based Piezoelectric AlN Acoustic Sensor Array for Next-Generation Cochlear Implant

차세대 인공와우를 위한 멤스 기반의 압전 질화 알루미늄 음향 센서 어레이

장종문[1]*, 최홍수[2], Juergen Brugger[3], 최종진[1], 윤운하[1]. [1]*재료연구소*, [2]*대구경북과학기술원*, [3]*스위스로잔연방공과대학교*

Cochlear implants (CIs) are surgically implanted auditory prostheses to bypass the damaged hair cells and directly stimulate auditory neuron in cochlea. The current challenges of CI include inconveniences caused by extracorporeal devices, high power consumption, and high cost. To overcome the issues of conventional CIs, artificial basilar membranes (ABMs) have been developed by mimicking the cochlear characteristics, which is mechanical frequency selectivity and acoustic-to-electric energy conversion. The frequency selectivity of ABMs was implemented by a microelectromechanical system (MEMS)-based micro-beam/cantilever array, and the energy conversion was realized by piezoelectric aluminum nitride (AlN). In addition, the fabricated ABM was integrated with the stimulating circuit and intra-cochlear electrode array to measure auditory brainstem responses (ABRs) from deafened guinea pigs. The amplitude of the measured ABRs was modulated by the input sound pressure level with the selective frequency response, which demonstrated the feasibility of the ABM as an acoustic sensor for the next-generation CI.

G1-7 Dependence of Piezoelectric Properties on Sintering Conditions of $0.65Bi_{1.05}FeO_3$-$0.35BaTiO_3$(BF-BT) Ceramics

소결 조건에 따른 $0.65Bi_{1.05}FeO_3$-$0.35BaTiO_3$(BF-BT)의 압전 특성 변화

TAUSEEF AHMED*, Salman Ali Khan, Fazli Akram, 배지희, Tran Thi Thanh,Tae Kwon Song, Myong-Ho Kim, Sonnil Lee. *Changwon National University*

Lead-free piezoelectric $0.65Bi_{1.05}FeO_3$–$0.35BaTiO_3$ (0.65BF-0.35BT) ceramics were synthesized via conventional solid-state reaction by varying sintering time from 1 hr to 5 hr. Ceramics with improved electrical properties within a narrow range of sintering time were obtained. We optimized and improved ferroelectric and piezoelectric properties, which were obtained from ceramics sintered for 3 hr at 1000°C. The XRD, dielectrics, microstructures, and piezoelectric properties of ($0.65BF_{1.05}$-0.35BT) were evaluated. A prominent enhancement in remnant polarization (P_r) and coercive field (E_c) were obtained. X-rays diffraction revealed a single perovskite structure with pseudo-cubic symmetry. Typical ferroelectric behaviors were obtained, while unipolar and bipolar strains were enhanced with increasing sintering time. The dynamic and static piezoelectric constants (d^*_{33} and d_{33}) were 340 pm/V and 171 pC/N, respectively, at a field of 5kV/cm with curie temperature (T_C) = 427°C.

G1-8 PFM Study with Band Excitation Technique in the Model System with Low Piezoresponse

낮은 압전 신호를 가지는 모델 시스템에서의 band excitation 기술 기반 PFM 연구

강승훈[1]*, 전세라[2], 김세라[1], 설대희[1], 양희준[1], 이재광[2], 김윤석[1]. [1]*성균관대학교*, [2]*부산대학교*

Piezoelectric materials have been studied due to various functionalities resulting from its unique characteristics. In particular, among piezoelectric materials, ferroelectric materials have been actively studied because they have been used as electronic components such as multi-layer ceramic capacitor (MLCC). Piezoresponse force microscopy (PFM) has been emerged as a very powerful tool for uncovering piezoelectric and ferroelectric properties at the nanoscale. However, the lock-in technique based PFM has a problem of low signal-to-noise ratio (SNR). Furthermore, there has recently been reported that the

PFM signal can result from the non-piezoelectric effects. Therefore, to evaluate the accurate piezoelectricity in PFM, it is important to devise a method to measure high SNR and to distinguish the piezoresponse signal from other artifacts. Here, we introduce the band excitation (BE) technique based PFM that has high SNR, and also proposes a method for identifying other artifacts from PFM signal. To identify the low noise level of the BE technique, we developed a corrugated $MoTe_2$ material with low piezoresponse as a model system. Since the BE technique was confirmed to have a low noise level of about 1 pm, distinguishing pure piezoresponse signals from PFM signals can be more meaningful. We analyzed the effects of artifact signals from PFM signals measured at the corrugated $MoTe_2$. These findings can provide useful information for applying the PFM method to piezoelectric and ferroelectric devices.

G1-9 Structures and Piezoelectric Properties of Cubic-based Polymorphic Phase Boundary in (1-y)($Na_{0.5}K_{0.5}$)($Nb_{1-x}Sb_x$)-y$CaTiO_3$ Ceramics

(1-y) ($Na_{0.5}K_{0.5}$) ($Nb_{1-x}Sb_x$) -y$CaTiO_3$ 세라믹의 큐빅구조 기반 상 경계에서의 구조 및 압전 특성

김인수*, 이태곤, 남산. *고려대학교*

The crystal structure and piezoelectric properties of the CuO-added (1-y)($Na_{0.5}K_{0.5}$)($Nb_{1-x}Sb_x$)-y$CaTiO_3$ (CNKNS-CT) ceramics were investigated. The CNKNS-CT ceramics exhibited various cubic-based polymorphic-phase-boundary; orthorhombic-tetragonal-cubic, and tetragonal-cubic PPB structures. The crystal structure of the specimens near Curie temperature is a mixture of *Pm3m* cubic and *P4mm* tetragonal structures and these ceramics showed ferroelectric properties. A schematic phase diagram of these ceramics has been suggested. All the specimens are expected to have positive fatigue properties. In particular, the specimen with x=0.04 and y=0.045, which has a tetragonal-cubic PPB structure with a large portion of tetragonal structure, has a high d_{33} of 338 pC/N and a large strain of 0.17% at 4.5kV/mm. This specimen has a high d_{33} value of 300 pC/N and strain of approximately 0.12% were obtained at 175°C, indicating that this specimen is a good candidate for use as a piezoelectric multilayer actuator.

G1-11 Growth of Lead-free Piezoelectric Single Crystals by Solid State Crystal Growth and Their Electrical Properties

J.G. Fisher[1*], LE GIA PHAN[1], 맹몽[1], Pham Thuy Linh[1], Uwiragiye Eugenie[1], Dang Thanh Nguyen[1], 이종숙[1], 김황필[2], 조욱[2], Byoung-Wan Lee[3], Jaehyeon Ko[3]. *[1]Chonnam National University, [2]울산과학기술원 (UNIST), [3]Hallym University*

Single crystals of lead-free piezoelectric materials have received a great deal of study because their piezoelectric properties are superior to those of the corresponding polycrystalline ceramics. Single crystals are usually grown by flux-based methods such as flux growth, Bridgman growth or top seeded solution growth. These methods require specialized furnaces or expensive Pt crucibles, and are also not suitable for growing single crystals of complex composition. In this presentation, the growth of ($K_{0.5}Na_{0.5}$)NbO_3 and ($Na_{0.5}Bi_{0.5}$)TiO_3-based single crystals by solid state crystal growth will be described. In this method a seed crystal is buried in a ceramic powder of the composition to be grown, pressed into a pellet and sintered. A single crystal of the ceramic grows on the seed crystal via abnormal grain growth. Single crystals of 0.96($K_{0.48}Na_{0.52}$)($Nb_{0.95}Sb_{0.05}$)O_3-0.04$Bi_{0.5}$-($Na_{0.82}K_{0.18}$)$_{0.5}ZrO_3$, 0.95($K_{0.5}Na_{0.5}$)NbO_3-0.05($Bi_{0.5}Na_{0.5}$)($Zr_{0.85}Sn_{0.15}$)O_3, 0.75($Na_{0.5}Bi_{0.5}$)TiO_3-0.25$SrTiO_3$ and 0.75($Na_{0.5}Bi_{0.5}$)TiO_3-0.25($Sr_{0.7}Ca_{0.3}$)-TiO_3 have been grown in our laboratory. The dielectric, ferroelectric and piezoelectric properties of single crystals of selected compositions have been measured.

G1-12 Effects of Thermal Process on Piezoelectric Properties of Bismuth Ferrite-based Ceramics

$BiFeO_3$계 세라믹의 압전 특성에 대한 열처리 공정의 영향

살만 알리 칸*, Tauseef Ahmed, AKRAM FAZLI, Jihee Bae, Soo Yong Choi, Tae Kwon Song, Myong-Ho Kim, Soonil Lee. *Changwon National University*

Different thermal process effects on the ferroelectrics and piezoelectric properties of lead-free 0.65$Bi_{1.05}FeO_3$–0.35$BaTiO_3$ (BF35BT) ceramics were studied by a solid-state reaction method. The crystal structure and microstructure of BF35BT ceramics were examined as a function of calcination dwell-time, C_d (2 h ≤ C_d ≤ 8 h). By varying C_d, there is no significant impact on the phase structure of the BF35BT piezoceramics. Scanning electron microscope (SEM) micrographs revealed that the average grain size of the BF35BT ceramics increased with increasing C_d. Moreover, well-saturated ferroelectric (*P–E*) hysteresis loops with definite remnant polarization (P_r) and coercive field (E_c) were observed for the selected dwell-time range (C_d = 2 h-8 h). At the optimum C_d (4 h) condition, high static piezoelectric coefficient (d_{33}) of 200 pC/N and dynamic piezoelectric coefficient (d^*_{33}) of 411pm/V combined with high maximum temperature (T_m ≤ 400°C) were obtained. These investigated results suggest that BF35BT ceramics were very sensitive to C_d for sensor and actuator applications.

G1-13 The Optimal Design of a Flexible Piezoelectric Module Structure based on a Lead-free Piezoceramic Nanofiber

무연 압전 세라믹 나노섬유 기반의 유연 압전 모듈 구조 최적 설계

지상현[1*], 이우영[2], 윤지선[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교*

A flexible piezoelectric module structure based on a lead-free piezoceramic nanofiber was experimentally optimized according to the electrode structure and the module array arrangement. Lead-free piezoceramic nanofibers prepared by an electrospinning process were modularized by laminating upper and lower electrodes using a warm isostatic press process. The flexible piezoelectric single modules with different electrode types, electrode widths and electrode intervals were tested according to the oscillation frequency and the bending motion. The electrode structure was optimized to an interdigitated electrode structure with an electrode width of 0.10 mm and an electrode interval of 0.20 mm. Flexible piezoelectric dual modules were arrayed along the x- or z-axis and connected in serial or in parallel. The capabilities of energy harvester and structural health monitoring sensor were tested for several simulated situations, and the flexible dual module with x-axis array and serial connection showed the best piezoelectric performance.

G1-14 High Piezoelectric Properties of Lead-free Thick-films and Their Application to Alternative Multilayer Actuator
비연계 후막의 높은 압전 특성 및 멀티레이어 액추에이터
채석준[1*], 이태곤[1], 남산[2]. [1]*KUKIST융합대학원,* [2]*고려대학교*
CuO-added 0.97($Li_{0.04}Na_{0.46}K_{0.5}$)($Nb_{0.89}Sb_{0.11}$)$O_3-0.03CaZrO_3$ (CLNKNS-CZ) thick-films synthesized at 1060°C exhibit a dense microstructure comprising abnormally grown large grains and small grains. They have an orthorhombic-tetragonal polymorphic phase boundary structure and exhibit good piezoelectric properties: d_{33}=488 pC/N and k_p=0.45. They have a large electric-field induced strain (0.16% at 4.0 kV/mm) which was maintained at 100°C, whereas the strain decreased slightly to 0.15% at 150°C. Moreover, a large strain was maintained after 10^6 electric-field cycles with a maximum electric field of 1.0 kV/mm. Hence, CLNKNS-CZ thick-films show thermally stable strain with good fatigue properties fabricated multilayer ceramics comprising five layers of CLNKNS-CZ thick-films and 70Ag-30Pd electrodes with sharp interfaces between ceramic layers and electrodes. Cantilever-type CLNKNS-CZ actuators showed a large displacement (2.5 mm) and acceleration (33.4 G) at 25 V, and similar results were obtained via simulation. Moreover, the actuating properties of CLNKNS-CZ actuators are comparable to those of PZT-PZNN actuators

G1-15 Electrical Properties of Nitrogen doped Al_2O_3 Films based on Atomic Layer Deposition
원자층 증착법을 이용한 질소 도핑된 알류미늄 박막의 전기적 특성 연구
김민재*, 강경문, Yue Wang, 이찬, 박형호. *연세대학교*
High-k oxide materials for gate insulators for semiconductor power devices as well as chip metal-insulator-metal capacitance require significant properties such as low leakage current density, high breakdown voltage, and high capacitance density. Among the high-k oxides, Al_2O_3 is one of the most promising candidates as high-k oxide materials owing to its high permittivity (~9), almost 2 times higher than commercially available SiO_2 (~4), excellent thermal stability and wide energy bandgap (8.3 eV). However, the interface between Si and Al_2O_3 generates ion diffusion and electron trapping resulted in the formation of higher leakage current than thermal oxide films. Al_2O_3 film inherently have O-related defects such as oxygen defects and nitrogen has been known as an effective dopant for Al_2O_3.

The present study focused on the electrical resistivity of N-doped Al_2O_3 film by atomic layer deposition varying the deposition temperature from 55 to 170°C. Minimum leakage current (5×10^{-10} A/cm^2) was obtained with N-doped Al_2O_3 film deposited at 170°C and post-annealed at 400°C: decrease by 10 times through N-doping. This phenomenon can be explained that N-doping decreases defects and reduce the number of traps.
Acknowledgement: This material is based upon work supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) under Industrial Strategic Technology Development Program. No. 10068075, “Development of Mott-transition based forming-less non-volatile resistive switching memory & array”.

G1-16 Improvement of Conductance Modulation Linearity in Cu-doped $KNbO_3$ Memristor for Neuromorphic Computing System
뉴로모픽 컴퓨팅 적용을 위한 Cu 도핑에 따른 $KNbO_3$ 멤리스터의 컨덕턴스 변화 선형성 향상
박성민*, 남산. *고려대학교*
The Pt/$KNbO_3$/TiN/Si (KN) memristor, which exhibits various synaptic properties, displays a nonlinear conductance modulation with the application of identical pulses, indicating that it should be improved for the application to the neuromorphic computing system. The growth/dissolution of filament in KN memristor is controlled by two growth mechanisms with different growth rate; redox process with abrupt growth and oxygen vacancy diffusion process with moderate growth. Therefore, the conductance modulation linearity can be improved if the growth/dissolution of filament is controlled by one mechanism. The growth of the filament in the Cu-doped KN memristor was mainly influenced by the redox process of oxygen vacancies because the number of oxygen vacancies increased in the KN film through the doping of Cu ions. Therefore, the Cu-doped KN memristor exhibited the improved conductance modulation linearity, confirming that the conductance modulation linearity can be improved by increasing the number of oxygen vacancies in the memristor.

G1-17 Conductance Modulation and Synaptic Plasticity in Ta_2O_5 Cross-point Memristor
산화 탄탈륨 멤리스터의 전도도 변화 및 시냅스 가소성 특성
황현규*, 우종운, 박성민, 남산. *고려대학교*
An artificial synapse, which can perform both learning and memory properties, has been implemented in a Ta_2O_5 cross-point memristor. The Ta_2O_5 memristor showed the nonlinear transmission behavior of the biological synapse worked by the movement of oxygen vacancies. Moreover, the Ta_2O_5 memristor can emulate various synaptic plasticity properties including short–term plasticity, long–term plasticity, and spike–rate–dependent plasticity controlled by the number and rate of the potentiation spike. Spike–timing–dependent plasticity, which is an essential property of the biological synapse, is also implemented in this memristor by using the proper pre– and post–synaptic spikes. To achieve further structural study, same neuromorphic properties were observed in a 2×8 Ta_2O_5 cross-point array and compared with the results of 1×8 cross-point array. These results can assist realization of neuromorphic computation.

G1-18 High-output Magneto-mechano-triboelectric Generator for IoT Applications
고성능 자기-전기-마찰전기 하베스터 구현 및 이를 활용한 IoT 응용
황건태[1*], 민유호[1], 김종우[1], 안철우[1], 최종진[1], 한병동[1], 최준환[1], 윤운하[1], 박동수[1], 류정호[2]. [1]*재료연구소,* [2]*영남대학교*
A high-output magneto-mechano-triboelectric nanogenerator (MMTEG) was demonstrated by introducing accelerated water-soluble nano-bullet modified nanostructures to convert a gentle magnetic field into electric energy for powering indoor wireless positioning system. NaCl salt nanoparticles were accelerated by aerosol deposition (AD) process to collide on a perfluoroalkoxy (PFA) film with a high kinetic energy for the formation of a complicated nanomorphology on the triboelectric active surface. Under an alternating current (AC) magnetic field of 7 Oe, the MMTEG generated an open-circuit peak-to-peak voltage (Vpp) and a short-circuit current of 701 V and 273

μA, respectively. The harvesting device also presented a maximum peak power of 18.1 mW as well as continuous AC output power of 4.4 mW (4.4 mJ per second). A self-powered indoor IoT positioning system was constructed by integrating the MMTEG, a power managing circuit, a storage element, and an IoT Bluetooth beacon. The electric energy from the MMTEG device enabled continuous operation of a beacon device, and we successfully confirmed the accurate location of the installed wireless positioning system, subsequently resulting in transmission of our indoor position to the main monitoring computer. Lastly, the MMTEG generated an open-circuit Vpp and a short-circuit current of 330 V and 23 μA, respectively, near a 60 Hz power cable connected to home appliances, which were large enough to turn on 108 blue light emitting diodes (LED).

G1-19 Hierarchical Nano-Heterostructure of $BiVO_4$/Branched WO_3 Nanorods for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting
WO_3/$BiVO_4$ 이종 나노 계층구조를 이용한 광전기화학적 물 분해

김재혁*, 김도홍, 윤지원, 이종흔. *고려대학교*

Designing heterostructure between $BiVO_4$ and WO_3 is a promising strategy to produce high performance photoanode. In this study, highly crystalline branched WO_3 nanorods decorated with $BiVO_4$ nanoparticles were prepared by all-solution processes. The WO_3 nanobranches were grown epitaxially via two-step hydrothermal method, and $BiVO_4$ nanoparticles were formed by sequent electro-deposition. In comparison to bare WO_3 nanords counterpart which showed 0.64 mA/cm^2 at 1.23 V vs. RHE, the branched WO_3 nanorods presented enlarged surface area and improved light trapping properties endowing photocurrent of 0.85 mA/cm^2 at 1.23 V vs. RHE. Furthermore, decoration with $BiVO_4$ nanoparticles enables significant improvement of photocurrent around 3.87 mA/cm^2 at 1.23 V vs. RHE. This enhancement is resulted from the improved light harvesting and charge separation efficiency due to formation of type II heterojunction between WO_3 and $BiVO_4$. This rational design of heterostructured photoanodes provides a facile, scalable, and cost-effective strategy to improve PEC performances.

G1-20 Low Temperature Synthesis of $Lu_3(Al,Ga)_5O_{12}:Ce^{3+},Cr^{3+}$ Powders by a Sol-gel Process and its Afterglow Luminescence Properties
졸-겔법에 의한 $Lu_3(Al,Ga)_5O_{12}:Ce^{3+},Cr^{3+}$ 형광체 분말의 저온 합성과 잔광 특성

김지원*, 김영진. *경기대학교*

긴 잔광 시간을 갖는 형광체는 주로 야광 소재로 사용되어 왔으나, 최근에는 광 저장 매체, 생체 의학, 에너지/환경공학 등으로 응용 분야가 넓어지고 있다. 따라서 이러한 잔광 특성에 적합한 모재와 활성제에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

Ce^{3+}가 도핑된 루테튬 알루미늄 가넷 ($Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$)은 백색 LED용 녹색 형광체로 널리 알려져 있으며, 낮은 열 소광과 높은 양자 효율 특성을 갖고 있다. 본 연구에서는 $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ 형광체의 Al^{3+} 자리에 Cr^{3+}과 Ga^{3+} 이온들을 치환하여 $Lu_3Al_{5-x}Ga_xO_{12}:Ce^{3+}$, Cr^{3+} 형광체 화합물을 졸-겔법과 고상법으로 합성하였다. 발광 스펙트럼 분석에 의하면 합성된 분말은 Ce^{3+}에 의한 녹색 영역에서의 발광 밴드가 관찰 되었으며, 여기 광원이 제거된 후에도 수십 분 이상의 잔광 특성이 유지되었다. 고상법에 비하여 졸-겔법으로는 저온에서 단일상의 분말 합성이 가능하였으며, 합성된 분말은 긴 잔광 특성을 보이고 있었다. Cr^{3+} 이온은 에너지 밴드 내부에서 전자 트랩 역할을 하여 활성제 Ce^{3+}에 의한 녹색 발광이 잔광 특성을 갖도록 하였으며, 이러한 트랩 특성은 Ga 양(x)에 의하여 영향을 받고 있었다. 또한, x의 변화에 의하여 발광 강도와 파장이 변화하였으며, 이는 Al^{3+}과 Ga^{3+} 이온의 서로 다른 이온 반경에 의한 Ce^{3+} 주변의 결정장 변화로 설명이 가능하였다.

G1-21 Enhanced Pinning Properties by Refining Gd_2O_3 Particles Trapped in the $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Films via RCE-DR

박인성[1*], 오원재[1], 이재훈[2], 문승현[2], 유상임[1]. *[1]서울대학교, [2](주)서남*

The pinning properties of $GdBa_2Cu_3O_{7-d}$ (GdBCO) coated conductors (CCs) fabricated by reactive co-evaporation by deposition and reaction (RCE-DR) should be further improved because in-field critical current densities (J_c) properties of GdBCO CCs are relatively lower than those of REBCO CCs produced by other processes such as metal-organic deposition (MOD), pulsed laser deposition (PLD), metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD). To improve in-field J_c of GdBCO CCs fabricated by the RCE-DR process, employing the nominal composition of Gd:Ba:Cu=1:1:2.5, we tried to refine the Gd_2O_3 particles trapped in the GdBCO superconducting matrix by controlling nucleation and growth rates of Gd_2O_3 in the liquid phase before crystallization of GdBCO. For this purpose, the processing conditions were carefully selected from the GdBCO stability phase diagram experimentally determined for the nominal composition of Gd:Ba:cu=1:1:2.5. By lowering the nucleation and growth temperature of Gd_2O_3 in the liquid from 860 to 800°C in the oxygen pressure of 20, 30 mTorr, the average particle size of Gd_2O_3 particles trapped in the GdBCO matrix could be refined from 137 ± 52 to 73 ± 31 nm, respectively. The pinning properties could be significantly improved by the refinement of Gd_2O_3 so that the refinement strategy might be applied to the RCE-DR process. Details will be presented for a discussion.

This work (Grants No.S2660496) was supported by project for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Ministry of SMEs and Startups in 2018.

G1-22 Effect of Post-annealing on the Microstructure and Pinning Properties of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Coated Conductors via RCE-DR
후열처리 공정이 RCE-DR 공정으로 제조된 GdBCO 초전도 선재의 미세구조와 피닝특성에 미치는 영향

오원재[1*], 박인성[1], 이재훈[2], 문승현[2], 정국채[3], 유상임[1]. *[1]서울대학교, [2](주)서남, [3]재료연구소*

We investigated the effect of post-annealing on the pinning properties of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (GdBCO) coated conductors (CCs) fabricated by the reactive co-evaporation deposition & reaction (RCE-DR) process. On the basis of the stability phase diagram of GdBCO, as-grown GdBCO CCs were post-annealed at the temperatures ranging from 450 to 750°C in various oxygen pressures. Interestingly, for the same PO_2 of 300 mTorr, the $GdBa_2Cu_4O_{16}$ (Gd124) phase was observable in the sample annealed at the temperatures lower than 600°C while the density of stacking faults (SFs) was decreased in the samples annealed at the higher temperatures of 650 and 750°C. The pinning properties of post-annealed GdBCO samples were sensitive to the annealing conditions, including oxygen pressure, temperatures, and time. In

comparison with as-grown sample, the minimum J_c values of samples annealed at 750°C in the PO_2 of 300 mTorr for 5 min are improved at relatively low temperatures in high field region, which is due to a significant reduction in the density of SFs. On the other hand, the GdBCO CCs annealed 500°C in the PO_2 of 300 mTorr for 1 h exhibit enhanced pinning properties at relatively high temperature in low field region, which is ascribed to the formation of Gd124 phase. It was found that the microstructure and superconducting properties of GdBCO CCs strongly depend on the post-annealing condition. Detailed relationship between microstructures and pinning properties will be presented for a discussion.

This work (Grants No. S2660496) was supported by project for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Ministry of SMEs and Startups in 2018.

G1-23 Engineering Nanoscale Doping Profiles of Vanadium Dioxide Thin Films for Developing High-performance Temperature Sensors

고성능 온도 센서 개발을 위한 이산화바나듐 박막의 나노 스케일 도핑 엔지니어링

양하늘*, 이서윤. *숙명여자대학교*

The metal-insulator transition (MIT) of vanadium dioxide (VO_2) leads to dramatic changes near room temperature about 67°C. This intriguing phenomenon has attracted great attention for realizing various applications such as electrical switching devices, power limiters, optical filters based on sharp transition. However, the wide MIT regime would be necessary for expanding scope of applications including sensors.

Cation doping is one of simple ways to tune the MIT temperature, T_{MIT}. Especially, W^{6+} is known as the most effective dopant to lower T_{MIT}. As increasing the W doping concentrations of a VO_2 thin film, its T_{MIT} is slowly reduced while its transition range is still narrow. On the contrary, via the gradual W-doping in VO_2 films, broad range of temperature response can be achieved. In this presentation, we will report distinct characteristics of gradually W-doped VO_2 thin films from their counterparts, uniformly-doped films.

G1-24 Highly Sensitive and Selective Detection of Isoprene and Acetone for Breath-Analyzer Applications

호기 분석기기 적용을 위한 이소프렌과 아세톤의 고감도 및 선택적 검지

이현숙*, 이준호, 장연지, 정회봉, 이우영. *연세대학교*

Breath analysis can constitute another potentially useful biomarker for health and disease, and can be widely applied in non-invasive diagnostic and screening areas of modern medicine. Human breath contains more than 200 kinds of endogenous volatile organic compounds (VOCs). Among the breath VOCs, the amount of isoprene can be an indication of synthesized cholesterol, and its concentration corresponds to the action of cholesterol, which produces enzymes in the human body. Breath acetone is related to diabetes, fasting, fat metabolism, and numerous other diseases. The concentration of isoprene and acetone in exhaled breath is in the range of 22–234 ppb and 0.3–4.0 ppm in healthy adults, respectively. However, there is still a need to develop a portable device that can detect isoprene and acetone sensitively and selectively in human breath.

Here, we report the sensing performance of ZnO- and In_2O_3-based sensors integrated into our portable breath analyzer for the detection of isoprene and acetone. To improve the sensitivity of the sensor, we doped ZnO nanoparticles with Al and In elements and loaded Au, Pt, and Pd catalysts on the In_2O_3 film surface. We tested the isoprene and acetone selectivity of our device for other interfering gases in the actual exhaled breath obtained from several people. Accordingly, our results demonstrate that the mini-GC device integrated with the ZnO- and In_2O_3-based sensors can be utilized to rapidly and accurately detect isoprene and acetone in breath.

G1-25 Atomically Dispersed Noble Metal Atoms-anchored Carbon Nitride: Dual Sensitization of Metal Oxide Nanofibers for Enhanced Gas Sensing

단일원자 촉매가 결착된 카본 나이트라이드: 고감도/고선택성 가스센서를 위한 금속산화물 속 이종촉매로써의 활용 연구

신하민*, 김동하, 장지수, 조수호, 김일두. *KAIST*

Reduction in the size of catalysts is one of the key aspects in designing a catalysed system with maximum efficiency. Sensitisation of metal oxides with noble metal single atoms is hence of great interest in various fields of supported catalysis. With this respect, we employed melamine-derived carbon nitride (MCN)-loaded with uniformly distributed Pt single atoms anchored on its surface as a dual catalyst on tin oxide nanofibers (NFs). The Pt single atoms-loaded MCN (Pt-MCN) were mixed into electrospinning solutions in different ratios, followed by electrospinning and calcination to form SnO_2 NFs with different Pt-MCN contents. TEM images and XAS analysis confirms the stability of carbon nitride and the Pt single atoms even after the heat treatment, hence proving that carbon nitride can be used for excellent single atom catalysts delivery. Pt-MCN-loaded SnO_2 NFs show a tremendously enhanced sensitivity and selectivity toward <5 ppm level of formaldehyde compared to those of pristine SnO_2 and Pt salt-loaded SnO_2. TGA analysis of MCN in air shows that it is thermally stable up to 550°C, and thus, MCN can survive through the NFs calcination process and also stably delivers Pt single atom catalysts. Therefore, the superior enhancement in the sensing property of Pt-MCN-loaded SnO_2 NFs can be attributed to the formation of the p-n junction between the p-type MCN and the n-type SnO_2, as well as the catalytic effects of the Pt single atoms and the minor morphological control effects.

G1-26 A Novel Design for Tuning Gas Selectivity and Response of Oxide Chemiresistors: Bilayer Design Consisting of Metal Oxide Sensing Layer and Au Nanoparticle Catalytic Overlayer

산화물가스센서의 선택성과 감도조절을 위한 센서 설계: 산화물반도체 감지층과 금(Au) 나노촉매 overlayer로 이루어진 이중층 구조

문영국*, 정성용, 강윤찬, 이종흔. *고려대학교*

Remarkable efforts have been devoted to enhancing gas sensing performance of oxide semiconductor chemiresistors by loading/doping noble metals or oxide catalysts. However, the selective detection of various chemicals for a wide range of new applications remains a challenging problem. In this paper, we propose a novel bilayer sensor design with an oxide sensing layer and Au nanoparticle

catalytic overlayer to provide high controllability for gas sensing characteristics. The Au nanoparticle overlayer significantly enhances the methylbenzene response of a SnO_2 thick film sensor by reforming gases into more reactive species and suppresses the responses to reactive interference gases through oxidative filtering. Gas sensing characteristics can be tuned by controlling the morphology, amount, and number density of Au nanoparticles through the variation in the Au coating thickness (0.5–3 nm) and thermal annealing conditions (0.5–4 h at 550°C). Moreover, from the increase of selectivity to methylbenzene by coating of Au nanoparticles onto ZnO and Co_3O_4 thick film, the general validity of Au nanoparticle overlayer was reconfirmed. The sensing mechanism, advantages, and potential applications of bilayer sensors are discussed from the perspective of the separation of sensing and catalytic reactions, as well as the reforming and oxidation of analyte gases in association with the configuration of the sensing layer and Au catalytic overlayer.

G1-27 Dual Gas Sensor for Highly Sensitive and Selective Detection of p-xylene and Toluene using Nb doped NiO Hollow Spheres

Nb가 도핑된 NiO 중공구조를 이용한 고감도, 고선택적 자일렌 및 톨루엔 검지 듀얼 센서

김태형*, 정성용, 문영국, 이종흔. *고려대학교*

A single gas sensor with dual functionality for highly sensitive and selective detection of *p*-xylene and toluene was designed using NiO hollow spheres doped with Nb. The pure and Nb-doped NiO hollow spheres were prepared by ultrasonic spray pyrolysis and subsequent heat treatment at 500°C for 2 h. The pure NiO sensor showed negligibly low gas responses to all analyte gases. In contrast, the high-concentration Nb-doped NiO sensor ([Nb]/[Ni] = 0.1) exhibited ultrahigh responses to *p*-xylene and toluene with negligibly low cross-responses to 5 ppm ethanol, formaldehyde, carbon monoxide, and benzene. In addition, the sensor showed excellent dual sensing properties to selectively detect *p*-xylene at 350°C and toluene at 400°C. The significant improvement of the response and selectivity for *p*-xylene and toluene can be explained by the high gas accessibility of hollow spheres, the Nb-doping-induced decrease in the charge carrier concentration, and the catalytic promotion of gas reforming reaction of less reactive xylene and toluene into more active species. Moreover, the dual sensing characteristics to *p*-xylene and toluene could be achieved by controlling the oxidative filtering of interference gases and the reforming of analyte gases depending on the film thickness and operating temperature.

G1-28 Humidity-Independent Detection of Acetone Using Pr-Doped In_2O_3 Macroporous Spheres

김준식*. *고려대학교*

Acetone sensing characteristics of macroporous In_2O_3 and Praseodymium (Pr)-doped In_2O_3 spheres in dry and humid atmosphere were investigated. Pure In_2O_3 sensors show substantial differences in the resistance in air (R_{air}) and responses to acetone ($S = R_{air}/R_{acetone}$) depending on the atmospheric condition (dry and humid conditions) which is called water-poisoning effect. In contrast, the Pr-doped In_2O_3 sensors show similar acetone responses and sensor resistances in dry and humid (relative humidity = 20-80%) conditions at 450°C. Spectroscopic studies including XPS and DRIFT analysis were conducted to reveal the humidity independent sensing mechanism of Pr-doped In_2O_3 gas sensors and found out that facile redox reactions of Pr^{3+}/Pr^{4+} pairs can scavenge surface hydroxyl groups and regenerate adsorbed oxygen that is reverse reaction of water poisoning effect. This result confirms that multivalent lanthanide elements can be applied as hydroxyl scavengers to humidity independent metal oxide gas sensors.

G1-29 Low Temperature Sintering of High Quality ZTA

고강도/고열전도도 ZTA 저온 소결용 저가 신공정 기술

성웅경[1*], 안철우[1], 조영래[2], 한병동[1], 최준환[1], 최종진[1], 황건태[1], 민유호[1],안병민[2]. [1]*재료연구소*, [2]*부산대학교*

급속한 전자산업의 발전에 따른 전자부품의 소형화 및 다기능화 추세에 따라, 세라믹방열 기판의 성능이 매우 중요시되고 있다. 이와 같은 이유로, 효과적인 열 방출을 위해, 우수한 방열 특성을 보이는 소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재, 알루미나는 우수한 가격 경쟁력으로 인해, 방열 세라믹 기판에서 아주 높은 시장 점유율을 보이고 있다. 그러나, 질화물 소재들에 비해 상대적으로 낮은 열전도도 및 굴곡강도를 보여, 점차 점유율이 줄어들고 있는 추세다. 결국, 알루미나의 경쟁력 강화를 위해서, 알루미나 소재의 개선이 필요한 시점이다. 알루미나 소재의 경우, 열전도도의 향상은 어렵지만, 굴곡강도의 향상은 꾸준히 진행되어 왔다. 특히, 알루미나와 지르코니아의 복합체인 ZTA(Zirconia-toughened alumina)가 높은 열전도율과 높은 강도를 보여, 방열 세라믹 기판 후보 소재로 대두되고 있다. 그러나, ZTA는 높은 열전도도를 유지시키는 경우(thermal ZTA, T-ZTA), 고강도용으로 제조되는 ZTA에 비해 굴곡강도가 다소 낮은 문제점이 있다. 따라서, 미세구조의 조절을 통해 T-ZTA의 열전도도는 유지하면서, 굴곡강도는 향상 시킨 ZTA 신소재의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 T-ZTA의 미세구조를 조절할 수 있는 저가 신 공정 기술로 열전도도는(22.8 W/mK) 유지되면서 우수한 굴곡강도를(626 MPa) 보이는 ZTA 신소재를 개발하였다. 뿐만 아니라, 소결온도를 1450°C로 낮추어, 제조 공정 비용에서도 장점을 보이도록 하였다.

G1-30 Effect of Nb_2O_5 Addition on Microstructure and Thermal-and-Mechanical Properties in ZTA Ceramics Sintered at Low Temperature

Nb_2O_5의 첨가가 Al_2O_3와 ZTA의 소결 온도와 미세구조에 미치는 영향

안병민[1*], 성웅경[1], 안철우[1], 민유호[1], 최종진[1], 최준환[1], 한병동[1], 황건태[1]. [1]*부산대학교*, [2]*재료연구소*

세라믹 방열 기판 소재 시장에서 알루미나는 뛰어난 굴곡 강도 및 열전도도와 저렴한 가격을 바탕으로 가장 널리 사용되고 있다. 최근, 전자산업의 급격한 발전과 함께 전자부품의 소형화 및 집적화 추세에 따라, 높은 방열 특성을 갖는 세라믹 방열 기판 소재의 필요성이 대두되었다. 그로인해, 알루미나보다 높은 굴곡 강도 및 열전도도를 갖는 고가 질화물 소재의 점유율이 점차적으로 늘어가고 있다. 그러나, 현재 질화물 소재의 사용처는 소재 가격으로 인해 고가 부품들에 한정되고 있으며, 일반적인 저가 부품에서는 아직도 알루미나가 사용되고 있는 실정이다. 방열 소재 연구는 최근 대두된 고열전도성 고가 질화물 소재의 저가화 연구뿐만 아니라, 알루미나 소재의 특성 및 공정 개선 연구 또한 꾸준히 진행되어 왔다. 그 대표적인 예로, 지르코니아와의 복합화(ZTA, Zirconia Toughened Alumina)를 통한 알루미나의 굴곡 강도 향상 연구와 알루미나의 저온 소결

을 통한 가격 경쟁력의 추가 향상 연구를 들 수 있다. 알루미나의 저온 소결 연구의 경우, Nb_2O_5를 첨가하면 1450ºC에서 2–8 μm 크기의 입성장은 가능하나, 소결 시편의 밀도가 3.65 g/cm^{3}로 (이론 밀도 대비 91%) 비교적 낮다고 알려져 있다. 본 연구에서는, 분말 입자 크기를 조절한 Nb_2O_5 분말을 첨가제로 사용할 경우, 1400–1450ºC에서 소결한 시편에서 3.97 g/cm^3 이상의 높은 밀도(>99%)와 1–30 μm 크기의 입성장을 보임을 확인하였다. 뿐만 아니라, 미량의 YSZ를 추가로 첨가하여, 1400ºC에서 소결한 시편에서 385 MPa의 우수한 굴곡 강도와 34.1 W/mK의 열전도도를 보이는 알루미나 신소재를 개발하였다.

G2-1 New Design of High-Temperature Selective Emitters for SolarThermoPhotoVoltaics

태양열광전지에 쓰이는 고온 선택적 열발광물질의 새로운 설계

전나리*. *충남대학교*

A key idea behind SolarThermoPhotoVoltaics (STPV) is to reshape the sunlight spectrum in a way that can maximize an energy covernsion efficiency of a given photovoltaic system. We introduce a new design to tailor a thermal emission spectrum for STPV that utilizes a critical coupling between resosnant absorption in a weakly-absorbing layer and resosnant reflection in dielectric multilayers. A virtual screening approach is used to find several promising structures that exhibit ideal, step-function like thermal emission spectra among three-millions of search space. We propose a thin film of Titanium Aluminum Nitride (TiAlN) as a promising material for the weak absorber layer thanks to its outstanding thermal stability and optoelectronic tunability.

G2-2 Oxide-derived Nanoporous In-Sn Catalysts for Electrochemical Carbon Dioxide Reduction

산화물 기반 나노 다공성 In-Sn 전기화학적 이산화탄소 환원 촉매

동완재*. *포항공과대학교*

Despite nanostructured metal catalysts to convert CO_2 to formate have been extensively studied over decades, many problems such as durability, lifetime, and difficulty in controlling the morphology of nanostructures are still remained. Here, we report a simple method to fabricate nanoporous In-Sn alloy, a network of nanopores, induced by electrochemical reduction of indium tin oxide nanobranches (ITO BRs). During the reduction process, strong local electric field concentrates at the tip of ITO BRs, leading to nanoporous In-Sn catalysts. The nanopore size of In-Sn catalysts could be controlled from 1176 nm to 65 nm by tuning the applied potential and the time. As a result, formate faradaic efficiency improved from 42.4 to 78.6%. Also, current density increased from -6.6 to -9.6 mA/cm^2 at -1.2 V_{RHE}. No detachment of catalysts from the substrate was observed even after long-term (12 h) electrochemical CO_2 reduction reaction. This work provides a design rule to fabricate highly efficient and stable oxide-derived electrocatalysts.

G2-3 Electrocatalytic Conversion of CO_2 to Hydrocarbons Catalysed by Molecular Cu-Complex Immobilised on Graphitised Mesoporous Carbon

Mani Balamurugan*, 남기태. *Seoul National University*

Selective electrochemical conversion of CO_2 to hydrocarbons in aqueous media is really challenging because of the multiple proton coupled electron transfer processes. Also, C1 product is more favourable compared to the C2-Cn products and C-C coupling is disfavoured by many factors. To date, copper is the ideal metal choice which favours the C-C coupling and hydrocarbons production from CO_2. Interestingly, the reaction surface drastically alters the selectivity for CH_4 and C_2H_4 (10% to 60%) because of the distance between two Cu center play crucial roles in determining the selectivity. In this study, copper molecular complex have been immobilised on mesoporous carbon to control the distance between the copper center and achieved up to 42% FE for ethylene production and more than 65% of total hydrocarbons from CO_2. The nature of the carbon, role of porosity, local pH and nuclearity of the molecular system on the product selectivity will be discussed.

G2-4 Development of 3D Printed Nickel Precursor Ink for IoT Device Fabrication

사물 인터넷 소자 제작을 위한 3D 프린팅 니켈 전구체 잉크 개발

장성완*, 박수진, 배창준. *재료연구소*

인쇄 전자(Printed Electronics)는 얇고 작은 플렉시블 전자회로를 경제적으로 제작 가능하여 플렉시블 디스플레이 또는 스마트 레이블(Smart labels) 등의 적용으로 인해 사물 인터넷 시장에서 각광받고 있다. 최근에는 고집적 3차원 전자소자 제작을 위해 압출형 세라믹 3D 프린팅 기술과 은 및 구리 기반 전구체 잉크 연구가 진행중이나 가혹한 구동 환경에서 부식 발생으로 인해 안정적인 소자 구동에 위협이 되고 있다. 본 연구에서는 부식 방지에 탁월한 니켈 기반 전자회로 제작을 위해 니켈 전구체 잉크의 용해도 및 환원성에 대한 연구를 진행하였다. 용해도 향상을 위한 polydentate 유기 리간드 적용 및 상온 보관 및 환원성 향상을 위해 Polyol process가 적용하였으며 니켈 전구체 잉크 특성, 환원 메커니즘 및 3D 프린팅 기술을 활용하여 니켈 기반 마이크로 소자 제작 가능성을 보고할 예정이다.

G2-5 Oxygen-Octahedron Perturbation via Surface Ion Exchange in Perovskite Nickelates to Enhance Oxygen Evolution

페롭스카이트 니켈산화물에서 표면 이온 교환을 통한 산소 팔면체의 구조 변화 및 촉매 활성 향상

박주미*, 정성윤. *KAIST (한국과학기술원)*

As metal-oxygen octahedra in ABO_3-type perovskite oxides are regarded as active sites for notable oxygen electrocatalysis, many studies dealing with various transition metals and their combination on the *B* site as well as influence of oxygen vacancies have been carried out to seek higher catalytic activity. In contrast to a substantial amount of research on the different composition and its impact on the overall catalytic performance, the structural correlation of oxygen octahedra with the electrocatalysis property in perovskites has been overlooked, resulting in lack of understanding the effect of structure variation. By utilizing epitaxial $LnNiO_3$ (*Ln* = La, Pr, Nd) thin films, we demonstrate that order-different high catalytic activities for oxygen evolution reaction (OER) can be achieved by electrochemical Fe exchange selectively in the surface region. In addition, we directly identify that strong distortion of oxygen octahedra is induced during the Fe exchange and this structural perturbation correlates with the high density of Ni/Fe 3*d* and O 2*p* states near the Fermi level for easier charge transfer. Showing notable structure-property relationship in oxygen electrocatalysis, the findings in this study emphasize that structural distortion can be an efficient approach toward the

exceptional OER activity that is not attainable by composition changes.

G2-6 Enhanced Interfacial Stability of Li_6PS_5Cl Argyrodite Electrolyte by Oxygen Substitution in Composite Cathode for All-solid-state Lithium-Ion Batteries

김규범*, 박찬휘, 김민희, 신동욱. *한양대학교*

Nowadays, all solid-state lithium ion batteries (ASSLIBs) have been attracted a lot of attention as a next generation power source because of their enhanced safety, high energy density and wide electrochemical window. However, sulfide based solid electrolytes have inferior chemical stability against active material in composite cathode because of the high reactivity with sulfur.

Argyrodite electrolyte, Li_6PS_5X (X = Cl, Br, I), is one of remarkable sulfides electrolytes, it has reported high lithium ion conductivity ($> 10^{-3}$ S/cm) at room temperature. In order to improve electrochemical performance of the all solid state batteries, solid electrolytes with high electrochemical stability required.

In this study, we focused on improving electrochemical stability of Li_6PS_5Cl solid electrolyte by oxygen substitution to sulfur. The strong correlation of O incorporation prevents decomposition in interface between electrolyte and cathode active material. To measure the electrochemical stability of each cell, electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) were conducted. As a result, $Li_6PS_{(5-x)}O_xCl$ solid electrolytes achieved the electrochemical stability in composite cathode.

Acknowledgements: This work was supported by the Dual Use Technology Program of the Institute of Civil Military Technology Cooperation granted financial resources from the Ministry of Trade, Industry & Energy and Defense Acquisition Program Administration (17-CM-EN-11).

G2-7 TiO_2 Nano-layer Surface Coating based on Polydopamine Pre-coating Process for $LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$ Cathode Material for Lithium-ion Batteries

$LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$ 리튬이온전지 양극 소재에 대한 폴리도파민 pre-coating 공정 기반 TiO_2 나노층 표면 코팅 기술

김형우[1*], 장지혜[2], 변동진[1], 김형석[2], 최원창[3]. *[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원, [3]건국대학교*

최근 청정 에너지에 대한 관심이 높아지면서 전기자동차, ESS 등의 수요가 증가함에 따라 높은 에너지밀도와 출력 특성 그리고 높은 안정성을 갖는 에너지저장장치, 즉 리튬이온전지가 요구되고 있다. 특히 전지의 에너지 밀도를 결정하는 양극 소재에는 기존 소형 전지에 적용되어온 $LiCoO_2$ 보다 높은 에너지 밀도와 안정성을 갖는 Ni-rich 층상 계 양극 소재가 활발하게 연구되고 있고, 연구자들은 Ni의 함량을 높여 높은 가역 용량을 얻는 데에는 성공하였다. 그러나, 산화물 내 Ni의 함량이 높을수록 전기화학 반응 시 소재는 불안정하게 되는데, 특히 충전 시 반응성이 큰 Ni^{4+}의 발생으로 전해질과의 산화 반응을 가속시켜 양극 표면에 전도성이 나쁜 부반응 물질을 형성하고, 사이클 중 전기화학 반응성이 없는 NiO의 암염층이 형성되는데 이는 리튬 이온 확산을 방해하여 전기화학적 성능을 크게 저하시킨다.

이런 문제를 해결하기 위해서는 전기화학적으로 안정한 물질로 입자 전체를 둘러싸는 균일한 표면 코팅 기술이 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 TiO_2 산화물 코팅층을 얻기에 앞서 폴리도파민(polydopamine)을 미리 코팅하여 양극 표면에 형성된 –OH 작용기를 통하여 Ti^{4+} 이온을 표면에 잡아두는 방식으로 $LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$ 양극 소재에 수 나노 두께의 균일한 TiO_2 코팅 층을 형성하였다. 본 발표에서는 이러한 방식을 통해 얻어진 코팅 층의 물성 분석 결과 및 양극 소재의 전기화학적 성능 향상에 대한 기여에 대하여 논의하고자 한다.

G2-8 3D Printing Technique for Developing Fast Charge, High Energy Densified Li-ion Battery Electrode

3D프린팅 기반 리튬이차전지의 급속충전/고에너지밀도 구현

박수진*, 배창준. *재료연구소*

Fast charge and high energy Li-ion batteries are required for various applications of electric vehicle and energy storage system, while commercialization of new active materials is delayed due to safety, performance and reliability issues. As an efficient route, designing structured battery electrode is strived to catalyze fast Li-ion diffusion and increase energy density. Here, 3D printing technique has been studied to fabricate structured battery electrodes, including fundamental studies of rheology, curing behaviors of printable LIB inks and electrochemical performances of 3D printed batteries developed with different printing conditions. Finally, high energy and power performances will be demonstrated along with fast lithium ion pathways in structured electrode fabricated by 3D printing technique.

G2-9 $TiO_{2-x}/TiO_{1-x}N_x$ as an Efficient Coating Layer for Silicon Nanoparticles in High Performance Li-ion Batteries

고성능 리튬이온배터리를 위한 $TiO_{2-x}/TiO_{1-x}N_x$이 코팅된 실리콘 나노입자 제조

왕성은[1,2*], 정남영[1,3], 김민지[4], 정대수[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교, [3]경상대학교, [4]부경대학교*

To improve the performance of Si anodes in LIB, a variety of Si nanostructures and composites are developed, which can effectively minimize the pulverization of Si. However, the fabrications require toxic reagents and advanced techniques which will lead to high costs. As a promising approach, surface coating with metal oxides is preferred to reduce unstable SEI layers and also improve the cycling stability. Herein, we report $TiO_{2-x}/TiO_{1-x}N_x$ for coating materials of Si. The $TiO_{1-x}N_x$ with rock-salt structure, which have much larger bulk modulus than TiO_2, can suppress the volume change and also have high electrical conductivity. Furthermore, lithiated TiO_{2-x} phase improves lithium ion conductivity of Si anode. It is suggested as a promising materials architecture for a high rate and long cycle life Li-ion battery.

This research was supported by the Inductrial Core Technology Development Program (10080656) and Nano-Convergence Foundation funded by the MSIT & MOTIE (R201900410).

G2-10 Electrochemical Characterization and Mechanistic Approach of Monoclinic $Fe_2(SO_4)_3$ for Na-ion batteries

소듐 이차전지용 양극소재 Monoclinic $Fe_2(SO_4)_3$의 전기화학적 특성평가 및 메커니즘적 접근

박현영*. *세종대학교*

In this study, monoclinic $Fe_2(SO_4)_3$ is introduced as a novel cathode material for Na-ion batteries. Structural information with possible Na^+ sites and diffusion pathways are verified through Rietveld refinement

and bond-valence sum energy mapping, based on X-ray diffraction analyses. Monoclinic $Fe_2(SO_4)_3$ exhibits excellent electrochemical performance, with the high redox potential of ~3.25 V (*vs*. Na^+/Na) and a specific capacity of ~120 mAh g^{-1} at C/10, corresponding to ~1.8 mol of Na^+ intercalation into the crystal structure. Furthermore, at the rate of 5C, ~76% of initial capacity is retained after 1000 cycles, with a high Coulombic efficiency of more than 99%. Through first-principles calculation and various X-ray based analytical techniques, it is confirmed that outstanding performances of monoclinic $Fe_2(SO_4)_3$ may be attributed to the low activation barrier energy and small volume change during cycling.

G2-11 Dissolution and Reprecipitation Process on the Sheet-type $Li[Ni_{0.6}Mn_{0.2}Co_{0.2}]O_2$ using Li_6PS_5Cl Solid Electrolyte with Super-P for All-solid-state Lithium-ion Batteries

시트 타입 전고체 전지에서 용해-재석출법을 이용하여 양극 활물질 NCM 622에 황화물계 고체 전해질(LI_6PS_5Cl)과 도전재(Super-P) 코팅

임승우*, 최선호, 안지유, 도지예, 신동욱. *한양대학교*

All-solid-state lithium ion batteries have advantages compared with LIBs using liquid electrolyte. Non-flammability and high energy density and high voltage are major characteristics. These properties should be prepared for next generation LIBs.

On the other hand, higher energy density requires the reduction of solid electrolyte content in the composite cathode. In this regard, it is difficult to prepare a cathode composite with a large contact area between the solid electrolyte and the active materials by a solid process of mixing the two powders. Argyrodite type crystals are promising excellent safety and electrochemical stabilities. For this reason, the electrolyte coating formed as a solid electrolyte layer by Dissolution-reprecipitation process and bring a large solid-solid contact area.

In this study, we prepared composite cathode using the Li_6PS_5Cl solid electrolyte coated on the NCM 622 via Dissolution-reprecipitation process. Especially, we developed technique for the formation of the homogeneous coating layer on the NCM 622 and Carbon coating process to ensure electric conductivity.

We conducted Impedance, XRD, FE-SEM, TEM(FIB), Line scanning, Particle size distribution and Rate test analyses.

Acknowledgements: This work was supported by the Dual Use Technology Program of the Institute of Civil Military Technology Cooperation granted financial resources from the Ministry of Trade, Industry & Energy and Defense Acquisition Program Administration (17-CM-EN-11).

G2-12 A New Layered-tpye Cathode with High Electrochemical Performances for Na-ion Batteries using First-principles Calculation

제일원리계산 기반 나트륨이차전지용 신규 고성능 층상계 양극활물질 개발

김종순*. *세종대학교*

Renewable energies play important roles in resolving recent environmental issues associated with global climate change. To date, lithium-ion batteries (LIBs) are the major power sources for portable electronics and are currently used to power vehicles and to store electricity generated from power plants and renewable energy sources. Although the merits of the current LIBs are undeniable, the depletion of lithium sources implies that alternatives to LIBs should be sought to help satisfy the rapidly growing public demand for rechargeable batteries. Because of the low cost and wide distribution of sodium resources, the interest in sodium-ion batteries (NIB) as a substitute for LIBs in particular energy storage applications has surged. Cathode materials for NIBs that are comparable to those of LIBs regarding capacity and retention have been recently investigated to many researchers in the world. [1-2]

We designed new cathode materials that can produce a reversible intercalation–deintercalation reaction and achieve superior sodium storage performance for the first time. First-principles calculation and X-ray diffraction with Rietveld refinement are combined to verify the details of the sodium storage mechanism and to optimize the electrochemical properties of electrode materials. We believe that our findings will open up new opportunities for the development of effective cathode materials for sodium storage with high energy density, high power, and low cost.

References

[1] J. Mater. Chem. A, 2018, 6, 17571-17578
[2] Adv. Energy Mater., 2019, 9, 1803346

G2-13 Photocatalytic Properties of SnO_2 Aerogel/Graphene Nanocomposites

주석산화물 에어로겔/그라핀 복합체 형성 및 광촉매 특성 연구

김태희*, 정해누리, 김영훈, 이규연, 박형호. *연세대학교*

The demand for solutions against several environmental issues has recently increased; in particular, air pollutants and organic dyes in water are global concerns. Semiconducting metal oxides have been widely used as photocatalysts due to their ability to generate electron–hole pairs by photon energy. In present work, tin oxide aerogel/reduced graphene oxide (rGO) nanocomposites were synthesized using sol–gel method. A homogeneous dispersion of graphene oxide (GO) flakes in a tin precursor solution was achieved by ultrasonication. rGO flakes can be captured in three-dimensionally networked SnO_2 aerogel matrix and the reduction of GO could be performed in the autoclave which was followed by supercritical alcohol drying. The chemical interaction between aerogel matrix and GO functional groups was confirmed by a change in the optical bandgap of diffuse reflectance spectra and a peak shift in the FT-IR spectra. In addition, addition of rGO flakes in SnO_2 aerogel enhanced the photocatalytic activity. The amount of rGO loading in the SnO_2 aerogel matrix showed different photocatalytic activities; an appropriate amount of rGO was required for the highest enhancement of composites. The nanocomposites were shown to solve water pollutants issues.

Acknowledgement: This work was supported by the Human Resources Development program (No. 20174030201720) of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry and Energy.

G2-14 NOx Removal and Adsorption/Desorption Performance on Barium/Ceria Containing V_2O_5-WO_3/TiO_2 SCR Catalysts

Barim/Ceria가 담지된 V_2O_5-WO_3/TiO_2계 SCR 촉매의 탈질효율 및 흡착, 탈착 특성

김진우[1*], 이금연[1], 이명진[1], 예보라[1], 김태욱[1], 이희수[2], 김홍대[1]. *[1]한국생산기술연구원, [2]부산대학교*

고정원 배출 NOx 제거에 대표적 방법인 선택적 촉매 환원(Selective Catalytic Reduction: SCR)법에서 사용되는 촉매 내에 활성온도(350ºC) 이하에서 NOx Stroage 기능성을 부여하였다. 이를 위해 NOx Storage reduction (NSR)촉매에서 NOx 흡착제인 Barium을 적용하였으며, Ceria는 조촉매로써 NOx의 흡착 및 탈질 성능 향상을 위해 적용하였다.

각 성분의 담지에 따른 탈질 및 흡·탈착 활성 효과를 비교하기 위한 대조군으로 대표적인 SCR 촉매인 V_2O_5-WO_3/TiO_2를 선택하였으며, 비교군에 Ceria, Barium, Barium/Ceria를 각각 담지하였다. 탈질평가결과, Ceria 담지 촉매는 300ºC에서 95% 이상의 높은 효율을, Barim 촉매는 67%로 가장 낮은 효율을 나타내었다. 특히, Barium/Ceria 촉매는 300ºC에서 94%의 탈질 효율을 나타내어 Ceria가 담지됨에 따른 탈질효율의 향상을 확인하였다. 흡착성능평가의 경우 Barium/Ceria 담지 촉매는 V_2O_5-WO_3/TiO_2 촉매 대비 높은 흡장량을 보였으며, NOx 승온 탈착 평가 결과, Barium/Ceria 담지 촉매는 250ºC부터 시작된 후, SCR 촉매의 활성온도인 350ºC에서 peak가 나타났다. 이외 추가적으로 물리적 특성을 검토하기 위해 XRD, SEM, XRF를 수행하였다.

G2-15 Isostatically Pressed Bilayer Electrolyte for Highly Stable and Enhanced Performance of Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells

중온형 연료전지의 높은 안정성과 성능을 위한 등방압축 이중 전해질

김성민*, 김찬호, 장인영, 이형준, 윤희성, 백운규. *한양대학교*

Gadolinium-doped ceria/yttria-stabilized zirconia bilayer electrolyte has received significant attention due to its high electrochemical performance at low operation temperature. The dense gadolinium-doped ceria barrier layer could reduce the side-reaction by suppressing the diffusion of Sr from cobalt-containing cathode material such as $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}$. However, the low sintering temperature to avoid side reactions between the two electrolytes decrease the density of the electrolytes. In this study, we report a facile method for the fabrication of dense gadolinium-doped ceria/yttria-stabilized zirconia bilayer electrolyte at low sintering temperatures. Even at 1250°C, highly dense bilayer electrolyte structure could be achieved by employing an isostatic pressure process on the dip-coated electrolyte layers and anode support substrate. This dense bilayer electrolyte system exhibits high power density of 1.251Wcm^{-2} at 650°C and high stability for 100 h. These improvements in performances are attributed to the greatly reduced porosity (< 2.5%) of the bilayer electrolyte.

G2-16 Operation of Anode-supported and Metal-supported Solid Oxide Fuel Cell under Direct Ammonia-fed Condition

암모니아를 직접 주입하여 구동하는 고체산화물연료전지에 관한 연구

이강용[1*], 이건호[2], Sai P. Katikaneni[2], 배중면[1]. *[1]KAIST (한국과학기술원), [2]Saudi Aramco*

최근 암모니아는 수소 저장매체로서의 가능성으로 주목받고 있다. 암모니아는 상온 10기압 정도에서 쉽게 액화가 가능하기 때문에 수소에 비해 저장면에서 유리하다. 액체 암모니아는 압축 수소에 비해 부피 에너지 밀도가 2.5배 더 높으며, 고압 탱크를 고려하면 그 차이는 더욱 크다. 또한 이산화탄소 배출 및 셀의 열화를 야기하는 탄소 성분이 포함되어있지 않다. 이러한 이유로 암모니아는 수소사회를 이루는 핵심적인 역할을 수행할 수 있다. 전기를 생산하는 다양한 장치 중, 고체산화물연료전지는 높은 작동 온도와 화학적 안정성으로 인해 암모니아를 연료로 사용하기에 가장 적합하다.

본 연구에서, 암모니아 분해를 위한 추가의 반응기 또는 공정 없이 암모니아를 주입하는 형태로 실험이 진행되었으며, 서로 다르게 제작된 양극지지체형 및 금속지지체형 고체산화물연료전지를 이용해 실험이 진행되었다. 암모니아 공급 조건 하에서의 피크 전력 밀도는 700ºC에서 양극지지체형 셀에서 390 mW/cm^2, 금속지지체형 셀에서 447 mW/cm^{2}의 최대전력밀도를 보였으며. 각 셀의 최대 전력 밀도는 각각 수소 공급 조건과 비교하여 93%, 80% 였다. 이러한 결과는 암모니아가 별다른 분해 공정없이 고체산화물연료전지의 연료로 사용될 수 있음을 시사한다.

G2-17 Discovering Degradation Mechanism of Solid Oxide Fuel Cell under Various Load Conditions and its Degradation Prevention Logic

다양한 전류조건에서 고체산화물 연료전지의 열화현상과 열화 억제 로직 설계

김유동*, 이전인, Muhammad Saqib, 신지섭, 박광호, 박준영. *세종대학교*

기존에 사용되던 화석연료는 이산화탄소 및 질산화물 등의 오염물질들을 배출함과 동시에 한정된 에너지원으로써 고갈에 대한 염려를 피할 수 없다. 이에 반해 고체산화물 연료전지는 수소와 산소의 전기화학적 반응을 통하여 전기와 물을 생산하며 오염물질을 배출하지 않고 지속가능한 에너지원으로써 주목 받고 있다. 특히, 고체산화물 연료전지는 고온에서 작동하므로 비싼 귀금속 촉매를 사용하지 않아도 되며, 수소 뿐만 아니라 직접적으로 탄화수소 계열 연료를 사용할 수 있다. 또한 상대적으로 타 연료전지에 비해 50~60%의 높은 에너지 변환 효율을 보이며, 터빈 열병합 발전과 연계 시에는 70%이상의 높은 효율을 보여준다. 이러한 장점들을 기반으로 가정용, 건물용, 데이터 서버 비상 전력시스템 응용에 적용되고 있다.

고체산화물 연료전지의 대규모 상업화를 위해서는 다양한 운전조건 하에서의 고 신뢰성 확보가 필수적이다. 특히 온도, 전류, 가스 등이 변화하는 조건에서 고체산화물 연료전지의 높은 내구성이 필요하다. 예를 들어 건물 및 가정용에서는 전력 부하량이 시간대에 따라 달라지게 되기때문에 그에 따른 고체산화물 연료전지의 안정적 운전 특성이 중요하다. 하지만 변동되는 전력조건하에서의 고체산화물 연료전지는 전기 생산에 따른 연료극에서의 수증기 생산, 공기극에서의 공기 분압 변화 등의 다양한 열화인자들이 작용하여 전해질의 기계적 파괴, 연료극에서의 이차상 생성 등의 심각한 열화현상들을 초래한다. 이러한 열화 현상을 완화하기 위하여 다양한 부하조건에서의 열화인자들을 규명하고, 이를 방지하는 열화 억제 로직 설계가 필요하다.

G2-18 Semimetal to Semiconductor Transition and Tunable Thermopower in 2D layered $PtSe_2$ nanosheets

반금속 반도체 전이 기반의 이차원 $PtSe_2$ 나노시트 열전성능 제어

김정민*, 문홍재, 이우영. *연세대학교*

A Semimetal to semiconductor transition in 2D layered $PtSe_2$ nanosheets was theoretically predicted based on the quantum confinement effect, which results in the enhancement of the thermopower. However, this transition and change of transport properties have been

observed only on the electrical transport. In this work, we report on our observations of the semimetal to semiconductor transition and enhancement of thermopower in ultrathin single-crystalline $PtSe_2$ nanosheets. The 2D layered $PtSe_2$ were obtained by mechanical exfoliation on doped Si substrates with 300 nm of thermally oxidized layer (SiO_2) for device fabrication. The temperature dependence of electrical conductivity and Seebeck coefficient were measured with back-gate modulation. We observed the on-off state of conductivity and rapid increase of thermopower over 1 mV/K at room temperature.

G2-19 Development of ALD SnS Film Process and Investigation of Seed Layer Effect for Energy Device Applications

에너지 소자 적용을 위한 ALD SnS 막 공정 개발과 시드층 효과 연구

최형수*, 전형탁. *한양대학교*

For the studies on energy device applications of tin monosulfide (SnS), we developed a new SnS film process using atomic layer deposition (ALD) and investigate the seed layer effect on crystallization of SnS films. We first obtained thick SnS films by annealing the ALD-deposited amorphous SnS_2 films in the vacuum atmosphere. Compared with directly deposited SnS film, the process time was shortened by the high growth rate of amorphous SnS_2 film and the obtained SnS films had multiple crystal orientation. Second, we used crystalline SnS and SnS_2 thin films as seed layers. Amorphous SnS_2 films were deposited on seed layers and transformed into SnS films by vacuum annealing. The low surface energy of crystalline SnS seed made a small grain size and high film density. In the case of a crystalline SnS_2 seed, volume expansion occurred by vertically grown SnS grains due to a lattice mismatch with the SnS_2 seed.

G2-20 Site Selectivity Controllable Electrochemical Carboxylation of Olefin with CO_2 for Chemical Feedstock Production

박경도*, 남기태. *서울대학교*

The use of CO_2 as a single-carbon building block is an attractive method for the chemical feedstock production of carboxylic acids and their derivatives. Until now, costly organometallic nucleophiles and reductants has been conventionally adopted in order to get the precise selectivity control of carboxylation. As an alternative route, electrochemical carboxylation by CO_2 insertion has been attempted although these reactions are limited to only a few pathways. In the case of simple olefin, dicarboxylation at both α- and β-positions is mostly observed with electrochemical carboxylation while site-selective hydrocarboxylations are hardly achieved. Here in, the electrochemical β-selective hydrocarboxylation of olefin using CO_2 and proton source is developed for the first time, in which the site selectivity can be precisely controlled between β-hydrocarboxylation and dicarboxylation without the aid of homogeneous catalysts. This study provides insights into new strategies to achieve useful feedstock from olefin carboxylation with CO_2 using an electrochemical platform.

G2-21 Self-passivated Dihafnium Sulfide Electride to Enable a Persistent Eleectrocatalytic Reaction in Water and Acid

물과 산 환경에서 반영구적 전기화학 촉매로 작동하는 자기 부동태화 전자화물, Hf_2S

강세황*, 정경화, 김성웅. *성균관대학교*

Electrides have emerged as promising materials with exotic properties such as extraordinary electron-donating ability [1,2]. However, the inevitable instability of electrides caused by inherent excess electrons has hampered the widespread use in chemical reactions and electronic devices [3]. Here, we report that a self-passivated dihafnium sulphide electride ($[Hf_2S]^{2+}\cdot 2e^-$) by double amorphous layers exhibits a strong resistance to water and allows a persistent electrocatalytic hydrogen evolution reaction. Naturally formed amorphous Hf_2S layer on the cleaved surface of $[Hf_2S]^{2+}\cdot 2e^-$ reacts with oxygen to form an outermost amorphous HfO_2 layer, passivating the $[Hf_2S]^{2+}\cdot 2e^-$ electride. The self-passivated $[Hf_2S]^{2+}\cdot 2e^-$ loaded with copper nanoparticles demonstrates an excellent long-term sustainability without performance degradation in electrocatalytic hydrogen evolution reaction. Exploring this self-passivation mechanism can advance the development of stable electrides towards new levels for energy-efficient applications.

References

[1] J. L. Dye, "Electride: early examples of quantum confinement," Science **42**, 1564–1572 (2009).

[2] K. Lee, et al, "Dicalcium nitride as a two-dimensional electride with an anionic electron layer," Nature **494**, 336–340 (2013).

[3] S. Choi, et al, "Hydrotrifluoromethylation and iodotrifluoromethylation of alkenes and alkynes using an inorganic electride as a radical generator," Nat. Commun. **5**, 4881 (2014).

G3-1 Synthesizing of Silicon Carbide Using Polysilicon Wafers Recovered from Wasted Photovoltaic Cells via Spark Plasma Sintering

스파크 플라즈마 소결법을 이용하고 폐 태양광 셀로부터 회수 된 폴리 실리콘 웨이퍼를 활용한 탄화 규소의 합성

오아현*, 신재록, 최성철, 안계석. *한양대학교*

The deployment of photovoltaics (PVs) modules whose life cycle is limited to 25–30 years has been rapidly increased, thus an increase in waste module is expected. For the reason, the recycling of PV modules is considered essential. Hence, a recycling technique to recover polysilicon wafers from end-of-life polysilicon cells and application technique to synthesize high-purity silicon carbide (SiC) using the recovered polysilicon wafers were proposed in this study. By etching with a mixed acid composed to hydrofluoric acid (HF) and nitric acid (HNO_3), the high-quality wafers could be obtained from polysilicon PV cell. The recovered polysilicon wafer was milled with a high energy mill (SPEX mill) and washed with a HF solution to remove oxide impurities generated during milling. At this step, removal efficiency by the concentration of HF solution was considered. The SiC was synthesized through the direct reaction of high-purity silicon powder and carbon by spark plasma sintering (SPS) method. By investigating the crystal phase and morphology, the influence synthesis temperature was considered. The synthesized SiC was washed several times with a HF solution and the oxide removal efficiency was investigated.

G3-2 Densification and Mechanical Properties of SiC-TiC Composites with YAG as a Sintering Additive

소결첨가제 YAG의 vSiC-TiC 복합체 치밀화 및 기계적 특성

황희웅[1*], 소성민[1], 이삼행[1], 김경훈[1], 박주석[1], 이성갑[2], 김형순[3]. *[1]한국세라믹기술원, [2]경상대학교, [3]인하대학교*

탄화규소(SiC)는 고온강도, 경도, 열충격 저항성, 내마모성과 같은 기계적특성이 우수하고 열전도도가 높은 구조재료로 알려져 있다. 하지만 이러한 우수한 특성에도 불구하고 난소결성 재료로 소결 온도가 높고 파괴인성이 3~4 MPa·$m^{1/2}$로 낮은 단점을 지니고 있다. 따라서 이러한 SiC의 단점을 개선하기 위해 B_4C, TiB_2, ZrB_2, TiC 등과 같은 carbide이나 boride을 첨가한 SiC 복합체에 대한 연구가 많이 보고 되었다. 본 연구에서는 열간가압소결 방법을 이용하여 SiC-TiC 복합체의 치밀화 거동과 이에 따른 미세구조의 변화를 관찰 하기 위해 SiC 70 vol.%, TiC 30 vol.% 복합체를 열간가압소결 방법으로 제조 하였으며 이때 yttrium aluminium garnet ($Y_3Al_5O_{12}$. YAG) 액상을 형성하기 위한 소결 첨가제로 산화물 분말(Al_2O_3, Y_2O_3)과 금속 질산염(aluminium nitrate, yttrium nitrate)를 사용하여 소결온도 1800~2000°C, 40 MPa의 압력, 진공분위기에서 1시간 소결하여 치밀한 소결체를 제조 하였다. 제조 된 SiC-TiC 복합체의 특성을 평가하기 위해 상대밀도, 미세구조, 결정구조, 경도, 파괴인성, 굽힘강도, 열전도도를 측정 하였다.

G3-3 Effects of Pyrolysis Process on the Microstructure of Li_2TiO_3 Tritium Breeding Materials during the Sintering Process

Li_2TiO_3 삼중수소 증시재의 미세구조에 미치는 열분해 공정의 영향

김종일*, 박이현, 안무영, 이영민, 조승연. *국가핵융합연구소*

Lithium metatitanate (Li_2TiO_3) is one of the candidates among the solid breeder materials for breeding blanket of the fusion reactor. Li_2TiO_3 pebbles are required a sphere shape to increase efficiency tritium release and packing factor in the solid-tritium breeding blanket. In the manufacturing process, spherical green pebbles fabricate by the hardening reaction between boric acid and polyvinyl alcohol (PVA) in Li_2TiO_3 slurry. The fabricated Li_2TiO_3 green pebbles have a relatively large amount of carbon in the organic addition. Therefore, the carbon must be removed from an oxidation reaction with oxygen through the pyrolysis process before the sintering. In fact, sintering behavior is complex during the process in which grain growth and densification occur simultaneously, it is necessary to understand experimentally each sintering parameter. In this study, the effects of the pyrolysis process on microstructure of Li_2TiO_3 tritium breeding materials have been investigated. The pyrolysis process was proceeded in the air at 600°C with different holding time. And then, all of the green pebbles were sintered at 900°C in 1h. The crystalline phase and microstructure of Li_2TiO_3 green pebbles and sintered pebbles have been analyzed by XRD and C/S analysis equipment. After the pyrolysis process, both of pebbles are identified the Li_2TiO_3 phase of the monoclinic structure. However, the concentration of carbon of the green pebble was different with increasing holding time at the pyrolysis process. The viewpoint of microstructure, the sintered Li_2TiO_3 pebbles tend to exhibit a small particle size with increasing pyrolysis time. The organic addition including carbon does not affect the phase transition, while it accelerated to the grain growth. The other sides, the sintered pebble in He + 1%H2 atmosphere were observed the color change (dark blue → light blue) with increasing pyrolysis time. It could be assumed that the insufficient oxidation reaction of carbon in the green pebble due to the short pyrolysis time.

G3-4 A Glass Filament Fed FDM for Maunfaturing Optically Transparent Glass Objects

필라멘트 공급 FDM법을 통한 투명유리 3D프린팅

이혜지[1*], 김경호[1], 김형준[1], 박진성[2], 한윤수[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교*

3D프린팅은 디지털 프로그램을 사용하여 3차원으로 제작된 형상을 따라 작동하여 3D구조물을 완성시키는 것이다. 3D프린팅법 중 하나인 용융증착(fuesd deposition modeling, FDM)법은 필라멘트를 노즐에 밀어 넣음과 동시에 온도를 가해 녹이고 이를 형상에 맞춰 3D 출력물을 구현해내는 방식이다. 복잡한 형상에도 쉽게 구현된다는 장점으로 인해 최근 플라스틱이나 금속 재료들이 많이 활용되고 있으며 이외에도 다양한 소재를 가지고 3D프린팅에 접목하기 위해 활발한 연구가 진행되고 있다. 투명유리 3D프린팅의 기존 연구로는 용융된 유리를 자중에 의해 적층되는 FDM법과 공급된 유리 필라멘트를 레이져로 녹여 적층하는 SLM법이 있다. 이들 연구에는 출력물의 해상도가 낮거나 기공이 많다는 한계를 가지고 있다.

본 연구는 유리 필라멘트 공급 FDM법을 사용한 투명유리 3D프린팅을 개발하였다. 기존 연구의 한계를 극복하고자 유리 3D출력물의 해상도를 높이고 동시에 기공을 줄일 수 있는 실험적 변수들을 도출하였다.

G3-5 Development of Flexible Ceramic Nanofibers for Potential Applications towards Air/Water Filtration Media

이종만*, 하장훈, 송인혁. *재료연구소*

The development of flexible ceramic nanofibers has attracted much attention because they may be able to overcome the intrinsic brittleness of ceramics and thus be applied towards air/water filtration media. Ceramic nanofibers with excellent flexibility could be prepared through (1) sol-gel, (2) electrospinning, and (3) calcination processes. Our research focused on the effect of the composition of electrospinning solution on improving the flexibility of ceramic nanofibers. As a result, flexible ceramic nanofibers successfully performed as microfiltration (MF) membranes, while exhibiting high pure water permeability and a high rejection rate (%) for polymeric nanoparticles.

G3-6 Thermal and Mechanical Properties of Highly Porous Silica Ceramics

고 다공성 실리카 세라믹스의 열적 및 기계적 특성

Rajpoot Shalini*. *서울시립대학교*

Porous silica ceramics have received significant consideration in the field of thermal insulation applications. However, their poor mechanical strength often limits their structural applications. Therefore, considering both high structural integrity and thermal insulation performance, in this study, porous silica ceramics were developed at low processing temperatures (600–800°C) that exhibited excellent compressive strengths (3.9–14.5 MPa) and low thermal conductivities (0.044–0.085 $Wm^{-1}K^{-1}$). Polysiloxane-derived silica was reinforced to strengthen the structural integrity of the porous silica ceramics. The addition of 10 wt% of polysiloxane increased the compressive strength (6.8 MPa) of the porous silica ceramic to almost 74% more than that (3.9 MPa) of porous silica without polysiloxane sintered at 600 °C, with a minimal increase in thermal conductivity from 0.044 $Wm^{-1}K^{-1}$ to 0.049 $Wm^{-1}K^{-1}$. The specific compressive strengths (16.4–21.1 MPa·$(g/cm^3)^{-1}$) of the porous silica ceramics fabricated with 20

wt% polysiloxane were remarkably high compared to the values (1.0–14.7 MPa·(g/cm^3)$^{-1}$) calculated in previous studies.

G3-7 The Changes on the Pore Structure Properties of Sodium Silicate-based Silica Aerogels by the Addition of Acetonitrile
아세토니트릴 첨가에 의한 물유리 기반 실리카 에어로겔의 기공 구조 변화

김영훈*, 김태희, 정해누리, 이규연, 한우제, 박형호. *연세대학교*

Sodium silicate based silica aerogels have advantageous for commercialization from the material cost. However, a demand has been decreased due to lower physical properties compared to silicon alkoxide-based aerogel. In this research, acetonitrile as a drying control chemical additive (DCCA) is introduced in the synthesis of silica aerogel for enhancing the texture properties of sodium silicate based silica aerogel by preventing the agglomeration of particles and cross-linked bond. The sodium silicate based silica aerogel by ambient pressure drying was synthesized by sol-gel process. A various molar ratio of acetonitrile/Na_2SiO_3 was added to sodium silicate based silica sol. With an appropriate amount of addition, the sodium silicate based aerogel showed a high specific surface area (577 m^2/g), a high pore volume (3.29 cc/g), and a high porosity (93%) comparable to the pore-structural properties of silica alkoxide based silica aerogels. It was determined that the addition of acetonitrile as DCCA is effective for reinforcing the pore structure properties similar with the pore-structural properties of silica alkoxide based silica aerogels.

Acknowledgement: This work was supported by the Human Resources Development program (No. 20174030201720) of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry and Energy.

G3-8 Characteristics of Polycarbosilanes Produced under Different Synthetic Conditions and their Influence on SiC Fibers
상이한 합성 조건에서 제조된 폴리카보실란의 특성 및 SiC 섬유에 미치는 영향

장석훈[1*], 신동근[1], 조광연[1], 이윤기[2], 이윤주[1]. [1]*한국세라믹기술원,* [2]*경상대학교*

SiC 섬유는 폴리카보실란 (PCS)의 방사, 경화 및 열처리에 의해 수득될 수 있다. 하지만 정확한 방사 조건을 설정하기 위해서는 PCS 전구체의 특성을 고려해야 한다. 많은 연구가 합성 조건에 중점을 두었지만, PCS의 특성이 성장 거동 및 구조적 변화에 어떻게 의존하는지에 관한 정보는 거의 없다. 본 연구에서는 섬유 전환에 대한 전구체의 효과를 결정하기 위해, 중합 조건에 따라 달라지는 PCS의 특성을 확인하고, 다르게 형성된 중합체가 섬유 형성에 미치는 영향을 비교하였다. PCS 합성은 반응 온도, 압력, 시간으로 제어하였으며, 구조적 분석을 통해 PCS의 형성과 중합 메커니즘을 확인할 수 있었다. 이를 기반으로, 동일한 분자량을 갖지만 서로 다른 물성을 나타내는 세 종류의 PCS를 제조하였다. 이들 중합체는 구조적 차이는 크게 관찰되지 않았음에도 열적 및 유변학적 특성에 큰 차이를 나타냈는데; 고온 고압에서 제조된 PCS는 낮은 열분해 수율, 열안정성 및 융점을 나타낸 반면, 고온 저압에서 합성된 PCS는 가장 높은 열안정성 및 점도 거동을 나타냈다. 세 중합체를 사용하여 얻어진 green fiber는 동일한 경화, 열처리 과정을 거쳐 SiC 섬유로 전환되었는데, 이들 섬유는 XRD, Raman, TEM 등의 분석 결과에 따르면 산소와 탄소의 양이 다를 뿐만 아니라 결정화도가 다르게 나타났다. 즉, 전구체는 중합 조건에 따라 열물성에 차이가 발생되며, 이는 최종 생성물인 SiC 섬유의 구조적 특성에도 영향을 미치게 됨을 확인하였다.

G3-9 Pseudo Strain Hardening in Melt-spun Fiber: A Study on the Effect of Rheological Properties of Aluminosilicate Melts on the Mechanical Properties of Spun Fibers
용융 방사 섬유의 변형 경화 : 알루미노실리케이트 용융물의 유변학 특성이 방사 섬유의 기계적 특성에 미치는 영향

고현석[1*], 김명욱[1], 박성은[2], 김한봄[2], 박선민[1], 임형미[1]. [1]*한국세라믹기술원,* [2]*(주)벽산*

Aluminosilicate fibers have great potential for industrial applications (e.g. insulation and reinforcement). Understanding their melt rheological properties can help to find out the conditions for melt spinning process and expect fiber properties. This study analyzed the correlation between chemical compositions and high temperature rheological properties, and their influence on fiber properties. First the rheological properties of aluminosilicate melts at 800–1450°C are provided. It is confirmed that the viscosities of melts significantly depends on the basicity of the compositions, while no strong correlation with the given chemical compositions and elasticity of melts was observed. For viscoelasticity–fiber property, it is observed that elastic moduli of fibers were proportional to the reciprocal of shear moduli of the melts at the solid-liquid transient temperature. The shear resistance, represented by the shear modulus of the melts, is expected to influence the recovery of quenched melt while spun, and thus impacts the fiber tensile property.

G3-10 Fabrication of Joined ZTA Ceramics by RBAO (Reaction bonded Aluminum Oxide) Process
RBAO공정을 이용한 ZTA 세라믹스 접합체 제조

문정운*, 이현권. *금오공과대학교*

복잡한 형상의 세라믹스 제품 제조 시 성형 공정의 제약으로 인해 소결 후 가공 공정에서 많은 시간과 비용이 소모된다. 이를 해결하기 위한 방안으로 접합에 대한 연구가 광범위하게 진행되고 있다. 일반적으로 사용되는 접합 방법으로는 접합하기 용이한 금속 또는 유리질을 이용한 접합 방법이 사용되고 있지만 모재와 접합 층간의 미세구조 차이 때문에 상대적으로 낮은 기계적 물성, 내열성, 내부식성 등의 문제로 인해 사용범위가 제한된다. 따라서 본 연구에서는 상대적으로 우수한 기계적 물성의 저 수축 알루미나를 생성하는 RBAO 공정을 이용하여 우수한 접합 특성을 가지는 ZTA(Zirconia Toughened Alumina) 접합체를 제조하고자 하였다.

실험은 Al/Al_2O_3/ZrO_2 혼합 분말을 유성구볼밀을 이용하여 혼합 및 분쇄를 통해 페이스트를 제조하였고, 제조된 페이스트를 성형체에 도포 후 외부 하중의 도움 없이 RBAO 공정을 이용하여 ZTA 접합체를 제조하였다. 제조된 ZTA 접합체의 접합단면 및 접합강도를 SEM, 2축 강도 측정을 통해 관찰하고 분석하였다.

G3-11 Low Volumetric Heat Capacity Insulation Coating by Room-temperature Operating Spray Coating Process
상온 세라믹 분사 코팅 공정을 통한 저열용량 저열전도도 고내구성 다공질 단열 코팅기술 개발

윤세중[1*], 한병동[2], 윤운하[2], 안철우[2], 민유호[2], 최종진[2]. [1]*과학기술연합대학원대학교 (UST),* [2]*재료연구소*

파리 기후변화 협정 이후 전 세계적으로 지구온난화를 완화하기 위해 온실가스를 줄이기 위한 노력이 전 산업 분야에서 진행되고 있다. 전체 이산화탄소(CO_2) 발생의 약 24%를 차지하는 수송 분야도 온실가스 감축의무를 지게 되면서 현재 직면한 환경 문제에 따른 차량의 연비 증대를 위한 에너지 효율 향상에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다. 특히 강화된 환경문제 및 연비 문제에 대응할 수 있는 방안으로 기존 내연기관 엔진 내 열손실 저감, 열효율 향상 기술이 해결책으로 대두되고 있다. 내연기관의 열 손실을 저감, 열효율을 향상시키기 위해 내연기관의 연소실 내부에 단열성이 뛰어난 세라믹을 이용하여 치밀한 막을 코팅하는 기술이 제안된 바 있으나, 일반적인 세라믹 치밀막 코팅은 엔진의 배기행정 과정에서 열이 빠져나가지 못하고 연소실 표면을 높은 온도로 유지시키면서 노킹을 발생시켜 실제 적용이 어려운 문제가 있다. 이를 극복하기 위해선 주변 환경에 따라 온도를 적절히 변화시킬 수 있는 내구성이 확보된 다공질의 저열용량 코팅 기술이 요구된다.

본 연구에서는 상온에서 금속 모재 위에 고접합력의 세라믹 코팅이 가능한 상온 세라믹 분사공정(Granule Spray in Vacuum, GSV)을 이용하여, 금속 기판의 열 손상 없이 두께 100 μm 이상, 접착력 20 MPa 이상, 열전도도 0.5 W/mK, 열용량 1500 kJ/m^{3}K 이하의 다공성 세라믹 단열막 형성이 가능한 코팅기술을 개발하였으며, 제조된 코팅막의 미세조직, 열특성 및 기타 물리적 특성을 비교 분석하였다.

G3-12 Thermal Decomposition Behavior of $La_2Zr_2O_7$ in Thermal Barrier Coating with Low Thermal Conductivity

저열도성 열차폐 코팅에서 $La_2Zr_2O_7$의 열분해 거동

송도원[1*], 송태섭[1], 백운규[1], 여관림[2], 김준성[2], 정연길[2]. [1] *한양대학교*, [2] *창원대학교*

본 연구에서는 가스터빈 고온부품의 열적 내구성 향상을 위해 적용이 고려되고 있는 저 열전도성 소재인 란타늄 지르코네이트($La_2Zr_2O_7$, LZO)에 대한 열분해 거동을 규명하였다. 이를 위해 용사코팅된 열차폐 코팅에서 탑 코팅 층인 LZO 층을 분리하여 시험편을 제작하였으며, 1100, 1300, 1400°C에서 100 시간 등온산화를 진행하였다. 등온산화 시험에서 1300°C 부터 시험편의 표면에서 LZO의 분해가 관찰되었으며, 이는 La_2O_3의 높은 증기압으로 인한 기화현상에 기인하는 것으로 사료된다. 특히, 소결된 내부 층과 표면의 분해 층의 계면으로부터 주상(columnar) 구조가 형성되어 상 분리가 발생되었으며, La 성분 차이가 있는 분리된 미세구조를 나타내었다. 즉, 표면에 가까워질수록 La 성분의 결핍으로 등축성(equiaxed) 구조가 나타났으며, 기존의 파이로클로어(pyrochlore) 구조의 LZO 일부가 La_2O_3의 기화로 인해 단사정계 ZrO_2로 결정상이 변화됨을 확인하였다. 이를 기반으로 LZO 코팅에서 표면에서의 열분해 거동 및 메커니즘을 제시하였다.

G3-13 Fabrication and Evaluation of Plasma Resistant YAG Coating Layer

내플라즈마성 YAG 코팅층 제조 및 특성평가

전서연*, 이현권. *금오공과대학교*

반도체 선폭의 미세화로 인해 고밀도 플라즈마 식각공정에 사용되는 부품은 고온안정성, 내화학성이 더욱 요구되고 있으며, 반도체 장비의 핵심부품의 소재로는 Al_2O_3, CVD-SiC, Y_2O_3, Quartz 등이 사용되고 있다. 특히 고내플라즈마성으로 알려져 있는 Y_2O_3의 경우, 소재자체의 높은 가격뿐만 아니라 용사코팅 시 발생하는 코팅박리 및 입자탈락과 같은 공정상의 문제를 야기시킨다. 이를 해결하기 위해 내플라즈마성이 우수한 소재 및 코팅방법에 대한 연구개발이 지속적으로 요구되고 있다. 본 연구에서는 YAS(Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2)계 프릿을 이용하여 내플라즈마성 YAG 코팅 세라믹스를 제조하고자 하였다. 실험은 원료 조합비를 제어하여 다양한 조성의 YAS계 프릿을 제조하고 알루미나 모재위에 도포 및 코팅하였다. 제조된 프릿과 코팅층은 XRD, SEM, EDS를 이용해 비교분석 하였으며, 조성에 따른 코팅층의 내플라즈마 특성을 평가하였다.

G3-14 Calcium Magnesium Alumina-silicate (CMAS) Infiltration Behavior in YSZ–LZ Composite Thermal Barrier Coatings

Lyu Guanlin[1*], 김준성[1], 송도원[2], 손정훈[1], 양승철[1], 정연길[1]. [1] *창원대학교*, [2] *한양대학교*

In the previous study, TBC with the superior sintering resistance and phase stability was proposed, which was prepared by air plasma spraying (APS) method using the composite powder of lanthanum zirconate (LZ) and yttira-stabilized zirconia (YSZ). However, one of reasons for the early delamination of thermal barrier coating (TBC) in gas turbine engines that operated in dust-laden environments is the infiltration of molten calcium magnesium alumina-silicate (CMAS) onto TBC. Therefore, in this study, the effects of CMAS on the microstructure evolution and thermal durability of TBC have been investigated through an isothermal exposure test at 1200°C. The samples with different mixture ratios in YSZ and LZ (75:25, 50:50 and 25:75) were prepared by APS method. YSZ in all composite coatings was easily to be deteriorated by CMAS owing to the de-stabilization of *t*'-YSZ. However, the formation of Ca-apatite phase ($Ca_2La_8(SiO_4)_6O_2$) in the surface of the composite coatings prevented the further penetration of the molten CMAS. The infiltration behavior and the reaction mechanism of molten CMAS with the mixture ratio were discussed, based on the results of phase analysis, element analysis, and microstructure observation.

G4-1 Post Ligands Treatment Study of Oxide Nanoparticles for Their Application

산화물 나노입자 응용을 위한 리간드 후처리 연구

한우제*, 박형호. *연세대학교*

The capping ligand of nanoparticles are essential, but it has some disadvantageous for their applications. In particular, the capping ligands act as carrier trapping site or degrading an electrical devices. Studies on replacing the ligands with shorter ones and controlling the ligand length using metal chalcogenides have been tried to overcome these disadvantages. To ensure high dispersibility of nanoparticles, fluorous ligand exchange was introduced and it induces the repulsion between particles due to the high electronegative property of fluorine. The removal of the residual ligand by ultraviolet treatment was carried out in order to obtain high compactness. It was confirmed that the thickness of the nanoparticle thin film was decreased by the ligand treatment and the inter-particle distance was also decreased. After fluorination and UV treatment, band edge electroluminescence emission of zinc oxide and titanium oxide and low power operation were confirmed by formation of inverted oxide quantum dot light-emitting diode.

In this study, it provides to better understanding of the synthesis of nanoparticles, the change of ligand properties, and their applications.

Acknowledgement: This material is based upon work supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) under Industrial Strategic Technology Development Program. No.

10068075, “Development of Mott-transition based forming-less non-volatile resistive switching memory & array”.

G4-2 Solution-based Synthesis of 2D Heterostructured Metal Chalcogenides

용액공정을 통한 2차원 헤테로구조의 금속칼코게나이드 합성

민유호[1*], 임은미[2], 황건태[1], 김종우[1], 안철우[1], 최종진[1], 한병동[1], 최준환[1], 윤운하[1], 문건대[2], 박동수[1]. *[1]재료연구소, [2]한국생산기술연구원*

As a new class of two-dimenstional (2D) nanomaterials, heterostructures consisting of dissimilar two or more metal chalcogenides have been recently emerged and investigated due to their potential advantages and functions that are not obtained in each single phase. The properties and resulting functions of 2D heterostructures are highly related to the structural features such as composition, architecture type, the spatial arrangement of each component, crystal structure, exposed facet and interface, dimensionality, etc. Towards the realization of practical applications, synthetic approaches need a rational design with controllable structural features. In this presentation, we show the recent progress on solution-based synthesis to produce 2D metal chalcogendie heterostructures along with the growth mechanism.

G4-3 Selective Phase Control of $(K_{1-x}Na_x)NbO_3$ (KNN) through Hydrothermal Synthesis

수열합성을 통한 다양한 상을 지닌 $(K_{1-x}Na_x)NbO_3$ (KNN) 입자 합성

박선화[1*], Peddigari Mahesh[1], 민유호[1], 황건태[1], 김종우[1], 안철우[1], 최종진[1], 이정우[2], 한병동[1]. *[1]재료연구소, [2]부산대학교*

$(K,Na)NbO_3$ (KNN)은 페로브스카이트 구조를 지니며, 상태도에 의하면 온도 및 조성에 따라 다양한 상 (phase)을 지니는 재료로 알려져 있다. KNN은 조성 및 상에 따라 다양한 특성을 가질 수 있으며 센서, 액추에이터, 광촉매의 핵심 소재 등으로 사용가능하다. 하지만 도핑원소 없이 순수한 KNN 소재는 고온의 고상반응이나, 수열합성을 포함한 용액 공정을 통해선 주로 사방정의 KNN이 제조되고 있어서, 다른 상을 지닌 KNN을 제조하는데에 어려움이 있다.

본 연구에서는 수열합성의 공정변수 조절을 통해 열역학적으로 안정한 사방정뿐만 아니라 단사정, 입방정을 지닌 KNN 입자 및 조성을 선택적으로 제어할 수 있는 합성법을 개발하였다. 본 발표에서는 합성 메커니즘 및 입자를 활용한 하베스터 응용에 대해 소개하고자 한다.

G4-4 Hetero-Van-der-Waals Epitaxy of High Quality Single-layer MoS_2 by MOCVD

MOCVD 기반의 헤테로 반데르발스 에피택시 기법을 이용한 고품질의 단일층 MoS_2 성장

장수희[*]. *한양대학교*

한 층의 2차원 전이금속칼고게나이드(TMDC)는 1.1–2.1 eV 범위의 직접 천이형 밴드갭을 가지는 반도체 물질로서, 원자 단위의 박막 트랜지스터, 포토닉스, 에너지 저장 등의 다양한 분야에서 활발히 연구되고 있다. 더욱 넓은 분야에의 활용을 위해서는 고품질의, 단결정 TMDC 한 층을 성장시키기는 것이 필수적으로 요구된다. 하지만 이러한 요구사항을 충족시키기 위해서는 넓은 면적의 기판에 균일하게 한 층을 합성할 수 있어야 할 뿐만 아니라 평면 내에서의 결정방향을 한 방향으로 정렬되게 해야 한다는 어려움이 있다. 본 연구에서는 한 층의 MoS_2를 성장시키기 위해 MOCVD 공법을 이용하였고, 평면 내에서의 결정방향을 균일화하기 위해 헤테로 반데르발스 에피택시 성장법으로 MoS_2를 합성하였다. 더불어, 헤테로 반데르발스 에피택시 성장법의 템플릿으로 단결정의 그래핀을 합성하여 사용함으로써 MoS_2의 결정성을 더욱 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 라만, PL 분석을 통해 E^1_{2g} 피크와 A_{1g} 피크사이의 간격이 21이하이고 1.88eV의 밴드갭을 가지는 한 층의 MoS_2가 성장되었음을, SEM, TEM 분석을 통해 MoS_2 결정이 그래핀의 결정방향과 동일한 방향으로 성장되었음을 확인하였다.

G4-5 Spreading and Wrinkling of Single-layer Graphene

단일층 그래핀의 펴짐과 주름 형성

이상일[*]. *한양대학교*

We propose a novel strategy to create wrinkles in a desired location and direction of single-layer graphene (Gr). The key to controlling the wrinkles is to regulate the permeation and release of solution through a regular array of holes between the substrate surface and Gr-based thin membrane. Microscopic analysis showed that neighboring holes were interconnected by straightened wrinkles, while surface corrugations (e.g., ripples and wrinkles) were suppressed on the planar regions surrounded by wrinkles. In addition, this approach produces straight wrinkles in a desired location and direction. Raman spectroscopy measurements showed that the Gr wrinkles maintained the intrinsic defect- and stress-free state and high structural quality of Gr. Our approach is simple yet universally applicable to diverse types of thin membranes, thereby offering a robust and versatile route to engineering properties of atomically thin materials.

G4-6 Omni-Transferrable Boron Nitride Film having Thermal-Management and Optical-Enhancing Property made by Solvent Induced Adhesioin Switching

용매 전사 프린팅을 통한 투명 방열 특성의 질화붕소 필름 형성 방법

한유진[*], 정연식. *KAIST*

Hexagonal Boron Nitride (BN) exhibits its own unique sets of properties, such as high chemical and thermal stability, wide energy band gap, transparency to visible light, electrically insulating, and high thermal conductivity. The latter two properties is of great importance because of its contradicting nature, which attracts great attention for thermal dissipation application. Furthermore, combined with the fact that BN is transparent to visible light, it has great potential to be used as a thermal conductive layer in light entrance part of optoelectronic device.

Herein, we propose a new fabrication method of BN layer by combining the vacuum-filtration (VF) and transfer-printing. The process is facile, rapid, and transferrable to various substrates that having thickness scalability with high functionality compared to conventional deposition techniques. By VF, BN nanosheet aligned effectively and immediately after that, transfer-printing was proceeded by solvent-evaporation induced adhesion-switching between BN-membrane and BN-substrate interfaces. The fabricated BN layer has compact nanostructure that has high thermal conductivity over 23W/m.K and optical transparency over 90% at scalable thickness. Additionally, thermal dissipation effect of the BN layer identified by simple joule heating apparatus. At last, we have found that the transfer printed BN has light diffusive property that optically enhancing the performance in optoelectronic, photonic and photovoltaic applications.

G4-7 Controllable Synthesis of Semiconductor Nanostructures and their Applications for Optoelectronic Devices
광전소자 응용을 위한 반도체 나노입자의 구조 제어
방지원*. *한국세라믹기술원*
Colloidal inorganic semiconductor nanoparticles are potential building blocks for new optical and electronic nanodevices such as photovoltaics, photodetectors, light-emitting diodes, or lasers. Such devices frequently require sophisticated nanoparticles with optimal morphologies. Nanoparticles with tailored geometries exhibit unique shape-dependent optical and electrical properties. Here, we address new synthesis methods for the preparation of nanocrystals with branched or 3-dimensional self-assembled morphologies to fabricate unique nanomaterials for photovoltaic devices by exploiting facilitated charge separations and carrier migrations.

G4-8 Performance Enhancement of Quantum-dot and Perovskite Solar Cells by Julolidine-based Interfacial Modifier
주롤리딘계 표면개질제를 이용한 향상된 양자점 및 페로브스카이트 태양전지
정인환*. *국민대학교*
Quantum-dot and perovskite solar cells have extensively studied for next generation solar cells due to their high efficiencies and low-cost solution-processibilities. The power conversion efficiencies over 20% in perovskite solar cells and over 12% in quantum-dot solar cells were recorded via the improvement of the perovskite or quantum-dot active layer quality and the state-of-the-art device architectures. In this study, we enhanced the interfacial contact between electron accepting ZnO layer and active layer, and reduced the surface defect of ZnO layer via introducing julolidine-based interfacial modifier on the ZnO layer. The developed interfacial modifiers increased the hydrophobicity of ZnO surface, which improved the film quality of the active layer. In addition, the permanent dipole moment at the surface boosted electron extraction properties in the solar cell devices. The detailed discussion will be given in the presentation.

G4-9 Electrochemical Reduction-induced Metal Oxide Nanoparticles for Energy Conversion Aapplication
전기화학적 환원법으로 유도된 금속산화물 나노입자 제조 및 에너지 변환 응용
정형모*. *강원대학교*
Developing abundant, active, and stable electrode materials for renewable energy conversion by electrochemical reactions is highly demanded over the past few decades. A remarkable improvement in performances of electrochemical energy storage and conversion system has been achieved through recent advances in metal oxide based materials. Recently, we found that the electrochemical approach for controlling the structure of metal oxide nanoparticles at few-nano scale level by reducing the oxidation state of metal ions. During electrochemical reduction process, reactions are used to chemically synthesize the metal oxide particles into few-nano level with lots of interconnected grain boundaries that are active sites. This electrochemical reduction process have been applied on the representative metal oxide based materials, such as Cu_2O, SnO_2, NiO, MnO_2, and Fe_2O_3. I will discuss my recent research activities on design of metal oxide materials as well as their electrocatalysts for CO_2 reduction and aqueous-base batteries applications.

G4-10 Porous Ion Exchange Matrix, Au Nanoparticle, Carbon Nanotube Chemiresistors with Voltage-Activated Sensitivity
다공성 이온 교환 고분자를 활용한 초소형 Au 나노입자 촉매가 결착된 단일벽 탄소나노튜브 제조 및 이를 활용한 상온 화학 센서 개발
구원태[1*], 김일두[1], Timothy Swager[2]. *[1]KAIST, [2]Massachusetts Institute of Technology*
Single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) are recognized as one of the ideal materials for chemiresistive sensors. However, functionalization of SWCNTs with improved sensitivity and selectivity remain major challenges. Here, we present the use of a porous ion exchange polymer-matrix to create catalytic metal nanoparticles (NPs) on SWCNTs for sensitive and selective sensors. The introduction of imidazolium-functionalized triptycene polyether sulfone on SWCNTs realizes a facile and uniform decoration of ultra-small (< 5 nm) Au NPs onto the SWCNT sensing layer by suppressing the growth of Au NPs without a loss of gas accessibility. Thus, a strong interaction between Au NPs and carbon monoxide (CO) is translated to chemiresistive sensing behaviors of SWCNTs, enabling sensitive and selective CO detection at room temperature in air. In addition, the modulation of a gate voltage in chemical field-effect transistor sensing devices provides effective tuning of electrical properties of sensing materials, promoting the catalytic activity of Au NPs. Interestingly, the sensors show the drastic increase of CO sensitivity at room temperature in air under a negative gate voltage. Our results provide a new way to use porous ion exchange polymers in chemiresistors for sensitive and selective detection of target molecules.

G4-11 A Study on One-step Fabrication and Drag Reduction Characteristics of Superhydrophobic Surface
초 소수성 표면의 원스텝 제작 방법과 난류 감소 특성에 관한 연구
김도은[1*], 이윤기[2], 이승협[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]경상대학교*
Superhydrophobic surfaces have many applications in the coatings industry, such as anti-icing and self-cleaning etc. However, Application on large scale and complex surfaces of superhydrophobic coatings has disadvantages such as complex manufacturing processes, the use of harmful organic solvents and poor mechanical stability.

Herein, we used the Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) substrate, which greatly improved the process by using its properties. When ABS is immersed in acetone as solvent, the volume increases due to the penetration of solvent particles. At this time, a part of the substrate (about 1% of the total volume) is dissolved and has an adhesive property. We studied the reaction between the solvent and the substrate to control the adhesion performance, and also found the optimum solvent concentration for fabricating uniform superhydrophobic surfaces. In conclusion, we achieved superhydrophobicity on complex and large surfaces. Each ABS substrates used was fabricated by 3D printer, and has various designs for drag reduction. In this study, the flow of fluid according to the geometric design of the superhydrophobic surface was described.

G4-12 Creation of Two-dimensional Layered Zintl Phase by Dimensional Manipulation of Crystal Structure

결정구조 차원 설계를 통한 새로운 이차원 층상 Zintl 물질 창조

송준성*, 김성웅. *성균관대학교*

The discovery of new families of two-dimensional (2D) layered materials has always attracted great attention to pursue beyond graphene. However, it has been challenging to artificially develop the layered materials with honeycomb atomic lattice composed of multicomponents as *h*-BN. Here, through the dimensional manipulation of crystal structure from sp^3-hybridized three-dimensional (3D) ZnSb, we create an unprecedented layered structure of Zintl phase, which is constructed by the staking of sp^2-hybridized honeycomb ZnSb layers. From the structure analysis combined with theoretical calculation, it is found that the 2D-ZnSb has a stable and robust layered structure. The bidimensional polymorphism is a previously unnoticed phenomenon at ambient pressure in Zintl families, and can be a common feature of transition metal pnictides. This dimensional manipulation of crystal structure thus provides a rational design strategy to search for new 2D layered materials in various compounds, enabling unlimited expansion of 2D library and corresponding physical properties

Reference

Song. J. et al. Creation of two-dimensional layered Zintl phase by dimensional manipulation of crystal structure, Sci. Adv. vol 5, no 6, eaax0390

G4-13 Synthesis of Chelate Ligand Attached to Fe_3O_4 Nanoparticle with PEI and PAA

PEI와 PAA를 이용한 킬레이트 리간드가 부착된 Fe_3O_4 나노입자 합성

최진욱*, 한진순, 최성철, 안계석. *한양대학교*

Magnetite (Fe_3O_4) nanoparticle has the advantage in the collection process of separating biological materials with its unique magnetic property. Especially, when chelated ligand is formed with conjugated metallic ion like Ni^{2+} on surface of particle, Fe_3O_4 nanoparticle have been focused on accelerated separation of biomaterials such as DNA or histidine etc. In this study, Fe_3O_4 nanoparticle with nitrilotiriacetic acid (NTA) was synthesized via attaching amine group though precursor polyethyleneimine (PEI) and carboxyl group though precursor polyacrylic acid (PAA). In order to binding NTA with Fe_3O_4, carboxyl group had an advantage over amine group as a cross-linker such as glutaraldehyde ($C_5H_8O_2$). When using PAA for forming carboxyl group at the terminal group, the NTA could have been bound with carboxyl group directly without support from cross-linker. The changes of terminal group, zeta potential and etc. on surface were studied through carboxyl group which could be possible to bond NTA with Fe3O4 directly. These changes were considered based on various points of properties. Fourier transform infrared spectropy (FT-IR) was used to analysis existing peak of functional group like amine and carboxyl on surface of particle. Zeta-potential was measured to analyze electrostatical charge derived by functional group. Transmission electron microscopy (TEM) was used to identify morphological change by synthesis of particle. Vibrating sample magnetometer (VSM) was used for analyzing magnetic property which is important property about rate of separation.

G4-14 Fabrication of Fe_3O_4@SiO_2 Nanoparticle with Sodium Silicate and Evaluation of its Core-shellization and Physical properties

규산 나트륨을 사용한 Fe_3O_4@SiO_2 나노 입자의 제조 및 코어-쉘화 및 물리적 특성 평가

차지현*, 허재욱, 최성철, 안계석. *한양대학교*

Superparamagnetic nanoparticles have characteristics such as high saturation magnetization, low coercive force and residual magnetization. In the case of forming a core shell by a SiO_2 layer on the surface of the Fe_3O_4 nanoparticles, the dispersibility and the heat stability was increased, and the properties required for various applications such as magnetic storage and water purification could be satisfied. In generally, tetraethyl orthosilicate (TEOS) was used as silane precursor the core shell structure with SiO_2 layer. However, there are a number of disadvantages in using a wide range of industries. In this study, the coating layer was formed by sodium silicate (Na_2SiO_3) as a precursor for the production of SiO_2 layer. In the process of modifying the surface of Fe_3O_4 via Na_2SiO_3, changes at different pH conditions affected the surface of morphology and thickness of the SiO_2 layer by controlling the pH value using HCl. We discussed about the changes in physical properties and the behavior of particles properties.

The presence of functional groups formed of Na_2SiO_3 on Fe_3O_4 nanoparticles was confirmed by Fourier transform infrared (FT-IR). Transmission electron microscopy (TEM) confirmed the shape of the nanoparticles and the thickness of the SiO_2 layer. The dispersion of nanoparticles for each pH value was measured by particle potential or particle size distribution. Finally, magnetic property of nanoparticles was measured using vibrating sample magnetometer (VSM).

G4-15 Demonstration of High-efficiency, High-color Rendering White Electroluminescent Devices based on I–III–VI Type Quantum Dots

I–III–VI 양자점 기반 고효율, 고연색 특성의 백색 전계발광 소자 제작 연구

윤석영*, 김경혜, 김양희, 김휘재, 양희선. *홍익대학교*

양자점 기반 전계발광 소자(quantum dot light-emitting diode, QLED)는 양자점의 코어/쉘 헤테로구조 및 다층 소자 구조의 최적화를 통해 외부 양자 효율이 이론적으로 도달할 수 있는 수치인 20%에 근접하게 도달하였지만, 이는 모두 강한 독성을 가지는 카드뮴 기반의 양자점을 발광층으로 적용한 연구 결과이다. 지금까지 대부분의 QLED는 우수한 색역과 고효율 특성을 갖는 디스플레이 소자 제작 연구에 집중되어 온 반면, 백색 조명용 QLED 소자에 대한 연구는 현재까지 매우 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 비카드뮴 조성의 I–III–VI 계 청색 Zn–Cu–Ga–S 양자점과 황색 Cu–In–S 양자점을 혼합하여 백색광을 구현하고자 하였다. 결함 발광 특성을 가지는 I–III–VI 계 양자점은 큰 Stokes-shift로 인해 양자점간 에너지 전이 최소화가 가능하며, 넓은 발광 반치폭 특성을 가지고 있어 높은 연색지수를 가지는 백색광 구현에 적합하다. 청색과 황색 발광 양자점을 다양한 비율로 혼합하여 전용액공정 기반으로 백색 QLED를 제작하였고, 이중 가장 우수한 특성을 보인 백색 QLED 소자의 경우 2172 cd/m^2의 최대 휘도, 4.6%의 최대 외부 양자 효율, 82 이상의 우수한 연색지수를 나타내었다.

G4-16 Synergistic Coupling Derived Cobalt Oxide with Nitrogenated Holey Two-Dimensional Matrix as an Efficient Bifunctional Catalyst for Metal–Air Batteries

질소 치환된 2차원 지지체 및 코발트 산화물의 시너지 효과를 활용한 고효율 금속-공기 전지 촉매

김정원*, 황효제, 양예진, 이한솔, 김건태. *울산과학기술원(UNIST)*

Developing cost-effective, efficient bifunctional electrocatalysts for the oxygen reduction reaction (ORR) and oxygen evolution reaction (OER) is the heart of metal–air batteries as a renewable-energy technology. Herein, well-distributed nanopolyhedron (NP) Co_3O_4 grown on iron (Fe) encapsulated in graphitic layers on a nitrogenated, porous two-dimensional (2D) structure, namely, a C_2N matrix, (NP Co_3O_4/Fe@C_2N), presents an outstanding bifunctional catalytic activity with a comparable overpotential and Tafel slope to those of benchmark Pt/C and IrO_2. Interestingly, the specific interaction between the NP Co_3O_4 nanoparticles and the C2N matrix introduces synergistic coupling and changes the electronic configuration of Co atoms and the C_2N framework. Benefiting from the synergistic coupling of Co_3O_4 with the C_2N matrix, the NP Co_3O_4/Fe@C_2N electrocatalyst exhibits exceptionally high stability and an even lower charge–discharge overpotential gap of 0.85 V at 15 mA cm^{-2} than that of the Pt/C+IrO_2 catalyst (1.01 V) in Zn–air batteries. This work provides insights into the rational design of a metal oxide on a C2N matrix for bifunctional, low-cost electrochemical catalysts.

G5-1 Osteoinductive Potential of a Calcium Phosphate Bioceramics, Q-Oss®+

박형준*, 최백선, 하경원. *오스템임플란트*

Most biomaterials do not have osteoinductivity in absence of growth factors. Calcium phosphate bioceramics have been used as bone substitutes due to their osteoconductivity. However several studies reported osteogenesis by calcium phosphate bioceramics alone after implantation in nonosseous sites. The objective of this study was to evaluate osteoinductive potential of a calcium phosphate synthetic bone substitute, Q-Oss®+ (Osstem Implant Co., Ltd., Seoul, Korea). The bone substitute was composed of biphasic calcium phosphate (20% hydroxyapatite and 80% b-tricalcium phosphate). Its microsurface morphology was designed to promote bone formation. The bone substitute was implanted in subcutaneous sites of beagle dogs. Histological evaluation was performed to assess osteoinductive potential of the bone substitute. Ectopic bone formation by the bone substitute was followed. At the early weeks after implantation, osteoblastic cells producing bone matrix were observed at surface of the bone substitute. In the later weeks after implantation, fatty bone marrow was found among the bone matrix. The physicochemical properties of the bone substitute might play an important role in its osteoinductivity.

G5-2 Ball Mill Pretreatment for Increasing Biogas in Pilot Scale

바이오가스 생산 증대를 위한 볼밀 전처리 파일럿 규모 연구

구양모[1]*, 변하람[1], 박선영[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교*

본 연구는 혐기성 소화 공정에서 바이오가스 향상을 위한 물리적 전처리 공정인 ball mill 전처리의 산업 현장 적용을 위한 파일럿 규모 연구를 실시하였다. 사용된 ball mill 전처리 장치는 18L 규모의 attrition 방식 물리적 전처리 장치이며, 회전속도, 운전시간 등에 따른 음식폐기물의 물리적 전처리를 진행하였다. 볼밀 전처리 전·후 원료의 입도 분포를 비교하기 위해 Particle Size Analysis (PSA) 분석을 통해 분쇄효과를 확인하였으며 Bio Methane Potential (BMP) test를 통해 바이오가스 생산량과 가스 성분을 측정하였으며, COD 분석을 통해 물리적 전처리에 의한 생물학적 가용성 변화를 분석하였다. 실험을 통해 볼밀 전처리 후 10% 이상 바이오가스 증대의 효과를 확인하였고, 음식폐기물의 평균입자 크기가 50 μm 이하로 감소되는 것을 확인 하였다. 본 실험 결과를 바탕으로 혐기성 소화 과정에서 바이오가스 생산 증대를 극대화할 수 있는 ball mill 전처리 공정의 산업 현장 적용 가능성을 확인하였다.

G5-3 Development of Visible Light Activated Antimicrobial Air Filter Using Pt Coated TiO_2

Pt 개질 TiO_2를 이용한 가시광 활성 항균 공기 필터의 개발

변하람[1]*, 구양모[1], 박선영[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교*

본 연구는 가시광영역에서 작용하는 TiO_2입자를 이용한 항균성 공기 필터 제작에 관한 것으로, 가시광에 의한 활성을 향상시키기 위하여 Pt로 개질한 TiO_2를 사용하였다. Pt로 개질 된 TiO_2의 특성을 확인하기위해 PSA, UV/VIS Spectrophotometer, SEM, EDS 분석을 진행하였으며, *Micrococcus luteus*를 사용하여 항균성 테스트를 실시하였다. 빛의 조사 유무와 가시광 촉매의 농도, 가시광 조사 시간(2h, 4h, 6h, 8h)에 따른 항균성 영향을 분석하였다. 개질 된 TiO_2는 가시광 영역에서도 빛의 흡수가 이뤄졌지만, 빛의 조사가 없는 환경에서도 고농도의 TiO_2 농도에서는 소재 자체의 항균성이 나타났다. 가시광원 조사에 따른 항균성 테스트에서 1 g/L, 5 g/L의 농도에서 시간이 지남에 따라 항균 활성이 증가하는 것을 확인하였다. 특히 1 g/L의 농도에서 항균력이 가장 우수한 것을 확인하였으며, 이를 필터 소재(Poly ethylene)에 코팅하기 위해 실리카(Si) 전구체를 이용하여 코팅 용액을 제조하여 필터 소재 표면에 spary-coating하였다. 최종적으로 개질 된 TiO_2가 코팅된 필터의 항균성을 실제 공기 필터의 사용환경을 모사한 방법으로 실험을 진행하였다.

G5-4 Illite-polyethylene Hybrid Film for Keeping Freshness of Fruits with Enhanced Oxygen Permeability

과일의 신선도 유지를 위한 산소 투과도 증진 일라이트-폴리에틸렌 하이브리드 필름

성동민[1]*, 장정호[2]. *[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원*

This work reports the preparation and evaluation of ceramic hybrid film, in which they were prepared through the illite and polyethylene compounds. Particle size of illites was controlled in the range of 1~10 μm and then mixed with LDPE to form the master-batch. And then, the master-batch was mixed with large amount of LDPE to prepare film. We achieved the characterization of illite-PE hybrid master-batch and film by SEM, TGA, FT-IR to check up the dispersity and abundancy of illite materials in polyethylene matrix. Moreover, we achieved higher oxygen permeability than twice that of neat LDPE film. Finally, assessment of keeping freshness of banana fruits showed better storage characteristics comppared to neat LDPE film.

G5-5 Biodegradable Electronic Devices for Minimally Invasive Medical Implant

생분해성 전자소자를 활용한 최소침습형 삽입형 의료소자

강승균*. *서울대학교*

단시간 사용 후 물리적인 형태가 완전히 사라지는 transient electronics 연구가 주목 받고 있다. 폐기물을 남기지 않는 친환경 전자소자에서부터 하드웨어를 제거하여 기록 유출을 방지하는 보안 기술까지 다양한 활용가능성이 있다. 특히 인체 내에 삽입되어 제거수술이 필요한 의료소자의 경우, 수술의 횟수를 줄이고 체내에서의 잔류물에 의한 감염을 최소화하는 장점이 있다. 본 발표에서는 체내에서 분해 가능한 삽입형 전자소자의 최신 연구결과를 소개하고자 한다. 제안된 전자소자는 생분해성 무기물 전자소재 및 금속 소재를 유연한 고분자 기판과 결합시켜 개발됐다. 실리콘 나노박막, 생분해성 금속 등의 분해 매커니즘을 실험적으로 검증하였다. 보호피막 기술, 무선통신 인터페이스 등 삽입형 소자응용에 필요한 기반기술을 소개한다. 실리콘 나노박막의 압전저항 성질을 활용하여 압력센서를 제작하고 쥐 모델에서 두개내 압력을 실시간 모니터링하는데 응용하였다. 또한 마그네슘 금속을 이용한 코일을 활용하여 근거리 통신을 통한 생분해성 신경자극기를 개발하였다. 두가지 예시를 통해 단기 생체모니터링 및 재활치료에 생분해성 전자소자의 유용성을 제안한다.

G5-6 Biocompatible Carbon Dots for Diagnostics and Therapeutics
질병진단/치료용 생체적합성 탄소 양자점 연구

권우성*. *숙명여자대학교*

Nanoparticles have been widely investigated for biomedical applications, such as imaging, therapy, and drug delivery. However, photostability and safety issues have been the technical hurdles for further clinical applications. In this aspect, carbon dots (C-dots) have been the subject of extensive research because of their biocompatibility and photostability. Here, I introduce the basic properties of C-dots and their diagnostic and therapeutic applications. The electronic structure of C-dots can be engineered by doping atoms of lone pairs of electrons such as boron, nitrogen, and oxygen to induce intra-gap states. These intra-gap states play an important role to generate photons and phonons through radiative and non-radiative recombination processes of photoexcited electrons. Using light and heat from C-dots, in vitro/in vivo bioimaging and photothermal therapy of cancer have been demonstrated.

G5-7 Modulation of Hypoxic Microenvironment using Multifunctional Nanoparticles
다기능성 나노입자를 이용한 저산소 미세환경의 제어

이노현*. *국민대학교*

Due to their unique physicochemical properties, inorganic nanoparticles (NPs) have emerged as novel imaging, diagnostic, and therapeutic agents for the future biomedical field. In particular, hypoxic inflammatory microenvironments, which is often found at disease sites in the body, can be easily controlled using inorganic NPs with various combinations. Catalytic inorganic NPs continuously generate oxygen using intracellular hydrogen peroxide in the hypoxic microenvironment. They can also control the phenotype of macrophages in the inflammatory microenvironment, alleviating the inflammation in inflamed tissues. Moreover, immune cell can be targeted using the NPs functionalized with targeting moieties, enabling the delivery of the functional NPs to inflammatory microenvironments. I would like to describes the applications of multifunctional inorganic NPs for modulation of hypoxic and inflammatory microenvironments.

Firstly, biocompatible manganese ferrite NP-anchored mesoporous silica NPs (MFMSNs) were designed to overcome hypoxia, consequently enhancing the therapeutic efficiency of photodynamic therapy (PDT). By exploiting the continuous oxygen-evolving property of manganese ferrite NPs through the Fenton reaction, MFMSNs relieve hypoxic condition using a small amount of NPs and improve therapeutic outcomes of PDT for tumors in vivo. In addition, MFMSNs exhibit T2 contrast effect in magnetic resonance imaging (MRI), allowing in vivo tracking of MFMSNs.

Secondly, manganese ferrite and ceria NP-anchored mesoporous silica NPs (MFC-MSNs) that can synergistically scavenge reactive oxygen species (ROS) and produce oxygen for M1 macrophage reduction and M2 macrophage induction for rheumatoid arthritis (RA) treatment. MFC-MSNs exhibited a synergistic effect on O_2 generation attributed to hydroxyl complementary reaction of ceria NPs scavenging the intermediate hydroxyl radical generated by manganese ferrite NPs during the Fenton reaction in the process of O_2 generation, leading to efficient polarization of M1 to M2 macrophages both in vitro and in vivo. Intra-articular administration of MFC-MSNs to RA-suffering rats alleviated hypoxia, inflammation, and pathological features in the joint.

G5-8 Bioinspired Nanoparticles for Diagnosis and Therapy
생체모방성 나노입자를 사용한 진단 및 치료기술

이효진*. *KIST (한국과학기술연구원)*

Early diagnosis is able to provide properly timed treatment resulting in successful therapeutic effect. Since various diseases are complex system, detection of multiple biomarkers which are correlated with disease development mechanism should be required to increase the accuracy. In this regard, sensor system has been developed to improve the sensitivity and specificity of the detection method. However, many previous approaches were designed without considering the surrounding disease environment, which results in fail to apply in clinical system. Manipulating the biomimetic disease model platform with novel biomolecule monitoring system can provide key knowledge for diagnosis and treatment. Here, I will introduce new diagnosis tools using biomolecules-functionalized metal nanoparticles on biomimetic platforms. Additionally, I will explain new therapeutic gene editing system based on bioinspired nanoparticle carrier. Finally, I will discuss how the nano materials can lead us to new breakthroughs in biomedical technologies. These approaches will be able to realize the smart health care system for overall patient health to help cure and treat.

G5-9 Engineering of Plasmonic Nanostructures for Live Cell Imaging and Biodiagnostic Applications

임동권*. *고려대학교*

Obtaining molecular information from inside cells is an important topic to understand the outcome of molecular interactions between potential drug molecules and biomolecules inside cells. To envision this goal, we established the surface enhanced Raman scattering-based single-cell spectroscopic method to monitor changes in intracellular molecular signatures during mitochondrially mediated apoptosis in real time. Triphenylphosphine-modified gold nanoparticles were localized successfully to the mitochondria and greatly

enhanced to obtain the intrinsic Raman scattering spectrum of mitochondria and cytochrome c in the live cell. Photothermally induced apoptosis showed a moderate decrease in the disulfide bond and a sharp increase in β-sheet structures depending on the input-laser power, along with morphological changes. However, chemical drug induced-apoptosis showed more subtle changes in the disulfide bond, as well as changes in Raman peaks corresponding to cytochrome c, and the appearance of a new peak at 1420 cm^{-1}, which enabled us to study the molecular interactions within the mitochondria in real time from a single cell, following treatment with a novel pyruvate dehydrogenase kinase inhibitor. We further advanced the method to obtain the membrane potential changes induced by biomolecules or chemicals etc. In this talk, I like to introduce the method and results in detail.

G5-10 Generation of Structure-switching Nanostructures toward *in situ* Analyte Monitoring

실시간 표적물질 모니터링을 위한 구조변경 나노구조체 개발

오승수*. *포항공과대학교*

Molecular switches that perform conformational changes upon target binding possess powerful capabilities for high-performance biosensors because they offer excellent binding properties, undergo reversible folding, and can be readily engineered to be integrated with electrical devices. For example, structure-switching aptamers coated on ultra-thin metal-oxide field-effect transistors selectively detected several analytes even in complex mixtures. Furthermore, the structure-switching aptamers were utilized to develop microfluidic electro-chemical biosensors, which enabled continuous, real-time monitoring of specific molecules in human blood. Such highly sensitive, real-time biosensors would hold the potential to continuously report patients' health and their response to therapeutics, which would be the key technology in actualizing the paradigm of personalized medicine, "the right drug, at the right dose, and at the right time."

To fully realize this potential, my work has focused on the development of novel methodologies to generate a wide range of molecular switches suitable for next-generation diagnostics. Specifically, in this presentation, I will introduce an innovative *in vitro* selection strategy enabling the discovery of DNA nanostructures that undergo binding-induced structure-switching, *i.e.*, structure-switching aptamers, and the potential of the molecular switches toward *in situ* biosensing applications will be further demonstrated.

G6-1 Key role of TeO_2 based Optical Glass for Mid-Infrared Optical Lens and Cameras

최주현*, K. Lingana. *한국광기술원*

The mid-infrared (mid-IR) 3–6 mm region is one of the atmospheric transmission windows, where the Earth's atmosphere is relatively transparent. It is an important area for atmospheric, security and industrial applications, such as detecting remote explosives, counter-measures against heat-seeking missiles and covert communication systems [1]. In this regard, the fluoride, chalcogenide and heavy metal oxide glasses have been considered as potential candidates for optical applications due to their unique properties, however, they have poor thermal and mechanical properties. As the host material, these glasses require a good transmittance, good thermal stability and chemical durability, low coefficient of thermal expansion, and fine mechanical properties. In view of the above importance, tellurite glasses are potential candidates for mid-infrared optical device applications, unifying the following properties such as wide transmission window, good glass stability and durability, high refractive index, high Raman gain coefficient, low maximum phonon energy, etc. Therefore, we fabricated a series of TeO_2 based glasses modified different additives that include alkaline earth, transition metal and heavy metal oxides. The important thermal, thermo-mechanical, and optical properties of the glass systems were investigated. It was found that the TeO_2-ZnO-La_2O_3 based glass system exhibited a good thermal stability, low CTE, high refractive index and high transmittance in the mid-IR region. The molded lens usingTeO_2-ZnO-La_2O_3 based glass was installed on MID-IR camera and characterized. The results indicate that the feasibility of TeO_2 based optical glass for mid-IR molded glass lens was proved.

Reference:

[1] A. Schliesser, N. Picqué, T.W. Hänsch, Mid-infrared frequency combs. Nature Photon. 6 (2012) 440–449.

G6-2 Heat Transfer Control by Dispersed Metallic Particles in CaO-Al_2O_3-CaF_2-based Glasses

Metallic particle을 활용한 CaO-Al_2O_3-CaF_2계 유리의 열 전달 제어

현성희*, 조중욱. *포항공과대학교*

Dispersing metallic particles in the glass matrix has a decisive effect on the reduction of thermal radiation, which is one of the major roles of crystalline phase in continuous casting for steel production. To assess the detailed effect of metallic particles on heat transfer, CaO-Al_2O_3-CaF_2-based structurally stable glass system was examined with 0%, 2%, and 5% of FeO or Fe metallic particles. The change of extinction coefficient by Mie Scattering of the Fe particles and absorption by FeO was investigated using an FT-IR and a UV-VIS. Furthermore, to evaluate the thermal conductivity of glass samples with dispersed metallic particle, the laser flash technique (LFA) has been applied. Especially, calculation of the one-dimensional Debye temperature and the image analysis for particle morphology and size distribution were also conducted to explain further the thermal conductivity behavior of glass samples. Finally, to simulate the heat transfer ratio by both the conduction and radiation, measurement of actual heat flux through molten glass has been performed with an Infrared Emitter Technique (IET). It is found that the overall heat transfer rate across glass film could be reduced significantly by dispersion of metallic particles.

G6-3 Cd-rich Core with Zn-rich Shell Morphology of $Cd_{1-x}Zn_xSe$ Quantum Dots in Silicate Glasses Investigated using the Atom Probe Tomography

Atom Probe Tomography를 이용한 규산염 유리내 Cd-rich 코어 Zn-rich 쉘 형태의 $Cd_{1-x}Zn_xSe$ 양자점 규명

이호정*,박원지,허종. *포항공과대학교*

Core-shell quantum dots (QDs) have been studied due to their high quantum efficiencies and photo-stabilities. In particular, CdSe QDs with ZnS, CdS or ZnSe shells have been developed extensively to reduce a non-radiative decay pathways. These highly luminescent QDs are being in the bio-imaging, solar cell and display industries.

QDs inside glass matrices, on the other hand, can provide enhancement in chemical and thermal durability compared to their colloidal process. However, the precipitation of these core-shell QDs and the analysis of their precise structures and compositions inside the glass matrix have been limited due to the inherent properties of the glass.

In this study, we have precipitated $Cd_{1-x}Zn_xSe$ QDs in silicate glasses using the continuous wave laser (λ = 532 nm) and investigated the direct evidence of core-shell QDs formation leading to the decrease in the defect emissions (λ ≈ 620 nm). The core-shell morphologies of QDs were observed under bright field images of transmission electron microscopy (TEM). In addition, the three dimensional atomic distributions and iso-concentration analyses from local electrode atom probe tomography (LEAP) showed that Cd clusters are surrounded by the Zn clusters.

G6-4 Influence of Stoichiometry on Properties and Structures of Ternary Ge-Ga-Se Glasses

삼성분계 Ge-Ga-Se 유리의 물성과 구조에 대한 화학양론비의 영향

김현[1*], 이준호[1], 이우형[1], 최주현[2], 최용규[1]. *[1] 한국항공대학교, [2] 한국광기술원*

삼성분계 Ge-Ga-Se 칼코지나이드 조성계는 열적 안정성이 우수한 유리 상을 형성함에도 불구하고 Ga 원자의 배위수가 4이며 따라서 '8-*N*' 규칙을 만족하지 않는 것으로 알려져 있다. 대표적인 삼성분계 Ge-(Sb, As)-(S, Se) 유리의 경우, 모든 구성 원자가 '8-*N*' 규칙을 만족하는 전형적인 amorphous covalent network solid로 간주됨을 고려할 때 Ge-Ga-(S, Se) 유리는 구조 측면에서 매우 흥미롭다.

조성 변화에 대한 제반 물성의 변화를 실험적으로 파악하는 것은 유리 상태의 형성 및 구조를 이해하는데 있어 필수적이다. 본 발표에서는 해당 칼코지나이드 유리 물성의 조성 의존성을 크게 topological threshold, structural threshold 및 chemical threshold 관점에서 고찰하고자 하였다. 특히, $GeSe_2$-Ga_2Se_3 조성비와 $GeSe_2$-$GaSe_2$ 조성비의 stoichiometric tie-line 각각의 영향을 구분하고자 하였으며, 나아가 [$GaSe_4$] 사면체의 network connectivity와 charge compensation 및 three-coordinated selenium 원자 등과 연관된 아직까지도 해결되지 않은 해당 유리의 구조 모델에 대한 서로 상충되는 견해들을 통일하고자 하였다.

G6-5 Universality of the Single Average Harmonic Oscillator Model upon Compositional Dependence of Infrared Transmission Edge of Chalcogenide Glasses

칼코지나이드 유리 적외선 투과단의 조성 의존성에 대한 'Single Average Harmonic Oscillator' 모델의 보편성

최용규*, 김현, 이준호. *한국항공대학교*

광학 렌즈로 사용되는 유리 소재의 굴절률과 분산은 결상 광학계를 통하여 얻어지는 화상 이미지의 품질을 제고하기 위하여 반드시 엄밀하게 제어되어야 한다. 가시광 대역용 광학 유리의 경우, 분산 특성은 기본적으로 해당 소재의 밴드갭 에너지 크기에 의하여 좌우됨이 알려져 있다. 따라서 가시광 대역에서 흡수를 나타내지 않으면서 동시에 고분산 특성을 가지는 유리 소재의 조성 확보가 쉽지 않다.

한편, 대기의 투과창인 8 ~ 12 μm 대역 원적외선을 활용하는 열화상 카메라에 대한 민수 분야의 수요가 급증하고 있는데, 렌즈 소재 자체의 가격 경쟁력을 확보하고 광학 수차를 줄이기 위해서는 다양한 굴절률 및 분산을 가지는 조성의 확보를 통하여 원적외선 대역의 아베 다이어그램을 더욱 확장시켜야 하고, 이를 통하여 결정질 소재를 사용하지 않는 all-glass-based lens assembly를 구현할 수 있다.

원적외선 대역 렌즈용 칼코지나이드 유리는 당연히 최소한 12 μm 이상의 적외선 투과단을 가져야 하기 때문에 최적조성의 개발에 있어 적외선 투과단의 조성 의존성을 파악하는 것은 매우 중요하다. 수 mm 두께의 유리가 나타내는 적외선 투과단의 위치는 구성원자 사이의 기본 진동 천이의 다중포논 흡수에 기인한다. 최근 본 저자들은 칼코지나이드 유리를 'single average harmonic oscillator (SAHO)'로 간주할 수 있음을 제안하고, 적외선 투과단이 평균 결합에너지(E_{ave})와 몰 질량(M)의 조합으로 표현되는 $(E_{ave}/M)^{1/2}$ 값에 선형적으로 비례함을 주로 Ge-Sb-Se 유리 및 Ge-Sb-S 유리를 대상으로 확인하였다. 이에 본 발표에서는 보다 다양한 여타 조성계의 칼코지나이드 유리에 대하여 SAHO 모델을 적용한 결과를 근거로 본 SAHO 모델의 보편성에 대하여 논하고자 한다.

G6-6 Emission Properties of Eu^{2+} doped Oxy-Fluoride Glass Ceramic by Adding RF_2 (R=Ba, Ca, Sr) under UV-LED Excitation

Eu^{2+}가 도핑된 Oxy-fluoride 결정화유리의 RF_2 (R = Ba, Ca, Sr) 첨가에 따른 발광 특성

이한솔[1*], 최용규[2], 정운진[1]. *[1] 공주대학교, [2] 한국항공대학교*

Fluoride 나노 결정을 함유하는 oxy-fluoride 유리 세라믹은 fluoride 결정의 낮은 포논에너지로 첨가 되는 활성 물질의 높은 양자 효율을 기대할 수 있으며, oxide 유리의 높은 열 및 화학적 안정성을 갖고 있어 안정적인 색 변환 소재로 활용이 가능하다. 이 중 활성 물질로써 Eu^{2+} 이온은 국부 구조 및 결정장에 따라 다양한 발광 파장과 형광 수명을 가지고 있어 폭넓은 연구가 수행되고 있다. 특히, 최근 본 연구진은 SiO_2-Na_2O-Al_2O_3-LaF_3 기반의 유리내 결정상의 제어를 통해 Eu^{2+}의 발광 파장 및 효율 향상을 보고한 바 있다.

본 연구에서는 400 nm UV-LED에 의한 색 변환 효율 향상을 위해 SiO_2-Na_2O-Al_2O_3-LaF_3 조성을 기반으로 LaF_3를 RF_2(R = Ba, Ca, Sr)로 치환하며 유리를 제조하였다. 제조된 유리의 발광스펙트럼을 확인하고 열처리를 진행하여 발광 스펙트럼의 변화를 확인하였으며, 열처리 전후의 스펙트럼과 양자 효율을 비교하였다. LaF_3를 RF_2로 치환시 기존 결정상과 다른 결정상의 형성을 확인하였으며, 색 변환 효율의 감소도 발생하였다. 특히, 일부 조성에서 기존 발광에 비해 발광 수명이 크게 향상된 afterglow 효과를 확인하였다. 발광 특성 변화의 원인 규명을 위해 RF_2 치환 전,후의 결정상을 XRD로 확인하였으며, TEM&EDS로 결정 형상을 확인하였다.

G6-7 Improved Color Gamut and Thermal Stability of White LED with Phosphor-in-Glass using β-sialon:Eu^{2+} and Nd-doped Silicate Glass

β-sialon:Eu^{2+} 형광체 및 Nd-첨가 silicate 유리를 이용한 백색 LED용 phosphor-in-glass의 색 재현성 및 열 안정성 향상

남윤희*, 김성현, 정운진. *공주대학교*

디스플레이는 일상 생활 속 스마트폰, 태블릿, 대형 TV 등 각종 전자 기기에 광범위하게 자리매김하게 되었으며 더욱 더 선명한 화면과 낮은 소비 전력 및 얇은 두께 등의 품질 향상이 끊임없이 요구되고 있다. 최근 높은 양자 효율과 좁은 발광 스펙트럼을 가진 OLED와 QLED가 출시됨에 따라 선명한 화질로 주목을 받고 있으나, OLED와 양자점내 함유된 유기물의 낮은 화학적, 열적 특성으로 인해 장기 내구성이 부족한 동시에 기존 LCD보다 생산 단가가 높은 단점이 있다. 기존 LCD는 백색 빛의 구현을 위해 red 및 green 형광체를 사용한 RG-LED를 backlight 광원으로 사용하며, 형광체의 넓은 발광 스펙트럼으로 인해 색 재현성이 떨어지는 단점이 있다. 또한, 기존 RG-LED는 유기 바인더를 사용하여 blue LED위에 형광체

를 도포하는 형태로, 유기 바인더의 취약한 열적 내구성으로 인해 고출력, 장시간 사용시 효율 저하가 발생한다.

본 연구에서는, 무기물 기반의 백색 LED용 색 변환 소재인 phosphor-in-glass (PiG)로 열 안정성을 높이고 기존 상용 녹색 형광체 ($Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$) 보다 상대적으로 좁은 발광 선폭을 가진 β-sialon:Eu^{2+} 형광체를 녹색 형광체로 사용하여 색 재현성이 향상된 백색 LED를 구현하였다. 적색 형광체는 기존의 $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$를 사용하였다. 추가적인 적색 및 녹색 발광 선폭의 제어를 위해 Nd이 함유된 silicate 유리를 적용하여 색 재현성의 향상을 도모하였다. 또한, β-sialon:Eu^{2+} 형광체와 Nd가 함유된 PiG를 기존 상용 녹색 형광체를 함유한 PiG의 광 특성과 열 안정성을 비교하였으며, 향후 고품질 LCD-BLU용 광원으로의 잠재력을 확인하였다.

G6-8 Development of Glass Composition without Alkali Element for Red-Emitting Phosphor in Glass (PiG) with $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$ Phosphor

무알칼리 유리를 사용한 $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$ 색변환 소재 개발

박영지[1,2*], 황종희[1], 이윤기[2], 김선욱[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]경상대학교*

In recent years, the development of red-emitting PiG have been attracted attention to realize the high color rendering index of high power white LEDs of for use in rear combination lamps of automobile. To develop the red-emitting phosphor-in-glass (PiG), we used the Eu^{2+} doped orthorhombic $CaAlSiN_3$ red-emitting nitride phosphor, which has been reported with high quantum efficiency (QE) of luminescence, and a hig thermal stability. However, the luminescence efficiency of the nitride phosphor decreases with increasing the sintering temperature probably due to the oxidation of Eu^{2+} into Eu^{3+} in CASN phosphor lattice owing to oxygen introduced into the CASN phosphor lattice. To realize the red-emitting PiG, it is necessary to develop low Tg glass materals. In this study, red-emitting PiG with a high luminescence efficiency were developed by co-firing commercial red-emitting $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$ phosphor and our original glass frits with composition of P_2O_5-ZnO-Al_2O_3-B_2O_3, which has low glass transition temperature (470°C). By optimizing the sintering temperature, the highest luminous efficacy was obtained for the 5 wt% CASN-based PiG sintered at 550°C for 30 min, which showed a luminous efficacy of 22 lm/Wrad by combining the PiG materials with a blue LED chip-on-board (COB; incident power = 100 mA). The internal quantum efficiency of this sample under excitation at 450 nm was 54%.

G6-9 Optical Properties of Periodic Micropatterned VO_2 Thermochromic Films Prepared by Thermal and Intense Pulsed Light Sintering

열소결 및 광소결에 의해 제조된 주기적 미세패턴 VO_2 열변색 필름의 광학적 특성 비교

손승배*, 김광석, 윤지원, 김대업. *한국생산기술연구원*

Vanadium dioxide (VO_2) has garnered considerable attention in recent years as a promising material for thermochromic window applications because of its reversible metal-insulator transition (MIT) near room temperature and corresponding significant changes in its optical properties. However, the trade-off between improving luminous transmittance (T_{lum}) and maintaining the near-infrared modulation ability (ΔT_{NIR}) limits the commercialization of VO_2-based smart windows. To overcome these restrictions, we manufactured nanoinks based on VO_2 nanoparticles and fabricated films via spin-coating these inks on quartz substrates. In this study, a simple photolithography method is employed to produce micropatterned VO_2 films with different periodicities. The dried VO_2 films were sintered by thermal and intense pulsed light (IPL) sintering processes. These micropatterned structures could favorably transmit visible light without sacrificing high ΔT_{NIR}, and the patterned films showed improved T_{lum} compared to continuous films. The patterned VO_2 films thermally sintered at 400°C have T_{lum} of 51.5%–58.8% at 550 nm, ΔT_{NIR} of 19.5%–27.6%, and ΔT_{sol} of 5.7%–8.0%. The patterned VO_2 films IPL-sintered at 2000 V have T_{lum} of 42.7%–50.7% at 550 nm, ΔT_{NIR} of 21.7%–26.9%, and ΔT_{sol} of 6.1%–7.6%. This facile fabrication method offers a new and promising direction for the use of VO_2 thermochromic materials in smart window applications.

G6-10 Influence of the Wavelength Band on the Sintering Characteristics of VO_2 Thin Film Manufactured by Solution-based Process

용액공정으로 제조된 VO_2 박막 광소결 특성에 파장대 영역이 미치는 영향

윤지원[1*], 이석재[2], 김광석[1], 김대업[1]. *[1]한국생산기술연구원, [2]전북대학교*

CO_2 배출 및 에너지 절감 등을 화두로 한 환경규제는 전 세계적으로 다양한 친환경 분야의 연구를 촉진시켰으며, 그 중 열변색 스마트 윈도우는 가시광선 투과율은 유지하고 적외선 투과율 제어를 통해 실내온도 유지에 소비되는 에너지를 절감할 수 있는 특징을 가지고 있다. Vanadium dioxide (VO_2)는 상대적으로 낮은 68°C에서의 금속-절연체 결정구조 변화로 인한 적외선 투과 제어가 가능하여 열변색 코팅 소재로 많이 사용되고 있다. 기존 VO_2 박막의 제조 수단인 sputtering이나 CVD 등은 공정비용이 높고 균일하게 증착가능한 면적의 한계가 있어 sol-gel 등 용액공정을 통해 극복하려는 연구가 진행되었으나, 이 방식 또한 소결을 위한 열처리 공정이 요구되어 폴리머 재질의 기판을 사용하지 못하는 한계가 있었다. 인쇄전자 분야에서 많이 활용되는 IPL sintering process를 용액공정으로 제조된 VO_2 박막에 적용시켜 이러한 문제를 해결하였으나, VO_2 박막 소결에 광 파장 대역이 미치는 영향에 대한 분석이 요구되었다. 본 연구에서는 VO_2 분말이 포함된 용매에 분산제 및 바인더를 혼합하여 제조된 나노잉크를 PEN 기판 표면에 적정량 스핀코팅 하였으며, 자외선, 가시광선, 적외선 대역의 파장만을 통과시키는 광학필터가 삽입된 IPL 장비를 활용하여 광 에너지 적용 단계를 나눈 multi-step 방식으로 박막을 소결하였다. 미세조직은 FE-SEM과 TEM, 투과율 변화는 UV-VIS, 상변화는 XRD, 박막의 원소 농도변화 및 산화정도는 XPS 및 AES를 활용하여 분석하였다.

G6-11 Nanopowder Effect on the Coating Properties of Alumino-Boro-Phosphate Glass

나노 분말의 첨가에 따른 Alumino-Boro-Phosphate 유리의 코팅 물성

김인건*, 이한솔, 정운진. *공주대학교*

Coating용 유리 조성으로써 alumino-boro-phosphate (ABP) 기반의 유리는 우수한 화학적 안정성 및 낮은 융점으로 인해 다양한 금속 소재의 표면 기능 향상을 위한 coating 소재로 널리 사용되고 있다. ABP 유리는 일반적인 soda-lime-glass (SLG) 유리와 다른 표면 구조로 인해 SLG의 표면 물성 개선을 위한 코팅 소재로도 활용이 가능하다. 그러나, 열팽창계수 차이에 의한 열충격의 발생 가능성이

존재하며, 공정단순화를 위해 기존 SLG의 열강화 공정에서 동시 코팅이 가능한 유리 소재의 개발이 필요하다. 또한, 코팅후 기존 SLG 소재의 투과도 확보를 위해 코팅층의 산란을 억제해야 한다.

본 연구에서는, 상용 SLG 유리의 열강화 공정에서 코팅이 가능한 ABP 유리 조성물을 열팽창계수와 소성 온도에서의 유동성을 기초로 탐색하였다. 조성에 따른 열특성 변화를 조사하였으며, glass frit의 입도 변화에 따른 코팅층의 특성 변화를 확인하였다. 특히, 광투과 특성을 확보하기 위해 다양한 나노분말을 첨가하였으며, 이를 통해 haze의 획기적인 개선을 확인하였으며, 이에 대한 원인 분석을 시도하였다. UV-VIS 분광계와 hazemeter를 사용하여 광학적 특성을 확인하였으며, XRD 및 SEM-EDS를 통해 나노 분말의 영향을 분석하였다.

G6-12 Improvement of Fracture Strength in Ceramic Core with Dual-coating Process of Inorganic Binders

무기 바인더의 이중코팅을 통한 세라믹 중자의 강도향상

박혜영*, 이혜주, 최현희, 김봉구, 최혜량, 조근호, 김은희, 정연길. *창원대학교*

기존 연구에서는 주조품의 내부공간을 형성하는 세라믹 중자의 강도 향상을 위해 출발물질과 레진계의 유기 바인더를 혼합하여 제작된 성형체에 액상의 무기 바인더 전구체 코팅을 실시하였으며, 열처리 공정에서 생성된 유리질에 의해 세라믹 중자의 강도를 발현하였다. 이러한 공정은 소결을 동반하지 않아 고온의 용탕과 직접적인 접촉에도 형상과 치수 안정성을 유지할 수 있는 파괴강도 및 열팽창계수를 나타내었다. 하지만, 열처리 공정 동안 다량의 유기 바인더 휘발로 인해 환경오염 및 무기 바인더 코팅층이 손실되어 강도가 저하되는 문제점을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 성형체 제작에 적용된 유기 바인더를 무기 바인더인 규산나트륨 수용액으로 대체하였다. 성형체는 구형의 뮬라이트 ($3Al_2O_3{\cdot}2SiO_2$)를 규산나트륨 수용액과 혼합 (1차 코팅)하여 압축성형을 통해 제작하였으며, 규산염과 금속 알콕사이드로 구성된 무기 바인더 전구체에 침지 (2차 코팅)하였다. 침지 후 건조된 시험편은 1000ºC 열처리를 통해 소성강도를 발현시켰다. 그 결과, 유기 바인더의 휘발에 따른 무기 바인더의 손실 없이 유리질이 균일하게 형성되어 파괴강도가 향상되었으나, 무기 바인더에 포함된 Na 성분으로 인해 습한 환경 또는 고온 주조 적용이 제한되었다. 이를 보완하기 위해 무기 바인더 전구체가 적용되는 2차 코팅에서 규산염 전구체만으로 침지하여 Na 성분을 배제시키고, 1300ºC 열처리를 통해 향상된 소성강도를 확보할 수 있었다. 각각의 공정으로 제작된 시험편은 고온 주조에서도 건전성을 확보하였으며, 주조 후 용출성 시험에서도 100% 용출되었다.

G6-13 Properties of SiO_2-Na_2O-Al_2O_3 Ternary-phase Binder Systems in Organic-inorganic Binder Converting Process

유기-무기 바인더 전환공정에서 SiO_2-Na_2O-Al_2O_3 3성분계 무기 바인더 특성

최현희*, 김은희, 양승철, 정연길, 여정인. *창원대학교*

최근 주조 공정에 적용되는 세라믹 주형 및 중자의 강도를 향상시키기 위해 유기-무기 바인더 전환 공정이 제시되었으며, 이때 무기 바인더로는 xNa_2O-$(1-x)SiO_2$ 2성분계가 적용되었다. 그러나, 2성분계 무기 바인더가 적용된 세라믹 주형 및 중자의 강도는 열처리 공정에서 생성된 비정질 유리상에 의해 발현됨에 따라 강도의 한계성을 나타내어 주조품의 크기 및 복잡성 실현에 제한적인 단점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 SiO_2-Na_2O-Al_2O_3로 구성된 3성분계 무기 바인더 시스템을 유기-무기 바인더 전환 공정에 적용하였다. 3성분계 무기 바인더 시스템에서, Al_2O_3의 양이 증가함에 따라 무기 바인더 자체의 영률, 파괴 인성, 경도가 향상되었으며, 분자역학을 통해 계산된 시뮬레이션 결과와 유사한 값 및 경향 곡선을 나타내었다. 유기-무기 바인더 전환공정에 3성분계 무기 바인더를 적용함으로써 고온 강도가 향상된 세라믹 주형 및 중자의 제조가 가능하였으며, 고온 주조에서도 건전성을 확인할 수 있었다.

G6-14 The Properties of Glass Ceramic of LAS System with Y_2O_3 and Fe_2O_3

Y_2O_3와 Fe_2O_3가 포함된 LAS 계 결정화 유리 특성

이지선[1,2*], 김진호[2], 김선욱[2], 전대우[2], 임태영[2], 이영진[2], 라용호[2], 황종희[2]. [1] *인하대학교,* [2] *한국세라믹기술원*

용융 온도를 낮추고 균질화에 영향을 줄 수 있는 yttrium oxide(산화이트륨)과 iron oxide(산화철)를 사용하여 LI_2O-Al_2O_3-SiO_2 계 결정화 유리를 제조하였다. 조핵제는 Zirconium sulfate(황산지르코늄)을 사용했고, 유리 점도를 낮추기 위해 calcium phosphate(인산칼슘)을 사용해 유리 유동성을 원활하게 하였다. 결정화 유리는 열충격 750ºC 이상을 만족했고, 800ºC 이상에서 열팽창계수가 급격하게 상승하는 온도를 약 30ºC 이상 시프트 하였다.

따라서 yttrium oxide와 iron oxide 포함하는 LAS 계 유리는 고온에서 양호한 용융 상태와 우수한 열팽창 저항성을 확인하였고 특수 주방용 재료 분야에 충분히 활용이 가능하리라 판단되었다.

G7-1 Synthesis of Magnesium Oxide based Binary-phase Powder by Co-precipitation

공침 합성법을 이용한 마그네시아(MgO) 기반 2성분계 분말 합성

김봉구[1*], 최현희[1], 손정훈[1], 변윤기[2], 권민석[2], 김동경[1]. [1] *창원대학교,* [2] *포스코 기술연구원*

마그네시아(MgO) 소재는 현재 반도체, 금속, 내화물 등에서 활용되고 있는데, 그 중에서도 규산염 혼합물인 포스테라이트(Mg_2SiO_4)는 절연 성능이 우수하며, 유전손실이 낮고, 높은 기계적 강도와 우수한 안정성을 가진다. 또한, 열팽창계수가 커서 관내 절연체, 저항기용 기판, 집적회로용 기판, 임플란트 재료 등으로 활용되고 있다. 일반적으로 포스테라이트는 MgO와 SiO_2를 이용하여 고상 반응법으로 많이 제조되고 있으나, 고상 반응법에서 MgO의 입도에 따라 높은 반응 온도와 긴 반응 시간, 반응이 불균일한 단점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 MgO에 다른 금속 원소들을 첨가하여 반응성을 개선시키고자 하였으며, MgO 나노 분말을 적용하여 포스테라이트 합성 시 활성화 에너지를 높여 낮은 열처리 온도 및 짧은 반응 시간을 확보하고자 하였다. 이를 위해, 공침법을 이용하여 MgO와 완전 고용체를 이루며 반응성이 우수한 전위금속 원소(M: Mn, Co, Ni, 등)을 MgO에 고용시켜 $Mg_xM_{1-x}O$ 나노 분말을 합성하였다. 합성한 분말을 SiO_2와 혼합하여 동일한 조건에서 열처리한 시험편에 대한 상분석 및 미세구조 분석을 통해 전위금속 종류 및 유/무에 따른 반응성 및 입자 형상을 비교/고찰하였다. 기존 MgO 대비 2성분계 분말은 SiO_2와의 반응성이 개선됨을 확인하였으며, 포스테라이트 형성을 위한 전위금속 종류에 따른 최적 조성비 및 반응 기구를 제시하였다.

G7-2 Effect of Capillary Pressure on the Porous Ceramic Granules in Powder-bed 3D Printing

파우더 베드 방식 3D 프린팅에서 다공성 세라믹 과립에 대한 모세관 압력의 영향

전승엽[1*], 김홍대[1], 이희수[2], 김태욱[1], 정보라[1], 이명진[1], 박성현[1]. [1] *한국생산기술연구원,* [2] *부산대학교*

파우더 베드 방식의 3D 프린팅용 SiO_2 과립의 표면거동을 확인하였다. SiO_2 분말의 과립화는 혼합편석을 방지하고 유동특성을 개선하며 분말을 다루기 쉬운 장점이 있다. 과립은 분무건조 방식을 사용하여 제조하였다. 분무건조 공정에서, SiO_2 슬러리는 30 um의 좁은 입도분포를 갖는 과립 분말로 성형되고 추가 열처리를 거쳐 다공성의 SiO_2과립을 얻었다. 3D프린팅 적층 시 바인더 분사과정에서 SiO_2과립의 초기 경화를 알아보기 위해 모세관압 측정(Tensiometer test)을 진행하여 바인더의 침투능을 확인하였다. 또한 물방울 관입실험(Water drop penetration time, WDPT)을 통해 3D프린팅 적층면의 표면거동에 의한 침투 시간을 확인하였다. 결과적으로 SiO_2 과립표면의 미세기공이 많을수록 모세관압이 증가하며 바인더 흡수 시간이 줄어들었다. 미세기공이 많은 SiO_2 과립의 경우 바인더 흡수에 따른 초기 경화가 뛰어났으며 파우더 베드 방식 3D 프린팅에서 SiO_2 과립의 미세기공을 조절하여 성형성을 높일 수 있었다.

G7-3 Study on Sand Casting 3D Printing Materials for Electric Vehicle Parts Fabrication

전기자동차 부품 제작을 위한 사형 주조 3D 프린팅 소재 연구

손현진[1*], 장성완[1], 배창준[1], 양정직[2], 이환종[2], 정영근[3]. [1]*재료연구소*, [2]*자동차부품연구원*, [3]*부산대학교*

사형 주조 3D 프린팅은 동시에 복잡한 주형과 중자를 제작 가능하며 기존 목형 공정 대비 제작 시간 90% 단축 및 높은 정밀도로 인해 뿌리산업 부품 제작 기술로서 자동차, 조선, 기계산업에서 부품 제작 기술로서 큰 관심을 받고 있다. 사형 주조 3D 프린팅의 주요 소재는 주물사, 바인더 및 경화제이나, 바인더와 경화제 조성에 따른 강도와 신뢰성에 대한 연구는 미비하여 주형 강도 재현성 부족으로 실제 주조 공정에 적용하는데 한계가 있다. 본 발표에서는 강도의 신뢰성을 평가하는데 주로 사용되는 Weibull modulus를 바탕으로 사형 주조 3D 프린팅에서 중요한 소재인 경화제와 바인더의 조성 변화 및 열처리 공정 변화에 따른 주형의 굽힘 강도(Flexural strength)를 살펴보고, 측정된 시편들의 강도 값을 Weibull plot으로 나타내어 신뢰성 평가를 진행하였다.

G8-1 Point Defects in Semiconductors: Insights from First Principles Calculations

반도체의 점결함에 대한 제일원리계산 연구

강영호*. *재료연구소*

Point defects in semiconductors have been subject to extensive research because they partly or sometimes completely determine physical and chemical properties of materials. Compared to metals, understanding of point defects in semiconductors is more difficult because they can exist in different charge states and the relative stability among distinct charge states relies on Fermi level. Another difficulty arises from the strong lattice-electron coupling of a defect. As a result, a point defect would experience significant change in atomic configuration depending on charge states, which in turn, affect their formation energy. Density functional theory (DFT) with the supercell approach is a powerful tool to investigate point defects, providing an atomic-level insight into the physics and role of point defects in materials. In this presentation, I will talk about DFT results of defect calculations and their implications for real-world applications of semiconductors.

G8-2 Development of the Performance Measurement System for Thermoelctric materials and Generating System

열전재료 및 발전시스템의 성능 측정 및 평가 기술 개발

허성준[1*], 노윤현[1], Brakowa Frimpong[2], 성동수[2], 김병민[2], 박천영[2]. [1]*(주)블루시스*, [2]*한밭대학교*

전세계 에너지 사용량의 40% 이상이 폐열로 버려지고 있으며 미활용 열에너지를 회수하여 전기에너지로 사용하고자 하는 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 특히 산업체의 경우 대부분의 폐열의 온도가 200~400ºC로 열전소자를 적용하기에 최적의 조건이다. 유의미한 전력을 생산하기 위해서는 열전재료에서부터 열전모듈 여러 개를 묶어 하나의 시스템으로 구축하는 과정이 필요하며 이 과정 중에서 각 단계별 성능 평가 과정이 필수적이다.

산업 현장의 폐열은 자동차 배기가스 파이프 등 파이프나 굴뚝을 통해 밖으로 배출되는 것이 일반적이며 24시간 구동되는 경우가 많기 때문에 실제 현장에 설치하여 열전발전제품의 성능을 평가하거나 검증할 기회를 얻기는 매우 어렵다.

본 연구에서는 이러한 어려움을 해결하기 위해 열전재료에서부터 열전발전시스템까지 실제 구동 환경과 유사한 측정 환경을 제공하고 제품의 성능을 정확하게 측정할 수 있는 성능 평가 시스템의 개발 동향을 소개한다.

재료의 제벡계수 및 전기전도도를 측정하는 BS-1에서부터 자동차 배기 가스 환경을 정확하게 모사할 수 있는 TEGBlue-Exhaust까지 평가 시스템까지 개발 과정 및 성능 검증을 위한 시험 평가 결과를 소개한다.

G8-3 Solute Redistribution at Interface during Crystal Growth: Monte Carlo Simulation

결정성장 중 계면에서의 용질 재분배: 몬테카를로 시뮬레이션

이재욱*. *재료연구소*

용액에서 성장하는 결정의 성장거동은 계면에서의 화학적 평형과 용질확산에 의해 결정된다. 이것은 각각 순물질 응고과정의 열평형과 열전달에 대응한다. 화학적 평형은 계면곡률을 고려한 Gibbs-Thomson 방정식으로 표현되고 용질확산은 계면의 성장속도를 고려한 물질확산 방정식으로 표현된다. 이와 같이 움직이는 계면에서 경계조건을 풀어야 하는 미분방정식 문제는 수치해석적으로 매우 어려운데 이를 moving boundary problem이라 한다. 이를 극복하기 위해 제시된 방법들로 front-tracking, 상장모델링, 몬테카를로 등이 있다.

본 연구에서는 몬테카를로 방법을 이용하여 결정의 성장거동을 모사해 보았다. 용액 내 용질 확산과 확률적 상전이는 확립된 방법이 있어서 쉽게 구현할 수 있었지만 상전이 직후의 용질 재분배 과정은 정립된 방법이 없어 결정하는 데에 어려움을 겪었다. 이 용질 재분배 과정을 어떻게 묘사하느냐에 따라 평형조성도 바뀌고 결정성장속도와 결정형상도 달라지는 것을 확인하였다. 본 발표에서는 용질 재분배와 관련된 결과들을 나열하고 이것들의 물리적 의미를 논의한다.

G8-4 Fast Direct Probing Polarization Charge at the Nanoscale 원자힘현미경을 이용한 나노스케일에서의 빠르고 직접적인 강유전 분극전하 분석

권오웅*, 김윤석. *성균관대학교*

Piezoresponse force microscopy (PFM) has been used for analyzing ferroelectrics at the nanoscale. However, because of numerous artifacts in PFM, non-ferroelectric materials exhibit ferroelectric-like response. Therefore, it is difficult to confirm ferroelectricity only by

PFM. In addition, the PFM signal in newly studied ferroelectrics may be misunderstood by the artifacts because some of them show the relatively small PFM signal. Therefore, other methods are necessary as a complementary method. Here, we obtained polarization-electric field (P-E) hysteresis loop using atomic force microscopy (AFM) with positive-up-negative-down (PUND) method. We use the $BiFeO_3$ nanocapacitor as a model sample, continuous and pulse type waveforms are used for verifying acquisition of polarization charge. We confirmed that the polarization charge can be measured by the AFM with triangular waveform regardless of waveform type. Furthermore, we acquired the P-E hysteresis loop even in frequency at 1 to 4 kHz with continuous waveform. This study can provide the information on the evaluation and discrimination of the materials ferroelectricity at nanoscale.

G9-1 Development of High-viscosity ZrO_2 Nanocomposite Resins for Supportless 3D Printing Process

서포트리스 3D 프린팅을 위한 고점도 지르코니아 세라믹 나노 복합 레진 개발

김진우*, 윤지선. *한국세라믹기술원*

High-viscosity ZrO_2 ceramic nanocomposite resins were developed for use in supportless stereolithography 3D printing. Although the desired 3D-printed objects using low-viscosity resins should be supported by a printed material called a support during the 3D printing process, the high-viscosity resins seemed to serve as supports themselves, due to the limited flowability of the resins. In this regards, it is possible to achieve supportless SLA 3D printing using high-viscosity ceramic nanocomposite resins. The mixing ratio of nano- and micro-particles of ZrO_2 was controlled to improved rheological properties, and the surfaces of the mixed particles were coated with a silane coupling agent (APTMS, 3-acryloxypropyl trimethoxysilane) to improve dispersion properties. UV-curable high-viscosity ZrO_2 ceramic nanocomposite resins with a high viscosity of over 20,000 cps were prepared by dispersing 50 vol% of APTMS-coated ZrO_2 ceramic particles in mixtures of di- and tri-functional acrylate monomers based on interpenetrating networks. Rheological, dispersion, and photo-curing characteristics of APTMS-coated ZrO_2 ceramic nanocomposite resins were investigated using a rheometer, relaxation NMR, stability analyzer and photo-differential scanning calorimeter. After sintering at 1450°C, the mixing ratio of di- and tri-functional acrylate monomer were optimized based on results obtained for the volume shrinkage, surface morphology, and relative density analyses.

S1-1 Development Trend and Technological Evolution of MLCC

이종호*. *삼성전기*

The production of MLCC is state-of-the-art in ceramic processing: diverse processes, including preparation, dispersion, sintering and heat treatment of nano-sized dielectric/additive materials, must be conducted in a precisely controlled manner in order to achieve demanding characteristics. Recent progresses in MLCC technology, including core-shell-structured ceramic, non-agglomerative base metal electrode (Ni) and oxygen vacancy control in ceramics, requires an extreme level of parameter controllability in temperature, composition and atmosphere. Despite of rapidly increasing difficulties, the market demands higher capacitance, smaller size and extended durability in severe operating environment. Realization of higher capacitance and smaller size both requires reduction of layer thickness of dielectric and internal electrode, owing the risk of reliability degradation at the same time. Yet, layer thickness reduction, a crucial aspect in implementation of higher capacitance in the unit volume, has been limited by current technological level. Here, this work introduces the development trend of MLCC with higher capacitance and smaller size, especially thinner dielectric and internal electrodes formation and high reliability.

S1-2 유리 산업의 도전과 성과, 그리고 미래

전윤기*. *LG 하우시스 연구소*

인류가 유리를 사용하기 시작한 시점은 구석기 시대로 추정될 정도로, 유리 재료는 오랜 역사를 자랑한다. 하지만, 근래와 같이 저렴한 가격에 투명하고, 고품질의 유리를 사용하여 아름다운 건축물을 지을 수 있게 된 시점은 채 백 년도 되지 않았다. 그리고 그러한 유리 역사에서의 혁신에는 항상 과학이 함께 하였다.

본 발표에서는 유리의 역사와 재료공학의 관점에서 유리 산업의 혁신적 변화를 고찰하고, 아울러 향후 유리 산업이 발전해 나아갈 방향에 대해 소개하고자 한다. 구체적으로 인류가 유리를 처음 가공하게 된 시점, 투명유리의 개발로 건축물의 창에 사용되게 된 시점 및 공정 개발 역사, 플로트 공법(Floating Process)을 통한 고품질 판유리의 대량 생산과 보급화 과정, 그리고 에너지 절감을 위한 핵심 건축자재로 자리 잡은 저방사 (Low-Emissivity) 코팅유리의 공정 및 개발 역사 등에 대해 소개할 계획이다. 항상 미래를 예측하는 것은 어려운 일인 것 같다. 하지만, 10년 이상 산업체에서 유리 관련 연구를 해온 경험을 바탕으로 미래의 유리 발전 방향에 대해서도 관련 기술 소개와 함께 의견을 드려보고자 한다.

유리의 역사를 되돌아보면, 그 어떤 소재 못지않게 패러다임 쉬프트 (Paradigm Shift)를 이끈 기술 혁신과 그를 통한 인류 삶의 혁명적 변화를 가져왔다는 생각이 든다. 그러한 유리 소재에 대해, 작지만 한 영역에서 연구자로서 일하고 또 다소나마 보탬이 되고 있다는 사실에 참 행복하다.

S1-3 Graphene and 2D Materials for Wearable Electronic Devices and Biosensors

안종현*. *연세대학교*

Rapid advances in synthesis of graphene and 2D materials, and fabrication methods for functional devices enable sophisticated types of functionality and their application to various emerging electronics, such as flexible, wearable and optoelectronic applications, that cannot be addressed with conventional materials. In this talk, I present that two-dimensional semiconductor/semi-metal materials can play critical roles in this context, through demonstrations of complex, mechanically assembled electronic and optoelectronic devices for flexible and wearable applications. Specifically, the mechanics of graphene and MoS_2 can yield various devices indistinct, engineered wearable geometries that cannot be easily reproduced with conventional materials and/or conventional device layouts. Examples of devices include touch, tactile sensors, wearable OLED display, and brain signal sensing devices.

S1-4 Wafer-scale Growth and Assembly of 2D Layered Semiconducting Materials

강기범*. *KAIST (한국과학기술원)*

High-performance semiconducting films with precisely engineered thicknesses and compositions are essential for developing next generation electronic devices, which are becoming more integrated, complex, and multifunctional. My talk will introduce the novel processes that enable atomic-scale control of the thickness and spatial composition of semiconducting films on the wafer-scale. These processes include: (i) the wafer-scale generation of monolayer van der Waals semiconductors such as transition metal dichalcogenides (TMDCs) via metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD), (ii) the atomic-level engineering of vertical thickness and composition through the layer-by-layer assembly of TMDC monolayers, and (iii) the transfer of atomically engineered films, using their van der Waals nature, onto arbitrary substrates. These capabilities provide a new material platform for both fundamental research and practical applications, including incorporation into existing integrated circuit technology to form hybrid materials (i.e. TMDC/CMOS) and boost electrical and optical functionality.

S1-5 Current Status and Future Prospects of Piezoelectric Single Crystals and Their Composites: "Lead-based" and "Lead-free"

이호용[1,2*]. *[1]선문대학교, [2]Ceracomp Co., Ltd.*

Crystallographically engineered Relaxor-PT single crystals, specifically PMN-PT and PZN-PT, offer much higher piezoelectric and electromechanical coupling coefficients (d_{33} > 1,500 pC/N, k_{33} > 0.9), when compared to PZT ceramics. Therefore, the high performance piezoelectric single crystals have been expected to replace polycrystalline PZT ceramics in many application fields such as ultrasound transducers (medical and NDA), SONAR transducer, piezoelectric actuators, piezoelectric sensors, ultrasonic motors, piezoelectric composites and piezoelectric energy harvesting, etc.

Recently the solid-state single crystal growth (SSCG) technique for fabricating the high performance "lead(Pb)-based" piezoelectric single crystals such as PMN-PT and PMN-PZT has been successfully developed. Compared to conventional single crystal growth methods such as flux and Bridgman methods, the SSCG process is very cost-effective and suitable to mass production because a complicated melting process is not involved in the SSCG process. And the SSCG method was successfully applied to growth of high performance "lead(Pb)-free" piezoelectric single crystals (d_{33} > 1,500 pC/N, k_{33} > 0.9).

In this presentation the recent progress on development and application of "lead-based" and "lead-free" piezoelectric single crystals [wafers, wedges, rings, 1-3 and 2-2 composites, and SFC (single crystal fiber composite)] will be introduced, as shown in Fig. 1.

S1-6 Epitaxial Piezoelectric Thin Films on Si for Ultrasound Transducers

백승협*. *한국과학기술연구원*

Secure authentication of one's identity is a major challenge in a modern society due to the increasing popularity of mobile devices (such as smart phones) that can not only store the owner's personal information but also allow banking transactions. A biometrics-based authentication system has attracted a great attention owing to its relatively high-security level and convenience. Current fingerprint recognition systems do not meet the required security level: optical sensors are hard to miniaturize and easily deceived, and capacitive detectors often fail to recognize the patterns by contamination. The ultrasound technology with pMUT (piezoelectric micromachined ultrasound transducer) is one of the most promising technologies to realize such a highly-secure biometrics-based authentication system for mobile electronics. The performance of pMUT is directly determined with the electromechanical property of the piezoelectric layer. However, using conventional piezoelectric materials such as AlN, ZnO, and PZT, it is difficult to generate high power ultrasound that can penetrate into the skin to see veins. Therefore, it is highly desirable to integrate single crystalline relaxor-ferroelectrics, so-called giant piezoelectric materials, on Si substrate. In this talk, I will discuss the recent progress on the epitaxial integration of $Pb(Mg,Nb)O_3$-$Pb(Zr,Ti)O_3$ thin films on Si.

S2-1 Design Principle of a High Performance Fuel Cell Electrode

정우철*. *한국과학기술원(KAIST)*

Fuel cells, and in particular solid oxide fuel cells, enable high-efficiency conversion of chemical fuels into useful electrical energy and, as such, are expected to play a major role in a sustainable energy future. Essential to the fuel cell energy conversion process are the electrochemical reactions at the electrodes - oxygen reduction at the cathode and fuel oxidation at the anode. Despite recognition of the importance of the electrochemical reactions and extensive research efforts towards their elucidation, the reaction pathways and rate-limiting steps remain largely unknown. Progress has been impeded by a number of factors including the morphological complexity of the electrode and of the electrode-electrolyte interface in typical structures, evolution of the surface chemistry during measurement and/or operating, and poor knowledge of the inherent defect and transport properties of the material under electrochemical investigation.

Here, we address these factors through micro/nano-fabrication of simplified, well-defined structures and evaluation of materials with well-known bulk defect and transport properties. We employ physical vapor deposition and micro/nano-patterning methods to prepare oxide-metal composite electrode structures with good impurity control. This geometry, in combination with selected in-situ and ex-situ characterization techniques, enables identification of the reaction pathways, facilitates measurement of the site-specific electro-catalytic activity, and reveals critical factors governing the overall electrode reaction rates. The observations give guidance for achieving fuel cell electrodes with exceptional performance.

S2-2 Economically Viable 페로브스카이트 태양전지

정현석*. *성균관대학교*

최근들어 미세먼지 문제로 경제적 사회적으로 매우 큰 손실을 겪고 있다. 미세먼지 문제는 단순히 환경만의 문제는 아니며, 근원적인 원인은 에너지와 연관되어 있다. 그 예로 미세먼지 원인 중의 하나인 석탄화력발전을 보면, 아직도 우리나라 전력원의 45% 이상을 차지하고 있다. 궁극적으로 미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 발전방식을 신재생에너지발전 방식으로 점진적으로 바꾸어야 한다. 여러가지 신재생에너지원중 태양광 발전은 매우 현실적이다. 태양광 에너지는 고갈되지 않는 무한한 자원으로써 지표의 약 0.16%에 효율 10%의 태양전지를 설치하여도 연간 약 20TW를 생산할 수 있어, 전세계 에너지 사용량을 충당할 수 있다. 그러나 최근 저유가와 중

국의 치킨게임공세에 국내 기업들의 태양광분야 투자가 주춤하고 있다. 이를 극복하기 위해서 기존의 Si 태양전지 시장의 패러다임을 바꿀 수 있는 신기술이 요구되고, 마침 최근 효율 25% 이상의 초저가를 구현할 수 있는 페로브스카이트 태양전지가 등장하였다. 본 강의에서는 페로브스카이트 태양전지의 최신 역사를 소개하고, 이에 대한 기존의 연구방향과 다른 초경량 플렉시블 페로브스카이트 태양전지 제조기술 및 이 태양전지의 재생기술을 소개하여 새로운 응용방향 및 신시장 개척의 가능성을 타진한다.

S2-3 의료기기 제품화 융합연구

김유찬*. *한국과학기술연구원*

최근 대두되고 있는 자국우선보호무역주의는 원천 과학기술 확보의 중요성과 이들의 활용에 대해 다시한번 생각하게 한다. 현재 산업계가 주도하고 있는 주력산업인 자동차, 반도체 등 기존의 먹거리 산업은 점차 포화되어 가고 있고, 이제 연구의 방향은 새로운 성장동력을 발굴해야 하는 시점에 있음에도 분명하다. 이에 본 강연에서는 새로운 성장동력으로서의 바이오 의료기기 산업에 대한 소개와 개발과정의 독특한 구조를 소개하고 앞으로 개발을 위해 우리가 고려해야할 융합연구라는 화두에 대해 최근 개발된 생체분해성 금속소재의 개발과정을 예시로 설명하고자 한다.

S2-4 최신 태양광 산업 및 소재 기술 동향

황명익*. *(주)현대에너지솔루션*

최근 태양광은 전세계적으로 100GW, 국내 2GW 이상의 시장을 형성하면서 기존 발전원 대비 경쟁력을 갖춘 신재생에너지의 대표 주자로 성장하고 있다. 이 배경에는 대규모 투자에 따른 규모의 경제 실현이 기여함과 동시에 셀 효율 및 모듈 출력의 개선 역시 큰 역할을 담당하였다. 현재, 다양한 태양전지 기술 중 결정질 Si 기반 제품이 점유율 90% 이상을 차지하고 있다. 결정질 Si 제품의 효율 및 출력 향상에는 PERC(Passivated Emitter and Rear Contact) 구조 양산화와 같은 셀 구조 및 공정의 발달이 기여했지만, 그 바탕에는 패시베이션 유전막, 전극용 페이스트 등의 소재 기술을 발달이 전제되었다고 할 수 있다. 또한, 추가적인 셀 고효율화 및 고출력화를 위해서는 저저항/고정세 페이스트, 고투과 유리, 전도성 접착제 등의 신소재의 개발이 필요하며 결정질 Si 태양전지의 한계를 넘어서는 고효율화를 위해서는 텐덤 구조 구현을 위한 $Cu(In.Ga)Se_2$ 또는 페로브스카이트 등 박막태양전지 기술과의 접목도 요구된다. 또한, 이러한 소재 및 이를 적용한 태양전지는 우선 높은 효율을 얻을 수 있어야 하지만, 추가적으로 장기신뢰성, 경쟁력 있는 원가를 확보할 수 있어야 한다. 본 발표에서는 결정질 Si 태양전지의 산업 및 기술 동향에 대해 소개하고 미래의 고효율화, 고출력화에 필요한 소재기술에 대해서 고찰하도록 하겠다

S2-5 Nanostructured Solution-Processed Antimony Selenide Based Photocathodes for Photoelectrochemical Water Splitting

문주호*. *연세대학교*

Photoelectrochemical (PEC) water splitting has also drawn significant attention as a cost-effective approach to accomplish solar hydrogen production because photoelectrode in PEC device simultaneously functions as a light harvester and electrolysis. In order to reduce the cost of solar hydrogen, earth-abundant light absorber materials should be accomplished with low-cost solution processing. In this talk, we will give a brief overview of recent progress in solution-processed photocathodes with earth-abundant constituents. Among the emerging photocathode materials, antimony selenide (Sb_2Se_3) is an attractive one due to the narrow band gap of 1.0–1.3 eV, high absorption coefficient ($> 10^5$ cm^{-1}) and high hole mobility. Moreover, Sb_2Se_3 is simple binary compound only having a thermodynamically stable orthorhombic phase, which allows avoiding the complexity of phase and defect control as encountered in other low-cost *p*-type semiconductor. We fabricated shape-controlled Sb_2Se_3 nanostructures via a facile spin-coating with molecular inks. The underlying unique growth mechanism of Sb_2Se_3 nanostructures was elucidated based on understanding of molecular chemistry. The molecular inks were derived from mixtures of thiol-amine, so-called “alkahest”, which have been known as a strong solvent system capable of dissolving diverse compound including metals, oxides and chalcogenides. High-quality metal chalcogenides were obtained by sequential coating molecular solution and annealing. With the controlled shaped Sb_2Se_3 nanostructures, the subsequent deposition of protection layer (TiO_2) and co-catalyst for hydrogen evolution (Pt, RuO_x, MoS_x) enabled us to demonstrate promising performances, exceeding 30 mA cm^{-2} at 0 V vs reversible hydrogen electrode (RHE) under AM 1.5 G illumination, and stability over 10 h.

S2-6 Transparent and Stretchable Electronic Devices with Wireless Functions

박장웅*. *연세대학교*

Healthcare applications of wearable and smart sensors which can monitor human health conditions noninvasively with function of wireless transmission have attracted substantial interests due to the capability of direct detection of biomarkers contained in body fluids. However, the transparent and stretchable sensors integrated on the biomaterials are not yet been realized. In this talk, we presented a multifunctional sensor for human disease diagnosis based on a RLC circuit, where R (resistance) responds to molecular binding of biomarkers in the body fluid while L (inductive) and C (capacitance) change in accordance with structural changes of capacitance materials induced by varying pressure. This device based on hybrid nanostructures using two-dimensional graphene and one-dimensional metal nanowire exhibited high transparency, superb stretchability, and hence enabled the device to be fittable on biomaterials with wireless sensing capability. Furthermore, *in-vivo* and *ex-vivo* tests demonstrated its reliable operation. The advance of these electronics using hybrid structures provides a route towards future electronics.

S3-1 Fundamentals for Decoding the Materials Genome

심우영*. *연세대학교*

One of the intriguing questions in materials science is how elements can be combined to form a solid with desired properties. One part of the answer to this question can be derived from the fundamental relationship between the composition, structure, and basic bonding in materials. This lecture starts with a description of the fundamental atomic structure connected to the structure stability and correlated properties. These aspects will be covered in the context of thermodynamics, crystallography, and solid state physics that complete the correlations between the structures and properties and beyond. Pursuing the discovery and development of advanced material systems lies in this deep understanding of the materials fundamentals,

which is also crucial to achieving global competitiveness of material research.

S3-2 First-Principles Guided Discovery of Novel Bimetallic Catalysts

한상수*. *한국과학기술연구원*

The direct synthesis of hydrogen peroxide (H_2O_2) from H_2 and O_2 represents a potentially atom-efficient alternative to the current industrial indirect process. And, Pd has been currently used as an efficient catalyst for direct H_2O_2 synthesis, although it has not been commercialized yet due to its expensive cost and still unsatisfied catalytic performances. In this regard, it is imperative to discover an inexpensive alternative with a superior catalytic property. For this purpose, we have designed several bimetallic catalysts replacing Pd through first-principles calculations, in particular, a high-throughput approach combining a calculation automation. Moreover, the designed catalysts were experimentally confirmed. Electronic structure of a material is one of key features to determine catalytic properties as like d-band center theory. In the extension line of the theory, we screened 4350 bimetallic alloys by first-principles calculation and calculated similarities of their electronic densities of states (DOS) by comparing with that of Pd. Then, we filtered 10 potential catalysts (thermodynamically miscible) with the highest DOS similarities. And then, we synthesized the 10 candidates and experimentally measured their catalytic properties for H_2O_2 direct synthesis. After the experimental confirmation, it is found that, of the 10 candidates, three bimetallic alloys indeed show similar or superior catalytic properties to Pd. In addition, we suggest a new design scheme using "immiscible" bimetallic systems based on first-principles calculation, and the scheme is also successfully confirmed by an experiment. In this talk, I will also discuss the scheme.

S3-3 Mechanistic Investigation of Electrochemical Water Oxidation

남기태*. *서울대학교*

Water splitting is regarded as a promising step towards environmentally sustainable energy schemes. The oxygen evolution reaction (OER) requires extremely high overpotential due to its slow reaction kinetics. The water oxidizing cluster in photosystem II, in the form of cubical Mn_4CaO_5 cluster, efficiently catalyzes water oxidation. Specific questions that we intensively focus for further applications include how to translate the underlying principles in Mn_4CaO_5 cluster into synthetic heterogeneous catalysts. Toward this vision, we have been developing a new catalytic platform based on sub-10 nm-sized Mn oxide nanoparticles to bridge the gap between atomically defined biological catalysts. In this approach, the local atomic geometry is controlled by the surface modification of the specific ligand and the heterogeneous atom doping, that enhance the catalytic activity and selectivity. Furthermore, we detected key intermediate species, Mn(IV)=O, based on comprehensive electrokinetic and in-situ spectroscopic analysis. We revealed unique water oxidizing mechanism mediated by Mn-oxide nanocatalysts different from bulk counterparts.

We further conducted electrochemical impedance spectroscopy (EIS) analysis to understand various electrochemical processes in film-type OER electrocatalysts. The transmission line model with Havriliak-Negami capacitors and Warburg element was newly established for accurate fitting analysis and well-defined kinetic parameters for Mn-oxide nanocatalysts. From EIS analysis, protons are involved in the electron transport process across the nanoparticle film, which directly proves the ongoing hypothesis of the oxo-hopping mechanism. Also, from the correlation between k and TOF, the ratio (~ 0.001) of total Mn sites on the surface to the actual number of active sites could be evaluated.

Also, we focused on the entropic contribution for water oxidizing electrocatalysis. The activation enthalpy and entropy was measured from temperature dependent analysis for well-known Co-oxide catalyst (Co-Pi). The high negative entropic contribution in heterogeneous water oxidation was confirmed. The entropy effect on OO bond formation by both the AB and RC mechanisms was studied. We anticipate that the unfavorable entropic effect in heterogeneous system could be improved by a hydrogen-bond network stabilizing the active site controlling the transportation of water molecules to the electrode surface in an ordered way.

S3-4 지능형 자가변환 기반 자가치유 센테니얼 합금 개발

박은수*. *서울대학교*

현재의 수송기기, 우주항공, 발전소 등의 다양한 첨단 산업에서 사용되고 있는 내열합금은 에너지 효율 극대화 및 환경오염문제 개선을 위해 그 사용 온도가 계속 증가하고 있고 부품의 장수명화가 요구되어지고 있다. 특히, 초고속 수송기기 및 고효율 발전설비와 같은 미래형 인프라 개발을 위해서는 고효율, 고출력의 엔진이 요구되며, 엔진의 효율과 출력은 터빈입구온도와 관계되기 때문에 극초내열 합금 개발 연구가 반드시 수반되어야 한다. 현재 이러한 초내열 합금은 Ni계 초내열 합금이 주로 활용되고 있으나, 근원적인 융점의 한계로 인해 가용온도 및 가용가능 환경에 제한이 있다. 따라서, 본 연구에서는 환경감응 지능형 자가변환 금속의 자가치유 효과로부터 지속가능성 및 안전성이 극대화되어 현 초내열합금의 특성한계를 극복할 수 있는 지능형 자가치유 센테니얼 극초내열 합금을 개발하고자 한다. 이를 위하여, 자가치유 신합금 개발에 관한 창의적 新연구전략으로 멀티스케일 전산모사, Property-targeted Quantitative Design을 통한 합금 개발, 변형 Informatics 기반 결함 빅데이터 수집 및 인공지능 머신러닝을 통한 능동적 자가치유 특성 최적화, Additive Manufacturing 기반 맞춤형 최적화-부품화 공정기술도입을 통해 자가치유 소재개발 연구를 효과적으로 진행하는 방안에 관해 제시하고자 한다. 본 연구를 통하여 전 세계적으로 태동단계인 자가치유 금속소재 개발에 대한 선제적 선택과 집중에 의한 고부가가치 첨단산업용 금속 구조소재 원천기술개발로 관련소재 기술분야 국내기술수준이 세계기술을 선도하는 수준으로 도약하도록 하고, (경제성)-(소재신뢰성)-(친환경성)이 동시에 확보 가능하도록 하여, 극한 환경 극복 신산업 창출 및 차세대 성장 동력을 제공하고자 한다.

S3-5 Perovskite Oxides and Halides: Synthesis, Crystal Structures and Hybrid Materials

정덕영*. *성균관대학교*

The perovskite is a large family of compounds having crystal structures related to the mineral $CaTiO_3$. The perovskite oxide is one of the most studied oxides, for instance, $BaTiO_3$ and $PbTiO_3$ thanks to ferroelectric response. In addition, the discovery of high-temperature cuprate superconductors was also closely related with perovskites of

$La_{2-x}Ba_xCuO_4$, followed by the $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, which are 2D varieties of the perovskite structure. Other important oxide perovskites include the colossal magnetoresistance in $La_xCa_{1-x}MnO_3$. Recently, the halide perovskites, $CsPbX_3$ as well as hybrid $(RNH_4)PbX_3$ (X = Cl, Br, I) demonstrate exciting properties such as photovoltaic, light emitting and water splitting. The synthetic conditions of halide and oxide perovskites should be considered to suggest the formation mechanisms and defect chemistry based on solid state reaction and solution crystallization in liquid media. The Cs-Pb-X phases have been reported and interestingly the correlation between the crystal structures and optical properties is still debating. The recent results of immobilization of $CsPbX_3$ in the confined nanopores and photoconductivity of single crystal Cs_4PbBr_6 will be also presented.

S3-6 Atomic-scale Physical Imaging and Chemical Mapping of Functional Nanomaterials Using STEM-EDX Technique

김영민*. *성균관대학교*

Scanning transmission electron microscopy (STEM)-based structural analysis at an atomic scale has become routine with the successful correction of aberrations of the probe-forming lens. Atomic positions in the structure can be determined even with picometer precision, revealing subtle changes in structural parameters in the unit cell-wise framework, which has been hitherto unsolved. Furthermore, recent advances in detector technology for energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) enable us to resolve chemical composition of functional nanomaterials on the atomic scale, since this allows detection efficiency being about 10 times higher than that of conventional detectors. Notably, these high-end analytical techniques are simultaneously utilized in the same position of interest in samples. Taking advantage of the simultaneous, multiple imaging and probing capabilities, we can successfully identify which atoms are where in the unit cell, which is essential information in understanding quantum phenomena occurring in nanomaterials. In this talk, I will introduce how this STEM-based analysis is effectively used to solve materials problems arisen from manifold aspects of nanomaterials in terms of structure-property relationship. Particularly, I will discuss defect-mediated structural phenomena observed at the atomic-scale in some of functional nanomaterials such as thermoelectric materials and complex oxides as exemplar applications of atomic-scale STEM and EDX technique.

S4-1 국내 첨단 세라믹원료산업 현황과 소재 자립을 위한 대응 방안

정봉용*. *한국산업기술평가관리원*

우리나라 소재·부품 산업의 무역흑자는 4년째 천억 달러 이상을 이어가고 있으나, 소재만으로 보면 여전히 대일 무역적자 증가세와 대중 흑자 감소세라는 지표가 불편한 대목이다. 제조업 전반으로 보면 반도체·디스플레이 산업의 비중이 지나치게 크기 때문에 마치 계란을 한 바구니에 담아 놓은 듯한 불안요소 또한 우리나라 산업의 현실이다. 지난 7월 4일, 일본의 핵심소재 수출규제라는 도발로 반도체 등 관련 산업계는 초비상이 걸려있는 요즘, 전방산업의 약진을 위해서는 소재라는 후방산업의 뒷받침이 너무도 중요하다는 인식은 그저 새삼스럽다.

이때 세라믹 소재를 소재답게 만들어주는 것은 바로 세라믹원료다. 그러나 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 응용되고 있는 세라믹 소재·부품용 세라믹원료는 대부분 일본 등에서 수입에 의존하고 있다. 일부 국내 기업이 자립화에 고군분투중이지만 장기간의 많은 투자가 필요한 세라믹원료 특성상 아직은 이렇다 할 모양새는 나오지 않고 있다. 게다가 최근에 터진 일본 사태로 인해 첨단 세라믹원료 수급 불안정성은 그 어느 때보다도 커져있다. 원료소재 자립화 투자를 더 이상 미룰 수 없는 이유다.

따라서 우선적으로 국내 첨단 세라믹원료 산업에 대한 진단이 필요하다. 이를 위해 주요 세라믹원료에 대한 실태조사를 추진하였으며 조사 결과를 통해 첨단 세라믹원료 산업의 현황과 문제점 등을 분석하였다. 이를 토대로 향후 첨단 세라믹원료 산업에서 필요한 R&D 방향을 제시하고자 한다. 궁극적으로는 첨단 세라믹원료산업의 내실을 다짐으로서 우리나라 제조업의 비타민 같은 세라믹 산업 전반에 활력을 불어넣는 계기가 되기를 바라는 마음이다.

S4-2 초고순도 SiC 분말 기술 및 시장 동향

김병숙*. *LG이노텍*

최근에 실리콘 카바이드(SiC) 단결정이 HEV(하이브리드 차량), PFC(power factor correction), PV(태양전지), 열차 트랙션 시스템 등의 반도체 기판 소재로 각광 받고 있다. SiC는 낮은 전력 소비량과 뛰어난 고온 능력으로 실리콘보다 높은 효율의 전기 변환을 가능하게 한다. SiC 단결정의 핵심 기술은 결함 밀도를 줄이고 결정 크기를 늘리는 것이다.

SiC 단결정은 현재 물리적 증기 전달(PVT) 방식을 통하여 실리콘 카바이드 분말을 성장원으로 사용하고 있으며, 분말의 불순물 수준은 웨이퍼의 결정 결함 등 결정 품질에 지대한 영향을 미치고 있다.

아울러 최근 반도체 산업의 발전으로 높은 집적도 및 대형 웨이퍼 생산에 따른 순도 높은 환경을 필요로 하는 장비의 요구가 꾸준한 증가세를 보이고 있다. 이에 따라서 고순도 SiC 분말의 효율적인 소결체 제작을 위한 개발이 요구되고 있다.

하지만 이런 단결정용 SiC 분말 및 소결용 SiC 분말에 대한 제조 방법 및 분말이 단결정 품질에 미치는 영향 그리고 고순도 소결체 제작에 대한 심층 연구는 아직 보고되지 않았다.

본 연구에서는 카본과 실리카 원료의 혼합비를 1.5~3의 비율로 조정하여 1650°C의 온도에서 탄소 열환원 공정을 사용하여 합성되었다. 아울러 합성된 분말은 온도 및 시간의 제어를 통하여 입성장 되었다. 이들 분말의 산소 함량은 NO 분석기(TC-436, LECO), 탄소 함량은 TGA (Q5000, TA)로 분석되었다. 입자의 형상은 SEM을 통해 확인하였으며, KS L ISO 14703에 의해 입도 분석기(Masterizer 2000, Malbern)를 통해 입자 크기가 측정되었다. 분말의 순도는 GDMS로 측정되었다.

개발된 SiC 분말을 활용하여 단결정 성장 중 분말 내 불순물 및 마이크로파이프 밀도(MPD)와 에치 핏 밀도(EPD) 등의 결함의 형성과 상관관계를 연구하였다. 아울러 Hot Press 공정을 통하여 고순도 SiC 소결체를 제작하여 굴곡 강도는 456 MPa, 열팽창계수와 열전도도는 각각 4.4×10^{-6}°C와 206 W/m·K를 구현하였다.

S4-3 전력반도체 파워모듈용 방열소재 세라믹 기판을 위한 질화규소 분말의 요구 특성

홍주섭*. *KCC*

전력반도체는 전기자동차, 태양광발전 등 다양한 분야에 적용 되고 있으며, 각각의 부품들에 필요한 전력을 공급 및 제어, 분배하는 중요한 역할을 담당한다. 이외에도, 전기를 생산하는 단계부터 소비하는 최종 단계까지 필수적으로 사용되고 있다. 최근, 세계적으로 친환경 정책이 추진되면서 배기가스의 배출이 없는 전기자동차의 공급이 증가하고 있다. 전력반도체 파워모듈은 전력 사용량의 증가

및 고효율성 요구로 인해 핵심 소재인 세라믹 기판 또한 고신뢰성 특성이 요구된다.

질화규소 기판은 강도가 높고 열전도도, 절연성, 열피로 특성 등이 우수하여 가장 유력한 후보로 주목받고 있으며 전기자동차의 수요 증가와 함께 사용량이 증가할 것으로 예상된다. 그러나, 전력반도체 파워모듈용 질화규소 기판은 현재 일본 업체에서만 생산하고 있어 세계의 파워모듈 제조업체들은 대부분 질화규소 기판을 일본 업체에 의존하여 수입하고 있다. 뿐만 아니라, 질화규소 기판의 핵심 소재인 질화규소 분말 역시 일본 업체들이 독점적으로 공급하고 있는 상황으로 질화규소 기판 수요업체들은 일본 업체의 영향을 벗어나기 어려운 상황이다. 유럽 및 중국 등에서도 질화규소 분말을 제조 및 판매하고는 있지만 총생산량이 일본 업체에 비해 매우 적고, 적용 분야가 베어링볼이나 절삭공구, 지그 등으로 한계가 있어 지속적인 기술 개발이 필요한 실정이다. 최근, 일본과의 관계 악화 및 백색국가 리스트 제외 등으로 국내 반도체 관련 산업에 영향을 미칠 것으로 예상되고 있고, 이번 일을 계기로 소재의 일본 의존으로부터 벗어나기 위한 움직임이 정부와 산학연 기관 중심으로 진행되고 있다.

전력반도체 파워모듈에 적용하기 위한 질화규소 분말은 소결 후 세라믹 기판의 특성 뿐만 아니라 금속 동판과의 접합 이후 요구 특성 및 고객사 모듈 조립 이후 신뢰성 평가까지 모두 만족해야 한다. 현재 당사에서 적용중인 질화규소 세라믹 기판은 굽힘강도 800 Mpa 이상(3점 기준), 열전도도는 80 W/mK 이상을 만족한다. 그리고, 접합(AMB, Active metal brazing) 이후에는 접합강도 9.8 N/mm 및 열피로 신뢰성 5,000회를 만족한다. 산업용 파워모듈에 가장 많이 사용되고 있는 알루미나 접합 기판(DCB, Direct copper bonding)의 경우 열피로 신뢰성이 45~60회 수준으로 질화규소 접합기판과 매우 큰 차이가 있다. 본 발표에서는 전력반도체 파워모듈에 적용하기 위한 질화규소 기판을 제조하는데 있어 질화규소 분말의 요구 특성에 대해 수요업체이면서 동시에 질화규소 접합 기판 제조업체의 입장으로서 관련 정보를 공유하고자 하였다.

S4-4 알루미나 광물의 첨단 소재화 전망

김대웅*. *케이씨주식회사*

알루미나는 물리적 화학적 열적인 면에서 다른 무기소재 보다도 특성이 우수하기 때문에 구조재료, 내화재료 및 전자재료등 광범위하게 사용되는 원료중의 하나다. 알루미나는 보크사이트라는 원광으로부터 베이어 공정을 통해서 생산되고 있으며 전 세계적으로 보크사이트 원광 매장량이 가장 많은 국가는 기니, 호주, 브라질 등의 열대지역에 위치한 나라들이다.

본 자료에서는 보크사이트 원광으로부터 정제된 수산화알루미늄의 특성과 소성과정을 통해 만들어진 알루미나 제품들의 각각의 특성을 비교함으로서 이들이 세라믹 산업전반에 응용되는 사례들과 우리가 향후 개발해야 될 아이템에 대해서 검토해 보았다.

S4-5 단분산 구형 실리카 입자의 생산기술과 그의 응용

임형섭*. *(주)석경에이티*

유기금속화합물중 가장 많이 산업에서 활용되고 있는 TEOS를 원료로 일반적으로 잘 알려진 알칼리촉매를 활용한 가수분해반응을 통해 제조되는 '단분산 구형 실리카입자의 대량생산기술, 요소기술에 대해 고찰하고 이러한 단분산 구형 실리카 입자의 산업적 응용 및 관련 제품의 시장상황, 경쟁구도 등을 중심으로 시장의 요구사항 등에 대한 경쟁력 확보 방안과 고부가가치의 단분산 구형 실리카 입자를 중심으로 한 원료부터 수요제품까지의 생태계 구축을 위한 필요사항 대해 고찰하였다.

S4-6 국산 세라믹원료 상용화를 위한 표준 및 인증의 역할

김용남*. *한국산업기술시험원*

일본이 우리나라의 수출 주력산업인 반도체·디스플레이 분야에서 대일 의존도가 높은 3대 핵심소재(플루오린 폴리이미드, 고순도 불화수소, 포토레지스트)의 수출규제를 강화하고 우리나라를 화이트리스트에서 배제함에 따라 그 어느 때보다도 원료소재의 국산화 필요성이 크게 부각되고 있다. 우리나라는 알루미나, 지르코니아, 이트리아, 탄화규소, 질화규소, 질화알루미늄 등 세라믹원료의 많은 부분을 일본에서 수입하고 있다. 고순도, 고품위 원료일수록 대일 의존도가 높고, 심지어 100% 일본에 의존하는 품목들도 있다. 국내에서도 세라믹원료를 생산하는 기업들과 공급 가능한 원료의 종류가 점점 증가하고 있지만 대부분 범용 수준의 원료에 국한되어 있다. 고순도, 고품위 원료를 요구하는 반도체.디스플레이, 이차전지 등의 고부가가치 전방산업으로는 국산원료가 진입하지 못하고 있는 것이 현실이다. 이와 같은 문제를 극복하기 위해 세라믹원료를 국산화하려면 우선 기술개발을 통해 국산원료의 특성/성능/신뢰성을 수입원료 대비 동등 이상으로 향상시켜야 한다. 그리고 표준을 활용하여 국산원료가 수입원료 대비 동등 이상임을 객관적으로 입증하고 인증체계를 통해 이를 보증한다면 국산원료에 대한 수요기업의 인식을 긍정적으로 변화시킬 수 있을 것이다. 이상과 같이 본 발표에서는 국산 세라믹원료의 상용화를 촉진하기 위하여 세라믹원료의 공급기업과 수요기업이 상호간 신뢰를 형성할 수 있는 수단으로 표준화(Standardization) 및 인증(Certification)의 필요성, 역할 등을 설명하고자 한다.

SS1-1 치과용 세라믹스의 발전 과정
The History of Ceramics in Dentistry

김철영[1,2*]. *[1](주) 하스, [2]인하대학교*

치아는 음식을 씹는 기능뿐만이 아니라 발음, 외모에도 영향을 미친다. 따라서 고대로부터 치아가 잘못되었을 때 다양한 방법으로 치료하려는 노력이 경주되어 왔다. 기원전 16세기경에는 금실이나 금고리를 이용하여 치아 결손부에 인공치아를 고정했다는 기록이 있고, 고대 로마시대에도 금으로 치관을 만들어 사용했다는 기록이 있다.

11세기경부터는 황소의 뼈, 상아 뼈, 고래치아 등으로 치아를 깎아서 금선으로 장착하여 치료 하였다. 서민층에서는 화양목, 감나무 등 목재 치아를 사용하기도 하였다. 18세기 유럽에도 porcelain이 소개되면서 도치의 시대가 도래 한다. 현재 널리 사용하는 metal-ceramic은 1960년경부터 사용하였고 본격적인 all-ceramic 인공 치아는 1990년대부터 사용한다.

대표적인 all-ceramic 치아재료로는 지르코니아와 각종 결정화 유리를 들 수 있다. 지르코니아는 높은 굽힘 강도와 인성이 커다란 장점이다. 그러나 불투명 세라믹스이므로 각종 색을 구현하기 힘들어 심미성이 떨어진다는 단점이 있다. 그러나 최근 이러한 단점이 많이 개선되고 있다.

결정화 유리는 현재까지 다양한 종류가 소개되고 있으며 굽힘 강도가 400 MPa이상이 되는 것도 있어서 어금니에도 사용 가능하고 일부 고강도 결정화 유리는 bridge용으로도 응용하고 있다. 결정화 유리의 가장 큰 장점은 높은 투명성과 색을 다양하게 구현 할 수 있고, 형광성, 유백성까지 도입할 수 있어서 심미성 측면에서는 가장 자연치에 접근 할 수 있는 재료이다. 현재 이러한 all-ceramic 치관재료들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있고 새로운 제품이 계속 개발되고 있다.+

이번 발표에서는 고대로부터 인공치아로 어떠한 재료를 사용해 왔으며, 세라믹스 인공치아의 발전과정, 지르코니아, 결정화 유리등

대표적 세라믹 치과재료의 장단점을 알아보려고 한다. 그리고 국내외 세리믹스 인공치아 회사들을 소개 하려고 한다.

SS1-2 소재부품장비의 경쟁력은 어디서 오는 것인가?

안형수*. *산업기술평가관리원*

최근 일본의 수출품목 규제가 계기가 되어 소재부품장비 경쟁력위원회의 설치 및 운영에 관한 규정(대통령령, 2019.9.17., 제정) 등 일련의 과정이 진행되고 있으며, 다각적인 지원에 있어 소재의 중요성이 다시 한 번 강조되고 있다.

우리는 2001년 소재부품전문기업 특별법을 발의하여 시행한 것과, 2009년 WPM사업을 기획할 때의 모습을 가만히 들여다보아야 할 것이다.

여전히 소재부품을 말할 때, 가마우지 경제나 넛크래커 현상을 말하고 있다면 구조적인 변화가 필요하다고 보아야 할 것이다.

정부 R&D 과제를 기획할 때 기획 초기 단계부터 특허동향조사, 시장 성장가능성, 전문가 의견 조회 등 다각도로 많은 기초자료를 수집하여 평가하고 있다고는 하나, 그간의 연구 투자에도 불구하고 아직도 여전히 소재부품장비의 경쟁력이 미비하다면 이제는 실제로 필요한 것이 무엇인가를 궁극적으로 물어 보아야 할 시점이다.

이에 산업부의 과제 기획 등 필요한 실질적인 방향에 대하여 같이 고민하여 보는 시간을 갖고자 한다.

SS1-3 피라미드의 축조

Construction of Great Pyramid

송종택*. *단국대학교*

이집트학은 벌써 200년 넘게 연구되어 왔지만 아직 피라미드가 어떻게 만들어 진 것인가에 대한 만족한 답을 줄 수 있는 수준에 이르지 못한 것이 사실이다. 언뜻 보기와는 달리 문제가 워낙 복잡하기 때문이다. 따라서 이집트 피라미드의 모든 비밀을 속속들이 밝혀 내려는 목표는 아직도 먼 길이 될 것으로 생각된다.

이집트 기자 (Giza) 지역에 서 있는 유명한 세 개의 피라미드는 지금까지도 고대의 장대했던 이집트 문명을 대표하고 있다. 실제로 이 건축물들은 BC 2500년대, 즉 지금으로부터 4500년전에 세워진 유적들이다.

이 중 가장 큰 쿠프 대피라미드의 규모는 (1) 사방 밑변 길이가 평균 230.365 m로 거의 같으며, (2) 높이는 146.60 m이고, 외벽의 기울기는 모두 51.52°이며, (3) 밑변의 각도 역시 거의 완벽하게 직각을 이루고, (4) 2.5톤의 석재가 약 230만개로 약 700만톤에 도달하고 있다.

이와 관련하여 수천년전 고대에 인간이 무엇으로, 또 어떠한 방법으로 대형 석재를 들어 올려서 피라미드를 시공했는지 의문을 가지고 많은 관심속에 조사·연구를 하고 있다.

본 발표에서는 먼저 그 동안 세계의 전문가들이 단순하게 주장하여 온 경사로(직선형, 나선형)방법과 거중기와 샤두프라는 장비로 대피라미드의 축조가 가능했는 가를 알아본다.

그 후, 국내의 한 건축가(김경제, 피라미드 축조의 비밀(2007))가 조사·연구한 피라미드 축조 방법 중 대형 피라미드의 공법, 공정, 기술에 대하여 설명한다.

그리고 조지프 다비도비츠(Joseph Davidovits)가 주장한 인공 석재의 사용 가능성에 대해서도 소개한다.

SS1-4 위기 극복: 엔지니어링 세라믹스 산업

박상환*. *한국과학기술연구원*

엔지니어링 세라믹스 산업은 국가 기간산업인 반도체/디스플레이, 수송기기, 항공우주/방산, 기계부품, 에너지 다소비(발전, 제철제강, 열처리), 의료 및 환경 산업에 사용되는 세라믹스 원료/소재/부품을 생산하는 산업이다. 엔지니어링 세라믹 소재/부품은 국가 기간사업의 선도화 및 세계시장 경쟁력을 확보하기 위한 핵심 전략 소재/부품 이며 세계시장 규모는 CAER 7% 이상 꾸준히 성장하고 있다. 최근 세계적으로 4차산업 혁명이 산업계의 화두로 제시되면서 미래 국가 경쟁력 확보를 위한 빠른 행보가 시작되었다. 세계 시장을 선도할 주요 미래산업에서 신개념 소재의 개발이 핵심 전략임을 인식하여 기술 선진국 뿐만 아니라 세계시장에 큰 영향을 주고 있는 중국에서도 첨단 소재개발 프로그램이 체계적으로 준비되어 추진되고 있다. 엔지니어링 세라믹스도 미래 산업에서 중요한 위치를 차지하는 전략 소재이지만 국내 엔지니어링 세라믹 산업은 미래 산업에서 요구되는 메가트랜드를 달성하기에는 엔지니어링 세라믹스 기술 및 산업 경쟁력이 세계 수준에 도달 못하고 있다. 국내에서도 산학연 모두 현실적인 엔지니어링 세라믹스 기술 및 산업의 극한 환경에 대한 위기의식을 인식하고 있으나 이를 극복하기 위한 적극적인 노력 및 협력이 산학연 및 관에서 보여주고 있지 않다. 국내 엔지니어링 세라믹스 산업의 위기는 단기적으로는 중국이나 동남아 국가들의 저가격 제품 시장에 진입 정도에 따라 나타나게 될 것이며, 장기적 관점에서는 미래 4차 산업 혁명의 결과로 새롭게 나타나거나 급속히 성장되는 미래 소재/부품 수요산업에 참여할 경쟁력 확보가 불투명한 현실이다. 미래 세계 산업 발전의 핵심인 고부가가치를 갖는 엔지니어링 세라믹스 소재/부품은 긴 기술 수명으로 단편적인 기술 개발에 의한 교체가 어렵기 때문에 세계 시장에서 기술 경쟁력을 갖는 신개념 first mover 기술 개발 전략 구축 및 이를 효율적으로 달성하기 위하여 국가적인 개념에서 새로운 형태의 국가 단위 산학연 협력 전략 구축 및 프로그램 개발이 요구된다.

SS1-5 요업인 세대론

한상목*. *강원대학교*

한국에 근대 요업기술이 도입된 것은 1905년 한일간 강화도조약이 불평등하게 체결된 이후 일본에 의해 유입된 각종 산업기술의 사조와 함께 기술자양성을 위해 설립된 공업전습소에 의한 것이라고 볼 수 있다. 이곳 도기과에서는 일본인 강사진이 요업이론과 도자기 실기를 가르쳐 산업계에 요업인을 배출하기 시작하였다.그후 전문학교와 대학에서 응용화학과를 통해 요업공학이 보급되었으며 1960년 대학교에 정식으로 요업공학과가 설치되어 100여년 동안수많은 요업인이 각 대학에서 배출되어 한국 요업산업을 정착시켰다.이들을 세대별로 분류해보면 대개 다음과 같다.

1. 도입기; 1906년 설립된 공업전습소 졸업생들.이들은 최초로 산업체와 관공서에서 요업을 도입 정착시킴.
2. 개척기; 해방후 경성제대 응용화학과를 시작으로 여러 대학의 화공과를 통해 요업 공학을 전공하고 각대학에 요업공학과를 창설함.
3. 개화기; 1960년 한양대학교 요업공학과를 시작으로 각 대학에 요업학과가 설치되 고 이곳을 통해 많은 요업인이 배출되어 이땅에 요업기술을 정착시킴.
4. 변화기; 2000년대 이후 요업공학과는 재료공학부,신소재공학과 등으로 통폐합되면 서 대학에서 요업이란 명칭이 사라짐.

SS1-6 복합화력발전용 가스터빈용 고온부품 및 세라믹스코팅기술

김형태*. *한국세라믹기술원*

최근 원자력을 대체하는 경향과 온실가스 감축이 가능한 연료자원에 대한 관심이 증가하여 신재생에너지를 활용한 발전시스템이 다수 보급되고 있으며 가동이 편리한 복합화력 발전기술 또한 크게 주목받고 있다.

복합화력발전의 핵심부품인 가스터빈의 효율과 출력을 높임으로써 발전 단가를 낮출 수 있기 때문에 가동온도 고온화와 관련된 연구 시도는 지속되고 있다. 최근 고효율 복합화력 발전시스템의 터빈입구온도는 1600°C 이상으로 상승되었으며 터빈 화염온도 상승에 따른 블레이드적용 소재개발 및 열차폐 시스템에 대한 연구개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다. 이러한 고온부품은 모체로써 내열합금이 사용되고, 성능향상을 위해 내열 세라미스의 코팅이 행해지고 있는데 대부분의 발전 시스템 및 부품들은 선진국 또는 다국적 기업으로부터 전량 수입에 의존하고 있어 국내 원천기술의 확보가 요구되고 있다.

나아가 연간 3조원 이상의 세계 가스터빈 고온부품 교체 시장에 진출을 위해 국산화기술 확보가 절실하며, 발전산업은 물론 항공 및 우주 등 인접 산업에 미치는 파급효과가 매우 큰 고부가부품소재 기술로 소재전쟁의 시대에 미래시장 선점을 목표로 특히 소재개발기술의 확보가 국산화의 핵심기술이라 할 수 있다.

SS2-1 Innovation of Materials for Future

소재가 여는 미래

최영민*. *한국화학연구원*

최근 몇 년 동안 가장 많이 거론되는 이슈로는 4차 산업혁명, AI, IoT, 빅데이터, 3D프린팅 등이 있다. 그러나 이들에 대한 명확한 정의, 이들이 가져올 미래사회에 대한 깊이 있는 예측, 이러한 미래이슈와 소재와의 관련성 등에 대한 고찰은 부족한 실정이다. 특히 현 정부에서는 국가적 관심을 바탕으로 이들과 관련된 사업에 많은 예산을 투입할 것으로 예상되고 있기 때문에 이에 대한 준비가 필요한 시점이라고 할 수 있다. 따라서 위에서 언급한 미래 이슈에 대한 개념, 실현하기 위한 필수요건 등을 고찰함으로써, 이들과 소재와의 관련성을 점검하고 소재 혁명이 선결되어야 하는 이유 등을 사례를 들어 공유함으로써, 향후 소재연구가 나아갈 방향에 대한 논의의 단초를 제공하고자 한다.

SS2-2 Low-Dimensional Nanomaterials and Their Applications

저차원 나노소재의 제조 및 응용

좌용호*. *한양대학교*

종래의 기술로서는 제반 물리・화학적 특성(기계, 전기, 자기, 화학적 특성)의 개선 및 개질이 한계에 달해 이를 극복하기 위해서는 미세구조를 Micron 단위가 아닌 Nano 단위로 제어하여야 한다고 사료된다. 이는 조직의 미세화를 통하여 예측 가능한 기본적인 Hall-Petch식이나 통상의 복합화를 통하여 예측하여온 Rule of Mixture에서 벗어나는 특이한 현상이 발현되며, 자기적인 특성의 경우 Size Effect에 의한 보자력의 증진 또는 초상자성의 발현 등 각종 특이현상이 기대된다. 또한 전기적 특성에 있어서는 General Effective Media (Percolation) 이론에 의한 극소량의 저차원 나노소재(0~2차원)를 첨가하여 형태, 크기, 분산위치의 제어에 의해 전기 및 열전도도가 급격히 변하는 효과 및 양자효과를 얻을 수 있고. 화학적 응용분야인 촉매특성에 있어서는 반응비표면적증가, 전자밀도의 변화로 특성개선을 가져오는 등 그 응용 가능성은 많다고 사료된다.

본 발표에서는 이러한 저차원 나노재료를 이용한 나노레벨의 미세조직제어를 통하여, 본 연구실에서 연구된 초저전력 가스센서, surface Plasmonics 를 이용한 IR차단필름에의 적용, 면상투명발열체, 방열소재, 열전소재, 자성소재 등의 응용에 대해서 논한다.

SS2-3 디지털혁신 시대의 자제와 전략 – 아날로그 내공과 디지털 내공의 실전적 함양방법을 중심으로-

강민구*. *서울고등법원*

21세기 우리 일상을 제4차 산업혁명, 인공지능과 스마트폰, SNS 등 신도구와 앱이 지배하고 있다. PC 앞에 앉아 있던 사용자들은 이제는 스마트폰을 손에 들고 '디지털 유목민'처럼 시간·장소를 가리지 않고 많은 정보에 접근한다. 아우디사 자율주행차가 2015년 1월에 880 km 상용주행에 성공하였고, 구글사는 현재까지 320만km 이상 자율주행하였다. 제네시스는 고속도로에서 반자율주행이 가능한 상태까지 발전했다. 알파고 인공지능 체계가 클라우드 컴퓨터를 사용하여 인간 고유영역으로 여겨졌던 바둑 세계를 단숨에 평정했다. 이 대결은 인간 대 기계의 대결이라는 의미도 있지만, 인간 대 집단지성(전문 프로그래머들)의 대결이기도 한다. 그 승패가 중요한 것이 아니라 이번 이벤트로 구글은 "인공지능 절대 강자"라는 인식을 저렴한 비용으로 전 세계에 홍보하였다. 우리가 그 멍석을 싼 값에 깔아주었다. 덕분에 우리는 인공지능의 중요성에 대한 학습효과를 거두었다. 인공지능이 당장 인간을 파멸로 이끌 것이라는 막연한 두려움을 가지기보다는 그것을 잘 통제하여 인간이 하기 힘든 일들을 대신하게 하면서 인간은 보다 더 창의적인 일에 나서면 된다는 긍정적인 시각이 필요하다. 언어의 견고한 바벨탑이 최근 성능이 향상된 번역·통역 앱에 의해 모래탑처럼 무너지고 있다. 인간이 만든 언어의 장벽이 컴퓨팅 기술혁신에 의해 사라지는 모양새다. 머지않은 장래에 속기사, 동시통역사, 운전사의 일자리를 기계장치가 차지할 것이다. 타이핑의 고통도 사라지고 모든 앱에서 음성으로 입력하는 것이 가능해졌다. 역설적으로 이로 인해 키보드 입력에 있어서 절대적 우위에 있던 한글의 우수성이 일본어, 중국어와 비교하여 단박에 사라졌다. 인간과 컴퓨터 사이의 인터페이스가 키보드에서 입으로 전환되었다. 새로운 시도는 9배나 힘이 든다고 한다. 다수의 사용자는 자기만의 '편견과 선입견'에 의해 새로운 혁신을 외면한다. 에버노트, 오피스렌즈, 구글포토, 네이버 파파고, 구글번역 등 혁신적 앱이 무료로 제공된다. 그럼에도 말과 글에 의지하는 현대인이 편견에 의해 사용하지 않는다. 클라우드 제품군에 대해 보안을 이유로 꺼려 한다. 이러한 각종 앱을 잘 활용하는 사용자는 1/3의 노력으로 5~10배의 생산성을 발휘한다. 같은 스마트폰을 사용함에 있어서 대부분 사용자는 전화기, 카카오톡, 검색기로만 사용하고, 소수는 외장 두뇌처럼 활용한다. 이러한 디지털 환경과 유용한 도구 속에서도 진정한 경쟁력은 아날로그 지력(知力)의 양에 따라 결정된다. 디지털 시대에서 아날로그적 경쟁력을 키우는 요체는 "생각근육 키우기"이다. 생각근육은 다양하고 폭넓은 독서, 꾸준한 글쓰기, 명상과 사고실험, 고수로부터 배우기 등에 달려있다. '편견·선입견'이라는 두 마리 개는 '백문이불여일견'이라는 한 마리 개로 물리칠 수 있다. 이러한 안타까움으로 여러 사람이 '일견'을 경험할 수 있도록 부산지방법원 고별강연을 했다. IT 비전문가인 필자가 공자앞에 문자쓰는 격이 되었지만, 많은 분들이 보는 것은 다들 새로운 혁신에 대한 갈증이 많았다는 것으로 보인다. 그것을 푸는데 조금이라도 도움이 되었으면 한다. 그리하여 혁신에 동참하는 것 자체가 '각자도생과 국력증진'의 지름길이 될 것이라고 믿는다.

SS3-1 The Trend of Engineering Ceramic in PECVD Process

PECVD Process 엔지니어링 세라믹 동향

박용균*. *원익아이피에스*

반도체 및 Display 산업은 전형적인 장치 산업으로 대규모의 공정용 장비가 투입되는 것이 현실이다. 이러한 설비들은 고가의 공정장비들로서 기본적으로 지속적인 유지봇 및 관리가 필요하며, 특히 CVD, ALD 등의 건식 장비는 고온과 고압, 플라즈마의 환경에서 공정이 진행되기 때문에 체임 버 내부를 구성하는 부품들이 견딜 수 있는 물리적인 한계가 존재하기 마련이다. 따라서 일부 체임 버 부품들은 고온, 부식, 화학적 작용, 플라즈마에 대한 내성이 매우 뛰어

난 세라믹 소재로 만들어져 왔다. 이는 가혹한 환경에서의 내구성 및 파티클 오염 등의 생산성을 확보하기 위함이다. 근래에 들어 반도체는 공정 미세화와 적층수를 높여 집적도를 증가시키고 있다. 특히 1x, 1y, 1z nm 이하의 미세 공정들은 반드시 설비의 공정 성능도 확보되어야 하는 문제를 가지고 있어, 이를 달성하기 위해서는 무엇보다 설비의 체임 버 부품들에 대한 정밀한 소재 개발이 필요 시되고 있다. 무엇보다도 공정 성능의 향상을 위해서는 체임 버의 RF에 따른 유전 특성 및 열적 요소에 따른 전기적 물성 등이 중요시 된다. 특히 CVD의 경우 높은 온도와 플라즈마에서 공정이 진행되는 특성으로 인하여 AlN Heater를 포함한 세라믹 소재들은 계속해서 고온에서의 보다C 더 정밀하고 최적화된 물성이 요구되고 있다. 향후 반도체의 미세 공정과 생산성 확보를 위한 체임 버 내에 엔지니어링 세라믹 소재의 전기적 특성 개발이 중요한 요소가 될 것이다.

SS3-2 Technology Trends of Ceramic Electrostatic Chuck for Semiconductor Equipment and Process

반도체 장비 및 공정용 세라믹 정전척의 기술 동향

조상범*. *미코*

세라믹 정전척은 디바이스의 처리 속도와 저장 용량의 증가로 그 중요도와 사용 범위가 빠르게 증가하고 있다. 본 연구에서는 정전척의 기본 원리와 정전력의 종류를 구분하였고, 정전척의 구조 및 구성 요소를 소개하였다. 건식식각 공정과 박막증착 공정, 이온주입 공정 등 다양한 반도체 장비 및 공정별 정전척의 특징을 살펴보았다. 아울러 정전척의 성능 고도화를 위한 고전압 및 고온용, 멀티 히팅존을 갖는 세라믹 정전척의 개발 동향을 설명하였다. 이를 위한 적합한 세라믹 소재 및 조성 개발, 세라믹 접착 및 접합 기술, 세라믹 정밀 가공 기술과 ESC 측정 및 제어 기술 등의 기반 기술 개발이 활발히 진행 중이다.

SS3-3 Plasma Resistant Coating Technology & Material for Semiconductor Manufacturing Equipment Parts

반도체 제조장비용 부품을 위한 내플라즈마 코팅과 소재

박재혁*, 김대근, 석혜원, 이경민, 이문기. *아이원스*

5G 통신기술의 확대, IoT, ICT 등 첨단 산업기술의 진보로 인해 반도체의 수요와 고집적화의 요구는 지속적으로 늘어나고 있다.

반도체의 고집적화를 위해 실리콘 웨이퍼에 5 nm급의 미세패턴을 형성하려는 다양한 기술적 노력이 진행되고 있으나, 미세 패터닝 기술의 물리적 한계에 도달하여 이를 넘어서기 위하여 반도체 제조장비 부품의 고기능성 특성, 내구성 향상 등 공정 부품의 진보를 요구하고 있다.

반도체의 미세패턴을 형성하는 중요 공정 중, 식각공정은 고활성의 다양한 부식가스와 고밀도의 플라즈마를 사용하여 실리콘 웨이퍼 및 다양한 코팅 물질을 패터닝하며, 이 때 플라즈마 환경의 반도체 공정장비 부품표면 역시 손상되어 부품의 입자 탈리로 인해 식각 공정 중에 반도체소자 불량 및 생산수율 저하를 초래하게 된다.

이와 같은 반도체 공정부품의 손상을 방지하기 위해 부품표면의 내식성을 향상시키는 Anodizing, APS(Atmosphere plasma spray), SPS (Suspension plasma spray), Aerosol deposition 등의 다양한 공정기술이 연구되고 있다.

Anodizing은 화학용액을 이용하여 알루미늄 합금 표면에 전기를 인가하여 산화막을 형성하는 공정으로 표면처리에 가장 널리 사용되고 있으며, 산화 피막을 형성하고자 하는 부품 형상에 대한 제약이 적고 다양한 색상 발현이 가능하다는 장점을 가진다.

APS 공정은 세라믹분말을 플라즈마 제트기류에 공급, 분사하여 용융시켜 적층하는 공정이며 이와 유사하게 세라믹분말의 공급을 원활히 하기 위해 용매에 분산시켜 공급하는 SPS 공정이 있다. APS와 SPS는 플라즈마를 이용하여 세라믹분말을 용융, 적층 시키므로 제조공정의 제한이 적고 대면적, 후막화가 용이한 장점을 지니고 있다.

또한 Aerosol Deposition기술은 기존의 코팅방식과 달리 전력 및 플라즈마 등의 외부 에너지원 없이 분말의 운동에너지로만 코팅하는 방식으로 모재 및 코팅 소재의 제약이 없고 초고밀도의 코팅막이 형성된다는 장점을 지니고 있어 차세대 플라즈마 내식성 코팅기술로 각광받고 있다.

이러한 코팅 기술을 이용하여 반도체 공정장비 부품의 내식성을 향상시키는 연구와 함께 원천소재의 선정 또한 플라즈마 내식특성에 따라 SiO 및 Al_2O_3, Y_2O_3, YF 및 YOF 등으로 변화 되고 있어 다양한 코팅기술 및 소재를 적용한 반도체 제조장비 부품의 내플라즈마성 향상을 위한 코팅 기술의 현황을 소개하고자 한다.

SS3-4 Effect of the Thermal Spray Powder and Coating Process Condition on Coating Layer for Anti Plasma by Atmospheric Plasma Spray

대기 플라즈마 용사 코팅법을 이용한 내플라즈마 코팅특성의 용사 분말 및 용사 코팅 공정의 영향

문흥수*, 김지유, 김진욱. *(주)세원하드페이싱*

반도체 /디스플레이 식각장비의 내플라즈마 코팅에 Y_2O_3 용사 분말을 대기플라즈마 코팅방법을 통해 적용되고 있다. 코팅특성(기공율, 경도)이 우수할수록 내플라즈마 특성이 향상되어, 반도체 수율에 영향을 미치기 때문에 치밀한 코팅층 구현에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구는 Y_2O_3 용사 분말 크기를 조절하는 연구와, 대기플라즈마 코팅 공정변수가 플라즈마 화염에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 연구하였다. 최종적으로 Y_2O_3 용사 분말 크기와 대기플라즈마 코팅 공정이 내플라즈마 코팅층 물성에 미치는 영향을 평가하였다.

SS3-5 Manufacturing of Ceramic Products for Semiconductor & Display Parts

반도체 및 디스플레이 부품 세라믹 제품 제조 기술 개발

황성식*. *SKC solmics*

디스플레이 산업의 대형화 및 반도체 산업의 고 집적화에 따라 현장에서 사용되는 부품들은 고도의 신뢰성 문제가 꾸준히 제기되고 있다. 최근에는 기존 사용되던 세라믹 부품들의 한계를 뛰어 넘는 제품을 고객들로 부터 요청 받기도 한다. 실 예로 디스플레이 분야에서는 기존 2m에서 3m 이상의 세라믹 부품에 경량화 까지 추가되고 있는 실정이다. 특히 반도체 에칭 분야에서는 높은 RF 파워의 적용으로 기존 사용되고 있는 Si 및 SiC 소재를 뛰어넘는 내 식각성에 대한 고 신뢰성을 원한다. SKC solmics는 이러한 고객들의 요구에 부합하고자 소재 개발 부터 제품 제조 및 품질 관리 면에서 최고로 집중하고 있으며 신규 사업에 대한 투자 또한 활발히 전개 하고 있다. 본 발표에서는 최근 이슈되고 있는 제품들과 향후 전개될 제품들에 대해서 소개하고자 한다.

SS3-6 Technology and Market Status of Quartz Crucible

석영도가니 기술 및 시장현황

강남훈*. *쿼츠테크*

A quartz glass crucible is the essential material for manufacturing silicon ingots such as semiconductors and solar cells. Quartz glass crucibles for semiconductors and solar cells are made similar, but differ in surface purity, structure and durability. Recently, ultra high

purity synthetic glass crucibles for semiconductors have become more important due to foreign problems.

In Korea, it has succeeded in producing 28-inch quartz glass crucibles through the past 10 years. However, 32-inch synthetic quartz glass for the production of silicon ingots for semiconductors is not up to the level of advanced technology, and the technology gap is expected to be 2 to 3 years. In order to overcome these technological gaps and localize synthetic quartz glass ware, close cooperation between production companies and demand companies and localization of synthetic quartz glass powder must also be made. In addition, if government support can be added, faster results can be expected.

SS3-7 Technical Trend of Ceramic Pulse Heater for Thermo-compression Bonding

반도체 패키지용 펄스히터의 기술 동향

김관형*, 김학범. *에이치앤세온*

최근 반도체 기술은 전공정의 미세 패턴 기술의 발전과 함께 후공정인 패키지 기술의 발전도 가속화되고 있다. 플립칩 본딩기술은 기존 와이어 본딩 방식과는 반대로 범프(Bump)가 형성된 칩을 뒤집어 표면이 기판 방향을 향하도록 실장하는 방식으로써, 현재 반도체 패키징 중 가장 초소형 형태를 구현할 수 있는 기술이다. 그 중 열압착을 이용해 칩을 본딩하는 TCB(Thermo-Compression Bonding) 기술이 가장 성장 동력이 있는 기술로 평가 받고 있으며, 프랑스의 반도체 시장 전문 조사업체 욜디벨롭먼트는 플립칩 본더(Bonder)의 전체 시장을 2020년 4억 3,500만 달러 규모로 성장할 것으로 전망 했다. TCB본더의 기술 경쟁력은 얼마만큼 빠르게 칩을 생산할 수 있는지가 관건인데, 이것을 좌우 하는 것이 펄스 히터이다. 펄스 히터는 TCB본더의 핵심 부품으로서 장비 업체마다 기술 노하우를 가지고 있으며, 소모성 부품으로서 고가에 판매되어진다. TCB본더 제조 업체는 일본의 TORAY社 및 SHINKAWA社, 유럽의 BESI社 및 ASM社, 미국의 K&S社등이 있으며, 한국에서는 한미 반도체가 유일하다. 이러한 펄스히터에 요구되는 성능은 급속승온능력과 냉각능력인데, 이를 구현하기 위해서는 적합한 히터의 구조와 세라믹 소재의 개발이 필수적이다. 이에 본 발표는 TCB 본더의 핵심 부품인 펄스 히터의 기술 동향에 대해 설명하고자 한다.

SS3-8 Trend of Probe Card for Semiconductor Wafer Testing and Required Thermes of Material Development

반도체웨이퍼테스트용 프로브카드의 트랜드와 재료 개발 과제

박윤휘*. *(주)코리아인스트루먼트*

AI, IOT, AR, 5G 등을 필두로한 4차 산업혁명이 진행됨에 따라 고용량의 데이타를 저장하고 빠르게 처리하는 반도체 기술이 급속히 발전하고 있다. 또한, 반도체 용량 및 요구 function의 증가에 대응하기 위하여, 단위 반도체 chip의 I/O pad수 증가, 피치 감소, 처리속도 증가도 급속히 진전되고 있다. 본 발표에서는 웨이퍼 테스트용 프로브카드의 기술 및 산업동향을 살펴보고, 차세대 프로브카드 개발의 핵심이 되고 있는 주요 핵심 재료/부품의 국내외 현황과 향후 과제에 대하여 논의하고자 한다.

SS4-1 Synthesis and Defect Characterization of Ultrafine $BaTiO_3$ Nanoparticles Prepared by Hydrothermal Reaction

수열반응으로 제작된 초미립 티탄산바륨 나노입자의 합성과 결함 특성평가

김도경*. *한국과학기술원*

Advances toward miniaturized electronics have initiated the growing needs for fabricating ultrafine particles of ferroelectric ceramics. Thus, understanding intrinsic growing mechanism is key issue to control synthesis of nanoparticles. In particular, synthesizing high crystalline, homogenous and weakly agglomerating nanoscale barium titanate ($BaTiO_3$: BT) particles become essential for assembling volume-efficient multi-layer ceramic capacitors (MLCC). Several groups have synthesized BT nanoparticles with various approach including solid state, sol-gel, molten salt and hydrothermal. Among all, hydrothermal method provides high purity crystals at low temperature with tunable particle dimension. We fabricated single crystalline sub-100 nm BT particles hydrothermally with narrow size distribution. Small amount of inorganic additive performed as decisive factor for managing particle size reduction and its distribution. Presence of defect and its behavior of as-synthesized BT nanoparticle has been investigated. In this presentation, fundamental issues of hydrothermal BT nanoparticle along with defect chemistry are discussed.

SS4-2 Solvothermal Synthesis of Barium Titanate Nanocubes and Their Assembly

S. Ueno, S. Hatakeyama, M. Watanabe, K. Fukasawa, T. Chikata, I. Fujii and S. Wada*. *University of Yamanashi, Japan*

To enhance physical properties, it is known well that polarization rotation mechanism is very important for dielectric and piezoelectric materials on the basis of “interface engineering”. To apply the polarization rotation mechanism for property enhancement, a new material design using different complex oxide nanocubes was proposed. In this study, barium titanate ($BaTiO_3$, BT) nanocubes was prepared by a simple and conventional solvothermal method without surfactants or capping agents. The obtained BT nanocubes were confirmed as ones with a size of around 100 nm. Then, for a dispersion of BT-nanocubes, electric double-layer mechanism was applied and as a result, well dispersed BT nanocubes were clearly observed. Finally, the well-dispersed BT nanocubes were accumulated with sizes over 10 × 10 mm by capillary force at room temperature to measure dielectric properties. The detailed experimental procedure and dielectric properties will be reported at the conference.

SS4-3 Correlation between Tetragonality (c/a) and Direct Current (dc) Bias Characteristics of $BaTiO_3$-based Multi-layer Ceramic Capacitors (MLCC)

Seok-Hyun Yoon*, Mi-Yang Kim, Donghun Kim, Jin-Woo Kim, Jong-Suk Jung. *Samsung Electro-Mechanics*

The influence of tetragonality (c/a) of the dielectrics of $BaTiO_3$-based multi-layer ceramic capacitors (MLCC) on the direct current (dc) bias characteristics was investigated. The tetragonality can be reduced by decreasing the grain size, and further decreased for the same fine-grain size condition by increasing A/B ratio in ABO3 structure through the excess Ba addition. Fine grain samples showed higher dielectric constants than those of coarse grain samples under high dc-bias field, and they could be further enhanced by increasing A/B ratio. These results demonstrate that the reduction of tetragonality increases the intrinsic dielectric constants along c-axis direction, and thus a crucial factor for the enhancement of dielectric constant under high dc-bias

field condition where the domain alignment with c-axis parallel to the dc-bias field occurs. To minimize the tetragonality based on this principle, not only increasing the A/B ratio, but also new trial of modified $BaTiO_3$ powders were synthesized and applied to 0603-sized MLCC products for high dc-bias applications. The capacitance values higher than the required specification of the customer of 1.0 mF at dc-bias 4V could be successfully obtained without any other side effects, which was hardly possible for the conventional $BaTiO_3$-based system.

SS4-4 Gathering of Processing Data in the Manufacturing of the Dielectric Ceramics

유전체 세라믹스 제조 공정의 data 수집

신효순*. *한국세라믹기술원*

4차 산업 혁명 시대의 도래에 따라 세라믹 유전체 소재의 제조 공정에 있어서도 많은 변화를 요구받고 있다. 이러한 변화는 단순히 서비스, 물류 및 고객의 니즈 반영 등 네트워크 기반에서 이루어질 수 있는 영역을 넘어서서 산업 현장으로 빠르게 확산되고 있다.

이러한 4차 산업혁명의 시대에 유전체 소재 등 세라믹 공정은 전통적으로 많은 노하우를 바탕으로 장인에 의하여 이루어지는 것이라는 고정관념을 극복하고 data를 바탕으로 하는 인공지능을 적용한 최적화 공정을 이루어 갈 필요가 있다. 그러나 이러한 변화를 이끌어가기 위해서는 공정의 상태나 각 제조 제품의 상태, 환경 및 장비의 상태에 대한 data의 수집이 선행되어야 한다. 이러한 광범위의 data 수집은 세라믹 공정에서 충분히 이루어진 바가 없으며 이러한 data의 수집을 위해서는 공정의 규격화 및 표준화 또한 선행되어야 한다. 산업 전반에서 아직까지 일반적으로 적용되고 있는 경험에 의한 공정의 개선을 극복하고 data에 의한 공정개선을 이루는 스마트 공장의 적용이 적실히 요구된다.

본 연구에서는 산업통상자원부 사업으로 추진되고 있는 공적인 영역의 제조 혁신 시도의 하나인 'I-ceramic 제조 혁신 플랫폼 사업'의 일환으로 진행되는 유전체 소재의 제조 공정에서 data의 확보 방안에 대한 검토 사항과 진행 사항을 공유하고 이를 바탕으로 공공의 혁신 플랫폼이 잘 개발 또는 활용될 수 있도록 많은 아이디어를 공유하고자 한다. 유전체 제조 공정은 후막 공정인 tape casting과 기본적인 세라믹 성형 공정인 press 성형 공정으로 구분하고 각각의 공정에서 공정 표준화의 진행 사항과 data 확보를 위한 방법과 실행 결과를 설명하고자 한다.

SS4-5 Status and Prospect of Impedance Spectroscopy in MLCC

MLCC 임피던스 분석연구의 현황과 미래

이종숙*. *전남대학교*

커패시턴스 용량 및 유전손실과 절연저항 등의 전기적 특성을 전체 조성 뿐만 아니라 입자사이즈 및 입자내 조성분포로 조절하고 시간과 온도변화 등을 이해하고 조절하는 MLCC 개발에 있어서 임피던스 분광법을 활용하고자 하는 노력이 십년 넘게 되어왔다. 하지만 저항-커패시터 병렬 요소회로들의 직렬연결하는 임피던스모델링은 각 패러미터들의 물리적 해석이 명확하지 않으므로 효용성이 거의 없다라고 할 수 있다. 전체데이터를 잘 묘사한다는 것만으로는 임피던스 모델 분석의 과학적인 의의가 없음을 주지하여야 한다. 본 발표에서는 2006년부터 2012년까지 삼성전기와 산학협력으로 분석한 MLCC 의 임피던스 연구결과를 되짚고, 그동안 연구개발된 복소수 커패시턴스함수 및 트랜스미션라인모델 등 보다 물리적인 임피던스 모델과 파이썬 활용 피팅 등 새로운 해석방법을 적용하여, 임피던스 분석으로부터 보다 유용한 MLCC 특성 패러미터를 구하는 가능성을 제시하고자 한다.

SS4-6 Suppression of Dielectric Loss at High Temperature in $(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO_3$ Ceramic for High Temperature Dielectric Application

고온 캐패시터 응용을 위한 $(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO_3$ 세라믹의 유전손실 개선

조욱*. *울산과학기술원 (UNIST)*

Explosive growth of the electric automobile market has resulted in increasing demand on dielectric capacitors operating at temperatures as high as even up to 600°C. Given that most dielectric capacitors are based on $BaTiO_3$, the Curie temperature of which is at about 120°C that limits the operation temperature, it is believed that dielectric capacitors for future needs should be realized in non-$BaTiO_3$-based materials. In fact, the commercial $BaTiO_3$-based capacitor called X7R only covers from -55°C to 125°C. It follows that many researchers have tried to surpass this temperature limit inherent to $BaTiO_3$ itself by replacing it with new systems. Among the alternatives is $Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO_3$ that has a relatively large temperature-insensitive dielectric response with the maximum dielectric permittivity temperature of no less than 300°C. It is, however, unfortunate that in spite of its good high-temperature dielectric response, the corresponding dielectric loss increases exponentially starting from about 200°C. Recently, we discovered that A-site cation deficiency tends to decrease the problematic dielectric loss at high temperature. Therefore, we systematically investigated the role of A-site cation deficiency on the high temperature dielectric loss of pristine $Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO_3$ ceramics.

SS4-7 Understanding Electrical Properties of ABO_3 Dielectrics through Defect Chemistry

결함화학을 통한 ABO_3 유전체 물질의 전기적 특성 이해

이순일*. *창원대학교*

Perovskite structured ABO_3-based dielectrics have been being studied intensively due to their interesting structure and thereby remarkable dielectric properties and due to improve their properties in various applications. In general, the outstanding intrinsic properties result from the crystal structure and with the extrinsic properties are controlled by defects, such as nonstoichiometric defects, dopants and impurities, grain boundaries, and interfaces. To design a new or improved material those should be fully understood and controlled appropriately, so nonstoichiometric ABO_3 ($BaTiO_3$ and $BiFeO_3$)-based ceramics were investigated through high temperature equilibrium conductivity (HiTEC) and dielectric properties measurements at various conditions. Contribution of mobile oxygen vacancies and volatile metal vacancies has been determined by HiTEC measurement. The dominant defect and minor carrier types with different non-stoichiometric conditions were investigated as well. The $BiFeO_3$-based dielectric materials also showed high temperature stable dielectric properties. In addition, to control the double Schottky barrier at the grain boundaries, we investigated the reduced grapheme oxide (RGO) effects at the grain boundaries in $SrTiO_3$ ceramics. This paper will discuss challenges and strategies to optimize dielectrics for insistent demands through a scientific rationalization of the phenomena in the materials.

SS5-1 Ceramic Manufacturing Innovation Platform Technology
세라믹 제조혁신 플랫폼 기술

신효순*. *한국세라믹기술원*

4차 산업혁명 도래에 따른 제조업의 패러다임 변화되고 있다. 4차 산업혁명 시대에는 정보통신기술(ICT) 기반으로 초연결(hyper - connectivity)과 초지능(super-intelligence)을 특징으로 하며 여러 분야의 신기술이 결합되어 실세계 모든 제품·서비스를 네트워크로 연결하여 지능화 될 것으로 예측된다. 4차 산업혁명을 기반으로 제조업의 생산량 vs. 생산 품목 관계도에서 대량 맞춤형 생산 시대도 발전하고 있으며 유연생산(Personalized Production)과 분산생산(Localization)이라는 생산현장의 급격한 패러다임 변화가 이루어 질 것이다.

이에 반해 국내 세라믹 산업은 위기를 맞고 있다. 세라믹산업은 미·일 등 선진국 중심의 독과점 체제를 형성하고 있으며 중국 등 후발국의 저가공세로 국내 세라믹산업의 생존기반 상실이 우려되는 상황으로 새로운 돌파구 필요하다. 이에 본 발표에서는 4차 산업혁명 시대 적응을 위한 세라믹 소재 제조 산업의 혁신적 생산공정 플랫폼 기술에 대하여 설명한다.

세라믹 제조혁신 플랫폼이란 경험치 의존성이 강하고 도제적·암묵지적으로 기술이 전수되는 소재산업의 약점을 극복할 수 있는 지능정보기술(빅데이터, AI) 기반의 기업 생태계 육성 범용 개방형 플랫폼을 의미한다. 지능정보기술에 기반한 대량 맞춤형 생산 플랫폼 개발을 통하여 국내 세라믹 산업의 생산성을 높이고, 중소형 업체의 생산 공정 기술을 전문화하여 글로벌 제품·기술경쟁력을 제고하고, 첨단 세라믹 산업에 新서비스를 제공하는 새로운 양질의 일자리 창출할 수 있는 플랫폼 기술에 대하여 설명한다.

SS5-2 지능정보기술 기반 지능형 공정 최적화 빅데이터 분석 플랫폼 개발: 세라믹 제조기업 사례

지수영*. *한국전자통신연구원*

세라믹 산업의 대량 맞춤형 생산을 위한 지능정보기술(Big Data, AI, IoT)기반의 지능형 공정 최적화 빅데이터 분석 플랫폼은 新 공정 혁신에 의한 新 산업-서비스 창출이 가능함. 아이디어와 설계·검증 없이 단순히 반복적 실험에 의존하는 기존 공정 최적화 방식에 있어서 데이터와 인공지능 기술을 활용한 지능정보기술 기반 개발방식으로의 변화가 필요함.

이를 위해서는 소재물성 데이터, 공정 데이터 등 빅데이터 수집, 시뮬레이션 SW, AI등 지능정보기술을 활용한 분석, 예측 플랫폼이 핵심이나 이에 소요되는 시간과 비용이 매우 높아 개별 중소기업이 독자적으로 추진하기에는 어려운 상황임.

따라서 첨단 세라믹· 제품 개발을 위한 지능정보기술 기반의 지능형 공정 최적화 빅데이터 분석 플랫폼 기술을 개방형으로 개발 구축하여 산업 가치사슬 상의 다수의 기업이 공동 활용함으로써 기업 이익과 새로운 가치를 창출하고 확산시켜야 함. 지능정보기술 기반 플랫폼을 통한 신개념 세라믹소재 혁신을 통하여 4차 산업혁명 대응 세라믹산업의 생산성 및 유연성 확보가 시급함.

본 연구에서는 新 공정 혁신 게임체인저로서 지능정보기술 기반 지능형 공정 최적화 빅데이터 분석 플랫폼에 대한 연구개발 내용과 결과에 대하여 세라믹 제조기업의 사례를 들어 설명함.

SS5-3 AI를 활용한 제조라인 최적화

윤병문*. *㈜에이아이더*

인공지능(AI, Artificial Intelligence)은 ICT(Information and Communication Technology) 산업의 발달과 더불어 관심이 집중되고 있으며. 새로운 산업을 이끌어갈 미래의 성장동력으로 부상하고 있다. 인공지능 기술은 현재의 전산시스템의 성능한계를 극복하고, 자율주행 자동차, 무인항공기(드론 등), 사물인터넷(IoT, Internet of Things), 지능형 로봇, 지식서비스(검색, 광고, 미디어, 법률, 금융, 교육, 유통 등), 헬스케어 등 기술발전 적용산업을 견인하는 강력한 기술로 평가 받고 있다.

전통적으로 제조업은 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 에 보수적이다. 전 세계적으로도 제조 라인에 AI 를 적극적으로 도입하고 있는 곳은 미국 GE, 독일 지멘스 등 4차 혁명을 선도하는 몇몇 글로벌 기업 정도다, 충분히 검증되지 않은 AI 시스템을 도입하면 품질에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 고도화되고 숙련된 제조라인에서 발생하는 수 많은 데이터와 변수를 숙련된 작업자 만큼 잘 처리 할 수 있는 AI는 아직 만들어지지 않았다. 제조업의 경우 보편적인 AI 모델을 만들기 어렵다는 점도 제조업체의 본격적인 AI 도입을 꺼리고 있는 있다.

하지만, 최근 국내 제조업들은 AI 시대의 도래에 맞춰 스마트팩토리 혁신에 나서고 있다. AI를 활용한 제조라인 최적화는 제조라인에서 품질(양품, 불량 등)에 대해 즉각적으로 대처하고, AI 시뮬레이션을 통하여 제조 공정의 개선을 이룰 수 있도록 한다, 또한 제조 현장의 전산 시스템등의 개선 사항을 도출하여 전반적인 제조업체의 스마트팩토리 혁신에 기여할 수 있다.

SS5-4 딥러닝 기술을 이용한 세라믹 불량식별 기술

김혜진*. *한국전자통신연구원*

인공지능 기술의 발전과 더불어 제조산업에서의 머신비전을 이용한 불량 식별 및 검출에 대한 요청이 급격히 증가하고 있다. 반도체, 배터리, 핸드폰 등의 고가 설비를 갖춘 제조 산업에서는 머신비전이 이미 확고한 위치를 잡았고, 관련된 카메라 및 주변 장치들의 개발도 가속화 되는 등 앞으로 생산현장에서 패러다임 변화가 이루어지고 있다.

이와 더불어 세라믹 산업에서도 머신비전을 적용하여 불량 제품을 식별 및 검출하려는 연구가 진행되고 있다. 세라믹 제품의 불량 유형으로는 크랙, 볼록, 이물, 찍힘, 긁힘, 구멍 등 공정별로 다양한 형태의 불량 유형이 있다. 이에 본 발표에서는 실제 공정에서 생성된 불량제품에 대해 딥러닝 기술을 활용한 불량 식별 기술에 대하여 설명한다.

딥러닝을 이용한 불량식별에 있어 데이터 수집은 핵심적인 역할을 맡고 있다. 그러나, 판매 중인 제품의 불량품 데이터를 딥러닝 학습에 충분할 만큼 얻기까지 오랜 시간이 걸리기 쉽다. 또한, 그렇게 모은 데이터에서도 다양한 불량 유형 중 빈도수가 적은 데이터가 있을 수 있다. 이러한 세라믹 제품의 특성을 극복하기 위한 방법으로 본 발표에서는 전이학습 방법과 가상데이터 생성 방법의 두 가지 기술에 대하여 설명한다.

SS5-5 Data Strategy in Ceramic Materials and the Role of Simulation
세라믹 소재에서의 기계학습 적용방안과 시뮬레이션의 역할

조성범*. *한국세라믹기술원*

Recent advances in data science have led to digitalization and data mining in a diverse science and industry field. However, it has been difficult to exploit the ceramic materials science and industry, especially for materials discovery and process optimization. The data structure of materials is often unstructured and hierarchal, and lots of materials information is hidden and not digitalized. Also, gathering big data is difficult because the cost of each data point set is expensive. Sometimes, it should be prohibited due to physical limitation.

Therefore, the materials discovery and process optimization cannot be guided by theoretical prediction and should be done in a case by case manner with a lot of trials and error as known as Edisonian approaches. The complex, hierarchal, and limited data set of materials requires feature engineering and additional data-mining. In this talk, machine learning strategy and role of simulation for two important issues in ceramic industries, materials discovery and process optimization, will be discussed. For the materials discovery examples, we used first-principles calculations and retrieve the database with filtering technique. With this approach, we can efficiently screen the materials and accelerate the discovery processes. For the process optimization, we picked the tape-casting process and powder-pressing process as a example case. Since the feasibility test on small data set was successful, we discuss the extendable approaches.

SS5-6 Data Extraction from Analog Gauge with Deep Learning and Image Processing for Smart Ceramic Manufacturing System
지능형 세라믹 제조시스템을 위한 딥러닝과 영상처리를 결합한 아날로그 게이지 데이터 추출
정의현*. *안양대학교*
빅데이터 기반의 지능형 세라믹 제조 시스템을 구축하기 위해서는 데이터의 확보가 필수적이며, 개별 공정에서 중요한 정보를 표시하는 아날로그 게이지의 데이터를 추출하는 것은 매우 중요한 일이다. 그러나 기존의 세라믹 제조장치에 부착된 아날로그 게이지는 육안으로 게이지를 관찰하면서 제조 공정을 파악하는 제한된 용도로 활용되었다. 아날로그 게이지의 데이터를 추출하기 위해서는 아날로그 게이지에 데이터 수집장치에 연결될 새로운 전자장치를 설치해야 하지만, 기존 아날로그 게이지들은 일체형 제품이거나 전자장치의 설치를 고려하지 않고 제작되어 이러한 접근방법이 적절하지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 딥러닝 기술과 영상처리를 이용한 아날로그 게이지의 변화를 시각적인 기계학습을 통해 데이터를 추출하는 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 딥러닝의 YOLO 모델을 이용한 객체인식과 게이지 요소들의 영상 내에서의 벡터 연산을 통하여 아날로그 게이지의 데이터를 높은 정확도로 추출하였으며, 기존의 아날로그 게이지의 동작을 영상으로 찍는 것만으로 아날로그 게이지 데이터를 추출할 수 있는 가능성을 제시하였다.

SS5-7 Optimization of Tape Casting Process for Building Big Data of Ceramic Flexible Distributed Process
세라믹 유연공정 빅데이터 구축을 위한 테잎 캐스팅 공정 최적화
여동훈*, 유창민, 최동규, 김시연, 신효순. *한국세라믹기술원*
빅데이터를 통한 지능학습을 위해서는 경향성 있는 데이터 측정 및 입력이 필수적이다. 유연생산 공정에서 가장 핵심공정인 그린시트 제조를 위한 코터 장비에 데이터 측정 및 수집을 위한 센서들과 측정 시스템을 구축하였다. 테잎 캐스팅 방법으로 알루미나 시트 제조과정에서 단위공정들에 대한 표준화를 진행한 후, 슬러리 점도. 코터 속도, 성형 갭 높이 등의 공정변수에 따른 그린시트 제조 공정 데이터를 수집하였다. 이때, 슬러리 점도 범위는 1000-6000 cps, 성형 갭 높이는 300-1000 μm, 코팅 속도는 0.5-2.0 m/s로 변화시켜가면서 테잎을 제작하였다. 그 결과, 기공이 없는 전제조건하에서, 점도가 1000 cps 일 때 성형속도 0.5 m/s, 성형 갭 높이 700 μm로 제작한 시트의 충진밀도가 64%로 가장 높은 값을 나타내었다.

SS5-8 A Study on the Real-Time Data Collection and Analysis of the Ball Mill Process for Manufacturing Innovation
제조 혁신을 위한 볼밀 공정 실시간 데이터 수집 및 분석 방법에 대한 연구
정현덕*, 김세기, 박유경, 안창의, 한윤수, 류성수, 이성민. *한국세라믹기술원*
볼밀 공정은 분말야금의 기초 공정 중 하나로서, 연구분야뿐만 아니라 산업분야에도 널리 사용되고 있다. 특히 산업분야에서는 밀링 시간을 줄이거나 생산된 분말의 품질을 일정하게 유지하는 것이 생산비 절감과 생산성 증대 및 품질관리를 위해 중요하다. 그러나 볼밀 속도나 원료의 투입량 등 공정 조건들이 사용자의 경험에 의존하여 결정되므로 필요 이상의 에너지와 시간이 소비되고 있다. 또한 밀링 공정 중 변화하는 원료의 특성에 맞추어 밀링 조건을 조절하는 것이 효율적이지만, 이를 위한 실시간 정보 수집과 분석 방법에 대한 연구는 충분히 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 음향, 진동, 온도 등의 데이터를 볼밀 공정 중 실시간으로 수집하기 위해 여러 개의 센서와 정보 수집 장치를 상용 볼밀 장비에 설치하였다. 밀링 공정은 알루미나 원료와 물 용매를 이용하여 회전 속도, 볼양, 원료량을 변수로 진행하였다. 공정 중 데이터들을 실시간으로 수집하고, 알루미나 슬러리 점도와 입도를 4 시간에 한번씩 측정하였다. 수집된 데이터와 슬러리 특성 변화를 비교하여 상관관계를 도출하였고, 이를 통해 밀링 공정의 효율을 증대시키는 방법을 제시하였다.

SS5-9 Pore Distribution and Characterization of the Pressed Al_2O_3 Granule
Al_2O_3 granule의 성형조건별 기공 분포 및 특성 평가
권희진[1*], Pipit[1], 권오용[2], 백승우[3], 한윤수[4], 류성수[4], 이성민[4], 윤당혁[1]. *[1]영남대학교, [2](주)삼부세라믹, [3](주)맥테크, [4]한국세라믹기술원*
스마트팩토리 및 빅데이터 등으로 대표되는 4차산업혁명 시대에 부합하는 세라믹 산업 기반구축을 위해서는 다양한 공정에 대한 입출력 변수들의 디지털화 및 이들 빅데이터에 대한 분석을 바탕으로 여러 공장에서 적용 가능한 솔루션을 제공하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 이러한 가능성을 타진하기 위하여 여러가지 세라믹 공정에서 성형 공정을 선정하여 관련된 다양한 입출력 변수의 관계를 정립하고, 또한 산업체에서 관심을 갖는 성형체의 기공 분포 분석에 대한 실험적 접근을 시도하였다. 먼저 중요 입출력 변수의 선정과 이들간의 관계정립을 위하여 Process map, X-Y matrix와 PFMEA 등을 작성하였다. 또한 spray drying으로 제작된 평균 입경 33.6 μm의 Al_2O_3 granule을 이용하여 20, 50, 100, 및 200 MPa의 서로 다른 압력에서 기계식 자동성형기를 이용하여 성형을 실시하고, 성형 압력별 밀도를 측정하였다. 특히, 실린더 형태의 성형체 내에서의 성형 압력에 따른 기공 분포를 시각화하기 위하여 Micro-CT 분석을 실시하였으며, 또한 Al_2O_3 분말과 굴절률이 비슷한 고분자를 성형체에 함침시키고 이의 미세구조를 광학현미경으로 분석하고 이들의 결과를 상호 비교 분석하였다.

SS6-1 Global Standardization of Advanced Materials Technology in the 4th Industry
4차산업에서 첨단소재기술의 글로벌 표준화
이희수[1*], 홍은표[1], 김태우[1], 이민규[2], 정성욱[2]. *[1]부산대학교, [2]한국표준협회*
4차산업에서 첨단소재기술로는 신제조업 기술인 3D 프린팅, 사물인터넷·무인수송기기를 위한 센서, 청정수소에너지 핵심소재, 빅데이터·인공지능과 같은 지식정보 ICT 반도체 등이 있으며, 이는 정보통신, 환경·에너지, 바이오 등의 첨단산업에서 중요한 부분을 차

지하고 있다. 이에 따라 부산대는 4차산업에서 첨단소재기술의 글로벌 표준화를 선도하기 위해 첨단소재와 표준 관련 교과 트랙을 구축하고 관련 기업과의 산학프로젝트를 진행하고 있다. '재료와표준'을 시작으로 '미래소재기술과표준'이 개설되었으며, 차후 '융·복합소재와표준', 4차산업의 핵심인 빅데이터를 소재에 연계시킨 '재료데이터분석' 등 4개의 교과목이 개발·운영될 예정이다. 또한, 3D프린팅 분말의 적층특성 분석 및 모델링, 웨어러블 플랫폼 공정제어용 센서, 바이오매스 에너지 변환율을 위한 카본촉매 제조공정 개발, 강유전성 산화 하프늄 박막의 물성 향상 및 평가방법 최적화 등의 산학프로젝트를 진행하고 있다. 산학프로젝트를 통해 참여학생은 실무 경험을 쌓고, 아울러 사내/단체/국가/국제표준화 추진 등 기업에 대해 표준기술을 지원하여 학·연·산 인력공급 선순환 네트워크를 구축하고 있다.

SS6-2 Activities in ISO/TC206 "Fine Ceramics", and around ISO Standards

Shuji SAKAGUCHI*. *AIST, Nagoya, Japan*

ISO/TC206 is a technical committee (TC) in ISO, for discussing the work items relating to fine (advanced, advanced technical) ceramics. This TC was established in 1992. Currently, we have 14 participating countries and 20 observer countries. For more than 25 years since the establishment of this TC, we have 124 published ISO standards from our TC. The scope of this TC covers all the fields in ceramic materials, so, we have 12 working groups for covering the field of (1) Terminology, (2) Powders, (3) Chemical analysis, (4) Composites, (5) Porous ceramics, (6) Mechanical properties on monolithic ceramics, (7) Physical properties on monolithic ceramics, (8) Bondings, (9) Photocatalysis, (10) Coatings, (11) Electrical and Optical applications and (12) Engineering applications. I will explain something around the ISO discussion, about the recent establishment of other technical committees, and the tendency of the discussing subjects in ISO.

SS6-3 Influence of Microwave Sintering Zirconia Ceramic by Copper Oxide Additive

W. D. Teng[1*] and S. Ramesh[2]. *[1]SIRIM, Malaysia, [2]University of Malaya, Malaysia*

Comparison of sintering of zirconia using microwave and conventional methods based on the mechanical properties and microstructural evolution were studied. The results showed that microwave assisted sintering was beneficial in enhancing the densification, and mechanical properties of zirconia, particularly when sintered at 1200°C. However, the grain size was strongly influenced by the sintering temperature up to 1400°C and not the sintering method. The effect of copper oxide (CuO) additives up to 1 wt% on the densification behaviour and mechanical properties of 3 mol% yttria-tetragonal zirconia polycrystal (Y-TZP) were studied by using microwave sintering method. It was revealed that the 0.2 wt% CuO-doped Y-TZP sintered at 1250–1300°C could attain ≥99.8% of theoretical density, Vickers hardness of about 14.4 GPa, fracture toughness of 7.8 MPa·$m^{1/2}$ and exhibited fine equiaxed tetragonal grain size of below 0.25 μm. The study also revealed that the addition of 0.2 wt% CuO and subjected to conventional sintering produced similar densification as that obtained for microwave sintering, thus indicating that the additives played a more significant role than the sintering method.

SS6-4 Progress of Standardization Activities for Fine Ceramics in China

Xingang Wang*. *Chinese Academy of Sciences, China*

After one year's preparation by Shandong Industrial Ceramics Research & Design Institute Co., Ltd. (SICRDI), which was authorized by State Administration for Quality Supervision and Inspection and Quarantine (AQSIQ), the Technical Committee 194 on Industrial Ceramics (fine ceramics) of Standardization Administration of China (SAC/TC 194) was established in Sep. 1992. The Secretariat for SAC/TC 194 was allocated to SICRDI and the first committee consisted of 25 committee members. Beginning from 1992, especially since 2004, SAC/TC194 made rapid progress in standardization of fine ceramics. 37 national standards and 72 industrial standards have been published, 17 standards adpoted from international standard, and the other 20 national standards and 50 industrial standards being under development. In June 1995, Dr. Jin, who was on behalf of SAC, attended the second plenary meeting of ISO/TC 206, and then China was one of eight P members of ISO/TC 206. Till now, SAC/TC 194 organized the 4th and 19th plenary meeting of ISO/TC 206 in 1997, 2012 and 2019 respectively.

In the future, China will put the emphasis on the following areas: (1) take an active part in the work of international standards of fine ceramics; (2) adopt more International Standards as national standards and industrial standards; (3) draft more national standards for new test methods; (4) start associational standards (Chinese Building Materials Federation standards) in accordance with the new standardiztion policy of China.

SS6-5 Standards for Performance Test and Certification System for Photocatalytic Products

Tai Kyu Lee*, Woosug Yoon. *NANOPAC Co., Ltd*

Test methods to evaluate various photocatalytic activities have been standardized at ISO level. About 20 ISO standards have been published since the year of 2005, and 8 items are under review in TC206/WG9 as of 2019. Reliability system on performance test for photocatalytic products can be built by the standardization of test method and the certification system. This reliability system provides detailed information on quality of products and leads customers to select most appropriate photocatalytic products for their use. Reliability system based on the developed standards is very important for dissemination of quality products. Commitment of industry is strongly encouraged. International cooperation in these activities such as MRA is important for global distribution of useful photocatalytic products. In this presentation reliability system with certification system are introduced.

SS6-6 Global Standardization Work for Chemical Analysis of Ceramic Materials in ISO TC206 (Fine Ceramics)

ISO TC206 (Fine Ceramics) 화학분석분과(WG3)에서의 국제표준화 활동

최기인*, 김민정, 민수경, 이창현. *한국세라믹기술원*

세라믹 소재는 일반적으로 내열성 및 내화학성을 가지기 때문에, 시료에 대한 분해가 까다롭고, 소재를 구성하는 주요성분에 의한 매트릭스 이펙트(matrix effect) 및 시약에 존재하거나 시험과정에서

야기되는 불순물에 의한 영향으로 미량성분에 대한 정량분석이 어렵기 때문에, 화학조성 평가방법에 대한 표준화가 매우 중요하다.

과거 세라믹 소재의 화학분석방법에 대한 표준화는 일본, 독일 등을 중심으로 진행되었다면, 최근에는 ISO TC206 (Fine Ceramics) 화학분석 분과(WG3, chemical analysis)에서의 표준화 활동은 국내 전문가들을 중심으로 활발한 활동이 이루어지고 있다.

본 발표에서는 ISO TC206 (Fine Ceramics) 화학분석 분과에서 진행되고 있는 다양한 표준화 활동에 대해서 살펴보는 한편, 국내에서 제안한 세라믹 소재(지르코니아, 알루미나 및 하이드록시아파타이트)에 대한 화학분석방법 표준안에 대한 주요사항을 소개하고자 한다.

SS6-7 Standardization of Methods for Chemical Analysis of Lithium Ion Battery Cathode Materials for Electric Vehicle

전기자동차용 리튬이차전지 양극활물질 소재의 화학분석방법 표준화 연구

이선홍*, 이명규. *한국세라믹기술원*

리튬이차전지 용도가 전기자동차, 에너지저장 등으로 용도가 확대되면서 4차 산업 혁명의 핵심기술로 주목받고 있다. 특히, 테슬라로 대변되는 전기차 시장이 형성됨에 따라 전기차용 리튬 이차전지 수요가 빠르게 증가하고 있어 이에 대한 수요가 본격적으로 형성될 전망이다. 리튬이차전지를 구성하고 있는 4대 핵심 소재에서 양극활물질은 전체 소재 가격 중 약 40%를 차지하고 있으며 리튬코발트산화물(LCO), 리튬니켈코발트망간산화물(NCM), 리튬니켈코발트알루미늄산화물(NCA)이 상업적으로 많이 사용되고 있다. 양극활물질은 리튬과 3원계 원소(니켈, 코발트, 망간 등)간의 비율이 상당히 중요한데, 이들 비율에 따라 초기용량, 사이클 특성 등과 같은 배터리의 중요한 특성이 결정될 수 있기 때문에 배터리 메이커 업체들은 이들 비율을 품질검사(수입검사)를 통해 반드시 확인하고 있다. 또한, 양극활물질 제조 특성상, 수십~수백 ppm단위의 자성 혹은 비자성 불순물(이물)들이 포함되어 있을 가능성이 매우 높기 때문에 안전성 관리 차원에서 이들 불순물을 품질검사에서 반드시 확인하고 있다. 대부분의 양극활물질 소재 기업 및 배터리 메이커 기업들은 이들 비율 및 불순물 함량을 분석하기 위해 유도결합 플라즈마 방출 분광기 또는 질량 분석기(ICP-OES, ICP-MS)를 이용하여 전처리 과정을 거친 후 주요 원소 및 미량 원소를 검출하고 있다. 본 발표에서는 화학분석방법을 통한 리튬이차전지 내 양극활물질 소재의 주요원소비율 및 불순물 정량분석법의 문제점을 파악하고, 시험방법에 대한 국제표준 제안 필요성을 언급한다.

SS6-8 Study on International Standardization and Evaluation Technology for Bulk-type Thermoelectric Materials

벌크형 열전소재의 고온 제벡계수 및 전기전도도 평가기술 및 국제표준화에 대한 연구

이동원[1*], 이규형[2], 김용남[1]. *[1]한국산업기술시험원, [2]연세대학교*

최근 태양광, 출력 조력 등의 대체에너지 개발보다 낭비되고 있는 폐열 등을 회수해 전기에너지로 변환하여 연료효율을 향상시키는 에너지 하베스팅이 주목을 받고 있다. 이러한 열전 에너지 변환기술은 전기에너지를 열에너지로 변환시키는 열전냉각과 열에너지를 전기에너지로 변환시키는 열전발전으로 대별된다. 열전발전은 특히 다른 폐열회수 기술과 비교하여 상온으로부터 1,200 K 이상의 고온에 이르는 넓은 온도영역에 활용 가능한 기술이며, 이산화탄소와 미세먼지 배출이 전혀 없고, 시스템 구성이 간단하다. 효율적인 열전발전 시스템 설계를 위해 열전소재에 대한 신뢰성 있는 평가기술이 필요하며 특히 중고온용 벌크 소재의 특성을 고온까지 측정할 수 있는 기술이 필수적이지만 아직까지 이와 관련된 국제표준, 국가표준 등은 전무한 실정이다. 열전 에너지 변환효율은 열전소재의 성능에 크게 의존하며, 열전소재의 성능은 무차원 열전성능지수인 ZT (= $S^2\sigma T/\kappa$, S는 제벡계수, σ는 전기전도도, T는 절대온도, κ는 열전도도)로 나타낸다. 열전성능지수의 인자들 중 제벡계수와 전기전도도는 전하밀도에 따라 서로 상쇄관계를 나타내므로 동일한 측정 시스템에서 제벡계수와 전기전도도를 연속적으로 측정할 경우 파워팩터의 측정 오차를 최소화할 수 있다. 본 연구에서는 벌크형 열전소재의 주요 특성인 제벡계수와 전기전도도를 300 K ~ 1,200 K 범위에서 한 시스템으로 동시에 측정할 수 있는 방법을 제안하였다. 향후 상온으로부터 1,200 K의 온도 범위에서 제벡계수와 전기전도도를 연속적으로 측정하여 정확도를 높이고 오차를 최소화할 수 있는 평가기술에 대한 표준화 연구를 진행함으로써 이에 대한 국제표준화를 추진할 계획이다.

SS6-9 Synthesis for Flexible Display Organic-inorganic Hybrid Composite Coating according to Precursor

전구체에 따른 플렉서블 디스플레이용 유무기복합체 합성

이희선[1*], 손경우[1], 손호석[2], 이희수[3], 임형미[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]SMS, [3]부산대학교*

Organic-inorganic hybrid composite coating can be widely used in display such as optical film, lenses, camera filter due to flexibility, high hardness, chemical durability and optical transparency. By incorporating silica nanoparticles in the organic materials, it is possible to obtain organic films with increased hardness without decreasing the transmittance and flexural properties of the organic material. It is necessary to study dispersibility, flexibility, hardness and folding and bending test of the hybrid coating film according to the precursor of silica nanoparticles. The silica nanoparticle according to precursor was prepared by a hydrolysis condensation reaction with an tetraethyl orthosilicate and methyltrimethoxisilane. The synthesized colloidal silica is characterized by transmission electron microscopy transmittance, and turbiscan for particle size and dispersion stability. The flexibility and hardness of film were measured with dynamic mechanical analyzer and pencil hardness tester. Furthermore, folding and bending test was measured using 5mm diameter rods.

SS6-10 ISO Standardization of Test Method for Total Electrical Conductivity of Conductive Fine Ceramics

전도성 파인 세라믹스의 전기전도도 측정 방법의 국제표준화

류지승[1*], 신태호[1], 이희수[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교*

A 4-probe method is the most popular method for measuring the conductivity of conductive fine ceramics, which have ionic or electronic conduction. This method is able to solve the problems of 2-probe method that the measurement of the ionic conductivity is not available and the error values of contact resistance are significant. However, the precision and compatibility of data are insufficient due to the absence of clear criterion of a geometry factor of the contact electrode of the 4-probe method. Direct current (DC) 4-probe method uses more common equipment than the AC method so that instant measurement is available and utilize it in real time for the industry. We optimized the parameters such as a diameter of the wire, a distance between wires, and a current used in the DC four-wire method. We have been also attempted to improve four-wire measurement method by progressing international standardization.

SS7-1 Oxidation Behavior of BN-SiC Multilayer Deposited on C/C Composites by Low-Pressure Chemical Vapor Deposition

LPCVD에 의해 C/C 복합체 위에 증착된 BN-SiC 다중층의 산화 거동

정영석[1*], 윤호규[2], 최균[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 고려대학교*

탄소 기지상과 탄소 섬유로 이루어진 C/C 복합체는 뛰어난 내열성, 열충격 저항성, 화학적 안정성 및 고온에서 우수한 기계적 특성을 갖는다. 따라서, 열교환기 같은 고온 구조물에 많이 적용되고 있다. 하지만 C/C 복합체는 산화 환경 하에, 비교적 낮은 온도(500°C)에서 산화되며, 이로 인해 기계적 특성이 저하되는 단점을 가지고 있다. 탄화규소(SiC)는 높은 경도, 화학적 안정성(내산화/내삭마)을 가지고 있어 산화 방지막 코팅층에 매우 적합하다. 하지만, C/C 복합체와 SiC의 열팽창 계수 차이에 의해 코팅층에 균열이 발생된다. 열팽창 계수에 의해 발생된 균열은 산소가 확산될 수 있는 통로를 제공하여 산화가 쉽게 발생되며, 이는 기계적 특성을 저하시킨다. 따라서, C/C복합체와 SiC 코팅층의 열팽창계수 차이를 완화하기 위해 많은 연구가 진행 중이다. C/C 복합체와 SiC 코팅층의 열팽창계수를 완화할 수 있는 대표적인 재료는 PyC와 h-BN이 있으며, 적층형 결정 구조를 가지고 있다. 특히, h-BN는 PyC보다 산화저항성이 더 좋으며, 낮은 휘발성을 가진 B_2O_3가 형성됨으로써 산화를 방지할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 LPCVD에 의해 C/C 복합체 위에 h-BN와 SiC층을 증착하여 산화 거동을 확인하였다. BN 및 SiC 코팅층은 BCl_3-NH_3 혼합 가스와 MTS(CH_3SiCl_3)를 이용해 증착하였다. 또한, SEM과 XRD를 이용해 산화 전, 후 coating 층의 미세구조 및 상을 분석하였다.

SS7-2 Evaluation and Analysis of Mechanical Properties of CMC Materials

CMC 소재 기계적 물성 평가 및 해석

한윤수*, 김경호, 최균, 이성민. *한국세라믹기술원*

세라믹 섬유 복합체는 높은 인장강도와 고온에서 높은 신뢰성으로 인해 항공 구조 부품과 브레이크 패드와 같은 분야에서 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 응용분야는 높은 인장강도와 고온에서의 신뢰성 뿐만 아니라 매우 긴 수명을 요구한다. 따라서 재료 수명의 안정적인 추정을 수행하기 위해서는 정적 기계적 물성 뿐만 아니라 주기적 피로 상태에 대한 이해도 필수적이다. 또한 이러한 종류의 연구는 실시간으로 파괴 메커니즘을 모니터링 하기 위해 다양한 방법의 기술을 사용하는 것이 거의 필수적이다. 본 발표에서는 정적 기계적 물성 뿐만 아니라 주기적 피로 상태의 실시간으로 음향 센서를 통해 모니터링하여 다양한 손상 모드를 해석할 뿐만 아니라 손상의 정량화하는 기술에 대해 토의 하고자 한다.

SS7-3 Development of SiC/SiC Composites for Nuclear Fuel Cladding Applications

원자력 핵연료 피복관 응용을 위한 탄화규소 복합체 개발

김대종[1*], 이현근[1], 박지연[1], 김원주[1], 도아랑[2]. *[1] 한국원자력연구원, [2] 연세대학교*

경수형원자로의 핵연료 피복관은 핵분열 물질이 외부로 누출되는 것을 막는 다중 안전개념 중 핵심부품 중 하나이다. 그러나 후쿠시마 사고에서도 볼 수 있듯이, 냉각수상실 등의 중대사고가 발생하면 사고환경에서 고온 수증기 부식에 의해 수소폭발, 노심용융 등의 큰 사고로 발전할 수 있어 안전성에 큰 위협을 주고 있다. 이를 극복하기 위해 전 세계적으로 사고저항성 핵연료 피복관 개발 연구가 진행 중이다. 많은 사고저항성 핵연료 피복관 개념 중에서 사고환경 안전성이 월등히 뛰어난 탄화규소 복합체 피복관은 미래 원자력 소재로 큰 주목을 받고 있다. 이는 설계기준사고 및 설계기준이상의 사고가 발생한 경우에도 탄화규소 복합체 피복관의 높은 부식저항성 및 고온 강도로 인해 장시간 건전성이 보장되기 때문에 대응 시간을 충분히 확보할 수 있다. 그러나 탄화규소 복합체 핵연료 피복관은 냉각수 환경에서 용해현상이 발생하며, 방사선 조사에 의해 용해속도는 가속된다. 이를 극복하기 위해 내환경코팅의 적용이 고려되고 있다. 본 연구에서는 열전도, 부식저항성, 중성자흡수 특성 등을 고려하여 다양한 조성의 내환경코팅층 소재를 코팅층으로 적용하였으며, 고온 고압의 물환경에서 부식거동 및 SiC와 내환경코팅층과의 반응 특성에 대하여 고찰하였다.

SS7-4 Fabrication and Characterization of SiC-based Ceramic Composites Using Ultra-high Concenrtation SiC Slurry

초고농도 SiC filler를 이용한 SiC계 세라믹 복합재료의 제조 및 물성 평가

이세훈*, 이희정, 김준섭, 구지안. *재료연구소*

농도 62-70 vol%의 SiC 초고농도 슬러리를 제조하였으며, 이를 건조시켜 제조한 SiC 성형체에 SiC계 액상 전구체를 함침 및 열분해하는 PIP (precursor impregnation & pyrolysis) 공정을 적용하여 입자 강화 세라믹 복합재료 (Particulate reinforced ceramic composites, PRC)를 제조하였다. 물성 비교를 위하여 200 MPa 조건의 정수압성형 (cold isostatic press, CIP)을 이용하여 제조한 상대밀도 58 vol%의 SiC 성형체를 추가로 제조하여 그 특성을 비교하였다. 농도 62, 66 및 70 vol%의 슬러리를 원형 틀에 넣고 건조할 경우 건조 후 상대밀도는 각각 69, 75.7 및 76.1%로 증가하였으며, 이는 슬러리 제조 도중 발생한 분산매인 물의 증발과 슬러리의 건조 도중 발생한 시편의 건조 수축 때문이다. 초고농도 슬러리를 건조하여 제조 된 SiC 성형체는 4회 PIP 까지 상대밀도가 증가하였으며, 특히 미세 입자와 조대 입자를 혼합하여 제조한 70 vol% 슬러리를 적용한 성형체의 경우 4회 PIP 까지 밀도가 거의 선형적으로 증가하였다. 이는 조대입자와 미세입자 사이의 계면이 반복된 PIP 공정 시 전구체가 원활하게 함침할 수 있는 통로 역할을 했기 때문으로 생각된다. 4회 PIP 후 상대밀도는 최대 88% 였으며, 초기 SiC 성형체의 상대밀도가 높을 수록 PIP 후의 상대밀도 역시 증가하였다. 4회 PIP 된 SIC 복합재료의 비커스 경도는 최대 19 GPa로 이는 Al 소결조제를 사용하여 완전히 치밀화한 SiC 소결체의 경도인 22 GPa에 근접하였다. 이로 부터 PIP 공정으로 세라믹 복합재료를 제조 할 경우 초기에 초고농도 슬러리를 사용하는 것이 PIP 횟수 절감 및 기계적 특성 개선에 매우 중요함을 알 수 있었다.

SS7-5 Application of CFD Simulation to CVI Process for CMC

CMC CVI 공정에서의 CFD 시뮬레이션의 활용

최균[1*], 이재문[1,2], 이종흔[3]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 고려대학교*

고온용 CMC(ceramic matrix composite)에서 가장 중요한 공정인 CVI(chemical vapor infiltration) 공정에서 CFD(computational fluid dynamics) 시뮬레이션을 활용하여 공정을 최적화하기 위한 연구를 수행하였다. 카본 프리폼을 FCVI(forced CVI) 공정을 통하여 치밀화였는데 이 때 사용한 프리폼 고정틀의 형상에 따라서 공정에 소요되는 시간과 최종 밀도가 영향을 받았으며 이를 CFD 시뮬레이션을 통하여 예측하였다. 이를 통하여 구현한 CMC의 물리적 특성을 비교하였고 미세조직과 연관하여 분석하였다.

SS7-6 Electron Microscopy for Ceramic Matrix Composite

초경량 비산화물 CMC 소재개발을 위한 고분해능 TEM 분석

정성윤*. *KAIST*

탄화규소(SiC) 섬유 강화 탄화규소(SiC/SiC) 복합재료는 고온 안정성, 기계적 강도, 내산화성, 열전도도, 파괴 인성 등이 우수하여 가스터빈, 열교환기와 같은 고온 고압의 극한 환경용 구조재료로 널리 응용되고 있다. SiC/SiC 복합재료는 SiC 섬유로 직조된 프리폼의 내부를 SiC 기지 상을 치밀하게 채움으로 제작할 수 있는데 이렇게 기지 상을 채우기 위한 공정으로 주로 화학 기상 침투법(Chemical Vapor Infiltration, CVI) 또는 고분자 함침 열분해법(Polymer Impregnation and Pyrolysis, PIP) 등이 이용되며 전당응력을 조절하기 위해 섬유와 기지 상의 계면에 탄소(C) 또는 질화보른(BN)을 코팅하는 공정이 추가되기도 한다. 복합재료의 기계적 강도, 고온 내구성, 내산화성과 같은 거시적 관점에서의 물성의 연구는 비교적 활발히 진행되었지만, 결정구조, 결정결함, 화학 상태 등 미시적 관점에서 복합재료의 특성을 분석하는 연구는 거의 이루어지고 있지 않다. 본 연구는 전자현미경을 이용하여 SiC/SiC 복합재료의 결정구조, 결정결함, 화학결합 상태 등을 정량적으로 분석하는 방법을 소개한다.

SS7-7 A Status on CMC R&Ds

CMC 연구 개발 동향

박지연[1*], 이기성[2], 김세영[3], 김원주[1], 류도형[4]. *[1] 한국원자력연구원, [2] 국민대학교, [3] 한국에너지기술연구원, [4] 서울과학기술대학교*

Ceramic Matrix Composite (CMC)는 우수한 파괴인성을 지닌 소재로 고온 물성이 우수하여 고온 또는 초고온 구조재료로 많은 연구가 진행 중이다. 미국 GE사는 2018년 민항기에 CMC 소재를 부품으로 적용하여 효율을 15% 이상 향상시킨 LEAP 엔진을 장착하며 CMC 소재의 민수용 시장을 열었다. 또한 이를 위하여 GE사는 305 M$를 투자하였고, 2026년에는 CMC 시장 규모를 7.51 B$로 예측하고 있다. 지난 9월22일부터 26일까지 프랑스 보르도에서 HT-CMC 10 국제 학술대회(10th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composite)가 개최되었고, 29개국에서 온 470+의 전문가가 참석하여 논문을 발표하고 정보교류가 진행되었다. 한국세라믹학회는 HT-CMC International Advisory Board 회의에서 한국의 차기 HT-CMC 11 개최를 제안하였고 개최를 확정지었다. HT-CMC 11은 2022년 제주에서 개최될 예정이다. 본 발표에서는 HT-CMC 10에서 발표된 논문을 중심으로 CMC R&Ds 동향을 요약하고, 한국에서 제안하고 개최승인을 얻은 정보를 공유하고 향후 준비일정을 함께 정리하고자 한다.

SS7-8 Thermal Shock Resistance of TaC/SiC Multilayer Coating on C/C Composites by CVD

화학기상증착법에 의한 TaC/SiC 다층코팅의 열충격특성

김현미[1,2*], 최성철[2], 최균[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 한양대학교*

탄소/탄소 복합체(C/C)는 우수한 내열성, 비강도 그리고 경량 구조특성을 가지고 있기 때문에 항공우주 분야에서 연구되어 왔지만 대기 분위기에서 쉽게 산화되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 C/C에 초고온 세라믹스(UHTCs)를 코팅하여 극한환경에 적용하는 연구가 중요한 이슈로 나타나고 있다. UHTCs를 코팅하는 방법 중에서도 화학기상증착(CVD) 방법은 고밀도의 코팅 층을 형성할 수 있기 때문에 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 TaC monolayer와 TaC/SiC/TaC/SiC multilayer를 hot wall 타입의 CVD방법으로 C/C 위에 증착했고, CVD 반응 영역의 CFD 시뮬레이션을 통해 증착 효율을 향상시키는 방안을 제시했다. 형성된 두 코팅 층은 arc discharge heating 방법을 통해 열충격저항성을 비교할 수 있었다. 열충격 테스트 후, TaC monolayer는 코팅 층이 거의 남지 않았으며, 공기 중에 노출되어 손상된 탄소섬유를 확인했다. 그러나, multilayer는 SiC 층의 산화에 의해 보호 유리질 코팅을 형성하고, TaC의 산화물인 Ta_2O_5 층에 의해 탄소섬유가 보호되었다. 이러한 결과를 통해, multilayer 구조가 C/C의 열충격 및 산화 방지에 더 효과적이라고 볼 수 있다.

SS7-9 Multicompositional Rare Earth Materials based EBC Coatings for CMC by Suspension Plasma Spray

다성분계 희토류 기반 CMC용 세라믹 환경차폐코팅

오윤석*, 박수민. *한국세라믹기술원*

최근의 비산화물계 세라믹복합체의 고온환경 사용을 위한 환경차폐코팅(EBC, environmental barrier coating) 기술에 적용되는 세라믹 소재는 희토류 기반의 복합조성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그중 코팅의 고온 내구성 증대를 위한 기판-코팅간 부착력 향상을 위해 최적의 열팽창계수 조합 및 다중층 코팅에 대한 연구가 집중적으로 수행되고 있다. 본 연구에서는 최근 고온 환경차폐코팅 물질로 많은 연구가 이루어지고 있는 이터븀(Yb, Ytterbium) 기반의 실리케이트 조성의 코팅을 서스펜션 플라즈마 코팅으로 제조하였다. 이때 코팅조성의 경우 가돌리늄(Gd, Gadolinium)과 같은 희토류 물질으 추가투입하여 Yb silicate의 열팽창성 변화를 도모하였으며, 아울러 Yb silicate의 di-, mono- 다중조성을 활용한 다층막 형성등을 시도하였다. 이를 통해 1400도 이상의 고온조건에서 높은 내구성을 확보할 수 있을것으로 예측하였다.

SS7-10 Development of C/C-SiC Combustor for Regenerative Cooling Hypersonic Scramjet Engine

재생냉각형 극초음속 스크램제트 엔진용 C/C-SiC 연소기 부품 개발

김세영*, 김수현, 한인섭, 성영훈, 우상국, 방형준. *한국에너지기술연구원*

스크램제트 엔진을 추진 시스템으로 사용하는 극초음속 비행체는 로켓 추진 시스템보다 고속에 유리하며 향상된 비행 거리를 갖는다. 또한 우주 발사체, 고속 정찰기, 운송용 항공기 및 군용 무기 분야에서 미래 항공 기술로 주목 받고 있다. 본 연구의 목적은 엔진의 연료를 CMC 연소기 벽 내부로 유입하여 연소기 벽 소재의 열화 방지 및 열교환이 이루어져 온도가 상승된 연료를 연소기에 분사하여 효율을 높이는 기술을 개발하는 것이다. 이를 위해, 금속에 비해 우수한 고온 안정성을 갖는 탄소 섬유 강화 세라믹 복합재가 적용되었으며, CMC 연소기 제조 공정 및 벽 내부 연료 유동 채널 형성을 위한 새로운 성형법이 연구되었다. 또한, LSI (Liquid Silicon Infiltration)로 제조 된 연소기 부품은 실제 환경 시험 수행을 위해 40bar 연료 압력을 갖는 유입 유속 Mach 2.0의 실제 스크램제트 연소기에 적용되었다. 연료 흐름에 의한 CMC 연소 벽 표면의 온도 변화는 레이저 유도 형광체 온도 측정 (LIPT)으로 실시간 측정되었고 2차원 벽 온도 map이 얻어졌다. 실제 적용 시험 후 CMC 부품의 재생 냉각 효과 및 구조적 안정성 역시 확인 되었다.

SS7-11 Oxidation and Corrosion Behavior of LPS-SiC Ceramics in the High Temperature and Steam Flow Conditions

고온 수증기 조건에서 액상소결 탄화규소 세라믹스의 산화 및 부식 거동

임광영[1*], 정태식[1], 나연수[1], 주민제[1], 이승재[1], 김영욱[2], 김정범[3]. *[1] 한전원자력연료, [2] 서울시립대학교, [3] 충남대학교*

액상소결 탄화규소 세라믹스는 상대적으로 낮은 온도에서 소결이 가능하며 미세조직 및 물성 제어가 용이하여 다양한 분야에서 사용되고 있는 소재이다. 특히 고온구조 산업분야에서 적용성이 용이한 탄화규소 세라믹스는 항공, 우주, 원자력 등 고온산화에 열악한 환

경 조건에서 활용도가 높은 소재이나, 액상소결 탄화규소 세라믹스의 경우 CVD-SiC와 다르게 고온산화 및 부식 현상으로 인해 적용하기 어려운 소재이다. 본 연구는 Al 원소가 포함된 첨가제와 Al 원소를 사용하지 않은 첨가제를 이용한 액상소결 탄화규소의 1700ºC, 수증기 조건에서 산화 거동에 대한 연구를 수행하였다. 주요 결과로는 Al을 포함한 첨가제는 탄화규소의 부식을 발생시키고 침식을 가속화하여 구조적 건전성을 유지하지 못하는 반면에, Al원소가 첨가되지 않은 개발 첨가제의 경우 1700ºC에서 내부식저항성을 갖는 산화보호층을 형성시켜 25 시간 동안 버블링 현상 없이 부식 및 침식이 일어나지 않고 구조적 건전성을 유지하는 것으로 나타났다. 개발된 액상소결 탄화규소 세라믹스는 산화분위기에 노출시 스스로 EBC층을 형성 할 수 있으며, 이러한 특성으로 인해 산화 보호층이 제거되더라도 지속적으로 EBC층을 형성시킬 수 있는 소재로써, 기존에 적용하기 어려웠던 고온수증기 조건에서 액상소결공정을 이용하여 경제적으로 제조 및 사용이 가능하며, 원자력소재, 가스터빈, 항공엔진부품 등에 EBC 기술을 적용시 코팅층이 박리되었을 때에도 모재 탄화규소에서 EBC를 형성하여 부품의 신뢰도를 크게 향상 시킬 수 있는 소재로 판단된다.

SS7-12 Optimization of C/SiC Manufacturing Process based on CFD Simulation

CFD 시뮬레이션을 기반으로 한 C/SiC 제조공정 최적화

이재문[1,2*], 최균[1], 이종흔[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교*

탄소/ 탄화규소 복합체(C/SiC)는 세라믹 재료의 단점인 취성 파괴를 극복하기 위해 개발되었다. C/SiC는 뛰어난 고온 물성과 열 및 화학적 안정성을 가진다. 이러한 특성들 때문에 C/SiC는 우주항공과 가스터빈 분야와 같은 극한환경용 구조재료로써 폭 넓게 사용된다. 본 연구에서 C/SiC는 제조 공정 중 화학 기상 침투법(CVI)과 고분자 함침 열분해법(PIP)을 합친 CVI-PIP hybrid 공정을 통해 제조되었다. 이 공정은 고순도의 결정질 SiC를 CVI로 증착하고 남은 큰 기공들을 PIP로 채운다. CVI 공정을 통해 균일한 SiC를 증착하기 위해서는 많은 비용과 시간이 소모되는 것으로 알려져 있다. CVI 공정의 효율성을 높이기 위해 CFD 시뮬레이션을 사용하여 여러 가지 프리폼 홀더를 제안하고 그 내부의 유속분포를 예측하였다. 그 결과를 바탕으로 치밀화 공정을 진행하여 실제 공정 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하였다. 또한 제작된 샘플들의 강도 및 피로 테스트를 진행하고 SEM/TEM과 micro-CT를 이용하여 내부 상의 분포를 해석하였다.

SS8-1 Evaluation & Modelling of the Conventional SOFC by using Electrochemical Impedance Spectroscopy

전기화학적 임피던스 분광법을 이용한 SOFC 모델링 및 평가

홍재운*, 남궁연, 김인호, 송선주. *전남대학교*

Interest in solid oxide fuel cells (SOFC) has significantly increased in the past few years. So far, electrochemical impedance spectroscopy has been widely used to characterize fuel cells. The advantage of impedance is non-destructive test, so it is easy to know the condition of the fuel cell in-situ, and it has the advantage of separating various electrochemical reactions over a wide frequency range. In general, the impedance data obtained by measuring fuel cells is fitted into an equivalent circuit having an appropriate physical model. The fitting model varies from literature to literature, which is often confusing. In this study, the impedance of a conventional coin cell with $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ (LSCF6428) / GDC // YSZ / Functional layer / Ni-YSZ structure was measured. First, the applicable models are summarized and the initial parameters for complex nonlinear least squares fitting are described. And by measuring the impedance under various thermodynamic conditions, we have determined the rate-determining step under specific conditions and shown what information can be obtained from it. Finally, we explained what to pay attention to when applying the fitting model.

SS8-2 From Kinetic Study to Material Design: Correlation between Time Evolution of Sr Segregation and Surface Activity in Thin Film Model Electrode

박막 모델 전극에서의 시간에 따른 Sr 편석현상 및 표면 반응성사이의 상관관계 분석을 통한 재료 설계

서종수[1*], 김현승[1], 구본재[2], 정우철[1]. *[1]KAIST, [2]MIT*

Segregation and phase separation on perovskite oxide (ABO_3) surface have been considered as a key detrimental factor to the performance of energy conversion devices such as solid oxide fuel/electrolysis cells. In general, Sr segregation refers many complex phenomena such as enrichment of Sr or formation of 2nd phase particles at perovskite oxide surface. Therefore it is difficult to know the detail process of degradation such as which component at surface make the degradation of activity. In this work, to investigate the correlation between electrode activity and Sr segregation, we fabricate $La_{0.6}Sr_{0.4}CoO_3$ thin-film model electrode via pulse laser deposition. The change in surface composition and surface activity of model film depending on time and temperature is monitored. As a result, it is found that the change of the surface composition and the degradation of the activity is in accordance with the same kinetic model and the formation of new phase on the surface is an important factor. These observations are discussed with simultaneously coupling change in surface composition, surface activity and surface morphology with time and temperature, providing the fundamental insight for strategy about how to control the degradation rate of cathode activity.

SS8-3 A Study of Time-Dependent Degradation Phenomenon on $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fo_{0.8}O_{3-\delta}$ Cathodes for Solid Oxide Fuel Cells

고체산화물 연료전지용 $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fo_{0.8}O_{3-\delta}$ 공기극의 시간 의존적 열화 현상에 대한 연구

김도엽*,박진완,윤병현,박정화,이강택. *대구경북과학기술원*

Solid oxide fuel cells (SOFCs), that directly convert chemical energy into electrical energy, are one of the most promising energy conversion devices due to high energy efficiency, fuel flexibility, and low emissions. For the intermediate-temperature SOFC (IT-SOFC) cathode, the perovskite-based $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ (LSCF) material as a mixed ionic and electronic conductor (MIEC) has been widely studied because of its high conductivity and electrocatalytic activity for oxygen reduction reactions (ORRs) at reduced temperatures. It has been reported that, however, the Sr segregation at the surface of LSCF oxygen electrode is detrimental to the electrochemical performance and stability during the long-term operation. On the other hand, a quantitative correlation of degradation of the oxygen transport kinetics regarding to surface exchange reactions with formation of SrO_x-precipitation is not clearly understood yet. In this study, the correlation of the time-dependent degradation mechanism of the LSCF catalyst with respect to Sr segregation phenomenon at the surface were investigated for a prolonged annealing time (~800 h) by

combining in-situ electrochemical measurements, and ex-situ chemical and structural analyses.

SS8-4 Spatial Investigation of Electronic Properties in Composite Electrolytes for Solid Oxide Fuel Cells Using Embedded Probes

Niaz Atif Khan[1*], 정명근[1], 박준영[2], Anil V. Virkar[3], 임형태[1]. *[1]Changwon National University, [2]세종대학교, [3]Univ. of Utah*

Local electronic conduction is spatially investigated through two types of co-ionic conducting composite electrolytes, BCY15 ($BaCe_{0.85}Y_{0.15}O_{3-\delta}$) - GDC20 ($Gd_{0.2}Ce_{0.8}O_{2-\delta}$) and BZY15 ($BaZr_{0.85}Y_{0.15}O_{3-\delta}$) - NDC10 ($Nd_{0.1}Ce_{0.9}O_{2-\delta}$), to understand their durability under abnormal operating conditions. Electrical potential variation is measured through the electrolytes using embedded Pt probes under open circuit conditions, from which we find that an effective electrolyte region (with high electronic resistance) is expanded in both composite electrolytes, in comparison with doped ceria (single phase) electrolyte. In BCY15-GDC20, most of the electrolyte region shows high electronic resistance, except for the region close to the anode. A contrast tendency is observed in BZY15-NDC10 showing mixed conduction in the region close to the cathode. Both types of composite electrolytes degrade under negative voltage conditions, but they are stable under positive voltage conditions. Post-analysis reveals that electrode/electrolyte delamination occurs at the cathode side in BZY15-GDC20 while it occurs at the anode side in BZY15-NDC10. Thus, we can say that the local electronic properties of composite electrolytes determine their stability, and the high electronic resistance region is vulnerable when the cell is subjected to abnormal conditions such as negative cell voltages.

SS8-5 Development of Next-generation High-performance Solid Oxide Fuel Cells via Advanced Electrospray Deposition Technologies

고도화된 전기분사 증착 기술을 통한 차세대 고성능 고체산화물 연료전지 개발

신성수*. *한국과학기술연구원*

에너지 전환 효율이 높고, 온실가스 및 오염 물질 배출이 적으며, 유연한 연료 사용이 가능한 장점들을 가지고 있는 고체산화물 연료전지는 미래 에너지 전환 시스템에 있어 가장 유망하고 신뢰할 수 있는 기술들 가운데 하나이다. 그러나 세라믹 다층 구조 및 이에 포함되는 치밀한 구조의 전해질과 다공성 구조의 전극 제작에 요구되는 공정상의 복잡성은 고성능/고신뢰성 고체산화물 연료전지 개발을 위해 해결되어야 할 문제이다. 또한 이러한 문제점들은 고체산화물 연료전지를 차세대 이동식 전력원으로 적용하기 위한 저온 구동화에서도 중요한 기술 요소들이라 볼 수 있다. 이를 해결하기 위한 방안으로 균일한 증착이 가능하고 넓은 범위의 두께 조절이 용이하며 기판 종류와 거칠기에 영향을 받지 않는 전기분사 증착 공정이 주목 받고 있다. 본 연구에서는 세라믹 분말을 슬러리 형태로 제작하여 분사하는 전통적인 전기분사 증착 공정과 함께 세라믹 전구체 용액을 분사하는 발전된 전기분사 증착 공정을 고체산화물 연료전지에 적용하여 고성능-저온 구동 연료전지를 구현하고자 한다. 마이크론-스케일내에서 전해질 및 전극과 같은 연료전지 핵심 요소의 구조 최적화를 진행하여 치밀도 및 공극율 제어 기술을 확립하였으며, 전구체 용액 전기분사 증착 공정으로 제작된 나노스케일 계면 구조층을 도입한 고체산화물 연료전지는 작동온도 650°C에서 1 W/cm^2 이상의 높은 최고전력밀도를 기록하였다.

SS8-6 Gadolinia-Doped Ceria Thin Film Fabricated by Atomic Layer Deposition for Enhancing ORR Kinetics of LT-SOFCs

원자막 증착법을 이용한 가돌리늄이 도핑된 세륨 산화물 박막 제작 및 저온형 고체산화물 연료전지의 환원극 기능층으로서의 특성 평가 연구

양휘철*, 임용현, 김영범. *한양대학교*

Ceria(CeO_2)-based material has emerged as an electrolyte for low temperature solid-oxide fuel cells (LT-SOFCs) due to the high oxygen ion conductivity and oxygen-reduction reaction (ORR) kinetics compared to yttria-stabilized zirconia (YSZ) which is a standard electrolyte material for SOFCs. However, it has electrical conductivity due to the reduction characteristics in hydrogen and high-temperature environment. Thus it mainly has been used as a functional layer for enhancing ORR rather than a single electrolyte.

It is known that nanocrystalline surface and small grains show higher activity for ORR. In this study, characteristics of gadolinia-doped ceria (GDC) functional layer fabricated by atomic layer deposition (ALD) was studied. Physical and electrochemical characteristics of ALD GDC was investigated. ALD GDC functional layer shows small surface grains and nanocrystalline structure, which are sites for oxygen incorporation. Reduced polarization loss was also observed and current-voltage characteristic shows enhanced performance. These results indicates that ALD-fabricated functional layer has superior characteristics for SOFC performance.

SS8-7 Fabrication of Ni-YSZ Electrodes for Increased Electrolysis Durability

가역운전 수전해셀 연료극(Ni-YSZ) 내구성 향상

이민진*, 신재화, 황해진. *인하대학교*

고체산화물전해셀 (solid oxide electrolysis cell, SOEC)은 고온에서 수증기를 전기분해하여 수소를 제조하는 전기화학 디바이스이다. SOEC는 고체산화물연료전지 (SOFC)의 역반응을 활용하는 기술이기 때문에 전력이 필요할 경우에는 수소로부터 전기를 생산하고 부하가 감소하면 잉여 전력을 이용하여 수소를 제조하는 차세대 전력 생산 및 저장 시스템에 활용을 목적으로 하고 있다. 한편 SOEC는 수소극에 고온/고압의 수증기를 공급한다는 점과 공기극에서는 산소가 매우 빠르게 방출된다는 점 때문에 SOFC에 비하여 셀 및 스택의 열화가 크고 상업화의 걸림돌이 되고 있는 상황이다. 본 연구에서는 SOEC의 연료극 성능 및 열화에 미치는 작동 조건의 영향에 대하여 조사하였으며 연료극의 내구성을 향상하기 위하여 Ni/YSZ의 산화를 억제하기 소재 기술을 검토하였다. 수소제조용 셀은 공기극으로 LSCF를, 연료극으로 Ni-YSZ 사용하여 구성하였고 전해질(YSZ) 및 전극 지지형 셀을 제조하여 실험에 사용하였다. 제조한 셀에 대하여 SOFC/SOEC 모드에서의 분극저항과 j-V 특성을 평가하였다. 수증기 분압은 10, 30, 50%로 변화시켰으며 셀에 0.1 mA/cm^2의 전류밀도를 인가한 상태에서 전압의 변화를 관찰하였으며 SOFC-SOEC 전환운전에 따른 전압의 변화를 측정함으로써 셀의 내구성을 평가하였다. 또한 수증기 분위기에서의 연료극 (Ni-YSZ)의 산화를 억제하기 위하여 방식(anti-corrosion)기술을 응용한 복합화 연료극을 제조하였고 산화 방지 가능성을 검토하였다.

SS8-8 Study on the Anode Ohmic Resistance of Metal-supported Solid Oxide Fuel Cell

금속지지체형 고체산화물 연료전지의 연료극 오믹저항에 대한 연구

이희대*. *KAIST*

본 연구에서는 선행 연구로 개발된 금속지지체형 고체산화물연료전지(Metal-supported solid oxide fuel cell, MS-SOFC)의 연료극을 구성하는 여러 층의 오믹저항을 분석 및 분리하였다. 선행 연구에서는 천공된 치밀한 금속지지체에 LST-GDC의 비율을 10:1, 5:5로 달리하여 두 개의 층을 코팅한 연료극을 사용하였으며 습식 공정으로 코팅하여 산화분위기에서 소결함으로써 제조 생산성을 높였다는 장점이 있다. 반면에 기 개발된 MS-SOFC는 높은 오믹저항을 가지고 있어 성능 개선이 필요한데 분석 결과 오믹저항의 상당 부분을 차지하고 있는 연료극에 대한 오믹저항 분석이 필요하다. 연료전지의 오믹저항을 측정하는 방법은 이미 여러가지가 알려져 있는데 기 개발된 공정은 그 특수성 때문에 이 방법들을 사용할 수 없다. 따라서 기 개발된 공정에 맞는 오믹 저항 분석 방법이 필요하였고 본 연구에서는 동일한 지지체 위에 동일 코팅 물질을 서로 다른 두께로 코팅한 셀을 제작하여 그 오믹저항을 측정하였다. 이 방법으로 코팅된 물질의 두께와 오믹저항의 선형 관계를 이용하여 코팅 물질만의 오믹저항을 분리해 낼 수 있으며 더 나아가서는 계면 저항까지 측정할 수 있을 것으로 기대하고 있고 결과적으로 현재까지 LST-GDC 코팅층의 저항을 성공적으로 측정하였다.

SS8-9 A Highly Active and Redox Stable Ceramic Anode Material with In-situ Exsolution of Metallic Nanocatalysts

금속 나노 촉매의 실시간 표면 용출(in-situ exsolution)을 통한 고활성 및 산화 환원에 안정적인 세라믹 연료극 개발

김경준[1*], 라스 쿠마르 마나사[1], 곽헌호[1], 김형준[2], 한정우[2], 홍승태[1], 이강택[1]. *[1]대구경북과학기술원, [2]포항공과대학교*

In this study, we developed novel $SrGdNi_xMn_{1-x}O_{4\pm\delta}$ (x = 0.2, 0.5, 0.8) materials with a Ruddlesden-Popper structure and used them as SOFC anodes. The significant exsolution of Ni nanoparticles occurred in SGNM28 composition, which was confirmed by hydrogen temperature programmed reduction (H_2-TPR) and SEM analysis. The redox cycling test of a symmetrical cell with SGNM28 electrodes resulted in only a small amount of change in the ASR per cycle (~ 0.021 $\Omega \cdot cm^2$) even after 10 cycles, indicating remarkable reduction-oxidation stability at SOFC operating conditions. The LSGM electrolyte-supported SOFC using the SGNM28-GDC anode demonstrated an MPD of 1.26 W cm^{-2} at 850°C, which is a record-high performance among any SOFCs with Ruddlesden-Popper based ceramic anodes to date. After performance measurement, we observed that metallic Ni nanoparticles (~ 25 nm) were grown in situ and homogeneously distributed on the SGNM anode surface. Considering high electrocatalytic activity of Ni on the hydrogen oxidation reaction, these in situ exsolved Ni nanoparticles on SGNM promoted H_2 chemisorption and oxidation process during the SOFC operation. These results demonstrate that our novel SGNM materials with in-situ growth of metallic nanoparticles are highly promising SOFC anodes due to their outstanding electrocatalytic activity and redox stability.

SS8-10 Development of High Performance Ni-based Catalytic Anode with Ultra Low-Pt Loading for Low-temperature Solid Oxide Fuel Cells

Ni/Pt 이중층 연료극을 이용한 저온형 고체산화물 연료전지 개발

임용현*, 양휘철, 김영범. *한양대학교*

In this study, we developed a Ni/Pt bilayer catalytic anode that has high electrochemical activity and significantly reduced Pt loading amount, for low-temperature solid oxide fuel cells (LT-SOFCs). The Ni/Pt bilayer anodes with various thicknesses of the Pt catalytic active layer were fabricated on a yttria-stabilized zirconia (YSZ) substrate via the direct current (DC) sputtering technique, and their performances were evaluated for the LT-SOFCs. The optimal thickness of the Pt catalytic layer for the Ni/Pt bilayer was found to be 10 nm based on the results for the fuel cell performance and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) analysis.

The optimal Pt10/Ni140 anode showed a cell performance and polarization resistance very similar to those of a reference single-phase Pt anode, while having only 7% of the Pt loading amount of the reference Pt anode. For the detailed morphological analysis of the bilayer structure anode, we employed the pull-off delamination process to analyze both the surface and interface morphologies of the bilayer anodes and the interface morphology of the Ni/Pt bilayer anodes after the operating test was analyzed. The results presented herein contribute to reduce the cost of membrane electrode assembly (MEA) fabrication for LT-SOFCs, thus facilitating the commercialization of these systems.

SS8-11 Thermo-fluid Analysis of SOFC Stacks According to Current Density

전력부하에 따른 고체산화물연료전지 내부 열 유동현상 분석

이상혁[1*], 윤경중[1], 이종호[1], 최원준[2], 홍종섭[3]. *[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교, [3]연세대학교*

고체산화물연료전지는 높은효율을 가지고 있고 설치면적이 작아, 분산용 에너지원으로 많은 연구가 되고 있다. 고체산화물연료전지는 운전 시 발생하는 고온의 폐열을 활용하여 지역난방에 사용할 수 있다는 장점이 있다. 다른 연료전지와 달리 직접 탄화수소연료사용이 가능하여, LNG 인프라가 잘 갖춰진 도시의 건물에너지에 저렴하고 쉽게 적용가능하다. 고체산화물연료전지는 발전시스템으로써 많은 장점을 가지고 있지만, 고체산화물연료전지 스택의 낮은 내구성 때문에 상용화에 어려움을 겪고있다. 이를 해결하기 위해서는 스택의 열유동에 영향을 주는 스택디자인개선과 작동조건의 최적화가 동시에 진행되어야 한다. 고체산화물연료전지가 높은 효율의 작동을 하기위해서는 낮은 전류조건에서 작동을 해야한다. 하지만, 전력수요를 충족하기 위해서는 많은 단전지가 적층되어야하고 이는 비용상승과 층간의 불균일성을 유발한다. 고체산화물연료전지가 전력생산을 하기 위해서는 분리판을 사이에 놓고 직렬형태로 적층하여 운전을 하기 때문에 스택내부에서의 연료 및 열 불균일성이 발생한다. 이러한 불균일성은 스택의 성능저하뿐만 아니라, 내구성저하에 크게 영향을 준다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 내부에서 발생하는 현상의 메커니즘을 명확하게 이해하여 최적의 작동조건을 설정하고 그에 맞는 스택디자인을 제시해야 한다. 하지만, 고체산화물연료전지는 매우 높은 온도에서 작동하여, 실험적으로 열유동 환경을 관찰하는 것이 매우 어렵다. 이 연구에서는 고신뢰성 3차원 모델을 개발하여 수치해석기법을 통해 내부의 열유동 현상을 면밀히 관찰하였다. 이를 바탕으로 고신뢰성 고체산화물연료전지 스택 설계의 방향을 제시할 수 있다.

SS8-12 Control of Size and Distribution of Exsolved Nanoparticles Achieved through Nucleation Engineering

핵 생성 엔지니어링을 통한 엑솔루션 나노입자 크기 및 분포 제어

김준규*, 김승현, 정우철. *한국과학기술원*

Supported metal nanoparticles (NPs) are of significant interest in the fields of high-temperature catalysis and renewable energy. Recently,

the in-situ growth of metal NPs directly from an oxide support, 'ex-solution' has been reported as an alternative methodology for synthesizing the supported NP catalysts. Ex-solution particles are strongly pinned to oxide surface, leading to high stability. Thus, their distribution is dominantly determined by initial stage of particle nucleation. However, there are few studies investigating the behaviors of exsolved NPs with nucleation kinetics.

Here, we prepared thin films of $Sr_{0.98}Ti_{0.95}Co_{0.05}O_{3-\delta}$, and observed the evolution of exsolved particles depending on temperature, oxygen partial pressure (pO_2). We found that nucleation and growth rate gradually increased as the pO_2 decreases. Surprisingly, the lower the pO_2, or the higher the temperature, the greater number of nuclei, forms NPs with higher density and smaller size. Furthermore, we applied our methodology to CO oxidation catalysts, suggesting that it can be widely used in hydrocarbon reformers and solid oxide fuel cells.

SS8-13 A DFT Study for Engineering of B-metal Exsolution Tendency in Perovskite Materials

계산화학적 방법을 통한 페로브스카이트 재료에서 엑솔루션 경향 엔지니어링

김경학*, 한정우. *포항공과대학교*

B-metal exsolution has great potential to synthesize well-distributed metal nanoparticles (NPs) on the surface of oxide support materials. In previous works, we found the different exsolution tendency of different kinds of transition metals on double layered $PrBaMn_2O_{5+\delta}$ (L-PBMO). In particular, the exsolved NPs showed higher catalytic activity and stability for fuel oxidation such as dry reforming of methane. By engineering that concept, we have explored the possibility and detailed mechanism for various kinds of B-metal exsolution on L-PBMO. Based on our density functional theory (DFT) results, we will introduce (1) a possible driving force for B-metal NPs exsolution, (2) thermodynamically favorable mechanism for alloy NPs exsolution, and (3) how to boost B-metal exsolution to further improve cell performance SOFCs with the experimental verifications. In addition to L-PBMO, we also introduce the effect of mechanical strain on controlling the degree of B-metal exsolution on $SrTiO_3$ based materials, and suggest the practical strategy to effectively induce the strain effect on perovskite materials.

SS8-14 Analysis of Ion and Electronic Conductivity of Ceria-based Material by Permeation and Hebb-Wagner Polarization Methods

Permeation과 Hebb-Wagner polarization법을 통한 Ceria 소재의 이온 및 전자 전도도 분석

남경덕*, 주종훈. *충북대학교*

형석 구조의 GDC (Gadolinium-doped ceria, GDC)는 높은 이온 전도성과 우수한 상 안정성을 갖는 대표적인 이온 및 전자 혼합 전도체로 고체 산화물 연료 전지 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC), 산소 분리막과 같은 전기 화학 디바이스의 소재로 널리 응용되고 있다. SOFC 전해질에서는, 환원 분위기 또는 고온에서 oxygen vacancy의 형성으로 인해 전자 전도도가 증가하는 문제가 발생하며, 이는 ionic transference number의 감소로 이어지고 SOFC의 성능에 영향을 미치게 된다. 따라서, SOFC에서 최적화된 성능을 확인하기 위해서는 이온 전도도 뿐만 아니라 순수한 전자 전도도를 정확하게 측정하는 것이 매우 중요하다. SOFC와는 다르게 산소 분리막에서는 산소 투과를 위해 이온 전도 및 전자 전도도의 percolation이 필수적이다. 이 경우 전자 전도성 소재와의 복합체를 이루는 분리막에서의 순수한 이온 전도도를 정확히 측정하는 것은 쉽지 않다. SOFC 및 산소 분리막에서 산소 이온 이동 메커니즘을 이해하기 위해서는 산소 이온 전도 및 전자 전도도 특성을 명확하게 규명하는 것이 필수적이다. 본 발표에서는 Hebb-Wagner polarization과 산소 투과도 분석을 통해 후막 형태 GDC의 전자 전도도 및 이온 전도도 분석에 대한 결과를 고찰해보고자 한다.

SS8-15 Surface Modification of SOFC Thin-Film Cathode using Chemical Etching and Atomic Layer Deposition

화학적 에칭 및 원자층 증착법을 이용한 SOFC 박막 공기극 표면 개질

김동환[1]*, 구준모[1], 박정훈[2], 손지원[2], 심준형[1]. *[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원*

SOFC의 열화를 억제하기 위해 작동 온도를 낮추는 노력이 지속되어 왔으나, 저온에서 고온과 유사한 성능을 내기 위해 요구되는 높은 전류 밀도는 SOFC의 열화의 주요 원인이 된다. 공기극의 열화 원인 중 상분리는 페로브스카이트형 공기극의 A-site 물질이 높은 온도 및 정전기적 인력에 의해 공기극 표면에 분리되어 석출되는 현상이다. 고온 공정으로 이미 표면에 석출물이 형성된 공기극을 SOFC 구동에 사용하면 초기 성능이 저하될 뿐 아니라 지속적인 성능 저하가 발생한다. 이 문제의 해법으로, 화학적 에칭은 표면에 이미 석출된 물질을 제거하는 방법으로 쓰일 수 있고, 이후 저온 공정인 원자층 증착법 (ALD)을 이용하면 공기극을 추가로 고온에 노출시키지 않고 표면 보호층을 형성할 수 있다. 본 연구에서는 잘 정립된 $La_{0.6}Sr_{0.4}CoO_{3-\delta}$ (LSC) 박막공기극을 사용하여 화학적 에칭 및 ALD 표면 보호층의 효과를 검증하고자 한다. 펄스레이저 증착법 (PLD)으로 형성한 박막 LSC 공기극 표면의 석출물은 HCl을 사용한 화학적 에칭에 의해 제거하였다. 이후 공기극 표면에 ALD를 사용하여 표면 보호층을 증착하였다. 이렇게 표면 개질이 된 공기극의 전기 화학적 성능 및 작동 안정성, 물리적 및 화학적 특성이 발표될 예정이다.

SS8-16 Design of Multiple Repeative Electrolyte Structure to Improve Thermal Durability of Solid Oxide Fuel Cell Using Thin Film Electrolyte

박막 전해질을 활용한 고체산화물연료전지의 열적 내구성을 높이기 위한 다중반복 구조의 전해질 개발

김태홍*, 강성민, 배민석, 배중면. *KAIST*

고체산화물연료전지의 작동 온도를 낮추면 열역학적 효율 향상, 내구성 증가 등의 다양한 이점을 얻을 수 있으나, 전해질의 이온 전도도가 크게 감소하여 성능이 낮아진다. 박막 전해질을 도입함으로써 이러한 ohmic 저항의 증가를 효과적으로 개선하여 높은 성능을 낼 수 있으나, 전해질의 두께가 면적에 비해 매우 얇아짐에 따라 핀홀, 셀의 파단, 박리현상 등이 발생할 수 있으므로 이러한 기계적 안정성을 확보하는 것이 중요하다.

본 연구에서는, 이러한 문제점이 기존의 주 전해질 YSZ(A형) 위에 완충막 GDC(B형)를 쌓는 AB형의 전해질 구조에서 주 전해질과 완충막의 열팽창계수 차이에서 기인한다고 판단하였고, 이를 개선하기 위하여 두 종류의 전해질을 교차로 적층하는 다중반복구조 전해질을 고안하였다.

기존의 AAB 구조와 본 연구에서 고안된 ABAB 구조로 전해질을 구성한 연료극 지지형 셀의 전기화학적 성능을 측정하고, 600도에서 300도를 분당 1도의 속도로 왕복하는 열 사이클 실험을 통해 열

적 내구성을 확인하였다. 미세구조를 분석을 통하여 다중반복구조의 전해질을 적용했을 때 기존의 방식으로 제작된 셀에 비해 높은 열적 내구성을 가짐을 확인하였다.

SS9-1 Advanced in-situ Characterization of 3D Structure of Mulitphase Ceramic using Synchrotron Tomography: from Bulk to Powder

첨단 방사광 활용 세라믹 소재 연구 및 이미징 기술 소개

임준*. *포항가속기연구소*

X-ray computed tomography is an intuitive imaging tool that has found broad applications in medicine, biology but also in materials science and nanoscience. Indeed, 3D characterization is an efficient approach to tackle effective properties that are dictated by 3D phase morphology. Using different contrast mechanisms (e.g. absorption, phase, diffraction, scattering), a 3D representation of the sample is reconstructed from 2D projections recorded at different angles. Today, a wide spectrum of length scales can be probed, ranging from a few micrometers on millimeter-sized objects to tens of nanometers on micrometer-sized samples, using lab-scale equipment or synchrotron sources. Because images are collected non-destructively, the technique can be applied repeatedly to follow material structural changes in real time. Thus, processes that occur over a wide range of timescales have been studied with series of 3D images often called '4D' imaging. *In situ* observations (e.g. heating, cooling and deformation) are currently achievable with micrometer spatial resolution in the hard X-ray region. Some examples include failure mechanisms of ceramic matrix composites operating under load at high temperatures, lithiation dynamics under current reduction, topological symmetry breaking in viscous coarsening, and cellular solidification of colloidal suspensions. The novel aspects of synchrotron based technique offer a powerful imaging tool for a wide variety of heterogeneous nanoscale dynamics in materials and open new perspectives for the investigation of advanced materials under realistic conditions. Here, I will introduce cutting edge high speed X-ray CT techniques for real time research and review the latest advanced results from all over the world.

SS9-2 Applying Small Angle X-ray Scattering Method on the Analysis of Ultra-fine Defects inside the Transparent Ceramics

투명세라믹의 극미세 결함 분석을 위한 소각 X선 산란 분석법 적용

김하늘[1*], 안형주[2], 오현명[3], 고재웅[1], 박영조[1]. *[1]재료연구소, [2]포항가속기연구소, [3]금오공과대학교*

나노분말을 원료로 하여 세심한 성형 또는 소결 공정을 거쳐 제조된 세라믹은 소재의 밴드갭에 따라 자외선 영역부터 가시광선 및 적외선 영역에 이르기까지 광 투과도를 가질 수 있다. 사용하는 원료가 충분히 높은 순도를 가진다면, 광 산란 이론에 근거한 세라믹의 광 투과도는 세라믹 내부에 잔존하는 기공의 양과 크기 분포에 의해 현저한 차이를 나타낼 수 있다. 세심한 제조 공정을 거친 투명 세라믹 내부의 기공 양과 크기 분포를 정확하게 분석하는 것은 이 분야의 큰 도전 과제로 여겨지고 있으며, 현재까지는 완전한 분석 기술이 정립되지 않고 있다. 이는 투과도가 이론적 수치에 근접할수록 기공의 함유량 및 크기가 0에 가까워지기 때문이다.

본 연구에서는 기존의 다양한 현미경 분석 사례들을 통해 장점과 한계점들을 정리하였으며, 세계 최초로 서로 다른 광 투과도를 가진 투명세라믹들의 소각 X-선 산란 분석결과와 Mie 광 산란 이론과의 상관관계를 논의하고자 하며, 기존의 현미경 분석 기술과의 조화를 통해 개선해 나갈 방향성을 제시하고자 한다.

SS9-3 Development of High-resolution Beamline for in-situ X-ray Scattering under Extreme Conditions and its Applications

고분해능 실시간 고온/고압 빔라인의 개발과 활용

성동훈*. *전남대학교*

Pressure drastically alters the chemical and physical properties of materials and allows structural phase transitions and chemical reactions to occur that defy much of our understanding gained under ambient conditions. Particularly exciting is the phase transition of crystalline and non-crystalline functional materials in the presence of water and cations as guest molecules under applied pressure and temperature conditions.

In dimensional aspect, the physical and chemical properties of 3D microporous materials (e.g. zeolites, metal organic frameworks (MOFs), and zeolite imidazolate frameworks (ZIFs)) depend on the complex interplay of non-framework cations (NFCs) with framework and water present in the pores created by the aluminosilicate framework. In the same manner, 2D interstratified materials (e.g. micas, clays, and layered double hydroxide (LDHs)) show changes of their interlayer properties due to presents of guest molecules via host-guest interactions. Thus, controlling their environmental conditions are of importance in understanding host-guest interactions and structural changes under applied pressures and temperatures.

Here, we introduce in-situ high-pressure and temperature synchrotron X-ray scattering techniques with high spatial resolution for investigating phase transition of multidimensional functional materials.

SS9-4 SiC Defect Analysis Based on Radiation Accelerator for GaN Epi-material Development for RF Power Devices

RF전력소자용 GaN 에피소재 개발을 위한 방사광 가속기 기반의 SiC 단결정 결함분석

배성범[1*], 김종현[2], 이형석[1], 김성복[1]. *[1]한국전자통신연구원, [2]포항공과대학교*

질화물 반도체(Nitride Semiconductor)는 밴드갭 에너지(3.4 eV~6.2 eV)가 높은 소재 특성으로 기존의 실리콘 및 GaAs 반도체에 비하여 고내압/고전류 구동 및 고주파 동작이 가능하다. 특히 III족 원소(Al, Ga, In)의 조성비 제어를 통하여 이종접합 에피구조를 형성할 경우, 고주파 동작이 가능한 높은 전자농도(~10^{13}/cm^2) 및 이동도(~2,000 cm^2/Vs)를 가지는 이차원 전자가스층(2-DEG;2-dimensional electron gas) 특성을 가진다. 그러나 현재까지 격자정합(lattice matching)된 단결정 기판이 없는 관계로, 주로 사파이어(Sapphire), 실리콘(Silicon) 및 실리콘카바이드(SiC) 기판을 이용하여 GaN 에피소재를 성장하고 있으며, 기판의 결정성 및 결함특성이 GaN 에피소재의 특성에 영향을 주는 중요한 변수가 된다.

본 연구에서는 RF전력소자용 GaN 에피소재 개발에 적합한 SiC 단결정 기판에 대하여 방사광 가속기를 이용한 결함분석법(XRT : X-ray topography)을 제시하고, 현재까지의 결과 및 향후 GaN 에피소재 및 RF소자의 신뢰성을 평가할 수 있는 방안에 대하여 언급하고자 한다.

SS9-5 Dislocation Analysis of Single Crystal Diamond Using Synchrotron White Beam X-ray Topography

가속기 백색광 X-ray 토포그래피 방법을 이용한 단결정 다이아몬드 내부 전위 분석

배시영*. *한국세라믹기술원*

다이아몬드(diamond)는 높은 열전도도(22 W/cm·K), 높은 항복전압(>10 MV/cm) 및 높은 전자 이동도 (4500 cm^2/Vs) 등의 우수한 물성으로 차세대 전력소자(power devices)를 위한 소재로서 주목 받고 있다. 최근에는, 120 GHz의 차단 주파수와 1 GHz에서 2.1 W/mm의 전력 밀도를 갖는 다이아몬드 전계 효과 트랜지스터의 높은 RF 전력 성능이 보고되기도 했다. 인공 단결정 다이아몬드는 크게 고온고압법(high pressure high temperature, HPHT)법과 마이크로웨이브 플라즈마 화학기상증착법(Micrwave plasma chemical vapor deposition, MPCVD)으로 성장될 수 있다. 본 발표는 이러한 방법으로 성장된 단결정 다이아아몬드의 광학적 물성을 측정하여 비교한다. 특히, 가속기 백색광 X-ray 토포그래피 방법(Synchrotron White Beam X-ray Topography, SWBXRT)을 통해 단결정 다이아몬드 내부에 존재하는 전위들의 특성을 분석한다. 특히, 다이아몬드 내에 존재할 수 있는 [001] 방향의 전위에 대해서 칼날전위(**b** = a/2[1$\bar{1}$0])와 혼합전위(45°)를 구분하였다. HPHT방법으로 성장된 다이아몬드의 경우, 내부의 전위를 확인할 수 없을 정도로 우수한 결정질 특성을 보여주었다. 반면, 5 × 5 mm^2 크기의 CVD 다이아몬드의 경우, 내부에 많은 칼날전위들과 혼합전위(45°)가 관찰되었다. 따라서, 버거스벡터(**b**)와 방향(**t**)을 평가할 수 있는 SWBXRT 방법을 통해, 단결정 다이아몬드 전위 밀도 분포를 측정할 수 있음을 확인하였다.

Acknowledgement: 본 연구는 한국세라믹기술원 세라믹전략기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 포항방사광가속기에서의 실험은 과학기술정보통신부와 포항공대의 지원을 받았습니다.

SS9-6 High Resolution Structural Research via X-ray Nanoscale Imaging and Scientific Interior Data Mining: Solving Key Challenges in Battery Research using High Performance Synchrotron Facility

고해상도 엑스선 이미징, 3차원 공간 속 데이터를 채굴하는 엑스선 카메라 활용법: 첨단 배터리 연구 소개

이상설*. *포항가속기연구소*

X-ray nanoscale imaging has offered great opportunities to image the interior nanostructures of variable materials in 3-dimensional spaces. The newest function of improved X-ray imaging technique is an elemental information mapping using X-ray absorption near-edge spectroscopy (XANES) full-field imaging.

XANES full-field nanoscopy at Pohang Accelerator Laboratory operates in the 5-11 keV energy range which is absorption edge of interesting trace metals in the earth, and allows for the simultaneous acquisition of XANES spectra over 100 micrometer sample areas with 40 nanometer spatial resolution. Generally single experiment of XANES imaging generates more than 20 gigabyte data set in an hour. Recently, materials researchers applied synchrotron nanoscale x-ray imaging technology and scientific interior data mining in multi-scale imaging study of battery electrodes, impurities in metal and catalyst. The elementally sensitive large data results can help materials researchers to further improve the properties of materials, and give better ideas for scientific discovery from large datasets.

SS10-1 Water Splitting Photoelectrodes based on Metal Oixde Semiconductors

산화물 기반 물분해 광전극

장호원*. *서울대학교*

Bismuth vanadate ($BiVO_4$) is regarded as a viable material for water oxidation due to various benefits such as visible light absorption, low production cost, and resistance to photocorrosion. Recently, numerous attempts have been adopted to improve the performance of $BiVO_4$. In this presentation, we highlight the important strategies that have been made for improving the performance of the photoanode material, such as fabricating nanostructured electrode, controlling reacting facet, stacking with other materials, utilizing plasmonics, loading co-catalyst, and controlling the interfacial band bending with ferroelectrics. Taking advantage of the strategies, highly efficient $BiVO_4$ photoelectrodes could be demonstrated and thus we could obtain a high solar to hydrogen efficiency by combining photovoltacis. Finally, we discuss some other metal oxide semiconductors that are promising for water splitting photoanodes.

SS10-2 Bismuth Vanadate-based Epitaxial Heterostructure Photoanode for Solar Water Splitting

비스무스 바나데이트 기반 에피택셜 이종구조 광양극에 대한 연구

이상한*. *광주과학기술원*

In photoelectrochemical (PEC) water splitting, bismuth vanadate ($BiVO_4$) has been considered as the most promising photoanode material among all metal oxide semiconductors due to its relatively narrow optical band gap and suitable band structure for water oxidation. In this presentation, we will introduce several important studies about epitaxial $BiVO_4$ photoanode such as crystallographic orientation engineering and heterostructuring. First, we will present enhanced photocurrent density at 1.23 V_{RHE} in epitaxial $BiVO_4$ (010) thin film (2.29 mA cm^{-2}) than that of epitaxial BiVO4 (001) thin film (0.74 mA cm^{-2}) due to longer hole diffusion length in (010) than (001) orientation. Second, we will introduce high-quality epitaxial $BiVO_4$/$Bi_4V_2O_{11}$ (3.13 mA cm-2, at 1.23 V_{RHE}) photoanode exploiting effective charge transfer in type-II heterojunction. Finally, we will discuss unique BiVO4 and β-Bi_2O_3 epitaxial nanostructured mixed-phase which has a wide and sharp type-II heterojunction interface. Such studies based on epitaxial $BiVO_4$ films will be able to enlarge understanding of fundamental properties of $BiVO_4$ photoandoe and advantageous to improve photocatalytic performance of $BiVO_4$ for efficient solar water splitting.

SS10-3 Enhancing Room-temperature Electron Mobility in Transparent $BaSnO_3$ Semiconductor

투명 산화물 반도체 $BsSnO_3$의 상온 전자 이동도 향상 연구

손준우*. *포항공과대학교*

New transparent oxide semiconductors (TOSs) have received extensive interests and demands for the application of current optoelectronic devices. In particular, La-doped $BaSnO_3$(LBSO) have recently attracted much attention due to the excellent room-temperature (RT) electron mobility (m ~ 320 $cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$ at n = 8.0×10^{19} cm^{-3} in a single crystal) and the excellent thermal stability. Despite the great potential of LBSO for transparent electronics, epitaxial LBSO films were reported to show much lower electron mobility than single crystals, which has been ascribed into the high density of line defects, i.e., dislocations, which are generated by lattice mismatch between substrate and film.

In this presentation, we demonstrate the significant increase in the room-temperature electron mobility of LBSO by delicately modulating the oxygen vacancy (V_O) concentration and cation stoichiometry by post-growth treatment. The simultaneous control of extended and point defects during heat treatment under low $p(O_2)$ enables to achieve a maximum RT *mobility* in initial Sn-excess LBSO films as a result of a complex interplay of processes with the removal of Sn-related species at the surface. Our finding suggests the versatile strategy to further enhance electron transport of perovskite-type stannate films by exploiting chemical heterogeneity on the surface interfacing with the $p(O_2)$-controlled ambient.

SS10-4 Site-specific Alloying of Ferroelectric $Bi_4Ti_3O_{12}$ for Multi-functionalities

특정 위치 합금 방식을 사용한 다기능성 산화물 이종구조의 합성

손창희*. *울산과학기술원 (UNIST)*

Incorporation of additional functionalities into ferroelectric materials would yield a platform for next-generation technologies. In this presentation, I will introduce new method of synthesizing oxide heterostructures by incoporating versatile ABO_3 (A = La, Bi) oxide perovskites with $Bi_4Ti_3O_{12}$, which has robust ferroelectricity against mixing with other materials. During pulsed laser deposition, we alternatively ablated $Bi_4Ti_3O_{12}$ and ABO_3 targets to insert ABO_3 blocks into the large unitcell of $Bi_4Ti_3O_{12}$, resulting in new composite $Bi_4Ti_3O_{12}$-ABO_3. We have demonstrated the incorporation of narrow-gap $LaCoO_3$, magnetic $LaMnO_3$, and ferroelectric $BiFeO_3$ in $Bi_4Ti_3O_{12}$ can expand its functionalities by modifying optical band gap, causing long-range magnetism, and controlling ferroelectricity, respectively. In addition, strain engineering have enabled manipulation of the crystallographic position of inserted cations. Our approach provides a new pathway to develop novel functional materials.

SS10-5 Emerging Phase Transitions in Hetero-anionic Oxide Materials

음이온 치환된 산화물에서 새로운 상전이 현상의 발현

김태헌*. *울산대학교*

Historically, understanding a phase transition in condensed-matter physics is of great importance for searching exotic physical phenomena for new scientific findings and for achieving an unusual phase, which does not exist in nature, artificially. Especially, in complex transition-metal oxides, where *d*-orbital electrons in the transition-metal elements are strongly correlated each other, a great variety of hidden physical phenomena have been discovered for the last decade attracting tremendous interest to the associated condensed-matter and materials science communities. Here, the degree of correlation between the *d*-orbital electrons is tunable by doping due to the multivalent nature of the transition-metal ion. It is also worthwhile to notify that most of transition-metal oxides undergo a phase transition with the emergence of new physical properties. In this talk, I will demonstrate an intriguing phase transition in a complex oxide $Pb(Zr,Ti)O_3$ which arises from the oxygen substitution by a sulfur anion. Using various experimental techniques, we have systematically studied how the associated physical properties (e.g., crystal structure and ferroelectricity) evolve with the increasing doping level. In aspect of novel material synthesis, these results are of practical interest for realizing new hetero-anionic materials with multi-functionality.

SS10-6 Ferroelectricity of Si-doped HfO_2 for Neuromorphic Device

신경망 소자를 위한 Si 도핑된 HfO_2의 강유전성

채승철*. *서울대학교*

Ferroelectricity with controllable partial polarization is considered as one of feasible candidates for an analog device for the neuromorphic device in the form of the ferroelectric tunnel junction and ferroelectric transistor. However, in the case of conventional ferroelectric materials, the complex nature of ferroelectric switching mechanism and/or defect mediated uncertainty hinder the deterministic control of ferroelectric subloop switching. This stochastic nature in the control of ferroelectric polarization states are of interest prior to the device application.

Recently, novel ferroelectric HfO_2 thin film has been investigated intensively as an alternative to conventional ferroelectric materials. In this study, we present the unprecedented stability of sub-loop polarization observed in the subloop switching of ferroelectric HfO_2. We suggest that the enhanced stability and accessibility of intermediate states in HfO_2 can be attributed to the large activation field for ferroelectric switching with small critical volume for the ferroelectric nucleation of HfO_2. The characteristic switching time and temperature dependence of hysteresis showed that ferroelectric HfO_2 has large activation energy while the critical size of ferroelectric domain volume is small. Theoretical calculation demonstrated the stable switching energy path of ferroelectric HfO_2 during single dipole flip.

SS10-7 Multiscale Modeling of HfO_2-based Ferroelectric Tunneling Junction

HfO_2 기반 강유전 터널링 접합의 멀티 스케일 모델링

이재광*. *부산대학교*

Recent advances in the oxide growth technology makes it possible to realize the ultrathin oxides-based ferroelectric tunneling junctions (FTJs) useful for the next generation switchable diode. Among them, HfO_2-based FTJs represent a unique opportunity as both a next-generation digital non-volatile memory and as synapse devices in brain-inspired logic systems due to their high reliability, speed and low power consumption compared to filamentary resistive random-access memory and phase-change memory. Despite their numerous advantages, extremely low tunneling current, relatively high leakage current have hindered their applications to electronic devices. Here, by combining first-principles density functional theory calculations with numerical tunneling current simulations, we find that head-to-head polarization significantly enhance the tunneling current and non-linearity at the same time. Moreover, oxygen vacancies remarkably modulate the tunneling and leakage current by controlling the barrier height and shape as the same time, which will be an essential guideline to design optimal HfO_2-based FTJ devices.

SS10-8 Two-dimensional Electron Gas at Thin Film Oxide Heterostructures via Atomic Layer Deposition

원자층 증착 공정을 이용한 박막 산화물 이종접합에서의 2차원 전자층 구현

이상운*. *아주대학교*

Two-dimensional electron gas (2DEG) at oxide heterostructures has received intensive attentions owing to their unique physical/electrical properties. Electrons (10^{13}~10^{14}/cm^2) are confined in a few nanometer (out-of-plane direction) near the interface of oxide heterojunction while move freely along the in-plane direction. $LaAlO_3$/$SrTiO_3$ (LAO/STO) interface is a model system for 2DEG at the oxide heterostructure. LAO layer is grown epitaxially on single crystalline STO substrate using pulsed layer deposition. Unfortunately, the fabrication scheme to create 2DEG is not suitable for the practical use because of their high cost in the production of the oxide epitaxial layer and single crystal substrate.

In this presentation, we will show the creation and tailoring of 2DEG at the non-epitaxial interface of Al_2O_3/TiO_2 (<15 nm) thin film heterostructure using atomic layer deposition (ALD). It was revealed that high density electrons up to (10^{13}~10^{14}/cm^2) were confined at the interface of Al_2O_3/TiO_2 thin film heterostructure which electron density is 100 times higher than that of the conventional semiconductor heterojunction. The electrical properties of Al_2O_3/TiO_2 thin film heterostructure are comparable to those of the epitaxial LAO/STO heterostructures. Finally, their applications to electronic devices will be introduced.

SS10-9 Atomic Layer Deposition of $SrTiO_3$ Thin Films with Cp-based Precursors for DRAM Capacitors

DRAM 커패시터에 적용하기 위한 Cp 기반 전구체를 이용하는 $SrTiO_3$ 박막의 원자층증착법

이웅규*. *명지대학교*

$SrTiO_3$ (STO) has been considered as a promising candidate for the dielectric materials in next-generation dynamic random access memory (DRAM) capacitor applications due to its high dielectric constant (~150 in the thin-film state) and acceptable energy bandgap (~3.2 eV). In addition to $SrTiO_3$ dielectrics, an extreme three-dimensional structure (aspect ratio ~100:1) should be adopted to achieve the high enough capacitance for normal DRAM operation. Therefore, atomic layer deposition (ALD) should be employed for the utilization of its merit: exceptional step coverage by the self-limited surface reaction. Studies on STO ALD with various precursors have been intensely reported for a couple of decades. Recent studies on achieving ideal ALD growth behavior with Cp-based precursors ($Sr(^iPr_3Cp)_2$ and $Ti(CpMe_5)(OMe)_3$) and improving the electric properties of STO thin films would be discussed.

SS11-1 Spark Plasma Sintering and In Vitro Biocompatibility of Graphene Nanoplatelet (GNP) Reinforced Aluminum Oxide

그래핀 강화 알루미나 복합체의 스파크 플라즈마 소결 및 생체적합특성

황규홍[1*], 유진실[1], 김채호[1], 권기훈[1], 한영환[2]. *[1]경상대학교, [2]Wuhan University of Technology*

Graphene nanoplatelets were added as reinforcement to alumina ceramics in order to enhance microscale tribological behavior, which would be beneficial for ceramic-on ceramic hip implant applications. The reduction in microscale wear is critical to hip implant applications where small amounts of wear debris can be detrimental to patients and to implant performance. The addition of the GNPs lead to improvements in fracture toughness and wear (scratch) resistance of 21% and 39%, respectively. The improved wear resistance was attributed to GNP-induced toughening, which generates fine (~100 nm) microcracks on the scratch surface. In addition, active participation of GNPs was observed in the scratch subsurface of GNP-reinforced samples through focused ion beam sectioning. Friction coefficients are not significantly influenced by the addition of GNPs, and hence GNPs do not act as solid state lubricants. In vitro biocompatibility with human osteoblasts was assessed to evaluate any possible cytotoxic effects induced by GNPs. Osteoblast cells were observed to survive and proliferate robustly in the GNP-reinforced samples, particularly those with high (10–15 vol%) GNP content.

SS11-2 Bonding Strength of Dental Metals with Porcelain Ceramics

치과용 금속-도재간 소결 및 결합강도

황규홍*, 권기훈, 김채호. *경상대학교*

The metal - ceramic crown restoration was the most actively used at esthetic restoration for its convenience of forming. Due to constant rise of gold price, non-precious metal such as Ni-Cr alloy have been widely used as metal - ceramic restorations. For easy casting and lower melting point Be was added as minor component to Ni-Cr for a long time, but the use of Be was regulated to deteriorate to human lung. In this study, Ni-Cr specimens containing Be (T-3, Ticonium, USA) and non-Be (Bellabond Plus, BEGO, Germany) were fabricated and by heat treatments at 800~1050°C oxide layer was formed for subsequent bonding to porcelain ceramics. By heat treatment of the non-Be specimens at high temperature more thick oxide layer was formed and showed lower bonding strength due to the debonding at oxide layers. But in the Be-containing specimens debonding was occurred at porcelain layer so that they showed higher bonding strength. So by heat treatment of non-Be specimens at vacuum condition rather thinner oxide film could be formed so that showed higher coupling strength due to the debonding at porcelain layers than oxide layers.

SS11-3 Fabrication of All-ceramic Zirconia Implants and Their Characteristics

올세라믹 지르코니아 임플란트의 제작 및 물성

이종국[1*], 황규홍[2], 김대성[1], 김우창[1], 김정준[1], 윤유현[1]. *[1]조선대학교, [2]경상대학교*

고정체와 지주대를 일체형으로 제작되는 올세라믹 지르코니아 임플란트는 세 부분으로 구성된 티타늄 임플란트에 비하여 생체 친화적일 뿐 만 아니라 시술 후 나사풀림 현상이 발생하지 않으면서도 심미적으로 우수한 물성을 나타낸다. 본 발표에서는 올세라믹 지르코니아 임플란트의 특징과 개발현황에 대하여 살펴보고, 주입성형으로 제작된 올세라믹 지르코니아 임플란트의 물성에 대하여 고찰하였다. 또한 CAD/CAM으로 제작된 올세라믹 지르코니아 임플란트의 문제점을 살펴보고, 이를 개선하기 위한 올세라믹 임플란트 제조방법과 표면 코팅 방법도 살펴보고자 한다.

SS11-4 Functional Polymer-Derived Ceramics; Review

전구체 이용 기능성 세라믹 특성 연구; Review

한영환*. *Wuhan University of Technology*

Advanced ceramics materials such as SiC, Si_3N_4, BN, etc. are capable of withstanding high temperature and pressure, and can be used in

high temperature structural applications such as turbine engines, heat exchangers, and coatings. The use of inorganic polymer precursors for the synthesis of ceramics is becoming increasingly common due to the relative simplicity of the processing technique compared to the conventional production procedure from powders, and that the precursor-derived ceramics (PDCs) can be consolidated in amorphous state, allowing a wide range of microstructures to be created. Polysiloxane, polycarbosilane, polysilazane and borazine are some of the most commonly used precursors, which are used for the production of a wide range of ceramic compositions. For example, the SiC/Si_3N_4composite can be created through the cross-linking and ceramization of polycarbosilane (PCS) and polysilazane (PSZ), yielding a product with excellent thermal properties, mechanical properties and formability.

In this review, it aimed to go beyond structural applications of polymer-precursor derived ceramics and explored the potentials of polymer-derived ceramics as functional materials. The modification of these polymer-derived ceramics leads to various functionalities that can promote the applications of these exceptional materials. These functional ceramics have exceptional mechanical, electrical, magnetic, thermal, and optical properties.

SS11-5 Phase Transformation of Octacaclum Phosphate Ceramics with Temperature

김주성, 김석영*. *영남대학교*

Calcium phosphates (CaPs) ceramics were used as a bone substitute for improving new bone formation. Among the CaPs, octacalcium phosphate (OCP, $Ca_8H_2(PO_4)_6{\cdot}5H_2O$) which has a Ca/P ratio of 1.33, come into the spotlight for potential application in bone defect repair, scaffolds, and active molecule delivery due to its bioactivity and biodegradability.

In this study, the OCP powder was heat-treated in order to examine the phase transformation at elevated temperatures. The heat-treatment of OCP powder was performed at intervals of 100ºC from room temperature to 1300ºC at a rate of 5ºC per minute. The heat-treated OCP samples were analyzed the phase transformation using XRD.

SS11-6 Flash Sintering of Hydroxyapatite Ceramics and its Mechanism

플래시 소결법을 이용한 수산화아파타이트 바이오 세라믹 소결 및 그 메커니즘

황창훈[1], 김석영[2], 윤존도[1*]. *[1]경남대학교, [2]영남대학교*

플래시 소결(Flash sintering)은 가열된 시편에 전극을 이용하여 직접적으로 전압을 인가하여 플래시 현상(Flash effect)을 유도하는 공정이다. 플래시 현상은 두 가지 단계로 나뉘며, 1) 온도와 전압 관계에 따른 플래시 발생까지의 '배양시간'과 2) 플래시 발생 후 전압 및 전류에 따른 '승온현상' 및 '급속소결효과'가 있다. 하지만, 각 재료에 따라 플래시 소결 조건이 다르므로 재료에 대한 초기 조건 연구가 필요하다.

본 연구에서는 플래시 소결법을 이용하여 수산화 아파타이트(Hydroxyapatite : HAp)를 소결하였다. 우선, 본 재료의 플래시 발생 조건을 조사한 결과, 전압조건이 500 V인 경우에는 1230ºC에서 발생하였고, 2000 V인 경우에는 927ºC에서 발생하였으며, 전압이 증가할수록 플래시 발생 온도는 낮아지는 것으로 나타났다. 플래시 발생조건을 바탕으로 배양시간을 조사한 결과, 플래시가 발생하는 조건의 경우 약 30초 이내에 발생하였고, 전압 또는 온도가 증가할수록 배양시간은 단축되었으며, 가장 빠른 배양시간은 1초였다. 플래시 현상의 승온 및 소결효과를 조사하였는데 플래시 현상 중 발생되는 전류는 1~34 mA이며, 이에 따른 온도상승효과는 10~180ºC이었다. 플래시 소결 중 시편에 용융현상이 발생되었는데, 이는 재료의 이론적 용융온도보다 낮은 온도에서 발생하였다. 제조된 소결체에 대하여 특성분석을 진행하였고, 플래시 소결의 승온현상 및 급속소결 효과에 대한 메커니즘을 제안하고자 하였다.

SS11-7 Microstructural Properties and Sintering Behavior of Y_2O_3 by Spark Plasma Sintering

방전 플라즈마 소결법에 의해 제조된 이트리아 세라믹의 미세구조 및 소결 거동

이지환[1], Byung-Nam Kim[2], Byung-Koog Jang[1*]. *[1]Kyushu University, [2]National Institute for Materials Science*

The Y_2O_3 was densified by spark plasma sintering (SPS) with various heating rates (5, 10, 20, and 50°C/min) and holding times (2, 5, 20, and 60 mins) at 1000°C. In entire sintered bodies, grain size of center was larger than periphery. In case of the sintering loaded high heating rates (20 and 50°C/min) especially, the difference of grain size was significantly large (around 3.5 times on average). There was also a difference in pore distribution. In the uniformly sintered bodies, inter and intra-granular pore existed, but in the non-uniformly sintered bodies, differed pore distributions were observed such as the center (inter granular pore was dominant) and the periphery (inter and intra-granular pore). The porosity of the center dominated by inter-granular pore was higher than that of the periphery. Because there is not any clear mechanism, it is necessary to set the assumption (the defect diffusion occurred from periphery to center by mass transfer) to explain for this phenomenon. Due to the endemic characteristics of SPS, the grain boundary mobility has increased with the phenomenon that the vacancies are gathered in center due to the mass transfer from center to periphery. Therefore, there was a difference in the microstructure between the center and the periphery in entire sintered bodies. At the high heating rate (20 and 50°C/min), sintering was completed with lots of defects in sintered bodies and a large amount of coarsening was induced in the center due to dynamic grain growth.

SS11-8 Polymer Precursor Derived Hybrid Nanoceramics

폴리머 프리커서를 이용한 하이브리드 나노세라믹

한영환*. *Wuhan University of Technology*

High density bulk amorphous Si-C-N and Si_3N_4/SiC nano-composites were obtained without additive by in-situ pyrolysis/consolidation. Creep tests generated the first observation of stable creep stage for amorphous Si-C-N. EFAS of Si-C-N produced nanocomposites with superior creep resistance to conventional silicon nitride with same level of additive amount, creep property approaching the level of HIP (hot-isostatic pressing) and GPS (gas-pressure sintering)-processed materials with less additive. Si_3N_4/SiC nano-nano composites with oxide additives were produced, which have a strong potential for enhanced superplastic formability.

SS12-1 Toward Dynamics Research of Skyrmions using in-situ Lorentz TEM

Lorentz TEM을 이용한 스커미온 동역학 연구

장혜정[1*], 정주영[2], 노형래[2], 김지훈[2]. *[1]한국과학기술연구원, [2]포항공과대학교*

Magnetic skyrmions are topologically stable and move fast under a condition of small current. So they can be used for the development of spintronics devices such as race track memories. To observe the magnetic skyrmions, researchers have utilized magnetic force microscope (MFM), scanning transmission X-ray microscope (STXM), photoemission electron microscopy (PEEM), and so on. MFM provides sensitive variation of magnetization, but this has a limit for dynamics study due to long data acquisition time. STXM and PEEM have been used to study the dynamics of skyrmions with high temporal resolution of ~50 ps. However, they are little sensitive to measuring a small change of magnetization and require a large-scale research facility like synchrotron system.

In this respect, Lorentz-TEM (LTEM) is a powerful tool for the study of skyrmions dynamics. This enables us to measure the sensitive variation of magnetization with a higher spatial resolution of ~10 nm than other instruments. More importantly, it allows us to analyze the magnetization direction of skyrmions with a transport-of-intensity equation (TIE) method. By using this, we can analyze the topological properties of skyrmions in detail. Additionally, we can approach to the dynamics of skyrmions in LTEM by applying current and thermal energy simultaneously using special in-situ TEM holder (Protochips, Fusion holder).

SS12-2 Real-time Atomic-scale Observation of Surface Reconstruction of $SrTiO_3$ (001) Surface at High Temperatures

$SrTiO_3$ (001) 표면의 surface reconstrruction 과정 실시간 원자분해능 관찰

오상호*. *성균관대학교*

Perovskite oxides show a wide range of interesting physical properties, ranging from para-, ferro-, and antiferroelectric to superconductivity. Since the discovery of a two-dimensional electron gas (2DEG) at the surface of $SrTiO_3$, the exotic surface properties exhibited by the 2DEG have been of particular interests. The surface structure of (001) $SrTiO_3$ has been studied for long time by various surface sensitive diffraction and spectroscopy techniques including LEED, STM STEM, etc. Assessing the dynamic process of surface reconstruction through real-time atomic-scale imaging, especially along the side view directions of $SrTiO_3$ surface, can greatly improve our understanding of the process but is very rare due to many technical challenges. Here we designed an in-situ high resolution transmission electron microscopy experiment at elevated temperatures in a Cs-corrected TEM (GRAND ARM 300 CF). TEM samples were prepared from a (001) $SrTiO_3$ single crystal along the [100] and [110] side view directions using FIB and attached to a DENSsolutions MEMS heating chip. A negative spherical aberration (Cs) imaging (NCSI) HRTEM technique was applied to observe the surface structure at an atomic-scale with all atoms (including strontium, titanium and oxygen) being clearly resolved in real-time. Temperature series in-situ NCSI HRTEM movies were acquired at room temperature (RT), 300 , 500 , 700 , and 950 . We found that the (001) $SrTiO_3$ surface is terminated by SrO layer throughout all temperatures. Interestingly, the SrO surface layer does not take a bulk-truncated form but is reconstructed with containing interstitial titanium atoms in-between the SrO columns, which was verified by atomic-scale EDS elemental mapping. As temperature increases, the interstitial titanium atoms exhibited increasing thermal vibration amplitudes. A layer-by-layer sublimation was observed to occur at 950. The interstitial atom titanium columns formed immediately when the sub-surface SrO layer is exposed to the vacuum during sublimation. Our sub-angstrom and real-time observation of dynamic process of surface reconstruction opens a new insight into the surface science and has potential to reveal the formation mechanism of 2DEG by oxygen vacancy and also growth mechanisms of epitaxial $SrTiO_3$ films.

SS12-3 Development of Computational Analysis Technique in Transmission Electron Microscopy

Kyouhyun Kim*. *Korea Institute of Industrial Technology*

Since the initial development of transmission electron microscopy (TEM), a modern TEM has been remarkably improved with the advent of aberration correctors, monochromators, and additional instrument. For example, scanning TEM (STEM) with a probe corrector is able to record an atomic resolution image with ultra-high spatial resolution of < 1 Å. On the other hand, numerous data analysis techniques have also been introduced based on Matlab, C/C++, DigitalMicrograph®script, and Python in an effort to obtain more information from raw TEM data, which is hardly distinguishable by empirical methods or manual calculations. Based on the above, this talk will present the various applications of modern TEM in ceramic materials.

SS12-4 Local Electronic Structure and Inhomogeneity Created by Double Chain Layer Defects Surrounding Columnar Tracks in Heavy-ion Irradiated $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

Pb 이온이 조사된 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$에서 발견되는 원기둥형 결함과 이중 체인층 결함에 의해 생성된 국소 전자 구조 및 불균일성

권지환[1*], Yefei Meng[2], Jian-Min Zuo[2]. *[1]한국표준과학연구원, [2]University of Illinois at Urbana-Champaign Urbana, Illinois, USA*

Defects in superconductors modify the superconducting state that serve to pin the normal vortex cores and prevent their motion. However, the exact roles of defects are often unclear. Here, we report on the atomic and electronic structures of two types of defects produced by heavy Pb ion irradiation in $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO): one is the irradiation tracks with a diameter of ~10 nm and splayed at ±45°, and the other is double chain layers (DCL) associated with the irradiation tracks. The electronic structures of the DCL and columnar track defects were determined using atomic-resolution scanning transmission electron microscopy (STEM) and high resolution electron energy loss spectroscopy (EELS). Results show a decrease in the oxygen and copper content at the interface between the track and the YBCO matrix, resulting in interfacial strain. For the DCL defects, the STEM/EELS study revealed a localized electron doped CuO_2 plane next to the DCL defect. Density functional theory (DFT) calculations showed more electron charges in the CuO_2 plane adjacent to the DCL defect compared to the one next to the typical single chain layer. The effect of DCL defect further extends into the apical oxygen in the YBCO matrix.

SS12-5 Lens Structure /Electrical Understanding

Hyo Sik Shim*. *JEOL KOREA*
투과전자현미경 구성요소중에 고정밀도의 안정도(1×10^{-6} V/Min)이하를 요구하는 LENS/HT 의 electrical sequence의 Loop를 설명코자 한다.

어려운 설명이 아닌 최대한 쉽게 이해 할 수 있는 설명을 통해 전자현미경을 입문하는 많은 연구자에게 기본적 원리를 발표하고자 한다.

SS12-6 Single-Atom Level Determination of Complex 3D Atomic Structure and Their Dynamics

물질의 복잡한 3차원 원자구조 및 그 동역학에 대한 단일 원자 단위 규명

양용수*. *KAIST*

Modern science and technology rely on functional materials, and the physical properties of these materials often strongly depend on defects, local disorder, nanoscale heterogeneities, and grain structures at the atomic scale. Traditional crystallography, which is reliant on periodicity, has been the main method for determining crystal structures, but cannot determine defects or other non-crystalline features. My work goes beyond crystallography. Without any prior assumption of underlying structure, atomic electron tomography (AET) is now able to locate the 3D coordinates of individual atoms and their dynamics with picometer precision and with elemental specificity [1-3]. A variety of complex atomic structures have been measured with 3D atomic-level details; including grain boundaries, chemical order/disorder, phase boundaries, and point defects [1]. I will further demonstrate that AET can also be applied to capture the 4D atomic structural dynamics, unveiling nucleation process at the atomic scale [2]. Understanding the atomic resolution structural dynamics together with the relationship between atomic structure and physical properties will open up new avenues in condensed matter physics and allow the rational design of novel materials at the atomic scale [1-2].

[1] Zhou*, Yang* et al., Nature 570, 500 (2019).
[2] Yang et al., Nature 542, 75-79 (2017).
[3] Pryor*, Yang* et al., Sci. Rep. 7:10409 (2017).

SS13-1 Intelligent Algorithm for Three-dimensional AFM for High Aspect Ratio Structures

지능형 알고리즘을 바탕으로 한 3차원 AFM과 고종횡비의 나노구조 측정

서용호*. *세종대학교*

높은 종횡비의 특징을 갖는 나노 구조물의 3 차원 (3D) 이미징은 나노 기술 분야에 있어서 중요한 이슈이다. 기존에 발표된 플레어(flared) 팁 방법 및 프로브 기울임 방식의 단점을 보안하고 개선하기 위하여, 새로운 프로브 및 알고리즘을 기반으로 3D 이미징 결과를 발표한다. 기존의 방법은 주로 깊은 트렌치 형상을 이미징하는데 국한되었지만, 복잡하고 불규칙한 구조에 대한 이미징은 아직까지 연구되지 않았다. 본 연구에서는 튜닝 포크 기반 원자힘 현미경(AFM)센서와 지능적인 3D 스캐닝 알고리즘을 채택하여 이러한 문제를 해결하였다. 다공성 물질 (양극 산화 알루미늄, AAO)과 실리콘 나노 필러 (돌출부)의 깊이 및 측벽의 형상을 고해상도로 측정 하였다. 탄소 나노 튜브을 텅스텐 팁에 부착하여 탐침으로 사용하였고, 종횡비가 높은 (5 내지 25 범위의) 튜닝 포크 기반 AFM 프로브를 제작하였다. 실리콘 속의 비아홀의 1 μm까지 구멍의 깊이를 정확하게 측정하고 측벽을 이미징하는 것도 가능했다. 3D 스캐닝 알고리즘은 XY 평면에서 구멍의 위치를 찾아내고, 구멍의 중심으로 진입한 다음에 측벽의 가장자리를 따라 돌면서 측벽을 스캔하는 과정으로 구현된다. 이 스캔 방식은 기존 래스터(raster) 스캔과 완전히 다른 방식으로, 구멍의 측벽 및 바닥 가장자리의 부정확한 형상이 없이 실물과 거의 동일한 이미지가 얻어졌다. 본 연구 결과는 높은 종횡비의 탐침을 사용한 지능형 스캐닝 알고리즘을 사용하여 3차원 형상의 나노 구조를 이미징하는 방법을 보여주었다. 이 비파괴 계측 방법은 광범위한 산업적 응용을 위한 잠재적 능력을 확인해주었다. 또한 시뮬레이션 결과는 임의의 형태로 복잡한 나노 구조를 측정하는 것도 가능하다는 것을 보여 주었다.

SS13-2 Development of Heated Cantilever Arrays for Scalable Nanomanufacturing and Nanometrology

발열 AFM 캔틸레버 기반 대면적 패터닝 및 열특성 분석법의 개발

김희준*. *DGIST (대구경북과학기술원)*

The physical and chemical properties of matter depend on temperature, and the ability to precisely control and measure temperature at nanometer resolution enables manufacturing, sensing, and materials characterization at the nanometer scale. However, an implementation of such temperature control in a scalable manner is a challenge yet to be overcome. In this talk, I will report the design, fabrication, and application of heated atomic force microscope (AFM) cantilever arrays that can apply and sense heat at nanometer resolution. An array of individually controllable heated cantilevers enables fast and high-throughput cantilever operation over a wide range of temperatures and materials for sensing and tip-based manufacturing applications. Specifically, I will introduce large area thermal imaging and nanomanufacturing techniques. In addition, this talk will briefly cover the surface metrology methods to measure temperature dependent properties of various materials.

SS13-3 SPM''s Pinpoint Scan Applications for Quantitative Nano-Metrology

정량적 나노측정을 위한 주사탐침현미경의 핀포인트 측정 응용

조상준*. *파크시스템스*

Atomic Force Microscope (AFM) is a powerful instrument in characterizing nanoscale features, but it lacks accuracy and repeatability in measuring absolute dimensions. The primary reasons for this matter are the poor behavior of the piezoelectric tube scanner and the inconsistent tip geometry caused by tip wear. Together with complex setting of operating parameters, AFM cannot be widely adopted compared to other microscopes such as optical microscope or scanning electron microscope (SEM).

However, the importance of AFM analysis is growing due to the strong necessity to investigate and characterize innovative nanomaterials. We introduce the pinpoint scan control which minimizes the topographical effect on surface topographic, magnetic and electrical measurements and help quantitatively characterize nanomaterials. Eliminating friction between the tip and the sample by this method is important because depending on the roughness of the sample, the sample friction can may damage the tip and sample, and also produce artifacts during the measurement. The quantitative analysis by SPM could open the door to new ways to control the development of the material''s facets and help increase efficiency and decrease failure and cost.

SS13-4 Surface Characterization of Medical Biomaterials using Atomic Force Microscopy

주사탐침현미경을 이용한 바이오의료소재의 특성분석

윤대성*. *고려대학교*

바이오의료소재는 다양한 응용분야(예: 약물전달, 조직공학, 인공장기, 미세유체, 바이오센서 등)를 갖으며 21C의 의료산업의 화두인 환자맞춤형 정밀의료를 구현하는데 있어서 가장 필요로 하는 핵심기술분야이다. 이러한 바이오의료소재가 사용목적에 부합하는 제 기능을 수행하기 위해서는 요구되는 다양한 표면특성 (형상, 거칠기, 표면전하, 소수성/친수성 등)이 확보되어야 한다. 따라서 제작된 바이오의료소재의 나노수준에서의 표면분석이 우수한 성능의 소재개발에 필수적인 요소기술이다. 본 발표에서는 주사탐침현미경을 이용하여 다양한 바이오의료소재의 표면분석에 어떻게 이용될 수 있는 가에 대해서 다룬다. 바이오의료소재의 표면분석의 기본원리에 대해서 전반부에 다루며 후반에는 다양한 소재(단백질, 아밀로이드섬유, 엑소좀, DNA-금입자 복합체, 하이드로젤)의 표면분석사례를 발표한다. 본 발표를 통하여 독자들이 주사탐침현미경이 바이오의료소재의 다양한 표면분석이 가능하며 매우 유용한 분석장비임을 알리고자 한다.

SS13-5 AFM Surface Characterization of PAN-based Carbon Fiber by Surface Treatment

표면처리에 방법에 따른 PAN계 탄소섬유표면 특성 AFM 분석

박종배*. *한국기초과학지원연구원*

탄소섬유는 구조/화학적으로 우수한 물리적 강도, 열전도성, 전자이동도, 유연성 등을 기반으로 융복합 산업에 폭넓게 적용되고 있으며, 탄소섬유의 강도가 높고 가벼운 특성으로 인해 구조재료용으로, 자동차분야 및 항공우주분야, 건축분야에 적용되고 있다. 일반적으로 탄소섬유 표면활성 증대를 위해 또는, 표면 세공에 Cu, Mn등 금속이온을 흡착시켜, 황화수소를 포집하거나, 산화티탄을 표면에 증착시켜 광촉매 반응을 유도하기 위해 활성탄소섬유(Activated Carbon Fiber, ACF)가 활용되고 있다. 별도의 공정으로 합성한 활성탄성섬유 보다, 일반탄소섬유 표면활성을 유도시키는 기술이 있다면, 일반적으로 사용하는 PAN계탄소섬유 활용의 증대를 기대할 수 있다.

본 연구에서는 PAN계 탄소섬유직물 표면처리 후, PeakForce QNM방식을 이용한 AFM을 이용하여 탄소섬유 표면물성을 확인하였다. AFM 분석 시 AFM 탐침의 탄성계수에 따라 PAN계 탄소섬유 표면의 물성이 변화된다는 것을 확인하였으며, FE-SEM과 XPS, XRD을 사용하여 PAN계 탄소섬유직물에 형성된 나노입자의 형상 및 특성을 분석하였다.

SS13-6 Strain Induced Anisotropic Frictional Domains on 2D Materials

저차원 소재에서 나타나는 마찰 도메인의 비등방성에 대한 연구

이지혜[1*], 전지훈[1], 오다예[1], 신민정[1], 이미정[1], 안종현[2], 노창재[3], 이종석[3]

[1] *건국대학교*, [2] *연세대학교*, [3] *광주과학기술원*

Low dimensional materials (2D) have shown various electronic, magnetic, and optical characteristics depending on their growth methods and conditions. Direct growth and mechanical exfoliation techniques result in different physical and chemical properties even in the same species of 2D materials. Among those characteristics, surface structural properties are crucial for the application of 2D materials as the surface structures readily affect their atomic arrangements and/or interaction with substrates due to their atomic-scale thicknesses.

In this work, we investigate the anisotropic friction domains not only grown by chemical vapor deposition (CVD) under various growth conditions, but also mechanical exfoliation process by friction force microscopy (FFM) measurement in various 2D materials. The 180° periodicity of each domain and the 60° shift between adjacent domains indicate the presence of linearly aligned structures along the armchair direction of MoS_2, which is determined by the optical second harmonic generation method. The anisotropic friction domains of CVD-grown MoS2 flakes may be attributed to linearly aligned ripples caused by an inhomogeneous strain field distribution, which is due, in turn, to randomly formed nucleation sites on the substrate. The universality of anisotropic frictional behaviors of 2D materials including graphene, hBN, and WS_2 with stacking honeycomb lattices, which differ from $ReSe_2$ with a distorted triclinic 1T' structure, supports our assumption based on linearly aligned ripples along the crystallographic axes, which result from an inhomogeneous strain field.

SS13-7 Quantitative Electrostatic Force Imaging of Two Dimensional Semiconductor Materials

이차원 반도체 물질에 대한 정량적이고 정전기적인 이미징 기술

김태경*. *한국외국어대학교*

Quantitative electrostatic force measurements are essential to determine the electrical properties of two dimensional (2D) semiconductor materials, such as surface potential, local conductance, and charge distribution. Here, we introduce the two main modes of electrostatic force microscope (EFM), one is scanning Kelvin probe microscopy (SKPM) to measure the surface potential distribution and the other is dielectric force microscopy (DFM) to investigate the local charge carriers without electrical contacts. By using SKPM technique and Marcus–Gerischer theory, we analyzed the process of electron transfer from black phosphorus (BP) to oxygen molecules, which is an essential step in degradation of BP. We also presented the direct mapping gate response of a multilayer WSe_2/MoS_2 heterostructure with locally different degrees of charge depletion through mobile carrier measurements based on DFM technique. A quantitatively calibrated EFM techniques should provide a valuable tool for extracting information about the local electrostatic behavior of 2D semiconductor materials.

SS13-8 Quantitative Measurement of Piezo Response on Cantilever Based Techniques

Wanxin Sun*. *Bruker Nano Surface, Singapore*

Quantitative characterization of piezo response is of great importance for many fundamental researches and a variety of applications, including 2D materials, advanced functional materials, sensors and actuators, semiconductor process developments, and mechanism study for many biological processes. Atomic force microscopy (AFM) has been extensively used to measure piezo response due to its unique capability of providing nanometer spatial resolution and sub angstrom vertical displacement sensitivity. Latest researches and developments put higher demands on detection sensitivity and accuracy, for example sub-10 pm detection sensitivity free from the

interference of electrostatic force, challenging AFM based piezo response measurement. To reduce the effect of electrostatic force, stiff cantilever and laser interferometer to detect piezo displacement have been studied. However, none of them eliminated the interference of electrostatic force without causing other issues.

In this report, we will discuss our latest developments to improve detection sensitivity, eliminate the effect of electrostatic force, and achieve advanced switching spectroscopy. These include using contact resonance to enhance the weak piezo signal, but without tip wear caused by lateral force that exists in contact mode operation; measuring piezo response while the cantilever and sample are at the same potential to null the contribution from electrostatic force; cantilever design to improve deflection sensitivity while maintaining minimal probe-sample interaction force, advanced scripting for switching spectroscopic studies. In addition to discussing about the implementation of these techniques, we also use application examples to illustrate how to use these techniques to solve different problems.

SS13-9 Nanopipette-Based Scanning Electrochemical Probe Microscopy

나노피펫 기반의 주사 전기화학 탐침 현미경

김양래*. *광운대학교*

Recently, various types of probes have been developed for the surface research of functional materials. Some of these materials are used as electrodes for electrochemical applications such as sensors, corrosion, electroplating, and energy conversion & storage. However, the surface of these materials is very non-uniform at the nanoscale, and each nanostructure has different electrochemical properties. However, using conventional electrochemical imaging tools, it is challenging to understand electrochemical phenomena at the single nanostructure level. In this presentation, the electrochemical phenomena on the surface of the electrode have been examined using nanoscale pipette-based scanning electrochemical probe microscopy, scanning electrochemical cell microscopy.

SS14-1 Synthetic Polymer Scaffold with Hydrophilic Apatite Surface

친수성 아파타이트 표면을 갖는 합성고분자 스캐폴드

이상훈*, 김인애. *서울대학교*

This article describes a novel method for the preparation of a biodegradable non-woven poly(ε-caprolactone) fabric with a partially embedded apatite surface designed for application as a scaffold material for bone tissue engineering. The non-woven poly(ε-caprolactone) fabric was generated by the electro-spinning technique and then apatite was coated in simulated body fluid after coating the PVA solution containing $CaCl_2 \cdot 2H_2O$. The apatite crystals were partially embedded or fully embedded into the thermoplastic poly(ε-caprolactone) fibers by controlling the degree of poly(ε-caprolactone) fiber surface melting in a convection oven. Identical apatite-coated poly(ε-caprolactone) fabric that did not undergo heat-treatment was used as a control. The features of the embedded apatite crystals were evaluated by FE-SEM, AFM, EDS, and XRD. The adhesion strengths of the coated apatite layers and the tensile strengths of the apatite coated fabrics with and without heat-treatment were assessed by the tape-test and a universal testing machine, respectively. The degree of water absorbance was assessed by adding a DMEM droplet onto the fabrics. Moreover, cell penetrability was assessed by seeding pre-osteoblastic MC3T3-E1 cells onto the fabrics and observing the degrees of cell penetration after 1 and 4 weeks by staining nuclei with DAPI. The non-woven poly(ε-caprolactone) fabric with a partially embedded apatite surface showed good water absorbance, cell penetrability, higher apatite adhesion strength, and higher tensile strength compared with the control fabric. These results show that the non-woven poly(ε-caprolactone) fabric with a partially embedded apatite surface is a potential candidate scaffold for bone tissue engineering due to its strong apatite adhesion strength and excellent cell penetrability.

SS14-2 Current Status of Ceramic-based Scaffolds for Bone Regeneration

골 재생용 세라믹 기반 지지체의 연구 현황

윤석영*. *부산대학교*

The general goals of bone scaffold are to regenerate the bone and repair of bone fracture. To achieve these goals, scaffolds need to not only have osteoconductive and suitable mechanical properties, but also promote bone regeneration and vascularization. Therefore, many studies have developed the scaffold with various strategies.

Calcium phosphate ceramics are widely used as composition of bone scaffold because of its good osteoconductivity and bio-compatability. In this talk, I will present the current status of calcium phosphate based scaffold for bone regeneration and discuss the future perspectives.

SS14-3 Brushite Bone Cement Prepared with Granulated β-TCP: Drug Release and Injection Behavior

오경식*. *안동대학교*

Brushite bone cement is unique due to the degradation after implantation. The bone cement can be rather useful by releasing drug or by being injectable for medical application. In this work, β-$Ca_3(PO_4)_2$ powder was granulated using spray drier and subsequently sintered at 1000 ~ 1200°C. The obtained granules had the average diameter of either 30 or 100 μm. Gentamicin sulfate (GS) was introduced within the granules as antibiotics. The processing condition of granules was investigated to manipulate the release behavior of GS. The prolonged release of GS greater than minimum inhibitory concentration was achieved after the period of oral prescription.

For the injection test, the spherical β-TCP granules accounted for granular fractions of from 0.5 to 0.7 of the total β-TCP. The injected ratio increased with the increase in granular fraction and the sintering temperature of granules. The change in the injected ratio was explained in terms of the plastic limits. Other than the amount of water needed for liquefaction, the rest water was used to increase the fluidity at the same volume of setting agent. The amount of rest water per unit amount of powder phase closely correlated with the injected ratio of the paste. The injection behavior was dependent on the size of granules and the results were explained in terms of the collision among the granules.

SS14-4 Technology for Shape Control of Calcium Phosphates Ceramics

인산칼슘계 세라믹의 형상제어 기술

윤희숙*. *재료연구소*

인체골의 무기물계 유사성분인 인살칼슘계 세라믹을 효율적으로 임상에서 활용하기 위해서는 사용 목적에 맞추어 다양한 형상 및 기능을 제어할 수 있는 기술개발이 필요하다. 이러한 목적으로 최근 3차원의 복잡형상 정밀제어가 가능한 인산칼슘계 세라믹의 3D프린팅 기술 및 이를 통해 확보된 생체세라믹 골이식재의 기능성 제어와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구팀은 다양한 세라믹 3D프린팅기술 중 소재압출형 기법과 광중합형 기법에 관한 연구를 진행하고 있다. 이에 본 강연에서는 인산칼슘계 세라믹을 3D 프린팅 기술을 이용하여 형상제어하고 기능성을 부여하여 얻어진 연구 결과에 관하여 소개하고자 한다.

SS14-5 Hybrid Bone-related Materials with Controlled Release Formulation and Biological Assessments

하이브리드 골 소재의 서방형 방출제어 제형 및 생물학적 평가

장정호*. *한국세라믹기술원*

The work reports the preparation of various hybrid bone-related materials with a highly controlled release formulation such as stimuli-responsive polymers, natural compounds (chitosan and levan) hybrid HAp composites, and antimicrobial bone cements and sutures materials, respectively. Especially, antimicrobial bone cements were subjected to tests involving *in vitro* and *in vivo* biological assessments such as antimicrobial effect, cytotoxicity test, bacterial reverse mutation (Ames) assay, micronucleus assay, and implantation analysis. Furthermore, the controlled release property of these hybrid bone-related materialswas demonstrated for homogeneous loading and highly-controlled-release formulation.

SS14-6 Reactive Nanomaterials Actions in Tissue Healing Process

김해원*. *단국대학교*

Injured tissues entail significant problems such as inflammation and disintegrated vascular structure. Many reactive biomaterials at the nan/microscale exert therapeutic actions that can subsidize or boost the biological events to relay tissue healing phase. The physical and biochemical cues of nanomaterials regulate inflammatory responses, stimulate angiogenic cascade and recruit endogenous stem cells which are integrative to accelerate the regenerative process. The present talk disseminates those multiple reactive actions of nanomaterials that can ultimately modulate the microenvironment of various types of resident cells, with particular emphasis on the tissues in musculo-skeletal system (bone, cartilage, muscle, nerve).

SS14-7 Biomaterials in Digital Dentistry and Future Surgery Thchniques

디지털 덴티스트리에서의 생체재료와 미래의 수술 기법

양동준*. *(주)이비아이*

Dental biomaterials can be divided into metals, polymers, ceramics, and composite biomaterials.

In the case of photocurable resin currently applied to 3D printer, it is necessary to further study for new photocurable resin and adjustment of curing time, because there is some disadvantage such as cytotoxicity reaction by photocurable resin except some product. It is being studied variously to expand the scope of development and application of ceramics and polymer materials for dental medical applications. Through the development of digital healthcare services, synergies can be expected through a combination.

According to increasing the number of cases which apply IT technology to solve various needs in the field of dental, a new type of dental care system as represented by digital dentistry is being developed.

Digital Dentistry utilizes imaging devices such as CT and oral scanner, which have been used in the past, and applies them to digital technology. By using image analysis and reconstruction, it is converted into images that can be used for prosthetic manufacturing and simulation. Technology is expanding its utilization by using 3D printer and CAD / CAM devices.

In this presentation, we would like to talk about several topics such as the essential conditions of biomaterials applied to the field of digital dental care, development trends and future digital surgery.

SS14-8 Recent Trends of Glass-ceramics in Dental CAD/CAM Materials

치과 CAD/CAM 재료인 결정화 유리의 최신 경향

임형봉*. *(주)하스*

Glass-ceramics in dental materials derive principally from a family of mined minerals called feldspar, lithia, and are based on silica. Hence leucite reinforced glass-ceramics belong to a group of feldspathic glass-ceramics, and lithium disilicate glass-ceramics is mainly composed of high purity silica and lithia components. For the last few decades, the high-technology processes so called CAD/CAM procedures for both dental materials allowed to find more optimized applications, such as inlay, onlay, veneer and crowns. The purpose of this study is to review advance in both materials and applications available for making all-ceramic dental restorations. The most recent CAD/CAM materials are also introduced in terms of their precipitated crystalline phases in glass matrix including physical properties of glass-ceramics.

Mechanical properties were evaluated by flexural strength (biaxial), fracture toughness (indentation strength) and static stress on crown by using an Instron machine. Thermal and optical properties were conducted with dilatometer and UV-Visible spectrophotometer, respectively.

Mechanical properties of some glass-ceramics depend on crystallinity, size, shape and density of crystalline phase embed in glass matrix. Higher strength observed in the specimens with cross-linked crystalline structure and higher aspect ratio in crystalline shape due to some dissipation of energy with higher resistance of crack propagation.

SS14-9 Synthesis of Low Temperature Calcium Phosphate Minerals

저온형 인산칼슘 광물의 합성

김석영*, 김주성. *영남대학교*

Calcium phosphates (CaPs) ceramics were used as a bone substitute for improving new bone formation due to the excellent biological properties. They play a crucial role as bone grafts, bone fillers, and coating materials in dental and medical fields. Most commonly, they

are applied in a form of porous granules, scaffolds, or injectable or moldable pastes.

CaPs can be obtained in various crystalline or amorphous phases, depending on the synthesis conditions (such as pH, Ca/P ratio, temperature, time, additives, heat-treatment, etc). These CaPs reveal both different physicochemical and biological properties, such as solubility, biodegradability, and bioactivity.

Depending on whether or not the heat-treatment, the properties of CaPs are very different. There are two types of form: low temperature form (type 1) and high temperature form (type 2). The type 1 CaPs, such as MCPM, DCPD, DCPA, OCP, and ACP are synthesized at low T with wet process and utilized as a CaP cement and the type 2 CaPs, such as MCPA, TCPs, HA, OA, TTCP are obtained by high temperature treatment with solid state reaction or decomposition of precursors.

Among the type 1 CaPs which are more soluble and unstable, octacalcium phosphate (OCP, $Ca_8H_2(PO_4)_6 \cdot 5H_2O$) which has a Ca/P ratio of 1.33 will be introduced in terms of synthesis, and phase transformation.

SS15-1 Representing Materials Information to Apply Machine Learning to Band Gap Predictions and Molecular Dynamics Simulations

밴드갭 예측과 분자동력학에 기계학습을 응용하기 위한 재료 정보를 표현하는 방법

김현우*. *한국화학연구원*

In the field of computational materials design, there is a constant need for efficient method. To this end, machine learning (ML) approaches gain much attention as they can speed up the estimation of material properties based on huge data. For example, ML methods can be adopted to predict band gaps and formation energies of materials. Recently, a research competition was held at the Kaggle community to find better ML models that predict band gaps and formation energies of transparent semiconductors. Here, I will present radial distribution function-based descriptors for predicting band gaps of inorganic materials and calculating potential energies of chemical systems. I will begin my presentation by explaining the conventional method of describing materials properties with atomic features and then I will show how I represent materials with atomic and structural information in the Kaggle research competition. I will give short comments on the performance of our descriptors. Later, I will show we can apply similar descriptors to the prediction of potential energies and atomic forces for long-time molecular dynamics simulations. I will also discuss the limitations of descriptors prepared manually and our current efforts to develop better descriptors.

SS15-2 Homo Sapiens and AI

호모사피엔스와 AI

이정원*. *한국전자통신연구원*

인공지능이 특정 영역에서 인간의 능력을 뛰어넘고 있다. 바둑에서는 알파고가 2016년 3월 이세돌 9단을 상대로 4:1 승리를 거뒀고, 2017년 5월 세계랭킹 1위 커제 9단을 상대로 3:0 압승을 거뒀다. 한층 업그레이드 된 알파고의 위력에 압도된 커제 9단이 바둑판 앞에서 눈물을 보였을 정도였다. 알파고는 불과 1년 남짓한 시간 동안 인공지능에 대한 인식을 완전히 뒤집어 놓았으며, 이후 3년 동안 더 놀라운 인공지능 기술들이 등장했다.

다윈 이후로 인간과 동물의 경계는 허물어졌듯이, 인간과 인공지능의 경계도 허물어지고 있다. 인간만이 할 줄 안다고 믿었던 것들은 이제 인공지능도 할 줄 알게 되었다. 인공지능 시대의 창의성과 예술은 새롭게 정의되어야 할 것이며, 인간의 고유한 입지는 점점 줄어들고 있다. 호모 사피엔스와 인공지능의 경계는 어디쯤이며, 인간 지성의 최후의 보루는 과연 무엇이어야 할까.

SS15-3 Computational Design and Analysis of Metal-Halide Perovskites toward Eco-friendly and Stable Materials

전산재료과학을 이용한 금속계 할라이드 페로브스카이트의 개발

홍기하*. *한밭대학교*

Metal-halide perovskites (MHPs) have attracted tremendous interests due to outstanding optoelectronic properties. The best power conversion efficiency over 25% has been already certified, which is the best efficiency among the next generation candidate materials of solar cells. Recently, MHPs are widely adopted in optoelectronic device applications such as light-emitting diodes (LEDs), photodetectors, and X-ray scintillators. The complex structures and the vulnerability are the huddles for the close investigation of MHPs. Therefore, computational studies have been extensively used to reveal unique hidden properties and develop new-type perovskites. The first topic is the brief introduction of the MHP solar cells and LEDs development. The second theme is the discussion on the light and shade of the computational study of MPHs, including our research results and published data. Lastly, I summarize the future prospective of theoretical investigation on MHP fields.

SS16-1 Ceramic Industry 4.0 begins with Bio-Convergence

바이오융합으로 시작되는 세라믹 4차 산업혁명시대

박대환*. *경남대학교*

Concentrated efforts have been made to combine materials science with four major 'NBIC' (nano-bio-info-cogno) convergence technologies, each of which is currently progressing at a rapid rate: (a) nanoscience and nanotechnology; (b) biotechnology and biomedicine, including genetic engineering; (c) information technology, including advanced computing and communications; (d) cognitive science, including cognitive neuroscience. In the first study, chemically well-defined bio core@nano shell hybrid, which consists of rationally designed DNA molecules core and spherical inorganic nanoshell, was prepared via soft-chemical route. Through NBIC convergence, the nano-convergence materials were addressed to be potentially applicable to nano-forensics, molecular traceability, and Avatar DNA system. In the second study, we described in vivo and in vitro delivery system for siRNA assembled with biodegradable inorganic particles conjugated with cancer-targeting ligands, and achieved 3.0-fold higher suppression of tumor volume in animal experiment.

SS16-2 Application and Evaluation of Dental Zirconia

치과용 지르코니아의 응용과 치의학적 평가

정신혜*. *서울대학교*

A dental restorative material, yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal (Y-TZP), is considered a viable alternative for traditional indirect restorations and titanium implants. Dental zirconia has been considered to be an advantageous material with high mechanical and biological properties for the manufacturing of medical devices.

Together with emphasis on the localization of materials, the development of zirconia itself become more important within the country. Herein the two major dental applications, indirect restorations and implants, are introduced and the evaluation of zirconia containing dental materials are discussed. Efforts to surface modifications to improve mechanical or biological properties via various methods are demonstrated.

SS16-3 Biointerface Engineering for Biosensors and Medical Implants

첨단 바이오센서 및 삽입형 의료기기 계면 제어 기술

서정목*. *연세대학교*

본 발표에서는 다양한 질병 및 건강 상태를 고감도로 모니터링 할 수 있는 체외 진단용 바이오센서 및 몸 안에 삽입되어 지속적으로 동작해야 하는 질병 모니터링용 바이오센서, 삽입형 의료기기와 관련된 최신 기술 동향을 발표하고, 기존 의료기기 및 바이오센서의 기술적 한계를 해결하기 위한 새로운 생체-소재 계면 기술을 소개한다.

특히, 본 연구실이 독자적으로 개발한 자연에 존재하는 연꽃잎, 사막 풍뎅이, 벌레잡이 통풀의 부착 제어 표면을 모사하는 생체모사 표면 기술 및 이의 의공학적 응용을 깊이 있게 다루며, 이를 이용해 기존 삽입형 의료기기의 가장 큰 문제인 면역 거부 반응 및 혈전 형성을 원천적으로 해결할 수 있는 방법을 소개하고, 중개의학응용 및 산업화 가능성의 예시를 보여준다.

SS16-4 Surface Adhesive Phenolics Inspired by Adhesion in Nature

천연유래 페놀릭구조를 이용한 표면접착제의 응용

서성백*. *부산대학교*

Adhesives are necessary to integrate two different materials by addressing it at the interfaces. In aspect of improving or maintaining adhesive performance, in particular, underwater adhesion is challenging due to water molecules at the interfaces, preventing physical and chemical contact. In this presentation, development of wet-adhesives inspired by marine mussel adhesion will be introduced. Our approaches to how translate interfacial mussel foot proteins (mfp) will be presented as below; 1) mimicking the interfacial mfp into single model polymers, copolyampholytes, which combine the catechol functionality with amphiphilic and ionic features of mfp-3s, were synthesized, formulated as coacervates for adhesive deposition on surfaces, and enhanced wet-adhesion properties. 2) mimicking the conceptual role of surface priming of interfacial mfp into small molecules, a ≈1 nm thick catecholic single-molecule priming layer increases the adhesion strength of crosslinked polymethacrylate resin on mineral surfaces by up to an order of magnitude when compared with conventional primers such as noncatecholic silane- and phosphate-based grafts. Moreover, I will briefly introduce ongoing projects related to surface adhesive phenolics and their applications, such as reaction-free surface modification and particle-adsorptive modification.

SS16-5 In vitro Diagnostic (IVD) Platform based on Nanomaterials for High-efficiency Disease Diagnosis

고효율 질병 진단을 위한 나노 소재기반의 체외 진단 (IVD) 플랫폼

임은경*. *한국생명공학연구원*

Accurate disease diagnosis is crucial for guiding effective patient treatment and preventing the spread of disease, therefore, a number of techniques have been developing to do this. Recently, in vitro diagnostic (IVD) techniques have been used to assess disease diagnosis, prognosis, and therapeutic response using biological samples (blood, urine, saliva, etc.) from patients. IVD is also used in the filed of precision medicine to provide personalized therapy. IVD platforms based on nanomaterials have great advantages: they do not require sophisticated instumentations and/or technical skills for use and can be incorporated into portable sensor systesm.

SS16-6 3D Hydrogel-bioceramic Scaffold for Anti-inflammation and Osteogenic Differentiation of Human Mesenchymal Stem Cells

줄기세포의 항염 및 골분화 유도 3D 수화젤-바이오세라믹 복합소재의 개발

박민희*. *한국세라믹기술원*

The bone-related disease needs fundamental treatment to modulate inflammatory response for enhanced bone tissue regeneration because are associated with the primary inflammation to bone loss. In this study, temperature-sensitive hydrogels that show sol-gel transition at 37°C and hydroxyapatite (HA), a major component of normal bone, were used as 3D scaffold for effective bone regeneration. In addition, fullerene having an anti-inflammatory effect was applied to prevent bone loss caused by an inflammation, and to promote osteogenic differentiation. The human mesenchymal stem cells (hMSCs) within 3D scaffold was shown increased cell proliferation and osteogenic differentiation. Also, the inflammatory response in tumor necrosis factor-α (TNF-α) induced inflammatory hMSCs were reduced by adding fullerene. These results suggest 3D hydrogel-bioceramic scaffold including fullerene are the promising dual function platform for bone-related disease as a non-surgical treatment.

SS17-1 Symposium on Thermally Regenerative Energy (TRE) Technology

서민수*. *한국에너지기술연구원*

Most of energy technology convert source energy of light, heat, atomic, electrical or chemical into other forms of energy. Those energy technology is regenerated by each input of photo-, thermo-, nuclear-, electro- or chemical as proper source of energy. At least one of energy conversion process is essential for an electric power generation. Technical challenge elevate when the specific energy system are subjected to several process of transforming energy. One example of a big science where tremendous research efforts are required has several process of transforming and conversion of energy in series that transforming energy source to form plasma environment, energy conversion of fusion-to-thermal, thermal transport by heat transfer fluid, heat transfer to create certain environment of pressure and temperature by PCM (phase change material) and mechanical heat engine to generate electricity.

Well known TRE technologies are alkali-metal thermal-to-electric converter (AMTEC), Seebeck thermoelectric/ Peltier, solid oxide fuel cell (SOFC), rechargeable battery, nuclear fusion and thermo-electrochemical cell (thermocell). Cycles of Stirling, Brayton, and Ericsson are categorized in a mechanical heat engine that is Carnot

cycle limited in efficiency. Most of them are aiming for high efficiency and high power density.

This symposium is about to discuss about current trend and state of aforementioned TRE technology.

SS17-2 Current Trend and State of Thermally Regenerative Electrochemical System (TRES)

서민수[1*], 조민정[1], 윤영직[1], 홍종은[1], 김정현[2], 백승욱[3], 강보식[4], 후지이 타카히로[5], 다나카 고타로[6]. *[1] 한국에너지기술연구원, [2] 한밭대학교, [3] 한국표준과학연구원, [4] 한국기계연구원, [5] 산업기술총합연구소, [6] 시바우라 공업 대학*

Thermally regenerative electrochemical system (TRES) is a thermodynamically closed system that converts thermal energy into electric energy. It is an electrochemical heat engine that is Carnot cycle limited in efficiency, and a great part of output involve in electricity.

Transforming energy in TRES involves energy transport, energy conversion and energy storage. Electrochemical cells are core component where the dominant reaction occurred in and working substance are produced for fuel cell, battery, galvanic cell, electromotive force cell and thermocell. Under the principle of electrochemistry, thermal-to-electric is the dominant process in the sense of an energy conversion and the electrical-to-chemical is dominant in the sense of an energy storage.

Alkali-Metal Thermal-to-Electric Converter (AMTEC) is a thermoelectrochemical (thermocell) heat engine that directly converts heat into electricity without any moving parts nor refueling after the operation starts. The efficiency of AMTEC, according to the NREL report, is the highest over 100 kinds of all reported TRES. The working fluid does not undergo any chemical changes, and no regeneration and separation steps are necessary that is a great benefit for long-term operation.

The known theoretical conversion efficiency is considerably high as 46%, and the reported power density is up to 2.01 W/cm^2. The reversible efficiency is greater than 85% and up to 93% of Carnot cycle efficiency for a heat input and rejection temperatures of 900-1300 K and 400-800 K, respectively.

Total energy transfer regarding AMTEC system is as a form of heat input and rejection without any mass flow. The most advanced design known for AMTEC is PX (Pluto express) series developed for NASA Pluto flyby mission launched in 2006 with an efficiency of about 18%. This paper discuss Gen3 AMTEC system, which is aiming for 30% of efficiency with the addition of higher performance and reliability.

SS17-3 Nuclear Fusion Energy and Technical Challenges
핵융합에너지 및 기술적 도전

이정배*. *ITER Organization*

Human-engineered nuclear fusion has been demonstrated on a small scale. The challenges facing the engineering community are to find ways to scale up the nuclear fusion process to commercial proportions, in an efficient, economical, and environmentally benign way.

Now, a major demonstration of human-engineered nuclear fusion's potential, called ITER, is now under construction in southern France. Designed to reach a power level of 500 megawatts, ITER will be the first nuclear fusion experimental reactor to produce long pulse of energy release on a significant scale.

In this presentation, introduced are forms of nuclear fusion energies, concept of the Tokamak a most common form of magnetic confinement reactor, several of major technical challenges to the ITER project, and a couple of fundamental issues beyond the ITER.

SS17-4 Electric Vehicles with Fast Charging and Long-distance Driving
고속 충전 및 장거리 주행을 위한 전기자동차

송준영*. *인천대학교*

전기자동차의 고속 충전 및 장거리 주행을 위해서는 배터리의 성능과 함께 전자 시스템이 갖춰져야합니다. 또한, 전기자동차의 성능을 기반으로 배터리 셀, 모듈, 팩의 스펙이 결정되고 배터리 팩, 모터, 전장 부품을 구동시키기 위한 시스템의 기능과 스펙이 결정됩니다. 본 발표의 주제는 현재 연구가 진행중인 고속 충전 및 장거리 주행이 가능한 전기자동차를 위한 고성능/고용량 배터리 팩의 제어 방식과 기반 시스템의 개발입니다.

SS17-5 SOFC & ASSB in Thermal Energy Regenerative System
열에너지 재생 시스템에서의 고체산화물연료전지와 전고체전지

백승욱[1*], 김정현[2]. *[1] 한국표준과학연구원, [2] 한밭대학교*

최근 이차전지 및 기능성 소재 등의 진보에 따라 세라믹 소재의 중요성과 그 활용성이 다시 주목받고 있다. 특히 에너지 분야에 있어서는 수소경제의 핵심인 연료전지(Solid oixde fuel cell: SOFC)와 전기화 플랫폼의 핵심인 이차전지(All solid state battery: ASSB)의 소재 및 디바이스, 관련 기술이 지속적으로 검토되어 왔다. 발표에서는 SOFC와 ASSB의 개념과 기술적 난제 등을 중심으로 토의하고, 관련 연구결과들을 살펴보는 시간을 갖고자 한다. 열재생발전과 관련하여서는 SOFC는 발열시스템으로써 고온 열소스로써의 역할을 기대하고, ASSB는 저온열원의 열회수를 통한 안전한 에너지저장과 변환 장치로써의 활용이 가능할 것이다. 에너지 시스템의 관점에서는 이러한 에너지 변환 디바이스의 적용을 통해 전체 시스템의 효율 향상이 기대된다. 온실가스감축과 에너지 전환의 기후변화대응을 위한 전지구적 노력의 거시적 관점에서도 관련 연구의 의미와 필요성을 살펴보고자 한다.

SS17-6 Induction Heating of Cylindrical $MoSi_2$-based Susceptor
실린더형 $MoSi_2$계 발열체의 유도가열 적용

김요한*, 명재하. *인천대학교*

유도가열은 전자기유도를 이용한 전기에너지를 열로 변환하는 방법으로 출력 및 온도 제어가 용이하고 연소반응을 이용하지 않아 유해물질을 배출하지 않는다. 또한 높은 효율을 가지고 급속승온이 가능한 가열기술로 열처리, 주조, 용접, 표면처리 등 산업용으로 폭넓게 이용되고 있다. 그러나, 실제로 피가열체는 전자기유도가 일어나는 물질만 가능하기 때문에 비전도성 물질을 가열할 경우 서스셉터를 사용하는 간접유도가열 방식을 이용한다. 발열체로는 일반적으로 전도성이 우수한 Pt, Mo, Ni-Cr 등 금속이나 합금 발열체를 사용하지만 고온에서 발생하는 산화로 인해 장기간 사용이 어렵다. 이에 따라 세라믹 특성인 고온에서의 산화저항성과 금속 특성인 전기전도성을 동시에 가지고 있는 소재가 주목받고 있다. $MoSi_2$계 소재($Mo_xW_{1-x}Si_2$)는 높은 융점과 고온에서의 내산화성을 지니고 있으며, 세라믹임에도 우수한 전기적 특성을 갖추고 있는 발열체 소재이다. 또한 900ºC 이상에서 형성되는 표면의 SiO_2 층은 산소와의 접촉을 막아 고온에서 안정적인 산화저항성을 유지한다. 다만 상온에서의 높은 취성으로 가공이 어려워 피가열체를 담을 수 있는 형상을 요구하는 유도가열에는 적용시키지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본

연구에서는 발열체로서 우수한 특성을 가지는 $MoSi_2$계 소재를 유도가열에 적용시키기 위해 슬립캐스팅으로 실린더발열체 제작하였고 슬립의 고형분 함량 및 유지시간을 조절함으로써 발열체의 두께를 제어하였다. 제작된 실린더 발열체는 XRD 분석을 통해 상 안정성을 확인하였고 유도가열에 적용시켜 유도가열기의 발열체로서의 가열 성능을 실제 제품과 비교하여 성능을 평가하였다.

SS17-7 Investigation of Heterogeneous Lanthanides Substituted Layered Perovskites in A-site for IT-SOFC Cathodes

김정현[1], 우성훈[1*], 신태호[2], 정기채[1]. *[1]한밭대학교, [2]한국세라믹기술원*

In this study, phase synthesis and electrochemical properties of $A^{/}A^{//}A^{///}B_2O_{5+\delta}$ ($A^{/}$: Lanthanide, $A^{//}$: Ba and $A^{///}$: Sr) layered perovskites substituted Pr and Sm in the $A^{/}$ - site are investigated for cathode materials of Intermediate Temperature-operating Solid Oxide Fuel Cell (IT-SOFC).

$Pr_xSm_{1-x}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_2O_{5+\delta}$ (x = 0.1 ~ 0.9) oxide systems were synthesized as single phase without any secondary and impurity phases. From the measured electrical conductivity results, all of the layered perovskite oxide systems showed metallic conductivity behavior with increasing temperature. The composition, $Pr_{0.5}Sm_{0.5}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_2O_{5+\delta}$ (PSBSCO55), showed the electrical conductivity values of 1091, 374 and 236 S/cm at 50 ºC, 700 ºC and 900 ºC.

In the relationship between area specific resistances (ASRs) and x-ray photoelectron spectroscopy (XPS) analysis, the PSBSCO55 showed the lowest ASR values and the highest area % of higher binding energy (HBE) in $Pr_xSm_{1-x}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_2O_{5+\delta}$ (x = 0.1 ~ 0.9) oxide systems.

SS17-8 Relationship in Electrochemical and Surface Property of Impregnated $La_{0.4}Sr_{0.6}Ti_{0.8}Mn_{0.2}O_{3\pm\delta}$ Anode Material for High Temperature-operating Solid Oxide Fuel Cell

함침된 $La_{0.4}Sr_{0.6}Ti_{0.8}Mn_{0.2}O_{3\pm\delta}$ 고온 고체산화물 연료전지 연료극의 전기화학 특성과 표면 특성의 관계

김정현*. *한밭대학교*

In this study, the chemical states of a powder type and an impregnated type of the $La_{0.4}Sr_{0.6}Ti_{0.8}Mn_{0.2}O_{3\pm\delta}$ (LSTM) oxide system were investigated along with its electrical conductivities in order to apply these materials as alternative anode materials and direct reforming catalysts for high temperature-operating Solid Oxide Fuel Cells (HT-SOFCs).

The Ni / 8YSZ samples with LSTM impregnated into the pores created by partially removing nickel, Ni / 8YSZ (Ni (R) / 8YSZ), showed much higher electrical conductivity values than those of unimpregnated Ni / 8YSZ (Ni (E) / 8YSZ) samples under dry H_2 fuel condition.

Reduction of Mn^{4+} to Mn^{3+} was observed when LSTM was reduced. Additional reduction properties of Mn^{2+} from Mn^{3+} and satellite peaks were found when impregnated LSTM was coated onto a Ni / 8YSZ substrate. The reduction of the charge state of Ti contained in LSTM showed the same behavior as the reduction property of Mn. However, a satellite peak identified as metal Ti was only observed when impregnated LSTM was coated on a selectively Ni-removed Ni / 8YSZ (Ni (R) / 8YSZ) substrate.

SS18-1 Characterization and Applications of Highly Mid-infrared Transparent Nanocomposite Ceramics

중적외선 고투광성 나노복합체 소재의 특성과 응용

마호진*, 김도경. *KAIST (한국과학기술원)*

최근 수동형, 능동형 투명 소재로 활용하기 위해 우수한 특성을 갖는 다결정 투명세라믹스의 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 군사 목적으로 주로 사용되는 중적외선 투명세라믹은 미국과 중국을 필두로 Y_2O_3, $MgAl_2O_4$, AlON과 같은 소재들이 개발되어 있다. 기존 투명세라믹 소재의 장점이 결합되어 우수한 열적, 기계적 특성을 보이는 나노복합체 투명세라믹 역시 중적외선 투과용으로 연구되고 있다. 특히, 기존 소재와 전혀 다른 광특성을 보이는 나노복합체 투명세라믹은 미세구조 제어에 따른 빛의 산란도가 크게 변하기 때문에 복합체의 특성을 정확하게 이해하는 것이 무엇보다 중요하다. 본 발표에서는 중적외선 고투광성 나노복합체 세라믹의 미세구조에 따른 열적, 기계적, 광학적 특성을 이해하고 앞으로 다양한 영역에 활용될 수 있는 응용방안을 소개하고자 한다.

SS18-2 Processing of YAG: Ce Composite Ceramics for High Power WLED Application

고출력 WLED 조명에 적용하기 위한 YAG: Ce 세라믹 복합재 제작

허세윤*, 홍성현. *서울대학교*

WLED is conventionally fabricated by combining a bright commercial yellow-emitting $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ (YAG: Ce) phosphor/epoxy mixture with a blue-emitting LED chip. However, this conventional WLED exhibits a significant drop in efficacy at high temperatures due to thermal degradation of its organic encapsulant. Therefore, poly-crystalline YAG: Ce phosphor ceramic plate is suggested to substitute the conventional phosphor-dispersed-resin. However, there are still some issues to be solved for achieving high quality with high power WLED application.

First of all, the conventional poly-crystalline YAG: Ce ceramics require extreme sintering condition; 1780ºC for 20 hours under vacuum or 1700ºC for 12 hours under vacuum with a sintering aid. In the second place, thermal conductivity of YAG is intrinsically too low to promote heat dissipation. Last, a severe color deviation occurs due to the high in-line transmission nature of poly-crystalline YAG, which is so-called “yellow ring”.

Therefore, two kinds of YAG: Ce composite ceramics with different matrix (Al_2O_3 and $MgAl_2O_4$) are fabricated via conventional sintering process. The composite ceramics are processed for short time under low temperature considering extreme condition for conventional YAG: Ce ceramic, with suppressing grain overgrowth. They also exhibit higher thermal conductivity as expected by introducing highly conductive ceramic to composite. The color uniformity is significantly enhanced, showing constant correlated color temperature (CCT) for a wide range of angle.

SS18-3 Current Status and Future of Ceramic Phosphor Plate for High Power LD/LED Applications

고출력 LD 및 LED 응용을 위한 세라믹 형광소재의 현황 및 전망

문영부*. *(주)유제이엘*

LED lighting technology, which are now widely being used in general lighting, LCD BLU and automotive, is going toward higher power operation. So more thermally stable ceramic materials than polymers are highly required. Especially, in automotive applications the change

to ceramic materials is fastest due to its high stability requirements. Already ceramic package and phosphor in glass (PIG) have been commercialized and more stable ceramic phosphor plate (CPP) or single crystal phosphor is now being developed for high power applications such as LD (Laser Diode) headlamps [1].

In this report, the current status and future of ceramic converting materials for high power and high reliable applications will be summarized.

References
1. S. Arjoca, E. G Víllora1, D. Inomata, K. Aoki, Y. Sugahara and K Shimamura, Mater. Res. Exp. 1 025041 (2014).

SS18-4 Optical and Piezoelectric Properties of Non-cubic Structure PLZT Transparent Ceramics by Normal Sintering under Oxygen Atmosphere

산소분위기 상압소결을 통해 제조된 이방성 결정구조 PLZT 투명 세라믹스의 광학 및 압전 특성 평가

김정환*, 최종진, 황건태, 민유호, 안철우, 한병동, 윤운하. *재료연구소*

Lanthanum doped lead zirconate-titanate (PLZT) 세라믹스는 ABO_3 조성인 Perovskite형 결정 구조를 가지며La 함량과 Zr/Ti 비율에 따라 입방정, 정방정, 삼방정의 결정구조를 가질 수 있어 다양한 압전, 전기 광학 특성을 나타내 광셔터, 광변조기, 압전소자 등 다양한 응용 분야에서 연구되고 있는 재료이다. 또한 PZT에 La이 치환됨에 따라 발생한 결함 구조의 형성으로 인한 소결성 증대와 입자 성장 속도 억제, PZT에서La 이온의 높은 용해도로 인한 균질성 등 투명 세라믹을 제조하는데 유리한 장점을 가지고 있어 투명세라믹 분야에서 활발히 연구되어 왔다. 기존에 투명세라믹의 제조에는 기본 요건인 초고밀도를 충족하기 위해 열간가압소결 등의 고온고압의 공정이 주로 사용되어 왔다. PLZT의 경우 PbO의 휘발과 액상 형성, 소결시 산소분위기 등을 적절히 제어 하면 상압에서도 투명한 소결체를 얻을 수 있다고 보고된 바 있다. 그러나 기존에 보고된 투명 PLZT의 경우 결정 이방성이 없는 조성으로 압전 특성이 매우 낮은 (d_{33}<10pCN) 것으로 알려져 있으며, 투명한 압전 소자로서 응용이 가능한 특성을 나타내는 소재는 아직 거의 보고되어 있지 않다.

본 연구에서는 저가의 상압소결을 기반으로한 산소분위기 소결공정 조건 제어를 통해 최적의 투명 PLZT제조 공정 조건을 확립하였으며, 확립된 공정 조건을 기반으로 하여 La함량이 서로 다른 이방성 투명압전 PLZT를 제조하였다. La 함량에 따른 압전 특성과 광학 특성의 상관관계를 조사하기 위해 광투과율, 상분석, 압전특성, 분극이력곡선 등을 측정하였으며 광투과율 ~36%(@800nm)와 압전상수 ~430pC/N의 동시 구현이 가능함을 확인하였다.

SS18-5 Fabrication of Polycrystalline Transparent γ-AlON Added with $Pr(NO_3)_3$ by 2-step Pressureless Sintering

2단계 소결을 통한 $Pr(NO_3)_3$가 첨가된 다결정 투명 γ-AlON 제조

Muhammad Tsabit Ayman*, 김명동, 윤당혁. *Yeungnam University*

The feasibility of Pr (praseodymium) sintering additive for the fabrication of transparent polycrystalline γ-AlON was examined by the direct two-step sintering of Al_2O_3 and AlN. The postulation for starting material was on the AlN-defficient composition, which can enhance the sintering by the presence of more vacancies. Therefore, the molar ratio of Al_2O_3/AlN=9/2.65 was used instead of stoichiometric 9/5. Based on preliminary work, 0.1 and 0.2 wt.% Pr (praseodymium) was used as a sintering additive, followed by two-step pressureless sintering in nitrogen atmosphere. The first step sintering (1610 & 1650°C) aimed to acheive high Al_2O_3 and AlN densification, while the second step (1940°C) aimed to get pure AlON phase. Microstructural evolution, distribution of liquid phase, and phase evolution upon sintering were analyzed. Finally, the optical property of the fabricated γ-AlON along with density were evaluated to check the feasibility of Pr as a sintering additive for the fabrication of transparent γ-AlON.

SS18-6 Optical Transmission Properties of Ceramic Materials

세라믹 소재의 광 투과 특성

정운진*. *공주대학교*

최근 고출력 레이저 이득 매질 등 다양한 분야에 있어 투명 세라믹스의 중요성이 높아지고 있다. 투명 세라믹의 투과도는 소재의 밴드갭과 굴절율, 불순물, 입도, 소결 조건 등에 따라 변화되며, 투과도 향상을 위해서는 이들 요소의 적절한 제어가 필수적이다. 본 강연에서는 일반적인 세라믹 소재에서 나타나는 광과 재료의 상호 작용 현상에 대한 이해와 투과도에 영향을 주는 흡수, 반사 및 산란 등에 대한 내부적 및 외부적 요인에 대한 기초적인 지식을 전달하고 이를 토대로 투명 세라믹 소재의 광 투과 현상에 대한 이해를 높이고자 한다.

SS18-7 Single Crystal Growth of $(K,Na)NbO_3$-based Lead-Free Piezoelectric Ceramics through a Conventional Solid-State Sintering Process

일반적인 고상 소결 공정을 통한 $(K,Na)NbO_3$ 계열 무연 압전 세라믹의 단결정 성장

조경훈[1*], 유일열[1], 안철우[2], 최종진[2], 한병동[2]. *[1]금오공과대학교, [2]재료연구소*

Seed 단결정의 사용 없이 일반적인 세라믹 소결 공정을 통해 얻어지는 무연 압전 단결정 성장은 친환경 고성능 압전 소재 개발 분야에 공정 단순화와 비용 절감의 장점을 부여하는 한편, 기능성 강유전 투명 세라믹 소재 개발에 있어서도 중요하다. 최근, 가장 활발하게 연구되고 있는 무연 압전 조성 중 하나인 $(K,Na)NbO_3$ (KNN) 계열 조성에서, A-site에 higher valent 이온(도너 이온)이 첨가될 때 cm-scale의 단결정 성장이 관찰되는 연구 결과들이 보고되고 있다. 단결정 성장이 가능한 도너 이온의 첨가량 조건들이 제시되는 한편, 소결 과정에서 형성되는 액상의 존재가 단결정 성장의 주요 원인으로 제안되어 왔다. 그러나, 단결정 성장에 기여하는 도너 이온의 역할과 단결정 성장 거동 및 성장 기구에 대한 체계적인 연구는 여전히 필요한 상황이다. 본 연구에서는 알칼리 이온과 도너 이온의 함량이 제어된 $(K,Na,Ba)NbO_3$ 조성을 설계하여 소결 조건별 결정 성장 거동을 분석하고, 제안되는 성장 기구를 바탕으로 도너 이온의 역할에 대해 논의한다. 거대 비정상 결정립의 성장은 적합한 도너 이온의 함량과 적정 소결 온도 조건에서만 촉진되며 또한 A-site 알칼리 이온의 임계 공공 농도와 도너 전자에 의한 내부 전기장 형성에 의존함이 제시된다.

SS18-8 Research on Fabrication Techniques of Mid-infrared Transparent Ceramics with High Thermal Shock Resistance

고내열충격 중적외선 투과 세라믹 제조 기술 연구

최두현*, 용석민, 고석영, 이기수, 정동익. *국방과학연구소*

투광성 다결정 세라믹으로 알려진 알루미나, 스피넬, 마그네시아, 이트리아 등은 낮은 제조비용과 우수한 기계적 특성 및 광학특성으로 레이저, 가시광선 및 적외선 보호창 등 다양한 응용처로 주목받

고 있다. 이 가운데 이트리아와 스피넬은 중적외선 대역의 우수한 투과성으로 적외선 유도무기의 탐색기 보호창으로 활발히 연구되었다.

본 연구에서는 이트리아의 기계적 특성을 향상시키기 위해 이트리아-마그네시아 복합재를 부피비 50 대 50의 조성을 가지도록 통전가압소결 및 열간가압소결을 이용해 제작하고 기계적 특성, 적외선 투과율 및 내열충격성을 연구하였다. 또한 스피넬의 기계적 특성을 향상시키기 위해 이트리아를 첨가한 스피넬을 상압소결 및 열간정수압 처리를 이용해 제작하고 이에 대한 기계적 특성, 적외선 투과율 및 내열충격성을 연구하였다.

SS18-9 Plasma Resistance of Transparent Polycrystalline Ceramics

다결정 투명 세라믹스의 내플라즈마 특성

박영조[1*], 오현명[2], 김하늘[1], 고재웅[1], 김미주[1]. *[1]재료연구소, [2]금오공과대학교*

반도체 및 디스플레이 산업은 첨단의 기술력이 관건인데 공정장치도 그 기술력의 상당 부분을 좌우하는 중요한 인자이다. 복잡한 다층구조의 아키텍쳐를 구현함에 있어 에칭공정은 핵심기술이라 할 수 있고, 에칭장치를 구성하는 부재들의 내플라즈마 특성은 제품의 성능과 수율에 직결된다.

재료연구소는 다년 간에 걸쳐 다결정 투명 세라믹스의 연구 개발에 매진하고 있는데, 금번의 발표에서는 동 소재의 내플라즈마 특성에 관한 기초 연구 결과를 보고하고자 한다. 플라즈마 에칭의 메커니즘을 들여다보면 제2상 또는 기공 등의 결함이 에칭의 진앙으로 작용한다는 것이 알려져 있는데, 투명 그레이드의 다결정 세라믹스는 그러한 결함이 극도로 제거되어 있는 물질이므로 플라즈마에 대한 저항성이 우수할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 Y_2O_3, $MgAl_2O_4$ 및 Y_2O_3·MgO 3종의 다결정 세라믹스를 보통의 고밀도와 투명급의 진밀도로 상대밀도를 달리한 소결체를 제작하여 플로린 플라즈마에 대한 식각 특성을 평가하였다. 식각에 의한 무게감소는 Y_2O_3·MgO가 가장 작았고 두께 감소는 Y_2O_3·MgO와 Y_2O_3가 동등한 수준으로 가장 작았으며, 특히 투명급 진밀도 소결체는 보통의 고밀도 소결체와 비교하여 식각률과 표면조도가 개선된 우수한 특성이 측정되었다.

SS19-1 R&D and Commercialization of Transparent Conducting Oxide Sputtering Target for Flat Panel Display

투명전극재 산화물타겟 연구개발 및 사업화 사례

윤한호*. *(주)하이마*

다양한 정보를 인간의 눈으로 볼 수 있도록 화면으로 구현해 주는 영상표시장치는 1900년대에는 주로 전자총을 사용하는 CRT를 기반으로 대응하였으나 정보통신시대를 맞이하여 대형화 및 경량화에 한계를 보였다. 이에 1990년대에 들어 LCD, PDP 등의 평판디스플레이에 대한 연구 및 상용화가 선진각국의 전자업체를 중심으로 진행되었다.

평판디스플레이의 경우, 화면을 구현하기 위해서는 투명전극이 필요하였으며, 투명전극으로서의 특성이 뛰어난 ITO(Indium Tin Oxide)의 상용화에 소재강국인 일본의 소재업체들이 강점을 보여 세계시장의 90% 이상을 점유하였다.

본 발표에서는 평판디스플레이의 상용화 초기인 1990년대 전량 일본에서 수입하던 ITO 스파트링 타겟재의 국산화를 위한 연구개발 및 사업화 사례를 통하여 소재를 전공한 엔지니어의 역할에 대하여 고찰해보았다.

SS19-2 Introduction to the Commercialization of Hydrophilic Nanosurfaces

초친수 나노 표면 기술 상용화 소개

문명운*. *한국과학기술연구원*

본 발표에서는 고종횡비를 가지는 나노구조체가 적용된 초친수 표면 소재에 대한 연구를 소개하고 관련된 2건의 기술이전 사례를 소개하겠다. 초친수성은 기존 친수성 표면에 나노구조체를 형성하여 친수성이 더욱 좋아지며 지속적인 표면 특성이다.

먼저 고분자 표면에 나노구조체를 형성하여 친수성을 극대화함으로써 물과 기름을 분리하는 기술이다. 친수성 고분자 표면에 나노구조체를 형성하게 되면 물은 끌어 당기고 기름은 배척하는 물속 친수/발유 소재를 만들 수 있다. 특히 나노구조체의 종횡비(높이/폭)이 매우 커서 공기 중에서도 고분자 막 표면에 물막을 형성하게 되어 기름이 표면에 붙지 않는다. 이러한 기술은 바다에 기름이 유출되었을 때 기름만 떠서 직접 제거할 수 있는 기술로 적용될 수 있다.

다음으로는 알루미늄산화표면에 나노플레이크(nanoflake)구조를 형성하여 지속적인 친수성을 나타내는 제습기, 냉각기 등 열교환기 표면을 제작하는 기술이다. 이 기술의 핵심은 표면 초친수성(물 접촉각 10도 미만)의 지속성이다. 단순한 공기중 뿐만 아니라 물속에서도 초친수성이 몇 달간 지속되어야 열교환기의 효율이 유지된다.

SS19-3 Intellectual Property Strategy for Startups

스타트업을 위한 IP 전략

윤락근*. *특허법인 임앤정*

최근 몇 년 사이 한국뿐만 아니라 전세계적으로 스타트업 열풍이 불고 있습니다. 각종 언론에서는 미국 실리콘 밸리나 중국에서 성공한 스타트업들이 소개되었고, 새로운 일자리 창출이라는 목표 아래 정부나 지방자치단체에서도 많은 창업지원 프로그램을 제공하고 있습니다.

스타트업은 혁신적인 아이디어, 간소화된 의사결정구조, 그리고 빠른 실행력을 무기로 새로운 시장을 개척하는 기업입니다. 스타트업의 특성 상 사업 진행에 따라 비즈니스 모델이나 아이디어가 변화하고 진화하는 경우가 많습니다. 본 강연에서는 스타트업의 업무 특성을 이해하고, 비즈니스를 보호하기 위한 지식재산권(Intellectual Property, IP), 그리고 사업 진행에 따라 지식재산권 포트폴리오를 전략적으로 수립하는 방법에 대해 소개하려 합니다.

스타트업이 완벽한 법률 지식을 갖출 필요는 없습니다. 우리 비즈니스를 보호하기 위해 어떤 법률적 검토가 필요한지를 알고, 나아가 필요한 시기에 전문가와 함께 전략을 세울 수 있다면 충분합니다. 본 강연을 통해 스타트업의 운영과 성장에 작은 도움이 되기를 바랍니다.

SS19-4 Trend and Commercialization of Plasma Electrolytic Oxidation Coating Technology

플라즈마 전해 산화 코팅기술 개발 동향 및 사업화 사례

도정만*, 최영준. *한국과학기술연구원*

경량합금(Al, Mg)은 철에 비해 가볍고, 비강도가 높고, 주조성 및 가공성이 우수한 장점이 있으나 산과 알카리에 쉽게 부식되고, 내열 및 내마모성이 불량하여 상업적으로 널리 적용하는데 한계가 있다. 경량합금의 근원적인 문제인 내식성과 내마모성을 해결하기 위한 방안 중 하나로 지난 40년 동안 플라즈마 전해 산화(PEO, plasma electrolytic oxidation) 코팅 기술 개발이 지속되어 왔다. 본 발표에서는 1880년대 수중 플라즈마 방전현상이 최초로 관찰된 이래 이 방전현상을 경량합금 표면코팅 기술로 발전시켜 온 연구 동향을 개

략적으로 살펴보고, PEO 코팅 기술의 대표적인 실제 적용 사례를 제시하고자 한다.

또한, PEO 코팅기술의 핵심인 장치, 전해액, 공정변수 관련 주요 내용을 개략적으로 살펴보고, 한국과학기술연구원에서 개발한 PEO 원천기술을 원격 플라즈마 세정기 핵심부품인 플라즈마 반응기에 적용하기 위한 기업과의 공동연구 진행 과정 및 연구 과정에서 발생된 문제점을 해결하기 위해 시도했던 연구 내용을 간략하게 소개 하고자 한다. 마지막으로 PEO 코팅 기술 적용이 가능한 응용분야 및 연구단계에서 상업적 응용단계로 전환시점에 와 있는 PEO 코팅기술 향후 나아갈 방향을 제시하고자 한다.

SS20-1 Carbon Dioxide Capture and Mineral Carbonation Technology

이산화탄소 포집 및 탄소광물화 기술

권우택*, 김영희, 이윤주, 권오규. *한국세라믹기술원*

탄소광물화 기술은 이산화탄소를 효율적으로 분리 시킬 뿐만 아니라, 이산화탄소와 반응한 탄산염 물질을 활용하는 것이 용이한 기술로써 최근 들어 활발한 연구가 진행되고 있다. 지금까지 탄소광물화 반응은 습식공정에서 진행되어왔으며, 다양한 인자에 의해서 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 생활폐기물 고형연료 발전소에서 발생하는 비산재를 이용하여 탄소광물화에 영향을 주는 다양한 인자에 대한 실험을 진행하였다. 실험결과, 수분함량 75% 조건에서도 반응시간 5분 내에 이산화탄소 광물화 반응이 90% 이상 진행되었음을 알 수 있었다. 이를 통해서 습식 반응이 아닌 반 건식 반응에서 탄소광물화 반응이 효율적으로 진행됨을 확인하였으며, 폐수처리 및 장비 문제 해결을 통해서 경제성 제고 및 scale-up이 가능할 것으로 판단되었다.

본 연구는 2019년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단 – 탄소자원화 국가전략프로젝트사업의 지원을 받아 수행함 (2017M3D8A2086035).

SS20-2 A Review on Ceramic Coatings Applied to Boiler Tube System at Waste to Energy Plants

폐기물 에너지 플랜트의 보일러 튜브 시스템에 적용된 세라믹 코팅에 대한 검토

Nguyen Minh Dat*, 권우택, 김영희, 이윤주. *한국세라믹기술원*

Recently, the high-efficient thermal recycle technology of waste has become an important subject all over the world. However, during operation, the boiler tube systems were severely corroded and frequently changed due to their failure. In this research, the current development and application of corrosion-resistant boiler tubes as well as high temperature coatings used for this kind of severe corrosive condition are summarized. Finally, the silicate-based slurry ceramic coatings in combination with various filler were investigated and applied to boiler steel by spray coating method. The cross-linking process was started at low temperature and the pyrolysis was then carried out high temperature in ambient air. The chemical composition, microstructure and anti-oxidization properties of resulting coating were investigated by TGA, SEM/EDS, and XRD. The effect of ceramic coating on energy efficiency was also recorded.

SS20-3 Synthesis and Crystal Growth of AlN : Powder Synthesis, Thermodynamic Modeling and Bulk Crystal growth

AlN 합성 및 결정성장 : 분말합성, 열역학 모델링 및 벌크 단결정 성장

정성민*, 김영희. *한국세라믹기술원*

Aluminium nitride (AlN) is a wide bandgap materials applicable to optical devices, especially in the region from blue to ultraviolet light. AlN is also applicable to power electronic, radio frequency and piezoelectronic devices. So far, however, the commercialization has been delayed because the single crystal substrate is still quite expensive. In our approach, therefore, we developed a series of low-cost process for AlN powder and single crystal based on thermodynamic modeling.

Thermodynamics-driven process conditions were optimized in the experiment to obtain large particles of AlN powder. Thermocyclic annealing was suggested to prepare AlN powder with large particle size as a cost-efficient process. Thermodynamic modeling was also conducted to design the growth process conditions of AlN on a sapphire seed via the physical vapor transport (PVT) method, as a useful approach to fabricate large-scale AlN wafers at low costs. Finally, we successfully grow AlN crystal on 2-inch sapphire substrate showing the possibility of low-cost AlN substrate.

SS20-4 Clinical Application of Bioceramics

바이오세라믹스의 임상적 활용

하성민*. *메타바이오메드*

생체적합성이 우수한 바이오세라믹스는 오래전부터 생체재료로서 다양하게 활용되어 왔으며, 현재에도 치과 및 정형외과 재료 시장에서 많이 사용되어지고 있다. 따라서 ㈜메타바이오메드에서는 2000년부터 바이오세라믹스 원료를 이용한 치과 및 정형외과용 제품들을 다수 개발을 진행하였으며, 그 중 정형외과용 제품인 BoneMedik-S는 인체 해면골의 골격구조가 유사한 천연산호를 이용하여 Si이 치환된 Hydroxyapatite로 합성한 제품으로서 FDA에 등록을 완료하였다. 특히 Si 치환된 Hydroxyapatite는 다공체의 강도 증진과 더불어 골 형성 성장에 기여를 할 수 있으며, 여기에 생체흡수성이 있는 β-tricalcium phosphate를 일정량 함유한 치과용 골이식재인 BoneMedik-DM 제품을 개발하였다. 이외에도 정형외과 등에서 사용되는 골 이식재와 치과재료에 쓰이는 MTA(mineral trioxide aggregate) 재료에 대한 임상적 활용 부분에 대하여 알아보고자 한다.

SS20-5 Nanostructure of Silicon Carbide Fiber Fabricated through Iodine Vapor Curing

요오드안정화법으로 제조된 탄화규소섬유의 나노구조

류도형[1*], 홍준성[2], 조광연[3], 신동근[3]. *[1]서울과학기술대학교, [2]University of Conetticut, [3]한국세라믹기술원*

우리 연구팀은 폴리카보실란섬유를 안정화하는 과정에 요오드를 활용하는 연구를 10여년이상 진행해 왔다. 요오드가 부식성이 강하여 상업용 탄화규소섬유의 생산공정에서 적합하지 않을 수 있다는 단점이 있음에도 불구하고 이 연구를 지속하는 이유는 요오드가 폴리마보실란과 독특한 상호작용을 하여 특이한 나노구조를 형성하고 그 나노구조적인 특성을 활용하면 새로운 성능의 탄화규소섬유를 개발할 가능성이 있을 수 있을 것이라는 기대 때문이었다.

최근에 우리는 요오드로 안정화한 섬유를 아주 정밀하게 제어된 분위기에서 안정화하고 소결을 하면 꽤 높은 강도를 가지며 전기적으로도 통전이 가능한 기능성이 있는 섬유를 만들 수 있게 된다는 것을 알게 되었다. 요오드가 폴리카보실란과 반응을 할 때에 탄소-탄소 이중결합이 형성되고 이 이중결합이 이후의 열분해공정에서 그라핀네트워크로 발전하는 것으로 관찰되었는데 이러한 그라핀이 입계상에 잘 분산된 탄화규소섬는 전기전도성이 있어서 고강도이면서

전기전도성이 있는 기능성 탄화규소섬유로 활용할 수 있을 것이라는 기대를 하고 있다. 또한, 요오드 안정화한 섬유의 여러가지 다양한 나노구조를 NMR, FT-IR, HR-TEM등으로 분석하여 폴리카보실란에 대한 요오드 안정화 기법이 가질 수 있는 잠재적인 가능성에 대해서 살펴보고자 한다.

SS20-6 The Growth and Characterization of SiC Single Crystal Prepared by Various SiC Powders

다양한 SiC 분말을 이용한 SiC 단결정 성장 및 특성 분석

이원재*. *동의대학교*

SiC 소재는 밴드갭과 절연파괴전압이 크고 열전도도가 커서 전력소자 및 고출력 통신 소자 응용에 매우 유리한 소재이다. 최근에는 SiC 단결정 성장기술이 발전하여 6인치 기판이 상용화되고, 다양한 응용분야에서 전력소자 사용이 가시화됨에 따라 많은 주목을 받고 있다. 본 발표에서는 다양한 분말의 제조를 통하여 다양한 SiC 단결정을 성장, 단결정 특성 분석에 대한 결과 및 전력반도체를 비롯한 다양한 응용분야에 대하여 소개한다. 특히 단결정 성장 방법 중에서 가장 널리 사용되고 있는 PVT법에서 고품질 단결정을 성장하기 위한 다양한 공정 변수 중 고순도 원료물질의 중요성에 대하여 논의한다.

SS20-7 Preparation of Bio-inspired Sol-Gel Coating by Electrophoretic Deposition

전기영동법을 이용한 생체모방형 졸겔코팅의 제조

임형미*. *한국세라믹기술원*

Coating slurry composed of alkoxy silane, boehmite sol and plate-shape alumina was prepared by sol gel method for electrophoretic deposition (EPD). EPD is one of the coating process, by which surface charged particles were deposited under electric field between electrodes. Boehmite and plated-shape alumina have a positive charge so that they are deposited on the negative electrode by EPD. The physical, thermal, mechanical, and electrical properties of the hybrid coating films was analyzed by breakdown voltage, wettability, adhesion, and heat-resistance. The sol-gel binder composed of boehmite was prepared by hydrolysis and condensation reaction of the silane sol-gel reaction. The 2-ethoxyethanol added to transmute control the viscosity of the binder. The coating films were prepared using EPD by coating slurry, which added plated-shape alumina. The contents of boehmite sol concentration, plate-shape alumina in the coating slurry, 2-ethoxyethanol(ethyl cellusolve, EC) in the water and EC mixture is 10 to 20 wt%, 10 wt%, and 0 to 30 wt%, respectively. EPD was applied at 0 ~ 30 voltage in 2 cm distance between parallel electrodes. We confirmed that the hybrid films have a maximum value of breakdown voltage under 100 μm thickness at the contents of 15 wt% boehmite sol and 10 wt% 2-ethoxyethanol in coating slurry, when the bybrid film was applied 10 voltage. We analyzed properties of wettability, adhesion, and heat-resstance.

SS20-8 Petrochemical Catalysts : Commercialization and Technology Development

석유화학촉매 상용화 사례 및 기술개발 현황

김호동*. *희성촉매*

촉매는 원유정제, 중유탈황, 정밀화학제품, 고분자 중합, 합성가스, 연료전지, 배터리 분야 등 화학산업 전반에 걸쳐 광범위하게 쓰이며, 환경 및 자동차, 선박 배기가스 정화분야 역시 촉매가 필수로 사용된다. 이 중 국내 석유화학산업은 국내 제조업 생산 6.1%(5위), 수출 8.3%(4위)를 차지하는 주력산업이며 석유화학제품 중 90% 가량이 촉매기술을 통해 생산되어진다. 석유화학촉매는 제품의 원가에 미치는 영향은 작지만 제품의 생산량과 수율을 좌우하는 핵심 기술이기 때문에 산업상 경쟁력을 올릴 수 있는 중요한 요소이다. 국내 업계에서는 이러한 석유화학분야에서 필수재료이며 기술의 척도로 여겨지는 촉매를 대부분 미국, 유럽, 일본 등에서 수입하기 때문에 해외의존도가 매우 높아 국제관계 혹은 납기나 물량과 같은 업계이슈에 따라 제품생산에 영향이 있을 수밖에 없다. 이에 국내 화학산업의 기술자립화 및 한 단계 높은 수준으로 발전시켜 나가기 위해서는 정밀화학을 중심으로 한 촉매개발을 시작으로, 나아가서는 촉매공정분야의 라이선스 개발이 필요한 시점이다. 본 발표에서는 희성촉매㈜에서 연구된 석유화학촉매 상용화 사례를 언급하고, 촉매 개발에 필요한 요소 및 나아가야 할 방향들에 대해 간략히 설명하려 한다.

SS20-9 Fabrication of SiC and its Applications based on Polymer Derived Ceramics (PDC) Technology

PDC (고분자유래 세라믹 제조) 기술을 기반으로 하는 SiC 성형 및 이의 응용

이윤주*. *한국세라믹기술원*

PDC (polymer derived ceramics)는 유기금속화합물 기반의 무기 고분자를 출발물질로 세라믹 소재를 제조, 성형하는 기술이다. PDC 공정은 고분자가 가지는 용해, 용융 특성을 이용하여 복잡한 형상을 구현할 수 있으므로, 세라믹섬유, 세라믹 기지 복합소재 (CMC), 박막 세라믹코팅 등에 적용이 되어 왔으며, 최근에는 3D 프린팅 소재로도 개발되고 있다. 가장 대표적인 소재는 carbosilane계 고분자를 출발물질로 하는 SiC 섬유와 silazane계 고분자로부터 전환된 silica 박막이지만, 그 외에도 borazine, poly(metal amine) compound 등 다양한 유기금속계 고분자 전구체가 개발된 바 있다. PDC 기술을 이용한 세라믹 소재의 개발은 전구체의 합성기술 및 안정성 확보와 더불어 경화기전의 확립과 유-무기 전환 메커니즘에 대한 이해를 필요로 하지만, 열분해 이후에는 결정화, 절정성장 단계가 최종 생성물의 치밀화와 특성을 결정하므로 전구체와 세라믹의 특징을 모두 이해하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 폴리카보실란으로부터 전환되는 SiC 소재를 중심으로 코팅 – 섬유 – 기지재 – 3D 프린팅 소재까지 다양한 공정에서 요구되는 요소들과 특징에 대해 디스커션 하고자 한다.

포스터 발표 I

2019년 11월 13일(수)

P1-G2-1 Enhanced Photoelectrochemical Water Splitting Performance of WO_3/Nb:$SrTiO_3$ (100) by Graphene Passivation Layer

그래핀 보호막을 이용한 텅스텐 옥사이드의 광전기화학 물분해 특성 향상

조아영*, 이상우, 윤철민, 최택집. *세종대학교*

Tungsten oxide (WO_3) is one of the candidates for photoelectrode used in photoelectrochemical water splitting due to an advantageous band gap (2.8 eV) for producing oxygen. However, the semiconductor photoelectrode is unstable in extreme pH electrolytes or at the high oxidative or reductive potentials required for water oxidation. We utilize single layer graphene as a passivation layer on WO_3 thin film / Nb:$SrTiO_3$ (100) structure, which enable to enhance chemical stability in alkaline electrolyte. Single layer graphene induces a hydrogen evolution reaction at a smaller potential, improving charge transfer at the interface of the photoelectrode and electrolyte. In addition, this extremely thin layer helps to minimize competing light absorption, but also prevents from chemical corrosion. Thus, the benefits of graphene passivation layer promise improved the performance of metal-oxide based PEC devices.

P1-G2-2 Impedance Spectroscopy of Semiconducting Oxide Photoelectrodes for PECs and DSSCs

광물분해셀 및 염료감응형 솔라셀의 반도체 산화물 광전극의 임피던스분광법

TRAN THI LAN*, Hung Tai Nguyen, Dang Thanh Nguyen, 강순형, 이종숙. *전남대학교*

This work aims to develop a generalized model for photoelectrochemical cells (PECs) and dye-sensitized solar cells (DSSCs) with semiconducting oxide photoelectrodes with in-depth physicochemical interpretations. Conventionally, a constant phase element (CPE) with “effective” complex capacitance connected in parallel to the ideal resistors has been used to describe impedance arcs for the parametric analysis. However, a CPE does not provide a well-defined capacitance value. Capactive response of low frequency limiting capacitance values can be described by a generalized Debye function either as i) Havriliak-Negami ‘capacitance’ function or ii) Havriliak-Negami ‘impedance’ function, as generalized resistor, in parallel to the ideal capacitor. Havriliak-Negami capacitance and impedance models are currently implemented in ZView software (Scribner Ass. Inc., USA) as DE-31 and DE-6, respectively. These capacitance parameters can be used for Mott-Schottky analysis to evaluate semiconductor parameters independent of the frequency values [1]. For the general equivalent circuit model applicable continuously covering forward to reverse bias, Schottky capacitance function is connected in parallel to Bisquert transmission line model (TLM), which has been developed for DSSCs by Bisquert. Unlike the conventional application of TLM with shunt capacitors generalized as CPE, TLM with ideal shunt capacitors for chemical capacitance and ideal Warburg interfacial impedance, thus with all well-defined parameters, was found to explain experimental spectra of TiO_2 PEC electrode [1]. The modified Bisquert model is found applicable to DSSCs with nanocrystalline TiO_2 electrodes. The impedance response of other semiconducting oxide photoanodes for PECs such as ZnO [2], SnO_2 [3], $BiVO_4$ and $FeVO_4$ [4] and also Cu_2O photocathode [5], will be investigated in comparison.

[1] H. T. Nguyen, T. L. Tran, D. T. Nguyen, E. C. Shin, S. H. Kang, J.-S. Lee, J. Korean Ceram. Soc. 55 (2018) 244.
[2] D. T. Nguyen, E.-C. Shin, D. –C. Cho, K.-W. Chae, J.-S. Lee, Int. J. Hydrogen Energy 39 (2014) 20764.
[3] G. Yun, M. Arunachalam, H. S. Kim, K. S. Ahn, S. H. Kang, J. Phys. Chem. C 122 (2018) 9729.
[4] M. Balamurugan, G. Yun, K.-S. Ahn, S. H. Kang, J. Phys. Chem. C. 121 (2017) 7625.
[5] W. Z. Tawfik, M. A. Hassan, M. A. Johar, S. W. Ryu, J. K. Lee, J. Cat. (2019), J. Catal. 374 (2019) 276.

P1-G2-3 Application of Modified Barsoukov Battery Model to Supercapacitors

슈퍼커패시터 임피던스 분석에 변형 Barsoukov 배터리 모델 적용

TRAN THI LAN*, Guoliang Liu, 강영호, 이종숙. *전남대학교*

Supercapacitor (SCs) are considered promising for some niche applications requiring fast charging, compared to batteries. The capacitance of SCs is being increased by various material designs, which, however, may lead to a trade-off against fast kinetics. Several equivalent circuits have been suggested for parametric impedance spectrocopy of SCs. Variations of Randles circuits containing charge transfer resistance, double layer capacitance and (infinite-length) Warburg impedance for diffusion process are used. It should be noted that the diffusion process in the porous supercapcitor electrodes is concerned, not in the liquid solution as in the original Randles model. In such analyses, however, capacitances and Warburg elements are generalized to constant phase elements (CPE) with arbitrarily varying frequency exponents, which results in difficulty in extracting parameters of physical significance and thus makes fitting analyses essentially meaningless. In our study, we applied the Barsoukov model suggested for the battery electrodes including the diffusion and intercalation reaction in the electrodes [1] but with important modifications: 1) Havriliak-Negami capacitance function is used as a generalized double-layer capacitance explaining the overlapped feature of the charge transfer impedance at high frequency. 2) Interfacial Warburg impedance within the transmission line model which was suggested to be a generic feature of many electrochemical cells [2]. Recently, the modified Barsoukov models are implemented in ZView, one of the widely used commercial impedance fitting program. The models are tested on Impedance data of SCs from different laboratories [3,4,5]. Solid state diffusion-intercalation reaction in the Barsoukov model, responsible for the capacitance and charge/discharge kinetics, needs to be further clarified for the application to SCs of different carbon microstructures and battery electrodes of different electrode mechanisms. Electrochemical IS based on physics-based models, free of conventionally employed, ineffective CPEs, is expected to provide a breakthrough in the subject.

[1] J. R. Macdonald, E. Barsoukov, Impedance spectroscopy: theory, experiment, and applications. Wiley, 2003.
[2] H. T. Nguyen, T. L. Tran, D. T. Nguyen, E. C. Shin, S. H. Kang, J.-S. Lee, J. Korean Ceram. Soc. 55 (2018) 244.
[3] Z. Zhou., T. Liu, A. U. Khan, G. Liu, Sci. Adv. 5 (2019) 6852.

[4] T. Liu, Z. Zhou, Y. Guo, D. Guo, G. Liu. Nat. Comm., 10 (2019) 675.
[5] D. H. Song, J. Y. Kim, J. Y. An, J. S. Lee, Y. H. Kahng, Mater. Res. Express 6 (2019) 105616.

P1-G2-4 Python-assisted Kinetic Analysis of Electrical Conductivity Relaxations : A Case Study of $La_{0.8}Sr_{0.2}FeO_{3-\delta}$
전도도감쇠곡선의 반응속도론적 해석의 파이썬 활용: $La_{0.8}Sr_{0.2}FeO_{3-\delta}$ 사례

Pham Thuy Linh[1*], 배호한[1], 신남수[2], 송선주[1], 이종숙[1]. [1]*전남대학교*, [2]*딥솔루션*

In the previous work, the electrical conductivity relaxation (ECR) experiments were performed in order to extract the chemical diffusion coefficients (D) and surface exchange reaction coefficients (k) of $La_{0.8}Sr_{0.2}FeO_{3-\delta}$ (LSF82) [1]. The difficulty in fitting polynomial diffusion solutions is to find optimized eigenvalues of the transcendental equation connecting D and k. Half-manual step-by-step fitting has been performed. In this work a Python-coded fitting program is developed which allows fully automated determination of kinetic parameters (D, k) and initial time, and baseline. The coding is very effective in checking local minima in search for physically more plausible kinetic parameters. Furthermore, as suggested by Boukamp et al. for 1-dimensional diffusion solution [2], using a discrete Fourier-transform procedure, for the first time, the time domain response of the relaxation for the 2-dimensional bar geometry has been transformed to a frequency domain impedance response, while for 1-d and 2-d cylindrical and 3-d spherical geometry, analytical solutions are known. Notably, surface reaction constant k is indicated as the intercept clearly separated by diffusion impedance determined by D only. Hence, transformation to the frequency domain may be considered more advantageous. However, the numerical transformation critically depends on the initial time and base line, and the data processing is needed such as spline fitting to get an equal and sufficiently small time interval and long-tail extrapolation.

[1] Bae H., Singh B., Kim I. H., Im H. N., & Song S. J., *J. Electrochem. Soc.* 165(**9**), F641-F651 (2018).
[2] B. A. Boukamp, M. W. den Otter, H. J. M. Bouwmeeter, *J. Solid State Electrochem.* **8**, 592 (2004)

P1-G2-5 Synthesis of Mixed Manganese Phases Nanowires by Electrospinning and its Electrochemical Properties
전기방사법에 의한 혼재된 망간상을 갖는 나노와이어 합성 및 전기화학적 특성평가

김희선*, 김지훈, 윤종원. *단국대학교*

최근 고출력 에너지 저장 매체의 개발에 대한 관심이 커지면서 슈퍼 캐패시터가 주목 받고 있다. 그 중 효율이 더 좋은 의사캐패시터는 전이금속 산화물을 전극소재로 사용하고 있다. 본 연구에서는 전기용량의 이론적 값이 800F/g로 매우 높은 망간 산화물 나노파이버를 전극 소재로 사용하였다. 1차원 나노구조체를 제작하는 방법으로 전기방사법을 활용하여 망간산화물 나노파이버를 제작하여 300 및 400℃로 열처리하여 혼재된 상을 갖는 망간 산화물 나노파이버를 합성하였다. SEM 분석 결과 평균 100 ~ 200 nm의 직경을 갖는 나노파이버가 합성된 것을 확인하였고, X선 회절 분석을 이용하여 결정구조를 분석한 결과 300℃로 열처리한 샘플은 tetragonal 구조를 갖는 Mn_3O_4 상과 monoclinic 구조를 갖는 Mn_5O_8 의 혼재된 상으로 확인 되었고, 400℃로 열처리한 샘플은 Mn_5O_8 과 cubic 구조를 갖는 Mn_2O_3 의 혼재된 상으로 확인되었다. 슈퍼 캐패시터로의 적용 가능성을 검토하고자 전기화학 특성평가인 삼전극법을 활용한 순환전류전압법(CV)측정, 충·방전 분석(GCD), 전기화학 임피던스 분석(EIS)을 진행하였다.

P1-G2-6 Electrochemical Properties of $LaMnO_3$ Nanowires Prepared by Electrospinning
전기방사로 제작된 $LaMnO_3$ 나노와이어의 전기화학적 특성

김지훈*, 김희선, 윤종원. *단국대학교*

$LaMnO_3$는 반도성 산화물로서 전자기적 특성에 우수한 물질로 알려져 다양한 센서, 전지 및 광촉매등에 활용도가 높은 페로브스카이트 결정구조의 물질이다. 최근 $LaMnO_3$ 나노파우더를 제작하여 전기화학적 특성에 대한 분석을 진행한 실험 결과 약 600F/g 높은 캐패시턴스값을 나타낸 것으로 보고 되고있다. 본 실험실에서는 $LaMnO_3$ 나노와이어를 전기 방사법으로 제작하여 결정구조분석 및 화학양론분석을 수행하였으며 또한 전기화학적 특성평가를 수행하였었다. 전기방사 후 700℃로 열처리한 $LaMnO_3$ 나노와이어의 XRD분석 결과 이차상의 발현 없이 사방정계의 결정구조를 갖는 단일상의 $LaMnO_3$상을 확인하였다. FESEM 분석 결과 200~300 nm 직경의 나노와이어로 제작된 것을 확인하였고 EDS 분석을 통해 Mn 원자가 나노와이어에 고르게 분포되어 있는 것을 확인하였다. XPS 측정 후 Mn 2p의 Curve fitting 결과 Mn은 +3과 +4가로 존재하는 것을 확인하였다. 또한, O 1s의 Curve fitting 결과 산소결함에 기인한 피크도 확인되었다. $LaMnO_3$ 나노와이어를 3 전극법을 활용하여 1 M KOH 용액에서 순환 전류 법(CV), 갈바닉 충·방전분석(GCD), 임피던스 분석(EIS) 등의 전기화학적 특성 평가를 수행하여 슈퍼캐패터 전극소재로의 적용 가능성을 검토하였다.

P1-G2-7 Defect Structure and Transport Properties of $BaZr_{0.5}Ce_{0.3}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ Electrolyte
$BaZr_{0.5}Ce_{0.3}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ 전해질의 결함구조와 이동특성

김인호*, 홍재운, Aman Bhardwaj, 송선주. *전남대학교*

In this work, maximum power density of SOFC with $BaZr_{0.5}Ce_{0.3}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ electrolyte was calculated as the function of thickness by integrating partial conductivities of charge carriers under various DC bias conditions at a fixed oxygen chemical potential gradient at both sides of the electrolyte. The partial conductivities were calculated by fitting total conductivities in diverse thermodynamic conditions (temperature, partial pressure of oxygen and partial pressure of vapor) using equations from defect model. From the fitting, we determined the partial conductivities as a function of temperature, oxygen partial pressure and water vapor partial pressure. Further we evaluated mobility of each carriers and reaction constants of oxidation and hydration. The hydrogen chemical diffusivity at fixed oxygen partial pressure was calculated by fitting the non-monotonic conductivity relaxation curves with using Fick's second law.

P1-G2-8 ALD Grown Nickel Oxide (NiO) Layers Doped with Sulphur (S) on n-Si as Photoanodes for Water Oxidation Reaction
n-Si 상에 증착된 황도핑 ALD 성장 산화니켈 박막과 물분해 광양극 응용

조제미*. *성균관대학교*

NiO thin films with different thicknesses were prepared by atomic layer deposition (ALD) using $Ni(dmamb)_2$ and Hydrogen peroxide

(H_2O_2) at 300C on Si substrates resulting in simple *n*-Si/*p*-NiO heterojunction structures. The photoelectrochemical properties of NiO thin films were studied as an oxygen evolution catalyst. Interestingly, we found that NiO thin films showed much increased conductivity by introducing a minor amount of S, which leads to the enhancement of the oxygen evolution reaction. Through the analysis of XRD, XPS, and AFM data, we showed that the introduction of S facilitate the formation of electroactive nickel hydroxide structures during the electrochemical process. The enhancement of the electrochemical kinetics and stability of film was confirmed compared to the undoped NiO film. The NiO film doped with two atomic percent of S showed stable electrochemical reactions over 24 h in 1 M NaOH aqueous solution under 1 sun illumination with photocurrent of 27 $mAcm^{-2}$, suggesting a potential effective photocatalyst.

P1-G2-9 Synthesis and Electrochemical Characterization of Vanadium Phosphide-Embedded Phosphorus-based Composite as a High-Capacity Anode for Sodium-Ion Batteries

소듐이차전지용 고용량 인화바나듐 함유 인 기반 복합소재의 합성 및 전기화학적 거동 연구

제준환*, 김상옥. *한국과학기술연구원*

최근 전기자동차와 에너지저장시스템과 같은 중대형 이차전지 적용분야에 대한 관심이 세계적으로 빠르게 증가함에 따라, 높은 에너지밀도와 오랜 충/방전에서도 안정적인 사이클 특성을 보이는 이차전지 개발이 요구되고 있다. 현재까지 소듐이온전지용 음극활물질로의 많은 연구가 진행된 삽입/탈리 반응 기반 하드카본 소재는 안정적인 사이클 특성을 지니고 있지만, 낮은 가역 용량을 보여 고용량을 요구하는 중대형 응용분야의 적용에는 한계가 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 높은 이론 용량을 갖는 합금/탈합금화 반응 기반 소재에 대한 많은 연구가 시도됐으며, 그중 하나인 인은 소듐이온과 전기화학적 반응을 통해 높은 이론 용량(2595 mAh/g)을 보여 고용량 이차전지 구현을 위한 음극소재로 주목받아왔다. 하지만 인은 전기화학 반응 시 발생하는 큰 부피 팽창(~300 %) 문제와 소재 고유의 낮은 전기전도도(10^{-14} S/cm)로 인해 충방전이 진행됨에 따라 가역 용량이 급격히 감소하고 출력 특성 또한 나쁘다는 단점이 있어 이에 대한 개선이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 두 단계의 고에너지 밀링 공정을 이용하여 전도성 물질인 인화바나듐과 활물질인 인 입자가 탄소 매트릭스에 분산된 인 기반 복합체를 합성하였고 이 복합소재의 전기화학적 특성을 조사해 보았다. 합성된 복합 재료의 미세 결정 구조 및 형상을 관찰하기 위해 X-선 회절(XRD), 주사전자현미경(SEM), 투과전자현미경(TEM) 분석을 진행하였고, 정전류 사이클 시험과 임피던스 분석을 이용하여 복합체의 소듐이온전지용 음극재료의 전기화학적 특성을 평가하였다. 합성한 인 기반 복합체는 인화바나듐에 의한 입자의 전도도 향상과 부피팽창 완화 효과로 인해 인/탄소 복합체 대비 우수한 전기화학적 특성을 보여주었다.

P1-G2-10 Study on MoS_2/Carbon Composite Anode Materials for High-Performance Sodium-Ion Batteries

고성능 소듐이온전지를 위한 이황화 몰리브덴/탄소 복합 음극소재에 관한 연구

임효준[1*], 김형우[2], 최원창[3], 김상옥[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교, [3]건국대학교*

소듐이온전지는 가격이 저렴한 소듐을 활용할 수 있다는 장점으로 인해 기존 리튬이온전지를 대체할 차세대 이차전지로써 각광받고 있다. 하지만 기존 리튬 시스템의 상용화 음극인 흑연은 소듐이온과의 반응이 불가능하여 소듐이온전지용 신규 음극소재의 개발이 필요하다. 이러한 관점에서, 이차원 구조를 가지는 이황화 몰리브덴은 소듐 이온을 받아들이기에 충분한 층간 구조를 가지고 있으며, 층간삽입 및 변환의 두 단계 반응에 의해 높은 이론 용량 (670 mAh g^{-1})을 발현하여 소듐이온전지용 고용량 음극소재로써 각광받고 있다. 그러나 이황화 몰리브덴은 충방전 과정 중 발생하는 부피 팽창 문제와 물질 고유의 낮은 전기전도도 문제로 인해 전지 구동 시 출력 및 수명특성을 저하시키는 문제를 발생시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전도성 탄소소재를 복합화하는 연구들이 제안되어 왔다. 하지만 기존의 연구들은 복잡한 공정이 요구되며 고가의 원료를 사용하기 때문에 합성 공정 비용을 상승시켜 상용화의 걸림돌이 되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 간단한 방법을 통해 이황화 몰리브덴/탄소 복합소재를 합성하고 합성 과정에서 미세구조와 조성을 조절하여 전기화학적 성능을 향상시키고자 하였다. 저렴한 탄소 전구체로 알려진 고분자 물질을 도입하고 액상 합성 공정을 이용하여 이황화 몰리브덴에 탄소가 균일하게 복합화 되어있는 복합소재를 얻었고, 얻어진 이황화 몰리브덴/탄소 복합소재의 미세 결정구조 및 형상을 확인하기 위해 X-선 회절법, 전자현미경 및 X-선 광전자 분광법 분석을 수행하였다. 또한, 정전류 수명 특성 평가 및 임피던스 분석을 통해 향상된 전기화학적 특성을 관찰하였고, 이는 전도성 탄소 복합소재의 전도도 향상과 부피팽창 완화에 의한 것임을 확인하였다.

P1-G2-11 Organic/Inorganic Hybrid Coatings of Silicon Solar Cell to Reduce Moisture Permeability

태양전지 투습도 감소를 위한 유무기 hybrid 코팅 연구

정동욱*, 유상우, 장은진, 권정규, 정창훈. *경기대학교*

결정질 실리콘 태양전지는 투습 발생 시 성능이 감소하는데, 투습을 방지하기 위한 코팅으로 주로 사용되는 Al_2O_3는 우수한 방수특성으로 알려져 있지만, 가혹한 환경에서 상전이가 발생하여 투습 채널이 형성된다.

본연구에서는 Back sheet (BS)에 Al_2O_3와 Silane 기반의 고분자(Silamer)를 다층구조로 적용하여 문제를 해결하고자 하였다. Al_2O_3는 plasma-enhenced atomic layer deposition (PE-ALD)를 통해 1 Torr, 150℃에서 증착되었다. 전구체와 반응물은 Trimethylaluminum (TMA)와 H_2O를 사용하였고 1초 노출 후 N_2 가스로 10초 동안 퍼지하였다. Silamer 층은 스핀 코팅 방법을 사용하였고, 진공 오븐에서 3시간 양생하였다. 유기층이 거친 BS를 평탄화하여 pin-hole 결함을 덮고, 그 결과 투습도가 감소하였다. 증착층의 두께와 구조를 조절하여 최적 조건을 조사한 결과 두께는 Al_2O_3 = 50 nm, Silamer = 150 nm였으며, Silamer (150 nm) / Al_2O_3 (50 nm) / Silamer (150 nm) / BS의 삼층구조가 가장 낮은 WVTR값을 나타냈다. 또, 가혹한 환경에서 열화시험을 진행했을 때, Al_2O_3 단일층보다 Silamer와 hybrid 구조일때 더 낮은 WVTR 값을 가졌으며, Al_2O_3의 상전이를 효과적으로 막을 수 있었다.

본 연구를 통해 얻어진 결과를 대면적 증착 공정 확립을 통해 실제 모듈 단위에 적용한다면 결정질 실리콘 태양전지의 효율 저감을 극복할 수 있는 새로운 대안이 될 수 있을 것으로 기대한다.

P1-G2-12 Defect-chemical Properties of $Ba_{0.95}La_{0.05}FeO_{3-\delta}$ and Microstructure Evaluation of Porous Support for Asymmetric Oxygen Transport Membrane

$Ba_{0.95}La_{0.05}FeO_{3-\delta}$의 결함화학적 특성과 비대칭 산소 투과 분리막을 위한 다공성 지지체의 미세구조 평가

김은일*, 배호한, 윤예진, 송선주. *전남대학교*
이산화탄소에 따른 지구온난화 문제가 대두됨에 따라 순산소 생산에 관한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 혼합 전도성 세라믹 분리막을 이용한 순산소 생산은 여러 순산소 제조 방법 중 그 설비 구조가 간단하고 폐열을 이용하여 경제적이라는 장점을 가지고 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 혼합 전도성 세라믹 분리막 후보 소재들 중에서 Cobalt-based 물질들은 높은 산소 투과 특성을 보이고 있으나 비싼 가격, 독성, 온도변화에 따른 상 안전성이 낮다는 단점이 있다.

본 연구에서는 Cobalt-free 소재들 중 높은 상 안정성과 산소 투과 특성 보이는 것으로 보고된 $Ba_{0.95}La_{0.05}FeO_{3-\delta}$(BLF)소재를 선정하여 소재의 결함화학적 물성을 측정하고, 비대칭 분리막 제조를 위해 테잎케스팅 방법으로 만든 다공성 지지층의 특성을 평가하였다. 결함화학적 물성 평가를 위해, 고상합성된 BLF에 대하여 300–900ºC 의 온도범위와 $10^{-4} \leq pO_2$ / atm ≤ 0.21 의 산소분압 범위에서 전체 전기전도도를 측정하였고, 상온부터 온도를 상승시키며 소결체의 열팽창 및 화학팽창 실험을 진행하였다. 또한, 220 um 두께의 Self-supporting BLF 분리막을 제조하여 900ºC Air/He 분위기에서 1.6 cc/min·cm^{2}의 값을 확인하였다. 추가로, 비대칭 분리막의 치밀층과 다공성 지지층을 제작을 위해 1) 다양한 방법으로 합성된 BLF의 미세구조와 소결과정에서의 수축률을 측정하였고, 2) 기공형성제의 양을 조절하며 Tape catsing 방법으로 제작된 다공성 지지체의 굽힘강도 및 미세구조를 측정하였다. 굽힘강도는 3-point flexural test를 통해 측정 후 Weibull distribution을 통해 통계 분석하였고, 미세구조는 SEM image를 소프트웨어를 통해 분석하여 기공률과 상호연결성을 측정하였다.

P1-G2-13 The Impacts of Different Carbon Support on the Platinum Catalyst Layer for PEM Fuel cells

PEM 연료 전지의 백금 촉매 층에 대한 다른 탄소 지지체의 영향

Aniket Kumar*, 홍재운, 윤예진, 송선주. *전남대학교*
In this modern world, polymer-electrolyte fuel cells (PEFCs) have been emerged as the most prominent zero-emission technology for energy conversion due to their thermodynamic efficiency and high energy density. Most commonly, platinum (Pt) metals have received a great amount of attention and Pt/C is the most widely used catalyst for PEMFC applications. However, there is a great need to reduce the cost and amount of precious metal catalyst. The use of carbon black as support suffers from a major issue with low durability. So, to overcome this challenge, the search for new support material is needed which can act as superior support than tradition carbon black. Here, we present a comparative study, showing the relative effects of different carbon support such as multi-walled carbon nanotubes (MWCNT), graphite, graphene oxide (GO) and reduced graphene oxide (rGO) on the performance and durability as compared to traditional Pt/C catalyst. Additionally, a novel graphite-based trimetallic nano electrocatalyst system is designed, which suggests higher efficiency for oxygen reduction reaction compare to commercial Pt/C. Such a systematic study and our proposed new trimetallic catalyst system will provide a new direction towards the goal of achieving a novel catalyst support and will finally open the door for the next-generation PEMFC for “real world” application.

P1-G2-14 Electrocatalytic Performance of $Sr(Ti_{1-x}Fe_x)O_3$ Perovskite Oxide Thin Films

물분해 전극으로의 응용을 위한 페로브스카이트 산화물 박막의 전기적, 전기화학적 특성 분석

최민주*, 장호원. *서울대학교*
화석연료 사용으로 야기되는 여러 환경 문제들과 에너지 수요의 증가는 대체 에너지 개발에 대한 필요성을 환기시켜왔다. 수소는 대표적인 대체에너지원이지만, 아직까지 화석연료로부터 대부분의 수소를 생산한다는 한계점을 가지고 있다. 이는 물을 분해해 수소를 생산하는 친환경적인 방법을 이용하기 위해서는 백금과 같은 값이 비싼 귀금속 촉매를 이용해야하기 때문인데, 이를 해결하기 위해 많은 연구자들이 경제성이 있는 촉매를 개발하기 위해 노력하고 있다. 본 연구에서는 $SrTiO_3$ 페로브스카이트 물질에 Fe를 도핑함에 따라 변화하는 물질의 전기적, 전기화학적 특성을 연구했다. $SrTiO_3$는 태양광 전극으로 이용되기에는 큰 밴드갭을 가지고 있어서 태양광에서 적은 부분만을 차지하는 자외선 영역만을 사용할 수 있다는 한계점을 가지고 있다. 이러한 $SrTiO_3$의 Ti^{4+} 자리를 Fe^{3+}가 대체하게 되면 물질의 밴드갭이 변화하고 n-type에서 p-type으로 변화하는 것을 확인했다. 이에 더해 $Sr(Ti_{1-x}Fe_x)O_3$ 의 조성에 따른 물질의 특성 변화를 이용해 동형접합 구조의 물분해 전극을 제작하여 물 분해 특성 향상을 연구했다.

P1-G2-15 Compositional Engineering Study on the Shear Coating Process of FA-based Lead Halide Perovskites

FA기반 페로브스카이트 태양전지의 전단코팅 최적화를 위한 조성 제어 연구

김한솔*, 송동준, 구혜원, 정중희, 홍기하. *한밭대학교*
태양전지의 발전 과정에서 페로브스카이트 태양전지는 최근 약 10년 동안 25% 이상의 효율 성장을 보이면서 차세대 태양전지로써 많은 주목을 받고 있다. 그 중에서도 Formamidinium lead tri-iodide ($CH(NH_2)_2PbI_3$, $FAPbI_3$)는 Methylammonium lead tri-iodide ($CH_3NH_3PbI_3$, $MAPbI_3$)보다 약 0.1 eV 작은 band gap을 갖는다. 이로 인해 장파장의 빛을 흡수하여 Shockley-Queisser limit에 가까운 효율에 도달할 수 있는 장점이 있기 때문에, 최근 들어 발표된 고효율 태양전지의 대부분이 $FAPbI_3$를 기반으로 제조되고 있다. 하지만 $FAPbI_3$는 상온에서 광흡수층에 적합하지 않은 구조인 δ-$FAPbI_3$를 형성하기 때문에, 100℃ 이상 고온에서 형성되는 광흡수층에 적합한 α-$FAPbI_3$를 구현하는 것이 중점적으로 요구된다. 또한 대면적 코팅 공정기술은 페로브스카이트 태양전지의 상용화에 있어서 가장 중요한 문제라고 할 수 있는데, 아직까지 $FAPbI_3$의 대면적 코팅 기술에 대한 많은 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 적은 용액으로 넓은 영역에 박막을 적층할 수 있으며 연속적인 Roll-to-roll 공정에 적용 가능한 전단코팅 방법을 활용하여 α-$FAPbI_3$를 형성하는 방법을 탐구하였다. 기존 조성제어법에서 주로 도입되고 있는, 장기안정성 측면에서 악영향을 주는 것으로 알려진 MA와 Br의 혼합을 배제하고, Rb, Cs, FA 조성조합, 즉 A-site cation 혼합을 통해 전단코팅으로 상온에서 안정한 α-$FAPbI_3$의 필름 및 태양전지를 제조하였다. 본 연구를 통해 Rb과 Cs의 첨가가 $FAPbI_3$의 상평형 및 안정성에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 Rb-Cs-FA의 혼합 조성 별 α-$FAPbI_3$가 나타나는 영역을 도식화하여 전단 코팅 공정에서 Triple-cation 혼합 조성의 방향성을 제시하였다.

P1-G2-16 $BiVO_4/WO_3$ Heterogeneous Photoanodes for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting via Electrochemical Synthesis

광전기화학적 물분해를 위한 전기전착 기반 $BiVO_4/WO_3$ 이종접합 광양전극에 대한 연구

양진욱*, 장호원. *서울대학교*

The bismuth vanadate ($BiVO_4$) is one of the most promising photoanode materials. It has narrow band gap (2.4 eV) and suitable band edge position for oxygen evolution reaction (OER) which is important for photoelectrochemical (PEC) water splitting. However, the actual conversion efficiency of $BiVO_4$ photoanodes is lower than theoretical value of that, due to several drawbacks such as charge carrier recombination, poor charge transport, and sluggish OER kinetics. Thus, it is important to form the heterojunction with another materials which can overcome these drawbacks to improve the photoactivities of $BiVO_4$ photoanodes. Herein, we report the novel technology for electrochemical synthesis of $BiVO_4/WO_3$ heterogeneous photoanodes and its improved photoactivities. Compared to vacuum process, electrodeposition is not only fast and cheap process, but also feasible to control morphology of the metal oxide materials. We show that $BiVO_4/WO_3$ photoanodes enhance the charge separation efficiency by forming Type II band alignment. Finally, we report enhanced PEC performances of $BiVO_4/WO_3$ including current density-voltage curves (J-V) and incident-photon-to-current efficiency (IPCE). This work reveals relationship between the change of band structures caused by heterogeneous metal oxide and photoactivities of $BiVO_4$ photoanode from the combined spectroscopic analysis and photoelectrochemical measurement, and provides applicability to various photoelectrode systems.

P1-G2-17 Surface Decorated Spinel-Oxide Electrodes for Mixed-Potential Type Ammonia Gas Sensors: Performance and DRT analysis

혼합전위차 암모니아 가스센서용 스피넬 전극의 표면 개질 특성 및 DRT분석

Aman Bhardwaj*, Aniket Kumar, 배호한, 김은일, 송선주. *전남대학교*

The solid-electrolyte based electrochemical gas sensors appeared as the most promising sensing technology for the in-situ quantification of exhaust pollutants. At present, high sensitivity and selectivity supplemented by suitable long-term stability is the bottleneck challenge for these technologies to commercialize. In present work, highly sensitive and ammonia (NH_3) selective electrochemical gas sensors were developed using surface decorated $CuFe_2O_4$(CFO)–MO_X (M=Sn, Ni, Zn) composite sensing electrodes. The CFO–NiO SE enriched of surface oxygen vacancies produced a maximum response of −62 mV to 80 ppm NH_3, aided by a sensitivity of −70 mV/dec. at 650℃. The comprehensive analysis of response behavior and I–V characteristics verified the sensing mechanism to be based upon the mixed-potential theory conforming to the reaction-rate limited Butler-Volmer NH_3 oxidation. Finally, the DRT analysis of impedance spectra confirmed that the overall polarization resistance was invariable of the mass-transport processes and solely governed by the extent of interfacial redox reactions proceeding at the triple-phase boundaries (TPB), determining the electrode potential of the sensor. Moreover, the high sensitivity, selectivity, and excellent stability to pO_2 and pH_2O variations without degradation of response over five months, substantiate the suitability of these sensors to be a potential candidate for in-situ ammonia quantifications in industrial and automotive applications.

P1-G2-18 The Effect of Quenching Treatment of TiO_2 Photoelectrode for Dye Sensitized Solar Cells

염료감응형 태양전지용 TiO_2 광전극의 급냉 열처리 영향

박운용*, 박윤태, 박재우, 이기태. *전북대학교*

Dye-sensitized solar cells (DSSCs) is one of the prominent solar cells due to their conversion efficiency, low-cost fabrication process, diverse applicability compared to silicon-based solar cells. The structure of the DSSCs is simple, which composed of photoelectrode, dye sensitizer, electrolyte, counter electrode and transparent conducting substrate. The carriers are generated by excited-dye molecules adsorbed on the surface of TiO_2 with incident lights. They move toward the photoelectrode, electrolyte, respectively. Photoelectrode plays a key role in enhancing the diffusion of electrons and adsorbing lots of dye molecules at electrode surfaces.

TiO_2 is widely used as a photoelectrode material in DSSCs because of its large band gap, suitable band edge levels for charge injection/extraction, non-toxicity, and low cost. TiO_2 photoelectrode is generally fabricated by sintering process at 450℃ or higher. TiO_2 sintering process must be well-controlled to adsorb dye molecules on TiO_2 surface.

In this work, the effect of quenching treatment in the sintering process was investigated to increase the surface area of TiO_2 and adsorption sites during dye coating, resulting in the improved performance of the DSSCs. TiO_2 films were deposited by Dr. Blade method. XRD, FE-SEM, and AFM measurements were performed to confirm the structure and morphology of the thin film. The valence changes of the TiO_2 surfaces were analyzed by using XPS and the quenched-TiO_2 films were evaluated by solar simulator.

P1-G2-19 Reliable Quantification of Atomic Defects in 1L-TMDs using Quantitative Low-kV STEM Analysis

저전압 STEM 분석을 이용한 단일층 전이금속 칼코겐 화합물에서의 원자 공공 정밀 분석

최우선*, 김영민. *성균관대학교*

Monolayer transition metal dichalcogenides (1L-TMDs) are promising two-dimensional semiconductors with direct bandgap, suitable for atomically thin nanophotonic device applications. However, electronic property of the 1L-TMDs is significantly dependent on their chalcogen vacancies. So, it is highly required to quantify the vacancy concentration in 1L-TMDs. Recently, several exemplars for this have been reported with the help of atomic scale imaging using scanning transmission electron microscopy (STEM). However, it is unclear how reliable the STEM method is because the quantification with statistical significance depends on the field-of-view (FOV) of the STEM imaging, noise statistics, and extrinsic radiation phenomenon. In this study, using 1L-MoS_2 with intrinsic sulfur vacancies, we examined the effects of the FOV, statistical noise level, and the electron-beam induced vacancy formation to estimate the measurement precision of the defect quantification with the help of systematic image simulations. As a result, we determined the reliable range of imaging parameters for the defect quantification with a high accuracy at a level of ± 0.1%. Our approach offers an effective method to verify the measurement reliability of the atomic-scale STEM for the defect study on TMDs and provides more accurate information of the

structural variation at an atomic scale to understand structure-property relationship of the materials.

P1-G2-20 Flexible Thermoelectric Generator Based on Hot-extruded Bi_2Te_3-Based Alloys

열간압출공정으로 제작된 Bi_2Te_3 계 소재를 기반으로 하는 유연 열전 발전 모듈

홍석원*, 김상일. *서울시립대학교*

This research presents flexible thermoelectric generator (FTEG) based on hot-extruded Bi_2Te_3-based alloys. The elemental FTEG consists of 16 thermoelectric legs with a diameter of 1.8 mm, which are manufactured by hot extrusion of $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ and $Cu_{0.008}Bi_2Se_{0.3}Te_{2.7}$. The size of the FTEG is 18 mm by 4.3 mm. The thermoelectric legs are arranged and embedded in polydimethylsiloxane (PDMS). The elemental FTEG is sliced in perpendicular direction of thermoelectric legs and connected by copper strips. With this process it is possible to make the generator flexible despite using rigid thermoelectric materials. It has advantages of less fabrication steps than common generator manufacturing and variety of element thicknesses as needed, since the elemental generator can be sliced with different thermoelectric leg height. The wearable thermoelectric generator, which is connection of these elemental TEGs will be demonstrated, and the performance of the FTEG also will be reported

P1-G2-21 Aerosol-assisted Synthesis of Hierarchically Porous Carbon Microspheres for Supercapacitor

에어로졸 공정 기반 계층적 기공구조의 탄소 구형입자 합성 및 슈퍼캐퍼시터 특성

김진구*, 유용주, 강윤찬. *고려대학교*

고효율 슈퍼커패시터 구현을 위해서는 높은 표면적의 탄소 활물질 개발이 시급하다. 마이크로포어 위주의 기공구조를 지닌 활성탄의 경우 매우 높은 표면적을 지니지만 이온의 흡, 탈착 과정에서 확산이 용이하지 않아 출력 특성이 다소 떨어지는 문제점을 안고 있다. 따라서 최근 탄소재료의 기공구조를 조절하여 높은 에너지밀도를 유지하며 출력밀도를 향상시키는 연구가 많이 진행되고 있다. 마이크로포어와 달리 메조포어는 탄소 내에서 이온의 확산속도를 향상시켜 출력 밀도 향상에 기여할 수 있다. 하지만 과도한 양의 메조포어는 포어볼륨을 증가시켜 부피당 에너지 밀도를 떨어뜨리는 문제점이 있다. 본 연구에서는 에어로졸공정을 이용한 계층적 기공구조를 지닌 탄소 구형입자 합성 방법을 소개한다. 기공을 생성시켜주는 템플릿의 양을 조절하여 최적화된 마이크로 및 메조포어 비율을 탐색하였으며, 계층적 기공구조 도입에 따른 향상된 유기전해질 기반 슈퍼캐퍼시터 특성에 대한 결과를 보고한다.

P1-G2-22 Catalytic Behavior of Cu_2O Enhancing Lithium Storage of Binder-free MoO_{3-x}

Cu_2O의 촉매 작용을 통한 MoO_{3-x}의 리튬 저장 능력 향상

신수은*,윤재상,김은수,윤원섭,신현정. *성균관대학교*

High capacity and cycling stability are two important key points in developing lithium-ion batteries. Here, we present oxygen-vacancy-controlled MoO_{3-x}, as we demonstrate Li-storage capacity based on reversible formation/disruption of SEI films as an extra with the conjunction of Li ion intercalation as well as electrochemical reactions in the layered structures. By conjugating the surface of MoO_{3-x} with Cu_2O via annealing process, we investigate the role of Cu_2O. According to our experimental results obtained by electrochemical analysis, *ex-situ* transmission electron microscopy and *ex-situ* X-ray absorption spectroscopy Cu_2O act as an effective catalyst for the formation of SEI films and reversible reaction of MoO_{3-x} with Li^+ ions. As a result, Cu_2O@MoO_{3-x} exhibits a charge capacity of 1,100 mAh/g from the second cycle and maintains high reversible capacity, while MoO_{3-x} exhibits a charge capacity of 900 mAh/g and fades to 590 mAh/g for 100 cycles at 1 A/g.

P1-G2-23 Thermoelectric Properties Modulation via Semimetal to Semiconductor Transition in $Bi_{1-x}Sb_x$ Nanowires

$Bi_{1-x}Sb_x$ 나노선의 금속-반도체 전이 현상에 따른 열전 성능 조절

홍석균*, 문홍재, 김정민, 이우영. *연세대학교*

Among the various nanomaterials, the $Bi_{1-x}Sb_x$ nanowires have attracted increasing interest since not only the conventional size effect but also alloying effect that can modulate the electronic band structure of the system. Although the $Bi_{1-x}Sb_x$ nanowires have been theoretically shown to enhance thermoelectric performance, it is challenging to demonstrate their thermoelectric properties due to the difficulties of fabricating and measuring those nanowires. Here, we confirm the transport mechanism of the $Bi_{1-x}Sb_x$ nanowires that have an ability to enhance Seebeck coefficient as a result of Sb alloying. The underlying physics include the electronic band engineering, resulting in the unique semimetal-to-semiconductor (SM-SC) transition. The $Bi_{1-x}Sb_x$ nanowires are successfully developed by on-film formation of nanowires (OFF-ON) method without utilizing any template and thermoelectric properties of the $Bi_{1-x}Sb_x$ nanowires are carefully evaluated with a reliable system. This study suggests that the Sb alloying is responsible for the enhancement of Seebeck coefficient through controlling the electronic band structure.

P1-G2-24 Thermoelectric Transport Properties of 2D Layered $NbSe_2$ nanosheets

2차원 $NbSe_2$ 나노시트의 열전 수송 물성

문홍재*, 김정민, 홍석균, 이우영. *연세대학교*

$NbSe_2$ compound belongs to the family of layered transition metal dichalcogenides (TMDs). The main interest in $NbSe_2$ nanosheets is focused on their charge density wave and superconducting properties which emerge simultaneously and interact with each other, thereby creating various anomalous properties. In this work, we report thickness dependence thermoelectric transport properties of $NbSe_2$ nanosheets grown by solid state reaction. The 2D layered $NbSe_2$ were obtained by mechanical exfoliation on doped Si substrates with 300 nm of thermally oxidized layer (SiO_2) for device fabrication. The temperature dependence of electrical conductivity and Seebeck coefficient were measured with back-gate modulation.

P1-G2-25 Synthesis of Hollow Nanocubes-filled rGO Balls by Spray Pyrolysis and their Electrochemical Properties

분무열분해 공정을 통한 중공 구조의 나노큐브들로 이루어진 rGO ball의 합성과 전기화학 특성 평가

박진성*, 양성진, 강윤찬. *고려대학교*

분무열분해 공정은 원하는 물질을 포함한 전구체 용액으로부터 분무 과정을 통해 액적을 형성한 후 열분해 과정을 거쳐 여러 적용 분야에 사용되는 기능성 재료를 만들 수 있는 공정이다. 최적화된 조

성을 가진 입자를 합성할 때, 물에 녹지 않는 염을 녹이기 위해선 산성 화학 약품을 사용해야 하기 때문에 일반적으로 수용성 염을 이용하여 분무 용액을 만들어왔다. 분무열분해 공정을 통해 합성할 수 있는 나노물질의 다양성과 기능성을 증진시키기 위해 미리 설계된 나노사이즈의 입자들을 분무열분해하는 콜로이달 (Colloidal) 분무열분해의 개념이 도입되었다. 본 연구에서는 분무 용액에 금속-유기 골격체의 일종인 프러시안 블루 나노큐브와 그래핀 나노시트를 분산시키고, 분무열분해하여 나노큐브들로 이루어진 그래핀 볼을 합성한 후 황화 열처리 (sulfidation)하여 나노큐브들을hollow하게 만들었다. 구조적 안정성을 보완하기 위하여 N-도핑된 탄소를 코팅하여 배터리 성능을 측정해본 결과 200 사이클동안 안정성을 유지하였고 뛰어난 율특성을 나타내었다.

P1-G2-26 Microstructure Formation and Magnetocaloric Effect of the Fe_2P-type Phase in $(Mn,Fe)_2(P, Si)$ Alloys
$(Mn,Fe)_2(P, Si)$ 합금에서 Fe_2P형 상의 미세구조 형성과 자기열량 효과

김진영*, 김수민, 신현준, 이규형, 이우영. *연세대학교*

Magnetic refrigeration has become the subject of rising expectations and attention. It is based on the magnetocaloric effect (MCE), solid magnetic materials heating or cooling when an external magnetic field is applied or removed, due to the entropy transfer(ΔS) between the magnetic system and the crystal lattice.

Since the giant magnetocaloric effect was discovered in $Gd_5Si_2Ge_2$, various families of first order magnetic transition (FOMT) materials have been reported such as Mn(As,Sb), Fe_2P-based alloys, NiMn-based Heusler alloys. Especially, the Fe_2P-based materials with low cost, large magnetocaloric effect and non-toxic elements are regarded the promising materials that can be industrialized. However, Fe_2P-based materials have problems such as large thermal hysteresis and relatively low magnetocaloric effect. Therefore, it is necessary to control the magnetic phase transition temperature and maximize the magnetocaloric effect through additional studies such as doping Fe_2P-based materials with P-block elements.

In this study, we investigated the microstructure and magnetic properties of the $(Mn,Fe)_2(P,Si)$ alloys prepared by the arc-melting technique. The $(Mn,Fe)_2(P,Si)$ alloys samples were pulverized into powders using by sieving to obtain particles with diameters smaller than 53 μm. The microstructure and magnetic properties of the powders were measured via X-Ray Diffraction Analyzer (XRD) and Physical Property Measurement System (PPMS) after heat treatment and water quenching.

P1-G2-27 Electrochemical Properties of Oxide/Sulfide Composite Solid Electrolytes for All-solid-state Batteries
전고체전지용 산화물/황화물 복합 고체 전해질 합성 및 전기화학적 특성

이은정*, 김강산인, 황해진. *인하대학교*

As the use of lithium-ion batteries has soared, concerns about safety and durability have increased. Replacing organic liquid electrolytes with inorganic solid electrolytes not only shows stability but also high energy density and makes battery design diverse. $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (LLZO), an oxide-based electrolyte, exhibits stable and relatively high conductivity, but has problems such as loss of lithium ions due to high sintering temperature and prolonged sintering. Sulfide solid electrolytes have high conductivity comparable to liquid electrolytes and attract a lot of attention due to high conductivity comparable with liquid electrolytes.

Consider the compatibility of sulfide solid electrolytes and electrode materials and the interfacial design of electrodes and sulfide solid electrolytes. To improve the performance of ASSLB, electrolytes must have moderate elastic modulus, and in general, sulfide electrolyte particles have a softer mechanical strength than oxide electrolytes.

LLZO and Li_2S/P_2S_5 were synthesized by solid state reaction method and showed high ionic conductivity of $>10^{-4}$ S/cm, respectively. LLZO and Li_2S/P_2S_5 were complexed to improve high ion conductivity and interfacial stability between the cathode material. Crystallization properties of composites were analyzed using XRD and Raman analysis. Interfacial stability with cathode materials was tested using impedance spectroscopy.

P1-G2-28 High Power Density Skutterudite Modules for High Temperature Thermoelectric Generation
고온용 열전발전을 위한 고출력밀도 스쿠테루다이트 소자

김영선[1]*, 윤하나[2], 윤기완[1], 박상현[2]. [1] *한국과학기술원*, [2] *한국에너지기술연구원*

Skutterudite (SKD) is one of the most promising thermoelectric (TE) materials for practical TE applications. Skutterudite has high ZT at intermediate temperature (300~600°C), and it is stable in this temperature range. Although the performance of SKD material has been enhanced for many years, there was a lack of research on SKD modules. It was not easy to fabricate SKD modules because of high operation temperature. The oxidation of SKD and crack or delamination at the interface between metal electrodes and SKD cause module failure. Anti-oxidation technique and diffusion barrier and thermal expansion matching should be necessary to solve these problems.

In this work, fabrication technique for SKD will be introduced to enhance the power density of SKD TE module. The metallization layer will be utilized as a diffusion barrier between SKD and electrodes. The metallization interfaces will be investigated through their electrical contact resistances and microstructural stability regarding elemental diffusions. The optimum structure of SKD module will be studied for high power and efficiency of modules. The 8-couple SKD module will be fabricated and the results of power output and efficiency measurements will be discussed.

P1-G2-29 Measurement of Seebeck Coefficient and Electrical Conductivity of Thermoelectric Materials at High Temperature
고온에서 열전재료의 제벡계수와 전기전도도 측정법

김민영[1]*, 김용남[2], 이규형[1]. [1] *연세대학교*, [2] *한국산업기술시험원*

One of the important factors for thermoelectric power generation systems is efficient system design. In order to do this, a highly reliable thermoelectric material properties measurement technique is required. Especially, it is very important to measure high-temperature properties of bulk-type thermoelectric materials. However, there are no international nor national standards yet. In this study, the off-axis 4-probe method was used to simultaneously measure the Seebeck coefficient and the electrical conductivity in the same measurement

system to minimize the power factor measurement error. The optimized measurement conditions for temperature dependence of the electrical conductivity and the Seebeck Coefficient were established by utilizing the trade-off relationship of carrier concentration. This technology will be used as one of the key technologies directly related to the development and manufactures of high temperature thermoelectric power generation system as well as the performance measurement of thermoelectric materials.

P1-G2-30 Fabrication of p-type Bi-Sb-Te Materials by Hot Extrusion

열간 압출을 이용한 p형 Bi-Sb-Te 열전소재 제조

김희림[1*], 김성웅[2], 이규형[1]. *[1]연세대학교, [2]성균관대학교*

Bi-Te 계 열전소재는 실온 부근에서 우수한 열전성능을 나타내어 응용되고 있는 상용소재이다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 Bi-Te 계 열전소재 제조공정인 일방향응고 공정은 약한 반데르발스 결합 방향으로 정렬된 결정면을 포함하고 있어 기계적 강도가 낮은 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 높은 기계적강도와 함께 높은 열전성능을 나타낼 수 있는 열간압출 공정을 이용하여 p형 Bi-Sb-Te 소재를 제조하였다. 기존 상용소재 대비 우수한 열전성능을 나타내었고 제조한 압출체를 열전모듈에 바로 적용하여 열전소자의 수율을 증대하였다.

P1-G2-31 Inhomogeneously Augmented Oxygen Vacancies Responsible for Catalystic Performance in Metal Doped SnO_2 Nanoparticles

원자 단위에서의 금속 도핑된 SnO_2 입자의 촉매 성능에 기여하는 산소 공공의 불균일한 증가

장우성[*]. *성균관대학교*

Transition metal doped nanoparticles have different catalytic properties dependent on size, shape and oxygen vacancy. There is rarely reported direct observation of the nanostructures at the atomic scale. We utilized scanning transmission electron microscopy (STEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and electron energy loss spectroscopy (EELS) for providing atomic scale information on the relationship between structure and electronic behaviors. We then identified that the catalytic properties are closely related to the number of oxygen vacancy and size of nanoparticles. For enhancing the catalytic properties, our results suggest that the density of oxygen vacancy can be controlled by changing the size and concentartion of doping elements.

P1-G2-32 철, 코발트 나노입자 도입에 따른 망간실리사이드 열전성능 증대

Enhancement of Thermoelectric Properties of Higher Manganese Silicide by the Introduction of Fe and Co Nanoparticles

김관식[1*], 김정민[1], 이규형[1], 노종욱[2], 이우영[1]. *[1]연세대학교, [2]경북대학교*

A nanostructuring approach were effective to enhance thermoelectric performance by manipulating electronic and thermal transport properties. Especially, correlation between intrinsic properties of the matrix and nanophases is an important design factor due to the complicated relationship. Here, we prepared nanocomposites of $MnSi_{1.787}Al_{0.01}$ with soft-magnet transition-metal (Fe, Co, and Ni) nanoparticles and measured their thermoelectric properties to clarify the effect of magnetic nanoparticles on thermoelectric properties. The introduction of magnetic nanoparticles (50 – 100 nm) at grain boundaries caused the improved power factor due to the energy filtering effect and carrier transfer effect. We found that the effect of magnetic nanoparticles on electronic transport properties is more effective than thermal transport properties in higher manganese silicide. Resultantly, 0.6 vol.% Fe nanoparticle-embedded nanocomposite exhibited the maximum ZT value (0.53 at 773 K), an increase of 25% compared to that of pristine samples.

P1-G2-33 Radiofrequency-wave-transmittable Electrode for Device-to-device Communication

디바이스간 통신을 위한 라디오파 투과 가능 전극

김태훈[*]. *연세대학교*

The incompatibility between optical transparency and electrical conductivity is well-defined fundamental material properties, but this is often not easy to enhance both simultaneously. Opacity due to electrical conductivity is more pronounced in the lower frequency range. This fundamental incompatibility creates a barrier for the realization of device integration. We present a design strategy for preparing conductor that behaves transparently for radiofrequency and a concept towards ‘device-to-device integration’ enabled by electromagnetic wave transmittance. The approach to the properties of conductors is verified using a conducting polymer, Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS), whose microstructure is effectively controlled by simple solution process. Megahertz wave-transparent electrodes maintain the conductivity, which can be used as electrode in capacitive pressure sensors, and is further integrated with the touch-controlled display and MRI (magnetic resonance imaging) as a demonstration of the concept of device-to-device communication.

P1-G2-34 Direct Observation of Structural Transformation in Au-Pt Core-Shell Nanocrystals by In-situ Transmission Electron Microscopy

In-situ TEM을 이용하여 Au-Pt 코어-쉘 나노크리스탈의 구조적 변화의 관찰

김주영[1*], 박희영[2], 배지환[2], 홍재영[2], 유성종[2], 김긍호[2], 이규형[1], 천동원[2]. *[1]연세대학교, [2]한국과학기술연구원*

Size, morphology and composition of nanocrystal catalyst are playing a critical role in elucidating nanoscale phenomena assosiated with catalyst performance. In other words, catalyst properties can be adjusted by nanocrystal structure. In order to control the nanocatalyst properties, direct monitoring well-characterized nanoscale system in reactive invironments should be obtained that reveals the underlaying nature of nanocatalyst growth.

In this research, we present the direct observation of structural change in Au-Pt core-shell nanocrystals by heating the sample using in-situ transmission electron microscopy (TEM) holder system (Fusion, Protochips). Upon heating, the transformation is accompanied by surface segregation of Au. Because the structural transformation is associated with the surface energy difference (ΔE = 0.1 eV) between Au and Pt [1]. The direct observation of structural modification during thermal heating could provide insight into growth mechanism of heterostructure nano catalyst.

References
1. Lee, Kug-Seung, et al. The Journal of Physical Chemistry C 117.18 (2013): 9164-9170.

P1-G2-35 Development of High Efficiency Reversible Solid Oxide Cells with In-situ Sensing System

고효율 고체산화물 전지 및 In-situ Sensing System 개발

이윤재[1*], 조용현[1], 이종민[1], 최형섭[1], 정현권[2], 최승아[2], 송준영[2], 명재하[2]. *[1]인천과학예술영재학교, [2]인천대학교*

산업 혁명을 기점으로 온실가스인 CO_2는 꾸준히 증가하는 추세로, 이를 CO, 합성가스로 전환해 대기중 농도를 낮춤과 동시에 이용할 수 있는 고체산화물 전해전지가 주목받고 있다. 이러한 고체산화물 전해전지의 성능 평가시 주로 Potentiostat을 통해 전류와 전압을 측정하나 패러데이 효율 측정이 불가능하다. 따라서 보통 GC (Gas Chromatography)를 이용해 반응 후 가스 조성을 측정해 패러데이 효율을 계산하나 과도한 비용 때문에 Potentiostat만 이용하는 경우가 잦았다. 이에 본 연구에서는 전해전지의 전기적 성능과 반응 후 가스 조성의 동시 측정이 가능한 CO_2 전해전지 평가 시스템을 적용해 효율적인 동시 가동-평가 시스템을 개발했다. 평가 시스템에서는 CO 센서를 통해 반응 후 가스의 조성을 측정하고 이 값을 ADC와 FPGA를 이용, 패러데이 효율을 계산해 가시화했다. FPGA는 Verilog로 구현했고 외부 전원 노이즈 차단을 위해 LDO를 사용했다. 가동할 전해전지는 황 및 탄소 피독에 높은 안정성을 보이는 LCNT 전극을 사용해 열화에 의한 오차를 줄이고자 했다. 개발한 동시 가동-평가 시스템은 기존 장비보다 소형화, 저전력화되었고 이를 통한 결과를 기존 장비를 통한 결과와 비교해 제안된 시스템의 성능을 확인했다.

P1-G2-36 Proton-conducting Graphene Oxide Composite Membranes

양성자 전도성 그래핀 옥사이드 복합막

Shahjahan[1*], 박성범[2], 박용일[1]. *[1]금오공과대학교, [2]동국대학교*

Graphene oxide membrane (GOM) has promising potential electrolyte properties in various cells and batteries. In proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs), principally, perfluorinated ionomer membrane (PFSA), i.e., Nafion^R used as an electrolyte, which has drawbacks in the application of fuel cell, such as expensive and fuel crossover. However, GOM showed relatively high proton conductivity in humidified condition. In compare with Nafion, it revealed much lower the ionic conductivity, and hydrogen fuel cell performance, when contacted with hydrogen gas in fuel cells, the loss of surface functional groups due to reduction by hydrogen is accompanied by an increase in electronic conductivity. Therefore, in this study, highly proton-conducting composite membranes were fabricated using graphene oxide (GO) solution (0.5 mg/mL) and various amount from 1 to 99 wt.% of (3-mercaptopropyl)trimethoxysilane (MPTS) and their electrical properties are reported. The thiol groups of MPTS monomers are oxidized to sulfonic acid groups ($-SO_3H$) by hydrogen peroxide (H_2O_2), which gives a fast proton conduction pathways along with the negative oxygen functional groups on the surfaces of GO particles. The microstructure and structural properties of the prepared membranes were characterized by FE-SEM, FT-IR, XRD, TGA, DSC, UV-Vis spectroscopy. The hydrogen fuel cell performance of MPTS-GOM fuel cells arealso reported.

P1-G2-37 Enhanced Stability of Coated Carbon Electrode for Li-O_2 Batteries

코팅된 탄소 전극을 이용한 리튬 공기 전지의 안정성 향상

배영준[1*], 이선영[1], 박혁준[1], 고영민[1], 민요셉[2], 강기석[1]. *[1]서울대학교, [2]건국대학교*

Li–O_2 batteries are promising next-generation energy storage systems because of their exceptionally high energy density (~3500 Wh kg^{-1}). However, to achieve stable operation, grand challenges remain to be resolved, such as preventing electrolyte decomposition and degradation of carbon, a commonly used air electrode in Li–O_2 batteries. In this work, using *in situ* differential electrochemical mass spectroscopy (DEMS), we demonstrate that the application of a ZnO coating on the carbon electrode can effectively suppress side reactions occurring in the Li–O_2 battery. By probing the CO_2 evolution during charging of ^{13}C-labeled air electrodes, the major sources of parasitic reactions are precisely identified, which further reveals that the ZnO coating retards the degradation of both the carbon electrode and electrolyte. The successful suppression of the degradation results in a higher oxygen efficiency, leading to enhanced stability for more than 100 cycles. This finding implies that surface protection of the carbon electrode is a viable option to enhance the stability of Li–O_2 batteries.

P1-G2-38 Lithium Evaporation of Dense $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ Ceramics for All-solid-state Lithium-ion Batteries

전고체 리튬 이온 배터리에 사용되는 고밀도 $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ 세라믹의 리튬 증발

김동규*, 윤종혁, 김도경. *한국과학기술원*

Flammable organic liquid electrolytes that have low ignition point and low thermal stability can cause explosion accidents. To resolve the safety issues, solid electrolytes become an excellent candidate. LATP ($Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$) is one of promising solid electrolyte due to its good ionic conductivity and chemical stability against water but it suffers from low density of sintered body. Most of previous works have adopted hot press sintering and spark plasma sintering to alleviate the density issue, although those processes are not cost-effective. In this work, we introduced a single step pressureless sintering to anneal the LATP ceramics with a good density and ionic conductivity in a simple process. To improve the density, we sintered the LATP ceramics via a transient liquid phase sintering process. The starting powder for LATP sintering consisted of a mixture of LATP raw materials and a small amount of LATP powder. We fabricated LATP ceramics with over 93% density at ambient pressure using transient liquid phase sintering process, which is an improvement over recent studies on LATP pressureless sintering. Lithium evaporation behavior of LATP ceramics was also investigated.

P1-G2-39 Microstructural and Thermoelectric Characteristics of Chalcogenide Cu-In-Se Compounds

칼코게나이드 Cu-In-Se 화합물의 미세구조적 특징과 열전 특성

김현지*, 이호성. *경북대학교*

Device performance is strongly influenced by microstructural characteristics such as stacking fault, phase separation, and interfaces. Therefore, it is quite important for solar cell or thermoelectric device that understanding and controlling its microstructure because electron transport phenomena are significantly affected by the microstructure.

Transmission electron microscopy (TEM) has been a suitable and unique method to obtain information down to the nanometer scale. The results have greatly helped in understanding the performance of the solar cells. $CuInSe_2$ and its related compounds have been studied extensively because of their promising properties for the photovoltaic energy conversion and thermoelectric applications. The ternary chalcogenide $CuIn_3Se_5$ compound is often observed as a secondary phase in the In-rich $CuInSe_2$ films. However, there is controversial description for the possible crystal structure. In this presentation, we will provide TEM studies of Cu-In-Se compounds and also their thermoelectric performances. Then we will discuss the relationship between microstructure and thermoelectric properties of these compounds.

P1-G2-40 The Transport Properties of $_{0.70.3}$-CNT Composites
다결정 $_{0.70.3}$-CNT 복합체의 열전 특성
조준영[1*], 진우찬[1], 박경희[1], SIYAR MUHAMMAD[2], 김진상[3], 박찬[1]. *[1]서울대학교, [2]School of Chemical and Material Engineering, [3]한국과학기술연구원*
Tin (SnSe) which consists of non-toxic and earth-abundant elements as a promising (TE) material since Zhao et al. [1] remarkable ZT value of ~2.6 at 923 K (The world record to date) along the b-axis of single crystal. Despite the excellent TE properties, SnSe single crystal has problems of poor mechanical properties and costly/not-simple fabrication process. And so, many studies have been conducted to obtain having TE performance as high as that of a single crystal. The ZT values of SnSe, however, are still lower than that of single crystal SnSe mainly due to their relatively low electrical conductivity (σ) and high thermal conductivity (k). One possible way to optimize the TE performance is to make -based composite with CNT. When the CNTs are dispersed at the grain boundaries between SnSe grains, the electrical conductivity can be enhanced by of the electrical network of CNTs while the thermal conductivity can be suppressed by enhanced scattering at CNT/matrix interfaces. In this study, the TE properties of $_{0.70.3}$-CNT composite. Mechanical alloying and spark plasma sintering were used to fabricate $_{0.70.3}$-CNT sintered samples. XRD analyses were used to identify the phases of the samples, and the microstructure of each sample was observed by FE-SEM. The change of ZT is discussed in terms of the microstructure, and the carrier concentration, and the effects of CNT addition on the TE transport properties are discussed
References
1. L. D. Zhao et al., Nature, 508, 373 (2014).

P1-G2-41 Capacity Fade Analysis of All-solid-state Lithium Ion Batteries Consisting of Alloy Anode Using a Reference Electrode
장기환*, 최한울, 임형태. *창원대학교*
Three-electrode system has been universally utilized in lithium ion batteries to understand the reaction mechanism of working electrodes during charge-discharge process. However, it cannot be readily applied in all-solid-state batteries (ASSBs) due to the practical constraints to the selection and placement of reference electrode in solid electrolyte.

Herein, we investigated factors influencing capacity fade in ASSBs consisting of Li_2S-P_2S_5 solid electrolyte, $Li_{4.4}Si$ anode and TiS_2 cathode, with embedded reference (Li-In) electrode.

Ohmic resistance (R_0), charge transfer resistance (R_{ct}) and polarization resistance (R_p) were determined for each electrode, using three electrode setup. The voltage between the reference electrode/ anode and the cathode/reference electrode were measured using Li-In probe under open circuit condition and as a function of current density (C-rate).

P1-G2-42 Effect of Aluminum-based Metallic Glasses as Silver Paste Additive
알루미늄계 금속유리의 태양전지 실버 페이스트 첨가제로서의 효과
민병욱*, 김석준, 이준호, 박호준. *한국기술교육대학교*
In the Ag paste for screen printing, the Al based metallic glass is used for performance similar to the conventional Ag paste without reducing the performance of the solar cell. The Ag paste is prepared by mechanically mixing organic solvent, Ag powder and Al based metallic glass powder and then using a three-roll-mill. The prepared paste was analyzed with a four-point probe. As a result, the contact resistances of the Ag paste with metallic glass and the paste without addition were 1.08 Ω and 13.35 Ω, respectively. Each L_t (the average travel distance of electrons) is 0.18 mm and 1.09 mm. The height of the pattern was determined by using a confocal microscope to measure the resistivity. The resistivity did not show a significant difference as 41.6 μΩcm and 54.8 μΩcm. These results show that the metallic glass is effective in reducing the contact resistance while not affecting the resistivity in the Ag paste.

P1-G2-43 In Operando Raman Spectroscopy of High-Areal-Capacity and Stable Li-S Battery Using Biomass-Derived Carbon Fiber and Vanadium Dioxide As Self-Supported Cathode Material
바이오매스와 바나듐 이산화물을 양극 물질로 하는 고용량·장수명 리튬-황 전지의 실시간 라만 분광 분석
윤종혁[1*], 김주형[1], Pitchai Ragupathy[2], 김도경[1]. *[1]한국과학기술원, [2]CECRI (India)*
Hereunder, we introduce the biomass-derived carbon and metal oxide as cathode materials, and analyze their complementary effect realizing high-areal-capacity and long-cyclable Li-S. The self-supported and activated carbon fiber matrix has a large total pore volume and developed pores to increase the utilization of high sulfur loading amount. Unlike a normal anchoring mechanism of ordinary metal compounds for Li-S, the vanadium dixode chemisorbs the lithium polysulfide by its peculiar reaction producing surface-bound thiosulfate and polythionate. The electrode composed of the biomass-derived carbon and the VO2 provides above 14 mAh cm^{-2} of superhigh areal capacity at a rate of 0.1C. The structural and electrochemical characteristics of the cathode are investigated through morphological characterization, electrochemical measurement, and so on. Especially, the extraordinary chemisorption behavior of the VO2 toward the soluble polysulfide by creating thiosulfate groups has been inspected through *In operando* Raman spectroscopy then supported by XPS analysis.

P1-G2-44 Giant Miscanthus Residue Derived Activated Carbon for Supercapacitors

거대억새 잔여물 유래 슈퍼커패시터용 활성탄

이정한[1*], 차영록[2], 노광철[1]. [1] *한국세라믹기술원,* [2] *농촌진흥청*

Activated carbons were synthesized from waste residue of giant miscanthus (RGM) that generally remained as by product including plenty of lignin after hydrolysis of giant miscanthus to obtain valued products by using alkali reactor with NaOH solution. In this work, dried RGM was carbonized at different temperature and then activated by KOH alkali agent. In spite of using small amount of KOH agent (C-KOH at a weight ratio of 1:2), RGM-derived activated carbons (RGMAC) exhibit the high surface area (2885 $m^2 g^{-1}$) and high specific capacitance (121 F g^{-1} at 1 mA cm^{-2}) because rest NaOH agent in waste RGM also contribute to chemical activation. These results indicated the potential of utilizing waste RGM. Furthermore, with respect to both environmental and economic perspectives, it is advantageous to obtain the RGMAC given the utilization of waste biomass and the low production cost by reducing the additional alkali agent.

P1-G2-45 Sulfuric Acid Treated Hard Wood Derived Activated Carbon for Supercapacitors

황산처리한 참나무를 이용해 만든 슈퍼캐패시터용 활성탄

임건해*, 손운배, 노광철. *한국세라믹기술원*

Activated carbon was obtained from sulfuric acid treated hard wood (SHW) that remained as by product including plenty of lignin. In this study, dried SHW was carbonized at 600°C and activated by KOH alkali agent at 900°C. SHW-derived activated carbon (SHWAC) was investigated physically and electrochemically as supercapacitors. That showed not only high specific surface area up to 1985 m^2/g, but also high volume of hierarchical pores up to 1.03 cm^3/g when ratio of carbon to KOH was (C/KOH = 1:2.5 (w/w). Specific capacitance of 139 F/g is obtained during electrochemical evaluation at a charge-discharge current density of 1 mA/cm^2. This result is attributed to the graphitic structure, which come from sulfuric acid process, contributes to enhancing electrical conductivity. From both environmental and economic perspective, it can be easily obtained from biomass and can produce activated carbon with very low production costs. Thus, SHWAC is promising of energy storage material.

P1-G2-46 Improved Electrochemical Performance of Boron or Zirconium Doped $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$

B 또는 Zr 도핑을 통한 $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$의 전기화학적 특성 향상

심헌*, 홍성현, 정철호. *서울대학교*

The increasing need for high energy Li-ion batteries has accelerated great research interest in various cathode materials. High nickel content $LiNi_{1-x-y}Co_xMn_yO_2$ materials, such as $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$ (NCM811), are promising cathode materials due to their relatively low cost and high reversible capacity (~200 mAh g^{-1}). However, NCM811 has a severe problem because of the cation mixing between Li^+ and Ni^{2+} ions which degrades the electrochemical performance of layered oxides. To overcome this problem, various elemental dopants have been applied to enhance the electrochemical performance of NCM cathodes.

In this study, boron-doped NCM811 and zirconium doped NCM811 were synthesized via a simple solid-state reaction. The crystal structure of the samples was analyzed and their electrochemical properties were evaluated. It was confirmed that boron and zirconium doping reduce the degree of cation mixing and improve the Li^+ ion diffusion kinetics compared to bare NCM811, resulting in enhanced cycling performance and rate capability.

P1-G2-47 Investigation on Fluorine Doping Effects on Cathode Performance of Spinel-Layered $Li_3Mn_3O_{7.5-x}F_x$ for Li-ion Batteries

리튬 이온 배터리를위한 Spinel-Layered $Li_3Mn_3O_{7.5-x}F_x$의 음극 성능에 대한 불소 도핑 효과 조사

트란 후하*. *한양대학교*

A simple synthesis procedure for solid-state reactions at an intermediate temperature (500°C) is applied to synthesize F-doped spinel-layered $0.5Li_2MnO_3 \cdot 0.5Li_4Mn_5O_{12}$ ($Li_3Mn_3O_{7.5-x}F_x$ with x = 0, 0.05, 0.1, and 0.2). The F-doping does not affect the crystal structure or the morphology of the pristine sample. However, F-doping increases the Mn^{3+} content, leading to an improved electronic conductivity and a lower charge-transfer resistance. In addition, F^- doping also reduces the difference of voltage between the oxidation and reduction processes, and enhances the Li^+ diffusion coefficient (with a maximum four times higher than that of the pristine sample). Consequently, the capacity and rate capability of the cathode are improved by F-doping (the x = 0.1 sample can provide a high capacity of 300 mAh g^{-1} at C/10).

P1-G2-48 Improved Thermoelectric Performance of Filled $CoSb_3$ Skutterudite by Incorporating Carbon Nanomaterials

탄소 나노물질을 첨가한 Filled $CoSb_3$ Skutterudite의 열전 성능 향상

탁장렬[1*], Nguyen Van Du[2], 조중영[2], 서원선[2], 신원호[2], 조형균[1], 남우현[2]. [1] *성균관대학교,* [2] *한국세라믹기술원*

$CoSb_3$-based skutterudites are considered to be one of the most promising thermoelectric (TE) materials for mid-high temperature applications thanks to their high power factor. Many researchers have focused on the rattling effect by filler atoms in skutterudites to control their thermal transport property, but a remarkable reduction of thermal conductivity has not yet been reported due to the filling fraction limit in the skutterudite structure. Herein, we report the effect of carbon nanomaterials (multi-walled carbon nanotube and graphene) on the thermal transport property of *n*-type filled $CoSb_3$ skutterudites. The $CoSb_3$-carbon nanomaterial composites were prepared by incorporation of the carbon nanomaterials into filled $CoSb_3$ powder, followed by spark plasma sintering. The hybrid composites exhibited reduced lattice thermal conductivity as compared to pristine $CoSb_3$ compound, leading in improved TE performance of filled $CoSb_3$. This study suggests that further reduction of thermal conductivity could be realized by incorporating carbon nanomaterials into filled $CoSb_3$ compounds.

P1-G2-49 Highly Stable TiO_2-Protected Sb_2Se_3 Photocathodes Employing Fullerene as a Charge Transfer Promoter

플러렌을 전하전달 촉진제로 활용한 고안정성 Sb_2Se_3 광환원전극

탄제완*, 이형수, 박재민, 심상기, 박영선, 윤주원, 문주호. *연세대학교*

Understanding the degradation mechanism and improving the stability of photoelectrodes are essential to realize solar to hydrogen conversion via photoelectrochemical (PEC) devices. Although amorphous TiO_2 layer has been widely employed as a protection layer on top of *p*-type semiconductors to implement durable photocathodes, a gradual photocurrent degradation was still unavoidable. Herein, we elucidate the photocurrent degradation mechanism of TiO_2-protected Sb_2Se_3 photocathode and propose a novel interface modification methodology in which fullerene (C_{60}) is introduced as a photo-electron transfer promoter for significantly enhancing the long-term stability. It is demonstrated that the accumulation of photo-electrons at the surface of TiO_2 layer induces its reductive dissolution, accompanying the photocurrent degradation. In addition, the insertion of C_{60} photo-electron transfer promoter at Pt/TiO_2 interface facilitates the rapid transfer of photo-electrons out of TiO_2 layer, thereby enabling the enhanced stability. Our $Pt/C_{60}/TiO_2/Sb_2Se_3$ device revealed the high photocurrent density of 17 mA cm^{-2} at 0 V_{RHE} and outstanding stability over 10 h-operation, representing the best PEC performance and stability as compared to previously reported Sb_2Se_3-based photocathodes. Our research not only provides in-depth understanding of the degradation mechanism for TiO_2-protected photocathodes, but also suggests a new direction to achieve durable photocathodes for PEC water splitting.

P1-G2-50 Deriving Highly Active and Stable Iridium Based Oxygen Evolution Reaction Catalyst on Antimony Doped Tin Oxide Support

안티몬이 도핑된 산화주석 지지체를 이용한 이리듐 기반 촉매 제조 및 산소 환원 반응의 높은 활성도 규명

이규락*, 김예지, 정연식. *한국과학기술원*

Hydrogen energy has been widely mentioned as a solution to world energy problems. There are a lot of methods to obtain pure hydrogen and among them, proton exchange membrane water electrolyzer is a promising candidate for large scale production. However, due to the high energy barrier for oxygen evolution reaction (OER) and unstable property under acidic conditions, developing a new catalyst with high performance such as high current density and high stability is required. We developed antimony doped tin oxide (ATO)supported iridium nanostructure for electrocatalysts via solvent-assisted nanotransfer printing (S-nTP)[(1)]. S-nTP system is a simple process that can be possible to transfer antimony, tin oxide, and iridium in the form of nanowires to target substrate at the same time. In addition, the effects of metal/metal oxide support interaction between iridium nanoparticles and ATO nanowires highly enhance both catalytic activity and durability. In particular, the electrocatalyst that we fabricated shows significant mass activity value over ~4 which is 15 times higher than commercial iridium black catalyst. In conclusion, a new OER electrocatalyst which has high performance and considerable stability can be fabricated.

P1-G2-51 Nitrogen-doped Activated Carbon for Supercapacitors Derived from Nitrogen-immobilized Ionic Liquids

질소 고정화 이온성 액체로부터 유래된 질소도핑 된 슈퍼커패시터용 활성탄

김주연*, 정준희, 오민주, 노광철. *한국세라믹기술원*

Nitrogen-doped activated carbons were prepared by KOH activation using a nitrile-functionalized ionic liquid (IL) as a nitrogen doping precursor without requiring any additional doping process. In generally, KOH activation dissolves inorganic bonds such as nitrogen in ionic liquid, so it is difficult to obtain IL-derived carbon materials with a high porosity and a nitrogen content at the same time. Therefore, nitrile-functionalized IL was used a carbon precursor to remain nitrogen after KOH activation for preparing nitrogen-doped activated carbons (N-doped AC). The N-doped AC exhibits high porosity with both micropore and mesopore, which provides an optimized ion adsorption site for forming EDL and provides fast mass-transport of electrolytes to and from the micropores. In addition, the nitrogen residue in the carbon matrix after alkali activation is extensively considered to enhance the electrical conductivity of carbons and improve capacitance characteristics of carbon-based materials. These results may provide a facile synthesis of N-doped AC originated from ionic liquids for supercapacitors.

P1-G2-52 A Study on the Performance of Hybrid Supercapacitors Based on the Cokes-derived Activatied Carbon

코크스로부터 제조된 활성탄을 활용한 하이브리드 슈퍼커패시터 성능향상 연구

강서희*, 천진녕, 노광철. *한국세라믹기술원*

최근 신재생 에너지, 전기 자동차의 대규모 도입은 다양한 특성의 에너지저장시스템의 수요에 따라 리튬이차전지와 슈퍼커패시터의 장점인 높은 에너지 밀도와 출력 밀도를 결합한 하이브리드 시스템이 주목받고있다. 본 연구에서는, 코크스 기반 활성탄(Cokes-derived activated carbon, C-AC)을 알칼리 활성화 방법을 이용해 양극재로 사용하였고, 활성화 온도 800 ºC에서 가장 높은 비표면적 1419 $m^2 g^{-1}$과 비축전용량 27 F cc^{-1}을 보였다. 또한 음극재로는 $Li_4Ti_5O_{12}$ / MWCNT 복합체를 분무건조방법을 이용해 9:1 비율로 제조하여 율속 특성을 향상시키고자 하였다. 전극 N/P ratio 1:2.5로 충전 전압 2.75V까지 충방전을 실시하여 68 F/cc의 비축전용량을 보였으며, 상용활성탄을 이용한 하이브리드 슈퍼커패시터 대비 26% 향상 되었다. 이러한 특성을 바탕으로 많은 응용분야에서 사용이 확대될 것으로 예상된다.

P1-G2-53 Morphology Change and Growth of Needle-shape of $KHCO_3$ Crystal on the Surface of K_2CO_3 based CO_2 Absorbent Exposed in Air at Room Temperature

상온에서 공기 중에 장시간 노출된 K_2CO_3 기반 고상 CO_2 흡수제 표면의 구조적 변화와 $KHCO_3$결정의 침상 성장

조한빈[1*], 류도형[1], 조영식[1], 안상헌[2], 박효선[2], 권민철[2]. [1]*서울과학기술대학교*, [2]*(주)토다이수*

플랜트용 고상 CO_2흡수제는 흡수 작용 하는 알칼리염 K_2CO_3와 이를 구조적으로 지지하는 Al_2O_3, ZnO_2 등의 세라믹 지지체로 구성된다. 100'C 이하에서 화학 반응을 통해 CO_2를 흡수하고, 150'C이상의 온도에서 역반응 하여 재생가능하다.

K_2CO_3를 포함하는 흡수제를 상온에서 장시간 반응시킨 시편의 SEM관찰 결과 표면에서 침상 조직이 자라나는 것이 확인되었다. XRD와 TEM분석 결과 해당 침상이 (001)방향으로 성장한 $KHCO_3$ 결정임을 확인할 수 있었다. 침상 성장은 부피 팽창으로 인한 흡수제 입자의 구조 붕괴를 유발한다. 하지만, 이를 제어하여 흡수제 비표면적을 향상하면 상온 반응 특성이 우수한 고상 흡수제가 만들어

질 것으로 기대를 하고 침상 결정 성장과 CO_2흡수능과의 상관 관계를 찾고자 연구하였다.

'(주)토다이수'에서 생산한 CO_2고상흡수제를 활용했으며, 침상 성장 단계별 $KHCO_3$의 결정 조직과, 재생 온도 이상에서 가열 재생한 후의 미세조직을 관찰하여 표면의 구조적 특성 변화를 관찰하였다. 그 후 중량 변화 분석을 통한 CO_2 흡수능을 비교하여 침상 과성장 후 재생한 샘플이 상온에서 높은 흡수능을 갖는 것을 확인하였다. 본 연구의 결과를 통하여 기존 플랜트용 고상 흡수제의 비표면적을 향상시켜 상온에서도 흡수 반응을 원활하게 일으킬 수 있다는 사실과, 침상 성장 메커니즘을 활용하여 안정적인 구조의 필터형 상온 CO_2흡수제의 개발 가능성을 확인했다.

P1-G2-54 Surface Variation in Alkaline-Earth-Iridate Electrocatalysts during Oxygen Evolution Reaction in Acid Electrolyte
산 전해질 내 산소 발생 반응 동안 알칼리 토금속-이리듐(Ir) 전기화학 촉매들의 표면 변화

송창우*, 서호영, 정성윤. *한국과학기술원*

Many alkaline and alkaline-earth iridates have garnered much attention, as they can outperform traditional high-cost IrO_2 for oxygen evolution electrocatalysis under corrosive acidic conditions.

Despite the advantages of their catalytic properties and significant reduction of Ir utilization, dissolution of alkaline and alkaline-earth elements into acid media can be a serious drawback that may confine long-term applications. Therefore, scrutinizing how the surface structure and composition vary during the oxygen evolution reaction should be a first step prior to predicting and suggesting possible mechanism for enhanced catalytic properties. By using atomic-column-resolved scanning transmission electron microscopy, we demonstrates the surface variations of three alkaline-earth iridates, $AIrO_3$ (A = Sr or Ba), with different crystal structures. Not only directly identifying the structural transformation into metastable nanocrystallites or an amorphous state, we also show that substantial surface roughening and a subsequent active surface area increment take place during alkaline-earth elemental leaching. Our findings emphasize both the impact of surface structure on the overall catalytic activity and consequently the control of chemical leaching of alkaline and alkaline-earth elements to attain high-surface area catalysts in complex iridates.

P1-G2-55 Surface Modification of Co-rich Perovskite Cathode Material of IT-SOFC by $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ Infiltration
$PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 함침법을 통한 IT-SOFC 양극소재 표면 개질

정동휘*, 김건태. *울산과학기술원*

Cobalt-containing perovskites are widely used as cathode materials for intermediate-temperature solid oxide fuel cells (IT-SOFCs). Among these cathode materials, $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ (SSC) has received considerable attention due to their high electrical conductivities and fast oxygen kinetics. However, long-term stability of SSC is not enough due to several reasons such as large thermal expansion coefficient and Sr segregation on the surface. Recently, it was reported that the infiltration of layered perovskite catalyst on the surface of the cathode enhanced the electrochemical performance as well as long-term stability. In this study, we introduce $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (PBSCF) on the surface of SSC and investigate the effect of surface modification in terms of electrochemical properties. As a result, infiltration of PBSCF reduce the impedance of SSC symmetric cell with LSGM electrolyte.

P1-G2-56 Paper Air Cathodes with One-Dimensional Perovskite Nanofiber for Origami-Foldable/Rechargeable Zn–Air Batteries
일차원 페로브스카이트 나노 섬유를 사용한 접이식/충전가능 아연 공기 전지용 종이 공기 전극

이한솔*, 김건태. *UNIST*

To satisfy the demand for flexible/wearable electronics, we demonstrate paper air cathodes to fabricate foldable Zn-air batteries with reliable electrochemical rechargeability. The paper air cathodes consist of one-dimensional (1D) bifunctional catalyst mixtures ($NdBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ layered perovskite (NBSCF) nanofibers and nitrogen-doped carbon nanotubes (N-CNT)), cellulose nanofibers (CNF), and polytetrafluoroethylene (PTFE). The PTFE and CNF act as hydrophobic and hydrophilic binders, respectively, to construct three-dimensional (3D) bicontinuous air/electrolyte channels in the paper air cathodes. The well-combined electrolyte/air transport pathways allow the Zn-air batteries to exhibit highly efficient charge/discharge performance and cyclability. Moreover, the highly entangled network structure of the paper air cathode enhances mechanical flexibility, allowing the Zn-air battery to be folded into a paper-airplane shape through origami folding.

P1-G2-57 Cation Swapping for High Power Density of SOFC
SOFC 고 전력 밀도를 위한 양이온 교환 전략

주상욱*, 권오훈, 김건태. *울산과학기술원*

Exsolution has been intensively studied in the fields of energy conversion and storage as a method for the preparation of catalytically active and durable metal nanoparticles. Under typical conditions, however, only a limited number of nanoparticles can be exsolved from the host oxides. Herein, we report the first preparation of catalytic nanoparticles by selective exsolution through "topotactic ion exchange", where deposited Fe guest cations can be exchanged with Co host cations in $PrBaMn_{1.7}Co_{0.3}O_{5+\delta}$. Interestingly, this phenomenon spontaneously yields the new host $PrBaMn_{1.7}Fe_{0.3}O_{5+\delta}$, liberating all the Co cations from the host owing to the favorable incorporation energy of Fe into the lattice of the parent host ($\Delta E_{incorporation}$= −0.41 eV) and the cation exchange energy ($\Delta E_{exchange}$= −0.34 eV). Remarkably, the increase in the number of exsolved nanoparticles leads to their improved catalytic activity as a SOFC electrode and in the dry reforming of methane.

P1-G2-58 Cold Antisolvent Bathing Enabled Nucleation and Growth Mechanism Control for Highly Efficient Large-Area Perovskite Solar Cells
저온 안티솔벤트를 이용한 고효율 대면적 페로브스카이트 태양 전지

장규민*, 권혁찬, 마선일, 윤성철, 양현하, 문주호. *연세대학교*

Organic-inorganic perovskite thin-film photovoltaics has experienced startling boost of power conversion efficiency (PCE) by virtue of various studies for fabricating dense, uniform, and large grain sized perovskite film with desired crystal orientation. In accordance with such progress, scaling up for large-area solar cells is also highly demanding to realize the commercialization of perovskite solar cells.

Herein, we introduce simple temperature-tuned antisolvent bathing method compatible for large-area fabrication. By utilizing cold antisolvent, retarded solvent extraction resulted in decreased number of nuclei, thereby leading to large grain sized perovskite film. Furthermore, highly oriented crystal growth was obtained because delayed crystallization promoted perovskite intermediates to grow into (110) and (220) direction in a perpendicular direction to the substrate. Such an alignment in crystal orientation were found to be beneficial to charge extraction. In addition, temperature-tuned antisolvent bathing based slow crystallization technique allowed less inter- and intra-grain defects generation inside the perovskite films. Owing to morphological and crystallographic benefits in which charge transport/extraction properties were enhanced, the PCE was improved from 16.48% (ambient-bathed solar cell) to 18.50% (cold-bathed counterpart). The 8×10 cm^2 sized highly uniform and large-area PSCs was successfully demonstrated, clearly verifying the scale-up capability.

P1-G2-59 Synthesis of Ternary $NiTi_2S_4$ and its Electrochemical Characteristics as a Highly Stable Lithium-Ion Battery Anode

삼성분계 $NiTi_2S_4$의 합성 및 고안정성 리튬이온배터리 음극재로써의 전기화학적 특성 평가

김형호*, 홍성현. *서울대학교*

주로 휴대폰 등 모바일 IT 기기의 전원으로 사용되고 있는 리튬 이온 전지는 기술이 발달함에 따라 자동차 및 에너지 저장 등의 더 큰 저장용량을 필요로 하는 용도로 사용이 확대되어 그 수요가 급증하고 있다. 그러나 현재 상용화 되어있는 흑연 음극재의 경우 그 용량이 매우 낮다는 단점이 있어 이를 대체할 새로운 음극 소재의 개발이 매우 중요하다.

다양한 음극 소재 후보군 중에서 금속황화물은 리튬 이온과의 전환 반응을 통한 높은 이론 용량을 나타낸다는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 두 가지 이종 금속을 포함한 삼성분계 금속황화물의 경우 이성분계 금속황화물보다 높은 전기전도도를 가지며 다양한 산화환원 반응을 통해 전기화학적 특성이 우수하다는 점에서 배터리 음극 소재로써 각광받고 있다.

본 연구에서는 고에너지 기계적 밀링법을 이용하여 수십에서 수백 나노미터의 크기를 가지는 순수한 니켈 티타늄 황화물 합성에 성공하였으며, 최초로 리튬 이온 배터리 음극재로서의 특성을 확인하였다. *Ex-situ* XRD 분석을 통해 리튬 이온과의 반응 기구를 규명하였고, 100 mA/g의 전류 밀도에서 약 800 mAh/g의 높은 용량이 구현되었다. 그러나 전환 반응 물질의 특성상 충·방전 과정에서의 큰 부피 팽창으로 인한 집전체로부터의 박리, 불안정한 고체-전해질 계면층의 형성 등으로 용량이 크게 감소하는 현상이 발생하였다. 이러한 단점을 그래핀과의 복합재 형성을 통해 개선하였으며, 5 A/g의 높은 전류 밀도에서 800 회의 충·방전 후에도 약 400 mAh/g의 용량을 유지하여 레이트 특성 및 수명 특성이 크게 향상된 결과를 나타내었다.

P1-G2-60 Amorphous Cobalt-Iron Phyllosilicate Catalysts for Electrochemical Oxygen Evolution Reaction

전기화학적 물분해을 위한 다중금속 기반 파이로실리케이트 촉매

김병훈*. *서울대학교*

Despite tremendous research efforts aimed at identifying earth-abundant *3d* transition-metal-based catalysts, their insufficient catalytic efficiencies continue to jeopardize their real-world application. Herein, we introduce amorphous cobalt–iron phyllosilicates (ACFPs) as highly efficient OER catalysts. The ACFPs were designed by tailoring the metal chemistry of the phyllosilicate framework which consists of laminations of silicate (SiO_4) layers and layered Co–Fe (oxy)hydroxide motifs, and prepared using a facile room-temperature precipitation method. It is demonstrated that the OER properties/mechanisms are sensitively affected by the Co/Fe ratio, with an exceptionally low overpotential ($\eta \sim 329$ mV for a current density of 10 mA cm^{-2}) delivered at the optimized composition of 40 at.% Fe. This catalytic efficiency is greater than that of the structurally analogous Co–Fe (oxy)hydroxide as well as those of pure Co or Fe phyllosilicate, suggesting the beneficial role of the phyllosilicate framework along with the synergistic interplay of Co and Fe ions in the framework. Density functional theory calculations revealed that the introduction of Fe at the surface of Co phyllosilicate perturbs the local structural environment of oxygen sites, providing additional active sites.

P1-G2-61 Improving the Capacitive Behaviour of Supercapacitor by Modifying Activated Carbon Surface with Carbon Dots

장수진*, 채지수, 노광철. *한국세라믹기술원*

Activated carbon decorated with carbon dots (ACD) was synthesized using an alkali activation process, in which metallic potassium expands the layer stacks and scissored turbostratic-structured carbon surface into nanosized particles. In addition, we demonstrated a capacitive effect in supercapacitors based on ACD, which has a high electrical conductivity because of the electronic pathway between the surface defects on activated carbon. The cyclic voltammogram curve was less distorted when the scan rate was increased to 100 mV s^{-1}. Improved additional volumetric capacitance of up to 123.2 F cc^{-1} was achieved because the carbon dots provided additional capacitance resulting from intercalation into the graphitic carbon structure. The results obtained herein pave new ways for application of nanocarbons in energy storage.

P1-G2-62 Bio-inspired Molecular Redesign of a Phenazine-based Multi-redox Catholyte for High-energy Non-aqueous Organic Redox Flow Batteries

생체모방형 분자 디자인을 통한 펜아진 기반 다중산화환원 양극액 개발 및 고에너지 비수계 유기물 레독스 플로우 전지 연구

권기윤*, 이규남. *서울대학교*

Redox-active organic materials (ROMs) have recently attracted significant attention as potential electro-active components for redox flow batteries (RFBs) to achieve green, safe, and cost-efficient energy storage. In particular, ROMs capable of multi-electron redox reactions at high redox potential have shown great promise for boosting the energy density of RFBs. Further tailoring these ROMs to be highly soluble in non-aqueous media would yield RFB technologies with the highest possible energy density. Herein, we present a highly soluble phenazine-based molecule, 5,10-bis(2-methoxyethyl)-5,10-dihydrophenazine (BMEPZ), that undergoes a reversible multi-electron redox. This molecule was rationally redesigned using inspiration from energy transduction processes in biosystems. The newly designed catholyte material undergoes two single-electron redox reactions at high redox potentials (−0.18 and 0.61 V vs. Ag/Ag+) with remarkable chemical stability and fast kinetics. Moreover, an all-organic flow

battery based on BMEPZ exhibits cell voltages of 1.2 and 2.0 V with a capacity retention of 99.94% per cycle over 200 cycles. Notably, the high solubility of BMEPZ results in a flow cell with the highest energy densities (~17 Wh L^{-1}) among non-aqueous all-organic RFBs reported to date.

P1-G2-63 Direct Observation of Solution-phase Discharge in Li-O_2 Batteries by Liquid Cell Transmission Electron Microscopy
액체 셀 투과 전자현미경을 이용한 리튬-공기 전지 내 용액 상 반응 실시간 관찰 연구

박혁준*, 이동훈, 박정원, 강기석. *서울대학교*

Li-O_2 (air) battery has been considered as a promising next-generation energy storage system because of its highest theoretical energy density among all the battery chemistries. However, there are many hurdles in practical demonstration of the high energy density of Li-O_2 battery. One typical and serious problem is that premature passivation of insulating Li_2O_2 inevitably occurs on the surface of the cathode. Using redox mediators that change the reaction pathway of producing Li_2O_2 from surface of electrode to bulk liquid phase is now suggested as a key solution to circumvent such passivation problems. However, such engineering is somewhat empirical with limited understanding since most of previous experimental analyses for studying working principles of Li-O_2 battery are based on ex situ experiments. Herein, we implement a liquid TEM holder to capture real time status of the Li-O_2 battery while discharging with a typical redox mediator of DBBQ, one of recent emerging electron microscopy techniques for examinations of liquid samples. We successfully obtain a real time TEM movie presenting growth of Li_2O_2 on the solution phase and analyze the growth rate, morphology transformation of Li_2O_2. Interestingly, growth of Li_2O_2 in electrolyte solution during discharge involves distinct two-step pathway. Our findings can provide the answer for the unsolved question regarding the redox mediation mechanism, growth kinetics of discharge products, and morphology evolution of Li_2O_2 in Li-O_2 batteries.

P1-G2-64 Stable and High-Power Calcium-Ion Batteries Enabled by Calcium Intercalation into Graphite
고효율/고출력 특성의 칼슘 이온 배터리 흑연 음극 시스템 개발

박주하*. *서울대학교*

Calcium-ion batteries (CIBs) are considered promising next-generation energy storage systems because of the natural abundance of calcium and multivalent calcium ions with low redox potential close to that of lithium. However, the practical realization of high-energy and high-power CIBs has been elusive owing to the lack of suitable electrodes and the sluggish diffusion kinetics of calcium ions in most intercalation hosts. Herein, we demonstrate that calcium-ion intercalation can be remarkably fast and reversible in natural graphite, constituting the first step towards the realization of high-power calcium electrodes. A graphite electrode in a calcium cell exhibits an exceptionally high rate capability up to 2 A g^{-1}, delivering ~75% of the specific capacity at 50 mA g^{-1} with full calcium intercalation in graphite corresponding to ~ 97 mAh g^{-1}. Moreover, the capacity can be stably maintained over 200 cycles without notable cycle degradation from the graphite electrode. We find, for the first time, that the calcium ions are intercalated into graphite galleries with a staging process, similar to conventional lithium case. The intercalation mechanisms and detailed structure of the 'calciated' graphite are elucidated using a suite of techniques including synchrotron *in situ* X-ray diffraction, nuclear magnetic resonance, and first-principle calculations. The versatile intercalation chemistry of graphite observed here is expected to spur the development of high-power and stable CIBs.

P1-G2-65 A New Catalyst for Oxygen Reduction Reaction Catalysts in Lithium–oxygen Batteries Devrived from Biological Redox Mediation in Electron Transport Chain of Bacteria
생체 대사에서 유래된 리튬 공기 전지용 새로운 방전 액상 촉매

고영민*. *서울대학교*

Governing the fundamental reaction in lithium–oxygen batteries is vital to realizing their potentially high energy density. Here, we report novel oxygen reduction reaction (ORR) catalysts capable of mediating the lithium and oxygen reaction within a solution-driven discharge, which promotes the solution-phase formation of lithium peroxide (Li_2O_2), thus enhancing the discharge capacity. The new catalysts are derived from mimicking the biological redox mediation in the electron transport chain in Escherichia coli, where vitamin K2 mediates the oxidation of flavin mononucleotide and the reduction of cytochrome b in the cell membrane. The redox potential of vitamin K2 is demonstrated to coincide with the suitable ORR potential range of lithium–oxygen batteries in aprotic solvent, thereby enabling its successful functioning as a redox mediator (RM) triggering the solution-based discharge. The use of vitamin K2 prevents the growth of film-like Li_2O_2 even in an ether-based electrolyte, which has been reported to induce surface-driven discharge and early passivation of the electrode, thus boosting the discharge capacity by ~ 30 times. The similarity of the redox mediation in the biological cell and lithium–oxygen 'cell' inspires the exploration of redox active bio-organic compounds for potential high-performance RMs toward achieving high specific energies for lithium–oxygen batteries.

P1-G2-66 A MOF-derived Nickel Phosphide/Reduced Graphene Oxide Electrode with High Specific Capacity and Ultra-stable Cyability for Lithium Ion Batteries
금속 유기 골격체를 이용한 고용량-고안정성 니켈 인화물/그래핀 산화물 복합체의 합성 및 리튬 이온 이차 전지용 전기화학특성 평가

이종원*. *서울대학교*

Transition metal phosphides (TMPs) have been regarded as promising anode materials due to their high theoretical capacity and low reaction potential with lithium ions. However, massive volume expansion during reaction and low electronic conductivity of P cause the aggregation/pulverization of anode materials and contact loss between active materials and current collector. Therefore, it is necessary to ensure the large contact area with electrolyte, high electronic conductivity and mitigation of volume expansion for high performance.

Metal Organic Frameworks (MOFs) can be formed by continuous coordination bonding of metal clusters and organic ligands, and have the advantages of being able to synthesize metal particles in nano=scale and can be used as self-template for carbon matrix through pyrolysis process. Also, MOFs have large surface area and

porous&skeletal structure which can alleviate the severe volume expansion.

Herein, we synthesized NiP2@C/rGo composites by adopting Ni-metal organic framework as a self-template. The NiP2@C/rGo electrode exhibited an ultra-stable cyclability of 1500 cycles at a current density of 1 A g^{-1} with a reversible capacity of 297 mA h g-1 and showed superior rate capability. Also, high reversible specific capacity of 660 mA h g^{-1} was delivered after 100 cycles at a current density of 0.1 A g^{-1}, which demonstrates the high-performance anode for lithium ion batteries.

P1-G2-67 Superior Electrochemical Performance of $Mn_{1-x}V_xP$ Solid Solution with Alloying-Insertion Dual Anode Reaction Mechanism for Lithium-Ion Batteries

리튬 이온 전지용 합금-삽입 이중 음극 반응 음극 소재 $Mn_{1-x}V_xP$ 고용체의 우수한 전기화학 특성

김경호*, 정철호, 홍성현. *서울대학교*

Recently, a new strategy to overcome the intrinsic shortcomings of electrochemical reaction mechanisms (alloying, conversion, and insertion reaction) for LIBs has been noticed by discovering the material systems to form a solid solution whose end members have different types of reaction mechanisms with Li-ions and allowing the simultaneous dual anode reactions of two different mechanisms. This could lead to the excellent synergistic effects due to their atomically homogeneous and finer distribution than the physically mixed nanocomposite between two materials.

In this study, we suggest an alloying-insertion dual anode reaction $Mn_{1-x}V_xP$ solid solution by combining alloying reaction type MnP and insertion reaction type VP in a single phase based on their structural similarity. The crystal structures of MnP and VP are basically similar, but their electrochemical performance as anodes for LIBs is entirely different. In this regard, the combination of MnP and VP into a single compound could form a fascinating solid solution anode with synergistic effects on electrochemical performance.

The series of $Mn_{1-x}V_xP$ compounds (x = 0, 0.25, 0.5, 0.75, and 1.0) are firstly synthesized with a facile high energy mechanical milling and their electrochemical properties as an anode for LIBs were systematically studied and compared with those of MnP/VP mixture composite, particularly focusing on the verification of simultaneous alloying-insertion dual anode reactions in the solid solution compounds.

P1-G2-68 Dioxybenzene-bridged Hydrophobic Silica Aerogels with Enhanced Textural and Mechanical Properties

소수성 실리카 에어로겔의 조직구조 및 기계적 특성 강화를 위한 디옥시벤젠 가교화 연구

이규연*, Qi Wang, 김태희, 김영훈, 정해누리, 박형호. *연세대학교*

Designing aerogel materials with excellent mechanical robustness while maintaining their basic characteristics, is of great importance for applications in energy saving management systems. Organic modification is required to strengthen silica aerogel, but the modified aerogels show decreased textural properties due to phase separation between organic-inorganic components. We report, the fabrication of organically modified aerogels without minimizing their basic properties, based on tetraethoxysilane (TEOS) and a bifunctional precursor prepared from dihydroxybenzene and TEOS via acid catalyst. Three types of dihydroxybenzene isomers were used to study the effect of the position of the hydroxyl groups on textural properties of aerogels and compatibility of the precursors. A simple, efficient, and cost effective sol-gel method was employed to develop porous aerogels with no additives. Hydroquinone-TEOS (HT) bridged silica aerogels exhibited improved mechanical strength, low dipole moment, high specific surface area (1154 m^2/g), high porosity (96%), low density (0.061 g/cm^3), and ultra-low thermal conductivity of 0.0334 W/m·K. The prepared aerogels show hydrophobic nature without the use of harmful silylating reagents.

Acknowledgement: This work was supported by the Human Resources Development program(No.20174030201720) of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry and Energy.

P1-G2-69 Enhancement of Mechanical Strength for Silica Aerogel Hybridized with Organic Binder Materia

유기 바인더와의 복합화를 통한 실리카 에어로겔의 기계적 강도 강화

이규연*, 김태희, 김영훈, 박형호. *연세대학교*

Aerogel is promising future material because of large surface area with a 3-dimensional network of particles, low thermal conductivity, low density, high porosity and low dielectric constant. However, aerogel has low specific mechanical strength. Compositization with organic material is one of the solutions because organics are prime components which have non-brittle mechanical property with lot of hydrocarbon bonds. Due to these, organics can chemically connect with silica sol, so it is possible to show enhanced mechanical properties. In this research, the silica-based organic binder was hybridized with silica aerogel to functionalize it. Organic binder can be hybridized with silica sol which has reactive functional group. After this step, it is possible to prepare organic binder-silica composite aerogel with enhanced mechanical strength. The obtained composite aerogel was analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy. The surface morphology was analyzed by scanning electron microscopy. The surface nature was analyzed using contact angle measurement.

Acknowledgement: This work was supported by “Korea-Africa Joint Research Programme” grant funded by the Korea government (Ministry of Science, Technology & ICT) in 2017K1A3A1A09085891. This work was supported by the Human Resources Development program (No. 20174030201720) of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry and Energy.

P1-G2-70 Phenyl Modified Silica Nanofiber/Silica Aerogel Composite Synthesized by Co-precursor Method

공동 전구체법으로 형성된 페닐기 개질 실리카 나노화이버/실리카 혼성 에어로겔

김태희*, Rushikesh P. Dhavale, 이규연, 김영훈, 정해누리, 박형호. *연세대학교*

Aerogels are widely known as nanoporous materials with unique physical properties such as high surface area, high porosity, and remarkable thermal and acoustic insulation performance. The present

work deals with development of robust and super-hydrophobic silica aerogels with low thermal conductivity. SiO_2 aerogels are prepared using supercritical drying in combination with silica nanofibres, modified using phenyl-based silica co-precursor. In this approach, silica gel filled in the gap of silica fibers and anchored with silica fiber tightly via the –Si-O-Si- network. The silica nanofiber and SiO_2 aerogel matrix have dispersibility due to presence of silica in the formation of nanofibres and aerogel matrix. The high specific area is exhibited by amount of fiber incorporated in aerogel matrix, which aids in control of nanofibres. The obtained silica nanofiber/silica aerogels composite were systematically analyzed by using several characterization techniques to reveal the relation between micro pore structural characteristics and the mechanical properties.

Acknowledgement: This work was supported by "Korea-Africa Joint Research Programme" grant funded by the Korea government (Ministry of Science, Technology & ICT) in 2017K1A3A1A09085891. This work was supported by the Human Resources Development program (No. 20174030201720) of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry and Energy.

P1-G2-71 Phase-controlled Synthesis of MoO_3 Nanorods by Hydrothermal Method and Their Electrocatalytic Activity

수열합성법을 이용한 MoO_3나노로드의 상 조절 합성 및 전기촉매 활성

홍대현*, 김명규, 최윤혁. *대구가톨릭대학교*

MoO_3 nanostructures have been extensively investigated for applications in various electrochemical devices such as (photo)catalysts, gas sensors, and lithium ion batteries. Such MoO_3 have three stable phases of orthorhombic α-MoO_3, monoclinic β-MoO_3, and hexagonal h-MoO_3 at room temperature. Despite numerous studies, the electrochemical properties of each phase were rarely reported. In this work, we could independently obtain α-phase, h-phase, and their mixture of MoO_3 nanorods in the form of powder upon various hydrothermal reaction conditions, modulating pH and temperature. Their morphology, size, crystal structure, phase, chemical composition, and oxidation state were characterized by field-emission scanning electron microscopy (FE-SEM), high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM), X-ray diffraction (XRD) method, Raman spectroscopy, and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Subsequently, the MoO_3 nanorods with the different phases have been integrated on conductive carbon fiber papers (CFPs) for electrochemical analysis. Consequently, the electrocatalytic properties involving the oxygen evolution reaction (OER) through water splitting will be comparatively discussed for each phase of the MoO_3 nanorods on this presentation.

P1-G2-72 Direct Integration of Amorphous Molybdenum Oxide Nanoarchitectures on Carbon Fiber Papers by Chemical Vapor Deposition and the Modulation of their Structure and Electrocatalytic Activity by Thermal Annealing

화학증착법을 이용한 탄소섬유종이 기판위에 비정질 몰리브데늄 산화물 나노 구조의 직접 제조 및 열적 어닐링을 통한 구조와 전기촉매 활성의 조절

김명규*, 홍대현, 최윤혁. *대구가톨릭대학교*

Molybdenum oxide nanostructures have been widely used for applications in various electrochemical devices such as (photo)-catalysts, gas sensors, solar cells, and lithium ion batteries. In this work, the amorphous molybdenum oxide nanoarchitectures have been directly integrated in the form of hierarchical nanostructure on conductive carbon fiber papers (CFPs) by chemical vapor deposition using ammonium molybdate tetrahydrate as a precursor. Upon annealing up to 500°C, the crystallinity was enhanced with a phase change into α-MoO_3 for the nanoarchitectures attached on individual carbon fibers (~6 μm in diameter) of CFP. We have carefully investigated the electrocatalytic properties involving the oxygen evolution reaction (OER) through water splitting for the nanoarchitectures. The results will be demonstrated on this presentation. The structural characterization has been performed by thermogravimetric analysis and differential scanning calorimetry (TGA–DSC), field-emission scanning electron microscopy (FE-SEM), high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM), X-ray diffraction (XRD) method, Raman spectroscopy, and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).

P1-G2-73 In Situ Formed Graphene Oxide-polyacrylic Acid Composite Cage on Silicon Microparticles for Lithium Ion Batteries via Esterification reaction

그래핀 산화물과 바인더 사이의 에스터화 반응을 통한 리튬 이온 배터리 마이크로 사이즈 실리콘 음극 안정화

정철호*, 홍성현. *서울대학교*

The increasing demand for large scale energy storage devices such as electric vehicles requires the development of high performance lithium ion batteries. While silicon has been recognized as a promising anode candidate attributed by its high theoretical capacity, its poor cyclability caused by tremendous volume change during cycling inhibits the Si from being commercially used.

Although various nanostructures have been proposed as a method to achieve high-performance Si anodes, complex synthesis process with difficulty for scaling up hinders the practical applications. Thus, the inexpensive and commercially available silicon microparticles (SiMPs) are considered as an alternative anode material. However, the micro-level volume change of SiMPs has the stronger tendency to pulverize during cycles compared to Si nanostructures, which induces the severe capacity decay less than ten cycles.

Herein, we demonstrate stable SiMP anode with a high reversible capacity of over 2300 mAh g^{-1} after 200 cycles at a current density of 1000 mA g^{-1}, can be manufactured through the formation of mechanically robust covalent between carboxylic acid group (–COOH) of PAA binder and hydroxyl group (–OH) of graphene oxide (GO) through an esterification reaction, which completely encapsulated the SiMPs. The ester bonded GO-PAA cage confined the pulverized SiMPs within and maintained the structural integrity by restraining GO detachment and massive Si agglomeration during cycling.

P1-G2-74 Photodegradation Property ofTiO_2 Nanotubes Doped with Various Metal Ions

다양한 금속 양이온이 도핑된 산화티탄 나노튜브의 광분해 특성

이득용[1]*, 김배연[2]. [1]*대림대학교*, [2]*인천대학교*

Metal ion (M=Er, Nb, Al) doped TiO_2 (M-TiO_2) nanotubes were prepared using a sol-gel derived electrospinning to investigate the effect of cation type on the photocatalytic activity of M-TiO_2 nanotubes for methylene blue (MB). M-TiO_2 nanotubes were electrospun by using two immiscible liquids through a dual concentric nozzle (17G-23G), followed by selective removal of the cores, to increase the specific surface area. The photocatalytic activity of MB was examined as a function of cation type by using a pyrex photoreactor and an UV-vis spectrophotometer. Among the M(Er, Nb, Al)-TiO_2 nanotubes, the highest photodegradation of MB (~100%) was observed for the Al-TiO_2 nanotubes calcined above 600°C. X-ray diffraction (XRD) results revealed that the Al-TiO_2 nanotubes were composed of anatase (45~46%) and rutile (53~55%). The Barrette-Emmett-Teller (BET) surface area and the degradation kinetic constant were 213 m^2/g and $3.3 \times 10^{-2}\ min^{-1}$, respectively. The Al-$TiO_2$ nanotubes calcined above 600°C exhibited MB degradation (100%) compared to that of the TiO_2 nanotubes (27%) mainly due to the larger BET surface area.

P1-G2-75 Highly Modified Cathode Structure for Enhancing Solid Oxide Fuel Cell Performance

SOFC 양극 특성 극대화를 위한 양극 구조 디자인

남궁연*, 홍재운, 배호한. *전남대학교*

The interesting in reducing the operating temperature of SOFC has been continuously arisen due to the massive growth of the electrical device industry. However, the issues have remained, such as falling off in performance due to especially cathode performance declining. It is treated as the most crucial stumbling block to adopting this promising technology into the flow of the improved current industry. So, there are several approaches to enhance cathode performance coping with the decrease in performance. Most of the cases, the researches are concentrating on the modification of cathode morphology by applying catalytic additive to enhance cathode reaction and enlarge TPB length. Recent research also suggests that there is a chance to improve cathode characteristics by modifying the dense interface layer between cathode and electrolyte to intensify electrochemical reactions. In this work, the two methods were applied, which are combustion and chemical solution deposition (CSD) method to not only address the issue but also achieve high enough performance. The cathode mother-material is $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$, and from the combustion method, $Sm_{0.5}Sr_{0.5}O_{3-\delta}$ nanoparticle was introduced. CSD method introduced $La_{0.1}Sr_{0.9}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ thin layer, which is the interlayer between cathode and electrolyte. SEM observed the cathode design made up of both two ways, and the performance also observed by taking EIS and I-V curve at three different temperature ranges with 50-celsius interval, 450~550°C.

P1-G2-76 Study of Alumina Based 3D Printing Materials for the Functional Grade Properties in Gas Insulated Switching Gear Spacer

경사기능성 구현을 목적으로 하는 알루미나 기반 고전압 가스절연개폐장치 스페이서용 3D프린팅 소재 개발

윤범진*, 강영심. *전자부품연구원*

가스절연개폐장치 (GIS)는 송-배전 단계의 고전압 전기의 통전과 차단 역할을 담당하는 핵심 부품이다. 중전기 산업의 설비 비용중 설치 및 부지 비용이 큰 비중을 차지하는 바, GIS의 form factor를 줄이는 일은 전체 비용의 감소를 위해 매우 중요하다. 경사기능 구조로 제작된 GIS spacer는 전체 GIS의 크기를 약 30% 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 완벽한 경사기능 spacer를 제작하기 위해서 3D 프린팅 기술이 매우 유용한 전략이며, 본 연구에서는 3D 프린팅 공정을 통해 경사기능성 가스절연개폐장치 스페이서 제작을 위한 광경화성 알루미나-에폭시 복합물 3D 프린팅 소재를 개발 하였다. Bispheol 계 Epoxy 수지 및 Novolac계 Epoxy 수지가 광경화성 3D 프린팅 공정에 적합하도록 합성 되었으며, Base resin의 점도 조절을 위해 di- 및 multi- acrylate 화학물과 혼합되었다. 700 nm ~ 5 um 크기의 알루미나 입자가 합성된 광경화성 에폭시 수지와 혼합되었다. 개발된 소재는 광경화 3D 프린팅 공정을 통해 출력되었으며, 화학구조와 알루미나 입자의 입도, 함량에 따라 3.5 ~ 5.1 까지 변화되는 유전율로 조절할 수 있음을 확인 하였다. 유리전이 온도는 최대 145도 까지 측정되어, GIS spacer에 요구되는 기계적, 전기전, 열적 성능을 확보하였다.

* 본연구는 산업통상자원부가 지원하는 산업소재핵심기술개발 사업 "경사기능성 세라믹 적층제조기술을 이용한 초고압 GIS용 절연물 개발 (과제번호: 20001530)을 통해 수행되었음.

P1-G2-77 Rapidly Capture of Toxic Sulfur Molecules by Silver Ion Exchanged Zeolite Y

은이온 제올라이트를 이용한 독성황화물의 빠른 포집

손예림*, 김규린, 하자윤, 유현지, 곽민석, 김현성. *부경대학교*

Some sulfide compound has been a major risk factor for asphyxiation in Korea for the past five years. Detoxification of sulfide compounds through hydrolysis is a promising route because the hydrolysis product is relatively harmless, and formation of these compounds are the goal in the detoxification of sulfur compounds. This study describes the prompt capture and hydrolysis of a mustard gas simulant (2-chloroethyl ethylsulfide, CEES) by silver ion-exchanged zeolite. We believe that our study makes a contribution to the literature because it analyzes the high efficiency of (Ag+)n@Y in capturing and hydrolyzing CEES as well as mustard gas (HD), presenting a system with high detoxification efficiency for this dangerous chemical-warfare-agent (CAWs). We have investigated effective capturing and hydrolysis of sulfur toxic surrogate, CEES, at the room temperature using various types of zeolites. And we achieved the conversion yield for hydrolysis of CEES to be 100% within 5 min at room temperature.

P1-G2-78 Rapid Adsorption of Toxic Molecules Containing Sulfur Using Zeolitic Imidazole Framework

제올라이트 이미다졸 골격구조를 사용하여 유황 함유 독성 분자의 빠른 흡착

유현지*, 김규린, 하자윤, 손예림, 곽민석, 김현성. *부경대학교*

This study applies two isostructural zeolitic imidazolate frameworks (ZIF) to rapidly adsorb and remove toxic molecules containing sulfur such as sulfur mustard (HD). Because HD is extremely toxic molecules, some of the studies were conducted using an HD simulant, 2-chloroethyl ethyl sulfide (CEES), to understand the effect of solvent polarity on adsorption. Further, CEES and real HD were subsequently adsorbed and removed from aqueous solutions using ZIF-8 or ZIF-67. The adsorption abilities of ZIF-8 and ZIF-67 positively correlated with the polarity of the solvent. In addition, 97% of CEES was rapidly adsorbed by ZIF-8 and ZIF-67 within 1 min at 25°C in a 9:1 water/ethanol solution. ZIF-8 and ZIF-67 were also successfully fabricated

on cotton, which was removed more than 95% of contaminants from substrates contaminated with the toxic molecules containing sulfur. We believe that this work will encourage the development of ZIFs for various toxic molecules containing sulfur.

P1-G2-79 Characteristics of Nasicon-based Solid Electrolyte Sintered Using Hot-press for All-solid-state Batteries
전고상 전지 적용을 위한 고온 압축 공정에서 합성된 나시콘 기반 고체 전해질의 특성평가

이석희*, 송가영, 조형규. *한국세라믹기술원*

All-solid-state batteries (ASSBs) have attracted much attention because of their safety due to using non-flammable solid electrolytes. The ASSBs of two types (thin film and bulk types) have been reported to date. To improve performance of the ASSBs of bulk type, improvement of ionic conductivity for solid electrolyte is important. Besides many improvements of ionic conductivity for solid electrolyte, advanced solid electrolytes are needed. In this study, NASICON-based solid electrolyte has been studied. $Li_{1.6}Al_{0.5}Ti_{0.95}Ta_{0.5}(PO_4)_3$ (LATTP) solid electrolytes as lithium-ion conductor were synthesized using solid-state synthesis. They were sintered by hot-press process from 750 to 950°C. The solid electrolytes were investigated by mean of X-ray diffraction (XRD) to confirm their crystal structures as well as X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) was suited to study the detailed structures of the solid electrolytes. For determination of the total ionic conductivity, impedance measurements of the solid electrolytes were carried out in a temperature range from 25 to 200°C. The ionic conductivity of LATTP solid electrolyte sintered at 850°C showed 2.2×10^{-4} S cm^{-1} at room temperature with density of 97% of the theoretical density. In order to analyse the effects of hot-press sintering systematically, the detailed structures of solid electrolytes are discussed in detail.

P1-G2-80 Electrical Characterization of Halide Perovskite Thin Films Using Photo-Hall Measurement
Photo-Hall measurement를 이용한 페로브스카이트 전기적 특성 분석

이승민*. *고려대학교*

Interest in halide perovskite has also increased as the power conversion efficiency of halide perovskite solar cells has increased drastically, but much research on the electrical properties of halide perovskite is not progressing. Hall measurement is one of the useful tools to characterize electrical materials and has been contributed to developing the condensed matter physics. However, the halide perovskite thin films have a challenging issue to measure Hall effect due to high resistivity (> Giga ohm·cm) and low signal to noise ratio. In this study, we constructed the photo-Hall measurement system to overcome these problems and characterized the electrical properties of halide perovskite thin films using a function of light intensity and Hall coefficient. Photo-Hall measurement system is expected to be widely used in the analysis of high performance perovskite solar cells because it not only enables fast measurement but also obtains steady-state characteristics similar to the driving condition of solar cells.

P1-G2-81 Improvement of Lithium Metal Batteries by Methyl Acetate as a Co-Solvent in Carbonate-Based Electrolytes
카보네이트 전해질 기반 리튬 메탈 전지의 메틸 아세테이트 첨가 효과

명윤[1*], 김남용[2], 강현서[2], 이재원[2], 양민호[2]. *[1] 한국생산기술연구원, [2] 단국대학교*

We demonstrated the effects of MA as a co-solvent on formation of SEI on Li metal anode in carbonate electrolytes and the performance of the LMBs coupled with $LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$ (NCA) cathode. 1 M $LiFP_6$ in solvent mixture of ethylene carbonate (EC), FEC, and dimethyl carbonate (DMC) was selected as a standard system because they were beneficial for robust SEI formation on Li anode. The morphology and surface chemistry of Li deposits with increasing MA content after Li plating/stripping were characterized by ex-situ scanning electron microscopy (SEM) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), respectively. The electrochemical performances, such as galvanostatic charge/discharge, cycle stability, and rate capability of the Li//NCA cells were studied.

P1-G2-82 Enhanced Photoelectrochemical Water Oxidation Performance by Doping to $BiVO_4$ Photoanodes
도핑을 통한 $BiVO_4$ 광음극 소자의 광전기 특성 향상

이재명*, 정현석. *성균관대학교*

Photoelectrochemical (PEC) water splitting is spotlighted technology which produce hydrogen fuel. Among photoelectrocatalyst materials, Bismuth vanadate (BVO) has suitable optical properties such as band gap and band edge. However, PEC water oxidation performance is limited by poor electronic properties in bulk and OER kinetics in solid-electrolyte interface.

Herein, we demonstrate the Zn and Mo doped BVO photoanodes. In Mo doped BVO, we identify that Mo doping enhance electronic conductivity of BVO, facilitating charge separation in bulk. On the other hand, Zn doping increase ratio of surface chemisorbed oxygen than lattice oxygen at solid-electrolyte interface, reducing interfacial recombination rate. Optical properties was investigated using UV-vis spectroscopy and X-ray Photoelectron spectroscopy. In summary, we demonstrate that doping engineering enhance PEC performance for OER, which enables PEC technology to overcome efficiency limit and provide solution of environmentally friendly energy demand problem.

P1-G2-83 Overcoming Halide Segregation Through Thermal Press Treatment
열 프레스 처리를 통한 와이드갭 할로겐화물 상 분리 극복

최광*. *고려대학교*

Mixed halide perovskites has gained much attention as a top cell for tandem applications due to simple bandgap control and rapidly increasing efficiency. However, when bandgap is tuned above 1.6 eV with incorporation of Br^-, Photo-induced halide segregation is observed. Halide segregation induces problems of low open-circuit voltage and long term stability. We present a new method to reduce halide segregation of wide-gap mixed halide perovskite with a post-treatment method of thermal press with perovskite composition of $(FAPbBr_3)_{1-x}(FAPbI_3)_x$. We discovered that thermal press treatment on perovskite film suppresses halide segregation due to enhancement in morphology and grain structure. We fabricated a 2.0 eV bandgap device with 12% efficiency achieving a high open-circuit voltage of

1.35 V, and measured efficiency under continuous light irradiation for 25 minutes and maintained 94% of the initial efficiency.

P1-G2-84 Composite Anode of Protonic Ceramic Fuel Cells for Hydrocarbon Fuel

탄화수소 연료를 위한 수소이온전도성 세라믹 연료 전지 복합체 연료극 제조 및 안정성

신은경*, 박종성, 김순기. *명지대학교*

최근 연구에서는 수소이온 전도성 세라믹 연료전지 (protonic ceramic fuel cell, PCFC)에 대한 관심이 고조되고 있다. 기존의 산소이온 전도성 고체 산화물 연료전지(solid oxide fuel cell)와 비교하여 중 · 저온(673 K – 873 K)에서 활용할 수 있을 뿐만 아니라 높은 프로톤 전도성을 가져 전기 전도성을 갖기 때문이다. 이번 연구에서 Sr-doped $LaVO_3$ (LSV)를 포함하는 연료극에 CeO_2, Pd 촉매를 넣어 연료전지 성능을 측정한다. 이때, LSV에 dopant를 첨가하여 기존의 LSV와 비교해 탄화수소 연료조건에서 성능 변화 및 장기 안정성 등을 살펴본다. 화학적인 상 안정성을 XRD (x-ray diffraction)을 통해 살펴보고 half-cell의 시간에 따른 전극 분극 저항 변화 등을 관찰한다. 이를 통해 수소이온 전도성 세라믹 연료전지의 탄화수소 연료전지 성능을 향상시킬 수 있는 방법에 대해 고찰해 본다.

P1-G2-85 Ceramic Composite Cathode with Triple Conductors for Protonic Ceramic Fuel Cells

Triple conductor (수소이온,산소이온, 전자전도성 세라믹)을 이용한 연료전지 공기극 제조

남준태*, 박종성, 김순기. *명지대학교*

수소이온 전도성 세라믹은 최근 중저온 연료전지를 개발을 위해 활발히 연구되어 오고 있다. 수소이온 전도성 세라믹을 이용한 연료전지의 공기극에서는 기존의 산소이온 전도성 세라믹과는 달리 수소이온, hydroxyl ion 등이 산소이온과 만나 물을 생성하는 반응이 일어나며, 이를 위해서는 수소이온, 산소이온 및 전자가 모두 함께 움직일 수 있는 전도체 즉, triple conductor가 최적의 물질로 여겨지고 있다. 개발된 조성들은 대부분 single perovskite 또는 double perovskite 결정구조를 가지며, 이는 전해질을 구성하는 수소이온 전도성 세라믹과 같은 결정구조를 가진다. 이에 연료전지 및 공기극 제조 온도가 높을 경우, 전해질과 전극 물질간의 화학적 반응이 일어나기 쉽다. 이에 본 연구에서는 perovskite 결정구조를 가지는 triple conductor를 액상법으로 제조하고, 이를 다공성 전극 구조체에 함침하는 방법을 활용해 기존보다 낮은 온도에서 복합체 전극을 제조하고, 그 미세구조 및 성능을 비교한다.

P1-G2-86 Fabrication and Properties of Lithium Ion Conducting Organic/Inorganic Hybrid Solid Electrolytes

리튬이온전도성 유/무기 복합 고체전해질의 제조 및 특성평가

황해진*, 김강산인. *인하대학교*

이차전지 산업에서 리튬이온전지는 고가이지만 경량에 고에너지 밀도를 보유한 전원이란 장점이 있어 주목을 받고 있으며, 그 수요가 점차 증가하고 있다. 그러나 리튬이온전지는 액체 전해질을 사용하기 때문에 누액으로 인한 화재와 폭발의 위험이 크고 부피나 형태에 한계가 있어 이를 대체하기 위해 고체 전해질의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 고분자를 기반으로 하는 고체전해질은 액체전해질 또는 무기계전해질에 비하여 안정성 및 유연성을 갖는 특징이 있지만 이온전도도가 낮고 전극과 전해질 간의 높은 계면저항으로 인해 상용화에 어려움을 겪고 있다. 따라서 고분자계 고체전해질이 차세대 전고체전지에 적용되기 위해서는 이온전도도의 향상과 함께 계면 구조의 제어가 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 고분자전해질을 무기계(세라믹) 고체전해질과 복합화함으로써 고분자전해질의 이온전도도를 향상시키고자 하였다. 우선 Garnet 구조의 고체 전해질인 $Li_7La_3Zr_2O_{13}$ (LLZO) 분말을 합성하고 이를 polyethylene oxide (PEO) 기반의 고분자전해질이 용해된 슬러리에 첨가함으로써 고분자/세라믹 복합고체전해질을 제조하였고 그 첨가량에 따른 전기 화학적 특성 및 물리적 특성을 확인하였다. LLZO를 고분자전해질에 복합화함으로써 고체전해질 계면의 안정성이 향상되었고 내구성 및 이온전도도 등의 성능 또한 향상 가능하다는 것을 확인하였다.

P1-G2-87 Visually Interactive Pressure Sensor Using Thermochromic Display

열변색 디스플레이를 이용한 시각상호작용형 압력센서

김태영*, 김광묵, 조성준, 심우영. *연세대학교*

Pressure sensor has huge potential in interface devices for healthcare and IoT (internet of things) device. As a Promising human-machine interface device, human readable readout corresponding to external stimuli is essential for pressure sensor to achieve Intuitive user experience. Visually recognizable readout is intuitive for human, which can express both a magnitude of pressure and place being pressed. Here, we present visually pressure-mapped pressure sensor using multilayered thermochromic panel and resistive pressure sensor. In this study, we developed maze-shape microstructured PDMS array to make resistive pressure sensor with high spatial sensitivity and multilayer PDMS composite made by functional micro- and nano particles. By coupling them, electrical response of device can be converted to optical readout by heat as medium. To verify pressure mapping capability, we demonstrate pressure dependent dot writing and 3D force touch note that suggests potential uses as future electronics.

P1-G2-88 Ceramic Composite Anodes for Protonic Ceramic Fuel Cells

수소이온 전도성 세라믹 연료전지용 산화물 복합체 연료극 설계

황성현*, 박종성, 김순기. *명지대학교*

수소이온 전도성 세라믹은 산화물 결정 격자안에서 수소이온이 움직일 수 있는 이온전도체로서 기존의 산소이온전도성 세라믹에 비해 중저온에서 이온전도성이 우수하여 중저온용 연료전지 개발에 응용하고자 최근 활발히 연구되고 있다. 수소이온전도성 세라믹을 활용한 중저온형 연료전지 개발을 위해서는 중저온에서 작동가능한 우수한 전극의 개발이 요구되며, 이중 수소 및 탄화수소등 다양한 연료 조건하에서 작동하는 연료극의 개발이 중요하며, 많은 경우 니켈 금속과 수소이온 전도성 세라믹 산화물의 복합체인 Ni-Cermet을 연료극으로 사용하고 있다. 본 연구에서는 Ni-Cermet을 대체할 수 있는 산화물 복합체 연료극에 대한 연구로써, 산화물 복합체 연료극을 구성하는 수소이온전도성 세라믹, 전기전도성 세라믹 및 촉매의 역할에 대해 고찰하고, 특히 이들 중 복합체 연료극을 구성하는 수소이온전도성 세라믹의 조성의 최적 설계에 대한 연구 내용을 보고한다.

P1-G2-89 Development of Nanoporous Copper Electrode for Electrochemical Reduction of CO_2 in Aqueous Solution

Mayur Gaikwad*, Rohini Kanase, 강순형. *전남대학교*

In recent years, the electrochemical or photoelectrochemical conversion of CO_2 into fuels and variety of reducing products such as methane, ethane, formic acid, methanol, ethanol. Copper-based materials have been demonstrated for reduction of these products has received significant attention. In this work we present development of nanoporous Cu electrocatalyst using alloying-dealloying approach through thermal evaporation method. Copper-Aluminium (Cu_x-Al_y) alloy were formed, chemical dealloying was immersed in aqueous NaOH solution for removing aluminium at room temperature. Due to the high surface area of porous nanostructured catalyst is increases the electrochemical active sites and it act as efficient electrocatalyst. Highly dense and compact porous morphology was confirmed by FE-SEM images. Furthermore, electrochemical properties of the films were confirmed using cyclic voltammetry (CV) and linear sweep voltammograms (LSV) in CO_2 saturated 0.5M aqueous $KHCO_3$ electrolyte which shows high current density (mA/cm^2 V vs. RHE). Finally qualitative gaseous products (mol) and their faradaic efficiency (%) obtained by gas chromatography at different applied potential.

P1-G2-90 Chemical Integration of Iron Vanadate Thin Films via SILAR and Insights on their Photoelectrochemical Properties

Mayur Gaikwad*, 강순형. *전남대학교*

Photoelectrochemical (PEC) water splitting is an attractive and sustainable approach to produce the clean energy. Iron vanadate ($FeVO_4$) is emerging as novel and promising n-type Fe-based semiconductor for PEC water splitting due to its favorable bandgap and sufficiently low valence band position with excellent chemical stability. Herein, the preparation of $FeVO_4$ thin films via facile successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method have been reported. The synthesized thin films were characterized for their structural, surface morphological, optical, photo electrochemical and charge transport properties. From X-ray diffraction study, formation of pure anorthic phase of $FeVO_4$ after annealing at 550 ^oC has been confirmed. The FE-SEM micrograph reveals the formation of the dense closed pack $FeVO_4$ grains on the substrate surface. EDAX result verify the high purity of $FeVO_4$ composition with the presence of stoichiometric Fe, V and O contents. The optical band gap values about 2.1 eV reveals the absorption of broader visible light. Also, the PEC performance and charge transport properties have been explained in detail.

P1-G2-91 Photo and Electrochemical Studies of Bismuth based Photoelectrode for Solar Water Splitting

Das Pran Krisna*, Maheswari Arunachalam, 강순형. *전남대학교*

According to the requirments, photoelectrode properties including proper band gap to absorb visible light, efficient charge carrier separation to prevent recombination and thermodynamically proper valence band edge position that provides sufficient overpotential, have significant influence on PEC water splitting performance. Bismuth-based photoelectrodes are promoting preferable interest for PEC water splitting due to their suitable band gap, nontoxicity and unique electronic structure. Here, we have synthesized photoelectrodes using simple spin coating technique on FTO substrate. PEC properties of photoelectrodes examined under light illumination (100 mW/cm^2) using different electrolytes with various pH ranges. In order to minimize the poor PEC performance, we used effective strategies to obtain the highest photocurrent density. Furthermore, the advantages and drawbacks of photoelectrodes, the role of photoelectrochemical and advanced spectroscopic techniques will be discussed in detail.

P1-G2-92 Sintered Bulk Zirconium Carbide and Uranium Alloy Fuel Melt Casting Parts of Reactivity Evaluation
지르코늄 카바이드 벌크 소결체와 우라늄 합금 연료 용해주조 부품 반응성 평가

오석진*, 정경채, 국승우, 김기환, 박정용. *한국원자력연구원*

이론적으로, Zirconium Carbide는 텅스텐 및 지르코늄, 흑연 등과 유사한 우수한 화학적 저항성을 지녔으며, 고온 고진공 상태에서 장점을 지니고 있다. 현재 주로 사용하고 있는 우라늄 합금 용해주조는 흑연부품을 사용하고 있지만 일부 원소는 고온에서 반응성으로 인한 대체 소재를 개발하고 있으며 소재 중에서 ZrC 벌크 및 코팅 소재는 용해 부품의 반복 재사용이 가능할 것으로 예상하고 있다. ZrC를 활용한 금속연료 도가니 및 주형 부품 개발에 관한 적합성을 보고자 ZrC 세라믹 소결 벌크 기판위에 우라늄 합금(U-10Zr-5RE) 시편을 용해하여 반응성 현상을 관찰하였다. 반복 재사용 가능한 세라믹 부품 소재개발은 용해주조 반응의 안정성으로 폐기물량 감소 및 건전한 합금 제조가 기대된다. 실험 조건은 1500℃에서 용해 시간에 따라 초기 진공 분위기를 유지한 후 불활성 분위기에서 반응 용해를 실시하고 ZrC와 우라늄 합금의 반응계면은 SEM으로 미세조직을 관찰하였고 EDX에 의한 원소분석 및 XRD로 상(phase) 분석을 실시한 결과 유지 시간에 따른 일부분 반응층 결과가 관찰되었다. 이는 연구에 사용된 벌크 ZrC의 소결 첨가제 성분 확인과 소결제 무첨가 ZrC 코팅층 시편 등을 상호 비교하여 무반응 ZrC 신소재 개발 방향을 확인하여야 할 예정이다.

P1-G2-93 Functional Blocking Layer of Twisted Tungsten Oxide Nanorod Grown by Electrochemical Anodization for Photoelectrochemical Water Splitting

Das Pran Krisna*, 강순형. *전남대학교*

The twisted WO_3 nanorod (T-WO_3 NR) photoanodes are potential candidates for the anodic part of a solar water-splitting device that produces hydrogen fuel and oxygen from water. The twisted WO_3 nanorods (T-WO_3 NRs) were grown via the electrochemical anodization of tungsten foil in a fluorinated-based electrolyte and the morphology of the films was controlled by the anodization conditions. The synthesized WO_3 layer was composed of two distinct layer; the twisted WO_3 nanorods (T-WO_3 NRs) as an active layer for the PEC reaction and another compact WO_3 (C-WO_3) layer which acts as a blocking layer (BL) for the charge transport. As increasing the anodization time, the thickness of the twisted WO_3 nanorods (T-WO_3 NRs) layer approach to be almost same to approximately 700 nm, but the blocking layer is gradually increased 91 nm at 1 min to 633 nm at 120 min in post-thermal annealing. Unexpectedly, the anodic WO_3 film having the compact layer with a thickness of about 475 nm exhibited the highest PEC performance, corresponding to the photocurrent density (J) of 0.75 mA/cm^2 at 1.23 V vs. reversible hydrogen electrode (RHE) (abbreviated as 1.23 V_{RHE}), subsequently followed by the anodic WO_3 film having a less thick compact layer. Furthermore, the etched T-WO_3 NR film using 0.03 M NH_4OH solution showed a little bit improved J value, resulted from the

increased active area for the water oxidation reaction. The functionality of compact layer as well as the surface modification by the wet etching process would be discussed in detail.

P1-G2-94 All-solution-processed Si-based Photoanodes for Highly Efficient Water Splitting
효율적인 물분해를 위한 전용액공정기반 실리콘 기반 광전극
이솔아*, 장호원. *서울대학교*
Developing carbon-free hydrogen production by photoelectrochemical (PEC) water splitting is a promising pathway to deal with the increased energy demands and deleterious environmental issues derived from the usage of fossil fuels. Silicon, which is the second earth-abundant element and small band-gap material, is an applicable candidate for an efficient solar water splitting photoelectrode. However, Si-based photoelectrodes have been faced with poor stability and require large external bias due to its unfavorable band position.

Herein, we report the all-solution processed Si-based photoanodes via facile electrodeposition method. The pyramidal n-Si photoanodes via chemical etching method showed decreased light reflection and introducing efficient Ni-based oxygen evolving catalysts protect the silicon surface and showed high catalytic activity. The Si photoanode showed low onset potential of 1 V vs. RHE (at 1 mA/cm^2) which generated large photovoltage.

P1-G2-95 Transparent Capacitive Pressure Sensor having Micro-structured Surface with Embedding Nanoparticles
나노 입자가 내장된 미세구조 표면을 통한 투명 용량압력센서
조영준*, 김혜온, 김광묵, 김태훈, 심우영. *연세대학교*
Highly sensitive and transparent pressure sensors are important for engineering the electronic skin that perceives mechanical stimuli. Recent advances reveal routes to exploit the micropatterned dielectrics so as to control compression behavior and thereby enhance the sensing performance of the devices, but generally are opaque and haze due to light scattering at the microstructured surfaces. In this study, we propose a new, fundamentally simple approach to fabricating nanoparticle-embedded pressure sensors that contains a dielectric layers with transparent SiO_2 nanoparticles making the surface rough, but reducing the haze at optimum particle sizes, thus providing high sensitivity and transparency.

P1-G2-96 NiFe Layered Double Hydroxide for Efficient Water Splitting Anode
효율적인 물분해 산화전극을 위한 NiFe 수산화 이중층수산화물
최승균*. *서울대학교*
Most of the technologies in moderndays rely on fossil fuels. However it causes many environmental problems including global warming, huge amount of carbon emission.

Photoelectrochemical water splitting is rising as proper future alternative energy since it is clean, renewable and has unlimited sources. Two reactions occur in water splitting process, hydrogen evolution reaction (HER) and oxygen evolution reaction (OER). Overcoming overpotential and slow kinetics in each process is major challenges. This research focused on photoelectrode catalysts for OER process. OER is four electrons contained reaction and it has sluggish kinetics and high over potential. So it is the main rate determining process in water splitting reaction.

Layered double hydroxide has been known as promising catalysts for water splitting OER. It has high electrocatalytic activity, good electrochemical durability, low cost, material flexibility. Especially in electrocatalytic activity, it shows small onset potential, large aniodic current density.

This research fabricated NiFe layered double hydroxide on silicon substrate through electrodeposition process. It showed good photoelectrochemical ability and stability. Further researching this layred double hydroxide for photoelectrochemical electrode catalysts will yield highly efficient water splitting by overcoming OER process.

P1-G2-97 Ultrathin Bi Nanoflake Fabricated by Pulse Electro-deposition as Highly Selective Catalysts for Electrochemical Reduction of CO_2 to Formate
펄스 전착을 통해 제작 된 Ultrathin Bi Nanoflake 촉매를 이용한 포름산에 높은 선택성을 갖는 이산화탄소 전기화학적 환원 촉매
홍대명*. *포항공과대학교*
Bismuth catalyst is a good candidate for producing formate via electrochemical reduction of CO_2. But, commercial Bi catalysts (powder or plate) show poor conversion efficiency at a moderate potential because the side reaction of the hydrogen evolution reaction is so strong that H_2 becomes the major product. Here, we report a facile fabrication of Bi nanoflake with pulse electrodeposition as highly selective catalysts for electrochemical reduction of CO_2 to formate. The effect of pulse voltage on morphology of the Bi nanoflake and electrochemical property was investigated. The pulse voltage of 80 $mV_{Ag/AgCl}$ with 6 pulse cycles successfully produces ultrathin Bi nanoflakes. The finite-element-based simulation shows that the two-dimensional geometry with large lateral dimensions and ultrathin thickness can localize a strong electric field at the corner site of the flakes, thereby resulting in facilitating efficient reduction of CO_2 to formate. As a result, formate faradaic efficiency of the Bi nanoflakes showed over 90% at −0.8 V_{RHE}. Also, the formate production rate reached 69 $\mu mol/cm^2/h$ at −0.8 V_{RHE}. The pulse electrodeposition provides highly dense and uniform and tailored nanostructures in the large area without the requirements of high vacuum or high temperatures processes.

P1-G2-98 Neuron-like Energy Harvesting
신경세포를 모사한 에너지 하베스팅
김성순*, 심우영. *연세대학교*
A neuron is an electrically excitable cell that communicates with other cells via synapses. These electrical signals are mostly generated by ion movement, referred to the cellular transport, across a cell membrane with exceptional characteristics: high ion selectivity and fast ion diffusion kinetics. In this research, we will present the implementation of this foregoing concept of neuron-inspired ion transport, using inorganic materials as a fast ion-diffusion channel with high selectivity, to build the electrostatic potential difference between reservoirs. All the chemical energy of chemical compounds ca be converted into electrical energy without paying “Second law tax”, and therefore is comparable to the power generated by human neurons. This work

represents a step toward a promising but simple passive power generation design for practical energy harvesting apparatus.

P1-G2-99 Transparent Thermal Shielding Film Including Chalcogenide Nanoparticles

칼코지나이드계 나노입자를 적용한 투명 열차단 필름

장병권*, 김남훈. *(주)앰트*

기존 열 차단 필름에 사용되고 있는 인듐주석산화물(indium tin oxide, ITO), 안티몬주석산화물(antimony tin oxide, ATO) 및 세슘이 도핑된 텅스텐 산화물(cesium doped tungsten oxide, CTO) 등은 고가의 원소를 포함하며, 이는 열차단 필름 제품의 단가를 결정하는 주요 인자로 작용한다. 또한 국내 수요의 대부분을 전량 수입에 의존하고 있으며, 해외 업체의 특허권 독점에 의한 소재의 수급 및 가격 불안정성이 존재하기 때문에, 가격 및 성능에서 경쟁력이 있는 새로운 신규 소재의 개발이 절실히 요구되고 있다.

에너지 절감 및 효율 향상을 위하여 주택, 건축물, 자동차 등 열 차단용 유리 관련 산업 전반에 널리 사용할 수 있는 칼코지나이드계 신조성 개발을 위해 대량 생산을 위한 전구체 개발 / 칼코지나이드계 조성에 적합한 coating 기술 개발 / 나노입자-고분자간 하이브리드화 기술 등의 핵심 기술을 확보 하여, 높은 가시광 투과율과 높은 적외선 차단율의 특성을 지닌 열 차단용 필름 소재를 개발하였다.

P1-G2-100 Effect of Thermally Decomposable Spacers on Graphene Microsphere Structure and Restacking of Graphene Sheets During Electrode Fabrication

정준희*, 노광철. *한국세라믹기술원*

Graphene has been proposed as a suitable material for electrodes in electrochemical double layer capacitors because of its excellent properties. However, a drawback is the irreversible restacking tendency of graphene during electrode preparation which, consequently, decreases the electrochemically accessible surface area. Therefore, to preserve the electrochemically accessible surface area of graphene, the development of controllable graphene structures with restacking-resistive property is highly desirable. In this work, spherical graphene with high restacking-resistive property during the re-dispersive process are synthesized using ionic liquid (IL), 1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide as a decomposable spacer. During graphene assembly, the IL is not only used as a guide to obtain a spherical morphology, but also as a spacer that prevents restacking of graphene oxide (GO). Through our experiment, it was observed that, during the thermal treatment of spherical GO/IL to reduce GO to reduced graphene oxide (rGO), the IL could not only prevent restacking of GO sheets, but also protect its spherical morphology from the gas explosion generated by the reduction of GO. In particular, spherical rGO/IL has high surface area of 474 $m^2 g^{-1}$ and high restacking-resistive property such that it lost only 5% of its initial surface area after soaking in NMP, which exhibit high specific capacitance.

P1-G2-101 Multimodal Porous Carbon Derived from Ionic Liquids: Correlation Between Pore Size and Ionic

정준희*, 노광철. *한국세라믹기술원*

In this proof of concept study on the synthesis of ionic liquid (IL)-derived multimodal porous carbon using ionic clusters of different sizes as porogens, the carbonization behaviors of binary IL mixtures of 1-ethyl-3-methylimidazolium dicyanamide (EMIM-dca) and 1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl) imide (EMIM-Tf_2N) were systematically investigated to demonstrate the formation of multimodal porous carbons with hierarchical structures originating from the ionic cluster porogens. The multimodal porous structures of the resulting IL-derived porous carbons were characterized based on the quenched solid density functional theory, and the role of the ionic clusters as porogens is discussed. From the viewpoint of green and sustainable chemistry, the IL-based synthesis using ionic clusters as porogens is a simple, effective, and sustainable technique for synthesizing multimodal porous carbons with hierarchical structures. To the best of our knowledge, this is the first study demonstrating that a multimodal porous structure of IL-derived porous carbons could be systematically manipulated with the aid of ionic clusters of different sizes as porogens.

P1-G2-102 $Li_4Ti_5O_{12}$/N-doped Graphene Composite Using Cyanamide Both as Nanospacer and a Nitrogen Doping Source

정준희*, 노광철. *한국세라믹기술원*

A $Li_4Ti_5O_{12}$(LTO)/N-doped reduced graphene oxide (RGO) composite is proposed using dual functional nitrogen doping source to prevent RGO restacking and achieve uniform nitrogen doping on RGO sheets to increase the rate performance of high-rate lithium ion batteries. The pore structure (both meso- and macro pores) is developed when RGO restacking is prevented, facilitating electrolyte ion diffusion to active sites with lower resistance. Uniform nitrogen doping on RGO sheets with high nitrogen contents provides additional free electrons to the sheets, resulting in increased electronic conductivity. Cyanamide is used as the nitrogen doping source for the N-doped RGO as well as a nanospacer between the RGO sheets. In the composite, the nitrogen content of the RGO sheets is 2.3 wt%, which increases the electronic conductivity of the composite to 1.60 S cm^{-1}. The specific surface area of the composite is increased to 35.8 $m^2 g^{-1}$. Thus, the composite structure with the N-doped RGO sheets and porous secondary particles has high electrical conductivity and high ion accessibility. The LTO/N-doped RGO composite demonstrates excellent electrochemical performance with a low resistance of 48.4 Ω, a high specific capacity of 117.8 mAh g^{-1} at 30 C, and good cycle stability.

P1-G2-103 Rational Design of $Li_4Ti_5O_{12}$/Carbon Composite to Achieve Superior Rate-capability Via Enhanced Lithium-ion Transport Across Carbon to Oxide

정준희*, 노광철. *한국세라믹기술원*

Coating oxides with conductive carbon is a widely used strategy to improve the rate capability of oxides by enhancing their electronic conductivity. However, there is a growing concern that a carbon layer may hinder lithium-ion transport to oxides, thus limiting the rate capability. Nonetheless, this issue has not yet been thoroughly investigated, and whether lithium-ion transport across a carbon layer does indeed limit the rate capability remains unclear. To single out the effect of lithium-ion transport across a carbon layer on the rate capability, we propose the rational design and synthesis of nano-perforated graphene (NPG)-wrapped oxide composites using commercial $Li_4Ti_5O_{12}$ (LTO) (a particle diameter of ~70 nm), wherein

the NPG has nano-perforations on the basal plane of graphene. As the number of nano-perforations in the composites increases, the rate capability significantly increases. For example, NPG-wrapped LTO shows a specific capacity of 117.9 mAh g^{-1} at 100C and could be stably charged–discharged even at 300C. The excellent rate capability is mainly due to the enhancement of lithium-ion transport through the nano-perforations of NPG. Cyclic voltammetry and impedance analyses reveal that the improved rate capability of NPG-wrapped LTO is closely associated with an increase in the area of electrochemically active sites of LTO in the composite due to the enhanced lithium-ion transport through the nano-perforations of NPG, indicating that lithium-ion transport across a carbon layer could limit the rate capability of oxides coated with highly conductive carbon. These salient results will provide further impetus to the design and synthesis of novel high-rate carbon-coated oxides.

P1-G2-104 Nano-perforated Graphene-wrapped $Li_4Ti_5O_{12}$ for High-performance Hybrid Supercapacitors

정준희*, 노광철. *한국세라믹기술원*

Nano-perforated graphene with nano-holes has numerous electrochemically active sites and an open porous structure, imparting a higher electrocatalytic activity and faster electron and ion transport compared with basal planes in graphene. Herein, nano-perforated graphene-wrapped $Li_4Ti_5O_{12}$ is applied in hybrid supercapacitor as an anode. In addition, nano-perforated graphene is also applied in hybrid supercapacitor as a cathode. Nano-perforated graphene facilitates faster electron/ion transport through the nano-perforations and possesses more electrochemically active sites originating from the edge sites. The enhanced rate capability of the nano-perforated graphene-wrapped $Li_4Ti_5O_{12}$ can be attributed to the nano-perforations, because they enhance lithium-ion transport across the graphene to $Li_4Ti_5O_{12}$. The enhanced specific capacity of nano-perforated graphene can be attributed to its edge sites, because an additional electric double-layer is formed at the edges. We successfully design a hybrid supercapacitor consisting of the nano-perforated graphene-wrapped $Li_4Ti_5O_{12}$ and nano-perforated graphene. The hybrid supercapacitor delivers a maximum energy density of 117.3 Wh·kg^{-1} at a power density of 0.1 kW·kg^{-1}, and a maximum power density of 19.7 kW·kg^{-1} is achieved at an energy density of 43.1 Wh·kg^{-1}. The outstanding energy and power density demonstrate the increased rate capability of the battery-type electrode and specific capacitance of the capacitor-type electrode.

P1-G2-105 High Capacity Aluminum-air Battery with Sparked Graphene Oxide/Silver Nanoparticle Cathode.

스파크된 산화그래핀/은나노입자 환원극을 적용한 고용량 알루미늄 공기전지

이상원*, 최상진. *연세대학교*

There is growing interest in high-performance energy storage systems to meet the strong needs for high-energy-density and high-power devices. Metal-air battery systems could offer a low cost, environmental friendliness, and outstanding energy-storage capability. In particular, aluminum-air batteries are attractive systems due to their safe and energy-dense property. However, actual performances of them are far below the theoretical performances. Here, we show aluminum-air batteries adopting a sparked graphene oxide/silver nanoparticle cathode. The spark reaction makes the graphene oxide very porous structure that can provide a wide oxygen diffusion path. Moreover, silver nitrate is co-reduced by the reaction and becomes a silver nanoparticle which acts as a catalyst for the oxygen reduction reaction. The resultant aluminum-air cell shows very remarkable electrochemical performance and enough power to turn on 19 LEDs simultaneously when connected in series. This work represents an advancement in aluminum–air batteries using a facile one-step spark reaction concept, showing a practical applicability of aluminum-air batteries.

P1-G2-106 Bi islands on *β″*-Alumina for Low Temperature Na-BASE Batteries

저온 Na-BASE 배터리를 위한 β "-알루미나의 비스무트 아일랜드 코팅

배지홍[1*], 진단아[1], 박윤철[2], 정기영[2], 심우영[1]. *[1]연세대학교, [2]Research Institute of Industrial Science & Technology*

Wetting Na metal on the solid electrolyte of a liquid-Na battery determines the operating temperature and performance of the battery. Poor liquid Na wettability near its melting temperature imped the low-temperature sodium-beta alumina batteries (NBBs).

Herein, we develop an isolated metal-island strategy that can improve sodium wetting in NBBs that allows operation at lower temperatures. Our results suggest that *in situ* heat treatment of a solid electrolyte followed by bismuth deposition effectively eliminates oxygen and moisture from the surface of the solid electrolyte, preventing the formation of an oxide layer on the liquid sodium, leading to enhanced wetting. We also show that employing isolated bismuth islands significantly improves cell performance, with cells retaining 94% of their charge after the initial cycle, an improvement over cells without bismuth islands. These results suggest that coating isolated metal islands is a promising and straightforward strategy for the development of low-temperature sodium-beta alumina batteries.

P1-G2-107 Sn-assisted Periodic Cu Tip Nanostructures for Selective and Efficient Electrochemical CO_2 Reduction

규칙적인 패턴을 갖는 Sn-assisted Cu tip 나노구조를 활용한 고효율 고선택성 CO_2 환원

임진욱*. *포항공과대학교*

Nanostructured metal catalysts to convert CO_2 to CO have been studied over decades. Cu nanowires decorated with Sn have large surface area and high catalytic activity toward CO generation, but it is difficult to identify the relation between nanostructures and catalytic activity of CO_2 reduction. Herein, we fabricated Sn-assisted periodic Cu tip nanostructures to understanding the effect of nanostructure on selectivity of catalysts. Electromagnetic simulations show increase in the electric field at the Cu tip as the radius of curvature of the tip decreases. This localization of the strong electric field at the tip leads to improved CO Faradaic efficiency (75%) compared to the flat Cu-Sn (20%) at -0.6 V_{RHE}. Also, current density increased from −1.0 to −2.0 mA/cm^2 at −0.6 V_{RHE}, thereby resulting in the highest CO production rate of 30 μmol/cm^2 hr. Detachment of catalysts from the substrate was not observed even after a long-term (12 h) electrochemical measurement at high potential (−1.2 V_{RHE}). This study would provide design rule of the earth-abundant and bimetallic metals that can be

utilized as a highly selective electrocatalyst for the efficient reduction of CO_2 to fuel.

P1-G2-108 Reduced Graphene Oxide Sheets for the Wetting of Liquid Na Anode on the Solid Electrolyte
고체 전해질에 대한 액체 Na 전극의 습윤을위한 환원 된 그래핀 옥사이드 시트

진단아[1*], 이해곤[1], 박윤철[2], 정기영[2], 심우영[1]. *[1]연세대학교, [2]Research Institute of Industrial Science & Technology*

As the importance of renewable energy grows, Sodium/*β*"-alumina (BASE) cell has been recognized as one of the most effective energy storage device because of its high specific energy, high efficiency of charge/discharge and long cycle life. For better operation of Sodium-BASE cell, poor wettability of electrolyte on liquid sodium anode should be enhanced.

We fabricated 'sodiophilic' reduced GO sheet as a Na-wetting layer in the anode of Na-BASE cell. Thermal reduction and expanding of interlayer gaps of GO sheets triggered by contact with liquid sodium carefully controls the density of oxygen-functional group and produce nano and microscale gaps that host liquid sodium. Liquid sodium can infuse into the interlayer spacing of the reduced GO sheets and rapidly cover the entire surface area of the sheet due to the high affinity between Na and residual oxygen-functional group of reduced GO and capillary force produced by the nano and microgaps. These characteristics give rise to stable cycling with low overpotential of Na-BASE battery.

P1-G2-109 Understanding the Improved Electrochemical Properties of Li_2O-$2B_2O_3$ Coated $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ for Lithium-ion Batteries
리튬이차전지용 Li_2O-$2B_2O_3$ 표면 코팅된 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ 의 전기화학 특성 향상 연구

채지수*, 노광철. *한국세라믹기술원*

A Li_2O-$2B_2O_3$ coated $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ cathode active material was synthesised to enhance the thermal stability of $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ electrodes used in lithium ion batteries. The Li_2O-$2B_2O_3$ coating prevented the surface of the $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ electrode from being directly exposed to the liquid electrolyte, thereby suppressing the dissolution of Mn from the electrode surface into the electrolyte and the undesirable formation of a solid-electrolyte-interphase layer. The surface-coated electrode showed 81% capacity retention during high-temperature (60°C) cycling. The results of the electrochemical impedance spectroscopy (EIS) indicated that the improved performance of the surface-coated electrode slowed the increase in cell impedance during cycling. The Li_2O-$2B_2O_3$ coating effectively slowed the surface of the $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ electrode from being directly exposed to the liquid electrolyte, thereby suppressing the dissolution of Mn^{3+} ions from the surface of the spinel cathode active material into the electrolyte. The Li^2O-$2B_2O_3$ coating will pave the way for improving the electrochemical cycling of various cathode active materials at elevated temperatures.

P1-G2-110 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ Cathode Via Carbon Combustion Method and $Li_4Ti_5O_{12}$ Anode for Lithium Ion Battery
리튬이차전지용 고전압 풀셀 개발

채지수*, 노광철. *한국세라믹기술원*

We investigated the electrochemical performance of the spinel compound $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ and $Li_4Ti_5O_{12}$. The $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ was synthesized by carbon combustion method as a cathode material. We used a commercial product $Li_4Ti_5O_{12}$ as an anode material in this work. The electrolyte was 1.15 M of $LiPF_6$ in EC-EMC-DMC (3:3:4). The $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$/ $Li_4Ti_5O_{12}$ full cells were designed to obtain negative-to-positive (N/P) capacity ratios. The thicknesses and loading densities of the positive and negative electrodes depended on the mass ratio of electrodes. The ratio was about 2:3. The assembled full-cell of $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$/ $Li_4Ti_5O_{12}$ exhibited good cycling performance between 1.5 V and 3.2 V. The capacity retention were 85% after 50 cycles.

P1-G2-111 A Biocompatible Implant Electrodes Capable of Operating in Body Fluids for Energy Storage Devices
체액에서 구동하는 에너지 저장장치

채지수*, 노광철. *한국세라믹기술원*

We have described the development of a permanent biocompatible electrode material for supercapacitors that circumvents the need for passivation by using body fluid electrolytes in an open configuration device. To reduce toxicity and improve capacitance, a composite of MnO_2 nanoparticles (NPs) embedded in multi walled carbon nanotubes (MWCNTs) serves as the positive electrode, and phosphidated activated carbon (pAC)—phosphidation enhances the biocompatibility—serves as the negative electrode. To minimize the risk of leakage and the limited operation life compared to other energy storage devices that contain toxic electrolytes, we applied this device to open systems using body fluids containing various ions (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cl^-, and HCO_3^-) as electrolytes with a minimal loss of capacitance. By assembling implantable devices with biocompatible two electrodes, our technique avoids the problem of performance degradation and toxicity which limits number of reactions which can be carried out in body fluids. The bio-functionalized two electrodes successfully are implanted in the body of rat that enables stable performance of supercapacitor using body fluids. These findings establish the plat form towards biocompatible and potential material for implantable energy storage device in implantable electronic medical devices.

P1-G2-112 Synthesis and Electrochemical Characterization of Manganese Oxide/Carbon Nanotube Composites for Supercapacitors
MnO_2/CNT의 합성 및 전기화학 특성 분석

채지수*, 노광철. *한국세라믹기술원*

Manganese dioxide (MnO_2) was coated on carbon nanotubes (CNTs) by simple immersion of the CNTs into a $KMnO_4$ aqueous solution. The morphology and microstructure of samples are examined by scanning electron microscopy (SEM), transition electron microscopy (TEM), X-ray diffraction (XRD) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Electrochemical properties are characterized by cyclic voltammetry (CV) and galvanostatic charge/discharge. Results show that a nanosized MnO_2 uniform layer covered the surface of the MWCNT and the original structure of the pristine MWCNT was retained during the coating process. The cyclic voltammetry curves demonstrate that the specific capacitance of the composite electrode

reaches 224 and 109 F g^{-1} at 1 and 200 mV s^{-1}, respectively, which is significantly higher than that of a pure MWCNT electrode.

P1-G2-113 Non-aqueous Quasi-solid State Electrolyte Based Electrical Double Layer Capacitors

슈퍼커패시터용 비수계 반고체 전해질 개발

채지수*, 노광철. *한국세라믹기술원*

Gel electrolytes have attracted increasing attention for use in solid-state supercapacitors. An ideal gel electrolyte usually solves several problems, including electrolyte leakage, corrosion of liquid electrolyte, and packing. In this study, these problems are addressed by conceiving and implementing a simple but effective method for the synthesis of a gel electrolyte for use in electric double layer capacitors [1-3]. For this, tetraethylammonium tetrafluoroborate in propylene carbonate is integrated into a poly(ethylene glycol)dimethacrylate polymer matrix, with azobisisobutyronitrile as a thermal initiator. By wrapping the supercapacitor with the non-aqueous quasi-solid electrolyte, the surface was solidified, reducing contact with moisture and oxygen in the air, thereby solving the problem of liquid electrolyte evaporation. This study implies that the quasi-solid electrolyte reduced contact with moisture and oxygen in air by solidifying of the surface, solving the problem of liquid electrolyte evaporation, while maintaining the ionic conductivity similar to liquid electrolyte. We anticipate that non-aqueous quasi-solid electrolytes can be considered as a competitive and applicable electrolyte for high-performance electrochemical devices.

P1-G2-114 Tailoring Catalytic Activity of Niobium Disuldes for Efficient Solar Water Splitting

NbS2 촉매 활성도 조정을 통한 효율적인 태양광 물분해

전상언*. *서울대학교*

Hydrogen gas is the promising energy source due to its environmetal properties. One of the reasons that extensive efforts have been devoted to developing the techniques to generate hydrogen gas is that the process itself is sustainable and has no evolution of CO_2.

As the catalysts of the cathode of PEC water splitting system, platinum group metals have good properties in terms of catalyst performance in general. Nevertheless, platinum group metals are so expensive that we need to investigate other materials for economical electrocatalysts such as MoS_2.

Niobium disulfides is one of the promising catalysts for efficient solar water splitting. The synthesized 2 dimensional layered NbS2 has lots of catalytic defect sites which improve the conductivity of material. NbS2/p-Si showed a low onset potential and the high photocurrent density for a photocathode.

P1-G2-115 Photoelectrochemical Water Oxidation Reaction of Anatase TiO2 Thin Film with Precisely Controlled Thickness

원자층 증착법을 활용한 두께 제어 TiO_2의 광전기화학적 물 산화 반응 최적화

양현우*. *성균관대학교*

Despite the symbolism of TiO_2 in photoelectrochemistry, its fundamental nanoscale properties in oxidation reaction have often reported inconsistent results. We demonstrated the simplest model of TiO_2 thin film (TF) for photoelectrochemical (PEC) oxidation reaction (OR) of water, which is constituted of Indium Tin Oxide (ITO) / TiO_2, by depositing it directly onto the substrate through Atomic Layer Deposition (ALD). 9 to 90 nm in thickness of TiO_2 TFs were fabricated and annealed for crystallization into anatase phase. Different thicknesses of TiO_2 TFs were characterized by electrochemical and optical measurements. From 200 to 1000 ALD cycles, current density of PEC water OR increased and started to decrease afterwards. Optical characterization with uv-vis spectroscopy and transient absorption spectroscopy found lifetime of trapped hole changes with different thickness of anatase TFs. This work provides insight in designing photoelectrode with TiO_2 that subtle control of thickness can have a significant effect on charge transfer.

P1-G2-116 Novel 2D RuO_2 Oxide Design

이차원 산화물 디자인 : RuO_2

정성엽*. *부산대학교*

Recently, low dimensional materials such as graphene, hexagonal boron-nitride, and transition metal dichalcogenides have emerged among the hottest classes of materials owing to their unique and promising properties for future applications. However, two dimensional (2D) complex oxides materials exhibiting highly strong interactions between spin, charge, lattice and orbital have not been actively investigated yet. Here, by combining genetic algorithm and density functional theory calculations, we designed novel 2D RuO_2 oxide, and its electronic structure and new physical properties will be presented and discussed along with experimental results.

P1-G2-117 Ultrathin α-Fe_2O_3 Photoanode with Particulate WO_3 Network as an Efficient Electron Extraction Layer for Photoelectrochemical Water Oxidation

삼산화텅스텐 전자수송층과 초박막 산화철(III) 코팅을 이용한 광전기화학 물분해

김은수*, 신현정. *성균관대학교*

Fe_2O_3 has been thought of as one of the most suitable material for the photoelectrochemical (PEC) water oxidation due to its appropriate band position and abundance in the earth. However, its short hole diffusion length (2~4 nm) make it difficult to use thick film of it as an absorber. In this study, ultrathin (~ 8 nm) α-Fe_2O_3 was formed using atomic layer deposition (ALD) with particulate monoclinic WO_3 networks as electron extraction layers. Only 8 nm of α-Fe_2O_3 layer has proven to be enough to get sufficient absorption, due to the transparent WO_3 backbone layer which enables multiple absorption at the lower α-Fe_2O_3 layers passing through it. ALD α-Fe_2O_3 layer acts as both absorber and protection layer. PEC responses of different layer configuration shows that majority of the incident light was absorbed at the α-Fe_2O_3 layer and the major role of WO_3 layer was to serve as a transparent electron conduction layer.

P1-G2-118 Fast Switching Thermochromic Display Using Molecular Printing

분자 인쇄를 사용한 고속 열 변색 디스플레이

원종범*. *연세대학교*

Reflective-type display using thermochromic materials offers several advantages over the conventional optoelectronic technology: a passive circuit element-driven simplified device layout, cost-

effectiveness, and clear visibility. An Inherent challenge of chromic displays is slow color transition, which results from the mass-dependent characteristic of chromic inks. A large mass of the thermochormic ink has a large heat capacity requiring more energy to induce color switching. A molecular printing using polymer pen array technique that can reduce the mass of the delivered ink, may offer the ability to effectively control the switching time in a spatially controlled manner.

Here, we demonstrate a method for molecular printing of a thermochromic ink with a low heat capacity, enabling an unprecedented, fast color switching without any optoelectronic elements. Molecularly printed ink is patterned on fabricated microheaters that induce transient local heat generation, facilitating local heating and cooling processes. Depending on the concentration of the thermochromic ink, i.e., the number of microcapsuled dyes in the form of a monolayer resulting in a low heat capacity, the chroma of the patterned ink could be increased. Using this technique, the thermochromic ink could be printed over centimeter scales, with CMYK (cyan-magenta-yellow-black) colors at a color-switching rate of 20–500 ms, to be integrated into the thermochromic device prototype for potential display applications.

P1-G2-119 Aluminum-air Battery with Shape-reconfigurability
형상가변형 알루미늄공기전지

최상진*, 김광묵, 문주호, 심우영. *연세대학교*

The battery shape is critical limiting factor affecting foreseeable energy storage applications. In particular, deformable metal–air battery systems could offer a low cost, low flammability, and high capacity, but the fabrication of such metal–air batteries remains challenging. Here, we show that a shape-reconfigurable materials approach, in which the deformable components composed of micro- and nanoscale composites are assembled, is suitable for constructing polymorphic metal–air batteries. We adopt an aluminum–air battery cell as an ideal platform, which involves three-electron transfer during discharging reactions. This cell is a great platform to test a shape-reconfigurable design because of easier handling, greater safety, and lower reactivity. Further, this approach is technologically unique in that it enables the realization of a 3D shape change, which has never been observed for aluminum–air batteries. This significant deformability results in a specific capacity of 128 mA·h/g per cell; calculated from the total mass of anode (496 mA·h/g per cell; based on the mass of consumed aluminum), and a high output voltage (10.3 V) with 16 unit battery cells connected in series. The resulting battery can endure significant geometrical distortion such as three-dimensional stretching and twisting while the electrochemical performance is preserved.

P1-G2-120 Vertically Aligned MoS_2 Thin Film Catalysts Decorated with Metal Sulfide for Efficient Solar Water Splitting
금속 황화물이 장식된 수직배향 이황화몰리브덴 박막을 이용한 효율적인 태양광 물 분해

김창연*, 최석훈, 이태형, 서준민, 홍구택, 장호원. *서울대학교*

Global warming, caused by greenhouse gases, has been emerging as one of the biggest environmental issue. The raising temperature could be very harmful to us and our earth. The greenhouse gases, such as carbon dioxide, methane, nitrous oxide, is emitted through the burn of fossil fuels. Therefore, new eco-friendly energy source that can be replaceable the fossil fuel is needed to be developed. The solar water splitting has been attractive to promising approach.

In this study, we deomonstrated vertically aligned molybdenum disulfide (v-MoS_2) thin film decorated with Ni-Fe sulfide nanoparticles through one-step sulfurization of metal thin film precursor using chemical vapor deposition method for solar water splitting.The physical property of the Ni-Fe sulfide nanoparticles changed between the metallic and semiconducting property by the different Ni/Fe thickness ratios in precursor. The Fe-doped Ni_3S_2 Nanoparticles/v-MoS_2/p-Si photocathode exhibited large onset potential shift of 0.63 V vs. reversible hydrogen electrode (RHE) with respect to bare p-Si photocathode and a photocurrent density as high as 25.44 mA/cm^2 at 0 V vs. RHE. The band energy diagram of the heterostructure between Fe:Ni_3S_2, v-MoS_2, and p-Si showed the metallic Fe:Ni_3S_2 induced downward band bending at the surface of v-MoS_2, which facilitated the efficient transport of photogenerated electrons to the surface from the p-Si.

P1-G2-121 Synthesis of Sodium Metal Fluoride Nanoparticle Clusters Through Solvothermal Method
용매열 합성법을 이용한 소듐금속불화물 나노입자 클러스터 제조

천진녕*. *한국세라믹기술원*

소듐금속불화물(Na_xMF_y)은 독특한 자성 및 전기화학 특성과 결정구조를 갖는 금속 화합물로, 최근에는 리튬 및 소듐 이온전지 양극 활물질과 연료전지 촉매 등으로의 활용 가능성 또한 연구되고 있다. 이러한 소재 적용 분야에 있어 넓은 계면 확보, 빠른 이온 확산 및 전자 전달 측면에서 나노 구조의 도입은 중요하다고 할 수 있는데, 소듐금속불화물에 대한 연구는 아직 초기 단계로 소재 형상 제어를 위한 합성법 개발 연구 또한 미흡한 상황이다.

이에 본 연구에서는 저가의 금속체와 간단한 공정을 기반으로 한 용매열 합성법을 통해 다양한 종류의 소듐금속불화물을 나노입자 클러스터 형태로 제조하는 합성법을 개발하였다. 에틸렌 글리콜(ethylene glycol)을 용매로 하여 금속 염화물과 아세트산 나트륨, 구연산 나트륨, 불화암모늄 용액을 투입 한 뒤, 200도의 온도에서 열처리하는 방법으로 불순물 없이 균일한 형상을 갖는 소듐코발트불화물($NaCoF_3$) 나노입자 클러스터를 먼저 성공적으로 합성하였다. 그리고 용매열 반응 온도 및 시간, 필수 첨가제인 구연산 나트륨의 투입량이 소재의 순도, 형상과 균일성에 미치는 영향을 고찰하였다. 이를 통해 불화 나트륨(NaF) 등이 불순물이 없으면서, 나노입자 클러스터 구조가 잘 발달되어 소재가 높은 표면적을 갖고, 입자 형상 및 크기가 균일한 형태를 갖기 위해서는 상기 실험 변수의 최적화가 필요함을 확인하였다. 그리고 상기 최적화된 소듐코발트불화물 합성법을 바탕으로, 합성에 사용되는 전이금속 전구체의 종류 변경을 통해 소듐망간불화물($NaMnF_3$), 소듐니켈불화물($NaNiF_3$), 소듐철불화물(Na_3FeF_6) 등 다양한 종류의 소듐금속불화물 또한 나노입자 클러스터로 손쉽게 합성 가능함을 확인하였다.

P1-G2-122 Sea-Sponge Structure of Lead-Free Piezocomposite Energy Harvesters and Sensors
무연 압전 에너지 하베스터 및 센서의 해면 구조

박지슬*, 정창규. *전북대학교*

The elastic composite-based piezoelectric energy-harvesting technology is highly desired to enable a wide range of device applications,

including self-powered wearable electronics, robotic skins, and biomedical devices. Recently developed piezoelectric composites are based on inorganic piezoelectric fillers and polymeric soft matrix to take advantages of both components. Despite these strengths, weak stress transfer to piezoelectric elements and poor dispersion of fillers in elastomer matrix are crucial weakness. In this paper, a highly enhanced piezo-composite energy harvester (PCEH) is developed using a three-dimensional electroceramic skeleton by mimicking and reproducing the sea-porifera structure. This new mechanically strengthened PCEH will be a key to solve the problems which was conventionally problem of piezo-composite generator, and enhance responsibility of piezoelectric energy-harvester. Biomimetic PCEH device is able to generate voltage about 16times higher than conventional PCEH. It also can be applied to current density and prompt power density. In this point, the biomimetic PCEH has more advantage than previous randomly dispersed particle-based PCEH. This work broadens further developments of the high-output elastic piezo-composite energy harvesting and sensor application with biomimetic architecture.

P1-G2-123 Preparation of SiOx/C Composite from Waste Silicon Sludgy for the High Capacity Si Anode

폐 실리콘 슬러지를 이용한 고용량 실리콘소재 음극 SiOx/C 합성

김도훈[1,2*], 왕성은[1], 장건호[1], 정대수[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 부산대학교*

Over 40% of silicon (Si) is consumed as waste Si sludgy consisting of Si, SiC, and Fe in mixed in D.I. water based cutting fluid during Si wafer slicing in semiconductor and solar cell fabrication. Recently, Extracting Si particles from waste Si sludgy has been a great concern because the Si particles are promising high capacity anode materials in LIBs.

In this work, we report spray drying process as a synthesis method of SiOx/C composite particles. This process has been used to produce particles bearing complex interior structures. Particularly in this study, Si NPs recycled from waste Si sludgy were included in the precursor solution as a source of Si nanodomains in SiOx and it was optimized to control the Si domain size and Si-to-O ratio. Furthermore, carbon surface coating was readily achieved during spray drying and post-thermal treatment.

This work was supported by the Industrial Core Technology Development Program (10080656).

P1-G2-124 Designing the metallic grids using electrohydrodynamic (EHD) jet printing for high performance of IT-SOFC

고성능 중저온 고체산화물 연료전지를 위한 전기수력학젯프린팅을 이용한 금속격자구조 설계

최민기*, 이원영. *성균관대학교*

Interface engineering at electrolyte/cathode is one of the most crucial issue to achieve the highly performing cathode of solid oxide fuel cell (IT-SOFC). Among the various technic to conduct the interface engineering, we approached the precisely printed metallic grids in a pitch size of ~50 μm with various metals such as Silver (Ag), Nickel (Ni), and Aluminum (Al) using electrohydrodynamic (EHD) jet printing process which was previously commercialized printing process on the large scale application. To assess the effect of those metallic grid structure on the interfacial properties, we performed the electrochemical impedance spectroscopy (EIS) in the IT regime of 650-500 °C, resulting the substantially reduced polarization resistance of 2-8 fold compared with non-printed cathode. In addition, electrochemical analysis involving the tafel analysis, activation energy, and careful impedance fitting were performed and it could specifically regulate that the roles of metallic grids on the oxygen reduction reactions can be specified with electrical conductivity and catalytic effect of each metal. Lastly, we achieved the ~670 mW/cm^2 at 650°C with the Ag grid, which is ~1.8 times higher than bare SSC cathode without Ag grid. Through those results, it can provide the in-depth understanding of role of metallic grids on the oxygen reduction reactions at interface and promise of grid structure with various metals for highly performing cathode of intermediate temperature solid oxide fuel cells.

P1-G2-125 Growth of Conductive Cu-MOF Around Silicon Nanoparticles as an Efficient Anode Material for High Capacity Lithium Ion Batteries

NAZIR AQSA*, 박찬진. *전남대학교*

Academic research is competing for the ever growing requirement of battery materials for portable electronic devices. The utmost dare is the production of high capacity, low cost material for the next generation, high-performance lithium ion batteries (LIBs).

To date, Silicon (Si) has been emerging as a promising anode material owing to its high theoretical specific capacity (4200 mAh g^{-1}), low operation potential, natural abundance and environmental friendliness. The long-term cycle life of Si material, however, still becomes a significant challenge due to its high pulverization. Nevertheless, to control the Si anode capacity fading and maintain long-term life span to a level, which can be comparable to that of commercial graphite anode, a breakthrough is needed.

In the present work, we propose utilization of conducting copper metal organic framework (Cu-MOF) as conductive coating for silicon nanoparticles with the aim of enhancing capacity cycle life for LIBs using Si@Cu-MOF anode instead of the commercial graphite anode. The open channels of MOF not only facilitates transfer of electrons, but also composite electrode shows high structural stability. As a result, the capacity of Cu-MOF-coated Si anode will be enhanced dramatically. The optimized Si@5Cu-MOF can deliver an initial discharge/charge capacity of 3201/2511 mAh g^{-1} at a current rate of 0.1C. The obtained results demonstrate outstanding electrochemical performance of the Si@Cu-MOF as a potential anode material for new generation LIBs.

P1-G2-126 $Ti_2FeNiSb_2$ Quaternary Double Half-Heusler Alloy: A New Phase Thermoelectric Material with Low Thermal Conductivity

$Ti_2FeNiSb_2$ 더블 하프호이슬러 합금 : 낮은 열 전도도를 가진 새로운 상의 열전 소재

Hasan Rahidul[1*], Woo Hyeong Sim[2], Hyung Mo Jeong[2], Lee Kyu Hyoung[1]. *[1] 연세대학교, [2] 강원대학교*

Recently, a new phase of $X_2Y'Y''Z_2$ alloys have been explored, which termed as quaternary double half-Heusler alloy. This phase revealed the F**4**3m symmetry during Rietveld refinement, which represent the

half-Heusler alloy group. A single phase of powder and bulk $Ti_2FeNiSb_2$ quaternary double half-Heusler alloys has been synthesized as a representative of this new phase via vacuum arc melting followed by spark plasma sintering/vacuum hot-pressing process. Thermoelectric properties of bulk $Ti_2FeNiSb_2$ sample was investigated in a wide temperature range. Experimental considerations reveal that $Ti_2FeNiSb_2$ would be a promising thermoelectric material for mid-to-high temperature power generation, which possesses very low lattice thermal conductivity (κ_L ~3.5 $Wm^{-1}K^{-1}$ at room temperature) compared to its corresponding ternary TiNiSb (κ_L~10 $Wm^{-1}K^{-1}$) half-Heusler alloy. Moreover, simultaneous increase of absolute Seebeck coefficient and electrical conductivity translate improved power factor of ~0.6 $mWm^{-1}K^{-2}$ which ensures intrinsic maximum thermoelectric figure of merit ~0.22 at 873 K for this new system.

P1-G2-127 Synthesis of Porous and Hollow Carbon-CNT Composite and Application for Cathode Materials in Li-S Batteries
다공성 및 중공 구조의 카본-탄소나노튜브 복합체의 합성과 리튬 설퍼 배터리의 양극 물질로의 적용
박기대*, 강윤찬. *고려대학교*
전도성 카본 나노 구조체는 리튬-설퍼 배터리의 양극제를 위한 담지체로써 이상적인 구조체로 평가 받고 있으며, 최근 다양한 연구결과들이 보고되고 있다. 다양한 전도성 카본 중 탄소 나노 튜브(CNT)는 전형적인 1D 구조로 높은 전기 전도성과 강한 인장력으로 전극물질에 우수한 카본 물질로 평가 받지만, CNT 자체는 작은 사이즈의 설퍼를 담지할 수 있는 포어 공간을 가지고 있지 않기 때문에 CNT의 장점을 가지며 충분한 설퍼 담지 공간을 가질 수 있는 복합체 형태의 탄소 나노 구조체 개발이 활발히 보고 되고 있다. 본 연구에서는 에어로졸 공정을 통해서 1D 구조의 CNT를 3D 구조의 산화철-카본-CNT의 복합체 형태로 합성하였고, 합성 된 분말을 환원 공정과 에칭 과정을 통해 최종적으로 다공성 및 중공 구조의 카본-CNT 복합체를 합성하였다. 합성 된 샘플은 리튬-설퍼 배터리의 양극제로써 전기화학적 특성을 평가하였을 때 안정적인 사이클과 우수한 레이트 특성을 발휘하였다.

P1-G2-128 First-principles Studies of Flexoelectric Effect in Corrugated Two-dimensional Materials
이차원 물질에서 변전효과의 제일원리계산 연구
진영록*. *부산대학교*
The flexoelectricity, the spontaneous electrical polarization induced by a strain gradient, is one of the very exotic physical phenomena because it can develop huge piezoelectricity even in centrosymmetric materials. Here, by combining density functional theory calculation and mathematical analysis, we find that the great flexoelectricity-related spontaneous out of polarization can be generated in the corrugated two-dimensional materials. The flexoelectricity in 2D materials is highly sensitive to the corrugation strength and tunable by adjusting the curvature at the nm scale. The correlation between curvature, flexoelectricity and resulting out of plane polarization will be presented from many different 2D materials and associated underlying mechanism will be addressed in detail.

P1-G2-129 Effect of Formation of CMC Layer on Silicon Nanosheets Electrode for Li-ion Batteries
박상원[1*], 하정훈[2], 조병원[2], 최헌진[1]. [1] *연세대학교*, [2] *한국과학기술연구원*
Silicon (Si) has received a lot of attention as a high-capacity anode material in Li-ion batteries due to the high theoretical capacity of 4,000 mA g^{-1}. However, practical application of Si anodes is seriously hindered by its fast capacity fading during the cycling as a result of volume expansion. Therefore, much studies is needed in the design of binder systems with nano-sized Si. In this study, we fabricated carboxymethyl cellulose coated SiNS (CMC-SiNS) electrodes using a spin-coating process and characterized the electrochemical properties. Si nanosheets (SiNS) are promising candidates for anodes of lithium ion batteries (LIBs) by their large surface area and excellent mechanical durability. The CMC–SiNS electrodes were homogeneously covered with a CMC polymer layer and showed the enhanced capacity retention with maintaining over 90% of initial capacity after 200th cycles. The electrochemical impedance spectroscopic characterization indicates that the CMC layer provide the chemical stability of SiNS and suppress the continuous growth of the SEI layer. It also shows that the CMC layer provide a mechanical stability that maintains the adhesion of SiNS to the current collector along the cycle. Achieving chemical and mechanical stability of SiNS by CMC coating makes these CMC-SiNS as promising candidates for anodes of high performance LIBs.

P1-G2-130 High Temperature Reactions of Sacrificial Ceramic Materials for Core Catcher
코어캐쳐용 희생 세라믹소재들의 고온물성
이병우*, 홍일곡, 문성욱, 김기호. *한국해양대학교*
The stabilization of molten corium in the event of a severe accident on nuclear reactor is an important issue that prevent a late containment failure of basement penetration, overpressure, or severe damage of internal structures. The failure may result in significant long-term radiological contaminations and high cleanup costs. Therefore, the ex-vessel melt retention system (core catcher) is highly requested. Sacrificial materials (SM) are covered on the core catcher. The SM materials react with corium directly and lower the corium temperature, and lower the melt reactivity to prevent penetration of structures and breakage of containment vessel. Fe_2O_3, Al_2O_3, and SrO have been chosen as the main SM components. Fe_2O_3 is used for Zr and U oxidation at its interaction with the core melt, while the main function of Al_2O_3 and SrO is to reduce the oxide melt density. Therefore, the Sr-ferrite, $SrFe_{12}O_{19}$, has been developed to meet the requirements for the SM materials. The Sr-ferrite, however, is not a stable component and lowers eutectic temperature too much with the other SM materials and structural concrete components. The needs for the efficient and reactive SM that will lead to the overall endothermic reaction with the molten corium are demanded. For the new SM, hydroxyapatite is developed and adopted. In the present study, a comparative study on the high temperature stability of the new SM composition of hydroxyapatite and the existing Sr-hexaferrite was investigated.

P1-G2-131 Pressure Sensor on Paper Substrate with Roughness-enabled High Sensitivity
종이의 거친 표면을 활용한 고감도 압력센서

김광묵*, 이길수, 이재홍, 이태윤, 심우영. *연세대학교*
Fabrication strategies that pursue “functionality” for a device and “simplicity” for the production process, in general, are difficult to be achieved at same time. We present a conceptually different approach utilizing the roughness of paper to acheive a capacitive pressure sensor with high sensitivity comparable to sensors produced by costly microfabrication processes. Contrary to previous researches which need an artificial forming process, all three parameters in the context of a capacitor (i.e., electrode area, electrode separation and dielectric constant) are simultaneously controlled by utilizing surface curl and roughness, which maximizes the sensing capabilities. We utilize a writing activity with a pencil and paper, which enables the construction of a fundamental capacitor that can be used as a flexible capacitive pressure sensor with high pressure sensitivity and short response time and that it can be inexpensively fabricated over large areas.

P1-G2-132 Enhanced Thermoelectric Properties of P-type Skutterudite $YbFe_3NiSb_{12}$ by Carrier Concentration Optimization
캐리어 농도 최적화를 통한 P형 Skutterudite $YbFe_3NiSb_{12}$의 열전특성 향상
정민석[1*], 탁장렬[2], Nguyen Van Du[3], 남우현[3], 서원선[3], 문경석[1], 조중영[3]. *[1]경상대학교, [2]성균관대학교, [3]한국세라믹기술원*
열전변환현상은 폐열을 이용하여 전기를 생산하는 친환경적인 기술로 많은 연구가 진행되고 있다. 산업체 또는 차량 등 에서 600 K 온도대역 미사용 폐열이 다량 존재하고 있어, 이를 활용하기 위한 소재의 개발이 필요하다. 최근 Ni이 포함된 Skutterudite계 열전소재의 경우 600 K에서 높은 ZT 값을 가지는 것으로 보고된 바가 있다. 본 연구에서는 $YbFe_3NiSb_{12-x}Sn_x$ (x = 0.2, 0.5, 0.8, 1, 1.5, 2)의 Sn 도핑에 따른 캐리어 농도 최적화를 통한 열전특성 향상에 대하여 연구하였다. 샘플은 유도 용해, 열처리, 방전플라즈마 소결을 통하여 제조하였다. 도핑량이 증가함에 따라 캐리어 농도는 증가하였고 이동도는 감소하였으며, 이에 따라 전기전도도는 증가하고 제벡 계수는 감소하는 경향을 보였다. 반면, 열전도도는 Sn의 도핑량에 따라 크게 변화가 없음을 확인하였다. 이때 최대 출력 인자는 x=0.5일때 600 K에서 23.55 W/mk^2를 얻었다. 결과적으로 최대 ZT값은 x=0.5일 때 600 K에서 0.57로 나타났다.

P1-G2-133. Nano-structuring of $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ Toward High Thermoelectric Performance
$Bi_2Te_{3-x}Se_x$ 의 높은 열전 성능을 위한 나노 구조화
임상순[1*], 김광천[1], 박형호[2], 백승협[1], 김성근[1], 김진상[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]연세대학교*
Thermoelectric materials should have a high electrical conductivity and a low thermal conductivity simultaneously to realize high thermoelectric figure-of-merit ($Z=\alpha^2\sigma/\kappa$). However, the intimate coupling between electrical conductivity and thermal conductivity renders the enhancement of thermoelectric performance difficult. Nano-structuring of thermoelectric materials has been a major strategy to improve the thermoelectric performance because the phonon scattering at nano-grain boundaries effectively reduces the thermal conductivity without significant loss of electronic carrier.

Here, we propose a novel strategy with atomic layer deposition (ALD) for nano-structuring of $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ thermoelectric element to achieve a low thermal conductivity. The ALD technique is known to allow a precise thickness control at a sub-nm scale and have excellent conformality even on complex shaped substrate. Conformal ZnO layers were grown on the very fine $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ powders. The $Bi_2Te_{3-x}Se_x$/ZnO core-shell structured powders were sintered by a spark plasma sintering process and a hot-extrusion process. The ZnO-coated $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ thermoelectric element shows small grains compared to the uncoated $Bi_2Te_{3-x}Se_x$. The thermal conductivity is significantly decreased by the small grains and the thin ZnO layer at the grain boundaries. Consequently, the figure-of-merit of the n-type $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ is improved. Furthermore, the mechanical strength of the materials is enhanced by the ZnO ALD coating. Therefore, we believe that the nano-structuring of the $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ with ALD contributes to enhance thermoelectric performance of Bi_2Te_3-related materials.

P1-G2-134 Design and Fabrication of Wearable Thermoelectric Generator using Bi_2Te_3-based Alloys
체열 발전을 위한 Bi_2Te_3 계 열전소자 제조 및 발전 특성
정성진[1*], 신준철[1], 박형호[2], 김성근[1], 백승협[1], 김진상[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]연세대학교*
The energy generation of thermoelectric generator (TEG) module using human body heat has recently become a great issue in wearable electronics field. The operation of a wearable TEG can be performed by a small difference between air and skin temperature. Thus, we mainly focused on the extraction of high power output from the newly designed TEG modules in this study. Since the power output dominantly depends on the temperature difference in thermoelectric legs, optimization of the structure of generators is one of the most primary factors to maximize the power output. Here, we systematically investigated the optimum designs of the generators based on three dimensional model and experimental data. Bi_2Te_3-based alloys are used to prepare *n*-type and *p*-type thermoelectric legs. Finally, we were successfully able to determine optimum composition and size of *n*-type and *p*-type materials to generate high power output in this work. Therefore, we expect that our thermoelectric generators will be used in wearable electronics field in the near future.

P1-G2-135 Electrochromic Properties of Silver Nanowire-embedded Tungsten Tri-oxide Thin Films Fabricated by Electro-deposition
전착법으로 제조된 실버 나노와이어 임베디드 텅스텐옥사이드 박막의 전기변색 특성
박윤태*, 박재우, 이기태. *전북대학교*
Electrochromic is a phenomenon in which the optical properties are reversibly changed through the injection/extraction or oxidation/reduction of charges induced when an external voltage is applied. Electrochromic devices (ECDs) are used in applications such as smart glass, electrochromic mirrors, and electrochromic display devices. WO_3 is widely used among electrochromic inorganic materials due to its excellent memory effect and coloration efficiency. However, one of major issues is the low electronic conductivity of WO_3 resulting in slow coloration speed and poor cycle performance. In this study, we tried to improve the electrochromic properties by mixing Ag nanowires (Ag-NWs) with WO_3 thin films. Ag-NWs were deposited spin coating method on transparent electrode (FTO) followed by deposition of WO_3 using electro-deposition. XRD and FE-SEM measurements

were performed to confirm the structure and morphology of the thin film. Then, electrochemical and optical performance of Ag NWs-embedded WO_3 films have been evaluated by cyclic voltammetry (CV), chronocoulometry (CC), and transmittance measurement. Coloration efficiency (CE) was calculated from CC and transmittance data.

P1-G2-136 Electrical Properties of Cu_2O/TiO_2 Nanoparticles Embedded epoxy

Cu_2O/TiO_2 나노입자가 내재된 에폭시의 전기적 특성

김현[1*], 김영백[2], 양비룡[1]. [1]*금오공과대학교*, [2]*아이피텍(주)*

Epoxy resins have been applied to coatings, electronic devices, and adhesives for improved TiO_2 composites because of their outstanding tensile strength, adhesion strength, heat transfer resistance, and electrical resistance. The properties of cured epoxy resins are influenced by the kind of epoxy resin, curing agent, and curing method. This Cu_2O/TiO_2 nanoparticles embedded epoxy is characterized using photo-electro-catalytic CO_2 reduction reaction. Global warming and exhaustion of resources, resulting mainly from expansive demand of fossil fuels by continuously increasing population and industrialization of recently emerging developing countries, became an important issue in the world. Among representative CO_2 treatment processes (storage in waster coal layer, storage in aquifer, thermochemical catalysis, photochemical catalysis, photo-electrochemical reaction in a system etc.) reported until now, the sun light assisted conversion of CO_2 into small organic molecules is emerging and seriously considered, over the world, as a valuable eco-friendly route for CO_2 treatment. TiO_2 is recognized for its highly economical advantage, its chemical stability and its photo-active properties. It is a photocatalytic materials which, under certain conditions, like a coupling with a conductive graphene sheet, may produce highly valuable chemical products such as formic acid, methanol and methane by redox photo-conversion of CO_2. Among various CO_2 reduction products, methanol can be an alternative of gasoline. It can be also used as a cheap chemical reagent for the production of ethylene, propylene or more complex molecules in chemical industry. Finally, it can be used in fuel cells instead of hydrogen, reducing the dependency of this energy technology to liquefied fossil natural gas. It is expected that solar light-assisted CO_2 conversion in methanol will be increasingly significant as a solution for environmental problems, allowing the development of green economies and opening business opportunities.

P1-G2-137 Cu_2O/TiO_2 Nanoparticles on Mesoporous Media for CO_2 Reduction

이산화탄소 환원용 Cu_2O/TiO_2 나노입자/다공성 지지체

김현*, 양비룡. *금오공과대학교*

A CO_2 reduction has been attention because they change climate over the world through greenhouse effect which melt ice clusters then temperature of sea water change. Using TiO_2 photocatalysts to reduce CO_2 to useful chemicals has been studied due to their suitable conduction and valence band position that allow CO_2 reduction. We have studied several methods such as dip-coating, spin-coating and electro-deposition to deposit Cu_2O/TiO_2 nanoparticles on mesoporous media. From the preliminary morphological and photo-current studies, electro-deposition was found to be the appropriate method for the deposition of Cu_2O/TiO_2 nanoparticles. We then systematically investigated to obtain the optimum condition for improved photo-electrochemical properties by changing various factors like time, concentration, voltage, annealing temperature and media. Cu_2O/TiO_2 nanoparticles have shown superior activity under visible light irradiation and large reactive surface area. Finally, but most importantly efficiency of Cu_2O/TiO_2 nanoparticles on mesoporous media were comparatively studied by photo-induced CO_2 reduction test.

P1-G2-138 Electrochemical Properties of PAMPS Polyelectrolyte Containing Zwitterionic Silica Sulfobetaine for Supercapacitors

Zwitterionic Silica Sulfobetaine 를 포함한 전해질 제조 및 초고용량 커패시터 응용연구

고장면*, Vera Afumaa Afrifah, 최승훈, 윤충섭, 김용주. *한밭대학교*

A polyelectrolyte is made by combining Poly (2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid) (PAMPS) and Silica–sulfobetainesilane (SiSB) zwitterion for use in supercapacitors. The polyelectrolyte blend was used in symmetric cells and showed a specific capacitance of 261 Fg^{-1} at 10mVs^{-1} for the blend containing 10 wt% SiSB. The electrolytes with SiSB also showed increased ionic conductivity due to ionic channels created by the zwitterions enhancing the movement of ions in the electrolyte. This shows as synergy between the silica based zwitterion and the PAMPS which makes this polyelectrolyte blend a candidate for supercapacitors applications.

P1-G2-139 The Synthesis of Highly Porous Carbon Nanofiber Absorbent Using Polyvinyl Butyral from Waste Windshield for Water Treatment

폐유리의 폴리비닐부티럴을 이용한 수처리용 다공성 탄소 나노 섬유 흡착제 합성

박종철*, 김동완, 김재찬. *고려대학교*

폐자동차의 전면유리는 많은 발생량에도 불구하고 polyvinyl-(butyral) 필름 분리 공정 시 고비용이 발생하여 일반 유리와 달리 자원화가 어려운 실정이다. 하지만 polyvinyl(butyral) 폐기물 (폐 PVB) 재활용 기술은 전면유리의 재활용 비용을 상쇄하고 다양한 산업에 친환경 소재로 적용 가능한 잠재력을 가지고 있다. 최근 폐 PVB 소재화에 대한 연구가 에너지저장시스템, 고분자 혼성중합체 합성, 고순도 재활용 기술 등 다양한 분야에서 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 폐 PVB와 친환경 바이오 소재인 셀룰로스를 이용해 다공성 탄소 나노 섬유를 제조하였다. 본 혼성중합체 합성에는 electrospinning, carbonization 그리고 KOH activation 방법이 사용되었다. 합성 단계별 탄소 섬유 샘플의 형상, 입자크기, 흡착성능 등의 특성파악을 위해 주사전자현미경, 투과전자현미경, 자외서가시광선 분광기 등의 분석을 진행하였다. 분석 결과 합성된 나노 다공성 탄소 섬유는 평균 직경 700 nm을 가지며 defective graphitic layer를 함유한 것으로 나타났다. 또한, 합성된 탄소 나노 섬유는 높은 비표면적(698.1 $m^2 g^{-1}$)을 가지며 오염물질인 Rhodamine B 흡착 테스트에서 99.6%의 높은 흡착율을 보였다.

P1-G2-140 Nanocomposite of SiO_X@Carbon for Lithium Ion Battery Anodes with Cycling Stability

싸이클 안정성을 가진 리튬이온전지 음극재용 SiO_x@C 나노복합체

이승우*, 신동혁, 유명우, 박준혁, 송태섭. *한양대학교*
Silicon oxide (SiO_x) has been studied as an attractive anode material for lithium-ion batteries (LIBs) due to the high theoretical capacity up to 1500 mAh/g. However, poor electrochemical properties caused by the large volume change and low electronic conductivity of SiO_x have limited its practical use. Here, we report carbon coated SiO_x (SiO_x@C) synthesized by magnesiothermic reduction of lithium silicate. The carbon coating layer is uniformly coated using polydopamine as a carbon source. The prepared SiO_x@C shows the charging/discharging capacities of 1350/800 mAh/g at 0.2C, respectively. Furthermore, the SiO_x@C exhibits stable cycling performance, showing the capacity retention of 810 mAh/g over 100 cycles at 0.5C. We suggest the SiO_x@C as a promising anode material prepared by low cost and scalable methodologies for the high power and high energy density of LIBs.

P1-G2-141 Optoelectric Property and Flexibility of Tin-doped Indium Oxide (ITO) Thin Film

주석 도핑된 인듐산화물(ITO) 박막의 유연성과 광전도 특성

박희정*. *단국대학교*
투명전극은평판 디스플레이,광전지 및 투명 트랜지스터와 같은 전자 디바이스의 핵심 재료이다.대표적 투명전극인 주석-도핑된 인듐산화물 (ITO)은 전도성이 높고 투명하지만 세라믹 물질로유연성에 한계가 있다. 본 연구에서, 비정질의 매우 얇은 (<35 nm) ITO막을 고분자 기판 위에 sputtering을 이용하여 제조하고 이것의 광전도 특성을 조사하였다. 10 nm 두께의 ITO 필름도 제작하였다. 이들의 면저항(sheet resistance)은 0.7 kΩ/sq 이하였고 필름 두께가 증가함에 따라 감소하였다. 투과율은 ~550 nm 파장에서 80 %이상이었다. 흥미로운 것은 ~2 mm의 굽힘 반경(bending radius)에서도 면저항이 거의 변하지 않는 즉,유연성이 우수하였다는것이다.

P1-G2-142 Exploration of Stability Between Layered and Complex Structures as a Function of Composition in $PrBa_{1-x}Sr_xCo_{2-y}Fe_yO_{5.5}$

$PrBa_{1-x}Sr_xCo_{2-y}Fe_yO_{5.5}$에서 조성에 따른 층상구조와 복합구조의 안정성 탐색

김영철*, 조준영, 최인규, 김기영. *한국기술교육대학교*
ABO_3 페로브스카이트 (perovskite)는 A 자리 원소들이 규칙적으로 배열되는 층상 구조 (layered structure)와 규칙성없이 배열되는 복합구조 (complex perovskite)를 형성한다 [1]. $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$은 층상 구조를 이루며 고체산화물 연료전지 (solid oxide fuel cells)와 프로톤 세라믹 연료전지 (proton ceramic fuel cell) 공기극으로서 우수한 성능을 보여준다 [2,3]. 본 연구는 A 자리 원소인 Ba과 Sr의 조성과 B 자리 원소인 Co와 Fe의 조성의 변화에 따라 층상 구조와 복합 구조의 안정성이 어떻게 변화하는지에 관한 계산 연구이다. $PrBa_{1-x}Sr_xCo_{2-y}Fe_yO_{5.5}$에서 x와 y (x=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 그리고 y=0, 0.5, 1, 1.5, 2)를 변화시켜 총 25개의 조성을 정하고, 2 2 2 수퍼셀로 DFT를 이용하여 각 조성의 에너지를 계산하였다. 각 조성에서 가능한 원자배열의 경우의 수는 매우 크기 때문에 유전 알고리즘 (genetic algorithm)을 이용하여 각 조성에서의 최소 에너지를 추출하였다 [4]. x가 증가하면 층상 구조의 안정성이 낮아지며, y는 1일 때 층상 구조 안정성이 가장 우수하였다.

[1] A. A. Taskin, et al., Prog. Solid State Chem., 2007, **35**, 481.
[2] S. Choi, et al., Sci. Rep., 2013, **3**, 2426.
[3] S. Choi, et al., Nat. Energy, 2018, **3**, 202
[4] J. Kim, et al., Comput. Mat. Sci., 2017, **138**, 219.

P1-G2-143 Nontoxic Ethanol Based Particulate Inks for Simple Fabrication of Sb_2Se_3 Photocathodes for Photoelectrochemical Water Splitting

무독성 용매 에탄올을 이용하여 광전기화학 물분해에 사용되는 안티모니 셀레나이드 광환원전극 제작

박영선*, 탄제완, 이형수, 박재민, 심상기, 문주호. *연세대학교*
Recently, Sb_2Se_3 has attracted an intense attention as a low-cost light absorbing p-type semiconductor for photoelectrochemical (PEC) water splitting. Since Sb_2Se_3 photocathode for PEC water splitting has first reported in 2017, various fabrication methods such as a solvothermal route, a hydrothermal technique, microwave-assisted synthesis, and liquid-solid spinodal decomposition have been reported to achieve high performance Sb_2Se_3 photocathodes. However, previously reported methods generally include high-cost or complex processes, which suffer from further commercialization issues. Herein, we report a simple fabrication methodology for Sb-Se-photocathodes using nontoxic ethanol based particulate ink system. The commercial Sb_2Se_3 powder was well-dispersed in a form of colloidal solution by ball milling process, followed by simple spin coating onto an indium-doped tin oxide (ITO) substrate. Subsequently, it was sintered to produce a uniform thin film through rapid annealing process. By controlling the heating rate and annealing atmosphere, the surface morphology of sintered Sb_2Se_3 changed from thin-film to 1D nanowire structures. Morphology-dependent PEC performances were analyzed via potentiostat combined with the electrochemical impedance spectroscopy. Our study suggests a simple way of producing scalable photocathodes for PEC water splitting.

P1-G2-144 Improved Humidity Stability and Device Performance of Perovskite Solar Cells Using Hydrophobic Dopants for Hole Transport Layer

정공 이동층에의 소수성 도펀트 도입을 통한 페로브스카이트 태양전지의 장기 수분 안정성 및 성능 향상

고숙영*, 권혁찬, 마선일, 장규민, 양현하, 문주호. *연세대학교*
Perovskite solar cells (PSCs) have attracted extensive research and development, showing a noticeable increase in power conversion efficiency (PCE) from 3.8% to 25.2% due to their remarkable photovoltaic effect as light-harvesting materials. Despite of their recent reports of high PCE, commercialization of PSCs is hindered due to their instability issues under operating condition. Especially, poor humidity stability due to the hygroscopic nature of the dopant LiTFSI which is used to improve the conductivity of the spiro-OMeTAD in PSCs should be solved by replacing it to the hydrophobic dopant. Herein, we studied the replacement of the dopant in HTL from hygroscopic LiTFSI to hydrophobic $LiPF_6$ to improve humidity stability of PSCs. Enhanced long term humidity stability under high relative humidity of 85% was achieved when polar $TFSI^-$ anion was changed to nonpolar PF_6^- anion. Furthermore, higher spiro-OMeTAD oxidation efficiency of $LiPF_6$ was observed by UV-vis absorbance measurement, showing more efficient p-doping and proper band gap alignment. This could yield higher V_{oc} and consequently improved PCE. Therefore, with the simple replacement of dopant, improved

PCE as well as humidity stability could be achieved, which will accelerate the exploitation of the PSCs for commercialization.

P1-G2-145 Improved Low Temperature Performance for Lithium Ion Batteries by Adopting Zwitterionic Lithium-Silicasulfobetaine and Polydimethylsiloxane–Hydroxyl Terminated as Electrolyte Additives

Zwitterionic Lithium-Silicasulfobetaine and Polydimethylsiloxane–Hydroxyl을 이용한리튬이온전지 전해질 첨가제

고장면*, 김용주, 윤충섭, Isheunesu Phiri, 최승훈, 박종빈. *한밭대학교*

Zwitterionic lithium-silica sulfobetaine silane is fabricated and combined with hydroxyl–terminated poly(dimethylsiloxane) as electrolyte additives for lithium ion batteries. They were dissolved in 1 M $LiPF_6$ (ethylene carbonate/dimethyl carbonate = 1:1). The electrolyte with the lithium-silica sulfobetaine silane and hydroxyl–terminated poly(dimethylsiloxane) shows higher ionic conductivity (1.54 Scm^{-1} at –20 C) and greater electrochemical stability (anodic limit at ~5.5 V vs. Li/) than the pure electrolyte (ionic conductivity of 5.79 Scm^{-1} at –20 C and anodic limit at ~4.6 V vs. Li/). The discharge capacity of the lithium cobalt oxide/graphite cells is improved at higher C-rates with the addition of lithium-silica sulfobetaine silane due to anti–freezing and increased ionic conductivity. The lithium cobalt oxide/graphite cells with the lithium-silica sulfobetaine silane and hydroxyl–terminated poly(dimethylsiloxane) additives also show stable cycling performance. These results merit the use of both lithium-silica sulfobetaine silane and hydroxyl–terminated poly(dimethylsiloxane) as an electrolyte additive for improved low temperature performance in lithium-ion batteries.

P1-G2-146 Enhanced Methane Production on Isolated Cu Nanoparticles in Electrochemical CO_2 Reduction Via Metal Organic Framework Template

금속 유기 구조체 템플릿을 이용한 분리된 구리 나노 입자의 전기화학적 이산화탄소 환원반응에서 향상된 메탄 생산

김문경*, 강신준, 정형모. *강원대학교*

Conversion of CO_2 to useful chemicals is a potential solution to resolve current climate crisis. For the practical application of this technique, various catalyst materials that can efficiently produce the fuel and desired chemicals have been explored.

Among the carbon dioxide reduction reaction (CO2RR) products, Methane which is the main components of natural gas, is used in high abundance and its usefulness has recently been re-highlighted since methane could be efficiently recycled from CO_2 and used within the current energy infrastructure. In the renewable energy industries, methane is also considered a potential solar fuel especially since it could be stored and manipulated more conveniently than H_2.

To selective production of methane, Copper (Cu) has been vastly studied since, as an electrocatalyst for its ability to produce various forms of hydrocarbons during the CO2RR. However, Cu nanoparticles (NPs) tend to easily agglomerate, and a high loading of Cu NPs often leads to an undesired enhancement in Faradaic efficiency (FE) for C_2 and C_3 products due to enhanced C-C coupling reactions. Therefore, a synthetic strategy to fabricate Cu-based electrocatalysts that are not only nano-sized but also sufficiently isolated is required to promote CH_4 production on Cu.

In this study, a facile metal-organic framework (MOF)-mediated strategy to obtain an efficient electrocatalyst for the synthesis of CH_4 is suggested. Cu-based MOF-74 was chosen not only as the precursor of Cu NPs clusters but also its low-dimensional structure which was electrochemically reduced to obtain highly isolated Cu NPs to achieve enhanced CH_4 production during CO2RR. The porous structure of the MOF serves as a template for the synthesis of isolated Cu NP clusters with high catalytic activities and high efficiencies for the CH_4 production in the electrochemical CO2RR. The MOF-derived Cu NPs were found to be less aggregated and demonstrated enhanced electrocatalytic performance with high activity and selectivity for C_1 products. The high selectivity towards the CH_4 formation could be attributed to the suppression of C-C coupling due to the isolated Cu NPs clusters.

P1-G2-147 Doping Effects to the Thermoelectric Properties of *n*-type Bi_2Te_3 Thin Films

Bi_2Te_3계 *n*-형 열전박막의 열전 출력인자 향상을 위한 첨가제 실험

배상현*, 최순목. *한국기술교육대학교*

열전 냉각 및 상온 발전용 소재로 널리 연구된 Bi_2Te_3 계 열전 박막을 co-sputtering 방법으로 300℃에서 제조한 후 물성을 평가하였다. 최근에 이 계에서 활발히 보고되고 있는 Fe를 dopant로 첨가하여 물성 향상을 꾀하였다. 결과적으로 Fe 첨가제 효과에 따른 전기전도도는 감소하였으나 제벡 계수의 향상의 효과가 커서 power factor가 증가한 결과를 얻을 수 있었다. 전기전도도의 감소는 일부 Fe 원자들이 입계에 나노 이차상을 형성하여 Bi_2Te_3 모재의 입성장을 억제한 결과로 여겨지며 이는 열전소재의 성능지수에 큰 영향을 미치는 열전도도의 감소에도 효과가 있을 것으로 기대된다. 또한 일부 Fe 들은 Bi_2Te_3모재에 치환되어 acceptor로 작용하였음을 전하 농도 측정을 통하여 확인할 수 있었다.

P1-G2-148 Photocatalytic Decomposition of Formaldehyde Using Cu_2O/TiO_2 Nanoparticles Coated Optical Fibers for Spacecraft

우주선을 위한 Cu_2O/TiO_2 광촉매 코팅 광섬유의 포름알데하이드 분해

김현*, 양비룡. *금오공과대학교*

A manned spacecraft environmental control and life support system (ECLSS) is a group of systems that allow human to live in space for long term exploration. Thus, designs and developments are critical for human health and successive space mission. Generally ECLSS consists of several main components such as, atmosphere revitalizations (CO_2 removal/reduction, O_2 generation/supply, trace contaminant monitoring and control, microorganism control), water recovery and managements (water storage & distribution, water recovery, water quality monitoring). Many studies of water/air purifications and decompositions of contaminant/microorganisms using TiO_2. Conventionally, powdered TiO_2 is used, which limits the photocatalytic activity because of small surface area. Thus, developments and applications of nano-sized TiO_2 structures, such as nanoparticles and nanorods are advantageous. In this study Cu_2O/TiO_2 nanoparticles were prepared and tested for different parts of the ECLSS. In first step photocatalytic oxygen generation using Cu_2O/TiO_2 nanoparticles with RuO_2 nanoparticles coated optical fibers will be performed. In second and

third step CO_2 photoreduction and water purification systems using Cu_2O/TiO_2 nanoparticles coated optical fibers will be developed and tested, respectively. In fourth step, air purification systems will be developed. In final step Cu_2O/TiO_2 nanoparticles coated optical fibers in cylinder type reactor will be employed to develop decomposition of formaldehyde and antibacterial systems.

P1-G2-149 Effect of Density-of-states Effective Mass on Transport Properties of Two Converging Valence Bands

상태밀도 유효질량 변화에 따른 밴드 컨버전스 운송 특성

김현식*. *홍익대학교*

Band convergence is known to be effective in improving thermoelectric performance by increasing the Seebeck coefficient without significantly reducing electrical conductivity. Decoupling of the Seebeck coefficient and electrical conductivity in converged bands is the key. Yet the degree of decoupling depends on band parameters of the converging bands. Here we report theoretical transport properties of two valence bands as their energy difference changes from 0.25 eV to 0 eV. In order to demonstrate the effect of band parameters in transport, we first calculated the case where the two bands have the same parameters. Then we carried the same calculation with one of the valence band's density-of-states effective mass doubled. Because there are two bands, each band's effective mass was doubled one at a time with the other band's effective mass remaining constant. We found that the decoupling is strongest when the bands participating in convergence have the same band parameters.

P1-G2-150 Characterization and Synthesis of $Li_3V_2(PO_4)_3$/Carbon Composite Cathode Materials by Wet Chemical Method

최인희*, 조성진, 임대영, 송정환. *배재대학교*

최근 휴대용 전자 제품, 전기자동차(EV), 하이브리드 전기자동차(HEV) 등의 수요가 증가함에 따라 대용량, 고속 성능 그리고 긴 사이클 수명을 가진 리튬이온 배터리(LIBs)가 주목받고 있으며, 이와 함께 고성능의 양극 활물질의 개발이 진행되고 있다. 대부분의 리튬이온 배터리의 양극 활물질은 층상구조를 가지는 $LiCoO_2$ 또는 $LiMnO_2$가 사용되고 있으나 이 재료는 짧은 수명, 낮은 에너지 밀도와 안전성 등을 고려해야 하는 문제점들이 있다. 현재, 올리빈 구조인 $LiMPO_4$ (M=Fe, Co, Ni, Mn)와 같은 PO_4^{3-}(인산염)에 기초로 한 전이 금속 물질은 높은 용량과 열 안정성 등의 우수한 잠재적 특성을 가지고 있어 리튬이온 배터리의 양극 활물질로 제안되고 있다. 이 중 무독성, 저비용, 구조 안정성 및 친환경적인 197 mAh g-1 높은 이론 용량과 높은 작동 전압을 가지는 monoclinic의 $Li_3V_2(PO_4)_3$ (LVP)의 리튬이온 배터리의 양극 재료의 가능성에 주목하고 있다. monoclinic의 LVP는 NASICON 구조로 3개의 Li^+이온 전달을 위한 3D framework와 넓은 간극 공간을 제공한다. 그러나, LVP에서 V-O 결합의 분극에 의해 순수한 LVP의 낮은 전자 전도도 및 낮은 리튬 확산성을 초래하여 전기화학적 성능을 저하시킨다. 이러한 LVP의 전기 화학적 성능을 개선하기 위해 V 자리에 양이온을 도핑하거나 탄소 코팅, 입자 크기를 조절하는 등의 다양한 방법이 시도되고 있다.

따라서 본 연구에서는 높은 이론용량을 가지지만 낮은 전자 전도성의 단점을 가지는 $Li_3V_2(PO_4)_3$ 양극 활물질의 전도도를 개선하기 위해 당류를 활용한 탄소를 가지는 $Li_3V_2(PO_4)_3$의 복합체를 합성하였다. 사용한 당류의 환원제, 킬레이트, 탄소원 등의 역할을 살펴보았다. 합성된 $Li_3V_2(PO_4)_3$/Carbon 복합체 분말의 특성을 XRD, TG-DTA, SEM, XPS 등을 이용하여 분석하였다.

P1-G2-151 Fabrication and Ionic Conductivity of $Li_{1+x}Y_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ (x=0.0, 0.3, 0.5) Solid Electrolyte by Sol-gel Method

조성진*, 최인희, 임대영, 송정환. *배재대학교*

최근,휴대용 전자기기와 같은 핸드폰,노트북,디지털 카메라뿐만 아니라 전기자동차와 같은 중대형 배터리 등 시장 수요 증가로 인해 높은 에너지 밀도를 가지는 LIBs(Lithium ion batteries)가 광범위하게 적용되고 있다.하지만 일반적으로 사용되는 충전식 배터리에는 액체 전해질(liquid electrolyte)이 포함되어 있어 실제로 가연성및 누액 가능성으로 인한 폭발사고 등 안전성의 문제가 이슈화되고 있다.최근,이러한 문제점을 극복하기 위해 안전성,수명,우수한 전지용량을 가지는 고체전해질 (solid electrolyte)의 연구가 활발히 진행 중에 있다.

고체전해질은 높은 ionic conductivity, 높은 reduction potential, 화학적안정성,저비용 등을 갖춰야 하는 리튬이온 전도체가필요하다.실제로 사용되기 위해서는 10^{-4}S/cm 보다 높은 리튬이온 전도성물질이 필요하다. 이러한 필요 요소를 갖춘 고체전해질에는 Perovskite, NASICON, Garnet, LISICON type 등이 연구되고 있는데특히,NASICON type은 실온에서 우수한 전도성 및 대기에서의 우수한화학적 안정성을 갖기 때문에 고체전해질의 잠재적인 후보로서 많은 관심을 가져왔다. NASICON type의 $LiTi_2(PO_4)_3$(LTP)는 3차원 네트워크의 rhombohedral 구조를 가지며 R-3c 공간군에 속한재료이다.이 재료의 입자는 실온에서 약 10^{-4}S/cm의 높은 리튬이온전도성을 가짐에도 불구하고 세라믹 소결체 LTP는 입계 상으로 인한 매우 높은 저항으로 인해 실온에서 10^{-8} S/cm에서 10^{-6} S/cm의 전체 이온 전도도가 매우 낮다. 이를 해결하기 위해 Ti 자리에 3가원자로도핑하여 제조한 LTP는 세라믹 다공성을 낮추고 치밀화하는 경향이 있다고 보고되고 있다.또한 대부분 고상합성법,melt-quenching method으로 제조되고 있지만 1200℃ 이상의 높은 열처리와 긴 유지시간이 필요하며 결국 이는 리튬 손실과 불균일성,불순물 혼입,결함 및 입자크기의 넓은 분포,많은 에너지가 소비된다는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 NASICON type 구조를 가지는 LTP에 Y^{3+}의 첨가량을 변화시켜 이온전도성에 대한 연구를 행하였다.LTP와 Y^{3+}이 첨가된 $Li_{1+x}Y_xTi_{2-x}(PO_4)_3$(LYTP)를 저온에서 제조하기 위해 sol-gel법을 이용하여 응집이 적고 입도가 균일하며 미세한 분말을 제조하였다. 합성방법 및 유지시간과 열처리 온도 등을 조절하였으며 합성된 분말은 XRD,SEM,TG-DTA 등을 이용하여분석을 행하였으며,이들 분말을 이용한 소결체의 상대밀도와 AC Impedance를 이용한 리튬이온 고체전해질의 특성을 평가하였다. 또한 기존에 발표하였던 Al^{3+}이 첨가된 $Li_{1+x}Al_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ (LATP)의 리튬이온 전도성 특성과 비교하여 첨가되는 3가 원자(Al, Y)의 이온반경에 대한 영향을 살펴보았다.

P1-G2-152 Synthesis of Cr -doped LTO Nanostructure as an Anode Material for Sodium Ion Battery and Electrochemical Evaluation

소듐이온전지의 음극소재로서 Cr 도핑된 $Li_4Ti_5O_{12}$ 산화물 나노입자의 합성 및 전기화학적 평가

이지현[1,2*], 공상혁[1], 김형석[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교*

리튬이온전지는 소형 전자기기에 상용화되어 최근에는 전기차와 ESS등 중대형 에너지 저장장치로서 널리 사용되어 왔다. 하지만 낮은 안정성 문제와 함께 자원의 지역적 편재로 인해 늘어나는 수요

를 맞추기 어렵다. 이를 해결하기 위해 해수에서 풍부하게 얻을 수 있는 소듐이온을 원료를 사용하는 소듐이온전지에 대한 연구가 주목 받고 있다. 그러나 리튬이온전지의 상용화된 음극소재인 흑연은 소듐이온의 삽입/탈리 반응이 거의 일어나지 않아 소듐이온전지의 상용화를 위해서는 흑연을 대체할 만한 음극 소재의 개발이 필수적이다. 여러 후보군 물질 중, Sb, Sn 등의 합금반응 기반 음극 소재는 높은 가역용량으로 인하여 많은 연구가 이루어져 왔으나, 충/방전 시 부피 팽창으로 인한 열화 문제가 발생하여 상용화에 많은 어려움이 따르는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 충/방전 시 소듐이온이 삽입/탈리되는 동안 부피 팽창이 상대적으로 적은 $Li_4Ti_5O_{12}$ (LTO)을 소듐이온전지의 음극 재료로 사용하였다. 하지만 산화물인 LTO는 낮은 전기전도도로 인해 고속 충/방전 시 용량이 저하된다는 문제가 있다. 따라서 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 LTO 소재의 나노화 및 Cr 도핑 기술을 도입하였다. 입자의 나노크기화를 통해서는 전자 및 이온의 이동 경로를 단축하고 전극과 전해질 사이의 접촉면적을 넓혀 LTO의 출력 특성 향상을 도모하고자 하였다. 또한 Cr 도핑은 밴드 갭 내부에 불순물 밴드를 생성하여 전기 전도성을 향상시킬 수 있다. 실제로 수열 합성을 통해 Cr도핑 농도가 다른 나노크기의 LTO를 합성하고, 그에 따른 전기화학적 특성 변화를 관찰한 결과 Cr이 적정량 도핑된 LTO에서 용량 및 출력 특성이 향상된 것을 확인하였다. 결과적으로 LTO의 나노크기화 및 Cr 도핑을 통하여 LTO가 소듐이온전지의 음극소재로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

P1-G2-153 Electrochemical Properties and Analysis of Fluorine-substituted Layered Oxide Cathode Materials for Sodium-ion Batteries

소듐이온전지 양극소재용 층상구조산화물의 플루오린 치환에 따른 전기화학 특성평가

공상혁*, 김형석. *한국과학기술연구원*

리튬이온배터리는 높은 에너지 밀도 및 상대적으로 우수한 전력 밀도를 가지고 있어서 지난 수 십년 동안 에너지저장장치로서 다양한 분야에 널리 사용되어왔다. 그러나 리튬 생산의 지역적 편재 문제와 전기자동차 및 스마트그리드 등에 필요한 대용량 에너지저장장치의 급증하는 수요로 인해 차세대 이차전지의 개발이 절실한 실정이다. 이에 리튬이온배터리의 대체 기술로서 연구되어 온 여러 시스템 중, 소듐이온배터리는 소듐의 풍부한 자원량을 바탕으로 저가 생산이 가능하고 리튬이온배터리와 비슷한 전기화학적 메커니즘을 가지기 때문에 차세대 이차전지기술로서 많은 연구가 이루어져 왔다. 특히 소듐이온배터리의 양극 소재는 소듐이온배터리의 에너지 밀도와 수명에 크게 영향을 미치기 때문에 우수한 양극 소재의 개발이 매우 중요하다. 다양한 소재군 중 층상 구조 산화물(Na_xMO_2), 폴리 음이온 화합물 및 프러시안 블루 유사체 등이 소듐이온배터리 양극 소재로 널리 연구되어왔는데, 그 중 층상 구조 물질인 Na_xMO_2는 높은 이론 용량과 비교적 저가의 원료를 사용하고 대량생산이 가능한 합성방법으로 많은 주목을 받고있다. 층상 구조는 대표적으로 O3및 P2 유형 상으로 분류되며, 여기서 O와 P는 각각 팔면체와 삼각 프리즘형태의 소듐 위치를 나타내고 3과 2는 주기적인 단위 격자 속에서 전이금속층의 수를 나타낸다. O3상 층상산화물은 P2상보다 소듐 함량이 높기 때문에 더 큰 초기 용량을 가질 수 있어 소듐이온배터리에 적용하기 더 유리하다. 그러나 O3상은 소듐이온 탈리시 구조적 붕괴가 발생한다는 본질적인 문제를 가지고있다. 따라서 본 연구에서는 O3층상 구조 양극 소재에 일부 산소를 플루오린으로 치환함으로써 고전압 충/방전시 구조 붕괴를 완화시켜 고용량 및 사이클 특성을 향상시키고자 하였다

P1-G2-154 Synthesis of High Solar-reflective TiO_2 Particles for Thermo-Shielding

열 차폐를 위한 고반사 TiO_2 입자 제조

제현모*, 김희정, 문혜원, 김대성, 노동규. *한국세라믹기술원*

Rutile TiO_2, having a controllable shape in irregular shape and sphere, was synthesized by a solvothermal reaction at low temperature using a graft copolymer, i.e. poly(vinyl chloride)-g-poly(oxyethylene methacrylate) (PVC-g-POEM), as a structure-directing agent. X-ray diffraction (XRD) analysis revealed that the structure of TiO_2 turned into rutile phase from anatase phase with increasing amount of graft copolymer. The shape of TiO_2 particles was also manipulated by the changing graft copolymer amounts. Which were changed from irregular nano-particles to micron spherical structures with a size of about 1 ~ 2 μm. Shape-controlled TiO_2 particles showed an enhanced solar reflectance as compared to commercial TiO_2 particles. The coexisting of two different shapes of TiO_2, irregular and spherical shape, offered the highest total solar reflectance (TSR) and near-infrared reflectance (NIRR) value of approximately 86 % and 91 % respectively, which would be beneficial for practical application of solar reflective materials.

P1-G2-155 Fabrication and Evaluation of Gum-like Composite Electrolyte for Li ion Battery

리튬이온 배터리 적용을 위한 Gum-like 복합전해질 제조 및 평가

이승수[1*], 김재광[2], 김영식[3], 정연길[4]. *[1]국방기술품질원, [2]청주대학교, [3]울산과학기술원, [4]창원대학교*

상용 리튬이온 배터리의 경우 유기물 액체 전해질 사용으로 인한 환경오염 및 폭발에 대한 위험성을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해, 세라믹 전해질과 신축성 세라믹-폴리머 복합 전해질에서 액체 전해질을 사용하지 않고, 전극과 전해질 사이에서의 계면 문제를 해결하기 위한 gum-like 세라믹-폴리머 복합 전해질에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구에서 사용한 세라믹 고체 전해질의 경우, LiCl, titanium butoxide, $(NH_4)H_2PO_4$, $Al(NO_3)_3$를 출발물질로 하여 $Li_{1.3}Ti_{1.7}Al_{0.3}(PO_4)_3$ (LTAPO) 세라믹 고체 전해질을 합성하였으며, 합성된 LTAPO 분말과 PEO, 리튬 염을 사용하여 gum-like 복합 전해질을 제조하였다. Gum-like 복합 전해질에서 리튬 염에 따른 복합 전해질의 이온 전도성을 확인하기 위해 LiCl, $LiClO_4$, $LiClO_4 \cdot 3H_2O$ 3종의 리튬 염을 사용하였다. 본 연구에서 사용된 리튬 염의 종류에 따라 복합 전해질의 이온 전도도는 달리 나타났으며, 리튬 염의 격자 에너지와 복합 전해질의 이온 전도도 간의 연관성에 대해 확인할 수 있었다.

P1-G2-156 Characteristics of Metal Doped TiO_2 Nanoparticles by Solid-state Reaction Method for Perovskite Solar Cells

박정웅*, 이신규, Hoang Van Quy, 김마로, 하서. *가천대학교*

Anatase of Titanium dioxide (TiO_2) nanomaterials have been used in a wide range of application such as photocatalysis, dye-sensitized solar cell (DSSC), in particularly the perovskite solar cell (PSC) due to its low cost and good photocatalytic stability. However, the large band gap of anatase TiO_2 (3.2 eV) has caused the limit of its utilitarian application. Recently, several researchers have attempted to enhance its activity under visible light irradiation (400-900 nm) using an effective way of doping with metal and non-metal materials. In this work, solid-state reaction method was used to synthesis anatase of Titanium dioxide with vanadium, calcium, and strontium at doping

levels 10% atomic percentage. The properties of these nanomaterials were investigated by X-Ray diffraction (XRD) scanning electron microscopy (SEM) energy dispersive spectroscopy (EDS), ultraviolet-visible light spectroscopy (Uv-Vis) and Infrared spectrum (IR). The results show that the synthesized samples are well crystallized with the sharp peaks. Uv-Vis diffuse reflectance spectra showed the change of bandgap between undoped TiO_2 and doped TiO_2. Interestingly, the IR spectra of the doped samples were characterized to show photocatalytic activities compared with the pure titanium dioxide.

P1-G2-157 A Study on the Recycle of Bi-Te Thermoelectric Materials from Waste Scrap

폐 가공 열전 스크랩을 활용한 Bi-Te계 열전 소재 회수 및 소재화에 대한 연구

하국현[1*], 김성원[1], 박민수[2]. *[1]재료연구소, [2]부산대학교*

열전 변환 기술은 열에너지와 전기에너지를 무소음, 무진동, 무공해로 가역적으로 변환시키는 기술로써, 냉각 및 발전에 두루 응용할 수 있다. 특히 Bi-Te계 열전 소재는 비교적 응용 가능성이 높은 저온 영역에서의 배.패열을 활용할 수 있는 유일한 수단으로써, 발전뿐 만 아니라 냉각용으로도 사용 가능하다.

Bi-Te계 열전 소재를 합성하기 위하여 99.99% 이상으로 고도 정련된 원료를 사용하고 있으며, 열전 모듈을 제조하는 과정을 거치면서 약 65% 이상의 소재 손실이 발생하므로, 원가 절감 및 원료 소재의 확보를 위하여 재활용 기술의 개발이 필요하다.

특히, Bi-Te계 열전 소재에 사용되는 Te, Bi 및 Sb, Se등은 자원 고갈 가속 계수 지수가 높은 고가의 희소 원소로서 열전 소재 산업이 본격적으로 활성화 될 경우 소재의 부족 현상이 심화 될 수 있다.

기존 열전 스크랩 재활용 회수 공정은 강한 산, 알카리 중심의 용매를 사용하므로, 환경 오염, 처리 비용 과다, 고순도화 어려움등의 문제점이 있다. 또한 열전 물성의 향상을 위한 고순도화 후 처리 공정 기술의 미비로, 재활용 열전 소재의 사용은 제한적이며, 이러한 이유 현재 폐 열전 스크랩의 재활용 산업 형성이 제한을 받고 있다.

본 연구에서는 건식 공정을 기반으로 폐 열전 스크랩의 회수 공정에 대하여 연구하였으며, 폐 슬러지 회수 및 가공 부산물의 재활용을 통하여 상온 영역에서 0.7이상의 상온 무차원 성능 지수(ZT)를 얻을 수 있었다.

P1-G2-158 One Step Fabrication of Adjustable Grain Size and Porosity $BiVO_4$ Photoanode for PEC Water Splitting

기공도와 입자크기 조절을 통한 바나듐산 비스무트 광산화전극 효율 개선

심상기*, 양우석, 탄제완, 박재민, 이형수, 박영선, 윤주원, 김경민, 문주호. *연세대학교*

Nanostructured bismuth vanadate ($BiVO_4$) is a promising n-type semiconductor for photoelectorchemical (PEC) water splitting enabling efficient charge carrier transfer into the electrolyte and improves light absorption. In this study, we proposed a simple one-step spin coating strategy for fabricating $BiVO_4$ nanostructure by preparing molecular precursor inks containing different amounts and different molecular weight of poly(ethylene glycol) (PEG). Scanning electron microscopy images revealed that different morphologies, specifically particle size and porosity, were synthesized by modulating molecular weight of PEG and the amount of PEG in the precursor ink. The formation mechanism of nanostructure was elucidated by analyzing calorific value from different molecular weight of PEG using Differential scanning calorimeter. The effect of the morphological variation on optical, electrical and consequently photoelectrochemical (PEC) characteristic were investigated. Consequently, improved optical and electrical characteristics of $BiVO_4$ nanostructure allowed us to achieve the photocurrent of 2.3 mA cm^{-2} at 1.23 V versus reversible hydrogen electrode after deposition Co-Pi catalyst. Our findings clearly suggest insights in a facile and low-cost approach for nanofabrication of $BiVO_4$ photoanodes.

P1-G2-159 1-D Perovskite for Large Area Semitransparent Solar Module Using Anodic Aluminium Oxide Scaffold

양극 산화 알루미늄 스캐폴드 기반 1차원 페로브스카이트를 이용한 대면적 반투명 태양광 모듈

권혁찬*, 마선일, 장규민, 양현하, 고숙영, 문주호. *연세대학교*

Organic-inorganic hybrid perovskite solar cells have demonstrated huge potential as next-generation solar cells with low cost and efficient performance due to solution processability and excellent photovoltaic characteristics. In particular, semitransparent solar cells are of great interest for future applications, such as power-generating window panels in buildings or automobiles, which would raise the usage ratio of solar energy without occupying additional space. To achieve this, various studies for fabricating semitransparent solar cells have been done and showed efficient transparencies and efficiencies. In order for these techniques to be practically applied, studies of scaling up must be developed, and furthermore, a large area semitransparent solar module should be developed. However, a semitransparent solar cell with a small area of a lab-scale is still dominant, since it is difficult to manufacture thin and uniform perovskite with a large area by a solution process. Herein, we fabricated uniform and thin large area perovskite layer through a spin coating method using an AAO template as a scaffold. This perovskite is vertically aligned one-dimensional structures in AAO pores, and have the advantages of low reflectance due to periodic nanostructures and fast charge transport due to a one-dimensional structure. With this structure, a solar module of 7×7 cm^2 size was fabricated and achieved an average visible light transmittance of 30% and a performance of 9%.

P1-G2-160 ALD-Assisted Reduced-Co@N-doped CNT Nanocomposites as an Efficient Oxygen Evolution Electrocatalysts

효과적인 산소발생반응 전기화학 촉매로써의 원자층증착법이 적용된 환원코발트@질소도핑된 카본나노튜브복합체

백주원[1*], 정영규[1], 박진균[2], 고우철[1], 조영주[1]. *[1]한국생산기술연구원, [2]한국외국어대학교*

Currently, high efficient and low-cost non-precious metal based electrocatalysts for oxygen evolution reaction (OER) have been developed for eco-friendly energy conversion fields, such as fuel cells, metal-air batteries and water electrolysis. Generally, but, novel metal based electrocatalysts such as iridium oxide, ruthenium oxide, and Pt/C are too expensive and they has scarcity on durability. To solve these problems, herein, we synthesized the cobalt encapsulated N-doped carbon nanotube (Co@N-CNT) composites by using Co_3O_4 atomic layer deposited g-C_3N_4 composites to be used as a precursor. The Co@N-CNTs has synthesized by thermal annealing previously prepared g-C_3N_4@Co_3O_4 composites under H_2 atmosphere, all of g-

C_3N_4@Co_3O_4 precursors was transformed successfully to Co@N-CNT. In alkaline media, Co@N-CNT composites generate a current density at 10 mA cm^{-2} of overpotential 310 mV, which exhibit higher electrocatalytic activity as well as stability than ruthenium oxide that well-known as OER catalyst. The remarkable electrochemical performances are enhanced by adjust H_2 flow rate, when the more increase H_2 flow rate, the more pyridinic nitrogen was generated which work as active sites in relation with cobalt. The presented Co@N-CNT derived from simple precursor and single-step annealing process can offers prospects in improving highly active electrocatalysts in fields of electrochemical energy devices.

P1-G2-161 Synthesis of Novel $ZnSeO_3$ Nanosheet Electrocatalyst for Lithium-Oxygen Batteries

리튬-산소 전지용 $ZnSeO_3$ 나노시트 전기촉매 합성

김윤선*, 이광희, 김동완. *고려대학교*

가역적 충-방전으로 3,500 Wh/kg 이상의 큰 에너지 밀도를 갖는 리튬-산소 전지는 산소 환원/발생 반응 시 유도되는 높은 과전압을 낮추기 위해, 최근 고가의 귀금속을 대체할 저가 금속산화물 등의 공기극 전기촉매가 제안되어 오고 있다. 이 중에 ABO_3, ABO_4, AB_2O_4와 같은 3원계 금속산화물은 A, B 금속 이온의 multi-valence 영향으로 2원계 금속산화물보다 많은 결정학적 결함 및 산소공공을 가져 공기극 전기촉매로의 적용 가능성이 높아지고 있다.

본 연구에서는 $ZnCl_2$, Na_2SeO_3 전구체와 계면 활성제를 조절한 침전 액상법과 후열처리를 통해 3원계 $ZnSeO_3$ 나노시트를 합성하였다. 합성된 $ZnSeO_3$를 신규 공기극 전기촉매로 적용한 리튬-공기 전지는 가역적 산소 환원/발생 반응이 확인되었으며, 충-방전 특성에서 200 cycle 이상의 사이클 안정성을 나타내었다. 이러한 우수한 전기화학특성은 나노시트 합성에 따른 고활성면 제어, Zn^{2+}와 Se^{4+} 이온의 multi-valence로 인해 발생한 결정학적 결함과 다량의 표면 산소공공 및 고 전기전도도성에 기인한 것임을 투과전자현미경, X-선 광전자분광법, 임피던스 분석법 등을 통해 확인하였다.

P1-G2-162 Alkaline Earth Metal Incorporated Glass-ceramics for C-14 Capture

알칼리토금속 함유 결정화 유리를 이용한 방사화 탄소 포집

김형주*, 김성준, 양희철, 은희철, 이근영, 서범경. *한국원자력연구원*

Carbon 14 is isotope of carbon, and has long half-life of 5,730 years. When nuclear facility is decommissioned, lots of carbon related materials are generated containing carbon 14 which is activated from nitrogen, oxygen, or carbon by neutron capture. This is so called carbowates, and should be appropriately treated before disposal. Activated carbon and graphite are representative carbowates coming from decommissioning of nuclear facility, and they play a role of air purification and moderator, respectively. To reduce the concentration of carbon 14, there is ongoing research activity to thermally treat carbowastes. In this process, carbon 14 is converted to radioactive carbon dioxide, and it is desired to be captured considering disposal conditions.

Alkaline earth metal incorporated glass shows great potential as $^{14}CO_2$ adsorbent due to its high CO_2 capacity, rapid reaction rate, mild operation conditions, and final carbonate form which is appropriate for further stabilization. To enhance the CO_2 adsorption performance, we form the glass-ceramics through controlled thermal treatment. Controlled thermal treatment converts the amorphous structure of adsorbent to crystalline structure which stands for metaborate. After CO_2 adsorption, the metaborate XRD peaks are fully converted to carbonate peaks. This indicates that carbonation reaction proceeds even in crystalline structure. More importantly, this glass-ceramic shows high CO_2 capacity upto 4.54 mmol CO_2/g, and rapid reaction rate of 0.076 mmol CO_2/g min.

P1-G2-163 The Relation of Atomic Layer Deposited (ALD) TiO_2 Crystallization with Growth and Annealing Condition

원자층증착법으로 증착된 TiO_2 박막의 결정성과 성장 조건및 열처리 조건의 관계

조영준*, 장효식. *충남대학교*

TiO_2 has been used in many branches, such as photocatalyst, water splitting, photoanode in dye-sensitized solar cells. Recently, TiO_2 begins to be paid attenttion in Si solar cell as the passivation layer and the electron selective contact layer. Highly B or P-doped regions of deposited amorphous or polycrystalline silicon need to extract electrons and holes, respectively. But the doped regions exhibit high recombination and/or parasitic absorption losses, posing a fundamental limit to device performance. This has accelerated a research focused on the search for carrier selective materials that can reduce the losses at the c-Si solar cell contacts, including transition metal oxides, organic polymers and alkali metal salts. Atomic layer deposition (ALD) is a kind of chemical vapor deposition (CVD) in which precursors in gas form are injected into the chamber in pulses separately. This procedure ensures a self-limiting deposition with high uniformity and high-aspect-ratio structures. Thin TiO_2 layer was grown using TDMAT (Tetrakis Dimethyl Amido Titanium) and TTIP (titanium tetra-isopropoxide [$Ti(OCH(CH_3)_2)_4$, TTIP] precursors and H_2O oxidant. In this study, we deposited TiO_2 layer by using TTIP and TDMAT precursors to form electron-selective contacts on c-Si solar cells and investigated the change of TiOx crystallization according to the growth and annealing condition. We also studied how TiO_2 crystallization influences the bandgap, passivation and electron selective characteristics.

P1-G2-164 High Electrochemical Performances of Conducting Polymer-Coated Na_2FePO_4F Composite for Na-ion Batteries

전도성 폴리머 코팅을 통해 높은 전기화학적 특성을 갖는 소듐 이온 베터리용 Na_2FePO_4F 복합물

고원석*, 김종순. *세종대학교*

Na_2FePO_4F encircled by a nanolayer composed of a conductive polymer, poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT), is prepared using a simple low-temperature process, and the crystal information of Na_2FePO_4F-PEDOT composite is verified no impurites or seconde phases by X-ray diffraction analysis. The existence and uniform encapsulation of PEDOT on the surface of the Na_2FePO_4F particles are clearly confirmed through Fourier-transform infrared spectroscopy and transmission electron microscopy. The PEDOT coating results in remarkably enhanced electrochemical performance compared with that of pristine Na_2FePO_4F. At C/5 (1C = 124 mA g^{-1}), the Na_2FePO_4F–PEDOT composite retains a specific capacity of ~123.1 mAh g^{-1}, which is close to its theoretical capacity. Even at 10C, the Na_2FePO_4F–PEDOT composite delivers a capacity of ~76.1 mAh g^{-1}, which is ~10 times higher than that of pristine Na_2FePO_4F under the

same conditions. Furthermore, the Na_2FePO_4F–PEDOT composite maintains ~70% of its initial discharge capacity over 700 cycles at 1C.

P1-G2-165 Cu-Based Cathode Material with High Energy through Conversion Reaction for Sodium-Ion Batteries

컨버전 반응을 통해 고에너지를 가지는 소듐 이온 전지용 구리 기반 양극활물질

이용석*, 김종순. *세종대학교*

Herein, a nano-sized $CuSO_4$–carbon nanotube composite (N-$CuSO_4$/C) is reported as a conversion-based cathode material for Na-ion batteries (NIBs). The composite undergoes a conversion reaction during the charge/discharge process with a high redox potential of ~2.7 V (*vs.* Na^+/Na) and the highest reported energy density for NIB cathode materials. N-$CuSO_4$/C exhibits excellent electrochemical performance, with a specific capacity of ~335 mAh g^{-1} at a rate of C/30 (1C = 335 mA g^{-1}) and even at 5C, its capacity is maintained up to ~204 mAh g^{-1}, corresponding to ~61% of the theoretical capacity. Furthermore, N-$CuSO_4$/C delivers outstanding capacity retention of ~72% over 300 cycles at 2C with high coulombic efficiency of more than 99%. We confirm the reversible sodium storage mechanism on N-$CuSO_4$/C under Na-ion battery system using various analyses, such as *operando*/*ex situ* X-ray diffraction, X-ray absorption near edge structure spectroscopy, extended X-ray absorption fine structure spectroscopy and transmission electron microscopy. $CuSO_4$ is transformed into Cu^0 and Na_2SO_4 during the discharge (reduction) process, and the $CuSO_4$ is recovered during the charge (oxidation) process. This fundamental understanding of $CuSO_4$ provides insight for the use of high-capacity conversion-based cathode materials in NIBs.

P1-G2-166 Highly Transparent and Stable CuNW Based Transparent Electrode Protected by Atomic Layer Deposition as the bottom Electrode for Flexible Perovskite Solar Cells

Al이 도핑된 ZnO (AZO)층으로 보호되는 구리나노와이어 전극 기반의 유연성 페로브스카이트 태양전지

양현하*, 권혁찬, 마선일, 장규민, 고숙영. *연세대학교*

Organic-inorganic hybrid perovskites have attracted unprecedented interest as promising light harvesters for solar cells due to their low-cost, easy processability, and high photovoltaic performance. For transparent electrode as a bottom electrode in perovskite solar cells (PSCs), indium tin oxide (ITO) is most widely used. But ITO has limitations of its application to mass production and commercialization because of high-cost. Moreover, brittleness of ITO makes it difficult to apply on flexible and wearable applications. To overcome such problems, copper nanowires (CuNWs) are the promising alternative to ITO as a bottom electrode in PSCs due to low sheet resistance and mechanical flexibility. However, low stability against thermal oxidation and chemical corrosion of CuNWs hinder its application to PSCs. Bare-CuNW electrodes degrade abruptly during perovskite absorber fabrication, forming a CuI and copper oxide phase. To tackle the instability issue, a protective layer has been stacked to prevent the CuNWs from CuI formation and oxidation. For instance, sandwich structure of sputter aluminium-doped zinc oxide (AZO) layer and spin-coated poly(ethylenimine) film was introduced as a protective layer. However, it suffers from the deterioration of transparency due to an uneven and thick protective layer. Herein, we suggested a superior conformal protective AZO layer with a thickness of 20 nm around CuNWs by using atomic layer deposition (ALD). Highly compact AZO protective layer improves the oxidation resistance without deteriorating the transparency of CuNW. Thermal and chemical robustness of AZO overcoated on CuNWs were evaluated by oxidation test and iodide formation test. The AZO protected CuNWs did not show any increase in sheet resistances when exposed to 150°C for over 60 min, whereas bare CuNWs exhibited a large increase in sheet resistance due to oxidation. Moreover, the CuNW protected by AZO with optimized thickness showed average visible light transmittance (AVT) of 89.66%, which was nearly comparable to bare CuNW (93.32% AVT at 400 - 800 nm). In addition, when exposed to perovskite precursor solution directly, the sheet resistance of AZO protected CuNW mostly preserved. Moreover, we were able to fabricate flexible electrode through ALD process by coating CuNWs on polyethersulfone substrate with thin conformal AZO layer. The PSCs fabricated with AZO/CuNW-based composite electrode on flexible substrate exhibited a power conversion efficiency (PCE) of 12.34%. The results propose that transparent electrodes based on CuNWs protected by highly compact ALD derived AZO have the promising potential as a bottom electrode for flexible PSCs.

P1-G2-167 Strain Engineering for Stabilization of Black $CsPbI_3$ Phase

스트레인 엔지니어링을 통한 블랙 $CsPbI_3$ 상의 상안정성 제어

마선일*, 권혁찬, 장규민, 문주호. *연세대학교*

All-inorganic cesium lead halide perovskites has emerged as a promising semiconductor for high performance optoelectronic devices, exhibiting significantly enhanced environmental stabilities. In particular, cubic α-$CsPbI_3$ (black phase) has a direct bandgap of 1.73 eV, which is the suitable for practical applications among the all cesium-based lead halide perovskites. However, despite of its desirable inherent optoelectrical properties, cubic α-$CsPbI_3$ phase (black phase) immediately converts into a non-photoactive orthorhombic phase δ-$CsPbI_3$ (yellow phase) with a wide bandgap of 2.82 eV. To overcome this phase instability issue, we proposed a strain engineering induced by anodized aluminum oxide (AAO) templates as effective strategy for stabilizing the desirable black α-phase $CsPbI_3$ at room temperature. The uniaxially aligned pores of the AAO templates acted as a spatial confinement, inducing anisotropic strains on the perovskite lattice. The density functional theory (DFT) calculation also clearly confirmed that the strain energy in the perovskite lattice enables the phase stabilization of the cubic α-$CsPbI_3$ phase at room temperature. Upon exposure to the ambient air, the α-$CsPbI_3$ confined within the AAO template with a pore size of 41 nm remained stable even after a three month-duration storage.

P1-G2-168 Process Optimizations of Hydrogen Induced Mechanical Alloying for $(Mg\text{-}CaO)_2NiHx$ Hydride

$(Mg\text{-}CaO)_2NiHx$ 수소화물 합성을 위한 수소가압형 기계적 합금화 공정 최적화

한정흠*, 이영환, 유제선. *한국교통대학교*

Mg and Mg-system alloys are the materials of choice among hydrogen energy storage media due to their high hydrogen storage capacity (7.6 wt.%) and lighter weight[1]. The objective of this works was to synthesize the Mg_2Ni hydrogen storage materials economically and to elimiate the intial activation proces[2]. The mechanical alloying method (hereinafter referred to as MA) developed by JS Benjamin et al. is known to have uniform particle-to-particle contact and minute dispersion effect by simple mixing or interdiffusion reaction between atoms. Various applications have been made in the production of non-equilibrium new metals[3-5]. Mg_2NiHx was hydrogen induced mechanically alloyed under purified hydrogen gas atmosphere using Mg and Ni. The rotational speed was fixed at 200 rpm and the pressure of the pressurized hydrogen was 3 Mpa. SEM was used to confirm the shape of the particles. The crystal structure of the synthesized materials was analyzed by XRD, and BET measurements were performed to determine the correlation between the BCR and specific surface area. The weight change of the composite material was measured by TGA, and the kinetics was evaluated to determine the hydrogen adsorption rate (at 150, 250, and 350°C), and hydrogen storage was confirmed using PCT.

P1-G2-169 Enhancing Performance of Sb_2Se_3 Photocahotde for Photoelectrochemical Water Splitting via Introducing Cu-doped NiO Hole Selective Layer

구리 도핑한 니켈 산화물을 정공 선택적 추출층으로 도입하여 광전기화학 물분해에 사용되는 안티모니 셀레나이드 광환원전극의 성능 향상

이형수*, 양우석, 탄제완, 오윤정, 박재민, 심상기, 박영선, 윤주원, 김경민, 문주호. *연세대학교*

Antimony triselenide (Sb_2Se_3) is a notable *p*-type semiconductor material for photoelectrochemical water splitting owing to its non-toxicity, earth-abundancy of elements and narrow band gap (1.0 – 1.3 eV). Recently, in order to achieve high performance of Sb_2Se_3 photocathode, many studies have been carried out to enhance the charge separation. However, photocurrent is limited by the recombination between back contact and Sb_2Se_3 interface. Here, we introduce a hole selective layer (HSL) that possesses more negative energy level of both valence and conduction bands as compared to those of light absorbing semiconductor, through which the photogenerated holes can be easily extractable and the back transport of photogenerated electrons could be simultaneously hampered. Nickel oxide (NiO) with a favorable band alignment with Sb_2Se_3 is proposed as such a HSL for photocathode. The Cu doping was also introduced to further improve the electrical properties of NiO for the rapid hole transport. As a result, IPCE in the long wavelength (550 ~ 1000 nm) was greatly enhanced. EIS and IMPS also confirmed that the injection of photogenerated holes from Sb_2Se_3 could be enhanced when better electrically conductive HSL was utilized. By applying Cu-doped NiO (Cu:NiO) as a HSL to Sb_2Se_3 photocathode and subsequently depositing TiO_2 and Pt ($Pt/TiO_2/Sb_2Se_3/Cu:NiO/FTO$), we are able to achieve remarkably enhanced photocurrent density (18 mA cm^{-2} at 0 V_{RHE}) as compared to that without HSL ($Pt/TiO_2/Sb_2Se_3/FTO$) (12 mA cm^{-2} at 0 V_{RHE}).

P1-G2-170 Hierarchical Nanorod Bilayer Sb_2Se_3 Light Absorber: Nanostructured Photocathode for Highly Efficient Solar to Hydrogen Conversion

계층 적 나노로드 이중층 Sb_2Se_3 광 흡수층: 수소 발생을위한 고효율 나노 구조체 광환원전극

박재민*, 탄제완, 이형수, 문주호. *연세대학교*

For practical H_2 production via photoelectrochemical (PEC) water splitting, a proper nanostructure strategy allowing sufficient light absorption and effective charge-carrier transport to the electrolyte is of immense importance. In this study, via the unique sequential use of two different molecular inks, a bilayer nanostructure for a highly efficient photocathode composed of vertically oriented nanorods Sb_2Se_3 on top of a bottom compact Sb_2Se_3 layer is produced. The hierarchical nanorod bilayer structure possesses the light-trapping ability owing to the scattering effect, resulting in the enhancement of light absorption compared with a planar structure. The bilayer Sb_2Se_3 photocathode also exhibits a better charge-transport capability owing to the synergetic effects of the favorable crystallographic orientation and the enlarged surface area of the vertically aligned nanorods. More importantly, the bilayer Sb_2Se_3 photocathode achieves an exceptionally high photocurrent density of nearly 30 mA cm^{-2} at 0 V vs. the reversible H electrode, which is close to the value for the state-of-the-art vacuum-processed Sb_2Se_3 photocathode. In particular, the incident photon-to-current efficiency measurement reveals a significant enhancement in harvesting long-wavelength photons. This observation implies that the proposed solution-processed Sb_2Se_3-based hierarchical bilayer structure is a promising candidate for an efficient PEC water-splitting tandem device.

P1-G2-171 Development of Layered Structure Cobaltite Cathode Materials for Protonic Ceramic Fuel Cells

프로톤세라믹 연료전지용 적층형 구조 코발트계 공기극 연구

박광호*, 신지섭, 조민경, 박준영. *세종대학교*

고체산화물 연료전지는 화학에너지를 전기에너지로 변환시켜 사용하는 차세대 무공해 에너지 변환장치이다.반면 고체산화물 연료전지는 고온에서 작동하기 때문에 시스템 구성에서 야기되는 제한적 내구성 및 높은 제작비용 등의 문제를 해결해야 한다.최근이러한 기술적 이슈를 해결하기 위해 산소이온 전해질 대신 프로톤전도성 전해질을 사용한 프로톤세라믹 연료전지에 대한 연구가활발해지고 있다.그러나 낮은 온도에서의 작동은 공기극의 성능감소를 초래하고 셀 성능 저하를 발생시킨다.이에 따라 낮은 온도 영역에서도 충분한 성능을 나타내는 공기극 개발이 필요하다. 최근 선행연구에서 혼합이온전자도체가 산소환원반응 분위기에서 우수한촉매적반응을 가지고 있으며, 적층형 구조는 전기화학적으로 산소 교환과 확산에 대해 낮은 활성화 에너지를 가져 촉매적 성능을 향상시킨다고 보고된 바 있다 . 특히 적층형 구조 중 코발트계는 큰 산소 공공 비중을 갖는다고 알려져 있다.따라서 본 연구에서는 혼합이온전자도체 특성의 코발트계 적층형 공기극을 연구하였고,도핑을 통해 상 안정성과 추가 산소 공공을 확보하여 공기극에서의 산소 환원 반응에 대한 촉매적 특성을 향상시켰다.

P1-G2-172 Evaluation of the Nuclear Characteristics Data Distribution of the Light-water Reactor Spent Fuel Assembly

경수로 사용후핵연료 집합체의 핵적 특성 데이터 분포 평가

권형문*, 양용식, 김도식. *한국원자력연구원*
원자로 내의 출력분포 차이로 인하여 사용후핵연료 집합체 내의 각 연료봉은 연소도, 방사능, 열생성량, 핵물질 재고량 등의 핵적 특성에 차이가 발생한다. 또한, 연료봉은 중앙부가 상하단에 비해 상대적으로 높은 연소도를 보여주는 출력분포를 하고 있다. ORNL에서 개발한 사용후핵연료의 핵적 특성을 평가하는 SCALE/ORIGEN-ARP 코드는 집합체의 출력분포를 반영한 평가를 수행하는 기능이 없으므로, 축방향 노드를 22개로 가정하고 17×17 타입 국내 경수로 사용후핵연료 집합체의 연료봉수 264봉을 고려할 경우, 5808개의 입력문을 작성하여 개별적으로 코드를 실행해야 출력분포를 반영한 집합체의 핵적 특성 데이터를 산출할 수 있게 된다. 이를 해결하고자, 각 연료봉의 축방향 노드별 SCALE 코드 입력문을 자동 생성하고, 모든 입력문을 배치 실행한 다음, 특정한 핵적 데이터를 추출하는 프로그램을 제작하였다. 이 프로그램은 핵연료 성능평가 및 원자력시설의 안전해석을 위해 활용할 수 있으며, 임계, 차폐, 열해석에 필요한 핵적 데이터를 자동으로 생성하고 다양한 해석코드에 입력 데이터를 제공하는데 활용할 수 있다.

P1-G2-173 Side Effect on the Interface Between $Li_{10}GeP_2S_{12}$ Electrolyte and Carbon Conductive Agents in All-solid-state Lithium Battery

$Li_{10}GeP_2S_{12}$ 기반 고체 배터리에서 탄소 첨가제의 유해한 영향

윤경호*. *서울대학교*
All-solid-state batteries are considered as one of the attractive alternatives to conventional lithium-ion batteries, due to their intrinsic safe properties benefiting from the use of non-flammable solid electrolytes in ASSBs. However, one of the issues in employing the solid-state electrolyte is the sluggish ion transport kinetics arising from the chemical and physical instability of the interfaces among solid components including electrode material, electrolyte and additive agents. In this work, we investigate the stability of the interface between carbon conductive agents and $Li_{10}GeP_2S_{12}$ in a composite cathode and its effect on the electrochemical performance of ASSBs. It is found that the inclusion of various carbon conductive agents in composite cathode leads to inferior kinetic performance of the cathode despite expectedly enhanced electrical conductivity of the composite. We observe that the poor kinetic performance is attributed to a large interfacial impedance which is gradually developed upon the inclusions of the various carbon conductive agents regardless of their physical differences. The analysis through X-ray Photoelectron Spectroscopy suggests that the carbon additives in the composite cathode stimulate the electrochemical decomposition of LGPS electrolyte degrading its surface during cycling, indicating the large interfacial resistance stems from the undesirable decomposition of the electrolyte at the interface.

P1-G2-174 All Solid State Li-ion Battery with $Li(Ni_{0.3}Co_{0.3}Mn_{0.3})O_2$(NCM)/LiPON/Li Metal

$Li(Ni_{0.3}Co_{0.3}Mn_{0.3})O_2$(NCM)/LiPON/Li 구조를 가진 전고체 리튬 이온전지

이병준*, 서인석, 나단, 윤백상, 김영범, 임현수. *전북대학교*
All-solid-state thin film batteries have better thermal stability than conventional lithium ion batteries which consist of liquid electrolytes and have advantage of operating high voltage. In this study, we prepared all solid state thin film battery with $Li(Ni_{0.3}Co_{0.3}Mn_{0.3})O_2$ (NCM) / LiPON / Li structure. Ti and Cu/Ti for cathode current collector and anode current collector were deposited by radio frequency (RF) sputtering, respectively. Surface morphologies and cross sectional view of thin films were examined by field emission scanning electron microscopy (FE-SEM). The x-ray diffraction (XRD), x-ray photoelectron spectroscopy (XPS) used to investigate for binding energies and compositions, respectively. Ionic conductivity of electrolyte was measured by Electrochemical impedance spectroscopy (EIS). EIS was performed in frequency range from 0.1 Hz to 1 MHz, using 10 mV ac signal at room temperatures. Ionic conductivity of LiPON electrolyte was 1.04×10^{-6} S/cm which is matched with reference value. Electrochemical properties batteries were also characterized by galvanostatic system.

P1-G2-175 Lead-Free $Bi(Na,K)TiO_3$ Nanoparticle Fillers-Elastomeric Composite Films for Paper-Based Flexible Power Generators

무연계 $Bi(Na,K)TiO_3$ 나노입자를 이용한 플렉시블 세라믹-고분자 복합체 기반의 종이 기판 상 압전 파워 제너레이터

정창규*, 김현승. *전북대학교*
This research addresses key solutions about material selection, processing, and performance of environmentally-friendly high-power energy harvesters. We demonstrate the high voltage and the high power generation of the flexible devices using piezoelectric $Bi_{0.5}(Na_{0.78}K_{0.22})TiO_3$ (BNKT) nanoparticle fillers - polydimethylsiloxane (PDMS) elastomeric matrix for a lead-free piezoelectric composite film on a flexible paper substrate. To elucidate the principle of power generation by the piezoelectric composite configuration, we also investigate the dielectric and the piezoelectric characteristics of the composite film and compare the results with those of theoretical modelling. The paper-based composite energy harvester generates the large output voltage of ~100 V and the maximum current ~30 μA) by the hand tapping stimulation, which is the record-high performance compared to previously reported flexible lead-free piezoelectric composite generatos. Furthermore, the triboelectric-hybridized piezoelectric composite device using a micro-patterned PDMS shows much higher output voltage of ~250 V and output power of ~0.5 mW, which turns on 300 practical light-emitting diodes (LEDs). Our results prove that a new class of paper-based and lead-free energy harvesters provides a strong feasibility to enlarge the functionality of high-power generators in flexible electronics such as sensors and medical applications.

P1-G2-176 Elimination of Voltage Decay and Asymmetry of Oxygen Redox in Lithium-rich Layered Materials by Structural Redesign

전이금속 이동의 가역성 확보를 통한 리튬 리치 계 양극 소재의 전압 강하 및 히스테리시스 제거

음동건*. *서울대학교*
Despite the high energy density of lithium-rich layered-oxide electrodes, their real-world implementation in batteries is hindered by the substantial voltage decay on cycling. This voltage decay is widely accepted to mainly originate from progressive structural rearrangements involving irreversible transition metal migration. As prevention of this spontaneous cation migration has proven difficult, a paradigm shift toward management of its reversibility is needed. Herein, we

demonstrate that the reversibility of the cation migration of lithium-rich nickel manganese oxides can be remarkably improved by altering the oxygen stacking sequences in the layered structure and thereby dramatically reducing the voltage decay. The preeminent intra-cycle reversibility of the cation migration is experimentally visualized and first-principles calculations reveal that an O2-type structure restricts the movements of transition metals within the Li layer, which effectively streamlines the returning migration path of transition metals. Furthermore, we propose that the enhanced reversibility mitigates the asymmetry of the anionic redox in conventional lithium-rich electrodes, promoting the high-potential anionic reduction, thereby reducing the subsequent voltage hysteresis. Our findings demonstrate that regulating the reversibility of the cation migration is a practical strategy to reduce voltage decay and hysteresis in lithium-rich layered materials.

P1-G2-177 Uncover the Effect of Chemical Reaction between CFx and Electrolyte on Discharge Performance in CFx Discharge Mechanism

CFx와 전해액의 화학반응이 방전 성능에 미치는 영향에 관한 연구

황태현*. *서울대학교*

CFx is the first cathode material applied to commercial primary Li-ion battery system. CFx materials are currently used in military, aerospace and medical fields due to their low cost, high discharge capacity and low self-discharge rate. However, despite this long research period and various applications, the clear discharge process has not yet been revealed. This uncertainty discharge mechanism interferes with the study of the improvement of the drawbacks of CFx and makes it difficult to understand and apply the improved characteristics. In this study, for revealed the discharge process, we separate the discharge process into electrochemical and chemical process. And each process was analyzed by In-situ XRD, Ex-situ XRD, Raman spectroscopy, FT-IR, SEM and TEM. From the results of the analysis, we have seen the possibility of a new discharge mechanism, and we want to carry out an in-depth study on this. First of all, we focus on the presence of the chemical reaction between CFx materials and electrolytes during discharge process and change of the discharge characteristics due to this reaction. If this relationship can be revealed, it is possible to improve the discharge characteristics of Li/CFx primary battery just changing the electrolyte. Furthermore, it can provide a big clue to make rechargeable CFx battery system.

P1-G2-178 Utilization of Organic Charge-transfer Complex as the Future-generation Electrode Materials

유기 전자전달 복합체의 차세대 전극 소재로의 활용.

이세찬*, 홍지현. *서울대학교*

Organic battery system holds a great potential in next generation energy storage system due to its sustainability and chemical tunability. Prior to develop its performance, understanding of exact energy storage mechanism should be arranged. Organic electrode materials were understood as a monomer based redox reaction, however, in this research, electrolytes and crystal effect on redox behaviors are analyzed. As a result, in coin cell system, crystal structure of organic electrode materials should be considered and its redox behavior is also affected by electrolyte types. This work suggests a guidance for the more exact energy storage mechanism of organic battery system, and additional factor analysis affecting to organic battery performance.

P1-G2-179 Doping Effects in $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ Solid Electrolyte for all Solid-state Lithium Ion Batteries

리튬전고체 전지용 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 고체전해질의 합성 및 도핑 효과에 관한 연구

박한얼*, 김원식, 홍성현. *서울대학교*

리튬 이온 전지는 고에너지, 고출력 특성을 구현할 수 있어 휴대용 전자기기에 적용되어 널리 사용되고, 전기 자동차 등 중대형 에너지 저장 분야로 사용 범위가 확장되고 있다. 하지만 유기액체전해질을 사용하는 리튬 이온 전지는, 낮은 화학적 안정성, 폭발의 위험 등으로 인한 안전성의 문제로 인해 전고체 전지의 필요성이 대두되었고, 액체전해질을 고체전해질로 대체하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다양한 조성의 산화물 고체전해질 중 특히 가넷형 고체전해질인 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$(LLZO)는 높은 이온전도도, 넓은 반응 전위 범위, 리튬 전극과의 안정성 등으로 인해 많은 주목을 받고 있는 물질이다.

본 연구에서는 LLZO분말의 합성, 하소, 및 소결 조건의 최적화를 통해 LLZO의 소결 밀도를 증가시키고, Ga 및 Nb의 도핑을 통해 LLZO의 이온 전도도를 향상시키고자 하였다. Cubic phase LLZO를 안정화 시킨다고 알려진 Ga을 Li자리에 도핑한 결과 0.25몰 Ga을 첨가했을 때 93.9%의 상대밀도, 1.34×10^{-3} S cm^{-1} 의 이온전도도를 나타내었다. Zr보다 이온 반지름이 작은 Nb 도핑을 통해 carrier concentration 및 mobility를 증가시키고자 하였고, 0.35몰 Nb을 도핑하였을 때 94.8%의 상대밀도, 이온전도도는 6.31×10^{-4} S cm^{-1}로 측정되었다. Ga과 Nb을 도핑하였을 때 도핑하지 않은 LLZO 및 Al도핑한 LLZO보다 높은 이온전도도를 나타내며 더 낮은 온도에서 cubic phase를 형성할 수 있었다. 또한 Nb 도핑한 LLZO의 결정립 크기가 수μm인 반면 Ga을 도핑하였을 때 비정상적 입성장이 일어나 결정립 크기는 수백μm로 측정되어, 소결온도 및 소결조건 조절을 통해 결정립 크기를 제어하여 도핑원소에 따른 결정립 크기와 이온전도도, 밀도 간의 상관관계를 규명하고자 한다.

P1-G2-180 Lithium Iron Phosphate as a Cathode Material for All-solid-state Thin Film Batteries grown by RF Sputtering

전고체 박막 전지의 음극 재료로서 RF 스퍼터링에 의해 성장된 리튬 인산 철

김영범*, 서인석, 나단, 이병준, 윤백상, 임현수. *전북대학교*

In this study, we deposited $LiFePO_4$ (LFP) as the cathode material and Lithium phosphorus oxynitride (LiPON) as the solid electrolyte by radio-frequency (RF) magnetron sputtering for solid state thin film batteries. Li metal used as anode was deposited by thermal evaporation. Surface morphologies and cross-sectional-view were examined by Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM). The smooth surface of the thin films was successfully grown by RF sputtering. Structural properties of the thin films were investigated by X-ray diffraction (XRD). LFP and LiPON showed amorphous structure compared to the raw materials which are crystalline structure. Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) was performed in frequency range 0.1 Hz to 1 MHz, using 10 mV ac signal at room temperature. Ionic conductivity of LiPON electrolyte was measured to be 1.0×10^{-6} S/cm which is similar to the reference value. Electrochemical properties batteries were also characterized by galvanostatic system.

P1-G2-181 Superhydrophobic and Superoleophilic Nickel Foam by a Simple Dip-coating Method for Oil/Water Separation

간단한 dip-coating 방법으로 코팅한 물/기름 분리 목적의 초소수성 및 초친유성 니켈 폼

고장면*, Isheunesu Phiri. *한밭대학교*

Superhydrophobic and superoleophilic Ni foam was fabricated by immersion coating and drying method. The Ni foam was immersed in a mixture containing polytetrafluoroethylene (PTFE) and hydrophobic fumed silica (R805). The mixture was dispersed in a poly(vinylidene fluoride) (PVDF) solution and the PVDF was used as a binder. The as-prepared Ni foam showed superhydrophobic and superoleophilic properties simultaneously and had a water contact angle (WCA) of 155^{o} for water and an oil contact angle (OCA) of 0^{o} for oil. The PTFE-coated Ni foam maintained high separation efficiency after repeated separations (40 times) above 96% for the more viscous olive oil/water mixture and above 99% for the hexane/water mixture. The as-prepared nickel foam proved to be an excellent candidate for the separation of oil and water mixtures.

Acknowledgement: This research was supported by X-mind Corps program of National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT (No. 2017H1D8A1030297).

P1-G2-182 Electrical and Optical Properties of Layered Halide Perovskites for Radiation Detectors

방사선 검출을 위한 층상구조 할라이드 페로브스카이트 소재의 전기적 광학적 특성

황영훈[1*], 안창원[2]. [1]*울산과학대학교*, [2]*울산대학교*

Layered halide perovskites have been regarded as a promising semiconductor material for x-ray and gamma-ray detectors, operated at room temperature because of its features as a high atomic number and large bandgap energy.

However, a considerable amount of charge loss in halide perovskite has limited its capability when we apply this detector to a high resolution spectrometer required in x-ray and gamma-ray detectors. In a semiconductor devices, the magnitude of the electronic noise strongly depends on the leakage current because the low-noise charge-sensitivie amplifier integrates the charge in the crystal and converts it to a voltage pulse.

Therefore, the suppression of the leakage current is an important factor in achieving high energy resolution. Commercially available radiation detectors use high work-function metal such as Au or Pt to form Ohmic contact. Much effort has been made to form a high Schottky barrier with metals such as low work-function Al or In, but the lack of stability and relatively poor energy resolution has limited the usefulness of halide perovskite detector.

In this study, the development of high voltage schottky diode structure is reported according to the electrode materials of halide perovskite single crystals.

P1-G4-1 Single Crystal VO_2 Nanobelt by Using Hydrothermal Method

수열합성법을 이용한 단결정 VO_2 나노벨트

김해인*, 이상우, 이호진, 이준봉, 조아영, 윤철민, 최택집. *세종대학교*

Recently, Nanocellulose has been attracted due to its' biocompatibility, biodegradability, and hydrophilicity. For this reason, many researches have been conducted to multifunctionality of nanocellulose and oxide composite. Herein, we fabricated single crystal vanadium oxide using a TEMPO oxidized cellulose nanocrystal using a hydrothermal method. Hybrid nanostructures were formed as a shape of 1 dimensional structure such as nanobelt, which is composited of the transition metals, which are precursors and oxidized tempo nanocellulose are used. In addition, structurally uniformed these metal oxide nanobelts have high aspect ratio and tunable orientation by hydrothermal temperature and ratio of TCNC. Crystallinity and surface morphology of as prepared photoelectrode was analyzed X-ray diffraction and field emission scanning electron microscope (FE-SEM), respectively. Photoelectrochemical water splitting characteristics were investigated by three-electrode cell with linear sweep voltammetry (I-V curve), cyclic voltammetry (C-V curve) and chronoamperometry.

P1-G4-2 Synthesis and Characterization of $BaSnO_3$ Transparent Conductive Oxide (TCO)-based Conductive Fiber

전도성 섬유용 $BaSnO_3$ 투명 전도성 산화물(TCO)의 합성 및 특성

차유림*, 고재환, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 윤영수. *가천대학교*

최근, 인체 생체신호 감지 후 적절한 대응이 가능한 착용형 센서, 전원 소자의 개발이 학계 및 산업계에서 각광 받고 있다. 현재의 소자는 사용자가 착용에 불편함이 있다는 문제점에 의해 상용화에 어려움이 있다. 기존의 전도성 섬유는 은, 구리와 같은 금속을 코팅하거나, 얇은 금속섬유와 함께 직조하여 전도성을 부여한다. 구리는 대기 중에서 산화하여 전도성이 감소되고, 은은 우수한 전도성, 색상 표현의 장점이 있지만, 가격이 비싸다. 최근 탄소계 물질을 사용하는 연구가 진행 중이나 색상표현의 한계로 패션산업 관점에서 대중화에 어려움이 있다. 본 연구에서는 투명 전도성 물질인 $BaSnO_3$를 활용하여 색구현/착용감을 향상시키며, 상용화에 용이한 전도성 섬유를 개발하고자 하였다. 접착력 극대화를 위해 나노구조가 제어된 $BaSnO_3$를 졸겔법으로 합성하였으며, 2-MOE/에탄올 잉크 제작 후 섬유코팅을 진행하였다. 입자의 형상/결정성은 SEM (Scanning Electron Microscope), XRD (X-ray Diffraction)로 분석하였다. 코팅된 섬유의 전기적/내구성 특성 분석은 4-point probe, bending test로 진행되었다. 그 결과, 기둥형 $BaSnO_3$ 증착섬유가 가장 우수한 전기전도 특성 및 내구성을 가짐을 확인하였다.

P1-G4-3 Coating of Oxide-based Catalyst Support for Enhanced Performance Catalyst in Liquid-based Fuel Cell

액체 연료전지용 연료극 촉매 성능향상을 위한 촉매지지체 산화물 코팅

이운호*, 고재환, 이유나, 김인예, 김대윤, 차유림, 윤영수. *가천대학교*

연료전지는 환경오염이 없는 청정에너지로 차세대 전력생산 장치로 주목 받아 많은 연구가 진행 중이다. 특히, 액체를 이용한 연료전지는 에너지 밀도가 높으며, 연료 운반에 대한 인프라 구축이 용이하다. 실제 적용을 위하여 액체 연료와 촉매에서 부반응으로 발생되는 CO에 의한 촉매 피독 극복 및 과전압을 방지하여 출력특성을 지속적으로 유지해야 한다. 본 연구는 촉매지지체 위에 다양한 산화물 코팅으로 연료의 분해효율을 높여 부반응 요소 감소 및 촉매의 고른 분산을 통해 과전압을 방지하고자 하였다. 또한, 장시간 유지특성을 증가시켜 연료전지의 출력특성을 향상시키고자 한다. 마

이크로파(Microwave)를 이용하여 촉매지지체에 산화물을 코팅하였으며, 전기화학특성과 안정성을 확인하기 위해 CV (Cyclic Voltammetry test)와 CA (Chronoamperometry)를 진행하였다. 얻어진 촉매의 균일함을 확인하기 위해 SEM (Scanning Electron Microscopy), TEM (Transmission Electron Microscopy) 분석을 진행하였다. 또한, 합성된 촉매의 구조 및 성분을 입증하기 위해 XRD (X-ray Diffraction) 분석을 진행하였다. 산화물 코팅이 적용된 촉매 지지체를 이용하여 MEA (Membrane Electrode Assembly) 제작 후, 출력 특성을 확인하기 위해 단위 셀 테스트를 진행하였다. 이에 따라, 효과적인 촉매 분산 및 연료 분해로 부반응에 의한 피독이 방지되어 장시간 유지특성을 확인 할 수 있었다.

P1-G4-4 CrN Coating for Metal Bipolar Plate to Reduce Cost and Improve Corrosion Resistance of Fuel Cell Systems

연료전지 시스템의 비용 절감 및 내부식성 향상을 위한 금속분리판 CrN 코팅

김대윤*, 이운호, 차유림, 이유나, 김인예, 윤영수. *가천대학교*

연료전지 시스템의 분리판은 카본분리판과 금속분리판으로 나눌 수 있다. 연료전지 분리판은 비용 및 부피의 큰 부분을 차지하는데, 현재 비용절감 및 축소화를 위한 금속분리판 연구가 활발하게 진행되고 있다. 금속분리판은 SUS(Stainless Steel)금속 및 복합 분리판 등이 개발되고 있다. 특히 액체 연료를 사용하는 연료전지의 금속분리판은 강염기에 직접적으로 장시간 노출로 부식으로 인한 연료전지 성능저하가 초래된다. 본 연구에서는 금속분리판의 부식 방지를 위해 우수한 내식성 및 기계적 화학적으로 안정한 후보 물질인 질화물계를 코팅하여 특성을 확인하였다. 다양한 질화물계 후보 물질 중 내식성이 우수한 CrN을 선택하여 SUS에 코팅하였고, 장시간 강염기 노출에도 기계적 화학적 강도를 유지 하는지 확인했다. Cr을 PVD-RF(Physical Vapor Deposition - Radio frequency) sputtering 방법으로 각각의 조성의 Ar : N_2 혼합 분위기에서 증착하여 가스 조성별 CrN 박막의 특성을 비교하였고, 내부식성 테스트를 위해 1M KOH 수용액 환경에서 특성평가를 진행하였다. 내부식성 테스트 이후의 SUS와 박막 계면의 건전성 및 박막의 결정성을 SEM 분석을 통해 분석하였고, XRD 분석을 통한 CrN의 상 안정성을 확인하였다. 또한, 연료전지 시스템에 실제 적용을 위해 CrN 코팅된 금속분리판을 적용한 단위셀에서 장시간 테스트를 진행하여 셀 안정성을 확인하였다. 결과적으로 금속분리판의 CrN 코팅 적용은 액체연료를 사용하는 연료전지 시스템의 수명 향상을 기대할 수 있다.

P1-G4-5 Effect of Metal Nano-particles of Silicates and PVDF Based Polymer Nanocomposites and Changes in Dielectric Properties

나노 금속 입자의 실리케이트/PVDF 기반 폴리머 나노복합체에 대한 효과와 유전 물성 변화 연구

고유민*, 권도균, 송태영. *한국항공대학교*

Recently there are a lot of interests in polymer composites with nano-sized fillers because of their transparency, flexibility and tailorable dielectric properties. Especially in power electronics, to satisfy required features of dielectric materials like high permittivity, low loss, high breakdown strength and high energy density there have been various attempts to increase the dielectric constant. To increase dielectric permittivity of polymer composites, metal nano-particles including silver, nickel and aluminum are introduced but when increasing metal filler volume fraction, metal nano-particles aggregate and form large particle clusters. Most of them become self-connected to form a continuous percolation cluster at a critical volume fraction. This percolation phenomenon increases the dielectric constant but at the same time this phenomenon could make huge loss and lower breakdown strength, so in dielectrics the percolation should be avoided. In this study, nanocomposites were synthesized 2-d nanofillers using silver nanoparticles on muscovite nanosheets and PVDF based polymer. The formation of ag@muscovite nanofiller was confirmed by XRD and FT-IR. The dielectric constant, loss, PE loop, leakage current and maximum nanofiller volume fraction of the nanocomposites were measured in wide frequency range.

P1-G4-6 High-performance Monolayer MoS_2 Field-effect Transistor with Large-scale Nitrogen-doped Graphene Electrodes for Ohmic Contact

질소 도핑 그래핀 전극을 활용한 고성능 단층 MoS_2 전계 효과 트랜지스터

서동제[1*], Dong Yun Lee[2], Junyoung Kwon[1], Jea Jung Lee[3], Takashi Taniguchi[4], Kenji Watanabe[4], Gwan-Hyoung Lee[5], Keun Soo Kim[2], James Hone[6], Young Duck Kim[3], 최헌진[1]. *[1]연세대학교, [2]Sejong University, [3]Kyung Hee University, [4]National Institute for Materials Science, [5]Seoul National University, [6]Columbia University*

A finite Schottky barrier and large contact resistance between monolayer MoS_2 and electrodes are the major bottlenecks in developing high-performance field-effect transistors (FETs) that hinder the study of intrinsic quantum behaviors such as valley-spin transport at low temperature. Due to the Fermi level pinning at the metal and MoS_2 interface, most metals form a Schottky contact at MoS_2 to interfere with efficient electron injection and extraction, so that the intrinsic transport properties of MoS_2 is often limited by contact resistance.

Here, we present a novel strategy for the achieving the high performance and Ohmic contact to monolayer MoS_2 FET under the modest gate voltage by harnessing the nitrogen-doped chemical vapor deposited (CVD) graphene, which has an intrinsic high electron carrier density. Nitrogen-doped CVD graphene and monolayer MoS_2 hybrid FET platform exhibits a small threshold voltage of -49.2 V and barrier-free Ohmic contact under zero gate voltage. Transparent contact by nitrogen-doped graphene lead the 214 % enhancements of on-current and 4-fold improvement of field-effect carrier mobility of monolayer MoS_2 FET compare to the pristine graphene electrodes platform. Large-scale nitrogen-doped graphene electrodes provide a promising device platform that enables to development of high-performance devices and study of unique quantum behaviors.

P1-G4-7 Transistor Metal Dichalcogenide Nanocomposites for Stretchable Thermoelectric Applications

늘일수 있는 전이금속칼고지나이드계 나노화합물 열전 장치

김준엽*. *가천대학교*

웨어러블 디바이스에 전력을 공급하는 것은 디바이스가 작동하면서도 끊임없이 전기를 제공해야한다. 웨어러블 디바이스 분야에서 상당한 발전에도 불구하고, 신축성(stretchable) 전원의 개발은 여전히 진행중이다. 이번 연구에서는 1차원 물질과 2차원 물질의 나노화합물을 이용한 고성능의 신축성(stretchable) 열전발생기를 개발하였다. 2차원 물질로는 전이금속 칼고지나이드계 화합물(TMDC) 나노시트 기반의 필름을, 1차원 물질로는 탄소나노튜브를 사용하였다. 전이금속 칼고지나이드계 화합물(TMDC) 나노시트 필름의 열

전력은 전도성이 높은 탄소나노튜브를 첨가하여 크게 향상시키고, 전기 전도성과 구조적 안정성을 향상시켰다. 그리고 나노화합물로 구성된 필름의 주름은 이 필름을 기하학적으로 늘일 수 있게 한다. 이 주름들은 나노화학물 필름이 늘어날수록 주름에 가해지는 변형율을 방출하기 위한 윤활제 같은 역할을 하면서, 전체적으로 열전특성이 향상되고 변형 저항성이 뛰어났다.

P1-G4-8 ZnO Nanotube/SiO_2 Core Shell Structure for High Photon Extraction Efficiency of Nitride Nano Emitters

질화물계 나노에미터의 고효율 광추출 구조를 위한 ZnO Nanotube/SiO_2 core shell 구조

임광균[1*], 오세미[2], 최희정[1], 임예빈[1], 손수연[1], 권순환[1], 권영주[1], 김경국[1]. *[1]한국산업기술대학교, [2]미시간대학교*

산화아연 (ZnO)은 1차원 나노 구조에서 독특한 광학적, 전기적 및 표면 특성을 나타내며 광범위한 응용 분야에 적용되고 있다. 그 중 하나인 ZnO nanotube (ZNT)는 관형 구조로 인해 다공성이 높고 ZnO nanorod (ZNR)보다 표면적이 넓어 나노 크기의 얇은 벽에서 양자 구속 효과로 인하여 광 추출 효율이 높다. 또한, ZnO (n=2.1)는 질화 갈륨 (GaN)(n=2.4)과 공기 (n=1) 사이의 굴절률 차이를 점진적으로 변화시켜 반사로 인한 손실을 줄일 수 있기 때문에 광 소자 분야에서 많은 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 더 완만한 굴절률 변화를 만들기 위해 이산화규소 (SiO_2)(1.46) 코팅을 추가적으로 적용하여 ZNT/SiO_2 코어-쉘 구조를 형성하였다. 이를 비교하기 위해 수열합성법 및 온도 냉각 공정을 사용하여 인듐 주석 산화물 (ITO) 투명층이 있는 GaN 기반 에미터의 표면에 각각 ZNT/SiO_2 코어-쉘, ZNT, ZNR를 배열하여 광 추출 효율을 확인한다.

ZNT/SiO_2 코어-쉘 구조를 적용한 에미터의 광학적 출력파워는 ZNT, ZNR을 적용한 에미터에 비해 18.5%, 28.1% 향상되었고 이는 GaN 계층에서 ZNT/SiO_2 코어-쉘이 공기 사이의 계면에서 효율적으로 빛을 전달하고 빛의 반사를 완화시킬 수 있음을 확인하였다.

P1-G4-9 Improvement of Indium Tin Oxide Thin Film by Ultra-thin Low Molecular Weight Polydimethylsiloxane Layer under Argon Plasma Treatment

Ar 플라즈마 처리 조건에서 저분자량 polydimethylsiloxane층에 의한 indium tin oxide 박막의 성능 개선

조창희*. *가천대학교*

Electrical and optical property of solution-processed indium tin oxide (ITO) thin film are improved by low molecular weight (LMW) polydimethylsiloxane (PDMS) under argon plasma treatment. By attaching bulk of LMW PDMS on the ITO thin film and heating, very thin LMW PDMS layer is formed. The weakest bond in LMW PDMS, Si-C bond, is broken under argon plasma. These broken Si bonds are combined with oxygen which is diffused from ITO thin film, forming vacancies in the film. Oxygen vacancy concentration in ITO thin film influences on the electrical property of the film; The higher oxygen vacancy concentration, the lower sheet resistance. Also, oxygen vacancy widens the band gap, it leads to improve transmittance of the film. Moreover, SiO_x layer makes the surface of ITO thin film hydrophilic, causing the easy removal of the haze on the film. So we expect the film to be used for anti-fogging smart ITO glass.

P1-G4-10 A Study on ZnO-based *p*-type Conductivity Fabricated by RF Sputtering and Annealing

고주파 RF 마그네트론 스퍼터링법과 후열처리 공정으로 제조된 *p*형 ZnO 박막의 전도성 연구

임예빈*, 김시원, 박소연, 손수연, 임광균, 김경국. *한국산업기술대학교*

ZnO는 큰 에너지 밴드갭 (3.37 eV)과 높은 엑시톤 결합 에너지 (60 meV)를 가지기 때문에 광소자 제작 시 우수한 광학적 특성을 기대할 수 있고, 상대적으로 가격이 저렴하다는 장점 또한 가진다. 이러한 유용한 전기적, 광학적 특성으로 인해 가스 센서(Gas sensor), 레이저 다이오드(LD), 투명전극(TCE), 자외선 발광 다이오드(UV-LED) 등 다양한 분야에 응용되어지고 있다.

ZnO기반의 다양한 응용을 위해서는 전기적, 광학적 특성을 활용하기 위해서는 *p*형 ZnO의 구현이 필수적이다. 그러나 점 결함 형태인 산소 공공과 침입형 Zn에 의해 ZnO는 *p*형 전도성을 갖는데 한계가 있으며, 도핑 과정에서도 억셉터의 고용량이 낮고 높은 자기 보상 효과를 가지기 때문에 고품질의 *p*형 ZnO 구현이 어렵다고 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 고품질의 *p*형 ZnO 박막을 성장시키기 위해 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 5족 원소를 도핑물질로 선택하여 ZnO 박막을 성장시킨 후 도핑 물질 활성화를 위해서 후열처리 공정을 진행하였다.

그 결과, RF 스퍼터링법을 이용하여 사파이어 기판에서 구현한 p형 ZnO 박막의 전기적, 광학적 특성을 확인 할 수 있었다.

P1-G4-11 Characterization of Gallium Oxide based Multi-layer Transparent Electrode for UV-LED

자외선 발광다이오드 적용을 위한 갈륨산화물 기반 다층구조 투명전극의 특성연구

손수연*, 김시원, 노범래, 박소연, 임예빈, 임광균, 김경국. *한국산업기술대학교*

자외선 발광다이오드(UV-LED)는 의학적 치료, 공기탈취, 자외선 경화, 살균과 같은 다양한 분야의 제품으로 응용이 가능하기 때문에 많은 연구가 진행되어 왔으나 물질과 소자의 한계로 인해서 성능 향상에 어려움을 겪고 있다. 특히, 자외선영역에서 높은 투과율 및 전도성을 가지는 전극을 찾는데 어려움이 있어 UV-LED 제작 공정비용이 증가하고 있다.

지금까지 ITO 기반의 투명전극은 LED, 태양전지와 같은 광전소자 분야에서 널리 사용되어 왔다. 하지만 작은 밴드갭으로 인해 자외선 영역에서 낮은 투과율을 보이며 UV-LED의 발광빛을 재흡수하는 문제점을 갖고 있는 소재이다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 갈륨 산화물 기반의 투명전극에 대한 연구를 진행하였고, 특히 다른 상에 비해서 화학적, 열적 안정성이 우수한 베타(β) 상을 갖는 갈륨 산화물을 연구하였다.

본 연구에서는 베타 갈륨 산화물은 넓은 밴드갭에너지(~3.9 eV)를 가져 UV영역에서 높은 투과도를 가지고 있지만 전도성은 ITO에 비해 떨어지는 특성을 갖기 때문에, 전도성을 향상시키기 위한 방법으로 산화물/금속/산화물 다층구조를 적용하였다.

그 결과 UV영역에서 높은 투과도(>90%) 및 안정적 전기적 특성을 띠는 베타 갈륨 산화물 기반의 다층박막을 제조하였다.

P1-G4-12 Conductive Properties Analysis of $SnSe_2$ Single Crystal Material according to Br Doping Amount

Br 도핑량에 따른 $SnSe_2$ 단결정 소재의 전도물성 분석

방극찬*, 류정현, 이기문. *군산대학교*

Graphene과 더불어 다양한 이차원 층상구조 물질에 대한 연구가 보고되어 오고 있으며, 특히 MoS_2 등의 전이금속 기반의 이차원 transition metal dichalcogenide (TMD)는 유한한 밴드갭 (> 1.0 eV) 및 높은 전하 이동도 특성 (>500 cm^2/Vs)에 의해 차세대 반도체 소재로의 응용 가능성이 높을 것으로 기대되고 있다. 최근 $SnSe_2$ TMD 소재의 경우, 도핑을 통한 전기전도 및 열전도 물성이 비약적으로 개선이 가능하다는 보고가 이루어지고 있으나, 소재의 진성 (intrinsic) 물성을 파악하기 위한 단결정 소재에 관한 연구는 아직 부족한 상황이다. 본 연구에서는 Se-site에 Br 불순물을 치환형으로 도핑 시킨 이차원 층상구조 $SnSe_2$ 소재의 단결정을 melt-solidification법으로 성장시켜, X-ray diffraction (XRD)를 통하여 결정 구조를 분석하였다. 전도도 및 Hall 측정을 통하여 온도에 따른 전기전도도, 전자농도, 이동도 특성을 관찰하였으며, 각 전도 물성 인자들의 온도 의존성 부석을 통하여 도핑량에 따른 $SnSe_2$ 간결정 소재의 전도 물성 메커니즘을 고찰하였다.

P1-G4-13 Nano-porous Silver and Tin-oxide Fabricated by High Pressure Thermal Evaporation and its Application

고압에서 열 증착을 이용한 은과 산화 주석의 제조 및 응용

이은지*, 유상우, 민준기, 권우미. *경기대학교*

Nanoporous 물질은 높은 표면적 때문에 촉매, 센서, 연료전지, actuator 등 넓은 분야에서 많은 관심을 받아왔다. 그 중, Ag은 근적외선 및 가시광선 영역에서 산란/흡수 특성을 보이는데 이로 인해 nanoporous Ag은 높은 민감도가 요구되는 SERS(Surface Enhanced Raman Spectroscopy)에 응용되고 있고, Sn은 산화 상태에 따라 2.5~3.6 eV의 넓은 밴드갭을 가지게 되어 nanoporous Sn Oxide는 가스 센서 및 광촉매물분해, 박막 트랜지스터 등으로 응용되고 있다. 본 연구에서는 고압 열 증착 방법을 이용하여 nanoporous Ag 및 Sn을 제조하였고, Sn은 5%-H2 forming gas 환원 분위기의 진공 furnace에서 열처리하여 기공률이 유지된 SnO/SnO_2의 산화물 나노구조를 만들었다. 압력, power 및 시료의 양 등 다양한 변수 조절에 따른 나노구조 형성의 차이와 열처리 온도 및 분위기에 따른 산화물 나노 기공 구조의 차이, 기공률의 변화, Sn의 산화상태 변화 등을 연구하였다. 이렇게 형성된 porous Ag는 UV/vis 분석결과, 가시광선 영역에서 산란/흡수 피크를 띄었으며, SERS에 적용할 경우 약 10^4~10^5 정도 민감도가 증가하였다. Porous Sn의 경우, 온도에 따라 SnO/SnO2로 이뤄진 나노구조를 얻을 수 있었고 특히 180℃에서 Sn/SnO로 이뤄진 산화물 나노구조를 제조할 수 있었다. 본 연구에서의 Ag 및 Sn 산화물 나노 기공 구조는 촉매, 센서 및 visible-near IR 흡수체 등 다양한 분야로의 활용이 기대된다.

P1-G4-14 Synthesis and Characterization of Near-infrared Emitting Te Doped InP Quantum Dots

Te 도핑된 InP 양자점 합성

손민지[1*], 김태건[1], 이윤기[1], 방지원[2]. *[1]경상대학교, [2]한국세라믹기술원*

콜로이드 반도체 양자점(QD)은 넓은 대역의 빛을 효과적으로 흡수하고, 크기 및 조성을 조절하여 발광색을 조절할 수 있으며, 뛰어난 발광효율 및 매우 좁은 발광 반치폭을 가져 디발광소재로서 다양한 응용이 가능하다. 특히 생체 내 투과도가 뛰어난 근적외선 영역대를 발광하는 양자점은 바이오 이미징 프로브로 활용할 수 있으나, 근적외선 발광 양자점은 대부분 Cd 또는 Pb와 같은 중금속을 포함하고 있는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 가시광 발광 친환경 InP 양자점에 Te을 도핑하여 양자점의 발광파장을 근적외선 영역으로 확대하였다. 또한 Te 도핑된 InP 양자점에 ZnSe나 ZnS의 껍질을 추가로 쌓아 근적외선영역에서 30% 이상의 양자효율과 안정성을 확보하였다. 또한 유기용매에서 합성한 Te 도핑된 양자점의 표면을 개질하여 수용액에 안정적으로 분산시켜 추후 바이오 이미징 포로브로의 응용가능성을 확인하였다.

P1-G4-15 Synthesis of Pentagonal Layered $PdSe_{2-x}S_x$ Solid-solutions and Their Transport Properties

Pentagonal 대칭 구조의 이차원 $PdSe_{2-x}S_x$ 고용체 합성 및 그 수송 특성

류정현[1*], 이규형[2], 홍석원[3], 김상일[3], 이기문[1]. *[1]군산대학교, [2]연세대학교, [3]서울시립대학교*

그래핀(Graphene)으로부터 시작된 이차원 (two-dimensional: 2D) 물질은 특이한 전기 및 광학적 특성으로 인하여 현재까지도 활발하게 연구되어 오고 있다. 그 중에서 전이금속과 칼코겐원소의 조합을 통해 이뤄진 transition metal dichalcogenides (TMDs)는 Weyl semimetallic state나 Valleytronics 등의 흥미로운 물성 발현을 보고하고 있다. 다양한 TMDs 중에서 $PdSe_2$는 planar hexagonal 구조를 가지고 있는 여타 TMDs와 달리 buckled pentagonal 층상구조를 가지고 있어, 이러한 비교적 낮은 대칭성으로 인하여 도핑을 통한 다양한 특성 발현이 예측되어 오고 있다. 본 연구에서는 이차원 pentagonal $PdSe_2$ 소재의 Se-site에 S 원소 치환을 통한 격자 구조 제어 및 그에 따른 수송 특성 변화를 관찰하였다. 원 조성 Pd, Se, S 간의 고상합성을 통해 $PdSe_{2-x}S_x$ 조성 소재를 합성하였으며, ($0 \leq x \leq 1$) X-ray diffraction (XRD), Hall measurement, Raman spectroscopy, Seebeck coefficient measurement를 통해 결정구조와 전도물성, 열전특성을 분석하였다. 이를 통하여, S치환을 통한 $PdSe_2$ 층상구조 반도체의 격자구조 변화와 전도도, 전하 농도, 열전계수와 유효질량 간의 상관관계에 대하여 고찰하였다.

P1-G4-16 Effects of Vapor-phase Selenization Process on Chalcogenide Thin Films

칼코지나이드계 박막에 미치는 증기상 셀렌화의 효과

안학영[1*], 박종구[2], 이승용[2], 주병권[1], 조소혜[2]. *[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원*

Selenization is a process of supplying selenium (Se) in gas phase typically at the elecated temperature. It is a key process to prepare chalcogenide thin films for high efficient electronic, optical and thermoelectric devices. However, the commonly used method for selenization has limitations such as using toxic H_2Se gas and high equipment cost due to the necessity of two zone furnace system. Therefore, a low-cost and facile method of selenization with a precise control of Se supply is needed.

Herein, we demonstrate selenization of chalcogenide thin films by a new Se source which is a mixture of inert Al_2O_3 and Se. It was found that Al_2O_3 in the mixture plays a role as a controller of Se vaporization and therefore by adjusting ratios of Al_2O_3 vs. Se, we were able to control selenization vapor supply. When the selenization method was used for Cu_2GeS_3 semiconductor thin film, we found resulting selenized thin film has better morphology and electrical properties than that selenized with Se powder alone. This alternative method consumes much less Se than previous methods so that it can be considered environmentally less toxic and has a benefit of low-cost and facile process.

P1-G4-17 Nanopatterning Method of Ultrafine 3D Multi-material Nanoarrays via Nanotransfer Printing

나노패턴전사 프린팅을 통한 초미세 3D 다중 소재 나노어레이 형성 방법

박태완[1*], 박운익[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]부경대학교*

Patterning technologies of highly ordered micro/nanopatterns are essential for fabrication of the next-generation electronic devices such as wearable nanodevices, harmful multi-gas sensors, and internet of things (IoT)-based healthcare devices. Among many nanofabrication methods, nanotransfer printing (nTP) has attracted much attention due to its simple process, cost-effectiveness, and outstanding pattern resolution to create functional nanomaterials. However, there are still remaining challenges to be resolved to realize the more facile and practical pattern formation for multi-functional nanostructures. In this study, we introduce a practical nTP technique to generate three-dimensional (3D) hierarchical, functional multi-material nanopatterns by one-step patterning process. In addition, we show how to easily fabricate microscale and nanoscale arrays. Moreover, we demonstrate the gas sensor device which uses sub-100 nm cross-bar arrays as a sensing material for harmful gases. Based on these results, we expect that this useful approach would be extendable to other future nanodevice applications.

P1-G4-18 Synthesis of 2-dimensional Ho_2C and Er_2C Electrides and Their Magnetic Property

2차원 Ho_2C와 Er_2C 전자화물의 합성 및 자기적 성질

황정윤[1*], 이규형[1], 김성웅[2], 이기문[3], 박종호[2]. *[1]연세대학교, [2]성균관대학교, [3]군산대학교*

전자화물은 격자 간 공간에 전자가 존재함에 의해 일함수가 매우 낮고, 예상하지 못한 물리적 특성을 발현할 수 있는 신물질이다. 최근 Y_2C 격자의 층 사이에 전자가 존재하는 2차원 구조 전자화물인 $[Y_2C]^{2+}\cdot 2e^-$에서 격자 간 전자에 의한 자기적 물성 발현이 보고된 바 있다. 본 연구에서는 희토류 탄화물계 전자화물인 Ho_2C와 Er_2C 전자화물을 arc melting 공정으로 합성하였고, 격자간 전자에 의한 전기적 특성 및 자기적 특성의 온도 의존성을 규명하였다. 기 보고된 Y_2C와 비교하여 좁은 격자 간 공간을 가지는 결정구조 특성으로 상대적으로 높은 자화값을 나타내었으며, 50 K 이하의 온도영역에서는 강자성체 성질을, 50 K 이상의 온도영역에서는 상자성체 성질을 나타내는 것으로 확인되었다.

P1-G4-19 NiO-incorporated Carbon Papers; An Efficient Electrocatalyst for Rechargeable Li–O_2 Batteries

NiO가 결합된 탄소 종이; 충전식 Li-O_2 배터리를 위한 효율적인 전기 촉매

김주형*, 강인한, 조영권, 홍기창, 강정원. *목포대학교*

A Li–O_2 battery has been considered as one of the most promising energy storage systems owing to their ultrahigh theoretical energy densities. However, low energy efficiency (high polarization) during discharge/charge and resulting cycle stabilities have severely limited the development of this type of battery. Here, we demonstrate a simple preparation of NiO supported on carbon paper by dipping carbon paper in Ni-acetate solution and heating it to apply NiO directly to the carbon as a cathode material for nonaqueous Li–O_2 batteries. The prepared sample was confirmed as the structure of NiO-incorporated carbon using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), X-ray absorption spectroscopy (XAS), and High-resolution transmission electron microscopy (HR-TEM) analysis despite amorphous patterns seen in XRD (~10%NiO in NiO supported on carbon paper). A Li–O_2 cell in which the NiO supported on carbon paper was applied as an electrocatalyst showed an initial ~6% increase in energy efficiency and a subsequent 50 cycle retention.

P1-G4-20 Characteristics of Percolation about $BaTiO_3$/Cu Composite Films in accordance with Cu Content to Apply for Embedded Capacitor via Powder Spray Process at Room Temperature

상온 분말 분사 공정을 통해 내장형 캐패시터로 응요하기 위해 제작된 $BaTiO_3$/Cu 복합체 필름의 Cu함량에 따른 Percolation특성

김익수[1*], 조명연[1], 이동원[2], 오종민[1]. *[1]광운대학교, [2]한국산업기술시험원*

기술의 발전에 따라 다양한 분야에서 전자제품들의 고성능, 다기능 및 소형화를 위한 제품 내부 수동소자들의 지속적인 성능향상이 요구되고 있다. 수동소자들 중에 캐패시터의 표면실장 면적을 줄이기 위한 방법으로 EPT기술을 응용한 내장형 캐패시터에 대한 연구가 활발히 진행되어 오고 있다. 초기에는, 상온에서 고속으로 내장형 필름의 코팅이 가능한 이점을 가진 Aerosol Deposition (AD)공정을 응용하여 강유전물질 $BaTiO_3$ (BT)로 제작된 필름의 고밀도화를 통한 향상된 캐패시터 특성을 이룩하였으나, BT 단일 물질의 한계를 극복하고자 percolation이론에 근거하여 금속을 첨가제로 사용한 BT/Metal복합체 필름 제작을 통하여 기존의 단일 BT 필름 보다 더욱 향상된 유전특성을 구현하였다. 하지만, 낮은 치밀도를 갖는 기존 BT/Metal복합체 필름으로 인해 야기되는 높은 누설전류를 감소시키기 위해서는 후막 제작이 필수적이며 임베디드 캐패시터로 응용되기에는 너무 낮은 정전용량밀도를 가졌었다. 따라서, 본 연구에서는 유전특성 향상과 경제성에 유리한 금속 Copper를 percolation효과를 위한 첨가제로 사용하고 AD공정을 통해 BT/Cu 복합체 필름을 제작하였으며, 에어로졸화를 위해 주입되는 가스의 유속효과 및 Cu의 혼합비에 따른 특성 분석을 통해 최적화된 실험 조건을 제시하고, 제작된 복합체의 표면 미세구조, 유전특성, 전기적 특성, 및 정전용량밀도를 비교하였다.

P1-G4-21 Simple Preparation of Manganese Oxide/Carbon Electrocatalysts and Their Application for Li–O_2 Batteries

산화망간/탄소 전기촉매의 간단한 제조 및 Li-O_2 전지의 응용

김주형*, 박일한, 이예진, 강정원. *목포대학교*

Lithium–oxygen (Li–O_2) batteries have attracted considerable scientific attention due to their high theoretical specific energy density (~ 3 kWh/kg), which could possibly satisfy the demand for use in improved electric vehicles, if realised. However, despite this high energy density, Li–O_2 batteries present many scientific challenges that have also prevented their commercialization, such as their large polarization, low round trip efficiency and poor cyclability. Early studies on Li–O_2 batteries showed a modest overpotential (~0.3 V) for discharging but a high overpotential (~1.5 V), and the charge overpotential is particularly large due to decomposition of the insulating discharge product, Li_2O_2. This study demonstrates the direct insitu-incorporation of metal oxides on carbon during synthesis and the associated application to nonaqueous Li–O_2 battery catalysts. The partially oxidized Mn_3O_4 (Mn_3O_4/Mn_5O_8)-incorporated carbon cathode shows an average reduction of ~8% charge/discharge overpotential during 40 cycles in a rechargeable nonaqueous Li–O_2 cell.

P1-G4-22 Ultrahigh Oxidation-resistance of the Negatively Charged Copper Nanoparticles Induced by Electrides

정경화*, 김성웅. *성균관대학교*

Instability of copper toward oxidation hinders widespread use of copper nanoparticles (Cu NPs) in the electronics industry. Passivation of Cu surface with additional moiety has been considered as the most prominent solution for impeding oxidation, but non-oxidized Cu NP in the air without capping has not been realized yet. Here, oxidation-resistant Cu NPs are demonstrated over a month by mimicking the cathodic protection system in nanoscale using electride, an electron source. Cu NPs grown on electrides are thoroughly investigated by atomic scale observation and chemical analysis combined with theoretical calculations revealing that this oxidation-resistant behavior is originated from the intimate contact between Cu and electride, which supplies abundant electrons to Cu NPs, inducing them to be negatively charged. The obtained results suggest a breakthrough for rational protection of Cu and other metal NPs against oxidation in ambient air by increasing electron density of metal via the use of electrides.

P1-G4-23 Effect of Starting Powder on the Growth of Al_2O_3 Film Prepared by Aerosol Deposition Process

에어로졸 데포지션으로 성막한 Al_2O_3 필름 성장에 출발 원료가 미치는 영향

조명연[1*], 김익수[1], 이동원[2], 오종민[1]. *[1]광운대학교, [2]한국산업기술시험원*

최근 수동소자 부품 및 세라믹스 소자의 소형화 등이 미래의 시스템 기술을 주도할 방법으로 꼽히고 있으며, 그 핵심 기술로서 후막 공정이 대두되고 있다. 이에 따라 이차전지, 태양전지, 휴대기기용 모듈과 같은 다양한 부분에 후막 공정기술이 적용되고 있으며, Ink-jet printing, Screen printing, Thermal spray, Cold spray 등의 후막 세라믹 제조공정이 사용되고 있다. 최근에는 상온에서 소결 처리 없이 치밀한 기능성 세라믹 코팅 제조가 가능한 에어로졸 데포지션 (Aerosol deposition; AD) 공정이 주목을 받고 있으며, 에너지 소재, 센서 소재, 의료용 소재 등의 분야에서도 활발히 연구가 진행되고 있다. AD 공정은 수백 나노미터에서 수백 마이크로미터의 입자 사이즈를 가진 세라믹 파우더의 분쇄 및 소성 변형을 통해 후막 코팅층이 형성되는 원리에 기반하고 있기 때문에, 출발 원료가 표면 조도 또는 성막율과 같은 특성에 미치는 영향은 상당하며, 이를 제어할 수 있는 기술은 미래의 수동소자 부품과 소자 특성을 위해 필수적이라 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 AD 공정을 통해 각기 다른 사이즈 및 형상을 가진 세라믹 파우더를 증착하고, 그에 따라 세라믹 성막 특성에 미치는 다양한 요인들을 분석하였다. 출발 원료가 성막 특성에 미치는 영향을 분석하기 위해, 실험 조건을 모두 동일하게 설정하였으며, 성막율, 표면 조도, 내부 구조, 결정성 등의 다양한 평가를 통해, 최적의 성막 특성을 가진 분체 특성을 모색하였다.

P1-G4-24 Microstructure and Crystal Structure of Z-type Hexaferrite $Ba_{3-x}Sr_xCo_2Fe_{24}O_{41}$ by Molten Salt Synthesis

용융 염 합성법을 이용한 Z형 헥사페라이트 $Ba_{3-x}Sr_xCo_2Fe_{24}O_{41}$의 미세구조와 결정구조

권채연[1*], 강영민[2], 이상의[3], 문경석[1]. *[1]경상대학교, [2]한국교통대학교, [3]인하대학교*

Z-type hexaferrites, $Ba_{3-x}Sr_xCo_2Fe_{24}O_{41}$ ($Ba_{3-x}Sr_xZ$, $x = 0$, 1.5, 3.0), flakes were synthesized using a two-step grain growth process, involving a calcination process and molten salt synthesis. Almost single-phase Z-type hexaferrite $Ba_{1.5}Sr_xCo_2Fe_{24}O_{41}$ ($Ba_{1.5}Sr_{1.5}Z$, x = 1.5) could be synthesized in the processes at low temperature (1000°C-1050°C) calcination and then annealing with molten salt above 1150°C. Z-type hexaferrite Ba_3Z and $Ba_{1.5}Sr_{1.5}Z$ could be obtained but Z-type hexaferrite Sr_3Z could not be synthesized during annealing above 1150°C. Maybe molten salt synthesis at more high temperature should need to obtain Z-type hexaferrite Sr_3Z. Meanwhile, changing the calcination temperature can control the degree of agglomeration and appearance of spinel phase ($CoFe_2O_4$). In addition, changing the temperature at molten salt synthesis can control an aspect ratio during a two-step grain growth process, that is, calcination-molten salt method. The morphological evolution of the flakes was explained using the concept of mixed-control grain growth, i.e. a combination of diffusion for growth and interface reactions, which is a growth mechanism for a faceted interface. The single-phase $Ba_{1.5}Sr_{1.5}Z$ flake particle with high aspect ratio turned out to be a good candidate of soft magnetic inclusion, through an investigation of the correlation between material composition, magnetic behavior, and particle morphology.

P1-G4-25 Temperature Dependent Phase Modification of $Nd_{1.4}Sr_{1.6}Mn_2O_7$ R-P Phase Perovskite

Akshay Kumar*, 김민수, 구본흔. *창원대학교*

Perovskites are the extensively studied ordered material in material science and solid-state chemistry. Beside simple perovskites layered structures like R-P phase has been subject of interest in recent years due to their remarkable structural and physical properties. The rock salt layer of these materials is an important structural component that distinguish R-P phase from the simple perovskite structure and is highly sensitive towards temperature and synthesis conditions. In this work we have investigated the effect of temperature on the synthesis condition of a complex R-P phase manganite $Nd_{1.4}Sr_{1.6}Mn_2O_7$. The material was prepared by conventional ceramic route (Solid- state reaction). Considering the high temperature synthesis, all the precursors were taken 5% in excess from their stoichiometry. The powders were heated at different temperatures 1000-1500°C following the intermediate grinding after each heat treatment. The progress of reaction was strictly monitored by X-ray diffraction. The material observed to achieve R-P phase (I4/mmm tetragonal phase) at temperatures above 1100°C and converted to simple perovskite phase at temperatures above 1450°C. The signature peaks of R-P phase at 2Θ value ~ 22.5 (101), 32.2 (110) and 32.9 (105) were prominent on long heating (30h, 48h). The microstructure and morphology of the material were investigated by scanning electron microscopy (SEM) showed clear, distinguished grain boundaries with an average grain size of 3.198 μm. Our findings in this work suggest that the $Nd_{1.4}Sr_{1.6}Mn_2O_7$ layered mangnites are sensitive to temperature and the synthesis condition should be monitored closely in order to achieve pure R-P phase in these materials. Our further investigations in these materials would expose the magnetic properties and potential of these R-P perovskites for application in magnetocaloric effect.

P1-G4-26 Effect of pH on Structure and Soft Magnetic Properties of Fe-B-P Amorphous Nanoparticles

Bulgan Tsedenbal*, 이지은, 이찬규, 허석환, 구본흔*. *창원대학교*

Soft ferromagnetic materials with high saturation magnetization (Ms) and high permeability are used recently in electronics industry. The soft magnetic nanoparticles have also been proposed in the field of nanomedicine, such as cancer hyperthermal treatment, targeted drug delivery and magnetic resonance imaging agents (MRI), etc. The Fe base amorphous alloys, especially small sized particles, consisting of metal and metalloid, have low coercive field, high saturation magnetization. In this work, Fe-B-P amorphous particles were prepared by a chemical reduction. The size and magnetic property were controlled by different pH and $FeCl_2$ concentration. The properties of these amorphous nanoparticles were characterized by X-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FESEM), and magnetic property investigated by using a vibrating sample magnetometer (VSM). The results show that the Fe-B-P amorphous nanoparticles and the particle size distribution from 200 to 300 nm. The maximum saturation magnetization of Fe-B-P nanoparticle was 142.45 emu g^{-1}, which was synthesized under the condition at pH 9. The Ms of Fe-B-P nanoparticles increased, while the coercivity Hc decreased with the increase of pH.

P1-G4-27 Understanding Phase Stabilization and Optical Properties of Zero-dimensional Cesium Lead Halide Nanocrystals

0 차원 세슘 납 할로겐 나노 결정의 위상 안정화 및 광학 특성 이해

조한빈*. *한양대학교*

Zero-dimensional (0D) inorganic perovskites have recently emerged as an interesting class of material owing to their intrinsic Pb^{2+} emission, polaron formation, and large exciton binding energy. They have a unique quantum-confined structure, originating from the complete isolation of octahedra exhibiting single-molecule behavior. Herein, we probe the optical behavior of single-molecule-like isolated octahedra in 0D Cesium lead halide (Cs_4PbX_6, X = Cl, Br/Cl, Br) nanocrystals through isovalent manganese doping at lead sites. The incorporation of manganese induced phase stabilization of 0D Cs_4PbX_6 over $CsPbX_3$ by lowering the symmetry of PbX_6 via enhanced octahedral distortion. This approach enables the synthesis of $CsPbX_3$ free Cs_4PbX_6 nanocrystals. A high photoluminescence quantum yield for manganese emission was obtained in colloidal (29%) and solid (21%, powder) forms. These performances can be attributed to structure-induced confinement effects, which enhance the energy transfer from localized host exciton states to Mn^{2+} dopant within the isolated octahedra.

P1-G4-28 Heterostructural Designing of InP/ZnSeS/ZnS QDs toward High-quality Fluorescent Properties

InP/ZnSeS/ZnS 양자점의 헤테로 구조 미세 제어를 통한 발광 특성 향상 연구

김유리*, 조정호, 조대연, 김현민, 임한별, 양희선. *홍익대학교*

양자점은 우수한 색순도 특성을 가지고 있어 차세대 디스플레이 발광 소재로 연구되고 있다. 현재까지 연구되어 온 대부분의 양자점은 인체 및 환경에 유해한 Cd 성분을 함유하고 있으므로, 이를 대체할 수 있는 환경 친화적 조성인 InP 양자점의 연구가 보고되었다. 대부분의 보고된 InP 양자점의 경우 P 전구체로 $P(TMS)_3$을 사용하지만, 이 물질이 가지고 있는 고가, 유독성 및 인화성으로 인해 사용시 큰 제약이 있다. 이 문제를 해결하기 위하여, 대기에서 안정적이며 저가인 아미노포스핀 계열의 P 전구체로 대체하는 연구가 진행되고 있다. 아미노포스핀 기반 InP 양자점의 경우 $P(TMS)_3$ 기반 InP 양자점에 비하여 열등한 발광 특성을 보이므로, 이를 개선하는 연구가 필요하다. 이러한 이유로 본 연구에서 저가 아미노포스핀 기반 초고품위 발광 특성의 InP 양자점 합성을 목표로 연구를 진행하였다. InP 코어와 ZnS 쉘 사이의 격자불일치를 줄이는 조성구배의 ZnSeS 중간쉘을 도입하여 쉘 구조 최적화를 진행하였다. 이러한 연구를 통하여 36 nm의 반치폭 및 84%의 고양자효율 특성을 보이는 저가 아미노포스핀 기반 InP 양자점을 구현하였다.

P1-G4-29 Non-Cd blue ZnSeTe Quantum Dots as Highly Efficient Electroluminescent Emitters

전계발광 소자용 비카드뮴 청색 발광 ZnSeTe 양자점 합성 연구

송승원*, 이선형, 한창열, 양희선. *홍익대학교*

중금속을 포함하지 않는 화합물의 유망한 후보인 InP 양자점은 적색과 녹색 영역에서 높은 양자효율과 좁은 반치폭의 뛰어난 발광 특성을 제공한다. 그러나 청색 InP 양자점은 매우 작은 코어 크기로 인해 낮은 양자효율과 넓은 반치폭의 청록색(> 475 nm) 발광 특성을 나타낸다. 청색 비카드뮴계 양자점의 다른 후보 조성으로서 2.7 eV의 비교적 큰 벌크 밴드갭을 갖는 ZnSe 양자점은 입자 크기 성장을 통해 이론적으로 460 nm의 발광파장까지 확보가 가능하다. 몇몇 연구에서 입자 크기의 제어로 자색부터 청색까지(420~440 nm) 발광하는 ZnSe 양자점이 보고되었지만, 그 파장은 순수한 청색(450 nm)과는 거리가 있다. 본 연구에서는 ZnSe와 ZnTe의 합금화를 통한 우수한 발광 특성의 청색 비카드뮴계 양자점 합성이 진행되었다. 2.25 eV의 비교적 작은 벌크 밴드갭을 가지는 ZnTe는 더 큰 밴드갭의 ZnSe와의 합금화에 적합하다. 합성된 삼성분계 ZnSeTe 양자점은 440~450 nm 영역에서 최대 70%의 양자효율을 가지며 좁은 반치폭 특성을 보였다. 합성된 ZnSeTe 양자점을 사용한 고휘도 청색 양자점 전계발광 다이오드는 1118 cd/m^2의 휘도와 2.9%의 외부양자효율 특성을 나타내었다.

P1-G4-30 Investigation of Cathode Microstructure on Highly Efficient Protonic Ceramic Fuel Cells with $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$

성아림*, 김건태. *UNIST*

Among the various kinds of fuel cells, ceramic fuel cells possess several attractive advantages such as high efficiency, wide fuel flexibility, no need for precious-metal catalyst, but high operating temperatures (700-1000 ºC) of conventional oxygen-conducting solid oxide fuel cells (O^{2-}-SOFCs) result in many challenges (e.g., high cost, material compatibility problems). Recently, protonic ceramic fuel cells (PCFCs) have get much attention because the low activation energy of H^+ facilitates efficient operation of the energy conversion device at low temperatures (450-650 ºC). Despite these advantages, the efficient operation of the PCFCs is still hindered, primarily due to the large polarization resistance of cathode. In order to overcome these large cathodic polarization resistance issues, the modification of cathode microstructure could be an effective way because the cathode microstructure of PCFCs requires both sufficient pathways for oxygen supply and water vapor removal, along with a large electrochemically active area. Herein, we investigated the correlation between the cathode microstructure and the electrochemical performance under the PCFCs operating condition. Interestingly, the modification of

cathode microstructure effectively decreases the cathodic polarization resistance from 0.077 to 0.048 Ω cm^2 at 650 °C, and the corresponding maximum power density of PCFC is improved from 1.23 to 1.62 W cm^{-2}. These results indicate that the optimization of cathode microstructure is one of the crucial factors for the efficient operation of PCFC. These our findings could provide a useful guidance for effective development strategies of PCFC cathode material.

Acknowledgements: This work was supported by Global Ph.D. Fellowship Program through NRF Grant funded by the Korean Government (NRF-2018H1A2A1060644).

P1-G4-31 Core Structure Dependent Photoluminescence Properties of Carbon Dots

탄소양자점의 코어 구조에 따른 형광특성 변화 연구

홍우태[1*], 제재용[2], 문병기[1], 양현경[1]. *[1]부경대학교, [2]동의과학대학교*

Carbon dots (CDs) are carbon nanomaterials which size is below 10 nm. The CDs have been paid attention to many researcher because of their high quantum yield, excellent biocompatibility, innocuousness and photostability. In practice, CDs can be categorized to the wide family of nanosystems, existing in several possible structural types. Although their structure and morphology is different to each structure type, their electrical and luminescent properties of CDs can be varied. These properties indicates that the properties of CDs can be selected by their synthetic condition, such as carbon source, synthesis process and their conditions.

In this study, CDs have been fabricated by using a solvothermal synthesis. Tuning a synthetic conditions and their carbon source, CDs with various structural and morphological types have been synthesized. Their photoluminescence spectra, UV-visible absorption spectra, Fourier transform infrared spectroscopy, transmission electron microscope images and Raman spectra were measured to analyze the optical and structural properties of the CDs. In order to apply the CDs in anti-counterfeiting field, the anti-counterfeiting patterns were printed on various substrate, such as non-fluorescent paper and banknotes.

P1-G4-32 Gold-coated Magnetic Nanoparticles for Analyte Concentration and Ionization for LDI Mass Spectrometry

금 나노입자가 표면 코팅된 자성비드를 이용한 시료의 농축 및 이온화

김문주*, 이수정, 성정수, 변재철. *연세대학교*

Magnetic particles coated with Au nanoparticles (Au-MAGs) were developedfor sample concentration and as the solid matrix for laser adsorption/desorption (LDI)-mass spectrometry. The Au-MAGs were prepared by (1) the coating of polystyrene on iron oxide nanoparticles (PS-MNP), (2) the coating of poly-L-lysine on the PS-MNPs (PLL-coated PS-MNP), and (3) the coating of negatively charged Au nanoparticles on the PLL-coated PS-MNPs (Au-MAG). Using SEM and DLS analysis, the Au-MAGs were observed to be spherical and homogeneously sized and have Au nanoparticles on the surface. Furthermore, the surface charge was estimated to be −30.32 mV, which is sufficiently large to maintain a stable suspension in aqueous solution. The use of Au-MAGs as a solid matrix was tested by using four amino acids with different properties. The tested amino acids were proline (non-polar), serine (polar), glutamic acid (acidic), and histidine (basic). The Au-MAGs could be used for the simultaneous analysis of multiple amino acid analytes. The feasibility of using the Au-MAGs to concentrate the target analyte in a sample solution was tested by using (1) electrostatic interactions and (2) the interactions between gold and sulfur. Finally, the Au-MAGs were applied as a solid matrix for the mass spectrometric analysis of neurotransmitters (norepinephrine, serotonin, and dopamine), and their metabolite (ascorbic acid) and dicarboxylic acids (succinic acid (C_4), adipic acid (C_6), and suberic acid (C_8)).

P1-G4-33 Graphene Liquid Cell Electron Microscopy of Initial Lithiation in Co_3O_4 Nanoparticles

코발트 산화물 나노 입자의 초기 리튬 삽입 과정에 대한 그래핀 액상 셀 관측

정준영*, 장준하, 김일두. *KAIST (한국과학기술원)*

As it governs the overall performance of lithium-ion batteries, understanding the reaction pathway of lithiation is highly desired. For Co_3O_4 nanoparticles as anode material, here, we report an initial conversion reaction pathway during lithiation. Using graphene liquid cell electron microscopy (GLC-EM), we reveal a CoO phase of the initial conversion product as well as morphological dynamics during Co_3O_4 lithiation. In accordance with the in situ TEM observation, we confirmed that the Co_3O_4 to CoO conversion is a thermodynamically favorable process by calculating the theoretical average voltage based on density functional theory. Our observation will provide a useful insight into the oxide electrode that undergoes conversion reaction.

P1-G4-34 Fabrication of Highly Ordered 3-dimensional Hybrid Patterns with High Density

고밀도 고정렬 3차원 하이브리드 미세패턴의 형성 방법

박태완[1,2*], 박운익[3]. *[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교, [3]부경대학교*

Nanoscale patterning is one of essential technology to fabricate various electronic nanodevices. Therefore, many efforts have been made to develop simple and useful pattern formation methods to obtain uniform nanostructures with functionality. However, there are remaining challenges such as low throughput and poor cost-effectiveness for device applications. In this study, to overcome these issues, we introduce a facile and practical 3D hierarchical pattern formation method using a methodology combination of block copolymer (BCP) self-assembly and nanotrasnfer printing (nTP) technique. First, WO_3 and Pt hybrid line structures were stacked on the flexible polyimide substrate using a repetitive nTP process. Second, we successfully fabricated highly ordered Pt-embedded Ni thin film structures including sub-20 nm Pt cross-bar patterns, which can be used as a hybrid alloy catalyst structure. In addition, we confirmed that the well-defined 3D hybrid nanostructures via scanning electron microscope (SEM), transmission electron microscope (TEM), and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). On the basis of these results, functional hybrid nanostructures can be expected to be applied to next-generation devices and catalyst technologies in near future.

P1-G4-35 Study of Inorganic High-k Nanocomposites Thin Films for Flexible Device Applications

유연소자적용을 위한 무기 고유전 나노복합 박막의 합성 연구

한우제*, 이찬, 박형호. *연세대학교*

The needs for high-performance applications in flexible device have driven to the investigation of fluoropolymer nanocomposite. The preparation and characterization of poly(vinylidenefluoride-co-hexafluoropropylene) (PVdF-HFP) nanocomposite with fluorinated barium strontium titanate ($Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$) nanoparticles was performed. PVdF-HFP is one of the fluorous polymer material that attracted much attention due to its high dielectric property. $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ is one of perovskite ferroelectric oxide which has been mostly studied since its fascinating ferroelectric properties.

In this study, $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ nanoparticles was synthesized. $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ nanoparticles was treated with 2,2,2-trifluoroacetic acid in HFE-7500, the modified surface characteristics of the nanoparticles showed in good solubility in the fluorous solvent and fluorous polymer. As a results, the effect of fluorous ligand on the geometrical and compositional characteristics of PVdF-HFP/fluorinated barium titanate nanocomposites was established. Dielectric property change of PVdF-HFP nanocomposites with an incorporation of fluorinated barium titanate nanoparticles was investigated.

Acknowledgement: This material is based upon work supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) under Industrial Strategic Technology Development Program. No. 10068075, "Development of Mott-transition based forming-less non-volatile resistive switching memory & array".

P1-G4-36 2D Heterolayered Nanosheets of Layered Double Hydroxide-Metal Oxide with Excellent Electrocatalyst Performance

층상이중층수산화물-금속산화물 나노시트 혼성체의 향상된 전기화학촉매특성

JIN XIAOYAN*, 황성주. *연세대학교*

2D heterolayered nanosheets of layered double hydroxide (LDH)-transition metal oxide (TMO) are synthesized by electrostatically-driven self-assembly of cationic exfoliated LDH nanosheets and anionic exfoliated TMO nanosheets. The obtained LDH-TMO nanocomposites display outstanding performances as bifunctional electrocatalysts for oxygen evolution/reduction reactions and also as electrode for Li-O_2 batteries, which are much superior to those of the precursor nanosheets. The beneficial effect of TMO incorporation on the electrocatalyst performance is ascribable to the increase of electrical conductivity and the provision of more surface active sites of LDH material. The present study clearly demonstrates that the incorporation of TMO nanaosheets can provide a facil and efficient method to explore high performance bifunctional electrocatalyst materials as well as efficient catalysts for metal-O_2 batteries.

P1-G4-37 Synergistic Control of Structural Disorder and Surface Electron Density to Improve Diverse Functionalites of Manganese Oxide

결정구조 및 표면전자밀도 조절을 통한 망간산화물의 다양한 기능성 향상

JIN XIAOYAN*, 황성주. *연세대학교*

An efficient way to improve the electrocatalyst performance of manganese oxide is developed by an exquisite control over structural disorder and surface electron density. The effects of amorphous nature and surface electron density on the functionalities of metal oxide is systematically investigated with well-crystalline and amorphous MnO_2 nanocrystals with/without the surface anchoring of highly oxidized iodate cluster. The amorphous MnO_2 nanocrystal with surface-anchored iodate clusters shows much better performances as electrocatalyst for oxygen evolution reaction (OER) and cathode catalysts for Li-O_2 batteries than do both the iodate-free amorphous nanocrystal and well-crystalline microcrystal. The beneficial effects of iodate anchoring and amorphization are attributable to the alteration of surface bonding character, the stabilization of Jahn-Teller active Mn^{3+} species, and the enhanced charge transfer of interfaces. This study underscores that the synergistic control of structural disorder and surface electron density provides an effective methodology to explore efficient metal oxide-based electrocatalysts.

P1-G4-38 Mesoporous Layer-by-Layer-Ordered Heterostructure of Graphitic Carbon Nitride and Molybdenum Disulfide Nanosheets with Bifunctional Catalytic Performances

층층이 정렬된 gC_3N_4/MoS_2의 이차원 헤테로구조체의 향상된 이중기능성 촉매 성능

권남희*, 황성주. *연세대학교*

Mesoporous layer-by-layer-ordered heterostructures of alternating graphitic carbon nitride (g-C_3N_4)-molybdenum disulfide (MoS_2) monolayers with improved catalytic performances are synthesized by an electrostatically-driven self-assembly between oppositely-charged exfoliated nanosheets (NSs). The resulting heterostructured nanohybrids display a strong interfacial electronic coupling between neighboring 2D nanosheets and the formation of mesoporous stacking structure. The intimate combination between electrocatalytically-active MoS_2 NSs and photocatalytically-active g-C_3N_4 NSs yields bifunctional hybrid catalysts with enhanced performances for electrocatalytic hydrogen evolution reaction and visible light-induced photooxidation/reduction of organic/N_2 molecules. The beneficial effect of hybridization on catalyst performances is attributable to the promoted adsorption of protons, the provision of more active sites, improvement of charge transfer kinetics, the increase of visible light absorptivity, and the enhancement of charge separation. The present study highlights that the layer-by-layer ordering of exfoliated inorganic NSs can provide a novel synthetic route to high-performance bifunctional catalyst materials.

P1-G4-39 Control of the Chemical Bonding Nature of α-MnO_2 Nanowire for Improving Its Electrocatalytic Activity and Li-O_2 Electrode Functionalities

알파 망간산화물 나노와이어의 화학 결합 조절을 통한 전기화학촉매 및 리튬-산소 배터리 활성 향상

구태하[1]*, 황성주[2]. [1]*이화여자대학교*, [2]*연세대학교*

The surface anchoring of highly oxidized selenate (SeO_4^{2-}) cluster is exploited as a novel strategy to synthesize efficient MnO_2-based oxygen electrocatalyst and Li-O_2 electrode. The bond competition between neighboring (Se^{6+}-O) and (Mn-O) bonds is quite effective in stabilizing Jahn-Teller-active Mn^{3+} state and in increasing oxygen electron density of α-MnO_2 nanowire. The selenate-anchored α-MnO_2 nanowire shows excellent oxygen electrocatalytic activity and electrode performance for Li-O_2 batteries, which is due to the improved charge transfer kinetics and reversible formation/decomposition of Li_2O_2. The present study underscores that the anchoring of

highly oxidized cluster anion can provide quite efficient way of improving the electrocatalytic performance and electrochemical performances of nanostructured metal oxide in Li-O_2 cells.

P1-G4-40 Effects of Dispersion Stability and Granular Powder Properties according to Yittria Stabilized Zirconia Powder Properties

YSZ 분말 특성이 분산안정성과 과립분말의 물성에 미치는 영향

최임주*. *한국세라믹기술원*

세라믹 나노 입자는 기계, 전기, 열, 이온전도, 촉매 및 광학 등 특성을 향상시킨 세라믹의 제작의 중요한 재료이다. Y, Ce, Ca으로 안정화한 지르코니아 세라믹스는 낮은 열전도도, 높은 내화학, 내부식성과 고인성의 고강도, 고경도의 우수한 기계적 특성을 가지고 있어 반도체 및 디스플레이 장비용 부품, 고온 열차폐용 코팅소재, 분말 분산장비의 부품 및 비드, 의료용 세라믹 재료 등 다양한 용도로서 산업 전반에 사용된다. 세라믹 나노분말은 합성방법 및 제조 조건에 따라 다른 물리적, 화학적 성질을 가진다. 이러한 물리적, 화학적 성질이 다른 분말은 분산 시 분말의 농도, 분산제의 종류와 양, pH 등 여러 가지 공정 변수에 따라 서로 다른 현탁액의 물성을 나타내고, 이러한 현탁액에 바인더가 첨가되면 슬러리의 점도 및 안정성에 영향을 미치게 되어 결국에는 분무 건조된 과립 분말들의 물성도 서로 다르게 나타난다. 분무건조법은 슬러리가 노즐을 통하여 분무된 액적이 100~200℃ 원통형의 건조기에서 낙하하면서 구형 입자로 건조되는 방식이다. 액적의 특성은 슬러리의 농도, 안정성 및 유동 특성에 의존하며 건조된 분말의 형상, 크기, 내부구조 및 밀도에 영향을 준다.

본 연구에서는 서로 다른 제조방법으로 제조된 상업용 YSZ (Yttria Stabilized Zirconia) 분말을 나노밀로 분산하고, 아크릴계 바인더를 3~5 wt% 첨가하여 안정된 슬러리를 분무건조법을 통해 40~80㎛ 크기의 YSZ 과립 분말을 제조하였다. YSZ 분말 분산은 음이온계 분산제를 0.3~0.7 wt% 사용하였고, 사용된 분산제의 종류와 양에 따른 현탁액의 입도, pH 변화에 따른 Zeta potential curve와 바인더를 첨가한 슬러리의 안정성 및 유동특성 분석을 통해 분무건조법에 적합한 슬러리의 제조조건을 확인했다. 제조한 YSZ 과립분말은 FE-SEM을 이용하여 입자의 형상 및 크기를 확인했으며, 분말의 밀도를 가스식과 Tap식을 통해 비교평가 했다.

P1-G4-41 MnO_x/Co_3O_4 – MWCNT as Catalyst for Electrochemical Oxygen Reduction in Alkaline Fuel Cell

산소환원반응을 위한 MnO_x/Co_3O_4 – MWCNT 촉매 연구

Pham Thi Ngoc Tuyen*, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 차유림, 윤영수. *가천대학교*

Fuel cells are efficient electrochemical devices that convert chemical energy directly into electrical energy. A major challenge in the development of renewable energy technologies is the sluggish kinetics of oxygen reduction reaction (ORR) which limits the efficiency of numerous electron transfer. Catalysts for oxygen reduction reaction which improve the reaction rates are urgently needed. In general, Platinum and its alloys have been known to be the best overall performance for catalyzing material. However, their cost and scarcity have limited scaling- up of Pt-based catalysts and have motivated studies of alternatives.

In this study, we report the catalytic activity MnO_x/Co_3O_4 as a high performance for oxygen reduction reaction by the solvothermal method. Although MnO_x, Co_3O_4 or MWCNT alone has limiting catalytic activity but the interaction between manganese oxide and uniformly deposited cobalt oxide nanoparticles on MWCNT is considered to be beneficial to the improvement of catalytic activity and durability of the electrocatalysts. In addition to high activity, MnO_x/Co_3O_4 – MWCNT also exhibit superior stability to Pt in alkaline solution and synthesized nanosized nanoparticles by a simple method, hence it could be an efficient and inexpensive noble-metal-free cathodic catalyst for alkaline fuel cells.

P1-G4-42 The Effect of Co_3O_4 Nanoparticles on the Composite of PdRu@MWCNT as a Cathodic Catalyst in Direct Urea Fuel Cell

Direct urea fuel cell용 PdRu @ MWCNT 음극 촉매 복합물에 대한 Co_3O_4 나노 입자 효과 연구

Nguyen Huu Hung Tuyen*, 윤영수, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 차유림. *가천대학교*

Direct urea fuel cell (DUFC) as a renewable power generation technology has recently drawn increased attention because of its environment-friendly and cost-effective advantages among many types of alkaline anion exchange membrane fuel cells. Nevertheless, the kinetics of oxidation-reduction reaction, particularly electrochemical oxidation and oxygen reduction reaction, are sluggish and hence considered to be an inefficient process in DUFC. To overcome those disadvantages, Co_3O_4 nanoparticles was employed in the composite of Pd-Ru bimetallic catalyst supported by multi-walled carbon nanotubes (Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT) to enhance electrocatalytic activity and oxygen reduction reaction as a superior cathode catalyst in DUFC. The Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT composites were synthesized by simple two-step hydrothermal process. The uniform dispersion of Pd-Ru alloy nanoparticles on Co_3O_4 surface was achieved and their morphologies were determined by FESEM and TEM. The physical characteristics of the synthesized composites were examined with X-ray powder diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). The Pd-Ru/MWCNT catalyst was also prepared by the same experimental procedure, and evaluated to investigate effects of the Co_3O_4 nanoparticles on performance of the Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT cathodic catalyst. Cyclic voltammetry (CV) test was used to investigate electrochemical activities of the catalyst.

P1-G4-43 Optimization of the Synthesis of Copper Vanadate Foam for Thermal Battery High Voltage Cathode according to Thermal Treatment Atmosphere

열처리 분위기에 따른 열전지 고전압 양극용 copper vanadate foam 합성 최적화

김인예*, 윤영수. *가천대학교*

군용으로 사용되는 열전지는 양극과 음극 사이에 고체형태의 전해질이 있어 장기간 보관이 가능한 1차 전지로 미사일, 탄도미사일 등에 사용되고 있다. 현재 군용 미사일의 소형화로 동일한 크기에서 높은 용량을 얻을 수 있는 전기 개발이 요구되고 있다. 이에 고전압용 양극물질 개발, 양극물질 성능 개선 등의 다양한 연구가 진행 중이다. 하지만, 양극 전극은 pellet형으로 제작되는데 성형성 향상, 기계적 강도 향상을 위해 약 25~30 wt%의 전해질이 추가된다. 이는 활물질의 양의 감소를 초래하여 용량 향상 및 성능개선에 한계가 있

다. 이에 활물질 함량을 증가할 수 있는 전극제작 방법 연구가 요구된다.

이에 본 연구팀은, Cu foam을 이용하여 열전지 고전압 양극 활물질로 대두되는 CuV_2O_6와 유사한 성분 및 구조를 갖는 Cu-V-O foam 최적화를 위한 연구를 진행하였다. Cu-V-O foam 제작을 위해 Cu foam를 V_2O_3과 다양한 분위기(N_2, N_2O, 대기)에서 thermal treatment 하였다. 합성된 Cu-V-O foam의 표면 형상 및 구조는 SEM (Scanning Electron Microscope), XRD (X-ray diffraction)을 통해 분석하였다. 또한, XPS (X-ray photoelectron spectroscopy)로 표면 binding energy를 확인함으로써 Cu-V-O foam 표면 상태를 분석하였다.

P1-G4-44 Preparation and Effect of PAN-coated $LiNiO_2$ Cathode Material for Lithium Ion Battery

PAN코팅이 $LiNiO_2$ 양극재 특성에 미치는 영향

유제선*, 한정흠, 이영환, 홍태환, 손종태. *한국교통대학교*

As the demand for high capacity batteries increases, Ni-rich cathode materials are used. $LiNiO_2$ is also one of the Ni-rich cathode materials with high capacity. But this material has a some weakness, First, The migration of transition metal ions into the lithium layer transforms a layered phase to a spinel phase. second, there is a problem that the surface is easily degraded due to side reaction cause by the electrolyte.[1-2] In this study, To compensate for weaknesswe made $Ni(OH)_2$ by using co-precipitation method.[3] Then $Ni(OH)_2$ was mixed with LiOH and calcined. So we made $LiNiO_2$ and coated it with 5 wt% PAN in DMF solvent and it became PLNO. So this sample, bare-$LiNiO_2$ (LNO) and PAN coated $LiNiO_2$ (PLNO) were analyzed by electrochemical method.

P1-G4-45 Preparation of Solution-processed Two-dimensional Transition Metal Carbide Flakes Using Highly Purified Precursors

고순도 전구체 합성법을 이용한 용액 공정용 이차원 전이금속 탄화물 플레이크 제조법 연구

석시현*. *울산과학기술원 (UNIST)*

Two-dimensional (2D) transition metal carbides or nitrides, MXenes, and their precursor MAX phase have shown unique properties for several applications. Here, we demonstrated a facile approach to synthesize MAX phases with a high purity. By pelletizing and sintering the raw powders, Ti_3AlC_2 was synthesized such that it has a completely converted layered structure as well as high crystallinity and precise elemental stoichiometry. 2D $Ti_3C_2T_x$ (T refers to surface termination) flakes were also fabricated using a top-down exfoliation. As superior EMI shielding materials, the vacuum-filtered flakes exhibited excellent shielding effectiveness up to 46 dB with a thickness of only ~13 μm and a large area of ~40 × 40 mm^2. Furthermore, the development of a direct painting process for MXene has enabled their application to various shapes and surfaces. Aqueous inks composed of delaminated flakes were painted on a variety of substrates having ideal viscoelastic properties and thickness dependent conductivity.

P1-G4-46 Confinement of Self-Assembled Spherical Silica in Metallic Nanonet

금속 메쉬 내에 형성된 자기조립 구형 실리카 나노구조물

박운익*. *부경대학교*

Well-ordered pattern formation of block copolymers (BCPs) with a high-χ parameter is very important for future nanodevice applications. Here, we show a simple and practical nanotechnology of nanotransfer printing (nTP) and BCP self-assembly to accommodate self-assembled, spherical silica microdomain in pattern-transferred nanoscale metal net structure. By controlling film thickness of BCPs, we realized the pattern generation of a well-ordered dot-in-mesh pattern with a SiO_x (~ 10 nm) square array in the guiding nanomesh structure on Si and flexible substrates in a short annealing time (< 5 sec). We also theoretically demonstrate how the self-assembled silica nanodots can be located in the specific area of the nanomesh, showing the spontaneous one-to-one accommodation of SiO_x dots. This approach can be extended to many other BCP materials systems to expand the structural geometry of self-organized BCP and/or pattern-transfer patterns. Moreover, the controlled individualization of various inorganic and organic nanoscale structures with a functionality into the designated sites can also be suggested as a new path to obtain various geometrically unusual nanostructures for wearable, electronic nanodevice applications.

P1-G4-47 Preparation of Quasi-inverse Opal based on Shape-controlled Hydroxyapatite

입자 형상이 조절된 하이드록시아파타이트 기반 역오팔 구조 제조

김희정*, 한길상, 정현석. 성균관대학교

Hydroxyapatite (HAp), $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, has been extensively used in various field such as bone fillers, drug carriers, and adsorbents for heavy metal due to its similarity with mineral constituents and ionic exchange chemistry ability. In addition, inverse-opal structure has attracted wide interests owing to its high specific surface area, large pore volume, periodic regularity, and uniform pore size. Herein, HAp powders were successfully prepared by a simple precipitation method using calcium nitrate ($Ca(NO_3)_2{\cdot}4H_2O$) and sodium dihydrogen phosphate dehydrate ($NaH_2PO_4{\cdot}2H_2O$) as reagents, controlling the shape and particle size by adjusting pH. The quasi-inverse opal structure with HAp nanoparticles was also easily fabricated by using PS template with varying ratio of PS and HAp nanoparticles. The crystal structure of HAp was confirmed by the XRD analysis and the morphology also investigated by SEM analysis.

P1-G4-48 Hybrid Electroluminescence Devices Using Quantum Dots and Organic Phosphorescent Molecules for White Emission

백색광을 위하여 양자점과 유기 인광 물질을 이용한 하이브리드 전계 발광 소자

문아람*, 김지완. *경기대학교*

양자점은 나노미터 크기의 반도체이고, 용액 공정이 가능하며 크기에 따른 발광 색 조절이 용이하다. 우수한 특성을 가진 양자점을 기반으로 하는 양자점 전계 발광 소자는 차세대 디스플레이 기술로 주목받고 있다. 따라서 양자점 기반 디스플레이의 상용화를 위해 풀컬러 구현이 가능한 양자점 전계 발광 소자에 대한 연구가 많이 수행되어야 한다. 그러나 백색광 양자점 전계 발광 소자에 대한 연구는 탠덤 구조 및 버퍼층 등의 복잡한 구조에 대해 한정적으로 이루어진 상황이다.

이에 우리는 적색 양자점과 청색 유기 인광 물질을 이중 발광층으로 이용하여 하이브리드 전계 발광 소자를 제작하였다. 이중 발광층은 버퍼층 없이 양자점 발광층 위에 유기 인광 발광층을 직접 적층하여 형성하였다. 제작된 디바이스에서는 전압에 따라 백색광이 나타났고, 이는 Commission Internationale de l'Eclairage 그래프에

서 인가 전압에 따른 색 좌표의 이동을 통해 확인되었다. 또한, 디바이스는 6,195 cd/m^2의 최대 휘도와 2.02 cd/A의 최고 전류 효율을 나타냈다.

이번 연구 결과는 적은 물질을 이용한 백색광 양자점 전계 발광 소자의 가능성을 보여주었다. 따라서 이 연구는 실용적인 풀 컬러 양자점 전계 발광 소자의 추후 연구에 기여할 것으로 예상된다.

P1-G4-49 Wafer-scale Epitaxial Growth of MoS_2 on Sapphire

사파이어 기판에서의 MoS_2 에피택시 대면적 성장

오현근[1*], 이관형[2]. [1]*연세대학교*, [2]*서울대학교*

Two-dimensional (2D) materials have taken a center stage as the most promising materials for various electronic applications. However, for commercialization of the 2D materials, it is required to mass-produce the high quality 2D materials. One of the critical issues for mass-production of transition metal dichalcogenides (TMDs), semiconducting 2D materials, is large area growth with high quality and uniformity. However, formation of grain boundaries between single crystal grains is unavoidable. Therefore, minimization (or elimination) of grain boundaries has been requested. It has been shown that MoS_2 can be grown epitaxial on a sapphire substrate, leading to large area single crystal film over a few inch wafer without any grain boundaries. Similar to the proposed epitaxial growth method, we synthesized MoS_2 on a sapphire substrate through epitaxial growth by using chemical vapor deposition (CVD). We developed a novel CVD tool that has capability to grow TMDs in two different modes, such as horizontal mode and vertical modes. In the vertical mode, we can achieve higher uniformity of the gas flow, leading to uniform growth of MoS_2. Large single crystals of monolayer MoS_2 with a size up to 10 μm were obtained. We confirmed the number of MoS_2 layers and the morphology of MoS_2 crystals by using Raman spectroscopy and Atomic force microscopy (AFM).

P1-G4-50 Promoter Assisted Chemical Vapor Deposition Growth of Tungsten Diselenide

프로모터를 사용한 텅스텐 다이셀레나이드의 화학기상증착 성장

신용준[1*], 정연준[2], 이관형[1]. [1]*서울대학교*, [2]*연세대학교*

Nowadays, two-dimensional (2D) materials have been getting great attention thanks to their unique mechanical and electrical properties comes from atomically thin thickness. Among various 2D materials, transition metal dichalcogenides (TMDs) have great potential for electronic applications because of their sizable band gaps and great electrical properties in few-layer-thick materials. Despite of their attractive characteristics, the growth of high quality large scale TMDs is still problem we have to solve. Various studies have been conducted to find optimal technique such as chemical vapor deposition (CVD), atomic layer deposition (ALD), and so on. Herein, we report the growth of high quality few-layer WSe_2 by CVD method utilizing NaCl as a promoter. This Alkali halide materials promotes the growth of WSe_2 by producing volatile oxyhalide species reducing high sublimation temperature of tungsten oxide. Our works contributes to high quality growth of WSe_2 which open up the possibility of 2D materials in industrial application.

P1-G4-51 A Unique Electroluminescent Devices based on Quantum Dots and Organic Phosphorescent Molecules Multi-stacked Layers

양자점-유기 인광 분자 다중 적층 층을 기반으로 하는 독특한 전계 발광 소자

오성근[*], 김지완. *경기대학교*

Colloidal quantum dots (QDs)은 높은 색 순도, 쉬운 색 조절, 뛰어난 양자 효율을 나타내는 독특한 광전기적 특성을 지닌 나노 크기의 반도체이다. 용액 공정이 가능한 quantum dots light emitting diodes는 차세대 디스플레이로 주목받고 있다. 현재까지 QLEDs에 대한 연구는 대부분 단색 장치에 중점을 두었다. 하지만 실제 풀 컬러 디스플레이의 경우 백색 방출을 이루는 것이 중요하며, 이를 위해 적색, 녹색 및 청색 빛이 동시에 방출되어야 한다.

본 연구에서는 청색과 녹색이 섞인 QDs 발광층 위에 적색 유기 인광 분자 발광층으로 구성된 이중 발광층이 사용된 독특한 백색광 QLEDs을 제작하였다. 첫 번째 공정인 spin coating방법으로 electron transport layer인 ZnO과 양자점 발광층을 ITO가 증착된 유리 기판 위에 차례대로 올린다. 그 다음 host와 dopant로 이루어진 유기 인광 발광층과 hole transport layer인 CBP, hole injection layer인 MoO_3 그리고 전극인 Al을 두 번째 공정인thermal evaporation 방법으로 증착한다. 독특한 백색광 발광 소자는 특정 전압에서 비슷한 강도를 갖는 3 색상의 전계 발광 피크를 보였고, 인가 전압에 따른 전계 발광 스펙트럼의 변화를 체계적으로 나타낸다. 백색 발광을 위한 하이브리드 소자는 최대 20,453 cm/m^2 의 휘도와 9.19%의 외부 양자 효율로 높은 소자 성능을 보여준다. 이러한 결과는 이중 발광층의 독특한 설계가 높은 연색 지수를 갖는 밝고 효율적인 백색광 발광 소자를 갖는데 유망하다는 것을 나타낸다.

P1-G4-52 Quantum Dot Light-Emitting Diodes that Reduce Charge Imbalance by Using TiO_2 as Inorganic Electron Transport Layer

TiO_2를 무기 전자 수송층으로 적용하여 전하 불균형을 줄이는 양자점 전계발광 소자

김문본[*], 김지완. *경기대학교*

Colloidal quantum dots (QDs)는 독특한 전기적, 광학적 특성을 갖는 수 나노미터 크기의 반도체 입자를 말한다. QDs는 양자구속효과로 원하는 색의 빛을 발광하게 해주며 색 순도가 높아 QDs를 이용한 양자점 전계발광 소자가 차세대 디스플레이 기술로 주목받고 있다. 양자점 전계발광 소자는 발광층에서 전자와 정공이 1:1로 만나 엑시톤을 형성하는데, 이 과정에서 에너지를 빛의 형태로 방출하므로 발광층으로 주입되는 정공과 전자의 균형을 조절하는 것은 높은 효율을 달성하는 데 중요하다. ZnO 나노입자는 양자점 전계발광 소자의 전자 수송층으로써 널리 쓰이지만 전자의 이동도가 정공보다 빠르기 때문에 발광층에서 전하 불균형이 발생하는 문제점이 있다. 이 연구에서 우리는 ZnO 나노입자와 유사한 밴드갭을 갖고 전자 이동도는 더 느린 TiO_2를 전자 수송층으로 사용하여 양자점 전계발광 소자를 제작하였다. 그 결과 ZnO NPs를 사용한 양자점 전계발광 소자에 비해 더 낮은 전류가 흐르는 것을 확인하였다. 이번 연구를 통해 발광층에서의 전하 불균형을 줄이고 고효율 양자점 전계발광 소자를 제작할 수 있을 것으로 기대된다.

P1-G4-53 The Device of All Solution Processed EMLs with Quantum Dots and Organic Materials

양자점과 유기 인광물질로 이루어진 발광층을 갖는 솔루션 프로세스 하이브리드 소자

주소은[*], 김지완. *경기대학교*

콜로이드 양자점 (QD)은 크기 제어를 통한 조정 가능한 방출 파장을 가지며 높은 색순도를 가집니다. QD에는 유기 리간드가 있기 때문에 용액공정을 가능하게 하여 공정 비용을 절감할 수 있습니다. 이러한 이유로, 양자점은 미래 디스플레이 산업에서 예상되는 유망한 반도체 발광체이며, 양자점 발광 다이오드 (QLED)의 성능은 지난 10 년 동안 크게 개선되었습니다. 오늘날 QLED는 좁은 반치폭과 발광 특성의 장점을 가지므로 유기 발광 다이오드 (OLED)와 비교할 수 있습니다.

진공 증착이 소자 제작 공정으로 일반적으로 사용되지만, 진공 증착에는 몇 가지 문제점이 있습니다. 재료 효율이 10% 정도로 낮고 장비 비용이 높습니다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근에는 잉크젯 공정 또는 노즐 인쇄와 같이 솔루션 공정이 사용됩니다. 이 발표에서는 호스트 및 도펀트 재료를 유기 용매에 분산시키고 QD와 혼합하여 발광층을 갖는 소자를 제작하였습니다. 유기 물질이 용매에 분산될 때, 호스트 또는 도펀트 물질의 표면에서의 응집과 같은 불균일 문제가 발생할 수 있습니다. 이러한 문제를 해결하기 위해 폴리스티렌을 첨가하여 응집을 방지했습니다. AFM 이미지에서 볼 수 있듯이, 폴리스티렌을 첨가한 장치는 유기물질의 파장 에서 더 높은 강도와 더 낮은 거칠기를 나타냈습니다.

P1-G4-54 Study on Electrochemical Properties and Environmental Stabilities of 3D Hraphene-coated Ni Foam Heterostructures

3차원 그래핀-니켈 이종구조의 전기화학적 특성 및 환경 안정성 연구

심여선[1*], 권순용[1], 곽진성[1], 김세양[1], 조용수[1], 김승현[1], 김성엽[1], 김지현[1], 이치승[2], 조장호[2]. *[1]울산과학기술원 (UNIST), [2]현대자동차*

Polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFCs) suffer from insufficient lifetime of their core component system, because the chemical instability of metal bipolar plates in the operating environment leads to decreased performance and durability. Therefore, rational interface passivation techniques are critical for further boosting the development of PEMFCs. In this study, we present a novel method for coating multilayer graphene (Gr) as a superficial inhibiting layer onto Ni foam within short growth times ($t \leq 5$ min) via the rapid thermal annealing (RTA). The synthesized graphene layers have a low defect density and completely cover the 3D-structured surface of the Ni foam, dramatically enhancing its corrosion resistance, interfacial contact resistance and hydrophobicity. A H_2/air PEMFC fabricated using the Gr-coated Ni foam showed an exceptionally enhanced maximum power density of ~967 $mW{\cdot}cm^{-2}$. We expect that it could be effectively used in various high-performance energy conversion systems with good long-term environmental stability.

P1-G4-55 Improved Thermoelectric Performances in n-type Bi_2Te_3 by Controlling Grain Size

결정립 크기 제어를 통한 n-type Bi_2Te_3의 열전 성능 향상

이나영[1*], Rahman Jamil Ur[2], 서원선[2], 조중영[2], 남우현[2], 신원호[3], 노종욱[1]. *[1]경북대학교, [2]한국세라믹기술원, [3]광운대학교*

화석 연료를 대체하기 위하여 다양한 에너지 자원 연구 개발이 활발히 진행되고 있는 가운데 폐열을 전력으로 변환 가능한 열전 재료에 대해서도 지속적으로 연구되고 있다. 그 중에서도 Bi_2Te_3는 200°C 이하의 저온 영역에서 최고의 열전 성능을 보여 현재 상업적으로 사용되고 있는 물질이다. 열전 재료의 효율을 증대시키기 위해서는 열전성능지수(ZT, Figure of merit)가 높아야 하며, $S^2\sigma/\kappa$ (σ = 전기전도도, S=제벡계수, κ=열전도도)라는 수식으로 표현할 수 있다. 본 연구에서는 고 에너지 볼 밀링(ball milling)과 체가름(Sieving) 공정을 통해 결정립 크기를 제어하여 n-type Bi_2Te_3의 열전 특성에 미치는 영향을 연구하였다. 결정립 크기가 감소할수록 포논 산란의 증가로 인하여 격자 열전도도가 낮아졌다. 결과적으로 체가름 공정을 거친 시편이 423 K에서 ZT=0.836으로 Pristine 샘플과 비교하였을 때 약 1.8배 향상되었다. 이를 통해 결정립을 미세화는 Bi_2Te_3의 열전 성능을 향상시킬 수 있다는 것을 확인하였다.

P1-G4-56 Investigation on Anti-corrosive and Electrically Conductive Behaviors of Aluminum Coated with Polymer-nanocomposites

고분자 나노복합체로 코팅된 알루미늄의 내식성 및 전기 전도성 거동에 대한 연구

이혜민*, 김한, 조홍백, 좌용호. *한양대학교*

Corrosion studies of aluminum, which is considered one of the most versatile engineering metals owing to its valuable properties such as ductility, light weight, high strength, and thermal conductivities, have received considerable attention by researchers because of its wide applications in various industrial fields. Even though aluminum is well known about anti-corrosive material because of its native oxide layer, it is very easily degraded in harsh condition such as strong acids. In this study, synthesis of polymer-nanocomposites possessing dual function; high electrical conductivity and superior corrosion protection was investigated. Aluminum coated with polymer-nanocomposites by a mayor rod bar exhibited decreased rates of corrosion, dramatic improvement in charge transfer resistance compared to uncoated aluminum and addition of electrical conductivity in the strong acidic atmosphere of 0.5 M H_2SO_4 solution. This system has the potential to apply for the industrial fields (e.g., anti-icing field, electromagnetic shielding (EMI), and energy storage system) which need dual functions of enduring ability from the corrosive environment and high electrical conducting property.

P1-G4-57 Structural and Optical Characterization of BLT ($Bi_{3.25}La_{0.75}TiO_3$) Deposited by Spin Coating on FTO Glass

BLT ($Bi_{3.25}La_{0.75}TiO_3$)를 증착한 FTO glass구조적 광학적 특성

이신규*, 박정웅, 김마로, 노재권, 김요섭. *가천대학교*

전 세계적으로 커져만 가는 에너지 위기를 해결하기 위해 신재생에너지 기술 개발 및 보급, 확대되고 있으며, 태양광을 전기에너지로 직접 변환시키는 태양전지는 해당 분야에서 과학적으로, 산업적으로 각광을 받고 있다. 최근 할라이드 페로브스카이트 소재를 활용한 Perovskite Solar Cell 에서 태양전지 성능상의 획기적인 발전을 이루고 있으며, 현재까지 지속적인 관심을 받으며 다양한 연구 중에 있다. 본 연구에서는 페로브스카이트 태양전지의 기본 구조인 Metal/Spiro-OMeTAD/Perovskite/m-TiO_2/c-TiO_2/FTO 구조에서 고효율 태양전지를 만들기 위한 solution으로 강유전 소재의 적용을 위해 FTO 유리기판 위에 강유전 $Bi_{3.25}La_{0.75}TiO_3$ 를 spin coating 하여 증착 시켰으며 사용하였다. XRD, SEM을 이용하여 표면 형상 및 광학적 특성을 확인하였으며 기존 FTO glass 보다 광특성이 개선된 것을 확인 할 수 있었다.

P1-G4-58 High Durability Flexible Optical Metamaterial Fabrication by Nanoimprinting

나노임프린트 공정 기반 고내구성 유연 광메타 물질 제조 연구

홍성훈*. *한국전자통신연구원*

최근 기존 소재의 한계를 극복할 수 있는 새로운 인공소재인 메타물질에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 구조나 형상등에 따라 그 특성을 조절할 수 있는 메타물질은 디스플레이, 반도체, 센서,광통신 소자등 다양한 분야에서 상용화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 메타물질은 주로 금속, 절연체 소재등을 파장 이하 크기로 가공하여 제작하게 되는데, 일반적으로 적외선, 가시광 파장 등에 사용되는 메타물질을 제작하기 위해서는 수백나노이하 크기의 패턴이 필요하게 된다. 이에 따라 수백나노이하 크기를 가지는 메타물질을 대면적에 쉽고 저가격으로 제조할 수 있는 소재 및 공정 기술 개발이 필요하게 된다.

본 연구에서는 나노임프린트 공정을 이용하여 고내구성을 가지는 세라믹 소재를 대면적에 수백나노이하급으로 제작하여 메타물질을 제작하는 공정 기술에 대하여 연구하였다. 나노임프린트 공정을 통하여 수백나노이하 크기 패턴을 유연기판까지 쉽게 제작할 수 있었으며 이를 통하여 고내구성을 가지는 메타물질을 성공적으로 제작할 수 있었다.

P1-G4-59 Synthesis of Core-shell Fe_3O_4@C Nanocomposites through Amino-functionalization Applied by Silylation/Polymerization

silylation/polymerization에 의해 적용된 아민 기능화를 통한 코어-쉘 Fe_3O_4@C 나노 복합체의 합성

허재욱*, 오아현, 최진욱, 안계석, 최성철. *한양대학교*

The development of functional composite nanomaterials accelerates the growth of modern science and technology. The composite materials has been endowed with multifunctional properties that cannot be achieved with a single material by combining a variety of different materials. Among these multipurpose composites, magnetite nanoparticles with superparamagnetic properties has been still considered to be attractive materials. The compatible magnetic and electrochemical properties of this material could contribute to potential applications, such as microwave absorption, lithium-ion batteries, nano-absorbents, and biosensors. Fe_3O_4 has attracted much attention as a result of its high chemical stability and significant synergistic behavior through the synthesis of carbon materials. In this study, a novel method of synthesizing core-shell structure with Fe_3O_4 nanoparticles and carbon was proposed. The core-shell structured Fe_3O_4@C nanocomposites were prepared in an atmospheric atmosphere without the use of an autoclave. This facile synthesis method was based on the chemical bonding method with the terminal amine groups introduced on the Fe_3O_4 surface and the carbonization method by the catalytic reaction of glucose with sulfuric acid. As a result, the effects of silane and polymer-based amination on carbon shell formation have been discussed on the basis of various scientific evidences.

P1-G4-60 Evaluation of Conduction Characteristics of Layered ZnSb Fabricated by Crystal Structure Dimensional Manipulation

결정구조 차원 변형으로 제조한 층상구조 ZnSb의 전도 특성 평가

금아라[1*], 송준성[2], 이기문[3], 김성웅[2], 이규형[1]. *[1]연세대학교, [2]성균관대학교, [3]군산대학교*

최근 Zintl 화합물을 이용하여 3차원 구조 소재로부터 새로운 구조적 특성을 나타내는 2차원 소재 합성 결과가 보고되었다 (Science Advances 2019;5: eaax0390). 본 연구에서는 3차원 구조 소재에서 높은 열전성능을 나타내는 ZnSb계 소재를 모델 소재로 이용하여 소재의 차원적 구조변화에 따른 전도 특성 변화를 고찰하고자 한다. 3차원 구조의 ZnSb에 Li alloying과 etching 공정을 이용하여 sp2 혼성결합 특성을 나타내는 2차원 구조 ZnSb를 합성하였고 결정구조 분석 및 전도 특성 평가를 진행하였다.

P1-G4-61 Trion Modulation at Room Temperature in Emitting Devices of Two-dimensional Heterostructures

2차원 물질 반데르 발스 이종구조를 통한 상온에서의 트라이온 발광 제어

류희제[1*], 권준영[2], 이철호[3], 이관형[1]. *[1]서울대학교, [2]연세대학교, [3]고려대학교*

Tungsten diselenide (WSe_2) is a typical representative of layered transition metal dichalcogenides (TMDs) with unique electrical and optical properties. Monolayer WSe_2 has inverted sign of spin-orbit splitting of conduction band states at different momentum space, which makes WSe_2 one of the most promising candidates for advanced optoelectronic applications. Here we demonstrate a light-emitting tunneling device based on monolayer WSe_2, which is encapsulated by ultrathin hexagonal boron nitride (hBN) and contacted with graphene electrodes. The light-emitting tunnel devices of Gr/hBN/WSe_2/hBN/Gr clearly show a tunneling Ids-Vds curve, which is an evidence for direct tunneling transport through hBN to WSe_2. Electrons and holes are injected into monolayer WSe_2 by tunneling through hBN from top and bottom graphene electrodes. Due to a quantum well structure of WSe_2 sandwiched by wide-bandgap hBN, the generated excitons are confined in a well, emitting a visible light through recombination of electrons and holes. For additional modulation of electroluminescence (EL), we contacted another graphene electrode directly on WSe_2 light-emitting layer. When more carriers are directly injected to WSe_2, concentrations of excitons and trions in WSe_2 can be modulated by changing a gate bias (Vgs) and carrier injection contact bias (Vis), allowing for tuning of EL spectrum. Our work shows a great potential of van der Waals tunneling devices for multifunctional light emitting applications.

P1-G4-62 Modulation Defective-related Photoluminescence and Electrical Properties by Plasma Treatment in Hexagonal Boron Nitride

플라즈마 처리에 의한 육방정계 질화붕소의 광학적 및 전기적 특성 변화

나윤성*, 김종훈. *서울대학교*

Hexagonal boron nitride (hBN), a wide band gap 2D material, have attracted significant attention due to its various applications, such as memories, optoelectronic devices, and single photon emitters. Recently, it has been known that defects are critical factors to determine the optical and electrical properties of hBN. Here, we provide modulation of optical and electrical properties of hBN by using oxygen plasma. Oxygen plasma generates a lot of defects, like boron vacancies, in an ultrathin hBN, leading to enhanced photoluminescence (PL) mainly at 1.7, 2.3 and 3.4 eV within the band gap of hBN (5.8 eV). When electrical properties of pristine and oxygen plasma-treated hBN were measured using conductive atomic force microscopy (cAFM), it is clear that plasma treatment on hBN results in increased friction and conductance. The plasma-treated hBN shows

a current of 0.24 nA at 600 MV/m along a vertical direction, whereas pristine hBN shows totally insulating properties even at 1300 MV/m. The enhanced PL and formation of current paths are attributed to the defects induced by oxygen plasma. Our findings show that the optical and electrical properties of hBN can be modulated by generation of defects via oxygen plasma.

P1-G4-63 Band Engineering of WSe_2 Homo-junction via Thickness Control

두께에 따른 WSe_2 동일물질접합에서의 밴드엔지니어링

신준철*. *서울대학교*

We demonstrate that homo-junctions consisting of two WSe_2 flakes with different thicknesses have band offset at the interfaces and report a novel anti-ambipolar transport behavior in stacked WSe_2 junction devices. We fabricated lots of homo-junction devices by stacking thin layers and multi-layers of WSe_2. We first observed from the field-effect electrical transport that thin WSe_2 shows a strong p-type transport while relatively thick WSe_2 shows ambipolar behavior, meaning that the band offset between homo-junction will be formed when two WSe_2 layers with different thicknesses contact each other. From the electrical measurement across the homo-junction, we can observe the anti-ambipolar characteristic in the depletion regime within typical p-type transfer curves, which is attributed to tunneling-assisted interlayer recombination of carriers in the band offset between two WSe_2 layers. Our work shows that band structures of homo-junctions of TMDs can be engineered only by the thickness control.

P1-G4-64 Effect of Solvent on the Microstructure and Optical Properties of the Perovskite Nanocrystal ($CsPbBr_3$) Material

용매에 따른 ($CsPbBr_3$) 페로브스카이트 나노결정의 미세구조 및 광학적 특성

이솔[1*], 박영지[1,2], 김선욱[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]경상대학교*

Inorganic cesium lead halide ($CsPbX_3$, X= Cl, Br, and I) perovskite nanocrystals have recently attracted much attention for use in display and solar cell because of their excellent photophysical and optical properties, and high chemical and optical stability.

To develop the perovskite nanocrystals with high optical efficiency, many investigations have been devoted to search the new synthesis method, dispersion ligand materials, and solvent solutions because the optical properties of the perovskite nanocrystal are strongly depending on the particle size and microstructure. In this study, the $CsPbBr_3$ perovskite nanocrystals were synthesized by using different solvent solutions such as 1-Octadecene, 1-Tetradecene, and paraffin liquid. The microstructure of the $CsPbBr_3$ perovskite nanocrystals changes with using different solvent solutions and the optical properties also changed.

P1-G4-65 Image Sensor Array for Digital X-ray Detector System

디지털 엑스선 영상진단시스템용 이미지 센서 어레이

오민석[1*], 김현재[1], 김윤수[1,2], 양태경[1,3], 황영현[1], 유병욱[1], 한철종[1]. *[1]전자부품연구원,[2]고려대학교,[3]경기대학교*

Until a recent date, X-ray imaging system for medical applications has used analogue system using films for acquiring images. But this film-type analogue system needs the large storage space and the chemicals for developing the image films, and retake or real-time processing is unavailable.

To solve these problems, the digital X-ray imaging systems emerged. Recently, the charge-coupled device (CCD) systems and the flat panel systems which use the semiconductor sensors have been developed. But, due to higher resolution & less radiation exposure, the flat panel system is substituting for the CCD system. Flat panel system consists of the conversion part which converts X-ray to the electric charge and thin film transistor (TFT) backplane which reads out the electrical signals. Because TFT technologies came from the flat panel display industry, the process and the data acquisition of large image are possible.

In this presentation, we'll introduce digital X-ray imaging system by introducing new flexible scintillator film with high resolution, flexible photodiode and oxide thin film transistor array with high performance at low process temperature.

P1-G4-66 Highly Sensitive Trimethylamine Porous In_2O_3 nanostructure Gas Sensor

고감도 트리에틸아민 다공성 산화인듐 나노구조 센서

윤성도*, 명윤, 김연주, 나찬웅. *한국생산기술연구원*

트리메틸아민, 다이메틸아민, 암모니아는 생선이 부패한 후 발생되는 대표적인 가스이다. 이 중 트리메틸아민은 생선 부패 후 가장 높은 가스를 발생 시켜 생선의 신선도를 판단할 수 있는 가장 중요한 척도이다. 본 연구에서는 용매열합성을 이용하여 다공성 산화인듐 나노구조를 합성하고 트리메틸아민을 검지할 수 있는 센서를 제작하였다. 다공성 산화인듐 구조는 상용 산화인듐에 비해 2-5배 이상 높은 가스 감응특성을 보여주었다. 특히, 수소, 에탄올, 암모니아, 에틸렌등의 방해 가스보다 높은 선택성을 보여주었다. 이와 같이 트리메틸아민에 대해서 높은 선택성을 보여주는 다공성 산화인듐 나노구조 센서는 생선의 신선도를 측정할 수 있는 센서로 사용될 것으로 기대된다.

P1-G4-67 Synthesis and Characterization of $Ce_{1-\sigma}Cr_\sigma O_2$ Nanoparticles for Chemical Mechanical Planarization Application

화학 기계적 연마 적용을 위한 $Ce_{1-\sigma}Cr_\sigma O_2$ 나노입자의 합성과 특성

주우빈*, 이강천, 백운규. *한양대학교*

In Chemical Mechanical Planarization (CMP) applications, the Ce^{3+} ions on the surface of Ceria (CeO_2) nanoparticles (NPs) are active sites for the forming a strong Ce−O−Si bonding with SiO_2 film, which directly corresponds with their CMP performances. However, limited concentration of Ce^{3+} on the surface of bare CeO_2 leads to low chemical activity with SiO_2 film. Herein, we increase the surface Ce^{3+} concentration by synthesizing $Ce_{1-\sigma}Cr_\sigma O_2$ NPs which has high removal rate compared to that of CeO_2 NPs. Surface properties of $Ce_{1-\sigma}Cr_\sigma O_2$ NPs were analyzed by fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy, thermo gravimetric analyzer (TGA), and X-ray photoelectron spectrometer (XPS). The slurry employing the $Ce_{1-\sigma}Cr_\sigma O_2$ NPs shows two times higher removal amount of SiO_2 film than that of the CeO_2 NPs.

P1-G4-68 Copper Oxide Decorated Silica Nanoparticles for Tungsten Chemical Mechanical Planarization

텅스텐의 화학기계적 연마를 위한 구리 산화물이 코팅된 실리카 나노입자

윤경희*, 이강천, 백운규. *한양대학교*
The hydroxyl radical plays an important role on the oxidation of tungsten film during the tungsten chemical mechanical planarization (CMP) process. The Fenton reaction has been utilized for tungsten CMP to increase hydroxyl radical concentration. However, narrow working pH range (pH 2-4) for Fenton reaction limits the CMP processing window. Herein, we report copper oxide decorated silica nanoparticles (NPs) to widen the CMP processing window. Copper oxide NPs with the diameters of 5-10 nm could act as a catalyst to generate hydroxyl radical in the range of acidic to neutral pH. As a result, the removal rate of tungsten using Cu-silica was higher than that of pure silica at pH from 3 to 7.

P1-G4-69 Direct CVD Growth of 2D Materials on 3D Dielectric Substrates

CVD 방법을 이용한 3차원 구조 위의 2차원 물질 직접 성장

신재혁*, 박원일. *한양대학교*
2차원 소재 기반의 3차원 전자소자들은 2차원 소재들의 뛰어난 기계적 유연성 및 투명성 뿐 아니라 3차원 구조로서의 높은 표면/부피 비, 전기적 특성 및 민감도 등의 장점을 가질 수 있어 최근에 많이 연구되고 있다. 대표적으로, CVD 방법을 통해 성장된 2차원 물질을 3차원의 구조체에 전사하는 방식과 3차원의 구조체에 2차원 물질은 직접 성장시키는 방식이 있다. 그러나, CVD 방법으로 성장된 2차원 물질의 경우, 전사를 시키는 과정에서 2차원 물질이 쉽게 찢어질 위험이 있다는 단점이 있고, 3차원의 구조체에 직접 성장시키는 경우에는 3차원 구조체의 표면에 성장된 2차원 물질이 단일층이 아닌 두꺼운 층이라는 한계를 보였다. 이러한 한계를 보완하기 위해, 본 연구진에서는 패터닝된 3차원의 구조체에 두 층 혹은 세 층 정도의 2차원 물질을 직접 성장시키는 연구를 진행했다. 성장 조건의 조절을 통해, 기존의 연구와는 다르게 상대적으로 얇은 2차원 물질을 성장시켰다. 또한, 성장된 3차원의 그래핀 및 MoS_2를 고분자 물질 중 하나인 PDMS 유연성 기판에 전사, 압력센서로서 향상된 특성을 가지는 유연소자를 구현했다.

P1-G4-70 Microstructural Characteristics of SnO_2-Au Nanocomposites Surface-treated by Direct Energy Injection

직접 에너지 주입에 의해 표면처리된 SnO_2-Au 나노복합체의 미세구조적 특징

진창현[1*], 박수영[2], 김상우[3], 이규형[1]. *[1] 연세대학교, [2] 극동대학교, [3] 한국생산기술연구원*
A new technique of synthesising SnO_2-Au nanocomposites and converting them has been suggested. The growth factors for each specimen can be freely controlled, according to the given type of materials and duration of processing time. Specifically, the reaction proceeds from a homogeneous stoichiometric structure to a heterogeneous non-stoichiometric structure, based on the amount of applied energy. This morphological and microstructural transition is investigated by SEM, XRD, and TEM analyses. This process has proven to be superior in terms of vacuum, pre- and post-treatment, precursor, temperature, equipment, and time. Thus, it will play a large role in the rapid application from theoretical concepts to engineering realizations.

P1-G4-71 "Semiconducting Core/insulating Shell" Structure for Simultaneous Engineering of Dielectric Constant and Grain Growth in La-doped $SrTiO_3$

La 도핑된 $SrTiO_3$의 "반도체 코어/절연성 쉘" 구조를 통한 비유전율 및 입성장 동시 제어

김현식[1*], 양대진[2], 곽찬[2], 문경석[3]. *[1] 홍익대학교, [2] 삼성전자 종합기술원, [3] 경상대학교*
With the advent of 4th industrial revolution, technologies in the fields of internet of things, robotics, virtual reality and artificial intelligence are growing disruptively. In order to receive, transfer or process much greater amount of data/signal the number of electronic parts required in aforementioned devices has increased steeply. For every electronic part, many multi-layer ceramic capacitors (MLCCs) are employed to tailor currents flowing around the circuits. In other words, the demand for MLCCs with high capacitance, but small in size, has exploded along with the 4th industrial revolution. The capacitance of the MLCC is directly proportional to the dielectric constant of the material used in dielectric layer and the number of dielectric layers present in the MLCC. When materials with high dielectric constant and small grain size are applied to the MLCC, its capacitance will be improved because of increased number of dielectric layers with higher dielectric constant. However, dielectric constant and size of the material are correlated. If the size of the material is reduced, its dielectric constant will be decreased at the same time. Here, we suggest a "semiconducting core/insulating shell" structure which allows high dielectric constant with sub-micrometer grain size after sintering. The doping element which makes the core semiconducting acts as surface defect and suppress the grain growth while sintering.

P1-G4-72 Magnetic Properties and Diameter Distribution Analysis of Electrospun $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ Nanofibers Depending on Polymer Concentration of Precursor

전기방사된 $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ 나노 섬유의 전구체 폴리머 함량에 따른 직경분포 및 자기 특성 분석

나경한[1*], 김완태[1], 박동철[2], 송태협[3], 최원열[1]. *[1] 강릉원주대학교, [2] 주식회사 위드엠텍, [3] 한국건설기술연구원*
무선 통신기기 사용의 확대 및 휴대성 강조에 의해 회로집적도와 전파교란이 증가함에 따라, 필요이외의 노이즈 전자기파를 감소시키기 위한 조치의 필요성이 증가하고 있다. 종래의 전자파 차폐 재료로서 금속 패널등이 적용되고 있지만 무겁고 부피가 커 소형 장치에는 적합하지 않다. 이에 대한 대안으로 자성 및 유전 차폐 소재로 만든 경박단소한 필름이 다수 연구되고 있는데, 탄소나노소재 대비 나노 자성구조체에 대한 연구는 비교적 적은 연구가 보고되어지고 있다. 소재의 자기특성은 미세구조에 많은 영향을 받는데, 1차원 구조 나노 재료는 기존의 벌크 재료에 비해 넓은 비표면적과 높은 전자이동도 등 우수한 물성을 보이는 것이 여러 연구에서 증명되어 다양한 분야에서 그 활용 가능성이 모색되고있다. 이에 1차원 나노섬유 구조가 부여된 자성 재료의 경우, 어떤 자화거동을 나타내는지와 그 응용 가능성에 관하여 검토하고자 본 연구를 수행하였다. 1차원의 섬유상을 얻기 위해 대면적 제조의 용이성, 우수한 공정 연속성을 갖는 전기방사법을 사용하였다. 전기방사법으로 얻은 나노 섬유는 재현성이 높고 큰 종횡비를 갖기 때문에 졸-겔 반응을 이용해 세라믹 나노 섬유를 제조하기 위한 방법에도 응용되며 연구 성과의 발표와 보고도 지속적으로 증가하고 있다. 본 연구에서는 전기방사를 응용하여 $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ 나노 섬유를 균일하며 재현성 높게 얻을 수 있는 용액 및 전기적, 열처리 조건을 확인하고 섬유의 직경에 따라 자화 특성이 어떻게 달라지는지 관찰하였다. 전계방출형 주사전자현미경을 이용하여 관찰한 나노섬유의 평균 직경은 80 nm에서

260 nm까지 분포했으며, XRD 분석 결과를 통해 결정상을 확인하였다.

P1-G4-73 Fabrication of TiO_2 Photonic Crystal by Anodic Oxidation and Their Optical Properties

양극산화법에 의한 TiO_2 광결정 제조 및 광학적 특성

김완태*, 나경한, 최원열. *강릉원주대학교*

양극산화법에 의해 제조된 TiO_2 나노튜브 어레이는 수직 정렬된 구조를 가지고 있으며 넓은 비표면적을 가지고 있다. 또한 내산성 등 화학적 성질 및 전기적 특성이 우수하여, 광촉매, 가스센서, 태양전지, 광학 바이오센서 등의 다양한 분야에서 효과적인 성질을 나타내고 있다. 광결정은 TiO_2 나노튜브 어레이의 응용분야 중 하나이며 이를 광학적으로 응용하기 위해서는 나노튜브의 직경, 길이 및 표면상태 등 다양한 미세구조의 제어가 필요하며 이에 따른 광학적 특성의 변화에 대한 이해가 필요하다. TiO_2 광결정은 펄스형 양극산화 공정을 통해 제작될 수 있다. 양극산화 공정의 변수에는 인가전압, 시간, 온도, 전해액의 농도, 승압 및 강압속도 등 다양한 변수가 TiO_2 나노튜브 어레이의 미세구조 변화에 영향을 준다. 이런 나노튜브 어레이의 형성을 제어하기 위해 양극산화 전압, 시간, 온도 등의 공정변수를 제어하여 TiO_2 나노튜브 어레이를 형성시켰으며 전계방출형 주사전자현미경을 이용하여 미세구조를 관찰하였다. 또한 반사되는 광회절을 관찰하여 회절 파장을 분석하였으며, 변수제어를 통해 약 200 nm의 노드 길이를 갖는 TiO_2 광결정을 제조하였다.

P1-G4-74 A Facile Approach to Synthesize Graphene Quantum Dots with Controllable Surface Condition

표면상태 제어가 가능한 그래핀 양자점의 합성

강석현*, 김강민, 정경환. *한국생산기술연구원*

Recently, graphene quantum dots (GQDs) have been widely investigated due to their excellent optical properties and biocompatibility. Here, we introduce a simple and cost effective method to produce GQDs from graphite via sonication-assisted pulsed laser ablation (PLA) method. We could selectively produce either GQDs or graphene oxide quantum dots (GOQDs) by simply turning on and off the tip-type sonication during PLA process. The prepared GQDs and GOQDs show different chemical composition and optical properties due to the existence of surface oxygen functional group. A possible recombination mechanism of GQDs was studied by time-resolved photoluminescence (TRPL). We described a possible mechanism for the formation of GQDs and GOQDs during PLA process which explains based on the laser fragmentation in liquid and laser ablation in liquid model. We believe that our modified PLA process proposed in this work will further open up simple and cost effective routes for designing functional carbon materials.

P1-G4-75 Antibacterial Activity of Ag doped SiO_2 hybrid Coating Agent

Ag가 도핑된 SiO_2 하이브리드 코팅제의 항균 특성

김락희[1*], 손정훈[2], 정연길[2]. *[1]한국내화, [2]창원대학교*

최근 미세먼지나 박테리아 등에 의한 질환이 증가하고 있어, 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중 Ag는 예전부터 항균 특성이 우수하여 많은 연구가 진행되어 왔다.

이 연구에서는 항균 특성이 우수한 Ag을 이용하여 하이브리드 코팅제를 제조하여 그 특성을 평가하였다. Ag 도핑된 SiO_2 입자는 Sol-Gel 공정으로 준비하였다. 하이브리드 바인더는 실리카 졸과 TEOS를 출발 물질로 실란처리하여 표면 개질하였으며, 준비된 바인더에 Sol-Gel로 합성한 Ag-SiO2 나노 입자를 첨가하여 6시간 볼-밀을 실시하여 제조하였다. 코팅층의 미세구조와 조성은 SEM과 EDS로 측정하였다.

물성은 연필 강도 시험기, 접착력 시험, 염무분수 시험으로 특성을 평가하였다. 항균 특성은 쉽고 객관적인 방법인 디스크 퓨전 테스트로 하였다.

P1-G4-76 Graphene-mediated Coherent Light Lasing from $CsPbI_3$ Perovskite Nanorods

그래핀을 매개로한 $CsPbI_3$ 페로브스카이트 나노막대에서의 레이저 발생

김현민*. *DGIST (대구경북과학기술원)*

Graphene-enhanced Raman scattering has been studied as an optical measurer related to the selective electron transfer from graphene to the valence band of the contacted molecule, inducing a pileup of electrons within the conduction band and a 'photogating effect' as for subsequently illuminated light. Herein, we studied the Raman spectroscopy of $CsPbI_3$ nanorods sandwiched between two layers of graphene, revealing that a weak coherent lasing also occurs. The photoluminescence intensity of δ-phase $CsPbI_3$ nanorods drastically decreased with increasing graphene coverage, particularly on the top, leading to Raman modes at the first (~241 and ~312 cm^{-1}) and second (~640 cm^{-1}) overtones of polymeric iodides and at ~3492 cm^{-1}. First principle calculations address that the ~3492 cm^{-1} mode originates from the stimulated coherent light emissions of the highly populated electrons accumulated in the CsPbI3 conduction band, which form because of the electronic resonance induced in the Pb and I degenerate states.

P1-G4-77 One-step Synthesis $Y_2O_3:Eu^{3+}$ Phosphor Ceramics with Luminescence Properties by Microwave Synthesis

전자파 조사를 이용하여 합성한 $Y_2O_3:Eu^{3+}$ 세라믹 형광체의 형광특성 연구

정종원*, 이우철, 박성준, 홍우태, 박진영, 양현경. *부경대학교*

The commercial white light-emitting diodes (WLEDs) is a combination of blue LED and yellow phosphor packed with organic resins. However, the phosphor-resin structure is prone to aging and yellowing under high-power light excitation owing to the high temperature generated from phosphor conversion and LED chip operation. This issue leads to the performances degradation and the lifetime reduction of WLEDs.

In order to solve these problems, a new type of WLEDs using phosphor ceramics instead of organic resins has been reported. The phosphor ceramics exhibits the advantages of excellent heat-resistance, good mechanical, thermal, and chemical stabilities. In order to synthesis phosphor ceramics, priority, a phosphor powder must be synthesized. After that, the phosphor ceramic is produced by high temperature heat treatment. However, a rapid, simple, environmental benign, and efficient preparation route that can produce phosphor ceramics have gain undivided attention in past few years.

In this work, the luminescence properties of $Y_2O_3:Eu^{3+}$ phosphor ceramics were investigated by microwave synthesis. Their crystalline structures, surface morphologies and luminescent characteristics were

investigated by using XRD, SEM, and PL, respectively. The purpose of this study is to compare the luminescence properties of Eu3+ ion doped Y_2O_3 phosphor ceramics which were synthesized at various experimental conditions such as microwave powers and synthesis times.

P1-G4-78 Synergistic Effect of the Au-TiO_2 Heterostructure for Highly Efficient Ionization in LDI Mass Spectrometry

Au와 TiO_2로 구성된 헤테로구조에서 나타나는 LDI 질량분석 시너지 효과

김문주*, 이수정, 성정수, 변재철. *연세대학교*

A combination nanostructured matrix with metal Au nanoislands and semiconductor TiO_2 nanowires is presented to enhance both desorption and ionization efficiency in laser desorption/ionization (LDI) mass spectrometry. The heterostructure of Au nanoislands on TiO_2 nanowires was fabricated via (1) TiO_2 nanowire synthesis through a modified wet-corrosion method and (2) Au nanoisland formation through thermal annealing of a sputtered Au layer on the TiO_2 nanowires. Herein, the synergistic effect of this heterostructure for highly efficient ion production was experimentally elucidated in terms of the formation of high temperature on the surface of Au and the creation of a Schottky barrier at the Au-TiO_2 interface. Finally, four types of immunosuppressors were analyzed to demonstrate the improved ionization performance of the heterostructure for LDI mass spectrometry.

P1-G4-79 Multifunctional Li-doped Zinc Oxide Nanowires for Piezoelectric Motion and Temperature Sensing

모션과 온도 센싱을 위한 리튬이 도핑된 다기능 압전 산화아연 나노와이어의 응용

신성호[1*], 정준영[1], 김찬훈[2], 김일두[1]. *[1] 한국과학기술원, [2] 한국생산기술연구원*

Multifunctional flexible sensors have recieved a great deal of attentions in robotic, medical, and healthcare applications. These sensors mainly employs resistive sensing principles, where conductive nanomaterials or polymer have been integrated on a single fleixble substrate in order to perceive mechanical and thermal stimuli from target objects. These approaches have been regarded as one of the durable ways to devlope flexible sensors. However, resistive sensing way is insufficient to reflect actual functions of a object that have magnitude, direction, speed, and etc. To date, few efforts have been made to integrate multifunctionalities on a single flexible device. In this work, we report flexible motion and temperature sensor based on Li-doped ZnO nanowires, especially providing additional sensing information for precise determination of motions. The ferroelectric Li-doped ZnO NWs and PEDOT:PSS were embedded in the poly-dimethylsiloxane (PDMS) layer, sandwiched between Ag NWs electrode layers. Both strain and temperature sensitivities of the developed sensor were comparable and superior to the ones reported previously and the nanowires-polymer based device ensures mechanical durability as well. Thanks to integrated piezoelectric element, the sensor can offer more precise motion information under different mechanical stimuli such as bending, stretching, and pressure applied normal to the device plane.

P1-G4-80 Analysis of Electrochemically Li-intercalated TiO_2 for Photocatalytic Production of Hydrogen

수소 광촉매 발생을 위한 전기화학적 리튬 삽입 된 TiO_2 분석

심우형*, 이정문, 정형모. *강원대학교*

Photocatalytic production of hydrogen is a promising methods of converting solar energy into chemical energy. For photocatlytic production of hydrogen, n-type TiO_2 has been widely studied because it is cost effective, stable, and non-toxic. However, TiO_2 photocatalyst only operates under the irradiation of ultra-violet (UV) light due to the relatively wide bandgap (3.2 eV). Recently, several works reported that alkali metal cations influence the photocatalytic activity of TiO_2. Especially, Li^+ doped TiO_2 by impregnation showed an enhanced activity compared to pristine TiO_2. However, previously reported processes for the fabrication of Li^+ intercalated TiO_2 have several challenges, especially in precisely controlling the intercalation rate.

In this study, we propose a facile electrochemical method of synthesizing Li^+ intercalated TiO_2 photocatalyst for efficient H2production under the irradiation of UV and visible light. By utilizing this new approach, the rate of Li^+ intercalation into TiO_2 crystal lattices can be controlled by varying the cut-off potential of the lithiation during cyclic voltammetry. Moreover, XRD, XPS and XANES analysis of TiO_2 indicates that Li-intercalated TiO_2 (discharged at 1.0 V) has a new phase of $Li_{0.5}TiO_2$ and the Ti^{4+} ions of TiO_2 are partially reduced to Ti^{3+} ions after Li-intercalation. These reduced Ti ions are induced improved absorbance at visible light wavelengths, which allowed for an enhanced H_2 generation compared to a commercial TiO_2 particles.

P1-G4-81 Fabrication and Characteristics of Solution-processed, Photo-patternable Fluorinated Sol-gel Siloxane Hybrid Materials

용액공정, 광패터닝이 가능한 솔젤 기반 플루오린화 실록산 하이브리드 재료의 제작 및 특성

이인준*, 이원령, 배병수. *KAIST (한국과학기술원)*

Flexible bio-electronics have been studied for use in biomedical research, particularly as real-time monitoring device with the precising measurement of biological signals, such as temperature, blood pressure, electrocardiogram and glucose. The barrier is key component of the these bio-integrated devices, protecting the device from the external environment.

We successfully demonstrated solution-processed the siloxane based fluorinated epoxy hybrid materials (FEH) for barrier film and confirm the barrier performance for flexible solution-processed oxide thin film transistor (TFT) under phosphate-buffered saline (PBS) environment. The fabricated solution-processed indium oxide TFTs with FEH film exhibit durable performance during 16 hours, with no change of electrical characteristics in PBS environment. Furthermore, we demonstrate the indium oxide TFTs with FEH films on PI substrate subjected to compression test and measure the electrical properties with no degradation during 800 cycles of mechanical test.

P1-G4-82 PCS with Dispersed Pd Nanoparticles Produced by Redissolution and Reprecipitation of Polymerized PCS with Cross Linking

cross linking을 통해 고분자화된 PCS의 재용해, 재석출로 생성된 Pd 나노 입자가 분산된 PCS

조영식*, 김진례, 류도형. *서울과학기술대학교*
SiC is useful for high-temperature environment owing to its high thermal stability and mechanical properties. SiC mat for burner are manufactured using these features. As environmental issues emerge from around the world, lowing COx and NOx gases is become the most important problem. Conventional SiC mat is just mechanical structure, so it can not contribute lowering incomplete combustion gas. However, if catalyst metal support on SiC met surface, combustion gas can be burned completely.

We have been developing Pd nanoparticles coated SiC fiber mat using Pd-PCS composite solutions. PCS is inorganic polymer with methyl group and hydrogen in Si-C chain, which is blending with palladium acetylacetonate to render Pd dispersed PCS solutions. Casting this new composite precursor in the fiber and subsequent solvent treatment gave a noble macro and nanostructural evolutions like dendritic structures. We report in this study the detailed nanostructural evolutions of Pd-PCS composite nanostructures and suggests potential applications of this new structures.

P1-G4-83 Preparation of M-PCS for Radiation Mat and Properties of Coating Layer

Radiation mat용 M-PCS 제조 및 코팅층의 물성 연구

김진례*, 조영식, 김민석, 류도형. *서울과학기술대학교*
가정 및 산업용 가스보일러에 적용되고 있는 SiC fiber를 활용한 버너미디어 기술은 세계적인 환경 규제 추세에 대응하기 위한 핵심 기술로 손꼽히고 있다. Pd, W, Pd 등의 나노 귀금속 촉매는 SOx, NOx 등의 오염 물질을 제거하는 역할을 하며, 이를 Radiation SiC fiber 버너미디어의 표면에 부착하게 되면 연소 효율을 높일 수 있다. 하지만 고온의 사용 조건 때문에 조대화 억제, 산화, 환원의 안정성 등의 성능이 요구된다. 이를 위해 M-PCS solution을 활용한 e-spray 과정을 도입하였는데, 코팅 용액 제조 시 PCS를 첨가하게 되면 귀금속 나노 촉매의 환원 속도를 폭발적으로 증가시킬 수 있다. 뿐만 아니라 시간이 지남에 따른 촉매의 성장이나 응집을 억제할 수 있어, 원심 분리를 진행하여도 침전이 일어나지 않는 안정한 콜로이드 용액을 제조할 수 있다.

본 연구를 위하여 촉매로는 Palladium을 채택하였고, precursor로는 Palladium acetylacetonate를 사용하였으며, PCS와 함께 톨루엔에 용해시켜 코팅 용액을 제조하였다. 이후 e-spray로 SiC fiber substrate에 코팅을 진행하였으며, 제조한 용액과 코팅 후 시편은 TEM을 이용하여 분석하였다. 0.03 M 농도의 Pd(acac)2 (0.6 g/50 ml), 0.05 M 농도의 PCS (10 g/50 ml) 용액을 제조하였을 경우, 3-7 nm 크기의 palladium 결정상을 확인할 수 있었다. 이때 관찰된 입자는 세 개의 군상으로 나누어지는데, 각각 Mixing, TEM e-beam, 샘플링 과정 중 1 day drying에 의한 reduction and precipitation에 기인하는 것으로 예상된다. 이후 해당 용액을 20배 희석시켜 e-spray를 이용한 코팅을 진행한 결과, PCS 내부에 존재하는 3-7 nm 크기의 입자를 확인할 수 있었으나, 코팅 두께가 일정하지 않고 수 ㎛ 정도로 두꺼운 것을 확인할 수 있었다.

포스터 발표 II

2019년 11월 14일(목)

P2-G1-1 Parametric Impedance Model Analysis of Wide Temperature AC Responses in Ferroelectric Perovskite Oxides
강유전성 페롭스카이트산화물의 넓은 온도범위 교류특성의 파라미터적 임피던스모델 분석
Pham Thuy Linh[1*], Namsoo Shin[2], John G. Fisher[1], 이종숙[1]. [1]*전남대학교*, [2]*딥솔루션*
Electrical behavior of ferroelectric perovskites is usually presented by dielectric constants and loss tangents as a function temperature, where the dielectric peaks indicates the ferro-para phase transition temperatures. Dielectric properties cannot be well-defined because of the frequency dispersion, the origins of which are often ascribed to the relaxor behavior. In our lab over the years AC responses of many different ferroelectric perovskite oxides have been measured up to 800°C. Presentation of the raw data in AC conductivity at different frequencies revealed well-defined Arrhenius behavior in the paraelectric region. Interestingly, two activation energy values, around 1.6 eV and 0.8 eV are observed, in many different titanates, niobates, and ferrites. An ultimate solution would be the direct application of the full analytic equations where the parameters can be represented and/or correlated with each other based on the plausible physical mechanisms. For non-ferroelectric solid electrolytes well-defined temperature dependence from ionic charge carrier mobility and well-defined frequency dispersion, as known as "universal dielectric response", can be modeled using around ten parameters. Recently optimization algorithms from Python library, SciPy, were applied with different weighting options to fit temperature and frequency dependences of impedance together. For the AC response of ferroelectric perovskite in paraelectric region an essential addition can be made where dielectric permittivity is not constant but follows Curie behavior.

P2-G1-2 Dielectric Properties and Grain Boundary Potentials of Sulfurized $CaCu_3Ti_4O_{12}$ Thin Films
황화 도핑된 $CaCu_3Ti_4O_{12}$ 박막의 유전특성 개선
정예슬*, 조용수. *연세대학교*
The perovskite structured $CaCu_3Ti_4O_{12}$ (CCTO) materials have been reported to have colossal dielectric constant with intrinsic interfacial polarization unlike the other perovskite materials with typical dipolar polarization. Here, unprecedented doping of oxygen with sulfur anions was introduced to improve the giant dielectric properties of CCTO thin films. As sulfurization temperature increases, the reduction of cations of Cu^{2+} and Ti^{4+} was accompanied with the substitution of S^{2-} anions. Additional accumulations of mobile charges caused by increase of oxygen vacancies at grain boundaries induced the higher grain boundary potentials, which is directly related to the higher schottky barrier. This result leads to a substantial increase in dielectric constant e_r ~620, which is about 55% larger than ~400 for the unsulfurized film. The substitution of CCTO with sulfur was further verified by using transmission electron microscopy and high-resolution X-ray photoelectron spectroscopy.

P2-G1-3 Surface Potentials and Piezoelectric Energy-Harvesting in $Bi(Na_{0.5}Ti_{0.5})O_3$-$BaTiO_3$ Thin FIlms
비납계 $Bi(Na_{0.5}Ti_{0.5})O_3$-$BaTiO_3$ 압전 세라믹스의 표면전위 분석과 압전에너지 수확특성 연구
김다빈*, 조아라, 조용수. *연세대학교*
Here, the lead-free piezoelectric system of $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNT-BT) was investigated for the optimal energy harvesting performances. The 2 mm thick-BNT-BT film was successfully demonstrated by spin-coating for 26 times. The cantilever type vibrational energy harvester with 2 mm BNT-BT film exhibited maximum output voltage at a resonance frequency of 42 Hz. The poling process at 60°C under 700 kV/cm for 20 min increased tetragonality and reduced dielectric constant of films, resulting in higher Figure of Merits (FOM), which is an important factor in energy harvesting performance. In addition, the surface potential was discussed in terms of dipole alignment, as evidenced by increased oxygen vacancies on the film surface under an external bias field. Thus, the enhanced piezoelectric characteristics of poled film were obtained with the value of 3.14 C/m^2 e_{31} and 2.22 mW output power, increased by 2.1 and 7.6 times, respectively, compared to the reference sample.

P2-G1-4 Nanoindentation and Bending Fracture Resistance of In-Situ Stressed Flexible Sulfide Thin Films
응력을 받은 황화물 박막의 나노인덴테이션과 굽힘파괴 내성효과 측정
김다빈*, 박관현, 장진우, 조용수. *연세대학교*
Residual stress is known to affect mechanical fracture behavior of flexible thin films. In this work, an in situ chemical deposition of PbS films on pre-bent flexible substrates is suggested to control extra compressive of tensile stress effectively. This method uses the convex or concave surface of a flexible substrate to provide compressive or tensile stress, respectively, after deposition. Through nanoindentation and bending fracture evaluation, remarkable enhancements of the fracture resistance was observed in the case of compressive stress. A ~36% improvement of the elastic modulus is verified by nanoindentation testing, and ~18.5% improvement in the crack-initiating critical strain by bending fracture evaluation for compressively stressed PbS thin films, along with a ~121% increase in the fracture energy under the bending motion.

P2-G1-5 Piezoelectric Energy-Harvesting Characteristics of an In-situ Stressed ZnO Nanorod-Array Structure
In-Situ에서 변형력을 받은 ZnO 나노로드 구조물의 압전에너지하베스팅 특성 평가
최홍제*, 정예슬, 한주, 조용수. *연세대학교*
Strain engineering has been recognized to have a significant role in determining ferroelectric and piezoelectric properties in inorganic films. However, piezoelectric modulations by the extra intensive strain have not been reported in flexible piezoelectric nanostructures. Here, the effect of intentionally imposed extra strains for a selected nanostructure of ZnO nanorod-array is introduced for the purpose of enhancing piezoelectric and electromechanical energy-scavenging efficiency. Imposing extra external stress directly into the ZnO nanorod-array results in anisotropic structural deformation which is responsible for enhanced spontaneous polarization. The structural changes with lattice constants and the spontaneous polarization are dependent on the level of induced strain. Consequently, strained ZnO nanorods presents significantly improved effective piezoelectric

coefficient, output voltage, and output current than the corresponding results for unstrained ZnO nanorods.

P2-G1-6 Room Temperature-Processable Printed Piezoelectric Energy-Harvesters of Nanoparticle-Dispersed Composite films
상온 공정 가능한 프린팅제작 나노입자 분산 복합체 후막 압전 에너지 하베스터

김다빈*, 박선재, 최홍제, 조용수. *연세대학교*

Ceramic nanoparticle/polymer composite-structured piezoelectric energy harvesters are successfully demonstrated here with high output electrical performance. $0.4Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3–0.6Pb(Zr_{0.5}Ti_{0.5})O_3$ PZN-PZT nanoparticles were synthesized and mixed with a UV-curable polymer to achieve the composite structure energy harvester. Here, UV-curable polymer was chosen for a simple fabrication process by UV-curing at near room temperature for 10 min. Uniform, dense composite films with 30 vol.% PZN-PZT nanoparticles dispersed in a UV-cured polymer matrix were achieved by screen printing 3 times, resulting in output voltage and current of 2.45 V and 328 nA, respectively. With an extra addition of 2 vol.% of Ag nanoparticles, output voltage and current were further enhanced by reaching 5.58 V and 599 nA, respectively, due to enhanced polarization and better charge collection. Overall piezoelectric output performance of Ag/PZN-PZT energy harvester was about 5 times larger compared to traditional PZN-PZT energy harvester, which corresponds to the maximum power density of 25 mW/cm^2. Our room temperature-processable, flexible Ag/PZN-PZT/UV-polymer energy harvester is likely another option for high output performance with its facile fabrication.

P2-G1-7 RF Thermal Plasma-Processed Ni-W Thick Films for Microcircuit Applications
미세 회로 응용을 위한 RF 열플라즈마 처리된 니켈 텅스텐 후막 연구

나현웅[1*], 박재우[1], 최한신[2], 조용수[1]. *[1]연세대학교, [2]한국생산기술연구원*

Nonconventional alloy systems have been investigated to seek an appropriate electrode material with controllable densification behavior for advanced microcircuit applications. Here, an alloy system of nickel-tungsten is introduced to compensate the early unwanted densification of Ni nanoparticles with a considerable amount of W incorporated by a single radio-frequency thermal plasma synthesis process. Depending on the content of W and firing temperature, the existence of multiple-phases, i.e., a-W, b-W, NiW and Ni_4W, were evident. The targeting retardation of densification of Ni with W was confirmed by the direct firing of the synthesized nanoparticle alloy and the resultant printed electrodes on an alumina substrate. Electrical resistivity of the electrodes tended to be maintained well with the lower content of W and the higher firing temperature. Conclusively, the system of Ni-W alloys is potentially suitable as a microcircuit electrode in producing the late densification with a reasonable electrical resistivity.

P2-G1-8 High Piezoelectricity of In Situ Stretching-Driven ZnO Thin Films
In situ 스트레칭 스트레인에 의한 ZnO 박막의 압전 특성 향상 연구

최홍제*, 조용수. *연세대학교*

Direct evidences of strain engineered-piezoelectric modulation in flexible inorganic thin films have been rarely reported, except for the cases of intentional doping and lattice/thermal mismatch with substrate. Herein, we experimentally verifies the enhancements in piezoelectric response by imposing controllable extra compressive stress in situ during a stretching-driven deposition process in a selected polycrystalline ZnO thin film prepared on a flexible polymer substrate. The effect of in-situ stress-induced structural changes was largely dependent on the level of the stretching. As a result, an effective piezoelectric coefficient of 8.5 pm/V was observed for the 4.87%-strained films corresponding to a significant improvement of ~183%, compared to unstrained films. A piezoelectric energy harvesting device using 4.87%-strained ZnO films demonstrated an output voltage of 1.2 V and output current of 163 nA, corresponding to respective improvements of 130% and 120% compared to the unstrained case. The improvements may originate from the induced polarization along the vertical axis due to the in situ stress-driven structural changes.

P2-G1-9 Stretching-Driven Crystal Anisotropy and Optical Modulations of Flexible Wide Bandgap Inorganic Thin Films
유연한 와이드 밴드 갭을 가진 무기 박막의 스트레칭으로 인한 결정 이방성과 광학적 특성 조절

최홍제*, 장우선, 김영은, Aloysius Soon, 조용수. *연세대학교*

Strain engineering has been extensively elucidated for manipulating material properties and improving the device performance of semiconducting thin films. In particular, the influence of strain on optical properties of these films has received tremendous attention, but experimental demonstrations in flexible systems have rarely been reported. Here, we introduced a stretching-driven sputter-deposition process on a PET substrate to induce a high level of internal stress in flexible thin films of cubic ZnS, which have the tunability of the refractive index and optical bandgap. The compressive strain/stress present in the films resulted in crystal anisotropy with the increased *c*/*a* ratio from 1.001 to 1.040, and the refractive index was reduced from 2.19 to 2.05 at the wavelength of 700 nm for the 4.87%-strained sample while the corresponding decrease in optical bandgap was ~110 meV by imposes intentionally compressive strain up to ~4.87% in the deposited thin films.

P2-G1-10 Flexible Micro-Scale UV-Curable Phosphor Layers for Improved White Luminescence
UV 경화성 폴리머를 사용한 마이크로 크기의 유연 형광체층의 백색광 특성 향상

장진우*, 권오현, 조용수. *연세대학교*

One of the key issues for the current phosphor-converted white LED industry is to adjust the technology for versatile device structures including planar and/or flexible systems requiring a low temperature process with easy transfer in commercial scale. Here, we introduce a novel processing way of combining the printing technology with the UV-curable process for flexible planar remote phosphor layer for large-scale white light-emitting diodes. Utilization of two yellow and red phosphors was investigated by using either the mixing or stacking approach for adjusting the compensating luminescence performance.

The resulting luminescence characteristics depended on the type of remote phosphor and the relative content of the red phosphor. A luminous efficacy of ~101 lm/W and a CRI of ~83.1 were obtained for the mixed sample with 5 wt% red phosphor. This corresponded to a decrease of ~11.2% and an increase of ~9.3% compared to the reference sample, respectively.

P2-G1-11 Carbon Nanotube-Driven Micro-Scale Roughening of Planar Phosphor Layer for Enhanced White Luminescence
카본나노튜브를 사용한 리모트 형광체 기판 표면 개질 및 이를 사용한 LED 의 백색광 특성 평가

권오현*, 장진우, 김영은, 조용수. *연세대학교*

The remote phosphor structure using printing method is the most efficient approach to improving long term stability of high power LEDs. A unique fabrication process for roughening the surface of glass substrate utilizing carbon nanotube (CNT)-driven template is introduced to enhance white luminescence characteristics of a printed yellow silicate phosphor embedded low-melting point glass matrix. This novel roughening process includes the preformation of porous thick film from the evaporation of the dispersed CNT and the selective chemical etching of the glass substrate. The use of the roughened substrate allows for enhancement of the luminous efficacy by minimizing the total internal reflection (TIR) at the resultant air-phosphor and air-substrate interfaces. The effects of the CNT content and the location of the printed phosphor layer are investigated. The resulting LED structure exhibited an enhanced luminous efficacy by 22.5% compared to the reference flat surface.

P2-G1-12 Microstructural Evolution of $0.95(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$0.05CaTiO_3$ Lead-free Piezoelectric Ceramics with Nonstoichiometric Composition Control
$0.95(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$0.05CaTiO_3$ 무연 압전 세라믹의 비화학량론 조성 제어에 따른 미세구조 변화

하수진*, 곽도우, 정재훈, 조경훈. *금오공과대학교*

무연 압전 후보 소재인 $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ (KNN) 계열 세라믹은 다양한 원소들의 도핑을 통해 상전이 온도가 제어됨으로써 상온에서 높은 압전 성능을 나타낼 수 있다. Orthorhombic-Tetragonal 상전이 온도가 상온 부근으로 감소된 $0.95(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$0.05CaTiO_3$ 조성의 경우, 화학량론 조성 설계시 입성장이 어려운 문제가 있다. 본 연구에서는 알칼리 원소 함량이 제어된 $0.95(K_{0.5-x}Na_{0.5-x})NbO_3$-$0.05CaTiO_3$ 조성의 소결 조건에 따른 입성장 거동을 보고한다. 정확한 조성 제어를 위해 전처리 공정을 통해 수분이 완전히 제거된 알칼리 원료 분말을 사용하여 $0.95(K_{0.5-x}Na_{0.5-x})NbO_3$-$0.05CaTiO_3$ 조성들을 합성하고 알칼리 원소 함량 및 소결 조건 제어에 따른 미세구조 변화를 관찰하였다. 알칼리 원소 함량을 제어하지 않은 화학량론 조성에서는 넓은 소결 온도 범위에서 입성장이 관찰되지 않은 반면 알칼리 원소 함량이 감소된 비화학량론 조성들에서는 특정 온도 구간에서 입성장이 확인되었다. 높은 소결 온도 조건에서는 알칼리 원소 제어량이 증가할수록 결정립 크기가 증가하였고, 낮은 소결 온도 조건에서는 특정 제어량 조성까지는 결정립 크기가 증가하지만 그 이상의 조성에서는 입성장이 억제되었다. 미세구조 분석을 통해 $0.95(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$0.05CaTiO_3$ 조성의 입성장에 필요한 평형 공공 농도의 존재를 제안하고 소결 조건에 따른 미세구조의 변화 원인에 대해 논의한다.

This work was supported by the Fundamental Research Program of the Korea Institute of Materials Science (KIMS) (grant no. PNK6030), the National Research Foundation (NRF) of Korea funded by the Ministry of Education [grant no. NRF-2019R1I1A3A01058105] and [NRF-2018R1A6A1A03025761].

P2-G1-13 Study on the Control of Magnetostrictive Materials and Tip-masses in Magnetoelectric Laminate Composites
자기전기 적층 소자의 자왜층 소재 및 tip-mass 제어 연구

이용우*, Deka Bipul, 조경훈. *금오공과대학교*

자기전기 소자는 자기장을 전기장으로 혹은 전기장을 자기장으로 변환시키는 소자로서, 이를 활용한 센서, 액츄에이터, 메모리, 고주파소자 및 에너지하베스팅 등 다양한 응용분야들이 제안되고 있다. 자기전기 소자의 높은 성능을 얻기 위해서 압전 및 자왜 소재 개발, 자기전기 복합체의 구조제어 등 다양한 관점에서 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 31-모드 압전체로 구성되는 자왜/압전 적층복합체 소자를 기반으로 구조제어 연구를 진행하였다. 다양한 자왜층 소재를 적용하여 상하부 대칭구조 및 비대칭구조를 갖는 복합체를 설계하고 자왜층 두께 제어, 자성/비자성 tip-mass 적용, 자성 tip-mass의 자화방향 제어가 자기전기 소자의 주파수 특성 및 자기전기 변환성능에 미치는 영향에 대해 보고한다. 비대칭 구조를 갖는 복합체 소자에서 매우 높은 자기전기 변환 성능이 관찰되었으며 자성 tip-mass 적용시 self-biased 자기전기 효과를 용이하게 구현할 수 있음이 확인되었다. Tip-mass의 자화방향 제어시 바이어스 자계 세기에 따른 자기전기 전압계수 곡선의 형태가 변하여 self-biased 전압 출력 또한 제어될 수 있음을 보고하고, 관찰된 현상들의 원인에 대해 논의한다.

This work was supported by the Fundamental Research Program of the Korea Institute of Materials Science (KIMS) (grant no. PNK6030), the National Research Foundation (NRF) of Korea funded by the Ministry of Education [grant no. NRF-2019R1I1A3A01058105] and [NRF-2018R1A6A1A03025761].

P2-G1-14 Temperature Stability Study of $(0.97\text{-}x)(K,Na)NbO_3$-$0.03Bi(Na,K,Li)ZrO_3$-$xBiScO_3$ ($x = 0.075,\ 0.01,\ 0.0125,\ 0.015$) Piezoelectric Ceramics
$(0.97\text{-}x)(K,Na)NbO_3$-$0.03Bi(Na,K,Li)ZrO_3$-$xBiScO_3$($x$=0.075, 0.01, 0.0125, 0.015) 압전 세라믹스의 온도 안정성 연구

김설[1*], 이경자[2], 박진주[2], 이민구[2]. [1]*홍익대학교*, [2]*한국원자력연구원*

압전체는 액추에이터, 진동 센서, 초음파 모터 등 여러 분야에 응용되는데 $Pb(Zr,Ti)O_3$ (PZT)와 같은 납계 세라믹스가 가장 상용화 되고 있다. 그러나 납은 제조 및 사용, 폐기 시 독성으로 인하여 환경과 인체에 악영향을 끼치기 때문에 RoHS(Restriction of Hazardous Substance), WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)와 같은 납 사용 규제 지침들이 공표되었으며 기존 PZT계 세라믹스를 대체할 비납계 세라믹스 개발의 필요성이 다분해졌다.

비납계 세라믹스 중 $(K,Na)NbO_3$계 세라믹스는 높은 큐리 온도와 우수한 압전성을 보여 PZT계 세라믹스의 대체 물질로서 가장 활발히 연구되고 있다. 그러나 MPB(morphotropic phase boundary)를 갖는 PZT계 세라믹스와는 달리 KNN계 세라믹스는 PPT(polymorphic phase transition) 현상을 보이기 때문에 상전이 구간으로 인하여 상대적으로 온도 안정성이 취약하다. 또한 기존에 진행된 고온 안정성 연구가 드물고, 특히 in-situ 고온 특성 연구는 더욱 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 $(0.97\text{-}x)(K,Na)NbO_3$-$0.03Bi(Na,K,Li)ZrO_3$-$x BiScO_3$($x$=0.075, 0.01, 0.0125, 0.015) 비납계 압전 세라믹스를 고상

반응법으로 제조하여 $BiScO_3$ 함량에 따른 상 구조(phase structure) 변화를 관찰하고 in-situ 고온 전기적 특성 평가를 통해 상에 따른 압전·유전 특성 변화를 해석하고자 한다.

P2-G1-15 Fabrication of ATO Based Adhesive Layer for Infrared Rejecting Smart Window

IR 차단 스마트 윈도우를 위한 ATO 기반 접착제 제조 특성

안소연, 박혜림, 김진호, 전대우, 김선욱, 이영진, 이미재, 황종희, 임태영*. *한국세라믹기술원*

스마트 윈도우는 외부에서 유입되는 태양광의 투과율을 자유롭게 조절하여 에너지 손실을 줄이는 동시에 에너지 효율을 향상시켜 사용자에게 쾌적한 환경을 제공하는 감성과 기능성을 동시에 만족시키는 윈도우로써 각광받고 있다. 하지만, 현재까지 개발된 스마트 윈도우는 광 투과율의 제한, 가격 문제, 그리고 내구성 이슈 등으로 인해 많은 제한을 받고 있다. 게다가, 최근 환경 오염에 의한 오존층 파괴로 인하여 지구 온난화가 급속화 되면서, 냉난방 문제 해결을 위한 에너지 소비가 증가하고 있어, 이에 대한 해결책으로 적외선 영역의 빛을 차단하는 기능성 코팅층 연구가 활발히 연구되고 있다. 기존에 적용되고 있는 근적외선 차단용 유기계로는 퀴논계, 프탈로시아닌계, 나프탈로시아닌계 등이 일반적으로 사용되고 있으나 내열성 및 내구성이 충분하지 못하고, 용매에 대한 용해도가 작을 뿐 아니라, 가시광 영역에서 흡수가 되는 큰 단점을 가지고 있어 사용에 제한이 있다. 본 실험에서 우리는 가시광 투과율이 우수하고, 투과성이 있으며, 내구성 및 근적외선 차단율이 뛰어난 장점을 가진 무기계 재료인 ATO(Antimony Tin Oxide, Sb_2O_3-SnO_2)를 사용하여, 3.5eV이상의 높은 저항을 가진 IR 차단 점착제를 성공적으로 제작하였다. 제작된 점착제는 800 nm에서 약 70%이상의 투과율을 나타내었으며, 1500 nm 파장에서는 80%이상의 차단율을 보여주었다. 게다가, 기존의 필름형태가 아닌 PDLC 기반의 Ag 나노와이어 투명 전극을 적용하여, 70%이상의 투과율을 얻었다. 새로운 조성법에 의해 제조된 IR차단 점착제는 ATO 나노 파티클의 함유와 함께 100g·f 이상의 우수한 점착력으로서 PLDC 일체형 스마트 윈도우로서의 가능성을 증명해주었다.

P2-G1-16 Characterization of Ultrasonic Speaker Fabricated by PVDF Piezoelectric Film

PVDF 압전 필름을 이용한 초음파 스피커 특성 연구

박혜림, 안소연, 라용호, 김진호, 전대우, 김선욱, 이미재, 황종희, 임태영, 이영진*. *한국세라믹기술원*

제 4차 산업혁명과 함께 투명 및 플렉시블 전자기기들의 개발이 활발해지면서 소리를 출력할 수 있는 음향 소자에서도 유연성, 투명화, 소형화 등의 차세대 기술이 점차 요구되고 있다. 기존의 일반적인 스피커의 한계를 뛰어넘고자 종이처럼 얇으면서도 압전 효과를 가진 물질 및 소재들이 각광을 받고 있으며, 이러한 관련 연구들이 지속적으로 학계에 보고되고 있다. 최근 투명 스피커를 구현하기 위한 투명 압전 소재로써 polyvinylidene fluoride (PVDF) 필름이 이슈로 떠오르고 있다. PVDF 필름은 소재 자체에 압전 특성을 가지고 있어, 압전 스피커로서의 활용이 가능할 뿐만 아니라 고유연성과 함께 미래의 투명을 기반한 스피커의 제작에 매우 유용하게 사용될 잠재력을 가지고 있다. 본 연구에서는 PVDF 압전 필름을 기반으로 Ag 나노와이어를 사용하여 투명전극을 제작하고, 이에 대한 다양한 구조적, 전기적 특성을 분석하였다. PVDF 필름의 양쪽면에 제작된 Ag 나노와이어 투명전극은 고투과도와 함께 낮은 표면 저항을 나타내어 기존의 ITO보다 우수한 투명 전극 특성을 보여주었다. 또한, 투명 아크릴 기판에 초미세 패터닝을 적용하여, 음향진동 발생이 가능한 마이크로 캐비티를 사용함으로써 초음파 스피커로써 제작되었다. 제작된 초음파 스피커는 동일한 PVDF 압전 필름과 전극 하에서 패터닝의 깊이 및 간격에 따라 10, 30, 40, 62 kHz 등 서로 다른 주파수 특성을 나타내었다. 게다가, 지향성 테스트에서도 우수한 지향성과 함께, 초지향성 스피커로서의 가능성도 보여주었다. 이렇게 PVDF 필름을 기반으로 제작된 Ag 나노와이어 투명전극 초음파 스피커는 차세대 투명 지향성 스피커의 구현에 크게 이바지할 것으로 기대된다.

P2-G1-17 Quasi-2D Halide Perovskites for Resistive Switching Memory Devices for High ON/OFF Ratios

높은 온오프 저항비를 위한 Quasi-2D 할라이드 페로브스카이트를 기반의 저항변화 메모리 소자

김효정[1]*, Quyet Van Le[2], 장호원[1]. [1]*서울대학교*, [2]*Duy Tan University*

ReRAM devices based on halide perovskites have recently received attention as a potential research topic; however, some issues need to be resolved. Compared with conventional ReRAM devices based on metal oxides, 3D halide perovskite memory devices display low stability in humid and ambient atmosphere, leading to degradation of the switching characteristics of the memory devices. More importantly, the relatively low ON/OFF ratio must be improved to enhance the overall switching characteristics.

To address these issues, quasi-2D halide perovskites have been considered as a means of improving the ON/OFF ratio and preventing device degradation in air.

In this study, we apply $(PEA)_2Cs_3Pb_4I_{13}$ and $CsPbI_3$ as the resistive switching elements in a ReRAM device to compare the dependence of the switching behavior on the 3D and quasi-2D halide perovskites.

We successfully fabricate a $(PEA)_2Cs_3Pb_4I_{13}$ ReRAM device. The ON/OFF ratio of the $(PEA)_2Cs_3Pb_4I_{13}$ ReRAM device is noticeably higher than that of the $CsPbI_3$ device, with long-term stability under ambient conditions. This study provides an opportunity to investigate the effect of the dimensionality of halide perovskites on resistive switching of devices for use in next-generation high-performance, commercial, nonvolatile memory.

P2-G1-18 Dielectric Properties of $BaTiO_3$-$(Bi_{0.5},Na_{0.5})TiO_3$ Multilayer Thin Films Deposited by Sol-gel Process

Sol-gel 방법을 이용한 $BaTiO_3$-$(Bi_{0.5},Na_{0.5})TiO_3$ 박막 제작 및 유전물성 측정

송태영*, 권도균, 고유민. *한국항공대학교*

Recently great interests of hybrid cars or electronic cars lead to unlimited research about pulsed power system.

The capacitors which are one of the most important components composing pulsed power system exhibit high energy density and thermal stability in wide range of temperature.

Relaxor ferroelectric ceramics are promising materials to satisfying these requirements for pulsed power capacitors.

In this study, lead-free relaxor ferroelectrics, $BaTiO_3$-$(Bi_{0.5},Na_{0.5})TiO_3$ (BT-BNT) Multilayer system is introduced.

The BT which is popular lead-free ferroelectrics has phase transitions at 0°C and 120°C, which causes dramatic change of dielectric permittivity.

For addition of BNT its phase transition temperature is shifted to higher or lower temperature, and relaxation behavior was observed

that can exhibit stable dielectric properties over a wide temperature range.

The Multilayer thin films of this system fabricated by spin spin coating. And when stack a layer with different thickness of BT-BNT.

The microstructure observed by Fe-SEM and crystal structure and phase formation figured out via XRD.

The dielectric properties such as dielectric permittivity, loss, P-E loop and breakdown strength measured in the wide frequency range.

P2-G1-19 Silicon Nitride Anode Materials for Lithium Ion Thin Film Batteries

리튬이온 박막전지용 질화 실리콘 음극재

이현석[1*], 김광점[2], 최지원[1]. *[1] 한국과학기술연구원, [2] 연세대학교*

Transparent devices have recently attracted substantial attention. However, transparent batteries, a key component in fully integrated transparent devices, have not yet been reported. The key factor in obtaining a transparent LIB resides mainly in the preparation of the anode material. The thin-film materials with wide band gap energies, such as silicon nitride, are highly transparent, thus they are good candidates for transparent anode materials. Silicon has a theoretical charge capacity of 4200 mAh/g for lithium ion battery anodes. However, silicon anode is poor cycle performance due to the large volume expansion during charge and discharge. Combination with other materials in silicon potentially can limit the volume change, such as copper, carbon and nitrogen. In this study, we describe for thin film anode materials made from the SiN_x deposition on glass substrate. The SiN_x thin film electrodes were deposited by radio frequency (RF) magnetron sputtering. Films were characterized by X-ray diffraction (XRD), X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), scanning electron microscope (SEM) and atomic force microscope (AFM). Electrochemical properties were measured by electrochemical impedance spectroscopy (EIS), and cyclic voltammetry (CV).

P2-G1-20 Grain Growth Behavior of $(K_{0.48}Na_{0.5}A_{0.01+}x)NbO_3$ (A: Ca, Sr, Ba) Piezoelectric Ceramics

$(K_{0.48}Na_{0.5}A_{0.01+}x)NbO_3$ (A: Ca, Sr, Ba) 압전 세라믹의 결정립 성장 거동

최성희[*], 유일열, 조경훈. *금오공과대학교*

최근 (K,Na)NbO_3 (KNN) 기반 압전 세라믹의 A-site에 도너 이온이 첨가될 경우 seed 결정의 도움 없이도 일반적 고상 소결법을 통해 cm-scale의 단결정 성장이 가능함이 보고되었다. 고상 소결법으로 성장된 KNN계열 단결정은 고비용의 공정 없이 단시간에 소자 적용이 가능한 크기로 성장된다는 점과 친환경 무연계 소재라는 점에서 기술적 중요도가 매우 높다. 본 연구에서는 다양한 알칼리 토금속 원소(Ca, Sr, Ba)가 첨가된 KNN 세라믹의 결정립 성장 거동을 보고한다. $(K_{0.48}Na_{0.5}A_{0.01+}x)NbO_3$ (A: Ca, Sr, Ba) 조성 설계를 바탕으로 도너 이온 함량(x)을 제어하고 소결 온도 및 소결 시간에 따른 미세구조 변화를 관찰하였다. 도너 이온 함량이 증가할수록 matrix 결정립의 크기가 감소하였으며, Ba과 Ca이 첨가된 조성들의 경우 특정 도너 이온 함량 조건에서 단결정 성장이 관찰되었다. 알칼리 토금속 원소의 종류에 따라 단결정 성장이 관찰되는 도너 이온 함량이 달라짐을 확인하였다. 또한, 특정 소결 온도 이상에서는 단결정 성장이 억제되었으며, 이를 바탕으로 액상의 존재가 단결정 성장에 기여하는 유일한 요인이 아닐 수 있음을 제시한다.

This work was supported by the Fundamental Research Program of the Korea Institute of Materials Science (KIMS) (grant no. PNK6030), the National Research Foundation (NRF) of Korea funded by the Ministry of Education [grant no. NRF-2019R1I1A3A01058105] and [NRF-2018R1A6A1A03025761].

P2-G1-21 Study on the Effect of Thermal Annealing Condition of Grown GaN Substrate by HVPE

HVPE로 성장된 GaN 기판의 열처리 조건의 영향에 대한 연구

이희애[1*], 박재화[2], 이주형[1], 이승훈[1], 강효상[1], 이성국[2], 이성철[1]. *[1] 한양대학교, [2] 에임즈마이크론(주)*

GaN is used for optoelectronic devices such as light-emitting diode (LED) and laser diode (LD) based on excellent properties. Recently, it is emerging as one of the most promising materials on the application such as power devices and RF devices. However, the inside of GaN exists of problems such as high dislocations, defects density, and residual strains because it is mainly fabricated by epitaxy growth on hetero-substrates. Thermal annealing is one of the methods to solve these problems, but it has not been clearly identified in this regard.

We would like to discuss the influence of thermal treatment conditions for alteration on the surface and internal residual strains of GaN. We were grown GaN single crystals by HVPE method on (0002) sapphire substrate. Thermal annealing had been performed at 700–1000°C for 1–5 hours in nitrogen atmosphere. We confirmed the surface morphologies and roughness via AFM. The EDS was used to confirm the generated substance on the surface after annealing. Also, the XPS was employed to investigate the chemical composition of the GaN surface. Additionally, The XRC and Raman spectroscopy were employed for characterizing the crystal quality and residual strains, respectively. As a result, we confirmed that thermal decomposition and oxidation occurred at the surface of GaN when exposed to heat for a long time even at a low temperature. And, the residual stress had the lowest value at 900°C for 3 hours in annealing condition and it was confirmed that the crystal quality is the best.

P2-G1-22 Electrical Transport and Power Dissipation in Quasi-1D WTe_2 Interconnects

준 1차원 WTe_2 인터커넥트 내 전기적 수송 및 전력 손실 연구

송승욱[1*], 김세양[1], 곽진성[1], 조용수[1], 김정화[1], 이종화[1], 이재웅[2], 김종욱[3], 윤형덕[1], 심여선[1], 왕재원[1], 이도희[1], 석시현[1], 김태일[3], 정현식[2], 이종훈[1], 권순용[1]. *[1] 울산과학기술대학교, [2] 서강대학교, [3] 성균관대학교*

Van der Waals (vdW) metals such as quasi-one-dimensional (quasi-1D) transition metal (TM) chalcogenides have drawn new attention as alternatives for downscaled interconnects. In this study, we report an investigation of the electrical properties of single-crystalline WTe_2 nanobelts, mainly focusing on their electrical failure and current-carrying capacity. The WTe_2 nanobelts grown from eutectic alloy (e.g., Cu_xTe_y) could sustain significantly high breakdown current densities (J_B) of up to ~100 MA/cm^2 and electrical input power per channel length of ~16.4 W/cm, which are higher than those of conventional interconnect metals and any other TM chalcogenides to date. The energy dissipation and carrier scattering studies revealed that the high current-carrying capacity of WTe_2 is because of a rather scattering-free transport as well as suppressed electromigration. We

believe that our strategy sufficiently promises the potential for applications in future downscaled nanoelectronics owing to the unique electrical characteristics of the WTe_2 compared to other vdW materials.

P2-G1-23 Exploration of Ag Based Alloy Composition in Oxide/Metal/Oxide Multilayer for Flexible Transparent Conducting Thin Film

차세대 플랙서블 투명 전도성 박막인 산화물/금속/산화물 다층막에 적용하기 위한 최적의 은 기반 합금 조성 탐색

장주희*, 최지원. *한국과학기술연구원*

The advanced electronic devices have required new material for transparent conductive electrode because it is important element in next-generation electronic devices such as touch panels, flexible solar cells, smart window, thin film heater, and wearable electronics. The oxide-metal-oxide (OMO) multilayer thin film has been studied because it can be obtained lower resistivity and higher transmittance than single oxide layer. In addition, it has flexibility due to the existence of a metallic interlayer with ductility. As a metal layer in OMO multilayer, silver (Ag) is widely used due to low electrical resistivity as well as low optical loss in the visible spectral range among known metal. However, for metal thin film (Ag), the transmittance and resistivity is rapidly changed with its thickness because Ag is grown as distinct island below a critical film thickness follows Volmer-Weber growth mode. In addition, Ag is aggregated at high temperature and oxidized at humid atmosphere. These causes deteriorating properties of OMO multilayer thin film. In order to solve these problem, Ag based alloys such as Ag-Pd-Cu, Ag-Au instead of Ag have been researching as metal layer.

In this work, we explored suitable Ag based alloy composition as metal layer using continuous composition spread method. Also, we fabricated the doped SnO_2/Ag-based alloy/doped SnO_2 multilayer thin film using optimized Ag-based alloy composition. The properties of the OMO multilayer thin film was investigated and it was applied for thin film heater.

P2-G1-24 Substitutional Effects of $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ on the Microwave Dielectric Properties of $CaW_{1-x}(Mo_{1/2}Te_{1/2})_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.17$) Ceramics

$CaW_{1-x}(Mo_{1/2}Te_{1/2})_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.17$) 세라믹스의 마이크로파 유전특성에 대한 $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ 치환 효과

김주현*, 김응수. *경기대학교*

Dependence of microwave dielectric properties on the substitution of $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ for W^{6+}-site of $CaW_{1-x}(Mo_{1/2}Te_{1/2})_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.17$) was investigated. For the specimens sintered at 825-950°C for 3 h, a single phase of scheelite structure was detected up to $x = 0.13$, and then the secondary phase was observed above $x = 0.13$. The relative density of the specimens was higher than 96% through the entire range of compositions. With the increase of the $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ substitutions, the quality factor (*Qf*) was increased up to the maximum *Qf* value of 167,800 GHz at $x = 0.13$ and then decreased. The improvement of *Qf* value up to $x = 0.13$ could be attributed to the W^{6+}-site bond characteristics which was confirmed by the Rietveld Refinement of XRD patterns. However, the degradation of *Qf* value above $x = 0.13$ is resulted from the increase of W^{6+}-site ions disorder and the formation of secondary phase. The dielectric constant (*K*) of the specimens was increased with the increase of $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ substitution due to the higher polarizability of $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ (3.49 $Å^3$) than W^{6+} (3.2 $Å^3$). The temperature coefficient of resonant frequency (*TCF*) was dependent on both the bond valence of oxygen and the distortion of CaO_8 polyhedron.

P2-G1-25 Structural Properties of Titania Nanosheet

티타니아 나노시트의 구조적 특성

김정준*, 최지원. *한국과학기술연구원*

Recent research shows the stacking order of multiple nanosheet layers provides us with varied electromagnetic characteristics such as multiferroic property. In this point of view, titania nanosheet, 2-dimensional (2D) single crystal has attractive properties not only a few nm thicknesses, but also high-k dielectricity, and photocatalytic reactions. This titania nanosheet is delaminated from a layered titanate pristine. In this research, We organize titania nanosheet from $Ti_{2-x/4}?_{x/4}O_4$, ($x \sim 0.8$; ? = vacancy) as a precursor of the titania nanosheet synthesize by flux method, then protonate intercalated ions with the acid reaction for cation exchange, and exfoliate as single titania layer with TBAOH solution. Afterwards, we examined 2D titania nanosheet by using SEM, TEM, and AFM to see the structural properties related to dielectric properties.

P2-G1-26 Two-step Growth of Tungsten-doped Vanadium Dioxide Thin Films

텅스텐이 도핑된 이산화 바나듐 박막의 2단계 합성

이서윤*, 양하늘. *숙명여자대학교*

Vanadium dioxide (VO_2) experiences a metal-insulator transition (MIT) sharply at ~67°C. While various MIT-based devices have been demonstrated, the application range is still limited due to the narrow transition regime. Among diverse methods to alter the MIT temperature (T_{MIT}), substitutional doping with W^{6+} ions is one of effective ways to lower the T_{MIT}.

Here, we have developed a noble two-step strategy for W-doped VO_2 thin film synthesis: deposition of a precursor film composed of V and V-W layers alternately by a series of sputtering processes and post-deposition-annealing. Further, to understand the effects of W-doping into MIT characteristics and microstructure comprehensively, various characterization experiments have been performed. With W-doping, the change rate of T_{MIT} was estimated to be ~ -14.5°C /at.%W, while the ratio of resistance change across MIT was observed to decrease. This new synthesis approach would be closely relevant to extending the applicability of MIT phenomena.

P2-G1-27 Design, Fabrication and Characterization of Lead-free Compression-type Accelerometer Built using (K,Na)NbO_3-based Piezoceramic Rings

(K,Na)NbO_3계 압전 세라믹 링을 이용한 비납계 압축형 가속도계 센서 제조 및 특성 연구

한승호[1]*, 이경자[2], 박진주[2], 이민구[2]. [1]*홍익대학교*, [2]*한국원자력연구원*

압전형 가속도 센서는 화학 플랜트, 원자력발전소 등 다양한 산업 설비 및 기기의 구조적 건전성을 모니터링하는 데 사용되고 있는 핵심 센서이다. 현재 가속도 센서에 사용되는 대표적인 압전 소재로

서 PZT 계 세라믹이 사용되고 있는데 유해물질 규제로 인해 납을 포함한 PZT를 대체하기 위한 비납계 압전 소재와 응용 연구가 활발히 진행중이다. 본 연구에서는 KNN 계 비납계 압전 세라믹 조성을 도입하여 환형(Ring type)의 실형상을 제조하였고 이를 센서 모듈 제작에 도입하였다. 또한, 메타모델링 및 압전해석 등 시뮬레이션을 수행하여 센서 부품 디자인을 최적화를 하였으며, 센서의 주요 특성인 감도와 공진 주파수에 관련된 최적화된 디자인을 구하였다. 마지막으로 최적화된 디자인을 토대로 압축형 가속도계 센서 모듈을 제작하였고, 가진 시험 및 임피던스 특성 평가를 통해 전하 감도 및 공진 주파수 특성을 결정하였다.

P2-G1-28 Effects of Nb/Ta Doping on Structural and Electrical Properties of Bismuth Layered Structure Ferroelectric Ceramics ($Bi_4Ti_3O_{12}$)

비스무스 층상구조 강유전체 세라믹($Bi_4Ti_3O_{12}$)의 구조적, 전기적 특성에 미치는 Nb/Ta 도핑 연구

박상호[1*], 이경자[2], 박진주[2], 이민구[2]. *[1]홍익대학교, [2]한국원자력연구원*

비스무스 층상구조형 강유전체 (Bismuth layer structured ferroelectrics, BLSF)의 한 종류인 $Bi_4Ti_3O_{12}$ (Bismuth titanate, BiT)는 높은 상전이온도 (T_c ~ 675ºC), 피로저항과 같은 재료적 특성을 갖기 때문에 이를 활용하여 고온 압전소자와 비휘발성 기억장치분야에서 활발한 응용 연구가 진행되고 있다. 그러나 고온의 소결과정에서 휘발성이 강한 Bi의 손실로 인해 높은 전기 전도도를 유발시키고 구조적 변화를 일으켜 압전 특성을 저하시키는 문제점이 있어 왔다. 최근 Nb, W, Ta와 같은 전이금속들의 도너(donor) 도핑은 $Bi_4Ti_3O_{12}$ 세라믹스의 산소 공공의 농도를 낮추어 전도도를 감소시키는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 Nb/Ta 도핑 농도를 조절하여 $Bi_4Ti_{3-2x}Nb_xTa_xO_{12}$ (BTNT) 세라믹스의 전기적 특성을 고찰하고자 하였다. 이를 위해 조성을 x=0에서 0.02 범위에서 제어한 세라믹스를 전통적 고상반응법으로 제조하였다. 또한, 제조된 BTNT 세라믹스의 폴링 온도, 폴링전압과 시간을 최적화 한후, Nb/Ta 도핑에 따른 BTNT 세라믹스의 구조적, 전기적 특성과 압전 특성을 고찰하였다.

P2-G1-29 Intrinsically Stretchable Electrode Encapsulated by Photo-patternable PDMS to Monitor Electrocardiogram Signal

심전도 신호를 측정할 수 있고 PDMS에 의해 광 패턴된 본질적으로 신축가능한 전극

김승완*, 배병수, 이원령. *한국과학기술원*

Printable elastic conductor is represented as essential parts of stretchable electronics for healthcare and wearable system. High degree of conductivity with minimizing width over length is desired to achieve fine performance of devices. An important requirement for wearable devices is to resist the mechanical distortion associated with use on the body.

In this study, we encapsulate elastic conductor mixed with Ag flake and silicon rubber by photo-patternable polydimethyl siloxane (PDMS) which has an advantage of fast and simple fabrication process. Variation of normalized resistance with applying the strain is proportional to W/L ratio. Encapsulated PDMS reduce the variation of normalized resistance in the case of 12.5×10^{-3} (W/L ratio) from 34 to 8 under 150% elongated state. The elastic Ag conductor shows low impedance against the strain (70%) below 1000z/ohm in the range of 1 to 10^4 Hz. We successfully demonstrate monitoring Electrocardiogram (ECG) signal on out-body system and expect to be used in healthcare platform.

P2-G1-30 Copper(Cu) and Antimony(Sb) Heavy Metal Adsorption Using Iron Oxide Produced by Cutting

절단 생성 산화철을 이용한 구리(Cu) 및 안티몬(Sb) 중금속 흡착

오주현[1*], 이지은[1], 우진주[1], 문일우[2], 구본흔[1]. *[1]창원대학교, [2]한토커팅시스템(주)*

철강 및 탄소강을 플라즈마 등의 고온으로 절단 시 철 분진이 날리게 되는데 이것이 대기 중의 산소와 산화반응을 일으켜 산화철 분말이 발생한다. 이러한 절단 생성 산화철은 폐기물로 버려지고 있으며 이로 인해 많은 경제적 손실이 발생한다. 기존의 산화철 제조 방법인 가스아토마이징법은 장시간과 고비용이 소요되며 별도의 용액이 필요하다. 절단 생성 산화철은 철강 및 탄소강 절단 시 자연적으로 발생하기 때문에 공정이 간단하며 용액의 필요성이 없다. 따라서 본 연구에서는 폐기되는 절단 생성 산화철을 이용하여 구리(Cu) 및 안티몬(Sb) 중금속 흡착의 영향을 관찰하였다. 먼저, 절단 생성 산화철의 구조적 특성 및 형상을 분석하고 중금속 용액의 pH 및 농도를 조절하여 그에 따른 경향성을 파악하였다. 구조적 특성과 형상 분석에는 X-선 회절 분석기(XRD)와 주사전자현미경(SEM)을 사용하였으며, 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES)를 사용하여 중금속 흡착 전과 후의 농도를 비교하였다.

P2-G1-31 Study of Materials and Manufacturing Process for Stretchable Electronics

신축성 전자기기의 재료 및 제조 공정에 관한 연구

조두호[1*], 김준형[1], 정성묵[1], 이수연[1], 최영민[1], 심우영[2]. *[1]한국화학연구원, [2]연세대학교*

기존의 전자기기는 단단한 기판, 전극, unit device로 구성되어 있다. 이를 유연하게 제작하게 되면 자유로운 패터닝과 고밀도 배선이 가능하며 웨어러블 전자기기에 응용 가능하다. 본 연구는 Double layer Stretchable Printed Circuit Board(sPCB)의 제조 공정과 물질 연구에 대하여 보고한다. Unit device를 실장 할 부분만 rigid하면서 연신이 가능한 RIS 기판을 제작하였으며 150% 이상 손상 없이 연신이 가능함을 확인하였다. 이는 단단하고 다양한 unit devices에 stress를 주지 않고 연신 가능하며 그로 인해 자유로운 패터닝이 가능하게 된다. 또한 3D 노즐젯 프린팅을 통해 패터닝 할 수 있는 연신 내구성을 가진 복합 전극을 제작하였다. 유연 전극은 말굽 모양 구조일 때 연신 시 stress를 덜 받게 되는데 본 연구의 전극은 물질 자체가 연신 내구성이 강하여 선형으로도 사용할 수 있다. 이는 말굽 모양보다 공간을 덜 차지 하므로 집적도를 높일 수 있다. 또한 3D 노즐젯 프린팅을 사용하기 때문에 미세한 프린팅으로 배선 간 간격을 좁힐 수 있어 집적도의 측면에서 장점이 존재한다. 집적도의 측면에서 또 한 가지의 장점이 있는데 double layer로 제작한다는 점이다. Single layer로 sPCB를 제작한 경우 집적도를 높일수록 누화 현상이 일어날 확률이 높아 한계가 있다. 하지만 Double layer는 고집적도에 따른 누화 현상을 막을 수 있다. 이를 제작하기 위해 각 layer를 연결하여 줄 전극 소재를 제작하고 via hole 프린팅을 이용하였다. 마지막으로 unit device들을 실장 하여 50%연신 시까지 전자기기에 응용 가능함을 확인하였다. 이는 자유로운 패터닝이 가능하고 PCB 개발에 있어 중요하게 다루는 집적도를 높일 수 있으며 웨어러블 전자기기로서의 응용 가능성이 큼을 확인시켜준다.

P2-G1-32 Fabrication of Conductive Composites for Stretchable Electrodes

전도성 복합재료를 이용한 스트레쳐블 전극 제조

정평근*, 최영민, 이수연, 정성묵, 박긍규, 이은정, 한설희, 조예진. *한국화학연구원*

Highly conductive and intrinsically stretchable electrodes are critical components of stretchable electronics such as stretchable transistors and circuits, sensors and actuators, light-emitting diode arrays, and energy harvesting devices. To realize a high-performance stretchable electrode, the essential requirements are exceptional mechanical stretchability and high conductivity, which are very difficult to achieve simultaneously because of their trade-off relationship. To solve this problem, many research groups have developed various materials and structural designs for stretchable conductors. Here we report that thin films of highly conductive composites patterned in serpentine designs and bonded to elastomers enable unusual mechanics with important implications in stretchable device design. Through rational design of electrode structures and constituent material properties, we obtained high-performance electrodes with exceptional mechanical stretchability and stable conductivity compared with unstructured electrodes. Furthermore, we demonstrate the possibility of creating a highly stretchable light-emitting diode (LED) circuit by integrating stretchable electrodes.

P2-G1-33 Flexible Piezoelectric Energy Harvester by Adopting Lead-free KNN Particles

KNN 입자를 첨가한 플렉서블 압전 에너지 하베스터의 제작 및 성능 평가

함성수*, 현동열, 박귀일. *경북대학교*

Flexible piezoelectric energy harvesters (f-PEHs) which can generated the sustainable and long-lasting energy source has attracted a great interest because it can harvest the electricity from the tiny mechanical/vibraional deformation that are more accesible in almost everywhere. Recently, for enhancing current and charge performance of f-PEHs, many researchers have proposed the varius inherently excellent piezoelectric nanomaterials or polymers using a simple and cost-effective process. Herein, we develop fully-piezoelectric nanocomposite using perovskite nanostructures-employed poly(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene) (P(VDF-TrFE)) for a high performance organic-inorganic f-PEH. Inorganic piezoelectric nanomaterials were synthesized via a facile solid-state reaction. The hybrid-pizoelectric composite was produced by dispersing the inorganic piezo-materials into organic P(VDF-TrFE) piezo-polymer. Finite element analysis method simulations study that this outstanding performance of energy devices attributes to not only the piezoelectric synergy of piezo-ceramics and within P(VDF-TrFE) matrix but also the effective stress transferability of piezopolymer. We also characterized the output performance of f-PEH under the periodic bendings and pushing; moreover, demonstrated the practical application by using the generated electricity from a flexible energy harvester.

P2-G1-34 First-principles Study of Hydrogen Diffusion in the Oxygen-deficient VO_2

김인서*, 최민석. *인하대학교*

Hydrogenation of VO_2 has been attractive attention due to the peculiar findings such as the formation of insulating HVO_2, which differs from conventional behavior in oxides. This triggers many efforts to understand the hydrogenation of VO_2. Using first-principles calculation, we attempt to figure out the mechanism of hydrogen diffusion in the oxygen-deficient VO_2, since the formation of oxygen vacancies cannot be excluded in oxides. The diffusion pathway and energy barrier for hydrogen in rutile VO_2 with/without the oxygen vacancy are examined. We find three things: (i) hydrogen diffusion in VO_2 is likely to along the (001) channel with a zigzag-like pattern. (ii) the oxygen vacancy reduces the diffusion energy barrier slightly. (iii) one hydrogen can be captured by one oxygen vacancy. Therefore, our results indicate that oxygen vacancies lead to the enhancement of hydrogenation of VO_2.

P2-G1-35 Vertically Grown $BaTiO_3$ Nanotube Arrays for Piezoelectric Energy Harvester

수직 성장 $BaTiO_3$ 나노 튜브 어레이를 이용한 압전 에너지 하베스터

이재훈*, 박귀일. *경북대학교*

Recent progress in the field of flexible electronics technology has accelerated the possibility of its practical uses in various real-life applications, including smart mobile device, healthcare device, the Internet of Things (IoT), and wearable device. Among the many kinds of flexible devices, the self-powered systems have been attracted great attention because they could guarantee sustainable, long-lasting, and remote use of devices without additional energy storage systems. Especially, for the stable and permanent operation of flexible electronic devices without restraints, it is essential to develop a high-output flexible energy harvester that can efficiently convert electrical energy from mechanical energy source.

Herein, we will describe the well aligned $BaTiO_3$ nanotube (NT) arrays on a thin Ti foil were adopted for use in piezoelectric energy harvesting device that scavenges electricity from mechanical energy. $BaTiO_3$ NTs were grown onto a Ti substrate by a simple anodization process and a facile hydrothermal process. A $BaTiO_3$ single NT selected from NT arrays was transferred onto a flexible substrate to characterize the piezoelectric output performance of the individual $BaTiO_3$ NT. We also fabricated the $BaTiO_3$ NT arrays-based piezoelectric energy harvester and characterized the harvested output signals under mechanical deformations.

P2-G1-36 Transparent and Flexible Self-Powered Sensors Based on Piezoelectric Polymer Thin Film

압전 폴리머 박막을 이용한 투명하고 유연한 자가발전 압력센서

현동열[1]*, 정창규[2], 박귀일[1]. [1]*경북대학교*, [2]*전북대학교*

Energy harvesters which can convert electrical energy from diverse mechanical energy sources are very promising tools to realize the sustainable energy generation in isolated, inaccessible or indoor environments and even in human body condition. Mechanical energy harvesting technologies have been developed in various ways to support or power small-scale electronics. Nevertheless, the strategy for enhancing current and charge performance of flexible piezoelectric energy harvesters using a simple and cost-effective process is still a challenging issue. Herein, we developed flexible and transparent energy harvester based on piezoelectric poly(vinylidene fluoride-co-

trifluoroethylene) (P(VDF-TrFE)). A P(VDF-TrFE) thin film was spin-casted onto a transparent electrode coated PET flexible substrate; subsequently, annealed at 145°C for crystallization. For formation of transparent top electrode, the silver (Ag) nanowires dispersed solution was spin-casted onto piezoelectric polymer layers and dried in vacuum oven. Finally, the energy device was passivated by PMMA polymer and connected with copper (Cu) wires. We characterized the output performance of P(VDF-TrFE)-based energy harvester under the periodic bendings and carried out the finite element analysis to support the measurement results. We also demonstrated the practical application by using the generated electricity from a flexible energy harvester. The transparent f-PEH devices were directly modified and used as a self-powered pressure sensor array (5 × 5), which well detected the pattern images of the external pressure input without serious cross talk. This work can guide the field of transparent and flexible piezoelectric devices to the way to accomplish transparent self-powered electronics for high-performance applications.

P2-G1-37 Electrical Properties of Nickel Oxide Thin Films with Molybdenum Oxide Nanoparticles Blended Structure

산화 몰리브덴 나노입자 혼재화에 따른 산화 니켈 박막의 전기적 특성 변화

김무현*, 조남명, 정연식. *한국과학기술원*

Sol-gel processed nickel (II) oxide (NiO_x) is the one of the p-type metal oxide semiconductor materials which has widely used for hole transport layer (HTL) or hole injection layer (HIL) in optoelectronic field. However, major disadvantage is that the perfect NiO crystal is a Mott-Hubbard insulator, so the conductivity of NiO_x is very low. Previous studies were mainly focused on doping NiOx with substitutional or interstitial elements (Cu, Li, Al, etc).

Herein, we introduce NiO_x thin films with molybdenum oxide (MoO_3) Nanoparticles (NPs) Blended Structure. The overall film structure shows a uniform distribution of MoO_3 NPs in the NiO_x matrix. MoO_3 NPs blended NiO_x structure shows changes in electrical properties due to formation of MoO_3 NPs-NiO_x matrix interfaces.

P2-G1-38 Comparison of Abnomal Grain Growh Behavior of $(Na,K)NbO_3$-$M(Cu,Nb)O_3$,(M=Ca,Sr,Ba)Ceraimics

비납계 $(Na,K)NbO_3$-$M(Cu,Nb)O_3$, (M=Ca,Sr,Ba) 세라믹의 비정상 결정 성장 거동 비교

정승운*, 임지호, 박춘길, 정대용. *인하대학교*

$(K,Na)NbO_3$ sintering was very difficult due to volatilization of sodium and potassium. Volatilization of sodium and potassium caused the composition imbalance of NKN structure. To solve this problem and decrease sintering temperature of NKN, $(Na,K)NbO_3$−$Ba(Cu,Nb)O_3$ was studied. In this study, Ca and Sr which were the same group of Ba in periodic table were selected. And $(Na,K)NbO_3$−$M(Cu,Nb)O_3$ (M = Ca, Sr, Ba) were fabricated to compare the sintering behavior by difference of additive composition. Each powder was sintered at various temperature (1115, 1125, 1135, 1145) for 10 hours. Grain size and atom diameter which located A site of MCuN were inversely proportional. (CCuN, SCuN, BCuN → 6, 2, 1 μm @ 1125°C) Additive composition was affected by partial melting temperature of NKN (NKN-CCuN : 960°C, NKN-SCuN : 971°C, NKN-BCuN : 945°C). And it was inversely proportional to abnormal growth grain size. (CCuN, SCuN, BCuN → 40, 5, 4000 μm @ 1125°C)

P2-G1-39 Dielectric and Energy Storage Properties of Relaxor Ferroelectric $Pb_{0.79}Ba_{0.11}La_{0.10}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})$ Thick Film by Aerosol Deposition

에어로졸 데포지션을 이용한 완화형 강유전체 $Pb_{0.79}Ba_{0.11}La_{0.10}$-$(Zr_{0.52}Ti_{0.48})$ 후막 필름의 유전 및 에너지 저장 특성

지성엽*, 임지호, 정한보, 정대용. *인하대학교*

As the rapid development of electronic devices, ferroelectric thick films with high energy density are being promising. Typical ferroelectric thick films have high polarization-electric field (PE) hysteresis and small recovery energy due to micro-scale domains. In contrast, relaxor ferroelectric thick films have nano-scale domains which result in slim hysteresis and high recovery energy.

Herein, we reported $Pb_{0.79}Ba_{0.11}La_{0.10}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})$ (PBLZT) relaxor ferroelectric (RFE) thick films were deposited on Pt(111)/Ti/SiO_2/Si(100) substrates through aerosol deposition (AD) process. The AD method can fabricate films through the collision of fine ceramic powder particles onto substrate. By using the AD method, the PBLZT films revealed nano-size grain and dense structure at the room temperature. Films were post-annealed at 400/500/600°C for 1h to recover crystallinity. The microstructure, dielectric properties, and energy-storage performance of PBLZT thick films were investigated. X-ray diffraction patterns and scanning electron microscopy indicated that all the films preserved a highly dense microstructure without visible pores and with good adhesion to the substrate. The 600°c annealed PBLZT film showed high energy density of 10.4 J/cm^3 under an electric field of 1200 kV/cm along with an efficiency of 65%.

P2-G1-40 High Dielectric PDMS Polymer Nanocomposite with BSTO Nanoparticles

BSTO NPs 혼합 고유전 PDMS 폴리머 나노 복합체

이찬*, 한우제, 박형호. *연세대학교*

In the area of high-technology flexible device, the polymer nanocomposites have been studied to get high dielectric property for decades. The poly(dimethylsiloxane) (PDMS) is the most widely used silicon-based polymer in the world because of its excellent chemical stability, which makes no degradation in the material. However, the application of PDMS is limited due to its low dielectric constant.

In this study, to overcome this limitation, the PDMS is synthesized with barium strontium titanate ($Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$) (BSTO), which has high dielectric constant. In the polymer nanocomposite, the surface property of nanoparticles (NPs) is one of the main factors in dispersibility. Hydroxyl groups on the BSTO NPs surface shows hydrophilic property which hinders from dispersion in PDMS polymer matrix. Through exchanging hydroxyl ligand to silicon ligand, the dispersion of NPs is improved. Modified liquid-solid solution process was used for synthesis of BSTO NPs. Silylation was carried out by chlorotrimethylsilane (TMCS) to exchange the ligand of BSTO NPs. Silylated BSTO NPs showed good dispersion in the PDMS polymer. As a result, silylated BSTO NPs leads an increase in the dielectric constant of PDMS nanocomposite.

Acknowledgement: This material is based upon work supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) under

Industrial Strategic Technology Development Program. No. 10068075, “Development of Mott-transition based forming-less non-volatile resistive switching memory & array”.

P2-G1-41 Luminescence Properties of Er-doped ZnO Prepared by RF Sputtering Deposition

RF스퍼터링 기반 Er도핑된 ZnO의 발광 특성

김민재*, Chabungbam Akendra Singh, 강경문, Yue Wang, 박형호. *연세대학교*

Zinc oxide is one of the most versatile semiconductors with a wide band gap of 3.3 eV, non-toxic, high chemical stability, high exciton binding energy and cost effective. The 4f-intra shell transition of the rare earth material shows narrow and intense peaks which lead to high luminescence intensity. For this excellent properties as luminescent centers, various rare earth elements doped in ZnO host lattice has been widely studied.

In this study, we demonstrate the luminescence properties of Er-doped ZnO prepared by RF sputtering deposition at different substrate temperature. The XRD data confirms the efficient doping of Er replacing zinc with good crystalline state and no appearance of additional diffraction peak. The efficient transfer of energy to Er is possible due to high exciton binding energy of ZnO. The Er-doped ZnO film shows high transmittance within the range of 400-900 nm. Enhancement of visible range peak has been observed in the photoluminescence spectra due to the increase of efficient energy transfer along with the defect sites from the host lattice. The Er-doped ZnO has the high potential for utilization in the various future photonic device applications.

Acknowledgement: This material is based upon work supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) under Industrial Strategic Technology Development Program. No. 10068075, “Development of Mott-transition based forming-less non-volatile resistive switching memory & array”.

P2-G1-42 An Investigation about the Passivation of Oxygen Vacancy in Atomic Layer Deposited ZnO using Hydrogen Peroxide

원자층 증착법 기반에서 과산화수소수로 증착된 산화아연 박막의 산소 공공 패시베이션 연구

김민재*, Yue Wang, 강경문, 박형호. *연세대학교*

ZnO is a promising semiconductor with a direct band gap (3.37 eV) and high value of exciton binding energy (60 meV). However, the existence of oxygen vacancy (n-type defect) in the as-prepared ZnO have prevent the preparation of p-type ZnO with high hole concentration, which has become the barrier for the application of ZnO-based devices. In this work, a promising method to passivate oxygen vacancy in ZnO was studied through atomic layer deposition (ALD). Hydrogen peroxide was used as oxygen source to provide an oxygen-rich environment (compared to the usually used H_2O oxygen source) for the growth of ZnO film. This oxygen-rich condition suppresses the formation of oxygen vacancy in ZnO film, which further result in the decreasing in electron concentration and increasing in film resistivity. Moreover, the growth orientation changes from coexistence of (100) and (002) when using H_2O as oxygen source into completely (002) when using H_2O_2 as oxygen source. The decrease in the optical bandgap and increase in the work function also were observed due to the decreased electron concentration and the lowering of the Fermi level.

Acknowledgement: This material is based upon work supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) under Industrial Strategic Technology Development Program. No.10068075, “Development of Mott-transition based forming-less non-volatile resistive switching memory & array”.

P2-G1-43 Properties of ZnO Thin Film Doped with Halogen Chloride using Atomic Layer Deposition

원자층 증착법 기반의 할로겐 클로인이 도핑된 산화아연 박막의 특성 변화 연구

강경문*, Yue Wang, 김민재, 이찬, 박형호. *연세대학교*

Zinc oxide (ZnO) is being actively studied as a promising alternative to indium tin oxide (ITO). However, due to the low electrons of intrinsic ZnO compared to ITO, doping with trivalent metal cations or halogen anions has also been investigated. Of the various dopant candidates, the halogen element is the most effective dopant because the oxide element essentially has O related defects such as oxygen deficiency.

In this study, the properties of Cl-doped ZnO thin films deposited by atomic layer deposition (ALD) were investigated. Cl-doped ZnO thin film by ALD was performed with a home-made chlorine source. It has been found that the grain growth orientation changes significantly with increasing chlorine concentration due to chlorine doping at the oxygen site of ZnO. This phenomenon can be explained by the perturbation and passivation effects caused by the chlorine doping mechanism, and the chlorine anion fills the site of oxygen-related defects in the ZnO lattice.

Acknowledgement: This material is based upon work supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) under Industrial Strategic Technology Development Program. No. 10068075, “Development of Mott-transition based forming-less non-volatile resistive switching memory & array”

P2-G1-44 Nano-junctions Packed Alternating Insulating- conducting Terraces Morphology in ZnO Single Crystal

테라스 구조의 insulating-conducting nano-junctions을 가지는 ZnO 단결정

너렌드라파르마[1*], 임해나[1], Lynn A. Boatner[2], 최지원[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]Oak Ridge National Laboratory*

CVT grown ZnO single crystals annealed in sealed oxygen conditions at high temperature show very interesting topography with alternating terraces, with remarkable valley and depth morphology associated with Zn rich and deficient regions. These Nano-junctions packed alternating terraces are insulating- conducting patterns and be can be useful for data read/write technological purpose. We investigated these samples using SEM, AFM, c-AFM, STEM, AES techniques.

P2-G1-45 Effect of Residual Oxygen on the Electrical and Magnetic Properties of Co/Pd Multilayers Reduced by Proton Irradiation

수소이온 조사로 환원된 Co/Pd 다층박막의 산소 분포에 대한 연구

황정원*, 홍종일. *연세대학교*

수직자기이방성을 갖는 강자성체들 중 Co/Pd 다층박막은 Co와 Pd의 두께와 반복되는 층수를 변화시키거나 계면구조를 제어함에 따라 수직자기이방성을 조절할 수 있다. 본 연구에서는 낮은 에너지를 갖는 수소 플라즈마를 이용하여 CoO_x/Pd 다층박막의 산소 원자만을 선택적 제거할 수 있는 비파괴적인 계면 제어법을 사용하여 수직자기이방성의 변화를 관찰하였다.

환원된 Co/Pd 다층박막은 부정형 성장으로 인한 계면 특성으로 수직자기이방성이 향상되었지만, 시간이 지남에 따라서 포화 자기모멘트와 이상 홀 효과는 감소 후 일정해지고 보자력은 증가 후 일정해지는 경향을 나타냈다.

이러한 전기적/자기적 특성 변화의 원인이 Co/Pd 다층박막내의 산소 분포의 변화에 의한 것인지 알아보기 위해서 Co/Pd 다층박막을 재환원해 보았으며 비행시간형 이차이온질량분석기(Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometry, ToF-SIMS)를 이용하여 분석하였다.

그 결과, 환원한 Co/Pd 다층박막의 경우 시간이 지남에 따라 외부에서 유입되는 산소의 영향으로 전기적/자기적 특성이 변화될 가능성이 있음을 확인하였다. 외부 산소의 유입을 방지 할 수 있다면 스핀트로닉스 분야에 적용 가능한 수직자기물질이 될 것이다.

P2-G1-46 Change in Electrical and Magnetic Properties of Co/Pd Multilayers After Exposure to Hydrogen Gas

수소가스 노출에 따른 Co/Pd 다층박막의 전자기적 특성 변화

김기성*, 홍종일. *연세대학교*

자기저항메모리(magnetoresistive random-access memory, MRAM)는 쓰기 속도가빠르고, 전력 소모는 적은 특징을 가지고 있어 차세대 메모리로써 많은 주목을 받고 있다. 자기저항메모리의 기본 단위 소자인 자기터널접합(magnetic tunnel junction, MTJ)은 두개의 강자성체층 사이에 절연체인 산화물이 있는 구조이며, 두 강자성체의 자화방향이 평행일때는 낮은 터널저항을, 반평행일경우 높은 터널저항을 나타내게 된다. 최근에 자기장이 아닌 전류만을 이용하여 강자성체의 자화방향을 바꿀 수 있는 방법이 발견되었고, 이에 따라 전류만으로 강자성체의 자화방향을 바꿈으로써 정보를 저장하고, 이렇게 저장된 정보를 터널저항값을 통해 읽을 수 있게 되어 자기저항메모리에 대한 관심이 더욱 높아졌다.

고집적도를 달성하기 위해 자기이방성 에너지가 크고 열적 불안정성이 적어 저장된 자화정보를 잃을 확률이 더 작은 수직자기이방성을 갖는 강자성체가 많이 사용되고 있는데, 이에 따라 별 다른 후공정 없이도 계면유도자기이방성에 의해 수직자기이방성을 가지는 Co/Pd 다층박막 구조가 많이 연구되고 있다. 본 연구에서는 $[Co/Pd]_1$ 구조에서, 수소 흡착력이 강한 Pd에 수소가 흡착됨에 따라 Co/Pd 다층박막의 전기적/자기적 특성이 어떻게 달라지는지에 대하여 진동시료형자력계(vibrating sample magnetometer, VSM) 및 비이상적 홀 효과(anomalous Hall effect, AHE)의 측정을 통하여 분석하여 연구하였다.

P2-G1-47 Effect of Organic - inorganic Composite Insulation Layer of Soft Magnetic Powder Core

연자성 분말 코어의 유·무기 복합 절연 층의 효과

오혜령*, 양현승, 이우성. *전자부품연구원*

Soft magnetic powder core is used in powder inductor of high performance motor or electronics because of its low core loss, low power consumption and high magnetic flux density. The soft magnetic powder core is heat treated after compacting a soft magnetic metal powder such as Fe-Ni Fe-Si having a high permeability. However, when the pure metal powder is compacted, the loss due to eddy current at high frequency is greatly increased due to the low insulation resistance of the metal powder. Therefore, it is most important to heat-treat to remove the residual stress accumulated by the high molding pressure and to reduce the loss by coating the formed metal powder surface with a high resistance insulating layer.

In this study, Al-Si-O-C Glass insulation layer was formed on the surface of metal powder using organic-inorganic composite materials. Powder cores having high permeability ($\mu' = 60$) and DC-Bias (80%) were prepared at Bm = 100 mT using insulating coating powder. The organic-inorganic composite insulating layer of the soft magnetic powder core having a high resistivity ($10^7\ \Omega\cdot$cm) and low core loss can maintain stable magnetic properties even at high heat treatment temperatures.

P2-G1-48 Veritical-Oriented 2D Organo-metal Halide Perovskites for Resistive Switching Memory and Neuromorphic Synapse Devices

수직 방향성의 2D 유기-금속 할라이드 페로브스카이트를 활용한 뉴로모픽 시스템의 ReRAM과 시냅스 소자 개발

김승주*, 장호원. *서울대학교*

Von Neumann architecture has driven tremendous achievements in a computing system. However, as the amount of data increases exponentially, faster computing system becomes necessary. 'Von-Neumann bottleneck', caused a time delay between processor and memory, has been raised as a problem. The human brain provides hints with a Non-Von Neumann architecture computing systems, which memory and process function coexist in one system. In order to a paradigm shift to Non-Von Neumann architecture, active research about Memristor has been carried out which have been proposed as a promising candidate to mimic synaptic characteristic in biologically inspired neuromorphic computing.

Especially Resistive Switching random-access memory (ReRAM), which can be utilized for memristor and Crossbar array logic application, is a rising candidate. Many RS memory based on 3D Organometal halide perovskites (OHPs), ABX3, where A is the organic (CH_3NH_3) cation, B is a metal cation (Pb, Sn), and X is a halide anion (Cl, Br, or I) has been reported due to its rapid charge transfer, high integration density, and the low power consumption. However, the low stability in the presence of humidity and the uneven charge path limits practical application due to the inherent instability of 3D OHPs caused by the low formation energy and random crystallinity.

To address this issue, we successfully fabricate vertical-oriented 2D organometal halide perovskites in RS memory device. Vertical-oriented 2D Halide perovskites films are synthesized with the aid of a structure regulator additive by a one-step solution process. Uniform and a pinhole-free vertical 2D OHPs film is synthesized with 200 nm on ITO coated glass and platinum coated silicon substrate by all solution process.

The enhanced stability of vertical oriented 2D OHPs thin film is verified by the almost maintained X-ray diffraction patterns after exposed to the ambient atmosphere. The devices with Au electrode show valence change mechanism RS behavior with on/off ratio of 10^2. Furthermore, the devices with Ag electrode exhibit filamentary

electrochemical metallization RS behavior with ultra-low operating voltage (< 0.2 V) and on/off ratio of 10^6. In addition, synaptic characteristics were observed with multi-level switching.

This study will contribute to the understanding mechanism of differences between vertical-oriented and random-oriented based on OHPs and suggests the possibility for enhanced endurance in humid conditions

P2-G1-49 A Study on Effect of Nitridation and HCl flow in GaN Growth by HVPE Method

HVPE방법에 의한 GaN 단결정에서 nitridation과 HCl flow의 효과에 관한 연구

이승훈[1*], 이주형[1], 이희애[1], 오누리[1], 이성철[1], 강효상[1], 박재화[2], 이성국[2]. [1]*한양대학교*, [2]*에임즈마이크론(주)*

본 연구에서는 사파이어 기판 위에 GaN 단결정 성장 시 기판의 질화처리가 성장되는 GaN 단결정 품질에 미치는 영향을 optical microscope 와 light interferometer을 통해 알아보고자 하였다. Nitridation 공정을 제외한 다른 성장 조건은 고정하였고 nitridation 공정 시 공급되는 가스 유량을 변화시켜 hydrid vapor phase epitaxy(HVPE) 수직 성장로로 Epitaxy GaN을 2 inch sapphire 기판 위에 성장하였다. Nitridation 효과를 보기 위해 nitridation 시행 sapphire와 nitridation 미시행 sapphire substrate 위에 동일한 성장 조건에서 GaN을 성장하였다. Nitridation을 하지 않고 성장한 GaN는 표면 균일도가 떨어지며 GaN hillock의 크기가 작고 거친 표면을 나타낸 반면 nitridation을 하여 성장한 GaN은 상대적으로 GaN hillock이 크고 island들이 merging되어 있으며 완만한 표면을 나타냈다. Nitridation 공정 중 HCl 유량의 영향을 보기 위해 nitridation 중 NH3 : HCl 비율(30, 15, 10)을 조절하였으며, 비율이 낮아질수록 표면상 형성되는 hillock의 평균 size가 감소하는 경향이 나타났다. 이와 같은 nitridation 공정 후 성장 시간을 늘려 7 um의 GaN template를 성장하였으며 결정성 평가를 위해 high resolution X-ray diffraction (HR-XRD)를 실시하였다. 그 결과, (0002)에 대하여 617 arcsec FWHM을 나타냈다. 즉, GaN 성장에 있어 nitridation 공정은 필수적이며, 성장하고자 하는 GaN에 따라 투여되는 HCl flow 최적화의 필요성을 확인할 수 있었다.

P2-G1-50 Study on Chemical Mechanical Polishing Process of N-polar Plane After Ultra Fine Grinding Process for GaN SINGLE CRYSTAL GROWN BY HVPE METHOD

HVPE 법으로 성장시킨 GaN 단결정에 대해 ultra fine grinding 공정 이후 N-polar plane에 대한 CMP 공정 연구

이주형[1*], 박재화[2], 강효상[2], 이희애[1], 이승훈[1], 오누리[1], 이성철[1]. [1]*한양대학교*, [2]*에임즈마이크론(주)*

HVPE 법으로 성장시킨 GaN 단결정에 대해 mesh의 변화에 따른 grinding 공정을 진행하여 표면 거칠기 변화를 optical microscopy과 optical surface profiler로 분석하였다. Grinding 공정은 diamond abrasive에 의한 mechanical polishing과는 다르게 two body wear 공정으로 높은 가공 속도, 두께 정밀도를 가지나 grinder wheel에 의해 필연적으로 큰 damage 및 거칠기가 발생하게 된다. 이는 fixed abrasive machining의 가공 방식으로 GaN 표면에 강한 abrasion wear가 가해지기 때문이다. 이렇게 grinding 공정에 의해 발생한 큰 damage는 mechanical polishing 및 chemical mechanical polishing 공정으로 제거되는데, grinding 공정에서의 grinder wheel 거칠기에 따라 damage 정도가 크게 달라지게 된다. 따라서 400, 800, 1200, 1500, 2000, 5000 mesh grinder wheel을 통해 grinding 공정을 진행하였으며 이를 optical microscopy 및 optical surface profiler 분석을 진행하였다. Wheel의 mesh가 높아질수록 as-ground GaN 표면도 smooth 해 졌으며, 표면 거칠기 및 damage 또한 감소하였다. 또한 우리는 as-ground GaN의 N-polar plane에 대해 chemical mechanical polishing을 진행하여 as-ground 시편의 화학적 반응에 의한 표면 거칠기 감소 효과를 optical microscopy 및 optical surface profiler로 분석을 진행하였다. 이러한 결과를 통해, diamond abrasive에 의한 mechanical polishing 공정 시간을 줄여 전체적인 공정 시간을 줄일 수 있었다.

P2-G1-51 Ultrathin Non-volatile Ferroelectric Memory Based on Monolayer $MoTe_2$

단일층 $MoTe_2$ 기반 강유전체 메모리 소자

백지환*. *서울대학교*

Ferroelectric materials which have spontaneous electric polarization have been studied several years to apply on wide range of applications, such as non-volatile memories. However, there are some problems to fabricate ultrathin ferroelectric memory device such as the intrinsic depolarization effects in ferroelectric materials. By decreasing thickness of ferroelectric layer, the depolarization effects get enhanced due to uncompensated charges at the interface, which cause disappearance of ferroelectricity. Thus, as thickness decreases, it becomes difficult to maintain the ferroelectricity and the curie temperature of ferroelectric materials decrease. However, ferroelectricity at room temperature in monolayer $MoTe_2$ with d1T (distorted 1T) phase was reported recently. Jianhua Hao *et al.*, the origin of ferroelectricity of d1T $MoTe_2$ is structural asymmetry. Here we investigate the ferroelectric doping effect of T_d phase of $MoTe_2$ on TMD channel. We expected that the T_d phase $MoTe_2$ has shown ferroelectric behavior like d1T phase because it has also asymmetric atomic structure. We fabricated the WSe_2 device with graphene contacts and $MoTe_2$ (T_d) top gate. The $MoTe_2$ also contacts with graphene for changing its polarization direction. By modulating applied voltage on $MoTe_2$ (V_g), the hysteresis loops of I_d-V_g were obtained, as a result of ferroelectricity of $MoTe_2$. Moreover, we verified the switching operation of ferroelectric memory by changing polarization direction of $MoTe_2$.

P2-G1-52 High-k Dielectric Nanosheets for Next-generation Devices

차세대 소자용 high-k 유전체 나노시트

최지원*. *한국과학기술연구원*

High-dielectric-constant (high-k) materials have been required for various electronic devices such as multilayer ceramic capacitors (MLCCs), thin film transistors, and gate insulators. The Dion-Jacobson phase 2D perovskites has been received attention because not only bulk ceramics show colossal permittivity but also exfoliated nanosheets thin films show high-k dielectric permittivity even for thickness down to 20 nm. Besides, 2D nanosheets thin films are undisturbed for the thickness and don't require annealing process because of its crystalline nature. Several 2D dielectric materials have been reported, but the dielectric permittivity is still far below than bulk value. Therefore, we have been studying on searching new composition Dion-Jacobson phases based on niobate by A-site mofidication to enhance their dielectric properties. In this presentation, we will

discuss not only the properties of A-site modified $Sr_2Nb_3O_{10}$ nanosheets thin films but also the properties of its starting materials. 2D dielectric thin films showed great dielectric properties with low leakage current density. Therefore, these 2D nanosheets are expected for using in future dielectric applications and also used as a functional materials for ferromagnetics, redox-active materials, and photochromics.

P2-G1-53 Advancement of Metal-free Halide Perovskite as Ferroelectric Material

유기물 기반 강유전 할라이드 페로브스카이트

이민경*. *서울대학교*

Ferroelectric materials have spontaneous electric polarization, which its direction changed by an external electric field, and it widely used as capacitors, sensors, and nonvolatile memory devices. The first explored ferroelectric materials are $BaTiO_3$ and $LiNbO_3$, which are inorganic oxide perovskites. However, concerning the energy efficiency and cost-effectiveness, organic-inorganic perovskites replace the field of oxide perovskites. Yet, heavy metals like Pb^{2+} in $(CH_3NH_3)PbI_3$ and $CsPbI_3$ evoke environmental issues. All-organic halide perovskites have potential to alternate nonvolatile memory materials such as hybrid halide perovskites and all-inorganic perovskites. Ye et al have synthesized the new class of ferroelectric materials by only using the organic materials, substituting Pb metal in perovskite structure, and those metal-free perovskites show a large spontaneous polarization and high phase transition temperature. Developing the new material for ferroelectric memory, R-3-ammoniopyrrolidinium (R-3AP) was chosen to be in A-site of perovksite, and $(R\text{-}3AP)(NH_4)Cl_3$ thin film is successfully synthesized on a platinum-coated silicon substrate using all-solution process.

P2-G1-54 Optical Properties of Middle Infrared Transparent ZnS Ceramics at Various Sintering Heating Rate

소결 승온 속도에 따른 중적외선 투과용 ZnS 세라믹스의 광학적 특성

여서영*, 백종후, 박범근. *한국세라믹기술원*

Zinc sulfide (ZnS), an important II-VI group semiconductor with excellent physical properties, has been extensively investigated because of its wide band gap and high refractive index. ZnS is commonly used in light-emitting diodes, flat panel devices, solid-state solar window layers, phosphors, photoconductors, and infrared (IR) windows/lenses. Thus, ZnS has been widely studied for applications in middle IR (MIR) optical windows and MIR imaging systems.

In this study, Infrared transparent ZnS ceramics were synthesized by hydrothermal synthesis at 220°C for 20 h, and sintered by hot pressing at 850°C. In order to confirm the optical properties of ZnS ceramics after sintering at various sintering heating rate (1, 3, 5, 10°C/min), we carried out X-ray diffraction, Scanning electron microscopy and Fourier transform-infrared spectroscopy. When the sintering heating rate is slow, the transmittance is relatively improved. The ZnS ceramic having sintering heating rate of 3°C/min were showed highest transmittance. It can be seen that sintering is sufficient when the sintering heating rate is slow.

P2-G1-55 Preparation of Moisture Barrier Thin Films on for Flexible OLED by Ultrasonic Spray Coater

초음파 분무 코팅장치를 이용한 플렉시블 OLED용 습기 차단 박막의 제조

이태경[1*], 김태희[1], 조정[2], 박경봉[1]. *[1]안동대학교, [2](주)에프이엠*

하나의 필름 기판 상에 가용성 OLED를 위한 수분 차단 필름 및 반사 방지 필름이 형성되었다. 폴딩 디스플레이를 사용하기 위해 필름 기판이 사용되었다. 편광 필름을 사용하지 않고 새로운 광학 특성 개념을 실현하기 위해 무기필름을 22~25% 범위의 반사율로 코팅하였다. 수분 차단성을 개선하기 위해 기존의 유기막은 단일 분자에서 성장하여 모든 공정이 진공 상태에서 배치로 생성될 수 있다. 기재 필름에는 환상 올레핀 및 투명 폴리이미드가 사용되었다. 현상된 필름을 OLED 발광 재료의 상부와 터치 패널의 하부 사이에 삽입하여 광학 특성 및 수분 차단 기능을 나타내었다. 굴곡 및 결합 특성 및 표면 에너지 특성에 대한 기본 측정이 이루어졌다. 그리고 일정한 온도와 습도 및 열 충격 신뢰성을 확인하기 위해 실제 장치에 적용되었다.

P2-G1-56 Effect of Electric Field Cycling on Polarization Characteristics of Si-doped $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ Thin Films

Electric field cycling 이 Si doping 된 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ 박막의 분극 특성에 미치는 영향 연구

한유근*,정주영,손현철. *연세대학교*

강유전 물질들은 독특한 특성으로 인해 FeRAM, FTJ 등 응용분야가 넓어 많은 주목을 받고 있다. 최근 HfO_2기반의 박막에 doping을 통해 강유전 특성이 나타남이 보고되어 많은 연구가 진행되고 있으며, 그 중 $(Hf)_{0.5}(Zr)_{0.5}O_2$(HZO) 박막과 Si doped HfO_2 박막은 우수한 분극 특성을 가진다고 보고되었다. 또한 eletric field cycling 에 따른 wake-up 과 fatigue와 같은 강유전 박막의 특성변화에 대한 연구들이 많이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 HZO 박막과 HZO박막에 Si를 doping 할 경우의 분극 특성에 관한 연구와 electric field cycling 의 영향으로 나타나는 분극 특성 변화에 관한 연구를 진행하였다.

8 nm Si doped HZO 박막은 thermal ALD 를 통해 HfO_2:ZrO_2:SiO_2 = 45:45:1의 cycle ratio 로 증착하였다. 샘플의 구조는 Metal – Ferroelectric – Metal (MFM)로, 상하부 전극은 15 nm의 TiN을 이용하였으며, DC sputtering을 통해 증착하였고, 상부전극 증착 후 600°C, 20 s 동안 RTA 를 이용해 후속 열처리를 진행하였다. Si doped HZO 는 anti-ferroelectric의 분극 특성을 가졌으며 500 kHz rectangular pulse를 이용해 electric field cycling 을 할 경우, wake-up 이 일어나 ferroelectric 특성이 나타남을 확인하였고, HZO 박막에 비해 breakdown cycle 이 ~10^3 증가하였다.

P2-G1-57 Effect of Post Annealing on the Electrical Properties of $(Zr)_{99.2}(Ge)_{0.8}O_2$ Oxide Films Deposited by ALD

ALD로 증착한 $(Zr)_{99.2}(Ge)_{0.8}O_2$ 박막의 후속열처리에 따른 전기적 특성 변화 연구

정주영*, 한유근, 손현철. *연세대학교*

최근 DRAM소자는 많은 양의 데이터를 처리하기 위해 고집적 및 대용량화 개발이 가속화 되고 있다. 이에 따라 DRAM의 capacitor 의 면적은 줄어들어 용량은 감소되는 문제가 발생한다. 이 문제점을 극복하기 위해 고유전율을 가지고 있는 절연체 물질의 적용이 필요하다. High-k 물질 중ZrO_2은 유전상수가 높고, 낮은 leakage current 그리고 thermal 안정한 장점을 가지고 있다. 또한 ZrO_2 의 결정상 중 tetragonal phase는 유전상수가 높은 특징을 가지고 있지만, 1175°C 이상에서 형성하여 dopant를 첨가하여 tetragonal 상을 만드는 연구가 활발히 진행되어 왔다.

본 연구는ALD을 이용하여, mixed Zr-Ge precursor ($CpZr[N(CH_3)_2\}_3]$ and $C_{13}H_{26}GeN_4$ = 10 : 1) 사용하여 $(Zr)_{99.2}(Ge)_{0.8}O_2$ 박막을 증착하였다. $(Zr)_{99.2}(Ge)_{0.8}O_2$ 박막의 후속 열처리를 통한 전기적 특성을 확인하기 위해 RTP를 이용하여 400~ 600°C, 20s 및 N_2, O_2 분위기에 따른 열처리를 진행하였다. 이후 Capacitance-Voltage를 측정하여 dielectric constant를 계산하고, Current – Voltage를 측정하여 leakage current 및 breakdown voltage를 확인하였다. 후속열처리 온도가 증가 할수록 유전상수는 증가하는 것을 확인 하였지만, -3 MV/cm에서 current density가 높아진 것을 확인하였다.

P2-G1-58 Effects of Crystal Property on Lithium Based Hydride's Ionic Conductivity

리튬계 수소화물의 결정특성이 이온전도도에 미치는 영향

이영환*, 한정흠, 유제선, 홍태환. *한국교통대학교*

Lithium-ion-conducting solid electrolytes are a main component of all-solid-state batteries because the stability and ionic conductivity of the solid electrolyte determine the battery performance. Metallic and complex hydrides may act as anode and solid electrolytes in next generation of lithium batteries. However, solid electrolytes have the disadvantage of degradation ionic conductivity due to the resistance of moving through the grain boundary. In this experiment, the ion conductivity of each substance is assessed to see the difference in resistance of grain boundary. In addition, LiH, LiBH and LiAlH have NaCl, Orthorhombic and Monoclinic structures and proceed with comparison of resistance according to structure. Samples were characterized by X-ray diffraction analysis (XRD), scanning electron microscopy (SEM), Brunauer Emmett Teller, (BET) and electrochemical method.

Reference

1. M. Matsuo, Y. Nakamori, S. Orimo, H. Maekawa, H. Takamura Appl. Phys. Lett., 91 (2007), Article 224103
2. N. Kamaya, K. Homma, Y. Yamakawa, M. Hirayama, R. Kanno, M. Yonemura, T. Kamiyama, Y. Kato, S. Hama, K. Kawamoto, A. Mitsui Nat. Mater., 10 (2011), pp. 682-686
3. R. Murugan, V. Thangadurai, W. Weppner Angew. Chem. Int. Ed., 46 (2007), pp. 7778-7781
4. Latroche, Michel, et al. "Full-cell hydride-based solid-state Li batteries for energy storage." International Journal of Hydrogen Energy 44.15 (2019): 7875-7887.

P2-G1-59 Tantalum and Niobium Doped HfO_2 High-κ Dielectrics for Metal-Insulator-Metal Capacitor

김다미*, 반예준, 유상임. *서울대학교*

Continuous scaling in Dynamic random access memory (DRAM) have led numerous study of the high-k dielectrics for Metal-Insulator-Metal (MIM) capacitor. Currently, $ZrO_2/Al_2O_3/ZrO_2$ multilayered capacitor fabricated by Atomic layer deposition (ALD) were applied to DRAM MIM capacitor with κ value of 40. However, for further shrinking the DRAM device, MIM capacitor need more decrease in thickness with equivalent oxide thickness (EOT) < 0.3 nm and leakage current density $<10^{-8}$ A/cm^2. The HfO_2 (κ ~25) dielectric film has successfully replaced SiO_2 (κ ~3.9) in complementary metal oxide semiconductor (CMOS) as gate oxide due to its high-κ lowering the EOT value. Therefore, HfO_2 was considered as promising candidate for DRAM MIM capacitor.

To enhance the dielectric performance of HfO_2, most study were concentrated on the effect of dopant such as metal ions Si, Zr, Al and rare-earth elements because they stabilize the high symmetry tetragonal crystalline phase with high k values of ~ 47. However, those dopants tend to increase the leakage current in despite of increase of dielectric constant. Amorphous thin film is preferred because it shows lower leakage current than crystalline phase by absence of grain boundaries which is main factor for current.

In this study, we introduce 6, 8 and 10 at% of Nb and Ta into the HfO_2 dielectrics to examine the doping effect on the dielectric properties and glass-forming ability. The amorphous Nb and Ta-doped HfO_2 thin film were deposited by rf magnetron sputtering on the Si/SiO_2 substrates using 200W in various oxygen pressure and the deposition temperature in the range of RT to 500°C. The 10 at% of Nb and Ta doped HfO_2 remained amorphous state until 400°C compared to undoped HfO_2 crystallized into monoclinic phase. Details will be presented for a discussion.

P2-G1-60 Flexible PVDF Nanocomposites Thin Films with Enhanced Dielectric Properties

플렉시블한 PVDF 나노복합물 박막의 유전 특성 연구

류아롬[1*], 임해나[1], 남산[2], 최지원[1]. *[1] 한국과학기술연구원, [2] 고려대학교*

Polymer nanocomposite with high dielectric strength, great process ability, and reliability have the potential to using in various electronic applications, including fractional order capacitors, nanoenergy harvesters, and strain sensors. Especially the polyvinylidene fluoride (PVDF) shown significant potential as a dielectric energy storage for capacitors due to the large dielectric constant and high-energy density. However, this material requires to enhancing thermal stability and field effect. Thus, the key challenge facing PVDF nanocomposite thin films is to develop other facile and approaches to prepare polymer functionalized ceramic fillers for nanocomposite so that can be widespread use in capacitor and energy storage devices. Here, we synthesized the PVDF-inorganic dielectric nanosheets nanocomposite by simple solution-processed method. The nanocomposites of PVDF with nanosheets are prepared using melt mixing method and spin-coating technique. The high-k inorganic nanosheets were dispersed to enhance the dielectric properties and thermal stability of PVDF. The structural and dielectric properties were measured by Scanning Electron Microscope, Fourier Transform Infrared Spectroscopy, and Impedance Analyzer.

P2-G1-61 Observation of Resistive Switching with Vertically Aligned MoS_2

수직성장 이황화몰리브데넘을 이용한 저항 변화 현상 관찰

최운오*. *서울대학교*

Two dimensional materials such as graphene and Transition Metal Dichalcogenides (TMD) have atomically thin structure. They can also stack and form a Van der Waals layered structure. For their atomic thickness, they have been studied a lot for the application to various electronic devices such as field effect transistors, memristors, and so on. MoS_2 is one of the most popular TMD material for its stability and semiconducting electronic property. However, TMD material with Van der Waals layered structure has low conductivity between the layers. Here we demonstrate resistive switching with vertically

aligned MoS_2 to minimize the loss of conductivity by the formation and rupture of conduction filament.

P2-G1-62 Highly Mobile Palladium Thin Films on an Elastomeric Substrate: Nanogap-Based Hydrogen Gas Sensors
수소 가스 감지를 위한 팔라듐 나노 갭 기반의 연성 기판 센서 연구
김성준*, 이우영. *연세대학교*
As demand for hydrogen fuel-based automobiles and energy sources has increased, interest of hydrogen use has grown significantly. However, hydrogen have always a large risk factor as a combustible gas, public anxiety is still large. In addition, hydrogen gas is generated in the transformer, which can cause explosion if the concentration is above the critical point. For these various reasons, the necessity of detection of hydrogen gas becomes indispensable. Accordingly, this research present nanogap-based chemical sensing method with novel, low-cost, scalable, and lithography-free. This method, termed highly-mobile thin film on elastomer (MOTIFE), utilizes crack formation in a Pd and PdNi thin film generated by stretching the film on an elastomeric substrate to reliably and reproducibly provide highly sensitive H_2 sensors.

P2-G1-63 Microscopic Evidence of Strong Interaction Between Chemical Vapor Deposited MoS_2 and SiO_2 Template
화학 기상 성장법을 통해 증착된 MoS_2 박막과 SiO_2 성장 템플릿 사이의 계면에서의 강한 상호작용에 관한 연구
손운배[1*], 장호원[2], 노광철[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]서울대학교*
We prepared MoS_2 film on SiO_2/Si substrate and studied the effect of amorphous SiO_2 layer on the atomic and electronic structure of MoS_2 film. The interlayer distance of the AS-MoS_2 film showed change at the AS-MoS_2/SiO_2 interface, which is attributed to the formation of S-O chemical bonding at the interface. Through the theoretical calculation, we confirmed that there is lattice expansion in [001] direction when MoS_2 layer is on SiO_2, indicating that there exists bonding state beside than van der waals force which is dominant interaction between MoS_2 and SiO_2. The formation of S-O bonding at the AS-MoS_2/SiO_2 interface layer suggests that when Mo thin film is sulfurized through CVD process, Mo thin film is not only sulfurized but also S atoms at the termination layer are bonded with O atoms of SiO_2 layer. This study not only explain the growth mechanism of MoS_2 film, but gives a guideline for the relationship between interfacial structure and electrical properties of TMD thin film-based heterostructures.

P2-G1-64 Thickness Dependent Octahedral Tilt in Perovskite Oxides that Results in Metal-insulator Transition at the $LaAlO_3$/$CaTiO_3$ Heterointerfaces
$CaTiO_3$ 박막 두께에 따른 팔면체 틀어짐 각도의 차이와 이에 따른 $LaAlO_3$/$CaTiO_3$ 계면에서의 금속-절연체 전이 현상
손운배[1*], 장호원[2], 노광철[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]서울대학교*
Advances in creating complex oxide heterostructures in atomic scale and research on special properties appears at the interfaces between two different transition-metal oxides, have promoted a new era of materials and physics research. Here we demonstrate the control of the octahedral tilt of the $LaAlO_3$/$CaTiO_3$ interface, by heterostructuring it with $CaTiO_3$ grown on a $SrTiO_3$ substrate with various thickness. We found that a Ti-O-Ti bond angle of the $LaAlO_3$/$CaTiO_3$ interface can be controlled by layer-by-layer deposition of the $CaTiO_3$ with various thickness, which induce metal-insulator transition at the $LaAlO_3$/$CaTiO_3$ interface. This results show that interface engineering of the octahedral tilt can allow or suppress of 2DEG at the perovskite oxides.

P2-G1-65 Breath Acetone Sensing Performances of SnO_2 Nanorod Arrays by Decorating Noble Metal Catalysts
새로운 금속 촉매들을 증착시킨 틴옥사이드 나노로드 어레이의 호기 아세톤 측정 성능
장연지[1*], 이우영[1], 이준호[1], 정회봉[1], 최용심[2]. *[1]연세대학교, [2](주)아이센랩*
Breath acetone, by-product of fat metabolism in liver, has been shown a correlation with the rate of fat loss in healthy people. Acetone can be carried through the blood and lymphatic vessels to the lung tissues, where it can be exchanged with air. Acetone in exhaled breath is a useful and promising probe for monitoring of fat metabolism. Various breath analyzer such as gas chromatography (GC), ion mobility spectrometry (IMS), etc. has been developed to analyze the breath acetone concentration. However, the instruments have disadvantages such as high cost, lack of portability and complexity. Chemical sensor is the one of candidate to solve these problems. Here, we developed a highly sensitive SnO_2 nanorod (NR) arrays based acetone sensor for breath acetone analysis. The SnO_2 NR arrays were synthesized by using glancing angle deposition method. And various kinds of catalyst such as Au, Pd, Pt were deposit on the surface of SnO_2 NR arrays. The sensing properties was measured using breath analyzer which recently developed analyzer based on chemical sensor integrated with miniaturized gas sensor. The Au coated SnO_2 NR arrays has superior acetone sensing properties than other catalyst (Pd, Pt, bare) decorated SnO_2 NR arrays. It can detect acetone as low as 0.1 ppm at 434°C.

P2-G1-66 Sensitive Detection of Methane by In_2O_3 Nanoparticles for Environmental Monitoring System
유해환경 모니터링 시스템을 위한 산화인듐 나노입자의 민감한 메탄 검지 연구
ZHENG QIAN*, 이준호, 김성준. *연세대학교*
Methane, as one of the main components of natural gas, is highly likely to explode when the concentration is too high. In addition, the emission of gases such as methane has led to the greenhouse effect. Therefore, the development of high-performance methane gas sensors is especially important.

Sensors prepared using metal oxide semiconductors (MOS) have been widely used in various industries. There are many kinds of MOS (TiO_2, SnO_2, VO_2 and so on) have been reported to detect methane. However, there are few literatures on the detection of methane by using indium oxide (In_2O_3).

In this paper, In_2O_3 NPs were prepared by co-precipitation method, and their morphology, nanostructure and sensing properties were characterized. The spherical In_2O_3 NPs have high purity, crystallinity and the prepared sensor has a high response to 100 ppm of methane gas of 6.8 at an operating temperature of 350°C. It means that the prepared sensor has a good development prospect for the detection of methane. We will conduct a number of follow-up experiments to further analyze the performance of this sensor.

P2-G1-67 Effect of the Metal(Al, In) doped ZnO for Detection Acetylene Gas in Transformer Oil

변압기 절연유 아세틸렌 검지를 위한 금속 도핑 ZnO의 효과

박민선*, 이준호. *연세대학교*

Acetylene (C_2H_2) has undoubtedly the most detrimental risk in terms of safety owing to the arc discharge characteristics in oil-filled power equipment. It is necessary to systematically detect the dissolved acetylene gas for optimum operation condition which can directly affect the safety and stability of the power system. We report on the enhanced acetylene sensing properties based on 1 at% Un-, Al- and In-doped ZnO quantum dots (QDs) which was synthesized by a wet chemical method. The X-ray diffraction (XRD) reveal that Al- and In-doped ZnO QDs were successfully fabricated. The acetylene sensing response was ~7, and ~19 at optimized working temperature. We found that the In-doped ZnO quantum dots has higher sensing response than undoped and Al-doped ZnO QDs. Furthermore, we explained that miniaturized gas chromatography (GC) intergrated with the IZO QDs sensor, recently developed in our group, can give acetylene selectivity. Our results demonstrate that In-doped ZnO QDs shows outstanding performance with the potential in degradation monitoring for the internal components of a transformer.

P2-G1-68 산화주석 나노선 어레이를 기반으로 한 센서와 칼럼을 이용한 아세틸렌의 선택적 검지

Highly Sensitive Detection of Acetylene by SnO_2 Nanorod Based gas Sensors Integrated with a Packed Column

이준호[1*], 박민선[1], 최용삼[2], 이우영[1]. *[1]연세대학교, [2]아이센랩*

We report on the sensitive and selective sensing properties of SnO_2 nanorod (NR) based gas sensors coupled with a packed column. SnO_2 NR samples were fabricated by glancing angle deposition (GLAD) method and average height and diameter of nanorods were 200 nm and 30 nm, respectively. In order to overcome selectivity issue of metal oxide semiconductor gas sensors, we integrated our SnO_2 NR based sensors with a packed column and successfully detected a peak responsible for acetylene within 2 minutes (~100 s). We also found that loading thin layer (5 nm) of metals such as Au, Pt or Pd increased sensing abilities of SnO_2 NR sensors. Among sensors tested, Pd loaded SnO_2 NR sensors (Pd-SnO_2 NR) exhibited the best sensing performance for the detection of 10 ppm of acetylene. In addition, the lower detection limit of the sensor was 0.01 ppm. The ultrasensitive property contributes to the spill-over effect of noble metal atoms deposited on nanorods. This excellent ability makes our device eligible for utilization as an acetylene detector in transformers.

P2-G1-69 Effect of Co^{2+} Substitution on Microwave Dielectric Properties of $Mg_{2-x}Co_xSiO_4$ ($0.005 \leq x \leq 0.04$) Ceramics

Co^{2+} 치환이 $Mg_{2-x}Co_xSiO_4$ ($0 \leq x \leq 0.05$) 세라믹스의 마이크로파 유전특성에 미치는 영향

박윤식*, 김응수. *경기대학교*

Microwave dielectric properties of $Mg_{2.05-x}Co_xSiO_4$ ceramics were investigated as a function of Co^{2+} content (x) from x=0.005 to x=0.04. For the specimens sintered at 1550°C for 4 h, a single phase of orthorhombic forsterite structure was observed through the entire range of compositions. With increasing of Co^{2+} contents, the *Qf* value of specimens was increased up to x=0.01, and showed the maximum *Qf* value of 195,000 GHz. The increase of *Qf* value was attributed to the increase of the bond strength and the bond valence between the divalent cation and oxygen in oxygen octahedra. This result might be induced by higher degree of covalent of Co^{2+} cation than that of Mg^{2+} cation, which indicates stronger bond strength in oxygen octahedra. Due to the larger dielectric polarizability of Co^{2+} (1.65 Å) than that of Mg^{2+} (1.32 Å), the dielectric constant (K) of the specimens was increased with the increase of Co^{2+} content (x). The temperature coefficient of resonant frequency (*TCF*) was decreased with the increase of the octahedral distortion.

P2-G1-70 Synthesis of $KCa_2A_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$ Ceramics for Nanosheets and Characteristics

나노시트를 위한 $KCa_2A_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$의 합성과 그 특성

류소연[1,2*], 남산[2], 최지원[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교*

Recently, two-dimensional (2D) materials have been attracting attention due to the special characteristics among various kinds of nanomaterials. Two-dimensional (2D) nanosheets with atomic or molecular thickness and infinite planar lengths have been emerging as important new materials. In particular, nanosheet-based 2D materials can be conducting, semiconducting, or insulating, and so include all of the building blocks of electronics. Among a variety of nanosheets, those derived from layered perovskites are intriguing due to their high flexibility in terms of composition and structure and their rich pool of useful properties. Moreover, it is well known that layered perovskite nanosheets are strongly influenced by composition.

$KCa_2Nb_3O_{10}$(KCNO) is one of the representative layered perovskites structure. A series of 2D niobate nanosheets with a thickness control were synthesized by chemically delaminating precursory layered perovskites into their unilamellar layers.

In this study, we synthesized new layerd perovskite material $KCa_2A_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$ (KCANO, n=3~4) and acid–treated KCANO (HCANO). A new layered material, KCANO, was synthesized by synthesizing KCNO and $ANbO_3$. This material has Nb 4 layer in a single molecule. We also investigated dielectric properties and characteristics and analyzed the compositional dependence behavior of KCANO and HCANO through scanning electron microscopy (SEM), x-ray diffraction (XRD), transmission electron microscope (TEM),and atomic force microscopy (AFM).

P2-G1-71 Optical Maze-like TiO_2 Nanonetworks for Efficient Photo-activated Chemiresistors at Room-temperature

3차원 빛의 미로 구조를 이용한 상온 구동 가능한 고감도 유해 기체 감지 기술

심영석[1*], 조동휘[1], 서준민[2], 장호원[2], 전석우[1]. *[1]한국과학기술원, [2]서울대학교*

One of the top design priorities for achieving the high-performance photo-activated gas sensors based on TiO_2 is to develop the efficient structural platform in terms of the light absorption and active channel to target gas molecules. However, no study has provided fundamental strategies to offer a rational structure for maximizing their optical and chemical performances. Here, a new class of a highly periodic TiO_2 nanoarchitecture, which serves as an optical maze facilitating 47 times enhanced light absorption by confining the incident light in the structure, compared to pristine TiO_2 thin film, is prepared. The key

parameters of the structure are precisely investigated by finite element analysis (FEA) of the unit cells and experimentally verified. In particular, intermediate band states of the fabricated TiO_2 originated from interstitial titanium and oxygen vacancies enable the drastic extension of the photo-activation range to all the visible light range beyond the ultraviolet. Collectively, these attributes lead to ultrahigh response to nitrogen dioxide with detection limits down to parts per trillion levels and power consumption less than 0.8 microwatts.

P2-G1-72 Metal-organic Framework-derived Metal Oxide Nanoparticles@Reduced Graphene Oxide Composites as Cathode Materials for Rechargeable Aluminium-ion Batteries

재충전 가능한 알루미늄-이온 배터리의 음극 재료로서 금속-유기 골격-유래 금속 산화물 나노 입자 @ 감소 된 산화 그래 핀 복합물

Kaiqiang Zhang*. *서울대학교*

The use of metal oxides as electrode materials has seen great success in lithium-ion batteries. However, this type of electrode materials has been regarded as an improper option for rechargeable aluminium-ion batteries (AIBs) in comparison with sulfides and selenides, and has, thus, been nearly abandoned. Here, we demonstrate the suitability of metal oxides as cathode materials of AIBs, exhibiting high electrochemical activities toward Al-ion storage. We designed economical metal-oxide cathodes (Co_3O_4@reduced graphene oxide (rGO), Fe_2O_3@rGO, and $CoFe_2O_4$@rGO) for AIBs. The Co_3O_4@rGO displayed superior electrochemical properties, regarding both capacity and lifespan, to the current state-of-the-art cathode material reported by scientific literature. Furthermore, the $CoFe_2O_4$@rGO exhibits rational electrochemical capacities and an extremely stable charge/discharge process with an excellent Coulombic efficiency of 99.6%. The proposed study expects to stimulate researchers to focus on the overlooked metal oxides as competitive cathode materials for high performance AIBs.

P2-G1-73 Plasma Resistance of SrY_2O_4-CaY_2O_4 Ceramics

SrY_2O_4-CaY_2O_4 계 세라믹스의 내플라즈마 특성

전승규*, 윤상옥, 김신, 조형환. *강릉원주대학교*

반도체 및 LED 산업의 급격한 성장으로 플라즈마 에칭 기술이 많이 활용되면서 내플라즈마 특성이 우수한 재료의 필요성이 커지고 있다. 현재까지는 Al_2O_3를 주로 사용하고 있으나 플라즈마가 고농도화 됨에 따라서 Al_2O_3보다 내플라즈마 특성이 우수한 Y_2O_3가 관심의 대상이 되고 있다. 그러나 Y_2O_3는 치밀한 소결이 어렵고 원료를 수입에 의존하고 있으며 높은 가격으로 인해 사용이 제한적이다. Y_2O_3는 1500°C ~ 2215°C 사이에서 SrO와 반응하여 orthorhombic 구조의 SrY_2O_4가 생성되고 CaO와는 1748°C ~ 2141°C사이에서 반응하여 orthorhombic 구조의 CaY_2O_4가 생성된다. 그러나 CaY_2O_4는 소결 온도가 일반적인 세라믹스 보다 높아 소결이 어렵다.

본 연구에서는 orthorhgkombic 구조를 갖는 SrY_2O_4의 Sr^{2+} 이온 자리에 Ca^{2+} 이온을 치환한 $Sr_{1-x}Ca_xY_2O_4$ ($0 \leq x \leq 0.5$) 세라믹스의 내플라즈마 특성에 대하여 보고한다. 모든 조성은 24.08%가 넘는 높은 선수축률을 나타내었으며, Ca 첨가량에 따라서 기공률은 0.09% ~ 0.35%의 값을 나타내었다. 내플라즈마 특성을 측정한 결과 식각률(μg/cm²*min)은 SrY_2O_4가 18.519로 59.259인 Al_2O_3보다 우수한 값을 나타내고, 14.815인 pure Y_2O_3와는 유사한 값을 나타내었다. Ca 첨가량에 따라서는 12.963 ~ 35.185의 값을 나타내었다.

P2-G1-74 Microwave Dielectric Properties of Na_2O and Y_2O_3-Doped $Ba(Mg_{0.5}W_{0.5})O_3$ Ceramics

Na_2O 및 Y_2O_3 첨가 $Ba(Mg_{0.5}W_{0.5})O_3$ 세라믹스의 마이크로파 유전특성

최대언[1*], 윤상옥[1], 김신[1], 홍창배[2]. *[1]강릉원주대학교, [2]연테크*

휴대전화, 무선 LAN (local area network), GPS (global position satellite) 등에 사용되는 마이크로파 유전체 세라믹스는 무선 통신 산업의 급격한 발달에 따라 많은 연구와 개발이 진행되고 있다. 공진기 및 필터에 사용되는 유전체 세라믹스는 높은 유전상수(ε_r), 높은 품질계수(Qxf_0), 0에 가까운 낮은 공진주파수의 온도계수(τ_f)가 요구되는데, B-site 양이온이 1:1 규칙화 되어있는 복합 perovskite 구조인 $Ba(Mg_{0.5}W_{0.5})O_3$가 ε_r = 16.7, Qxf_0 = 42,000 GHz, τ_f = –33.6 ppm/°C 의 값을 나타낸다고 1997년 Takahashi 등이 보고한 이래 많은 연구가 진행되었다(H. Takahashi, Jpn. J. Appl. Phys. (1997)).

본 연구에서는 $Ba(Mg_{0.5}W_{0.5})O_3$ 의 Ba^{2+}이온 자리에 Na^{+}이온을, Mg^{2+}이온 자리에 Y^{3+}이온을 각각 치환한 $(Ba_{1-x}Na_x)(Mg_{0.5-x}Y_xW_{0.5})O_3$ ($0.01 \leq x \leq 0.05$) 세라믹스의 마이크로파 유전 특성에 대하여 보고한다. 모든 조성은 16.67 ~ 17.6%의 선수축률을 나타내었으며, 매우 치밀한 미세구조를 나타내었다. ε_r은 18.6 ~ 19.2의 값을 나타내어서 x값에 대해서 큰 변화를 나타내지 않았다. Qxf_0는 x가 증가함에 따라서 266,880 GHz (x=0.01 조성)로 매우 높은 값을 나타낸 후 점차 감소하였다. τ_f는 x가 증가함에 따라서 +방향으로 변화하여 –23.1 ppm/°C ~ –17.4 ppm/°C의 값을 나타내었다.

P2-G1-75 Effect of Diffusion Behavior of Interfacial Layer on Adhesion Strength in Bonding Silicon Nitride with Copper

질화규소와 동판의 활성금속 접합시 계면층의 확산거동이 접합강도에 미치는 영향

조인철*, 김종민, 안민우, 김경택. *존인피니티*

활성금속 접합법에서 질화규소와 동판의 접합시 계면층의 확산거동이 접합강도에 미치는 영향을 연구하였다. 활성금속 페이스트중의 Ti원소가 동판 금속과 질화규소 세라믹스와 접합에 큰 영향을 미치며, 질화규소 경계면의 활성금속인 Ti를 함유하는 Ag-Cu 합금을 브레이징재로 하여 동금속판을 질화규소(Si_3N_4) 기판에 접합시 접합강도 및 전단강도 시험결과에서도 Ti 함량이 3 wt%에서 5 wt%가지 증가하다가 10wt%에서는 하락하는 결과를 얻었다. 이는 TiN상이 접합강도를 지배하지만, 소결조제로 이루어진 입계상이 많으면 이 TiN상에 더하여 입계상에 용해된 Si가 입계상을 통하여 확산되고 과잉의 Ti와 반응하여 Ti규화물(Ti_5Si_3)을 형성하며, 열팽창계수 차이에 의하여 Si_3N_4/Ti_5Si_3사이에서의 계면박리가 발생하고, 현저한 접합강도의 저하를 나타내고 있다.

P2-G1-76 Research on UV Photocurable Organic/Inorganic Hybrid Resin for 3D Printing with Improved Mechanical Properties

기계적 물성이 향상된 3D 프린팅용 유/무기 복합 resin에 대한 연구

김보영*, 정과정, 양현승, 박성대, 이우성. *전자부품연구원*

3D printing용 광경화형 고분자 소재의 기계적, 전기적, 열적 성질을 개선하기 위해 강화재로 나노사이즈의 세라믹 입자를 첨가하여 복합하는 연구가 진행되고 있다. 나노 물질들은 각 소재별로 고유의 특성을 갖고 있기 때문에 나노 사이즈의 세라믹 필러를 첨가하면 고성능 복합재료를 만들 수 있다. 광경화형 복합소재를 제조함에 있어서 가장 중요한 것은 고분자 매트릭스 내부에서 세라믹 입자의 분산성이다. 세라믹 입자의 분산성 확보에 따라 3D printing에 이용되는 광경화형 고분자 복합소재 및 최종 결과물의 물성에 큰 차이가

나타난다. 본 연구에서는 기계적 물성을 강화시키고자 세라믹 입자가 분산된 광경화형 고분자 소재를 제조하고자 하였다. 광경화형 고분자 매트릭스 내부에서 세라믹 입자의 분산성을 향상시키기 위하여 표면을 개질하였으며, 표면 개질 공정 변수를 검토하였다. 또한 세라믹 입자가 첨가됨에 따라 나타나는 복합소재의 기계적 물성 및 광경화 거동의 변화를 살펴보았다. 최종적으로 세라믹 입자가 분산된 광경화형 resin을 이용하여 기계적 물성이 향상된 3D printing을 진행하여 전자 / 기계 부품을 제조하였다.

P2-G1-77 Effect of Silica Nanoparticles on Mechanical Properties of Elastomeric Photopolymer for 3D Printing

3D 프린팅용 광경화성 레진내 실리카 나노입자 복합에 따른 기계적 물성 영향 연구

정과정*, 김보영, 양현승, 박성대, 이우성. *전자부품연구원*

Photopolymer-based 3D printing techniques have gained lots of interest for making 3D print model due to their major advantages (i.e. speed and printing resolution). To enhance the mechanical and thermal properties of the photopolymer, various inorganic particles were incorporated to photo-curable resins. In this study, we incorporated silica nanoparticles to improve the mechanical property of photo-curable elastomer. Size-controlled silica nanoparticles were synthesized using the stöber method, and prepared silica nanoparticles were formulated with photo-curable polymers. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) were used to verify the presence of acrylate group. Photo-curing behavior of silica reinforced polymer composites was monitored by photo-DSC. Furthermore, the tensile strength and elongation measurement were performed to reveal the effect of silica fillers on the mechanical properties of 3D-printed structures. Particularly, the incorporation of silica nanoparticle enhanced the tensile strength of photopolymers by 100%.

P2-G1-78 Grain Boundary Characteristics of ZnO-Zn_2BiVO_6 Varistor According to Mn_3O_4 Contents

Mn_3O_4 함량에 따른 ZnO-Zn_2BiVO_6 계 바리스터의 입계 특성

하만진[1*], 남산[2], 홍연우[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *고려대학교*

ZnO 바리스터는 전자세라믹 소자로 내외부에서 각종 전자기기로 유입되는 정전기(ESD)나 과전압 및 서지(surge)를 1 ns 이하로 감지하여 차단함으로써 회로와 소자를 보호하는 역할을 반복적으로 수행하는 기능을 담당한다.

동일한 용도의 TVS 다이오드 등과 시장을 공유하고 있어 제품의 특성을 향상시키는 연구가 계속 진행 중이다.

전자 세라믹스의 다양한 특성 즉, 소결과 미세구조 특성, 물리.화학적 특성, 유전.압전 특성, 기계적·구조적 특성, 전.자기적 특성의 향상을 통하여 보다 안정적이고 고신뢰성의 제품을 개발하고자 새로운 방법 등 이 계속 모색되고 있다.

본 연구진도 ZnO-Zn_2BiVO_6계 세라믹스의 입성장 제어와 소결온도 제어를 통해 전기적 특성의 향상을 도모하고 있다.

본 연구진이 개발한 액상소결조제인 Zn_2BiVO_6를 사용하여 새로운 ZnO 바리스터 조성군을 연구개발 중에 있다. 따라서 본 연구에서는 ZnO에 Zn_2BiVO_6와 소량의 천이금속 산화물을 첨가한 혼합 조성을 기본으로 하여 Mn_3O_4 함량에 따른 전기적 특성과 입계 특성의 변화를 I-V 특성과 Impedance and Modulus Spectroscopy를 중심으로 살펴보았다. 우선 소결체의 전류-전압 특성은 1100ºC에서 소결한 시편은 항복전압(Vn)이 1068 V/mm, 비선형계수(α)가 ~58, 그리고 1200ºC에서는 Vn = 405 V/mm, α ~ 40로서 좋은 바리스터 특성을 나타내었다. 이러한 연구를 통하여 Mn_3O_4 첨가량과 소결온도(1000~1200ºC)에 따른 전기적 특성과 입계특성의 변화를 관찰하여 고성능과 고신뢰성을 갖는 ZnO 바리스터 조성을 개발하고자 하였다.

P2-G1-79 A Model Study on the Atomic Origin of Current Flow through Biomaterials

원자 모델을 통한 생체재료의 전도특성 연구

김한슬*. *한국과학기술정보연구원*

Biomaterials have been commonly known as insulators, but at the same time, there exists growing interests in their conducting properties and application to nanoscale device. In this presentation, we build a toy model for the key parts for charge conduction of biomaterials and observe charge transport characteristics using computational approaches. This model study aims to provide theoretical implications for the conduction properties of biomaterials.

P2-G1-80 Atomistic Perspective of the Electron Transport through a Nanoscale Metal-insulator-metal Junction System

원자수준에서 본 나노수준 금속-절연체-금속 계면 시스템의 전자 수송 특성

김한슬[1*], Ji il Choi[2], Seung Soon Jang[2]. [1] *한국과학기술정보연구원*, [2] *Georgia Institute of Technology*

As the physical size of electronic devices is getting smaller, the fundamental understanding of nanoscale metal-insulator-metal (MIM) junction has become a key knowledge in designing modern electronic devices. Despite of such importance, the atomistic understandings on the charge transport through insulator metal oxide are still lacking. In this presentation, we investigate the charge transport properties of nanoscale MIM junction from theoretical perspectives using Al_2O_3 as an example insulator. Based on a combined approach of density functional theory (DFT) and non-equilibrium Green's function (NEGF) method, we will discuss the effect of key nanoscale variables on charge transport properties through the device. In particular, we will focus on the critical effect of interfacial charge injection through metal-insulator junctions on the operation of the device.

P2-G1-81 Photoluminescence Properties of Non-rare Earth $SrAl_2O_4$: Mn^{4+} Red Phosphor for w-LEDs

백색 LED용 비희토류 $SrAl_2O_4$:Mn^{4+} 적색형광체 합성 및 발광 특성

최병수*, 엄지훈, 이호상, 김도희, 조현. *부산대학교*

The none-rare earth Mn^{4+}-activated $SrAl_2O_4$ red phosphors for white light-emitting diode applications were synthesized by a solid-state reaction process and effects of Mn^{4+} doping concentration and calcination temperature on their photoluminescence properties were studied. XRD analysis showed that the phosphors synthesized at temperatures of 1300-1700°C were mainly consisted of $SrAl_2O_4$ phase and partially coexists with $SrAl_{14}O_{25}$ phase. Under near UV and blue light excitation, the synthesized phosphors showed deep-red emission peaked at ~658.8 nm and ~673 nm due to the $^2T_1 \rightarrow {}^4A_2$ and $^2E \rightarrow {}^4A_2$ transitions of Mn^{4+} ion. PL emission intensity showed a strong dependence on the Mn^{4+} doping concentration and calcination temperature. The 0.5 mol% Mn^{4+}-doped $SrAl_2O_4$ phosphor produced the strongest emission intensity and the optimal calcination temperature was determined to be 1600 °C. DLS and FE-SEM characterization

showed that the 0.5 mol% Mn^{4+}-doped $SrAl_2O_4$ phosphor particles have an irregularly round shape and average size of ~2.64 μm.

P2-G1-82 Chlorine-based Inductively Coupled Plasma Etching of α-Ga_2O_3 Epitaxy Layer

α-Ga_2O_3e pitaxy layer 식각을 위한 염소계 유도 결합 플라즈마 특성연구

엄지훈[1*], 최병수[1], 조현[1], 정대휘[1], 최현웅[1], 전대우[2]. [1]*부산대학교,* [2]*한국세라믹기술원*

Ga_2O_3 has recently attracted much attention as a very promising candidate for high power devices, solar blind UV detectors and UV light emitting diodes due to its larger bandgap energy (4.8-5.3 eV) compared to conventional wide bandgap semiconductor materials such as GaN and SiC. Among the five polymorphs of Ga_2O_3, the rhombohedral α-Ga_2O_3 shows the largest bandgap energy and modulation of its bandgap energy is known to be possible through the ternary system growth with In_2O_3 and Al_2O_3. In this work, anisotropic dry etching of the Hydride Vapor Phase Epitaxy-grown α-Ga_2O_3 epitaxy layer was performed in chlorine-based (Cl_2/Ar and BCl_3/Ar) inductively coupled plasmas and effects of plasma composition, process pressure, ion flux and ion energy on the etch characteristics were examined. Cl_2/Ar ICP discharges produced higher etch rates than BCl_3/Ar mixtures and the highest etch rate of 61.2 nm/min was obtained in 13Cl_2/2Ar ICP discharges.

P2-G1-83 The Dielectric Properties of A-site Modified Strontium Niobate Nanosheets

A-site가 치환 된 스트론튬 나이오베이트 나노시트의 유전특성

임해나[1*], 류소연[1,2], 최지원[1]. [1]*한국과학기술연구원,* [2]*고려대학교*

The dielectric materials, which is one of the important components for capacitors and transistor, is required to be miniaturized, flexible, light, and show high capacitance. However, the dielectric permittivity of commercialized material such as $BaTiO_3$ shows a continuously decreasing tendency as decreasing thickness due to the size-effect. Recently, there are several studies on two-dimensional (2D) nanosheet materials because of their great dielectric properties in nanometer scale. Also, these 2D dielectrics films doesn't required post-annealing because of its single crystalline nature. Here, we synthesis A-site modified strontium niobate nanosheets to enhance their dielectric properties and deposited thin films by Langmuir-Blodgett deposition method. We measured dielectric and electrical properties through in-situ I-V measuring and impedance analyzer. Also, structural properties were characterized by high-resolution transmission electron microscopy (HR-TEM) and atomic force microscopy (AFM).

P2-G1-84 Bi_2Te_3-Based Thermoelectric Energy Harvester and Uni-couple Modular Process

Bi_2Te_3계 열전 에너지 하베스터 및 유니커플 모듈러 프로세스

마희승*, 이재훈, 함성수, 박귀일. *경북대학교*

오늘날 산업 현장은 제품의 생산 및 품질 관리에 있어서 효율적이고 체계적인 공정 시스템을 갖추고 있다. 하지만 공정 중에 막대한 양의 폐 에너지가 생성되고 그 활용에 대한 해결책을 궁리하는 상황에서 현재 열전 소재는 21세기를 이끌어갈 차세대 에너지재료로 주목 받고 있다. 열전 소재는 물질의 상·하부에 온도차를 주었을 때 발생하는 열기전력에 의한 제백효과(Seeback Effect)를 통해 전기를 발생하는 재료이다. 열전 소재를 모듈로 제작함에 있어서 접합 페이스트, 확산 방지막 등 여러 가지 고려할 요소들이 있으며, 이번 연구는 효율적인 모듈러 프로세스를 구축하고 에너지 하베스팅 효과를 확인함에 그 의의가 있다. Bi_2Te_3기반의 열전 소재를 사용하였고, Ag계열의 솔더 페이스트로 소재와 전극기판을 접합하였다. 소재의 확산 방지막으로 Ni 도금 공정을 추가적으로 설계했으며 uni-couple 형태의 열전모듈로 제작하여 온도차에 따른 최대 출력값을 측정하였다.

P2-G1-85 Structural and Electrical Properties of $Sr_2Nb_3O_{10}$ Thin Films Grown by Electrophoretic Method

전기영동법에 의해 증착된 $Sr_2Nb_3O_{10}$ 박막의 구조적 전기적 특성

하주연*, 이웅희, 남산. *고려대학교*

Synthesis of $KSr_2Nb_3O_{10}$ (KSN) ceramic powder without secondary phase can be obtained by the excess of 5 mol% K_2O which can prevent evaporation when sintered at 1350°C. Because it has a pure KSN phase with a large (002) plane, this ceramic powder was used as the precursor to synthesize $Sr_2Nb_3O_{10}^-$ (SNO^-) nanosheets. Homogeneous layered SNO nanosheets using tetrabutylammonium hydroxide solution (TBA) and distilled water for exfoliation process are deposited by electrophoresis on Pt / Ti / SiO_2 / Si substrates. The deposited substrate is then annealed at various temperatures to remove organic defects of TBA^+ and H_2O^+. When the specimen is annealed at higher than 600°C, the Pt electrode becomes unstable and torn off, resulting in degradation of the SNO film. The SNO film annealed at 600°C was obtained good electrical properties: dielectric constant of 70, dielectric loss of 0.017 at 1.0 MHz, leakage current density of 3.59 × 10^{-8} A/cm^2 at 0.2 MV/cm, and a breakdown electric field of 0.25MV/cm.

P2-G3-1 Oxidation and Mechanical Evaluation of C-C Composite in Different Environments

탄소-탄소 복합재의 고온 분위기 변화에 따른 산화시험 및 평가

맹자정[1*], 박수인[1], 배수빈[2], 이형익[2], 이기성[1]. [1]*국민대학교,* [2]*국방과학연구소*

탄소복합재는 내열성과 내충격성이 뛰어난 소재이다. 또한 가벼우면서도 탄성과 강도는 철보다 우수하다. 따라서 고온에서 작동하는 발열체나 단열재의 소재로서 매우 적합하다. 하지만 고온에서 공기 중의 산소와 화학 반응하여 그 성능과 수명이 크게 저하된다는 단점을 가지고 있다. 따라서 내환경 코팅을 통해 탄소복합재의 내산화 안정성을 확보하고, 이에 대한 성능을 시험 및 평가해 볼 필요성이 있다.

본 연구에서는 고온 환경에서 산소와의 접촉으로 인한 탄소복합재의 열적, 기계적 특성 변화를 관찰하기 위하여, Air분위기와 Ar분위기에서 탄소섬유로 강화되고 SiC로 코팅된 탄소 소재 복합재를 시험 및 평가하였다. 1000도, 1350도, 1500도의 고온에서 시험을 통하여 무게 변화를 비교하였으며, 압입시험을 통하여 기계적 거동을 고찰하였다.

P2-G3-2 Study on the Optical Property and Mechanical Property of Yttria-stabilized Zirconia

이트리아 안정화 지르코니아의 광 특성과 기계적 특성에 대한 연구

김부경*, 김도경. *한국과학기술원*

Yttria-stabilized zirconia (YSZ) has been widely used as a dental restorative material due to its excellent mechanical properties.

However, YSZ, which is mainly used as a dental material, is optically opaque and has low temperature degradation (LTD). Recently, as interest in aesthetics increases, translucency similar to real teeth is being emphasized. As a result, there is an increasing demand for full-contour zirconia which improves translucency by introducing a higher content of cubic phase despite the deterioration of mechanical properties. In this study, we investigated optically transparent 8YSZ which is stabilized with cubic phase. In order to improve the optical and mechanical properties, high density must be pre-determined, and therefore, Li_2O is doped to increase the sinterability of 8YSZ. In addition, by doping La_2O_3 and introducing a two-step sintering method, it was intended to improve the mechanical properties by suppressing grain growth of 8YSZ.

P2-G3-3 Study on the Crack-healing Behavior of Mullite/Yb_2SiO_5 Composite Ceramics

Mullite/Yb_2SiO_5 복합재의 균열치유거동 연구

이계원*, 이기성, 김태우. *국민대학교*

최근의 가스터빈은 에너지 효율을 높이기 위하여 1500°C 이상의 높은 작동 온도가 요구된다. 그러나 잦은 기동-정지로 인하여 온도변화가 반복적으로 발생하게 되고, 이로 인하여 부품에 열응력이 발생한다. 이러한 열응력은 가스터빈의 고온 부품에 손상을 초래할 수 있다. 또한 고온의 환경에서 발생하는 수증기나 공기와 접촉하여 화학반응을 일으켜 문제가 발생할 수 있다. 이러한 가스터빈 고온 부품에 내환경코팅층을 적용함으로써 고온 환경에 의한 산화와 부식 그리고 열충격으로부터 보호 할 수 있다. 그러나 온도변화로 인한 열응력이 코팅층에 균열을 유발하여 내환경코팅층의 수명에 영향을 미치게 된다. 이를 해결하기 위해서는 고온의 작동환경에서 내환경코팅층에 적용할 수 있는 균열 자가치유기술이 필요하다.

본 연구에서는 EBC소재로 Mullite 와 Yb_2SiO_5 복합재를 선정하였으며 Yb_2SiO_5의 함유량을 변화시켜가며 복합재 시편을 제작하였으며 시편을 선정하여 균열을 발생시킨 후 고온 실험을 진행하였으며 SEM과 광학현미경을 통한 균열부 분석을 통하여 균열치유거동을 관찰하였다.

P2-G3-4 Fabrication of Silicon Nitride Ceramics with Pressureless Sintering and its Thermal Conductivity Analysis

상압 소결 질화규소의 제작 및 열 전도도 분석

공정훈*, 마호진, 정욱기, 김도경. *한국과학기술원*

Silicon nitride ceramics (Si_3N_4) has excellent properties like great mechanical properties, high chemical stability, outstanding thermal shock resistance and so on. It has been in spotlight in the field of electronic substrate materials. For further intensive application as an admirable ceramic substrate, the mechanical strength and thermal conductivity of Si_3N_4 ceramics should be improved. In this study, the Si_3N_4 was pressureless sintered with various rare-earth oxide additives and its mechanical and thermal properties were investigated. The sintering additive systems consisted of MgO as a fixed additive, Y_2O_3, Yb_2O_3, La_2O_3 as rare-earth oxide additives, and SiO_2 as a non-rare-earth oxide additive, whose properties were evaluated. The pressureless sintered Si_3N_4 ceramics showed excellent mechanical and thermal properties comparable to gas pressure sintering (GPS). Furthermore, the analysis of thermal conductivity has been conducted not only by using the conventional laser flash method but also other approaches related to oxygen defects.

P2-G3-5 Hydrothermal Corrosion Behavior of Various Nitrides in High-temperature Pressurized Water Environment

다양한 질화물 코팅층의 고온, 고압 물 환경에서의 부식

도아랑[1*], 김대종[1], 김원주[1], 박지연[1], 이현근[1], 최헌진[2]. [1] *한국원자력연구원*, [2] *연세대학교*

SiC 복합체는 낮은 중성자 흡수 단면적을 가져 원자력 노심소재로 적합하고, 특히 고온에서 기계적 특성이 우수하고 고온 수증기 환경에서의 높은 부식 저항성으로 인해 지르코늄 합금 재질의 핵연료 피복관을 대체할 수 있는 사고저항성 핵연료(Accident Tolerant Fuel, ATF) 피복관 소재로 고려되고 있다. 그러나 SiC 복합체는 원자로 정상운전 조건인 고온, 고압의 냉각수 환경에서 용해된다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 SiC 복합체 피복관과 부식 환경을 차단하는 내환경코팅(Environmental Barrier Coating, EBC) 기술 개발을 통해 SiC 복합체의 용해 문제를 해결하고자 하였다. 탄화물이나 산화물은 원자로 냉각수 환경에서 매우 빠른 용해 특성이 보이는 반면, 일부 질화물은 용해되지 않고 표면 산화물이 형성되는 것으로 알려져 있다. 또한 질화물 박막은 우수한 내마모성과 높은 융점으로 사고저항성 역시 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 본 실험에서는 arc ion plating법과 sputtering법을 이용해 질화물계 EBC 층을 증착하여 원자로 적용 가능성을 확인하고자 하였다. 원자로 냉각수 환경을 모사한 고온, 고압의 물 환경에서 수화학 부식 시험을 진행했으며, 부식 후 질량 변화와 표면 부식 생성물을 분석하였다. 이를 통해 보호 산화막 형성과 용해현상 발생 여부를 관찰하였으며, 코팅막의 부식 특성을 확인할 수 있었다.

P2-G3-6 Developed TRISO Fuel Particle Coating Technology Using HfO_2

HfO_2 활용한 TRISO 연료 입자 코팅 기술 개발

김도은[1*], 김응선[1], 김대종[1], 이현근[1], 홍순익[2]. [1] *한국원자력연구원*, [2] *충남대학교*

초고온가스로(Very High Temperature Reactor, VHTR)에서 가장 중요한 기술 중 하나인 TRISO 피복입자는 핵분열 시, 핵분열 생성물이 피복입자 밖으로 누출되는 것을 방지하기 위해 저밀도 열분해 탄소(Buffer C), 내부 고밀도 열분해 탄소(IPyC), 탄화규소(SiC), 외부 고밀도 열분해 탄소(OPyC)층의 순으로 구성되어 있다. 유동층 CVD(Fluidized-Bed CVD)의 코팅 가능 영역까지 모의 커널(kernel) ZrO_2를 띄우기 위하여 상온 가시화 실험 장비를 통하여 장입량 및 가스 유량별 높이 평가를 실시하고 그 결과를 바탕으로 0.8 mm TRISO연료 입자를 제조하였다. 기존 실험의 결과를 바탕으로 밀도가 10.97g/cm^{3}인 UO_2와 비슷한 밀도를 가진 HfO_2(9.68 g/cm^3)을 이용하여 상온 가시화 실험을 진행하였다. 또한, spouting식을 활용하여 가스 유량조건을 참조하여 장입량 및 가스 유량에 따른 spouting 높이 평가를 실시하였다. 본 실험에서는 상온에서 진행한 HfO_2높이 평가를 바탕으로 고온 조건하에서 HfO_2을 이용한 TRISO 연료 입자를 제조하여 분석 장비를 통해 미세구조를 확인하고 밀도를 측정하여 특성을 확인하였다.

P2-G3-7 Hydrothermal Corrosion Behaviors of Cr-Al diffused CVD SiC

Cr과 Al이 첨가된 CVD SiC의 부식거동

송희[1*], 이현근[1], 김대종[1], 박지연[1], 김원주[1], 윤순길[2]. [1] *한국원자력연구원*, [2] *충남대학교*

SiC는 고온 기계적 강도가 탁월하고 수소발생을 최소화할 수 있는 재료로써 후쿠시마 원전 사고와 같은 중대사고에서도 물리적, 화학적으로 안정하다. 그러나 SiC 복합체를 경수로의 피복관으로 적용

하기에는 SiC 복합체 특성 데이터는 매우 부족한 상황이며, 경수로 피복관 적용에 있어 기술적인 검증이 요구되고 있다. SiC의 수화학 분위기에서의 부식거동은 기존 금속 피복관에 비해 더 빠르게 진행된다. 본 연구에서는 CrAl 및 Cr, Al 금속원소를 CVD SiC에 확산시켜 SiC의 부식저항성을 높이는 연구를 수행하였다. 물리화학증착법(arc ion plating, sputtering)을 이용하여 금속을 코팅하고 열처리를 통해 금속원소들을 CVD SiC에 확산시켰다. 금속 원소가 확산된 CVD SiC를 오토클레이브를 이용하여 360ºC, 19 MPa 조건에서 가속화된 수화학 부식 실험을 하였다. 깊이분포(depth profile) 분석에 적합한 SIMS 장비를 이용하여 Cr과 Al의 확산 깊이를 확인하였고, SEM과 TEM-EDS를 이용하여 열처리 전후의 표면미세구조 비교와 성분분석을 하였다. 금속 확산과 부식의 영향을 확인하고 TEM-EDS와 XPS를 이용하여 Cr, Al 첨가가 SiC의 수화학 부식거동에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 고찰하였다.

P2-G3-8 The effect of Current on the Densification and Microstructure of Ceramic Materials During Spark Plasma Sintering
통전활성소결에서 전류가 세라믹 재료의 치밀화 및 미세구조에 미치는 영향

진우찬[1*], 조준영[1], 박경희[1], Siyar Muhammad[2], 박찬[1]. [1]*서울대학교,* [2]*National University of Science Technology*

Spark plasma sintering (SPS), which uses both electric current and uniaxial pressure, has been widely used to consolidate various materials with relatively high density and fine grain growth within a very short time compared to conventional sintering methods. A large number of studies on the densification of materials using SPS and the effects of electric current during sintering of metals which have high electrical conductivities have been reported. The effects of electric current during SPS of ceramic materials most of which have lower electrical conductivities than metals, however, are still not fully understood. In this study, the densification and the change of microstructure of ZnO and Aluminium-doped ZnO (AZO), which have different electrical conductivities, were studied by comparing the results of SPS and hot pressing under the same condition except existence of current. And the effects of electrical current on the sintering of ZnO and AZO will be discussed.

P2-G3-9 Development of Ceramic Coating for Reduction of Wear of Main Steel Plate Using Suspension Plasma Spray Method
서스펜션 플라즈마 스프레이법을 이용한 주철계 기판의 마모저감을 위한 세라믹 코팅 개발

홍세영[1,2*], 오윤석[1], 남산[2]. [1]*한국세라믹기술원,* [2]*고려대학교*

브레이크 디스크와 같이 주철계 금속재의 내마모성 저감 연구는 최근의 미세입자에 의한 환경오염 저감의 이슈의 하나로 부각되고 있다. 반복적인 마모거동에 노출되는 금속계 기계부품들의 수명을 향상시키고 부식, 산화, 마모를 방지하여 미세입자 형성을 억제할 수 있도록 마모율이 낮고 적절한 열특성을 갖춘 세라믹코팅이 요구되고 있다. 본 연구에서는 열.기계적특성이 서로 다른 Al_2O_3-TiO_2, YSZ, W2C 등의 코팅조성을 선정하여, 차량용 브레이크 등에 사용되는 주철기판에 내마모코팅으로서 서스펜션 플라즈마 용사법으로 제조하였다. 이때 내마모성 코팅과 기판재간의 부착력 향상과 부식저감 등을 위해 bond coat 코팅을 적용하였고, 조성은 NiCrAlY계 합금을 사용하였다. 내마모성 코팅의 조성에 따른 코팅층의 미세구조를 분석하였으며, 습동면의 마모특성을 ball-on-disk 또는 ring-on-disk 법으로 시험하여 표면 미세구조 및 조성을 분석하고 마모율 수준을 평가하였다.

P2-G3-10 Observation of Surface Behavior of Environmental Barrier Coatings
내산화 실험을 통한 Environmental barrier coating층의 표면거동 관찰

박수민[1*], 오윤석[1], 남산[2]. [1]*한국세라믹기술원,* [2]*고려대학교*

탄화규소(SiC) 기반의 복합체 소재는 고온안정성, 내산화성 등이 우수하여 고효율, 고성능의 재료를 요구하는 항공, 우주 및 방위 산업 등에서 유망한 재료이다. 그러나 고온 습윤 환경에서 취약한 단점을 가지고 있으며, 이에 따라 복합체를 보호하기 위해 환경차폐코팅(EBC, Environmental barrier coating)기술이 연구되고 있다.

본 연구에서는 이터븀실리케이트 (Yb-Si-O) 기지에 열팽창계수의 변화를 기대하여 Gd_2O_3를 추가로 첨가한 복합조성소재를 탑코팅으로 제조하였다. 본드코팅으로는 기재인 SiC와 열팽창계수가 유사한 Si와, 고온안정성에 기여도가 높을것으로 예측되는 HfO_2를 Si에 첨가한 코팅시편을 제조하였다. 코팅 공정은 서스펜션 플라즈마 스프레이 공정을 이용하여 대기용사에 비해 미세한 코팅입자구조를 구현하고자 하였으며, 코팅된 시편들은 1400ºC에서 20시간씩 5회로 총 100시간 동안 고온 수증기 산화분위기에서 내구성 평가를 진행하였다.

P2-G3-11 Detailed Analysis of Actual Piston Shape YSZ/SiO_2 Suspension Plasma Spray Coating
피스톤 실형상 YSZ/SiO_2 서스펜션 플라즈마 스프레이 코팅의 세부분석

전학범[1*], 오윤석[2], 이인환[1]. [1]*고려대학교,* [2]*한국세라믹기술원*

최근 자동차 엔진의 친환경화 및 고성능화를 위한 기술 개발 연구가 활발히 진행되고 있다. 자동차 엔진용 단열 코팅 기술은 열차폐 효과와 행정 사이클동안 연소실 표면의 온도가 높게 유지되는 것을 막는 효과를 통해 자동차 엔진의 열효율을 향상시키고 고성능화를 가능케한다. 이러한 효과를 위해서는 낮은 열전도도 특성과 낮은 열용량 특성이 필요하다. 이와 같은 코팅의 열전도도와 열용량 특성은 코팅의 조성과 미세구조의 영향을 받을 수 있다. 본 연구에서는 YSZ와 SiO_2 복합 조성의 코팅을 서스펜션 플라즈마 스프레이법으로 제조하였으며, 피스톤 실형상에 코팅을 적용하였을 때의 코팅의 미세구조, 표면 형상, 상 형성 구조, 열 특성, 내구성 등을 세부 분석하였다.

P2-G3-12 Enhancement of Mechanical Strength of LAS Ceramics by Optimizing Composition and Composites
조성 최적화와 복합체를 통한 LAS계 세라믹의 기계적 강도 향상

전시진[1*], 김성훈[2], 김종영[2]. [1]*연세대학교,* [2]*한국세라믹기술원*

The LAS(Li_2O-Al_2O_3-SiO_2) system has good thermal shock resistance because of its low thermal expansion coefficient.
But the mechanical strength of LAS ceramics is low to be used as a structural materials such as semiconductor wafer laser dicing equipment which accuracy is required. In this work, we investigated how LAS system composition affects their mechanical strength and tried to find out the optimized matrix composition. We firstly added $CaCO_3$ (3.5 wt%) in LAS powders, atomic ratio of Li:Al:Si was 0.8:1:3.2, as a sintering aids in order to enhance sintering characteristics. Then we added metal oxide to reduce grain size by hindering grain growth and improve the mechanical strength. Powders are synthesized

by solid state reaction. According to XRD analysis β-spodumene phase was formed. Also we synthesized LAS (β-spodumene)-Alumina composites. The alumina was added 85 wt% up to 90 wt% mixed with binder to solve the problem, crack occurs inside sintered body. Resultingly, we obtained a dense sintered body and high flexural strength of LAS-Alumina composites sintered with binder.

P2-G3-13 The Plasma Corrosion Resistance of $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ Glasses Containing CaF_2 with the High Boiling Point Under Fluorocarbon Plasma with Ar^+

플루오로 카본 플라즈마 하에서 높은 boiling point의 CaF_2를 함유하는 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 유리의 내플라즈마 특성

박제원[1*], 나혜인[1], 최성철[2], 김형준[1]. [1] *한국세라믹기술원,* [2] *한양대학교*

Existing polycrystalline ceramic materials (Al_2O_3, Y_2O_3) used in semiconductor etching processes easily cause particle contamination due to unstable particle boundaries and selective erosion at the pores, leading to problems such as reduced productivity due to contaminated particles. In order to replace the polycrystalline plasma material, plasma resistance glass has been studied, which can prevent particle contamination with an amorphous structure and has high resistance to plasma etching. In general, glass compositions with high resistance to hydrofluoric acid or chemicals do not exhibit good plasma resistance properties. That is, glass containing an element capable of forming fluoride compound having a high boiling point in the fluorine radicals in the glass composition is durable against $CF_4/O_2/Ar$ plasma used in semiconductor or display processes. Therefore, in this study, CaF_2-$CaO-Al_2O_3-SiO_2$ glass containing CaF_2 with a high boiling point was prepared and the thermal properties of the glass were measured according to $CaO:CaF_2$ ratio. In addition, after the high-density plasma dry etching using $CF_4/O_2/Ar$ gas, plasma characteristics were evaluated by etching rate, roughness measurement, and microstructure analysis.

P2-G3-14 Characteristics of Nano-sized YAG Powders Fabricated by PVA Polymer Solution Process

PVA 폴리머 공정을 이용한 나노 크기의 YAG 분말제조 및 특성 연구

임현호*, 이상진. *목포대학교*

YAG($Y_3Al_5O_{12}$)는 우수한 크립 저항, 열안정성, 내식성 및 광학적 특성으로 인해 넓은 분야에서 이용되고 있다. Nd, Ce, Er과 같은 희토류 원소로 도핑된 YAG분말은 고에너지의 전자빔에 대한 열안정성과 휘도가 우수하기 때문에 디스플레이용 형광체 및 고체 레이저 발진 재료로 널리 이용되며, 또한 내 플라즈마성이 우수하여 반도체 공정 내 챔버 코팅재로 사용되고 있다. 기존의 YAG 합성법은 yttria와 alumina 분말을 사용하여 고상반응법으로 제조할 시 1600°C 이상의 높은 합성 온도를 요구한다. 최근에 PVA 폴리머 용액법에 의하여 입자크기 제어가 가능할 뿐만 아니라 고상반응법에 비해 낮은 온도에서 합성할 수 있는 YAG 분말 합성방법이 소개되었다. 이 PVA 폴리머 용액법은 건조 후 분쇄 처리가 필요하지 않으므로 공정을 단순화 할 수 있다. 본 연구에서는 PVA 폴리머 용액법을 이용하여 YAG 분말의 입자크기를 조절하여 제조하였다. 폴리머의 첨가량 변화를 통해 전구체의 균질성을 유도하여 최종 합성 분말의 입자크기에 미치는 영향을 고찰하였다. 또한 하소온도 및 열처리 온도에 따른 분말의 입자 크기에 미치는 영향을 고찰하였다. PVA 폴리머의 종류와 첨가량을 조절함으로써 나노 크기의 YAG 분말 합성이 가능하였으며, 합성온도도 1000°C~ 1200°C 범위로 낮출 수 있었다. 또한 합성된 나노 YAG 분말은 상대적으로 우수한 소결성을 보였다.

P2-G3-15 Changes in Particle Shape of Y_2O_3 Slurries with pH and Dispersant Changes of Y_2O_3 Particle Shape in Aqueous Slurries with pH and Dispersant Control

pH와 분산제 첨가에 따른 이트리아 슬러리의 입자형상 변화에 대한 연구

이대선*, 배현준, 이상진. *목포대학교*

이트리아(Y_2O_3)는 2425°C의 매우 높은 용융온도를 가지며, 2325°C까지 단사정 구조로서 상전이가 없기 때문에 1800°C 이상의 고온까지 매우 우수한 화학적 안정성과 내열성을 가지고 있는 매우 유망한 세라믹 소재이다. 이트리아는 이러한 특성으로 고온용 내식성 기판재료, 용융금속의 제트 캐스팅을 위한 노즐재료, 반응성이 매우 높은 금속의 용융을 위한 용기재료 등 광범위한 분야에 널리 사용되고 있다. 이에 따라 이트리아의 치밀한 상압소결이 요구되나, 특별한 소결조제 없이는 1600°C 이하의 온도에서 치밀화가 가능하지 않은 것이 일반적이다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하고자 소결성이 향상된 나노 이트리아 분말을 합성하고, 합성된 분말을 과립화하여 낮은 온도에서 소결하는 공정을 고찰하였다. 과립화 공정 시 사용되는 이트리아 슬러리의 pH 및 분산제양을 조절하여 과립의 입자 모양을 변화시켰으며, 이러한 입자 형상이 소결에 미치는 영향을 고찰하였다. 또한 나노 이트리아 입자의 과립화에 영향을 미치는 여러가지 변수들을 고찰하고, 과립의 성형성과 연관지어 성형밀도를 극대화 시키는 방법을 모색하였다.

P2-G3-16 Fabrication of Cu-AlN, Cu-SiC Composites by Hot Press and Study of Their Physical Properties

Hot-press 소결을 이용한 Cu-AlN, Cu-SiC 복합재료의 제조 및 물리적 성질에 대한 연구

오복현*, 이상진. *목포대학교*

최근 전기·전자소자의 소형화와 고성능화, 고 직접화에 따라 전자기기의 발열량이 증가하게 되고 이때 소재에서 발생되는 열은 기능저하, 주변소자의 오작동, 그리고 기기의 내구성에 영향을 주기 때문에 발생되는 열을 제어하는 기술에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 열전도성이 뛰어난 구리(Cu)를 기지재료로 사용하고 AlN 혹은 SiC를 filler로 사용하여 방열재료로의 사용 가능성을 고찰하였다. 기지재로 사용한 구리는 열전도도는 높으나 열팽창계수가 높아 다른 금속들과 마찬가지로 단일재료로 방열소재에 사용하기 부적합한 문제를 지니고 있다. 따라서 세라믹 재료 중 상대적으로 열전도율이 높으면서 열팽창계수가 낮은 재료를 선택하여 복합화 시킴으로써 높은 열전도도를 유지하며 열팽창계수를 조절하여 고기능 방열재료에 적용될 수 있도록 복합재료를 디자인 하였다. 특히 본 연구에서는 소결성이 뛰어나고 filler 재료의 분산성을 극대화하기 위하여 PVA 폴리머 용액합성법을 사용하여 액상의 구리 졸 용액에 SiC와 AlN을 고상 상태로 첨가하여 금속기지-세라믹필러 복합체를 제조하였다. Cu-AlN 복합체와 Cu-SiC 복합체의 치밀화를 위해 HP소결을 진행하였으며, 복합체의 열팽창계수 및 열전도도 물성 변화를 고찰하였다. 또한 FE-SEM을 통해 미세구조를 관찰 하였으며 HP소결이 미세구조에 미치는 영향 및 잔유기공, filler의 분포가 이들 물성에 미치는 영향을 고찰하였다.

P2-G3-17 Effects of Particle Size, Forming Method, and Firing Temperature on Transparence of Sintered Spherical Silica Powder

입자크기, 성형방법, 소성온도가 구형의 실리카 분말 소결체의 투광성에 미치는 영향

안유경*, 이상진. *목포대학교*

석영 유리는 SiO_2로 이루어져 있으며 불순물이 수 백 ppm 이하인 고순도의 규산을 고온에서 용융하여 제조한 유리로 높은 투과율을 보이며, 열팽창계수가 낮아 우수한 내열성을 갖는다. 흔히 석영유리는 용융석영유리와 합성석영유리 두 가지의 방법으로 제조가 된다. 그러나 각각 비용이 많이 든다는 단점과 제조 중 발생되는 가스로 인하여 부식성 독성, 안전성 측면에서 위험이 있다는 단점이 있다. 실리카 단결정도 투광성을 이용하여 광학소재로 많이 사용되고 있으나, 가공을 통하여 제품이 만들어지므로, 가격 상승의 원인이 될 수 있다. 본 연구에서는 기존의 제조방법이 아닌 실리카 분말 소결에 의하여 투광성이 뛰어난 소재를 만드는 방법을 고찰하였다. 고순도의 다양한 크기의 구형 실리카 분말을 이용하여, 분말의 혼합에 의한 충진밀도 변화, 가압성형, 슬립 캐스팅 등 다양한 성형방법, 그리고 열처리 온도와 유지시간 등을 조절함으로써 소결체의 미세구조를 제어하여 저비용으로 높은 투광성을 보이는 최적의 조건에 대하여 고찰하였다. 99.9% 이상의 순도를 갖는 0.7 mm 크기의 구형 실리카 분말을 낮은 압력으로 가압성형하여 공기 중 1320°C에서 1시간 소결한 결과, 투명한 실리카 소결체가 얻어졌다. 구형 실리카 입자의 규칙적 배열에 의하여, 성형체 내 거대기공의 부재, 소결체 내의 균질한 결정립 크기 등이 상압소결을 통한 투명 실리카 소결체 제조를 가능하게 한 것으로 판단된다.

P2-G3-18 Preparation and Characterization of a Reticulated Porous Kaolin Via Replica Method

개기공 구조 다공성 고령토 폼의 레플리카 법을 이용한 제조 및 특성평가

이수진*, 하장훈, 이종만, 송인혁. *재료연구소*

다공성 소재는 15 ~ 95 % 의 체적이 기공으로 이루어진 재료의 총칭으로, 기존의 치밀한 소재가 갖지 못하는 분리/포집, 경량성, 통기성 등의 특성을 가지고 있기 때문에 치밀한 소재와 더불어 산업적 중요성이 증가되고 있다. 다공성 세라믹스는 다공성 소재가 세라믹스로 이루어져 있을 때, 다공성 소재의 고유의 특성과 세라믹스의 높은 열적 및 화학적 안정성이 더해짐으로써 보다 뛰어난 특성을 얻을 수 있다. 다공성 세라믹스는 기공제어를 통해 다양한 종류로 제조할 수 있는데 다공성 세라믹스의 제조방법은 골격구조 및 기공을 형성하는 방법에 따라 레플리카(replica template) 법, 희생 템플릿(sacrificial template) 법 및 가스를 세라믹 슬러리에 직접 불어넣고 건조와 소결과정을 통해 기공을 형성하는 직접 기공형성(direct foaming) 법으로 크게 3가지로 구분 할 수 있다. 본 연구에서는 레플리카 법을 이용하여 3차원 네트워크 구조를 갖는 개기공 다공성 고령토 폼을 제조하였으며, 세라믹 폼의 높은 기공률 특성상 강도가 낮으므로 폴리우레탄의 기공밀도와 소결온도의 조절을 통하여 다공성 고령토 폼의 강도를 증진시킬 수 있도록 하였다. 이를 통해 폴리우레탄의 기공밀도가 80 PPI(Pore Per Inch) 이며, 소결온도가 1300°C 일 때, 약 0.5 MPa 의 압축강도 값을 갖는 다공성 고령토 폼을 제조하였다. 기공 크기 분포는 수은 함침법을 이용한 mercury porosimetry (Autopore Ⅳ Serise, Micromeritics, U.S.A)를 이용하여 측정하였으며, 미세 구조는 주사전자현미경(JSM-6610 LV, Jeol, Japan)을 사용하여 관찰하고, 마이크로 X-ray 컴퓨터 단층촬영 (μ-CT, XTH-160, Nikon, Japen) 기술을 이용하여 제조된 고령토 폼의 기공구조를 분석하였다.

P2-G3-19 Fabrication and Evaluation of YAS Frit-coated Ceramics for Semiconductor Etching process

반도체 식각공정용 YAS계 프릿 코팅 세라믹스 제조 및 평가

박의근*, 이현권. *금오공과대학교*

반도체 공정에서 3D 반도체 및 10nm 이하의 소자제작이 요구됨에 따라 고밀도의 플라즈마를 활용하여 진행된다. 플라즈마 식각공정하에 장시간 노출되는 부품들은 내구성이 떨어져 식각장비의 수명을 낮추는 문제점이 발생하거나 소재의 입자탈락에 의한 공정상의 오염을 야기시킨다. 이를 위해 내플라즈마성이 우수한 소재 및 새로운 코팅방법에 대한 연구개발이 광범위하게 이루어지고 있다. 용융코팅법을 이용하여 YAS계 프릿을 알루미나 모재위에 코팅함으로써 Y_2O_3의 내플라즈마성에 버금가는 코팅층을 제조하고, 플라즈마 식각조건에 따른 내플라즈마특성을 파악하고자 하였다. 실험은 내플라즈마성 YAS(Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2)계 프릿을 제조하고, 소결 알루미나 세라믹스 표면에 YAS계 코팅층을 형성하였다. 제조된 YAS계 코팅층을 플라즈마 식각조건에 따라 측정 및 비교함으로써 YAS계 프릿 코팅 세라믹스의 내플라즈마 특성을 평가하고 분석하고자 하였다.

P2-G3-20 The Synthesis of Compound Aerogel with Controlling of Sol-gel Reaction Rate and the Study of Pore Structure

졸-겔 반응조절을 통한 화합물 에어로겔 형성 및 기공구조 연구

정해누리*, 김태희, 김영훈, 박형호. *연세대학교*

Aerogel is one of ultralight material, consist of nanometer sized pores inside of material. And individual nanometer sized particles are connected to form a networking structure. With numerous nanometer sized pores, aerogel has unique properties. For example, low thermal conductivity, low density, large surface area and large pore volume. Based on the outstanding properties, silica aerogel research has been conducted. In this study, the synthesis of compound aerogel of titania and silica conducted for improving pore structure of titania aerogel. As compared with silica aerogel, titania aerogel is hard to synthesize and controlling of reaction parameter is difficult. And the resulted surface area of titania aerogel is lower than surface area of silica aerogel. In this study, by decreasing of sol-gel reaction speed difference and getting uniform sol, silica-titania compound aerogel was obtained without a phase separation. And the comparison study between silica-titania compound aerogel and titania aerogel was carried out.

Acknowledgement: This Work was Supported by the Human Resources Development Program (No. 20174030201720) of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) Grant Funded by the Korea Government Ministry of Trade, Industry and Energy.

P2-G3-21 Characterization of Nonstick Ceramic Coatings Employed in Fry Pans

후라이팬에 적용된 넌스틱 세라믹코팅의 특성조사

하정수*, 신명섭, 이국형, 강태원, 표진솔, 최영훈, 박기동, 김아현, 허수빈, 박민석, 손익수. *안동대학교*

후라이팬 제품은 대부분 불소수지(Polytetrafluoroethylene; PTFE) 코팅이 되어있다. 열과 부식에 강하고 마찰력이 매우 작은 물질이어서 조리 시 음식물이 눌어붙지 않고 세척도 간편하여 후라이팬 코팅제로 가장 적합하다고 볼 수 있다. 하지만 2005년 미국 환경청은 불소수지를 만들기 위한 보조제로 쓰이는 과불화옥탄산(Perfluoro-

octanoic acid; PFOA) 물질이 발암 가능성이 크다고 공식 발표하였다. 불소수지 후라이팬의 이런 문제에 대한 대안으로 세라믹코팅 후라이팬 제품이 등장하였다. 본 연구에서는 세라믹코팅 후라이팬 제품 2가지에 대해 코팅층의 결정상, 미세구조, 화학성분을 XRD, SEM, EDS를 이용하여 조사하였다. 또한, 물과 식용유에 대한 적심각 측정을 통해 넌스틱 성능과 표면패턴의 유무에 따른 차이를 조사하였고 이를 불소수지 코팅 제품과 비교하였다.

P2-G3-22 Thermo-physical Properties of UO_2-Mo Fuel Pellets under the Temperature Gradients

몰리브데늄 금속 배열 UO_2 핵연료 소결체의 온도 구배 열물성 평가 연구

김동석*, 김동주, 양재호, 김건식, 김종헌, 윤지해. *한국원자력연구원*

Through the decades of developments of nuclear fuel pellets, many of efforts have been focused on increasing the economic efficiency of the LWR power generation such as, increasing the fuel discharged burnup, extending the fuel cycle, and up-rating the maximum power. However, in the wake of Fukushima accident, it becomes more important recently, and well-known that the current LWR fuel should be tolerable to severe accidents to mitigate their consequence with maintaining the performances.

In this study, in order to develop fuel pellets one step furthermore in the perspective of the normal operation and accident condition, the cracking behavior of the fuel pellets is investigated. During the initial rise to power, the thermal stresses caused by the large radial temperature gradient of the pellets, leads to crack into pieces. This relocation and restructuring might affect to the claddings (PCMI) by possible locally focused contacts. Also, cracking of the UO_2 pellets will effectively reduce its thermal conductivity and the cracking increases the probability of fission gas release by diffusion and direct and recoil release. It is expected to confirm the reduced in cracking behavior of the Mo metal aligned UO_2 fuel pellets by reduction in the centerline temperature and the presence of of metallic materials in the matrix.

P2-G3-23 Fabrication of Microporous Glassy Carbon from Furfuryl Alcohol Resin

프리프릴 알코올 수지를 이용한 미세 다공성 유리질 탄소의 제조

이지수[1*], 신동욱[1], 김대종[2], 박지연[2], 김원주[2]. *[1]한양대학교, [2]한국원자력연구원*

탄화규소(SiC) 소재는 중성자 조사환경에서도 우수한 열적, 화학적 안전성을 가지고 있고, 고온 기계적 특성이 우수하여 사고 저항성이 높기 때문에 탄화규소 복합체를 원자력 구조 소재로 대체할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 제조공정 과정에서 SiC에 포함되어 있는 잔류 C, Si는 중성자 조사 환경에서 복합체의 내열 특성을 저하시키고 부식을 가속화 시키는 단점으로 인해, 사용에 제약을 받는다. 현재의 반응소결된 SiC는 치밀한 구조를 가지는 유리질 탄소를 기반으로 제조되기 때문에, 열분해 공정 동안 수축으로 인한 균열 발생, SiC 형성시 많은 잔류 C 및 Si가 발생하는 문제점이 있다. 잔류 C 및 Si는 열분해 과정 중에 생성되는 유리질 탄소의 기공의 크기가 클 경우 발생하게 된다. 본 연구에서는 잔류 C 및 Si를 발생을 줄이기 위해서 프리프릴 알코올 수지를 원료물질로 하고 기공의 형성을 조장하는 분산제를 혼입하여 미세 다공성 유리질 탄소를 제조하였다. 다공성 유리질 탄소 제조에 필요한 분산제의 혼입 비율, 열분해 공정 조건에 따른 탄소 프리폼의 기공률과 기공의 분포를 분석하였다.

P2-G3-24 Viscoelastic Properties of Flame Retardant Epoxy with Inorganic Flame Retardnat by Curing Condition

무기난연제가 첨가된 난연성 에폭시의 경화 조건에 따른 점탄성 분석

문소윤*, 손경우, 임형미. *한국세라믹기술원*

에폭시 수지는 접착성, 내열성, 전기절연성, 내부식성 등이 우수하여 접착제, 전기/전자용 절연재, 고기능 복합체의 매트릭스, 구조용 재료 등으로 산업 전반에 걸쳐 다양하게 사용되고 있다. 그러나 난연성이 취약한 단점이 있어 건축자재 및 전기 부품 등의 응용에는 제한이 있다. 무기난연제는 경제적이고 친환경적인 소재로, 무기난연제를 첨가하여 에폭시 수지에 난연 처리를 하는 방법은 간편하게 에폭시 수지의 난연성을 향상시킬 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 무기난연제 첨가를 통해 난연성을 갖는 에폭시를 제조하고 그 특성을 평가하였다. 제조된 난연성 에폭시의 열적 특성 (LOI, UL94, TGA 등) 평가를 진행하였고, 수지의 경화 조건 및 경화에 따른 물성 변화를 확인하기 위해 유변물성, DMA (동적기계분석) 등을 진행하였다.

P2-G3-25 Development of Functional Traditional Roofing Materials with Ceramic Composite Materials

세라믹 복합 고분자 신소재를 적용한 기능성 전통 지붕재의 개발

채수빈*, 송석균. *(재)철원플라즈마산업기술연구원*

건축물의 내외장재 소재 개발은 변화하는 외부환경에 따라 고 기능성으로 발전하고 있다.

지진에 취약한 고 중량의 외장재는 건축물의 안정성을 떨어트리며, 구조형식과 더불어 주요한 변수로 작용한다. 전통적인 형태의 기와가 적용된 건축물은 지붕재의 하중으로 야기된 지진 취약성이 타 건축물에 비하여 높은 편이다. 향상된 기능과 경량성 확보를 위하여 기존 사용되었던 전통적인 기와 제작의 형태를 벗어나 세라믹복합 고분자소재의 기능성 지붕재를 개발하였다. 기존 지붕재를 대체하고 태양광 발전을 위하여 방열, 난연, 강도 향상 기술을 개발하고, 제작 및 시공의 용이성을 중점으로 설계 개발하였다. 강도가 강한 고분자 PA6(Polyamide)를 기반으로 방열 및 난연을 위한 세라믹 소재를 융합하여 컴파운딩 하였으며, 추가적인 강도를 위한 Glass fiber, 난/불연을 위한 자기소화성 소재인 인계 첨가물과 무독성 무기계 $Mg(OH)_2$를 첨가하여 개발하였다. 세라믹 분체 첨가에 따른 목표 물성을 확보하기 위하여 배합비율의 최적화를 연구하였다. 금형 사출을 통하여 제작된 기와는 기존 전통 기와 대비 40%이상의 중량감소를 확인하였으며, 열전도도 측정으로 수평 17 W/mK, 수직 5 W/mK 이상의 열전도도 성능을 확인하였다. 또한 난연 테스트를 통하여 준불연2급 수준의 지붕재를 개발하였다.

P2-G3-26 Effect of Sintering Atmosphere on Sintering Behaviors of Y_2O_3 Ceramics

소결 분위기에 따른 Y_2O_3 세라믹스의 소결 거동

이도윤*, 김기도, 이정아, 허영우, 이준형, 김정주. *경북대학교*

Y_2O_3 세라믹스는 우수한 열전도도와 화학적 안정성, 낮은 phonon energy 그리고 플라즈마에 대한 내식각성을 바탕으로 solid-state laser materials, chuck in dry etching equipment, bulb envelopes 등으로 많이 활용되어지고 있다. 특히, 높은 투과도, 넓은 영역(280 nm-80 μm)에서의 투과성을 바탕으로 IR-window, 플라즈마 장비 윈도우 그리고 missile dome 등의 투명 세라믹스로 각광받고 있다.

분위기 소결은 다양한 세라믹스의 완전 치밀화하는데 있어 대표적인 방법으로 보고되었다. Coble 등에 의해 보고된 바에 따르면, 알루미나 계에서 O_2 그리고 H_2 분위기 소결은 효과적이라고 보고되었다. 입계내에서 확산가능한 O_2 가스의 이온이나 H_2 분자는 기공을 제거하는데 매우 효과적이라고 알려졌다. 뿐만 아니라 O_2에서 N_2로 분위기를 변환하는 것 역시 기공을 제거하는데 효과적이라고 알려졌다. 이는 가스 분압차에 의한 것으로 보고되었다.

Y_2O_3 세라믹스에서도 분위기 소결에 대한 연구가 진행되어졌다. 다른 세라믹스와 마찬가지로 O_2, H_2 분위기에서는 치밀화가 잘 된다고 보고되어졌다. 반면, 본 연구에서는 O_2에서 N_2로의 분위기를 변화하는 소결에서는 Y_2O_3 세라믹스가 치밀화가 잘 되지 못하는 것을 확인하였다. 이는 Y_2O_3의 non-stoichiometry에 의한 것으로 고려된다. 이에 따라 O_2-N_2로 분위기를 변화시킨 시편들의 미세구조를 분석하였고 분위에기에 따른 XPS 분석을 통해 non-stoichiometry의 변화 또한 관찰하였다.

P2-G3-27 Fabrication and Characteristics of Sintered Lunar Regolith Simulant by Microwave Sintering

마이크로파 소결에 의한 인공월면토 소결체 제조 및 특성 분석

김영재*, 유병현, 신휴성. *한국건설기술연구원*

현재 우주 개발 선진국들은 심우주 탐사와 인류의 달, 화성 정착을 목표로 하고 있으며, 이를 지원하기 위해서는 극한의 우주 환경에서 탐사에 사용되는 장비와 우주인을 보호하기 위한 서식지 및 기반 시설의 건설이 필요하다. 하지만 건설 재료를 지구에서 달까지 운송하기 위해서는 막대한 시간과 비용이 소모되므로 달 현지 자원을 활용한 건설 기술의 개발이 필수적이다. 현지 자원인 달의 표토(월면토)를 이용한 건설 재료 제조 기술이 개발되고 있으며, 월면토를 고형화 하기 위한 방법으로 태양열, 마이크로파, 레이저, 스파크 플라즈마 소결 방법 등이 제안되고 있다. 본 연구에서는 달의 표토를 모사한 인공월면토(KLS-1)를 이용하여 마이크로파(2.45 GHz) 가열을 통해 인공월면토 소결체를 제조하였으며, 소결 온도 변화에 따른 미세구조, 밀도, 기공률 등의 변화를 살펴보았다. 또한 인공월면토 소결체의 압축 강도를 측정하여 건설재료로서의 활용 가능성을 평가한 연구 결과를 소개하고자 한다.

P2-G3-28 Fabrication of Plasma Resistivity Yttrium Oxyfluoride for Semiconductor Process and Mechanical Properties

반도체공정용 내플라즈마성 YOF 제조와 기계적 물성

이채언*, 김하늘. *재료연구소*

반도체 공정에서 에칭공정은 주요한 공정이다. 특히 플라즈마 에칭법이 주로 도입되며 현재 소자의 성능향상을 위해 기존의 회로보다 선폭은 좁고 깊이는 깊게 식각하는 3D 패터닝이 필요하다. 3D 패터닝을 위해서는 고출력 플라즈마로 식각해야한다. 하지만 고출력의 플라즈마가 웨이퍼뿐만 아니라 주변 부재 또한 식각시키는 것이 이슈이다. 이로 인해, 최근 장비 내부에 웨이퍼를 제외한 높은 밀도의 플라즈마에 노출되는 부재에 내플라즈마성(Plasma resistivity)이 높은 Y_2O_3가 주로 사용되고 있다. 하지만 Y_2O_3 또한 플라즈마 가스에 의해 YF3, YOF 등과 같은 고상 불순물이 생성되며 그 불순물이 웨이퍼 불량을 야기시킨다. 따라서, 본 연구에서는 Y_2O_3에 비해 플라즈마 환경에서 안정적으로 보고된 YOF 소결체를 제조함이 목적이다. 상용 YOF 분말, $ZrO(CH_3COO)_2$를 소결조제로 선정하고 그에 따른 소결체를 제조하였다. 소결은 Ar분위기에서 1200~1500ºC 실시하였으며, 소결조제는 YOF을 기준 Zr 1~5 at.%를 첨가하여 소결체의 특성평가를 진행하였다.

P2-G3-29 DLP 3d Printing According to Photoinitiator Content and Exposure Time Using Alumina Slurry

DLP 3D 프린팅 방식의 알루미나 성형체 출력 및 광개시제 함량과 노광시간의 영향

김경민[1*], 정현덕[1], 백수현[1], 한윤수[1], 김영도[2], 류성수[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *한양대학교*

본 연구에서는 알루미나 (Al_2O_3)를 이용한 3D 프린팅 공정에 미치는 인쇄 조건의 영향에 대해 연구하였다. Al_2O_3 분말을 모노머(1,6-hexanediol diacrylate, HDDA 및 광개시제 (phenylbis (2,4,6-trim ethylbenzoyl) phosphine oxide)와 혼합하여 3D 프린팅을 위한 광경화 슬러리를 수득 하였다. 슬러리의 최적 고형분 함량은 점도측정 결과에 따라 결정하였다. Digital Light Processing (DLP) 3D 프린터를 사용하여 서로 다른 광개시제 함량과 UV 노출 시간으로 Al_2O_3의 출력물을 제조 하였다. 출력물을 580ºC에서 탈지한 뒤 1400, 1500, 1600ºC의 서로 다른 온도에서 소결 하고 치수 변화를 버니어 캘리버스를 이용하여 측정하였다. 소결체의 단면 미세 구조는 주사전자현미경을 사용하여 관찰하였고 밀도와 경도 값을 측정하였다. 인쇄 조건과 성형체의 특성을 비교한 결과 0.5 wt %의 광개시제 함량을 가지는 슬러리를 0.8 s의 노광시간으로 인쇄한 경우 치수정밀도가 가장 높고 결함이 가장 적었다. 1600ºC에서 소결한 경우 소결체의 상대밀도와 경도가 상용 알루미나 제품에 가까운 결과물을 얻을 수 있었다.

P2-G3-30 Effect of YSZ on the Properties of AlN with MCAS Glass-Y_2O_3 Additives

YSZ가 MCAS glass-Y_2O_3 첨가제를 가진 AlN의 물성에 미치는 영향

백수현[1*], 김경민[1], 정현덕[1], 김영도[2], 류성수[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *한양대학교*

AlN의 열전도도는 170 W/mK로서 다른 세라믹 기판 재료들에 비해 높지만 굽힘 강도는 400 MPa로 비교적 낮은 값을 갖는다. 일반적으로 재료의 강도는 기공을 제거하고 더 작은 입자를 형성시켜 개선 할 수 있다. 그러나, 입자 크기를 감소 시키면 소결 된 재료의 열전도성이 감소된다. 따라서, 높은 열전도성 및 우수한 기계적 특성을 갖는 세라믹 기판을 제조하는 새로운 제조 기술이 요구된다. 본 연구의 주요 목표는 높은 굽힘 강도와 높은 열전도도를 가진 AlN 세라믹의 제조이다. AlN 세라믹은 MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2 (MCAS glass), Y_2O_3 및 yttria-stabilized zirconia (YSZ) 첨가제로 1600ºC에서 1 시간 동안 무가압 소결되었다. MCAS glass는 녹는점이 낮아 저온에서의 AlN의 액상 소결을 위한 첨가제로서 사용되었고 Y_2O_3, YSZ는 각각 열전도도와 기계적 강도를 향상 시키기 위해 첨가제로 사용되었다. 소결된 AlN의 열전도도와 굽힘 강도를 평가하였고, 그 결과 열전도도는 약 110 W/mK, 굽힘 강도는 약 640 MPa의 값을 보였다.

P2-G3-31 A Study on the Mechanical Properties of Alumina Cutting Tool by DLP-Based 3D Printing

DLP 기반 3D 프린팅에 의한 알루미나 절삭 공구의 기계적 물성 연구

이현빈*, 김경민, 류성수, 한윤수. *한국세라믹기술원*

첨단 세라믹 공구 개발에 있어, 소재의 개선 뿐 아니라 설계의 자유도 제공은 공구의 성능을 향상시키는데 매우 중요하다. 하지만, 공구 설계는 다이 프레스 성형법에 의해 제한되는 요소가 커서, 혁신적인 첨단 공구가 개발되기 어렵다. 세라믹 3D 프린팅을 이용하면, 첨단 공구 개발을 위한 프로토타입 샘플 제작이 용이하고, 복잡형상 공구제품 제작이 가능하다. 또한, 소량 다품종이 특징인 공구 산

업의 니즈를 잘 반영하여 탄력적 양산 대응이 가능하다. 본 연구에서는 Digital Light Process (DLP)를 이용하여,세라믹 공구의 하나인 알루미나 인서트를 제조하였다. 알루미나 인서트는 높은 소결밀도를 요구하므로, 기공 및 균열이 억제되는 공정 조건을 탐색하였다. 공정 변수로는 광개시제 함량, 노광시간, 유지시간, 필름 투과도, 고형분 함량을 선택하였으며, 세라믹 인서트의 기계적 물성을 확인하기 위하여 파괴 강도 및 인성을 측정하였다.

P2-G3-32 Properties of Porous Carbon Crucibles for High Purity Aluminum Nitride Powder

고순도 비산화물 세라믹 분말제조를 위한 다공성 카본 도가니의 특성평가

정재훈[1*], 이경진[1], 강양구[2], 황해진[1]. *[1]인하대학교, [2](주)코멕스카본*

카본소재는 고압, 산성에 내성이 강하며 이러한 내산화성 및 내부식성을 이용하여 다양한 분야에서 사용되고 있다. 특히 비산화물 세라믹 분말 제조 시에 카본소재의 도가니가 사용된다. 이중 질화 알루미늄(AlN) 제조시에 카본소재 도가니로 반응기체(N_2)가 확산이 이루어지면서 카본소재 도가니 내부의 알루미늄 분말과 반응하여 제조되는데 이때 알루미늄 원료와 반응기체(N_2) 간의 통기율은 제조되는 질화 알루미늄(AlN)분말의 수율에 영향을 받는다. 본 연구에서는 이를 개선하고자 카본 소재의 도가니를 다공성으로 제작하여 공정 효율을 높이고자 하였다. 카본 도가니는 구형화 기술이 적용된 페놀수지 분말을 사용하여 제작되었으며 사용된 페놀 구형수지의 입도 및 제조된 카본소재의 소결 전과 후의 압축강도, ICP, 기공률 등의 분석을 진행하였다. 그 결과, 제조된 다공성 카본소재의 기공률 측정 결과 30% 이상 내재하며 탄소함량 분석결과 99.9% 이상의 고순도로 측정되었다. 또한, SEM을 활용하여 구상 페놀수지의 입자와 다공성 카본소재의 표면 및 단면을 관찰하여 기공의 균일성을 확인하고 강도와의 연관성을 분석하였으며 이에 대한 개선방안을 도출하였다.

P2-G3-33 Status of Development of High Thermal Conductive UO_2 Fuel Pellet as Accident Tolerant Fuel

열전도도 향상 사고저항성 핵연료 소결체 기술 개발 현황

김동주*, 김동석, 양재호, 김건식, 김종헌, 윤지해, 김현길. *한국원자력연구원*

한국원자력연구원(Korea Atomic Energy Research Institute)은 사고저항성 핵연료(Accident Tolerant Fuel, ATF) 기술 개발의 일환으로 열전도도 향상 핵연료 소결체를 개발하고 있다. 열전도도 향상 핵연료 소결체는 UO_2 핵연료 소결체의 열전도도를 향상시킴으로써, 경수로(Light Water Reactor)의 정상운전 및 과도/사고조건에서의 핵연료 성능 및 안전성을 획기적으로 개선시키는 개념이다. 핵연료 소결체 열전도도를 향상시킴으로써, 핵분열 생성물의 움직임(Diffusivity/Mobility)을 늦추고 핵연료 내 온도 및 온도구배를 저감시켜 열응력을 완화시킬 수 있다. 또한 온도가 낮아진 핵연료는 축적에너지(Stored energy)가 감소되어 핵연료 안전 여유도를 크게 증가 시킬 수 있다. 열전도도 향상 핵연료 소결체는 UO_2를 기반으로 하며, 금속 미소셀(Microcell) 및 금속 미소판(Microplate) 등의 다양한 개념 및 형태로 개발이 진행 중이다. 본 발표에서는 활발하게 진행 중인 열전도도 향상 사고저항성 핵연료 소결체 기술 개발 현황을 소개하고자 한다.

P2-G3-34 Effect of Sintering Additive on Microstructure and Mechanical Properties of Silicon Nitride

소결조제가 질화규소의 미세구조 및 기계적특성에 미치는 영향

조용현[1*], 박주석[1], 이성갑[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]경상대학교*

Recently, interest and demand for aerospace industry, lightweight materials and extreme environmental materials are increasing worldwide. In the field of ceramics, active research is being conducted on various materials. Silicon nitride is evaluated as an excellent material because of its high mechanical strength and relatively low density. In particular, silicon nitride can be improved in properties through the type and content of the sintering additive.

In this study, the effects of sintering additive on the mechanical strength and microstructure of silicon nitride were investigated. Silicon nitride was fabricated in a nitrogen atmosphere with variations in sintering additive content and sintering temperature. To characterize the silicon nitride, density, hardness, fracture toughness, 3-point bending strength, morphology and x-ray diffraction (XRD) were employed.

P2-G3-35 Effect of Yttrium Nitrate Addition on Densification Behaviors of Y_2O_3 Ceramics During Cold Sintering Process

Cold sintering process 중 yttrium nitrate 첨가량에 따른 Y_2O_3 치밀화 거동 분석

이도윤*, 김도겸, 이정아, 허영우, 이준형, 김정주. *경북대학교*

Y_2O_3 세라믹스는 우수한 열전도도와 화학적 안정성, 낮은 phonon energy 그리고 플라즈마에 대한 내식각성을 바탕으로 solid-state laser materials, chuck in dry etching equipment, bulb envelopes 등으로 많이 활용되어지고 있다. 특히, 높은 투과도, 넓은 영역(280 nm-80 μm)에서의 투과성을 바탕으로 IR-window, 플라즈마 장비 윈도우 그리고 missile dome 등의 투명 세라믹스로 각광받고 있다.

Y_2O_3 세라믹스는 높은 융점 (2430°C)으로 인해 난소결성 물질로 알려져 있으며, 치밀화를 위해서는 hot isostatic pressing, hot-pressing, spark plasma sintering, vacuum sintering, atmosphere sintering 등의 고온(>1600°C), 고압 그리고 진공과 같은 가혹한 분위기에서 소결을 해야 하는 것으로 알려져 있다. Y_2O_3의 높은 소결온도를 낮추기 위해 Zn^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Ti^{4+} 등의 도펀트를 첨가하거나, two-step 소결을 하는 등의 다양한 시도들이 보고되었다.

최근 Guo 등은 저온 액상 소결 공정인 cold sintering process (CSP)를 제시하였으며, 이 공정은 일축 프레스 하에서 물을 용매로 이용하는 방법으로 보고되었다. CSP는 현저히 낮은 온도에서 세라믹스를 치밀화 시킬 수 있을 뿐만 아니라, 잠재적으로 에너지 절약 그리고 ceramics-polymers 복합체 같은 높은 소결 온도에서 조합될 수 없었던 물질들의 새로운 조합이 가능하다는 점에서 혁신적인 방법으로 보고되었다. 이러한 이점들을 바탕으로 CSP는 ceramics, polymers, microwave dielectrics, ferroelectrics, refractories, semiconductors, thermoelectrics, battery electrolytes, capacitors 등 다양한 분야에서 많이 연구되고 있다.

Y_2O_3의 경우는 물에 대한 용해도가 거의 없는 안정한 물질로 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서는 CSP에 사용되는 용액으로 증류수 및 yttrium nitrate ($Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$) 수용액을 사용하였다. 또한, yttrium nitrate 첨가량에 따른 시편의 상발달 과정 및 열처리 온도에 따른 무게 감량 거동을 조사하였고 각 공정에 따른 미세구조 변화 및 치밀화 과정 또한 관찰하였다

P2-G3-36 Spark Plasma Sintering Characteristics and Etching Surface Analysis of WC and W_2C

WC, W_2C의 Spark plasma Sintering특성 및 에칭표면 분석

오규상[1,2*], 이성민[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교*

본 연구에서는 불소계 플라즈마에 대해 Si와 SiC소재와 비교하여 WC, W_2C의 내식성에 대해서 고찰하였다. WC, W분말을 SPS (Spark Plasma Sintering)조건 변화를 통해 98% 이상 밀도조건을 가지는 WC, W_2C 소결체를 제조하였다. 제조된 WC, W_2C시편과 W, SiC시편의 불소계 플라즈마 에칭에 따른 표면 변화를 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy)분석을 통해 플라즈마 에칭에 따른 식각 표면의 탄소-불소 중합체층이 존재하여 이에 따른 내식성에 대해 고찰하였다.

P2-G3-37 Study of Fabrication and Characteristics of Porous Ceramic Fillter for Removal of VOCs

압출방법을 이용한 VOCs 제거용 세라믹 다공성 담체제조 및 특성 연구

박태민[1*], 이동길[1], 임현호[1], 박가연[1], 김명중[2], 이상진[1]. *[1]목포대학교, [2](주)아이비메터리얼스*

VOCs(휘발성 유기화합물)은 대기 중에서 질소화합물과 공존하며 햇빛을 받으면 광화학반응을 일으켜 오존 및 팬(PAN:퍼옥시아세틸나이트레이트) 등 광화학 물질을 생성시켜 광화학 스모그를 유발하는 물질이다. 뿐만 아 니라 발암성 독성 화합물질이며 악취를 일으킨다. VOCs 제거 방법에는 흡착법, 응축법, 흡수법, 막분리법 등의 회수 기술과 열 소각법, 촉매소각법, UV-산화법, 생물막법 등이 있다. 본 연구에서는 VOCs를 제거하는 설비에 들어가는 새로운 세라믹 로터용 담체 제조와 이에 적합한 촉매제를 적용하여 VOCs 제거 거동을 고찰하였다. 기공율 55% 이상과 VOCs 제거 설비에 사용될 수 있게 적절한 강도를 갖는 담체 제조를 목적으로, 종래의 세라믹 페이퍼(Ceramic paper)를 대체할 수 있는 고 내구성의 소재를 이용하여 압출성형을 이용하여 담체를 제조하였다. 또한 β-제오라이트를 촉매로 코팅 후, VOCs 제거 능력을 향상시킬 수 있는 방안을 고찰하였다.

P2-G3-38 Fabrication of High Purity Silica Powder for Silicon Ingot Growing Crucible by Hot Chlorination Process

실리콘 잉곳 성장 도가니 제조용 초고순도 실리카 분말의 염화 정제 기술

김종호*. *포항산업과학연구원*

반도체용 실리콘 잉곳은 석영 도가니에 고순도 실리콘을 용융하여 단결정 성장법에 의해서 제조된다. 이때 사용하는 석영 도가니는 초고순도 실리카 분말을 용융하여 제조하는 것이 일반적이며 불순물의 함량이 극히 제한된 분말을 사용한다. 불순물의 함량이 낮은 실리카 분말을 제조하기 위해서는 소수의 제한된 규석광을 사용할 수 있으며 분쇄, 선광, 산세정, 염화처리의 고순도화 공정을 거치게 된다. 특히 반도체 실리콘 잉곳을 제조하기 위해서는 불순물을 극한으로 낮출 필요가 있어 고온 염화처리 공정의 개발이 필수이다. 고온에서 염소계열의 기체처리를 하게 되면 알칼리 계열의 금속과 철분의 함량을 낮추는 효과가 있어 극한의 순도를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 해외 고품질의 광석 제품을 수급하였으며 염화처리를 통해 불순물의 제거 거동을 파악하고자 하였다. 염소 가스 처리 공정에서 핵심 인자인 가스 유량, 처리 온도, 가스 조성에 따른 연구를 실시하였으며 최적의 공정 조건을 도출하고자 하였다. 최종적으로 해외 독점기업에서 생산하는 품질의 초고순도 실리카 분말을 제조할 수 있었다. 향후 이러한 초고순도 실리카 분말은 석영 도가니 및 석영 모재 제조에 적용하는 경우 석영 소재의 국산화에 기여할 것으로 기대된다.

P2-G3-39 Development of Solid Type Ceramic Joining Tools for High Heat Resistance Automotive parts

고내열 자동차 부품 가공용 솔리드타입 세라믹 접합 공구 개발

정우영[1*], 김태경[1], 유승을[1], 이승준[2]. *[1]자동차부품연구원, [2]챔프다이아*

본 연구에서는 고강성 고내열 자동차부품 가공을 위한 솔리드 타입 세라믹 접합공구를 개발하였다. 솔리드 타입 세라믹 접합공구 개발을 위해 세라믹, 초경 간 접합기술과 접합 솔리드 공구형상 가공을 위한 정밀연삭 기술을 연구하였다. 세라믹과 초경 접합을 위해 브레이징 페이스트 접합을 이용하였고, 접합강도 향상을 위해 레이저 표면처리와 최적의 필러메탈 선정을 위한 접합강도 평가를 진행하였다. 또한 앞서 진행된 연구를 통해 제작한 접합 솔리드의 공구형상 가공을 위하여 가공 시뮬레이션 진행과 최적 공구 선정을 진행하였다.

세라믹 접합 공구의 절삭성능 검증하기 위해 테스트 컷팅을 진행하였고, 공구형상의 이상 유무, 칩 처리성능, 절삭 온도 및 burr 발생 여부 확인을 통하여 최적가공조건 선정과 공구성능 검증을 진행하였다.

P2-G3-40 Hot Corrosion Behavior of Yb-Gd-Y-Zr Based Thermal Barrier Coatings Against $Na_2SO_4 + V_2O_5$

$Na_2SO_4 + V_2O_5$에 저항하는 Yb-Gd-Y-Zr 기반 열차폐 코팅의 고온 부식 거동

김준성[1*], 송도원[2], 송태섭[2], 백운규[2], Lyu Guanlin[1], 편장혁[1], 양승철[1], 정연길[1]. *[1]창원대학교, [2]한양대학교*

가스터빈 고온부품에 적용되는 열차폐 코팅은 운전 중 외부 물질에 의한 고온 부식을 경험할 수 있으며, 이는 고온부품에 심각한 손상을 초래하여 수명을 단축시키는 요인 중 하나로 작용한다. 따라서, 본 연구에서는 차세대 열차폐 코팅으로 제시되고 있는 Yb-Gd-Y-Zr 기반 열차폐 코팅의 고온 부식 거동을 $Na_2SO_4 + V_2O_5$ 용융염을 사용하여 700°C 및 1100°C에서 관찰하였다. 각 온도별 부식 시험에서 700°C의 경우, V_2O_5는 Yb-Gd-Y-Zr와 반응하여 부식 반응물을 형성하였지만, Na_2SO_4와는 충분히 반응하지 않아 표면에서 사방정계 Na_2SO_4이 잔존하였으며, 1100°C에서는 두 용융염이 모두 반응되었다. 한편, 고온 부식에 의해 정방정 ZrO_2는 단사정 ZrO_2로 상 변화되었으며, 주된 부식 반응물은 Yb와 Gd를 포함하고 있는 정방정계 YVO_4이었다. 또한, 스플랫(splat) 내의 결정(1차 결정입자: primary crystal) 측면은 용융염에 의해 침식되었으며, 측면 주위에 성장된 YVO_4부식물과 결정 자체의 성장으로 인해 기존의 기공 및 미세 결함들이 줄어드는 현상이 관찰되었다. 이를 통해, 차세대 열차폐 코팅으로 고려되고 있는 Yb-Gd-Y-Zr기반 열차폐 코팅에 대한 고온 부식 거동과 반응 기구를 제시하였다.

P2-G3-41 Improved Perfomance through Process Control of Three-component Systrem Addition UO_2 Fuel Physical Property Evaluation

3성분계 소결첨가제의 공정제어를 통한 성능개선 UO_2 핵연료 물성 평가

김정범[1*], 이종현[1], 이승재[2], 임광영[2], 나연수[2], 정태식[2], 주민제[2]. *[1]충남대학교, [2]한전원자력연료*

원자로 가동 중 노내에서 UO_2 핵연료는 중성자 조사에 의하여 핵분열 가스 생성 및 열팽창에 의해 스웰링(Sweilling) 현상이 발생하여, Zr 합금 피복관과 접촉을 하면서 피복관 내부에 응력이 증가되어 국부적으로 형성된 이차상이 파괴되는 Pellet Cladding Interaction (PCI) 현상이 발생 될 수 있다. 이러한 PCI 현상은 핵연료봉 파괴 가

능성이 높아져 핵연료 건전성 문제를 야기할 수 있기 때문에 UO_2 핵연료의 핵분열 가스 억제 능력과 변형률의 증가를 통하여 응력 집중 현상을 완화시키기 위한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 3성분계 소결첨가제의 조성, 비율, 함량을 변화시켜 기존 UO_2 핵연료보다 큰 결정립과 고온변형률이 3배 이상 증가되었으며, 기존 상용 핵연료와 동등한 수준의 열물성 결과를 나타내었다. 개발된 UO_2 핵연료는 기존의 상용 핵연료 보다 안정성을 향상시켜 고연소도 장주기를 기대할 수 있다.

P2-G3-42 Cr-nitride Film for Accident Tolerant Fuel Claddings
핵연료 피복관 고온 내산화성을 향상을 위한 금속질화물 박막특성 분석

박정환*, 박동준, 정양일, 이영호, 최병권, 김일현, 김종열, 김현길. *한국원자력연구원*

후쿠시마 원전사고 이후 세계적으로 원자력발전소의 안정성을 향상 시키고자 많은 노력을 하고 있다. 특히 핵연료재료 분야에서 핵연료를 외부로부터 보호하는 핵연료피복관의 안정성, 즉 사고상황에서 수증기와의 반응을 억제하고 산화에 의한 수소발생을 차단하기 위한 연구가 활발히 이루어 지고 있다. Mo, SiC, FeCrAl 등 내산화성이 우수한 물질을 핵연료 피복관으로 사용하고자 하는 사고저항성 핵연료피복관의 개발 컨셉이 제안되었다. 그러나, 후보 물질들의 높은 중성자 흡수 단면적으로 인해 중성자 경제성이 낮아지고, 발전소의 발전시스템 자체를 재설계해야 하는 등 기술적 문제점이 있다. 그러므로 내산화성 물질을 기존 지르코늄 표면에 코팅하여 사고 시 안정성을 향상시키는 연구가 제안되었으며, 핵연료 피복관의 표면 코팅 기술들이 주목 받고 있다. 본 연구에서는 접착력이 우수한 것으로 알려진 음극 아크 이온 플레이팅 코팅공정을 적용하여 질화물 박막을 핵연료 피복관 표면에 코팅하고 사고 저항성 강화 핵연료 피복관의 특성을 분석하기 위해 Cr 질화물 박막의 접합력, 내마모성, 고온산화 특성을 분석하고자 한다.

P2-G3-43 Effect of Composition of Electrospinning Solution on Morphology of Ceramic Nanofibrous Filter Media

무하마드 안와르*, 이종만, 하장훈, 송인혁. *재료연구소*

Flexible ceramic nanofibers have recently attracted much attention due to potential applications for air/water filter media. In our previous work, flexible ceramic nanofibers were developed based on (1) sol-gel process, (2) electrospinning, and (3) calcination. Herein, we aimed to vary the composition of electrospinning solution so as to control the morphology of ceramic nanofibers. For example, the fiber diameter can determine the specific surface area, pore size, and rejection rate (%) of ceramic nanofibrous filters. The details will be explained in this presentation.

P2-G3-44 Effect of Ni Content on the TiC-Ni Composite Prepared by Carburization of Ti-Ni Alloy
Ti-Ni 합금에 대한 탄화를 통해 제조된 TiC-Ni 복합체에 대한 Ni 함량의 영향

권한중*, 서창열. *한국지질자원연구원*

Ti-Ni에 대한 탄화 과정 시 TiC-Ni 복합체가 형성될 수 있으며 이렇게 형성된 복합체는 TiC라는 세라믹스와 Ni이라는 금속 상이 균일하고 미세하게 혼합되어 있어 향상된 물성을 갖는다. 복합체 형성 과정과 제조된 복합체의 미세조직 및 기계적 물성에 대한 Ni 함량의 영향을 조사하기 위해 다양한 조성의 Ti-Ni 합금을 제조하고 이에 대한 탄화 과정을 통해 여러 조성의 TiC-Ni 복합체를 제조하였다. 제조된 TiC-Ni 복합체에 대한 관찰 및 평가를 통해 가장 최적의 물성을 갖는 복합체를 선정하고자 하였으며 선정된 복합체는 기존 다른 방식을 통해 제조된 TiC-Ni 복합체와 비교 평가되었다.

P2-G3-45 Microstructure and Mechanical Properties of Cr–Ni–N Coatings Deposited by HiPIMS
고인성 Cr-Ni-N 코팅막의 미세구조 및 기계적 특성 연구

신정호[1*], 김도형[2], 정윤철[1], 김광호[3]. *[1](재)대구기계부품연구원, [2]한국생산기술연구원, [3]부산대학교*

Cr–Ni–N coatings, the Ni content of which was altered from 0 to 6.3 at-%, were deposited by a hybrid coating system consisting of high power impulse magnetron sputtering and radio frequency magnetron sputtering. The effects of Ni addition to Cr–N coatings on the microstructure and mechanical properties of the coatings were investigated in this study. The instrumental analysis revealed that the Ni element was incorporated into Cr–N crystals as solid solutions, while excess Ni was precipitated as nanocrystalline phases at the Cr–N grain boundaries. The toughness of the Cr–Ni–N coatings was significantly improved with Ni content increased. In addition, the hardness of the coatings slightly increased from 30.4 to 32.6 GPa due to the grain refinement effect and solid solution hardening. From the tribological tests, the highest wear resistance was obtained from the sample having a Ni content of 2.7 at-%.

P2-G5-1 Mesoporous Silica Nanoparticles for Biomedical Applications
생의학 응용을 위한 메조 포러스 실리카 나노 입자

박성범[1*], Md Shahjahan Kabir Chowdury[2], SeungHyun Park[3], Won Hyung Ryu[3], Yong-il Park[2]. *[1]동국대학교, [2]금오공과대학교, [3]연세대학교*

There have been increasing interests in mesoporous silica especially in the field of controlled drug delivery. It is increasingly important to control the degree of bioactivity and rate of biodegradation of such mesoporous silica. In this study, in order to use in intraocular drug delivery system, paramagnetic mesoporous nanoparticles having SPION (superparamagnetic iron oxide nanoparticle) cores were fabricated by coating SPION nanoparticles with the silica precursor sol (TEOS, Tetraethylorthosilicate). The performance of the mesoporous silica nanoparticles as drug delivery carrier and intraocular drug delivery efficiency of the fabricated magnetic nanoparticles were evaluated.

P2-G5-2 TiO_2 Nanowire Target Plate based on LDI-TOF Mass Spectrometry for Quantitative Analysis of Small Biomolecules
저분자량 생체분자의 정량분석을 위한 LDI-TOF 질량분석 기반 TiO_2 나노선 플레이트

윤태경*, 박종민, 노주윤, 김문주, 김태헌, 변재철. *연세대학교*

MALDI-TOF mass spectrometry has various advantages compared to other analytical methods including easy sample preparation, sensitive detection (< fmol), and a wide detection range up to 500 kDa. However, MALDI-TOF MS has a limitation with respect to quantitative analysis as well as in analysis of low molecular weight compounds due to intense chemical noise (background) from the organic matrix. In this study, we fabricated TiO_2 nanowire target plate for MALDI-TOF MS to eliminate matrix noise, and to detect small

biomolecules. TiO_2 nanowires were synthesized by wet corrosion process. SEM and TEM measurements revealed the morphology of nanowires. The crystal structure was determined by XRD and Raman spectrometry. The feasibility of detecting small molecules by TiO_2 nanowire chip was demonstrated with various biomolecules. Quantitative analysis of glycine, arginine, glutamic acid, proline was carried out and limit of detection was 10 pM for glycine, arginine, glutamic acid, and 100 pM for proline.

P2-G5-3 Top-down Processed TiO_2 Nanowire Target Plate for Peptide Sequencing using LDI-TOF Mass Spectrometry

LDI-TOF 질량분석기를 통한 펩타이드의 서열분석을 위한 Top-down 공정 기반 TiO_2 나노선 플레이트

윤태경*, 박종민, 노주윤, 김문주, 봉지홍, 변재철. *연세대학교*

Peptides are small proteins, usually comprising fewer than 40 amino acids, and peptide sequencing refers to the determination of amino acid sequence from the N- to C-terminals. Peptide sequencing in mass spectrometry generally followed through tandem mass spectrometry with the collision-induced dissociation (CID) process, which uses accelerated noble gases for fragmentation. However, peptide sequencing through CID process has limitation due to the expensive instrument. In this study, TiO_2 nanowire target plate synthesized through wet corrosion process were presented for peptide sequencing by photocatalytic reaction. The peptide sample was dropped on a target plate containing synthesized TiO_2 nanowire zones and UV-irradiated. Subsequently, the target plate was analyzed by LDI-TOF mass spectrometry using the synthesized TiO_2 nanowires as a solid matrix. The feasibility of peptide sequencing based on the photocatalytic decomposition with the synthesized TiO_2 nanowires was demonstrated using six types of peptides including three different peptides with the same molecular weight.

P2-G5-4 Sensitive Chemiluminescence Lateral Flow Immunoassay using Platinum Nanoparticles with Peroxidase Activity

백금 나노입자를 이용한 고감도 화학발광 임뮤노어세이 키트 개발

박종민*, 변재철. *연세대학교*

The lateral flow immunoassay (LF-immunoassay) has been widely used for point-of-care (POC) tests during medical diagnosis. During capillary flow through the test strip, the colored signal bands are produced by antigen-antibody interactions. Recently, highly sensitive strip tests with fluorescent and chemiluminescent signal bands have been reported by using an antibody labeled with an enzyme called horseradish peroxidase (HRP). However, HRP is known to be sensitive to the reaction temperature and storage conditions. In this work, thermostable Pt nanoparticles were developed for the chemiluminescence reaction with luminol. The Pt nanoparticles were synthesized by citrate reduction method, and the peroxidase activity of Pt nanoparticles was optimized by adjusting reaction conditions. The peroxidase activity was estimated by using Michaelis-Menten kinetics model with TMB as a chromogenic substrate. The kinetics parameters of K_M and V_{max} were calculated and compared with horseradish peroxidase (HRP). The thermal stability of the Pt nanoparticles was compared with horseradish peroxidase (HRP) according to the storage temperature and long-term storage period. The feasibility of lateral flow immunoassay with a chemiluminescent signal band was demonstrated by the detection of human chorionic gonadotropin (hCG) as a model analyte, and the sensitivity was determined to be improved by as much as 1000-fold compared to the conventional rapid test based on colored gold-colloids.

P2-G5-5 Diagnosis of Sepsis by Quantitative Analysis of Lysophosphatidylcholine using MALDI-TOF MS based on Parylene-Matrix Chip

Lysophosphatidylcholine의 정량적 말디톱 질량분석을 이용한 패혈증의 진단

박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철. *연세대학교*

Lysophosphatidylcholine (LPC) 16:0 has been known to be produced by the action of proinflammatory phospholipase A2 on phosphatidylcholine (PC). LPC is known to stimulate monocytes, macrophages, and T lymphocytes, and it also stimulates neutrophils to destroy ingested bacteria by increasing the production of hydrogen peroxide. In sepsis patients, the deactivation of neutrophils is known to occur, and they are unable to produce adequate hydrogen peroxide to kill bacteria. The concentration of LPC in serum is known to be lower in sepsis patients patients compared with that of healthy controls. Typical diagnosis methods including LC-MS/MS and immunoassays have been reported to have a sensitivity and selectivity in the range of 55–90%. The analysis time has been reported to be > 4 min for LC-MS/MS and > 2 h for immunoassays.

In this work, MALDI-TOF MS based on a parylene-matrix chip was used for the quantitative analysis of LPC 16:0 for medical diagnosis of sepsis. In the first step, MALDI-TOF mass spectra of sepsis patient sera were compared with healthy controls to determine the significantly different mass peaks that can be used as biomarkers of sepsis. The selected mass peaks were identified to represent LPC 16:0 according to LC-MS/MS analysis. Finally, MALDI-TOF MS based on the parylene-matrix chip was applied to the medical diagnosis of sepsis by using patient sera from those with severe sepsis, septic shock, or pneumonia as well as healthy sera.

P2-G5-6 Simultaneous Analysis of Multiple Cancer Biomarker using MALDI-TOF MS based on Parylene-Matrix Chip

파릴렌 매트릭스 칩 기반 말디톱 질량분석을 이용한 암 바이오마커의 동시 정량 분석

박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철. *연세대학교*

The parylene-matrix chip was recently developed for the quantitative analysis of molecules smaller than 1 kDa. In this study, matrix-assisted laser desorption/ionization-time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) based on the parylene-matrix chip was performed to clinically diagnose intrahepatic cholangiocarcinoma (IHCC) and colorectal cancer (CRC). The parylene-matrix chip was applied for the detection of small cancer biomarkers including N-methyl-2-pyridone-5-carboxamide (2PY), glutamine, lysophosphatidylcholine (LPC) 16:0, and LPC 18:0. Water-soluble metabolite markers of IHCC, 2PY, and glutamine in serum were extracted using methanol , and water-insoluble metabolite markers of CRC, LPC 16:0, and LPC 18:0 were extracted using Bligh-Dyer method. The feasibility of MALDI-TOF MS based on the parylene-matrix chip was confirmed via analysis of spot-to-spot and shot-to-shot reproducibility. Cancer biomarkers after extraction were quantified using the parylene-matrix

chip. For clinical diagnosis of IHCC and CRC, based on cutoff values of 2PY and glutamine, and LPC 16:0 and LPC 18:0, a mixture of biomarkers was analyzed quantitatively using the parylene-matrix chip. Finally, glutamine and LPC 16:0 were simultaneously detected at a range of concentrations in sera from colon cancer patients using the parylene-matrix chip.

P2-G5-7 Quantitative Carbapenem Susceptibility Test using MALDI-TOF MS based on Parylene-Matrix Chip

파릴렌 매트릭스 칩 기반 말디톱 질량분석을 이용한 정량적 카바페넴 내성검사

박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철. *연세대학교*

Carbapenem is the strongest β-lactam antibiotics and acts as inhibitors of the enzymes that catalyze formation of peptidoglycan in the cell wall of bacteria. Recently, the emergence of carbapenem-resistant bacteria seriously threatens this class of lifesaving drugs. Therefore, rapid detection of carbapenemase-producing enterobacteriaceae (CPE) is very important to prevent spread of these strains. Carbapenemase is an important enzyme that are produced by CPE and catalyze the hydrolysis of carbapenem. Typically, MALDI-TOF MS is not appropriate for small molecule analysis because organic matrices make a lot of noise at low m/z range. Parylene-matrix chip was developed for reduce matrix noise, and used to analyze small molecules. Recently, the Parylene-matrix chip has been used for analysis of penicillin-resistant bacteria. The applicability of the Parylene-matrix chip was demonstrated in a quantitative β-lactamase assay that required the quantification of penicillin (m/z: $[PEN+H]^+$ = 335.1 and $[PEN+Na]^+$ = 357.8), as well as its hydrolyzed product, penicilloic acid (m/z : $[PA+H]^+$ = 353.1). In this study, the Parylene-matrix chip was used in the carbapenemase assay. The assay measured the hydrolysis of 4 carbapenems such as doripenem, ertapenem, imipenem, and meropenem into their hydrolyzed form. Finally, MALDI-TOF MS based carbapenem susceptibility test was carried out with different 60 isolates using Parylene-matrix chip.

P2-G5-8 Fabrication of Color – Gradient Zirconia Ceramics with High Transmittancy using DLP Technique

고투광성의 경사기능형 색조 변화를 가지는 지르코니아 세라믹의 제조를 위한 광경화 기반 3D 프린팅 기술

김규남*, 김종현, 맹우열, 최규빈, 조현석, 고영학. *고려대학교*

3D 프린팅 기술의 발전과 가능성이 대두됨에 따라 다양한 분야에서의 개발이 이루어지고 있다. 이 기술은 복잡 형상을 신속하고 정밀하게 구현할 수 있으며, 최근 들어 다양한 프린팅 기술의 등장 및 연구는 치아 실영상의 정밀 제작에 있어서 급격한 발전을 보이고 있다. 그 중에서 DLP (Digital Light Processing) 3D 프린팅 기술은 광경화성 소재를 사용하여 빠르고 정밀한 형상 구현을 할 수 있는 이점을 가진다.

본 연구는 기존에 확립된 세라믹 슬러리 조성과 소결체 생성에 관한 기술을 바탕으로 인간의 치아의 색조를 모방하는 공정을 다루고 있다. 기존의 인공 치아는 하나의 색상으로만 제조되어 치아와 대조해 보았을 때 색조의 차이로 인해 상대적으로 인위적이고 심미성이 떨어지는 모습을 보인다. 하지만, 새로운 3D 프린팅 기법을 통하여 인체의 치아를 모방한 gradient한 색조의 지르코니아 인공 치아의 제조가 가능해졌다. 본 실험에서는 실제 디자인과 동일한 구조체의 제조를 위해 서로 다른 두 지르코니아 슬러리를 정량 토출 하였고, 이들을 균일하게 혼합하였다. 그 후, tape-casting 공정을 통한 도포와 더불어 UV curing을 통해 층마다 성분 및 색조가 다른 gradient한 구조를 제조하였다. 본 실험에서는 위들의 과정을 거치며 여러 가지의 다른 경사를 보이는 지르코니아 구조체를 제조하였다. 그 후, 확립된 광경화, 탈지, 소결 조건을 통하여 높은 물성과 심미성을 가지는 color-gradient 지르코니아 소결체를 얻어내었다.

그렇기에 본 실험은 새로운 3d printing 기법을 사용하여 색상의 변화를 디자인과 같이 균일하게 혼합한 경사 기능형의 프린팅 기술을 제안하고, 이를 바탕으로 향후 실영상과 동일한 인공 치아의 개발 및 여러 3D 프린팅을 통한 경사기능형 구조물 제조의 초석이 되고자 한다.

P2-G5-9 In Situ Photo-curing 3D Plotting of Freeze-cast Ceramic Feedrod for Hierarchical Porous Structure

다공성 계층 구조를 가지는 동결주조 세라믹 피드라드의 광경화 3D 플라팅 기술

맹우열*, 고영학, 이정빈. *고려대학교*

오늘날 적층(AM; Additive Manufacturing) 기반의 3D 프린팅 기술이 급속도로 발전되고 있으며, 점차 세라믹 분야로의 저변이 확대되고 있다. 그 중 노즐에서 압출되어 나오는 필라멘트를 적층하는 3D 세라믹 플라팅 기술은 용매치환법을 이용한 필라멘트의 고형화 유도의 방식이 주를 이루고 있으나, 이는 고형화 속도를 빠르게 유도하기에는 한계가 존재하기 때문에 3차원의 정밀한 형상구현이 어렵다. 본 연구에서는, 빠른 광중합 방법을 기반으로 지지체 없이 3차원 형상을 유지시키고 플랫폼의 이동을 보다 자유롭게 움직일 수 있는 한 단계 진보된 플라팅 기술을 제시하고, 이와 더불어 필라멘트 내의 기공구조를 세라믹 슬러리의 조성을 제어함으로써 3차원의 매크로 기공구조 뿐만 아니라 마이크로 기공률을 정밀하게 제어할 수 있는 독창적인 자유형상 제조 기술을 소개하고자 한다. 더욱 자세히는 세라믹 슬러리 제조시 기공제를 첨가하여 압출된 필라멘트를 이용해 3차원 형태를 제조하고, 제조된 3차원 성형체는 동결건조를 통한 승화, 고온에서의 탈지 및 소결과정을 거쳐 최종적으로 다공성 구조를 가지는 세라믹 소결체를 제조할 수 있으며, 시편의 미세구조 및 기공율, 기계적 강도를 측정을 통해 디자인된 매크로/마이크로 다공성 소결체의 제조기술을 확립함으로써 향후 그 기능이 요구되는 디자인에 따라 3차원 복잡형상 구조물 제조에 응용이 되는 기초기술을 제시하고자 한다.

P2-G5-10 Fabrication of Frozen Ceramic Feedrods for Microporous Hollow Tubular Ceramic Structures using Photocuring–assisted 3D Plotting

광경화기반 3D 플라팅 기술을 이용한 microporous hollow filament를 가진 ceramic scaffold 제조

전종원*, 맹우열, 최규빈, 고영학. *고려대학교*

Ceramic scaffolds are made using several techniques. The AM technique is easy to make various shapes of ceramic scaffolds. and in-situ photocuring-assisted 3D plotting technique is a technique of making ceramic scaffolds through photocuring, which enables printing of complex shapes. In the previous paper, the manufacture of ceramic scaffolds using the in-situ photocuring-assisted 3D plotting technique was discussed. In this study, we fabricated a core shell structure porous ceramic scaffold using in-situ photocuring-assisted 3D plotting technique. Camphene was added to the ceramic paste as a porogen. At the center, a carbon black serving as a core was added to create a porous core-shell feedrod. This feedrod was extruded to

fabricate a core shell structure porous ceramic filament and scaffold. The prepared scaffold was sintered at 1250 temperature, and the internal structure was confirmed by SEM.

P2-G5-11 Fabrication and Characterization of Porous Hydroxyapatite Scaffolds with Structural and Mechanical Properties Similar to Cancellous Bone Using Porogen

해면골의 구조적 및 기계적 특성과 유사한 다공성 수산화아파타이트 지지체 제조 및 특성평가

김태림*, 이치승, 윤석영. *부산대학교*

Porous hydroxyapatite (HA) scaffolds containing various pore sizes and shapes were fabricated by the freeze-gel casting method using a tertiary-butyl alcohol (TBA) based slurry. The slurry consisted of HA powder and different amounts of polymethyl methacrylate (PMMA) powder (0, 30, and 60 vol%) as a porogen. After sintering, interconnected pillar-shaped macropore and micropore channels were formed by removal of the PMMA powder and TBA solvent. The manufactured porous HA scaffolds exhibited porosity of 55%, 62%, and 87%, respectively, and compressive strength of 5.8 MPa, 2.7 MPa, and 3.4 MPa, respectively. In comparison to previous studies, porosity and compressive strength were not in precise inverse proportion to each other. To discuss the result of the present study, the crystal structures of the HA scaffolds were measured with an X-ray diffraction analyzer, whereas the inner cross sections of the scaffolds were analyzed via scanning electron microscopy. Pore analysis was conducted with a microcomputed tomography (micro-CT) imaging system and CT software. Results showed that the relationship between porosity and compressive strength was affected by pore size, shape, and distribution. It was also confirmed that the porosity, pore size, and compressive strength could be regulated by controlling the added amount of the porogen. Furthermore, it was demonstrated that the HA scaffolds produced in the present study were similar in structure and properties to natural cancellous bone. This suggests that porous HA scaffolds with PMMA could be utilized as an alternative to autogenous bone for tissue engineering as an artificial bone scaffold.

P2-G5-12 Tailoring Porous Structures of Ceramic Scaffolds for High Mechanical Properties using Digital Light Processing

Digital Light Processing을 이용해 높은 압축강도를 갖는 porous ceramic scaffold 제조

이지원*, 고영학. *고려대학교*

Porous ceramic scaffolds have been used for bone scaffolds owing to its biocompatibility and interconnectd pore structure for tissue ingrowth. However, the porous scaffolds have a lower mechanical strength than natural bones, so it leads to unexpected destruction.

In this study, we fabricated the gyroid structures which have elongated pores by digital light processing (DLP) process to improve the compressive strength. The ceramic slurry is composed of CaP as the ceramic powder, monomer, dispersant, photo-initiator, and diluent. Our lab already presented the photocurable ceramic slurry using solid camphor as novel diluent for conventional DLP process. According to this study, we use the camphor to make the slurry which has low viscosity.

P2-G5-13 Effect of Formation of Electrolytic Plasma Oxidation Coating on Magnesium Alloy Surface According to the Amount of Chitosan in Electrolyte Solution

전해용액에 포함된 키토산의 양에 따른 마그네슘 합금 표면의 전해 플라즈마산화 코팅층 형성의 영향

김민수[1*], 우진주[1], 김원웅[2], 구본흔[1*]. [1] *창원대학교*, [2] *우수용사공업(주)*

최근 노령인구의 증가, 건강에 대한 관심증가에 따라 실버 의료산업이 급격히 성장하고 있다. 특히 노년기의 낙상사고로 인한 골절 환자의 60%는 정상적인 보행이 불가능 할 정도로 후유증이 심하다. 이러한 문제의 해결책으로 생체재료의 필요성이 점점 증가하고 있다. 티타늄은 우수한 생체 적합성으로 임플란트 재료로 많이 사용되고 있지만 높은 비용과 뼈 대비 높은 영률로 인한 문제점이 있다. 이를 대체할 재료로 마그네슘합금이 주목받고 있다. 마그네슘 합금은 티타늄과 마찬가지로 생체 적합성이 우수하고 뼈와 비슷한 영률을 가지고 있다. 하지만 부식으로 인한 내식성 문제가 있어 이를 해결하기 위해 다양한 표면 처리법이 연구되고 있다.

본 연구는 전해플라즈마 산화공정으로 만들어진 큰 특징인 다공성을 응용하여 생체임플란트에 적용하기 위해 수행되었다. 공정은 전해용액 속에서 모재(AZ31)에 고전압(DC/AC 200 V~300 V)을 인가하여 15분간 진행하였으며, 전해액 성분으로는 $NaSiO_3$ (15 g/l), Na_2SiF_6 (0.3 g/l), NaOH (3 g/l)와 키토산(0 g~8 g/l)를 사용하였다.

형성된 산화막층의 특성은 SEM, XRD를 통해 미세구조 및 형상을 분석하였고 코팅층의 미세경도 측정을 하였으며, 사람의 혈장과 비슷한 성분인 SBF용액 내에서 부식테스트를 통해 생체내에서의 부식특성을 평가하였다.

P2-G5-14 Production and Characterization of Highly Transmittant and Mechanically Optimal 3d Printed Artificial Crown using Photo-curable Slurry with High Zirconia Content

고함량의 지르코니아(ZrO_2)가 포함된 광경화성 슬러리 제작 기술과 3D 프린팅을 활용한 높은 물성과 투광성을 지닌 인공 치아 제작 기술

김종현*, 고영학, 맹우열, 최규빈, 김규남. *고려대학교*

현 시점에서 치아관련 3D 프린팅 기술이 빠르게 발전하고 있지만, 활용되는 범위를 살펴보면 이는 폴리머에 국한되어 있고 세라믹 3D 프린팅의 경우 한계에 직면해 있다. 본 실험에서는, 광경화성 3D 프린팅 기술을 이용하여 실제 임상에서 사용 할 수 있는 인공치아를 제조하는 것을 궁극적인 목표로 삼고, 광경화성 3D 프린팅에 필요한 고함량의 광경화성 세라믹 슬러리 제조공정, 광경화 거동 제어, 탈지 및 소결에 이르는 세라믹 3D 프린팅에 관한 일련의 기술을 제공하고자 한다.

최근 인공치아 제작에 가장 많이 사용되는 재료는 지르코니아로, 강한 물성과 투광성을 이용하여 실제 치아와 매우 유사하게 모방할 수 있으며 세라믹 계열 중 가장 안정성 있게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 지르코니아 분말의 경우 그 세부적인 함량에 따라 다양한 종류가 판매되고 있으며, 적절한 투광도와 강도를 가지는 분말을 시작 분말 (Starting Materials)로 선정되었다. 이후 해당 분말을 슬러리 제작에 용이하도록 탈지 및 분쇄 과정을 탐색하였고, 슬러리 제작에 용이한 광경화성 모노머, 희석제, 분산제, 광경화 게시제 등을 탐색하였다. 이후 균일하게 슬러리가 분산될 수 있도록 슬러리 제조기술을 확립하고, 슬러리의 레올로지 및 광경화 거동을 분석했다. 이와 더불어, 복잡형상 구현을 위한 Tape-casting 기반 적층기술 및 성형체의 탈지 및 최종 열처리 기술을 통해 높은 물성과 투광도를 가지는 지르코니아 소결체를 확보하였다.

본 연구는 지르코니아를 활용한 세라믹 슬러리기반 3D 복잡형상 제조기술을 제시하고, 향후 인공치아 제조를 위한 3차원 적층기술에

적용하여 환자 맞춤형 크라운 제조기술을 개발하기 위한 기초데이터로서 활용되고자 한다.

P2-G5-15 Extrusion-based Ceramic 3d Printing of Core/Shell Tunnel-shaped Structure using Photo-curing

광경화를 이용한 코어/쉘 터널형 구조의 압출기반 3d 프린팅

최우림*, 고영학, 맹우열. *고려대학교*

Additive Manufacturing techniques and especially 3d printing allow fabrication of complex-shaped and customized objects. In this study, we fabricated the three-dimensional tubular filament-shaped structures by extruding feedstock including ceramic content through coaxial nozzle which can provide core/shell structures, followed by polymerization of monomers with UV light. Compared to other AM techniques such as FDM and stereolithography technique, critical advantage of this method is fabrication of free-standing structure which requires no support materials because of high shape retention ability of slurry and *in situ* fast solidification. The ceramic slurry (shell) which envelops carbon solution (core) contains ceramic powder, photocurable monomers and photo initiator. After extruding and polymerization of feedstock, objects are sintered in air at high temperature in which the core carbon solution burnout occurs, then hollow structures are formed with predetermined wall shape and thickness.

P2-G5-16 Fabrication of Dental Bracket using Photocurable Alumina Slurry with Solid Camphor as Diluent

캠퍼를 희석제로 이용한 광경화성 알루미나 세라믹을 이용한 덴탈 브라켓의 제조

이윤희*, 고영학. *고려대학교*

This study demonstrates the new approach of using solid camphor as diluent in preparation of alumina slurries. As prepared slurry exhibits definite low viscosity at high solid loading (50 vol%), which could be applicable for the conventional digital light processing (DLP) process. Increased amount of camphor added to ceramic slurry remarkably reduced the viscosity of alumina ceramic slurries without hindering photopolymerization behavior. This approach has great advantage for design flexibility, thus the complex shape of dental application (e.g., bracket) can be printed. Furthermore, the high densification of alumina frameworks after sintering at 1600c for 3 h could be achieved owing to the use of the high solid loading in the alumina slurry. The sintered alumina object displayed high flexural strength (~490 MPa) and high relative density (~98%).

P2-G5-17 Fabrication of Hierarchical Macro/Micro Porous Calcium Phosphate Gyroid Structure by Digital Light Processing (DLP) Process with PMMA Beads as Porogen

PMMA를 기공 유도 중합체로 이용한 계층적 다공성 구조를 갖는 인산칼슘계의 자이로이드 구조체의 개발

이윤희*, 고영학. *고려대학교*

This study demonstrates the utility of digital light pfocessing (DLP) technique particularly using a photocurable ceramic slurry containing PMMA beads for the fabrication of hierarchical macro/micro porous calcium phosphate (CaP) ceramic gyroid structure. More specifically, using PMMA beads can enable the construction of microporous CaP frameworks unlike with the conventional DLP process. Moreover, the fraction and size of micropores formed in CaP frameworks can be tailored by abjusting the contents of PMMA beads. To demonstrate this, three different types of CaP slurries with various PMMA beads contents (40 vol%, 50 vol%, and 60 vol%) were prepared to fabricate hierarchical porous CaP gyroid structrue. all of the produced CaP scaffolds could have well-defined macroporous structures, and thus reasonably high mechanical properties could be obtained at high prosities.

P2-G5-18 Freeze-casting Applied DLP for Microporous Ceramic Structures

미세기공을 가지는 세라믹 구조의 3D 프린팅을 위한 동결주조법이 적용된 DLP 기술

최규빈*, 전종원, 이정빈, 맹우열, 이윤희, 김규남, 고영학. *고려대학교*

3D printing techniques for complex designs have been developed broadly. DLP (Digital Light Processing) can build designed structures rapidly and precisely on each layer. Additionally, making micro or nanometer size pores within designed structures for variety needs of porous ceramics has been widely studied.

Photocurable Alumina slurry was used for DLP and camphene was added as a pore agent. Existing methods dealing with camphene require keeping high temperature about 60°C from manufacturing slurry process to printing process for keeping camphene melted or it would be solidified at room temperature.

But in this study, highly camphene soluble monomer at room temperature is used, so there is no need to control the temperature before printing process. Instead we need to lower the temperature where camphene crystalline dendrite forms during printing process. By tailoring this temperature and component ratio we can control pore size and pore structures.

P2-G5-19 Hypersensitive Immunoassays Based on Highly N-doped Silicon Carbide (SiC) Electrode

실리콘 카바이드 전극을 이용한 고민감 면역검정법

박준희*, SONG ZHIQUAN, 정재용, 변재철. *연세대학교*

Highly N-doped SiC was presented as an optimal electrode for electrochemical immunoassays with a far higher sensitivity than chemiluminescence detection. As the first step, the electrochemical properties of highly N-doped SiC, such as the double-layer capacitance (C_{dl}), rate constant for electron transfer (k_{app}) and ideal polarizable potential range (electrochemical window) were analyzed and compared with those of Au, Pt, and graphite electrodes. The highly N-doped SiC electrode was used for the quantification of oxidized 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine (TMB) which was widely used as chromogenic substrate for commercialized immunoassay kits. In order to enhance the sensitivity for the quantification of the oxidized TMB the chronoamperometry was applied to avoid the background current of i-V measurement. Finally, the chronoamperometry based on the highly N-doped SiC electrode was applied to commercial immunoassay kits for the medical diagnosis of the human immunodeficiency virus (HIV) and the human hepatitis B surface antigen (hHBsAg). The chronoamperometric measurement based on the highly N-doped SiC electrode was proved to detect at far lower limits in comparison with the conventional optical density measurement as

well as the chemiluminescence assay based on luminol as a chemiluminescent probe.

P2-G5-20 Development of Biosensor Based on Vertically Paired PEDOT:PSS Interdigitated Electrode (IDE)
PEDOT:PSS 전극과 파릴렌을 이용한 수직형 바이오센서 개발
박준희*, 이가연, SONG ZHIQUAN, 정재용, 이가연. *연세대학교*
A capacitive biosensor based on vertically paired interdigitated electrode (IDE) was developed for the non-labeled immunoassay. To improve the sensitivity of capacitive biosensor, this work focused on the fabrication of vertically paired IDE with nano-gap level distance between each electrodes and increase the number of pairs. In this work, vertically paired IDE was fabricated with 3 pairs (6 layered electrode) with a spacing of 500 nm between each electrodes for the detection of target molecules. Vertically paired IDE were fabricated by sequential layering with spin coating of 1) 200 nm PEDOT:PSS as a electrode, deposition of 2) 500 nm parylene thin film as a dielectric layer, 3) repeated 5 times previous steps and 4) patterning mask using photoresist. And then, active electrode area was exposed on the wall of the layered structure by RIE process. The exposed electrodes area were estimated by cyclic voltammetry analysis using potassium ferricyanide as a model redox couple. According to the increase the number of layer from 2, to 6 (1 to 3 pair), the electric charge increased such as 46.4 μC to 156.9 μC. The measured impedance was analyzed by using an equivalent circuit model which consists of the constant phase element (CPE_{el}), and a series medium resistance (R_s) with a parallel stray capacitance ($C_{Parylene}$). The Property of vertically paired IDE as capacitive biosensor was demonstrated using HRP as a model protein.

P2-G5-21 TiO_2 Nanostructures for the Analysis of Gout-related Crystals using LDI Mass Spectrometry
TiO_2 나노구조체를 이용한 통풍 및 가성통풍 결정 분석 및 진단
김문주*, 이수정, 성정수, 변재철. *연세대학교*
Crystals of monosodium urate monohydrate (MSU) and calcium pyrophosphate dihydrate (CPPD) are known to induce gout and pseudogout, respectively. These crystals are deposited in various joints or tissues, causing severe pain. Correct identification of crystals is crucial for the appropriate treatment of gout and pseudogout which exhibit very similar symptoms. Herein, a novel approach of laser desorption/ionization time-of-flight (LDI-ToF) mass spectrometry (MS) was introduced to analyze MSU and CPPD crystals with three different types of nanostructured TiO_2 materials including TiO_2 nanoparticles (P25), TiO_2 nanowires synthesized from wet-corrosion method, and the mixture of P25 and TiO_2 nanowires (P25/TiO_2 nanowires) as inorganic solid matrices. First, suitable TiO_2 nanostructures were chosen as solid matrices for quantitative and qualitative analysis of MSU and CPPD crystals in three types of TiO_2 nanostructures. The feasibility of LDI-ToF MS based on these TiO_2 nanostructures for the analysis of the two arthropathy-related crystals was tested using spiked samples in synovial fluid at known crystal concentrations. The mass analysis results of MSU and CPPD crystals demonstrated that: (1) the electrostatic interaction between analytes and solid matrices was key for the analyte ionization and (2) LDI-ToF MS with nanostructured TiO_2 materials has a potential to be a practical approach for the diagnosis of gout and pseudogout.

P2-G5-22 Effect of Voltage and Electrolyte on Surface Structure of PEO Coating Layer of Ti Implant
전압 및 전해질에 따른 Ti 임플란트 PEO 코팅층의 특성
이득용[1]*, 오진우[1], 김배연[2]. *[1]대림대학교, [2]인천대학교*
Ti 임플란트를 Ca/P 전해액을 이용 플라즈마 전해 산화코팅법(PEO)으로 pure Ti (grade 2) 임플란트 표면을 산화시켜 기공이 많은 세라믹 다공층을 제조하였다. PEO는 초기 인가전압의 크기, 전해액 농도, pulse 폭, 코팅시간 등 실험적 변수를 최적화하였다. 인가전압이 200 V 이상에서 Ti 표면에 기공층이 형성되었으며 전압이 증가함에 따라 기공 크기도 증가하였다. 또한, MG-63 뼈모세포를 이용한 ISO 10993-5법에 의거한 세포 독성실험과 CCK-8 assay kit를 이용한 세포증식실험을 통하여 치과용 임플란트로서의 생체적합성을 평가하였다.

P2-G5-23 In-situ Synthesis of CdS Nanowires and Effects of Surface Protection using Parylene Films
카드뮴설파이드 나노와이어의 in-situ 합성 및 파릴렌 보호막 코팅의 효과
김홍래*, 정재용, 변재철. *연세대학교*
In this work, the direct in-situ synthesis of cadmium sulfide (CdS) nanowires (NWs) was presented by direct synthesis of CdS NWs on the gold surface of an interdigitated electrode (IDE). CdS nanowires are synthesized differently depending on the synthesis zone. The synthesis zone was separated by distance from the CdS target. And we investigated the effect of a strong oxidant on the surfaces of the CdS NWs, the influence of the passivation layer coating on the surfaces of the CdS NWs.

Firstly, we investigated the effect of a strong oxidant on the surfaces of the CdS NWs using X-ray photoelectron spectroscopy, scanning electron microscopy, and time-of-flight secondary ion mass spectrometry.

Secondly, we fabricated a parylene-N film as a surface passivation layer for in-situ synthesized CdS NW photosensors. We also investigated changes in the photoresponse of photosensors during parylene-N coating.

Finally, we used the in-situ synthesized CdS NW photosensor with the parylene-N passivation layer to detect the chemiluminescence of horseradish peroxidase and luminol and applied it to medical detection of carcinoembryonic antigen (CEA).

P2-G5-24 A Simple One-step Synthetic Route to Flower-like Carbon Nanostructures for Efficient Oxygen Evolution Reaction
효율적인 산소 발생반응을 위한 flower-like 카본 나노구조체 제작 방법
이호준*, 정경환, 김강민. *한국생산기술연구원*
Developing effective and earth-abundant electrocatalyst for oxygen evolution reaction (OER) is critical for the commercialization of a water splitting system. It has recently been proposed that the OER activity of carbon nanostructure can be enhanced by forming a flower-like morphology. In this work, we present a simple synthetic route for the preparation of flower-like carbon nanostructure with high performance OER activity. This flower-like carbon nanostructure

(FLC) derived from 3 types of carbon precursor (e.g., Multiwall carbon nanotube (MWCNTs), carbon nanofiber (CNF) and graphite) are grown uniformly on nickel support. The FLC catalyst using the MWCNTs precursor shows the more excellent OER catalytic properties than those of CNF and graphite precursor. This catalyst shows superior OER catalytic performance with a current density of 10 $mAcm^{-2}$ at over potential of 320 mV, a Tafel slope about 30 $mVdec^{-1}$ by Linear Sweep Voltammetry (LSV), and excellent stability more than 10 hours in alkaline media.

P2-G5-25 Info-Convergence Bioceramic Nanosystems
정보융합 바이오세라믹 나노시스템
박대환*. *경남대학교*
We face many fascinating and diverse challenges, the most important among which is to determine how to store a large amount of information with novel approaches. Info-convergence ceramic nanosystems, which combine ceramic materials science and information technology, may provide an attractive alternative. This review considers recent multidisciplinary advances in the development of info-convergence nanosystems based on ceramic materials and discusses various strategies under ceramic-based information systems with a special focus on materials and nanohybridization technologies. Ceramic materials have played diverse roles not only as the generic coding support, but also as the central coding substance. The review highlights the ceramic nanohybrid bio code and ceramic nanoparticle optical code for applications in tracking-and-traceability management, nano-forensics, anti-counterfeiting, and even communication, as well as the four steps of encoding, encrypting, decrypting, and decoding for the desired applications. Additionally, associated challenges, potential solutions, and perspectives for future developments in the field are discussed.

P2-G5-26 Engineering of Plasmonic Nanostructures for Live Cell Imaging and Biodiagnostic Applications
임동권*. *고려대학교*
Obtaining molecular information from inside cells is an important topic to understand the outcome of molecular interactions between potential drug molecules and biomolecules inside cells. To envision this goal, we established the surface enhanced Raman scattering-based single-cell spectroscopic method to monitor changes in intracellular molecular signatures during mitochondrially mediated apoptosis in real time. Triphenylphosphine-modified gold nanoparticles were localized successfully to the mitochondria and greatly enhanced to obtain the intrinsic Raman scattering spectrum of mitochondria and cytochrome c in the live cell. Photothermally induced apoptosis showed a moderate decrease in the disulfide bond and a sharp increase in β-sheet structures depending on the input-laser power, along with morphological changes. However, chemical drug induced-apoptosis showed more subtle changes in the disulfide bond, as well as changes in Raman peaks corresponding to cytochrome c, and the appearance of a new peak at 1420 cm^{-1}, which enabled us to study the molecular interactions within the mitochondria in real time from a single cell, following treatment with a novel pyruvate dehydrogenase kinase inhibitor. We further advanced the method to obtain the membrane potential changes induced by biomolecules or chemicals etc. In this talk, I like to introduce the method and results in detail.

P2-G5-27 Fluorescein Polymers Based Nanoparticles: Facile One-pot Synthesis, Assembly, and Immobilization of Biomolecules for Application of Highly Sensitive Biosensor
플루오레세인 고분자 기반 형광 나노입자, 이의 제조 방법 및 이를 이용한 고감도 바이오센서
성대경*, 우지섭, 나윤희. *한국세라믹기술원*
Sensitive detection is very important in clinical diagnostics, gene therapy, and a variety of biomedical area. Over the past decades, polymeric nanoparticles have gained increasing attention as optical platforms for high sensitive detection of biomacromolecules (DNA, protein and cell) due to the amplification of fluorescent signals. To enhance fluorescent signal, fluorescent random copolymers were synthesized by radical polymerization, which consisted of three parts: a fluorescent group and functional group, to which biomolecules were conjugated and to stabilize the nanoparticles. Fluorescent nanoparticles were developed by nanoprecipitation. The nanoparticles are highly fluorescent, stable, and easy for immobilization for biomolecules. The ultrasensitive property of fluorescent nanoparticles was examined by measuring fluorescence intensity based indirect immunoassay using bovine serum albumin (BSA) and Anti-BSA.

P2-G5-28 Friction Comparison of Chalks by Magnesium Carbonate Types and Formulations
탄산 마그네슘 종류 및 배합비에 따른 초크 마찰력 비교
손경우*, 임형미. *한국세라믹기술원*
최근 여가 생활의 증진으로 많은 사람들이 여가 스포츠를 즐긴다. 특히, 장시간 활동 시 손에 발생하는 땀과 분비물에 의해 그립이 빠져 부상의 위험이 따른다. 이와 같은 문제를 방지하기 위해 손에 마찰력을 증가시키는 초크를 주로 사용한다. 본 연구에서는 해수에서 유래한 탄산염을 이산화탄소와 반응시켜 2 종의 탄산 마그네슘을 제조하였으며 이를 적용하여 액상 초크를 제조하였다. 제조된 탄산마그네슘의 미세구조는 SEM을 통해 분석하였고 PSA와 BET를 이용하여 탄산마그네슘 입자의 크기와 비표면적을 측정하였다. 액상 초크는 탄산마그네슘의 종류와 배합비에 따라 제조하였으며, 배합조건이 마찰력에 미치는 영향을 확인하였다.

P2-G5-29 On the Crystallization of Hydroxyapatite in Hydrothermal Conditions: Role of Sebacic Acid as an Additive
수열합성방법을 이용한 Hydroxyapatite의 결정화 연구 : 첨가제로서 Sebacic Acid의 역할
인용재*, AMORNKITBAMRUNG URASAWADEE, 홍민호, 신현정. *성균관대학교*
Hydroxyapatite (HAp, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) is the major mineral component of vertebrate bones and teeth. There are various methods of HAp synthesis method such as dry and wet method. On of these method, hydrothermal methods allow the synthesis of specific shaped crystals at high temperatures and pressures. Organic acids such as oleic acid, citric acid or EDTA can be used to synthesize the desired shape more effectively. This work is focused on the role of sebacic acid (SA, $C_{10}H_{18}O_4$) as an additive for the crystallization of HAp during hydrothermal synthesis. Under hydrothermal conditions, SA are chemisorbed onto the surface of the growing crystal grains, which

help the growth of crystals with a specific orientation. It has also been reported that the type of phosphate ions used for the synthesis of HAp varies with pH, affecting the final product. Scanning electron microscope (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) are performed to characterize morphology and crystal structure of resulting HAp. The crystallized HAp was confirmed by X-ray diffraction (XRD) analysis. Infrared (IR) absorption bands of the obtained HAp were analyzed using Fourier transform IR (FTIR) spectroscopy. Thermogravimetric analysis (TGA) of the synthesized particles gives evidence of adsorbed organics. Accordingly, it is suggested that the SAs interplay differently with the crystallization of the developing HAp structures, thereby affecting the final morphology.

P2-G5-30 Surface Modification of Collagen Matrices for Mineralization

(생)광물화를 위한 콜라겐 매트릭스의 표면개질

AMORNKITBAMRUNG URASAWADEE*, 인용재, 홍민호, 신현정. *성균관대학교*

Surface modification with different functional groups on collagen matrices to investigate the mineralization steps for bone growth and regeneration. The functional groups in citric acid and poly dopamine, i.e., carboxylic acid, hydroxyl, and amine, on the surface of collagen matrices were introduced as possible nucleation sites of crystallization calcium phosphate with Ca^{2+} and PO_4^{3-} ions. Reduction of interfacial energy between collagen and mineralized calcium phosphate induced by the hydrophilic property of functional groups can enhance the mineralization and also improve mechanical property of mineralized organic- inorganic composites. The assembly of acid soluble collagen into fibrils was initiated by neutralizing through ammonia vapor/and or designated amount of collagen solutions were dripped into assembling buffer solution containing with glycine, KCl and NaOH. Then, it was incubated at a constant temperature of 37 ℃ to obtain collagen gels/fibrils, rinsed with deionized water, and further crosslinked with glutaraldehyde to stabilizes collagens. For surface modification, crosslinked collagen matrices were treated with citric acid and polydopamine to introduced carboxylic acid and hydroxyl groups on the surfaces. As a result, surface modified collagen provides platform of mineralization and enhance crystallization process as well as resulting composite material's properties.

P2-G5-31 Effect of Ball Mill and Ultrasonic Pretreatments on Enhancing Biogas Production and COD Solubilization of Food Waste

볼밀과 초음파 전처리에 의한 음식폐기물의 바이오가스 생산량 및 COD 가용성 향상 효과

박선영[1*], 구양모[1], 변하람[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교*

This study investigatede the effect of attrition ball mill pretreatment on improving the ratio of SCOD to TCOD and biogas production. Standard food waste was prepared as an organic source according to standard protocol. Attrition ball mill was performed set at 300 rpm. The condition of grinding ball size and milling time was optimized for COD solubilization. At the optimum condtions, the ratio of SCOD to TCOD was increased to 80%. In addition, the combinational pretreatment using ball mill and ultrasonic was performed. The effect of its sequence on COD solubilization and biogas production was investigated. Finally, we found the optimum sequence and condition of combinational pretreatment with considering energy consumption. The sequence of ultrasonic and, then, attrtion mill pretreatment showed higher COD solubilization and biogas production.

P2-G5-32 Biologically Benign Multi-functional Mesoporous Silica Encapsulated Gold/Silver Nanorods for Anti-bacterial Applications by On-demand Release of Silver Ions

생체 친화적 다기능성 실리카로 캡슐화된 금/은 나노막대의 은 이온 방출을 통한 항균 작용

윤석영*, 정영환, 이진웅, 장준혁, 이정헌. *성균관대학교*

Although silver (Ag)-based nanoparticles (NPs) are frequently used for bactericidal purposes, they have critical issues including excessive release of Ag^+, severe oxidation, and cytotoxicity. In this study, we designed a multifunctional, on-demand antibacterial agent by successively encapsulating bimetallic gold/silver nanorods (Ag/AgNRs) with mesoporous silica ($mSiO_2$) shells. Au/AgNRs synthesized by coating Ag on AuNRs in a controlled manner, so that they exhibited a localized surface plasmon resonance peak in the near-infrared (NIR) region. When Au/AgNR@$mSiO_2$NPs were irradiated with an NIR laser under optimal conditions (0.4 W/cm^2), they generated a small amount of heat (40–45°C), which successively triggered the release of Ag^+ and induced bacterial cell death. Here, $mSiO_2$ shells play critical roles because they not only protect Ag from oxidation but also prevent the burst release of Ag^+ and improve biocompatibility of the antibacterial agent against normal cells. We found that this multifunctional bacterial agent effectively kills gram-negative Escherichia coli and gram-positive Staphylococcus aureus without significantly increasing the temperature of the medium. Au/AgNR@mSiO NPs were also biologically benign with high biocompatibility against mammalian cells.

P2-G5-33 Self-Assembled Peptide-Carbon Nano Tube(CNT) Hybrids for Regulating Cellular Activity

세포 활성 조절을 위한 자기조립 펩타이드-탄소 나노 튜브(CNT) 나노-하이브리드

정유진*, 한소희, 정우진, 김희원, 임용범. *연세대학교*

Multitarget-directed ligands (MTDLs) are hybrid ligands obtained by covalently linking active pharmacophores that can act on different targets. We envision that the concept of MTDLs can also be applied to activate cellular process. Here, we report the two applications of bioinorganic nanohybrid systems. 1) inhibition of multimolecular RNA–protein complexes using multitarget-directed peptide–carbon nanotube hybrids (SPCHs). 2) infrared (IR)-responsive self-assembled peptide-carbon nanotube (CNT) hybrids that enable the spatiotemporal control of bioactive ligand multivalency and subsequent human neural stem cell (hNSC) differentiation. The results showed that the single target-directed SPCHs were inhibitory to the single interface comprised only of RNA and protein in vitro, whereas multitarget-directed SPCHs were inhibitory to the multimolecular RNA–protein interfaces both in vitro and in cellulo. The MTDL nanohybrids represent a novel nanotherapeutic system that could be used to treat complex disease targets. Moreover, these responsive hybrids with remote-controllable functions can be developed as therapeutics for the

treatment of neuronal disorders and as materials for the smart control of cell function.

P2-G5-34 Effect of Powder Characteristics on the Sintered Properties of Commercial 3Y-TZP

상용 3Y-TZP 분말특성이 소결물성에 미치는 영향

윤유현*, 이종국. *조선대학교*

현재 치과용 지르코니아 임플란트 소재로는 3~5 mol%의 이트리아가 고용된 정방정 지르코니아가 주로 사용되는데, 기계적, 열적 안정성을 위하여는 99.5 % 이상의 소결밀도와 0.3 ㎛ 이하의 입자크기가 요구된다. 본 연구에서는 현재 지르코니아 임플란트용으로 시중에서 판매되는 상용 3Y-TZP 분말을 구입하여 분체 특성 및 이들 특성이 소결체 물성에 미치는 영향을 분석하였으며, 최종적으로는 각 분말로 제조된 소결체의 물성이 지르코니아 임플란트용으로 부합하는지 고찰하였다. 상용 3Y-TZP 분말의 1차입자와 과립 형태는 분말에 따라 다소 달리 나타났으며, 이러한 특성 차이가 소결체의 밀도 및 미세구조 차이를 유발하였다. 1450~1550ºC에서 2시간 소결한 결과, 각 시편들은 0.23~0.33 ㎛의 입자크기로 나타나 비교적 임플란트 소재로 적합한 형태를 보였지만 소결밀도의 경우, 98.5%의 낮은 값부터 최대 99.5%의 값까지 다양하게 나타나 기계적 물성 면에서 또 다른 검증이 필요한 것으로 사료되었다.

P2-G5-35 3D Bioceramic Scaffold for Osteogenic Differentiation Osteogenic of Human Adipose-derived Mesenchymal Stem Cells (hADSCs)

지방유래 줄기세포의 뼈분화 유도 3D 바이오세라믹 스케폴드 개발

심주영*, 최수진, 박민희. *한국세라믹기술원*

Solid freeform fabrication is a representative system for tissue engineering because can be designed to fit the shape of the tissue, to finely control the porous structure, and to provide the elements necessary to induce the tissue regeneration. The bone-related disease needs fundamental treatment to modulate inflammatory response for enhanced bone tissue regeneration because are associated with the primary inflammation to bone loss. In this study, temperature-sensitive hydrogels that show sol-gel transition at 37°C and hydroxy-apatite (HA), a major component of normal bone, were used as 3D scaffold for effective bone regeneration. In addition, fullerene having an anti-inflammatory effect was added to reduce bone loss caused by an inflammation, and to promote osteogenic differentiation. The scanning electron microscopy (SEM) images showed that HA and fullerene were distributed with the porous structure of the hydrogel. The adipose-derived mesenchymal stem cells (hADSCs) within 3D scaffold was shown increased cell proliferation and osteogenesis by water-soluble tetrazolium salts-1 (WST-1) assay and Alizarin Red S staining, respectively. Also, the inflammatory response in tumor necrosis factor-α (TNF-α) induced inflammatory hADSCs were reduced by fullerene. Thus, these results suggest 3D hydrogel-bio-ceramic scaffold including fullerene are the promising dual function platform for bone-related disease as a non-surgical treatment.

P2-G5-36 Multifunctional Nanomaterial-alginate Drug Delivery and Imaging System for Cancer Therapy

다기능성 나노재료-알지네이트를 이용한 암 치료 목적의 약물 전달 및 이미징 시스템 개발

윤석영*, 장준혁, 한권훈, 이정헌. *성균관대학교*

Although chemotherapy is mostly performed by direct injection of the chemotherapeutic agents systemically, this approach can cause undesirable side effects in normal tissues and lacks targeting efficiency. In this study, we have developed a micron-sized, bead-type multifunctional anticancer-drug carrier that can be injected in the vicinity of a lesion using a syringe. The multifunctional anticancer-drug carrier bead was fabricated by incorporating functional nanomaterials, such as near-infrared (NIR)-responsive gold nanorod (GNR) and superparamagnetic iron oxide nanoparticles (IONP) that work as a magnetic resonance imaging (MRI) contrast agent, into an alginate hydrogel bead. The carrier bead containing GNR and IONP was spherical, with an average size of 362.2 ± 22.7 μm. These multifunctional anticancer-drug carrier beads could successfully release doxorubicin (Dox) into the external environment upon irradiation with an NIR laser. The laser responsive on-demand release profile demonstrated well-controlled and sustained release of Dox, and the effectiveness of this drug delivery system can be confirmed in vitro by the 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide assay. Additionally, the control experiments evidenced that the thermal effect of GNR was insignificant and the cytotoxic action of Dox was expressed only after irradiation with the NIR laser. The multifunctional anticancer-drug carrier beads can be precisely monitored with the MRI T2 imaging mode.

P2-G5-37 Long-term Deposition of Nanoparticles on Paper Substrates

종이 기판위 나노입자의 장기 보관 및 안정적 분산 기술

정순환*, 조희훈, 김수지, Ali Turab Jafry, 이정헌, 이진기. *성균관대학교*

Although nanoparticles (NPs) can be carefully engineered to have maximal stability and functionality desirable for use in diverse applications, they are generally not suitable for long-term storage in solution. It is also difficult to store NPs in a dry state because dried NPs generally become aggregated and cannot easily be re-dispersed. Thus, a new strategy allowing long-term storage of NPs with high stability, redispersibility, and functionality is highly demanded. By passivating the 13 nm gold nanoparticle (AuNP) surface with stabilizing agents and treating a paper substrate with both bovine serum albumin (BSA) and sucrose after coating with a hydrophobic polyvinyl butyral (PVB) layer, it was possible to fully redisperse (~100%) dried AuNPs with colloidal stability comparable to that of as-prepared AuNPs. Furthermore, AuNPs physically stabilized with polyvinylpyrrolidone could react with thiol-containing compounds, such as 1,4-dithiothreitol (DTT). Taking advantage of the oxidation reaction of hypochlorous acid with DTT, it was possible to demonstrate a paper-based colorimetric sensor for detection of residual chlorine in water. Since this strategy is applicable to large-sized AuNPs (30–90 nm), silver NPs, oleic acid-capped magnetic NPs, and cetrimonium bromide-passivated gold nanorods, it can be used for diverse NPs requiring long-term storage for many applications.

P2-G5-38 Injectable Fibrin Hydrogel and PLGA Scaffold Composite for Efficient Cell Proliferation

효율적인 세포 증식을 위한 주사 가능한 피브린 하이드로 젤과 PLGA 지지체 합성물

이진실*. *한국세라믹기술원*

In successfultissue regeneration process, efficient cell seeding inside 3D, porous andbiodegradable polymeric scaffolds is an important first step. Nevertheless,because of the characteristics of 3D structure porosity small pore size, thereare technical limitations in the adequate cell seeding with a high enough celldensity inside the scaffolds. To overcome limitation, Fibrin-based materialshave been used for tissue engineering because of tendency of inducingneovascularization and capability of collagen production and biocompatibility.Even the materials have greatly beneficial characteristics, fibrin-based gelhave also obstacles such as deficient mechanical properties and fast rate ofdegradation. Therefore, in this study, we optimized combination of fibrin gelswith porous PLGA scaffold to promote the cell seeding compatibility andefficiency inside the scaffold. To enhance cell seeding and obtain monodistribution, we made fibrin gel with fibroblast cells under optimizedcondition of gelation which can complete filling of fibrin gel inside PLGAscaffolds like a defect bone. According to these process, proliferation ofcells in fibrin gel filled PLGA scaffold are more efficient than in the barePLGA scaffold.

P2-G5-39 A Novel, Highly Specific Hydroxyapatite-binding Peptide for *in Vivo* Bone Imaging

생체내 골 이미징을 위한 하이드록시아파타이트 선택적 펩타이드 개발

김성현*, 방진호. *한국세라믹기술원*

The global burden of bone-related diseases is increasing in the aging society; thus, improved bone targeted imaging for their early identification and treatment are needed. In this study, we screened novel peptide ligands for hydroxyapatite, a major inorganic component of teeth and bones, and identified a peptide enabling *in vivo* bone targeting and real-time fluorescence bone detection. To isolate peptides highly specific for hydroxyapatite, we used negative and positive selection from a randomized 8-mer peptide phage library and identified hydroxyapatite-specific peptides (HA-pep2, HA-pep3, and HA-pep7). Among these three peptides, HA-pep3 showed the highest binding capacity and superior dissociation constant towards hydroxyapatite surfaces over time (~89% retained on hydroxyapatite after one month). Furthermore, HA-pep3 was highly specific for hydroxyapatite compared to other calcium salt-based materials. Using this superior specificity, HA-pep3 showed higher accumulation in skull, spine, and joints in comparison with scrambled control peptide during real-time whole-body imaging. *Ex vivo* analysis of the major organs and bone from mice demonstrated that the fluorescence intensity in bone was about 3.32 folds higher in the case of HA-pep3 than the one exhibited by the scrambled control peptide. Our study identified a novel approach for targeting ligands for bone specific imaging and can be useful for drug delivery applications.

P2-G5-40 Influence of Particle Size and Solid Loading on Surface Roughness of Zirconia Slurry Coatings

지르코니아 슬러리 코팅 시 표면 거칠기에 미치는 분말 입자크기 및 고체함량의 영향

김우창*, 이종국. *조선대학교*

지르코니아계 임플란트의 골결합 강도 및 생체 적합성을 높이기 위해서는 표면 거칠기가 높아야 하는데, 본 연구에서는 입자크기가 다른 두 종류의 지르코니아 슬러리 및 스핀코팅을 이용하여 기판의 표면 거칠기 향상을 위한 표면 개질을 시도하였다. 슬러리 제조 시 지르코니아 고체함량(20~40 wt.%) 및 점도 특성을 제어하여 코팅층의 표면 거칠기 향상에 대한 영향을 분석하였으며, 스핀코팅 횟수에 따른 코팅층의 두께와 표면 거칠기를 측정하여 그 상관성을 분석하였다. 실험결과, 입자크기가 작은 분말(평균 입자크기; 60 nm)의 경우, 고체함량이 적은 슬러리에서는 점도가 낮아 스핀코팅이 잘 이루어진 반면에 표면 거칠기 향상 효과는 미미하였다. 스핀코팅이 가능한 범위에서 최대 고체함량 40 wt.%를 함유한 슬러리에서는 4회 코팅한 시편에서 가장 높은 표면 거칠기를 나타내었다. 입자크기가 작은 분말을 사용한 지르코니아 슬러리의 경우 표면 거칠기 Ra값이 최대 0.25 ㎛를 나타내었는데, 이는 코팅 전 기판 (Ra=0.15 ㎛)에 비하여 표면 거칠기가 약 60% 이상 향상한 것으로 분석되었다. 입자크기가 큰 분말(평균 입자크기; 100 nm)로 제조된 지르코니아 슬러리 코팅의 경우에서 가장 높은 표면 거칠기는 Ra값 최대 0.35 ㎛가 나타났으며, 코팅횟수가 증가할수록 코팅층 두께가 증가하며 균일하고 조밀하게 나타났다.

P2-G5-41 Aging Effects on the Preparation of Hydroxyapatite by Precipitation Method

침전법에 의한 hydroxyapatite 합성에 미치는 aging 효과

이병우*, 홍일곡, 문성욱. *한국해양대학교*

Hydroxyapatite (HA) is the major inorganic component in hard tissue of the human body, such as dental and bone. It has been proven that producing nano-size having high surface areas gives an enhancement in various application. However, there is a great challenge to produce high purity phase HA particles using precipitation in aqueous solutions. The precipitation chemistry for the preparation of HA has been found to be complicated due to the slow attainment of equilibrium and the amorphous nature of the products formed. In this research work, a simple precipitation method is adopted to synthesize HA at low temperature. Calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) and phosphoric acid (H_3PO_4) have been used in HA synthesis via wet chemical precipitation. In the process, 85% of H_3PO_4 solution was poured into 275 ml of a high concentration (1 M) of $Ca(OH)_2$ aqueous suspension solutions within 20 min. The phosphoric acid addition rate is strongly linked to the suspension stabilization, and also to the final precipitate (powder) properties. The effects of precursor pouring rate and aging time during the precipitation process on the formation of nano-crystalline HA were investigated. The results indicated that the stoichiometric pure HA powders with nano-sized were produced in a slow pouring time and a relevant long aging time. In order to study the thermal stability, the prepared HA powders were calcined at different temperatures of 500, 700 and 900°C. Phase formation and thermal stability of the precipitated and aged HA were investigated.

P2-G5-42 Effect of the Extrusion Rate of Ceramic Slurry During the Additive Manufacturing of β-$Ca_3(PO_4)_2$

β-$Ca_3(PO_4)_2$의 Additive 성형시 현탁액 배출속도의 영향

오경식*, 이금성, 오동현, 이해주, 권유빈, 최동걸, 문다혜. *안동대학교*

β-$Ca_3(PO_4)_2$(β-TCP)는 조골세포의 부착 및 증식이 활발한 재료로 경조직 재생 재료로 적합하다. β-TCP가 해면골과 같이 충분히 개방된 기공 구조를 가진다면 혈관 생성 및 세포 이동을 도모하므로 성공적 골조직 재생을 기대할 수 있다. 이와 같은 스캐폴드는 이식 부

위의 형상에 맞는 맞춤형 제작이 필요하므로 거시적 외형과 미시적 기공구조를 함께 구현할 수 있는 3D프린팅 공정이 적합하다. 본 연구에서는 β-TCP 현탁액을 습식 잉크로 사용하여 스캐폴드를 제작하였다. 특히 최적화된 스캐폴드를 얻기 위해 배출속도에 따른 밀도변화를 관찰하여 최적의 조건을 찾고자 하였다. 원료 배출 속도를 2.0~2.5로 변화시켜 시편을 제작한 후 24 h 건조하였다. 그 후 350ºC에서 1.5시간 결합재를 제거한 후 1200ºC에서 2시간 소결한 결과 상대밀도는 63.8%~83.0% 의 범위에서 분포하였다. 이를 통해 소결 후 밀도 변화의 원인을 배출속도에 따른 성형체 상태 및 주사전자 현미경으로 관찰한 미세조직으로부터 고찰하였으며, 이를 토대로 최적의 공정변수를 얻고자 하였다.

P2-G5-43 Compressive Strength of Non-sintered Open-cell Structure Ceramic Prepared using FDM Printing Method by Porosity.

FDM 출력방식을 이용한 무소결 개방셀 세라믹의 기공률에 따른 압축강도

구영진*, 이명현, 이윤주. *한국세라믹기술원*

경화성 세라믹 소재는 고온에서의 소결과정을 필요로 하지 않으므로 공정 단계가 간소하고 시간과 비용 감소 효과가 있는데, 성형물의 변형률 또한 크지 않으므로 3D 프린팅 적용시 수치 안정성을 기대할 수 있다. 대표적인 경화성 소재는 포틀랜드 시멘트와 MTA계 근관충전재 등의 주원료로 사용되는 트리칼슘실리케이트(C3S)인데, 강도 발현에 긴 시간을 필요로 하므로, 3D 프린팅 공정에 적용하기 위하여 본 연구에서는 상대적으로 초기 경화속도가 빠른 칼슘알루미네이트(C3A)를 배합하여 수화초기 내구성을 확보하였다. 이후 압출 방식의 FDM 방식의 3D 프린터를 이용하여 격자 골격의 개방셀(open-cell)을 성형하였다. 개방셀은 유체 투과율이 뛰어나며, 높은 비표면적과 경량 특성으로 인하여, 촉매 지지체, 필터, 전극재료, 단열재, 스캐폴드(scaffold) 등에 사용된다. 본 연구에서는 노즐크기, 층간두께, 성형속도, 토출량 등 성형 조건을 제어함으로써 안정적 성형 조건에서 개방셀을 구성하는 골격(필라멘트의 굵기)과 기공크기를 조절하였으며, 이에 따른 압축강도를 확인하였다

P2-G5-44 Polishing Effect on the Surface Roughness of Zirconia Coatings by Room Temperature Spray Processing

기판의 연마 상태가 지르코니아 상온분사 코팅 표면의 조도에 미치는 효과

김정준*, 이종국. *조선대학교*

기계가공 후 소결공정으로 제작된 지르코니아 임플란트는 낮은 표면조도로 인하여 생체활성이 떨어지고, 이로 인하여 골결합성 및 세포 반응성이 저하되는 문제점이 있다. 따라서 표면조도가 낮은 지르코니아 임플란트를 잇몸에 식립하여 장기간 유지될 경우 임플란트의 탈착 및 이탈 확률이 높아질 수 있다. 본 연구에서는 표면조도를 높이는 방법으로 상온분사공정에 의한 분말 코팅을 지르코니아 기판 위에 행하였으며, 이 과정에서 기판 표면의 연마 정도가 코팅층의 표면조도에 미치는 영향을 고찰하였다. 코팅 전에 지르코니아 기판 표면을 SiC 연마지(#220, #400, #800)를 이용, 각각 연마한 후, 기판 위에 상온분사공정으로 지르코니아 코팅층을 형성시켰다. 상온분사공정에 적합한 코팅용 지르코니아 분말은 하소 및 분쇄공정을 통하여 제조하였다. 상온분사공정으로 제작된 지르코니아 코팅층은 치밀한 미세구조이면서 일정한 두께로 균질하게 형성되었다. 지르코니아 기판 위에 형성된 코팅층의 표면조도는 코팅 전 기판의 표면 상태에 커다란 영향을 받았는데, 기판의 표면조도가 낮을수록 코팅층의 표면조도도 감소하였다.

P2-G5-45 Synthesis of Porous Silica from Rice Husk and Comparison of its Characteristics Depending on Milling Process

왕겨를 이용한 다공성 실리카 합성 및 밀링 처리에 따른 입자특성 비교

박지연[1*], 구양모[1], 변하람[1], 박선영[1], 상병인[2], 천진녕[1], 이진형[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 한양대학교*

본 연구에서는 왕겨로부터 메조다공성실리카 입자를 합성하고, Pot mill공정을 통해 촉감을 향상시켜 화장품 소재에 활용하기 위한 연구를 수행하였다. 왕겨로부터 고순도 실리카를 추출하기 위해 산 처리와 900ºC의 열 처리로 각각 무기불순물과 유기불순물을 제거하였고, ICP분석으로 실리카의 순도가 99.6%임을 확인하였다. 촉감향상을 위한 Pot milling 전과 후의 입자크기를 FE-SEM과 PSA를 통해 비교·분석하였다. 그 결과 평균입자크기가 milling 전에는 35.24 μm였지만, 습식 밀링 1, 7일차에 각각 5.72 μm, 0.37 μm, 건식 밀링 1, 7일차에 각각 9.28 μm, 3.18 μm로 평균입자 크기가 감소되는 것을 확인되었다. 공정 순서에 의한 영향을 조사하기 위해 milling과 열처리공정 순서를 달리하여 BET를 통해 비표면적과 기공크기 변화를 분석하였으며 공정 순서 변화에서는 특별한 입자 특성 변화가 없는 것을 확인하였다. 하지만 촉감테스트에서는 차이가 있어서 공정순서가 촉감에 미치는 영향이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 최종적으로 linseed oil의 흡유 측정을 통해 화장품용 소재로써의 활용 가능성을 확인하였다.

P2-G5-46 Plastic Limit and Injectability of Brushite Bone Cement with the Granule Size of β-$Ca_3(PO_4)_2$

Brushite Bone Cement의 β-$Ca_3(PO_4)_2$ 과립 크기에 따른 Plastic Limit 및 주사성 변화

오경식*, 문다혜. *안동대학교*

Kyphoplasty는 시멘트를 이용한 최소침습형 경조직 치료로서 본 시멘트의 우수한 주사특성을 필요로 한다. 과립화된 β-$Ca_3(PO_4)_2$ (β-TCP)는 페이스트 형성에 필요한 액상양(Plastic limit)을 감소시켜 주사성 개선에 기여할 수 있다. 본 연구에서는 분무건조를 통해 평균 직경이 100 ㎛ 혹은 30 ㎛급인 과립형 β-TCP를 제작하였다. β-TCP와 $Ca(H_2PO_4)_2H_2O$를 각각 0.6 및 0.4 g 칭량한 후 경화액을 0.8 ml 혼합하여 Injection pump로 주사성을 테스트하였다. 주사성을 과립 분율(x_G)이 0.5에서 0.8인 범위에서 평가한 결과 100 ㎛급 과립을 사용한 경우에는 x_G가 증가할수록 Plastic limit이 감소하고 주사성이 개선된 반면 30 ㎛ 급 과립을 사용한 경우에는 Plastic limit의 감소에도 불구하고 x_G=0.6에서 최고의 주사성을 보여주었으며 x_G>0.6에서는 감소하였다. 과립의 크기에 따른 주사성의 변화를 과립간의 간격에 따른 충돌가능성을 예측하는 모델을 토대로 토의하였다.

P2-G5-47 Lithium Release from b-tricalcium Phosphate Improving Proliferation of Human Dental Pulp Stem Cells (hDPSCs)

b-TCP에서의 리튬 방출로 인한 hDPSCs 세포증식효과 개선

선우경*,김현진,유경현,윤석영. *부산대학교*

Calcium phosphate-based ceramics have been widely studied in the fields of dental and tissue engineering. b-TCP is one of the most widely used materials in the field of tissue engineering due to its high bone conductivity and biodegradability. Lithium ion has been reported to promote stem cell differentiation due to increasing b-catenin expansion in fractionated tissue. Pure b-tricalcium phosphate (b-TCP) and lithium doped tri-calcium phosphate ($Ca_{3-x}Li_{2x}(PO_4)_2$, x=0.15,

0.3, 0.45) were prepared by co-precipitation, respectively. The crystal structure, microstructure, morphology, ionic degradation, biocompatibility of samples was investigated using XRD, SEM, FT-IR, ICP-LMS, dissolution test, CCK-8 assay to compare the effect of lithium ion on osteogenic effect of human dental pulp stem cells (hDPSCs).

P2-G6-1 Electrochemical Properties and Lithium Ion Conductivity of Li_2O-B_2O_3-SiO_2/LLZO Composite Solid Electrolytes

Li_2O-B_2O_3-SiO_2/LLZO 고체전해질 복합체의 리튬이온전도 및 전기화학적 특성 평가

전형탁*, 최병현, 이은정, 황해진. *인하대학교*

현재 ESS용 전지로 고에너지밀도를 보유하고, 출력 특성이 우수한 리튬이온전지가 가장 많이 보급되고 있지만, 전지 가격과 설치비용이 고가이기 때문에 경쟁력이 떨어지고 액체 전해질의 누액 또는 기화로 인해 발생되는 폭발 및 화재 위험 같은 안정성의 문제를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 기존의 ESS용으로 사용되었던 리튬이온전지의 액체전해질을 고체전해질로 변경함으로써 고에너지 밀도의 전지를 구현함과 동시에 폭발 및 발화 위험으로부터 안정성을 향상시킨 전고체전지(All Solid-state Battery)가 각광을 받고 있다.

본 연구에서는 고상 반응법으로 Garnet 구조의 고체 전해질인 LLZO (Al, Ta doped $Li_7La_3Zr_2O_{13}$)를 제조하였다. 또한 Li_2O-B_2O_3-SiO_2계 유리는 1350ºC에서 10분 이상 알루미나 도가니에서 용융 후 카본몰드에 용융체를 급냉하여 제조하였다. 복합고체전해질은 LLZO에 0~10 wt%의 유리전해질을 복합화함으로써 제조하였다. 이 복합화 고체전해질은 X-ray Diffraction(XRD)를 이용하여 결정특성을 조사하였으며 주사전자현미경(SEM)을 통하여 미세구조를 관찰하고, Electrochemical Impedance Spectroscopy(EIS)로 전기전도특성을 확인하였다. 0~10 wt% Li_2O-B_2O_3-SiO_2/LLZO복합체는 700~900ºC 에서 열처리하여 10^{-4}S/cm 이상의 높은 이온전도도를 나타내었다

P2-G6-2 Fabrication and Characterization of Silica Glass with Alumina as Additive using PBF 3D Printing Process

PBF방식 3D 프린팅 공정을 이용한 알루미나가 첨가된 실리카 유리 소재의 제작 및 특성

배병훈*, 윤창번, 차재민, 김남인, 김일원, 윤창번. *한국산업기술대학교*

The PBF (Powder Bed Fusion) 3D Printing process is used to produce high-efficiency, high-density, high-performance products. Conventional methods are difficult to apply to ceramics that are limited to metal materials and have a high melting point. In this study, we developed a glass Al_2O_3 composite PBF 3D printing material using the Laser melting method.

Spherical SiO_2 Glass beads (particle size $D_{max} < 40\ \mu m$) suitable for 3D Printing process were prepared by gas atomizing SiO_2 powder. Black pigment for assisting Laser light absorption and Al_2O_3 for strengthening strength were added to SiO_2 Glass beads, and a mixture was prepared by ball-milling for 3 hr. It was confirmed that the glass melted while irradiating the SiO_2 glass beads to which the mixture was added, and the glass melted to form a composite. In order to improve the sintered density, heat treatment was performed at 750 °C. to synthesize a high-density Glass beads composite. As a result of measuring XRD to confirm the reactivity between SiO_2 Glass beads and Al_2O_3, there was no second reaction. Glass also confirmed that the glass was not crystallized. As a result of SEM and EDAX analysis, fine bubbles existed. As a result of measuring the density by Archimedes" method, a density higher than 95% was ensured compared to the theoretical density (2.3 g/cm^3). In addition, the above experiment was repeated, and the mechanical strength was evaluated while changing the content of Al_2O_3 in the mixture.

As a result of manufacturing a ceramic 3D structure using PBF 3D printing glass material, it is expected to reduce process costs, improve groundbreaking performance, add new functions, and create additional value.

P2-G6-3 Enhancement of the Luminous Efficiency in the YAG:Ce Phosphor-in-glass by Transition Metals Doping into the Glass Frits

유리에 도핑된 전이금속 의한 YAG:Ce 색변환 소재의 광 효율 향상

박영지[1]*, 황종희[1], 이윤기[2], 김선욱[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *경상대학교*

$Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ (YAG:Ce) PiG is widely used as a color conversion material for high power white light emitting diodes (WLEDs) due to its high luminous efficiency. In our previous studies, we have been studied to obtain the PiG materials with high optical efficiency by modifying the chemical composition of glass frits as well as the particle size of the glass frits and content of the phosphors. In this study, we modified the chemical composition of glass frits by doping with transition metals such as Ni, Nb, Cu, Ti and Mn to improve the luminous efficiency of the YAG:Ce PiG. As a result, the luminous efficiency of the YAG:Ce PiG was successfully enhanced by Nb doping into the glass frits and the luminous efficiency of the PiG sample is estimated to be 86 lm/Wrad and this PiG showed longer lifetime of 1.453 ns.

P2-G6-4 A Study on the Effect of the Physical Properties of ta-C Coating Layer According to the Bias Voltage on the Wear Resistance of Micro Drill

ta-C 코팅층의 잔류 응력 변화에 따른 마이크로 드릴의 내마모성 향상에 관한 연구

손민희[1]*, 김효준[1], 장규범[2], 김광진[2], 이선영[1]. [1] *한양대학교*, [2] *(주)네오티스*

PCB 기판, 연료분사 노즐을 비롯한 초정밀 가공 분야에 사용되는 마이크로 드릴은 절삭 공정 과정에서 급격히 진행되는 마모에 의해 파손되어 생산 능률을 저하시킨다. 이에 마이크로 드릴의 수명을 증가시키기 위해서 절삭날의 내마모성을 향상시키고자 우수한 기계적 물성을 가지는 박막을 드릴에 코팅하였다. Diamond-Like Carbon(DLC)는 다이아몬드의 전형적인 특성을 가지는 탄소 나노구조체의 하나로, amorphous carbon 물질이다. 7가지 형태의 DLC 중 수소를 포함하지 않는 tetrahedral amorphous carbon (ta-C)은 sp^3 결합과 sp^2 결합으로 이루어져 있어 DLC 중 가장 큰 경도와 강도를 가지며 표면이 매끄럽다는 특징이 있다. ta-C를 이루는 sp^3 결합은 40%~80%까지 조절 가능하며, 이를 통해 ta-C 박막의 경도를 조절할 수 있다. 고경도의 ta-C 박막을 코팅함으로써 마이크로 드릴의 내마모성은 향상될 수 있으나, 코팅층이 두꺼워질수록 밀착력이 저하되어 코팅층의 박리가 일어날 수 있다는 문제점이 있다. 이는 ta-C film을 구성하는 sp^3 결합의 형성 과정에서 compressive stress가 발생하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 코팅 진행 시 인가 bias voltage를 증가시킴으로써 높은 에너지를 가진 이온의 충돌

로 relaxation이 일어나게 하여 잔류응력을 감소시키고자 하였다. 서로 다른 bias voltage를 인가하며 마이크로 드릴에 일정한 두께의 ta-C 코팅층을 형성하였다. 또한 다양한 bias voltage 조건에서 Si wafer에 코팅한 ta-C 박막을 Stoney's equation을 통해 잔류 응력을 비교하였다. ta-C 코팅층은 SEM, nano-indentor 등을 통해 박막 두께와 경도를 확인하였다. 이를 바탕으로 각 마이크로 드릴을 수차례 사용 후 마모도를 비교하고, 앞서 측정한 stress 및 경도와 비교하여 코팅 층 형성 시 bias voltage에 따른 마모도의 변화를 비교하고자 한다.

P2-G6-5 Optical Properties of Tm Doped $NaYF_4$ Nanocrystals (NCs) Dispersed in Polymer

Polymer에 분산시킨 $NaYF_4$ 나노 결정 내 Tm^{3+}의 광학적 특성

전재남*, 박원지, 허종. *포항공과대학교*

현재 고출력 광섬유 레이저 분야에서는 희토류가 도핑 된 유리 광섬유가 코어 물질로 사용되고 있다. 본 연구에서는 포논에너지가 낮고, 희토류와 이온 반경이 유사한 Y^{3+}를 함유하고 있는 $NaYF_4$ 나노결정에 Tm^{3+} 이온을 첨가하여 광섬유레이저의 코어 물질로서의 활용가능성을 평가하고자 하였다. Tm^{3+} 이온을 도핑 한 경우, Tm^{3+} 이온이 808 nm의 빛을 흡수한 후 1465 nm ($^3H_4 \rightarrow {}^3F_4$)과 1825 nm $^3F_4 \rightarrow {}^3H_6$) 영역의 빛을 방출하였다. X-ray diffraction pattern (XRD), transmission electron microscope (TEM) 및 electron energy loss spectroscopy (EELS)분석을 통해 나노 결정의 구조와 희토류이온의 분포를 분석하였다. 또한 $NaYF_4$:Tm 나노 결정을 PMMA로 제조하여 photoluminescence를 측정하였다.

P2-G6-6 SiO_2-B_2O_3-BaO-Al_2O_3 Glasses as a Sealing Material for High Temperature Reversible Solid Oxide Cells

고온 RSOC용 SiO_2-B_2O_3-BaO-Al_2O_3 유리의 밀봉 특성

김우식*, 이한솔, 정운진. *공주대학교*

평관형 양방향 고체산화물 연료전지 (RSOC: Reversible Solid Oxide Cell)는 공급된 가스가 전기화학 반응을 통해 H_2O를 생성하는 연료전지(SOFC: Solid Oxide Fuel Cell)와 전기화학 반응을 역으로 진행시켜 H_2O를 분해시키는 수전해장치(SOEC: Solid Oxide Electrolysis Cell)로 작동될 수 있다. RSOC는 산소 전도를 위해 일반적으로 700 °C 이상의 높은 온도에서 작동되므로, 반응 가스의 누출을 방지하고 RSOC 구성 요소의 결합을 위해 적절한 고온 밀봉재료를 찾는 것이 중요하다. 밀봉재는 밀봉 온도에서 우수한 점성유동과 작동 온도에서 유동이 최소화되는 점도를 가져야한다. 또한 기판, 매니폴드 및 전극과 같은 RSOC 구성 요소 사이의 열 응력을 최소화하기 위해 110×10^{-7}/°C 이상의 높은 열팽창 계수 (CTE)를 가져야한다.

본 연구에서는 밀봉 온도에서 높은 CTE 및 우수한 점도 특성을 갖는 유리를 탐색하기 위해 SiO_2-B_2O_3-BaO-Al_2O_3 기반의 유리를 제조하였다. 유리는 통상적인 용융 급냉 방법에 의해 제조되었다. 유리의 열 특성은 시차 열 분석기 (DTA)를 이용하여 분석하였고, Al_2O_3 함량에 따라 CTE 및 점성 유동 변화를 확인하였다. 유리의 구조 변화는 라만 분광법을 이용하여 분석하였다. 기판과의 밀봉 특성 및 반응성은 주사 전자 현미경 (SEM)을 이용하여 관찰하였고, 밀봉재와 기판 사이의 접착강도는 만능 재료 시험기(UTM)를 이용하여 분석하였다. 우수한 유리를 선별하여 실제 RSOC 스택에 적용하여 실질적인 운행을 실시하여 우수한 밀봉 특성을 확인하였으며, 본 연구에서 개발된 소재의 실질적인 응용 가능성을 확인하였다.

P2-G6-7 Colorization Effect of Transition Metal Ions on the SiO_2-TiO_2-BaO Based High Refractive Index Glass

전이금속 이온에 따른 SiO_2-TiO_2-BaO계 고굴절 유리의 착색효과

이중희[1*], 김인건[1], 이한솔[1], 최용규[2], 정운진[1]. [1] *공주대학교*, [2] *한국항공대학교*

도로표지용 유리 비드는 페인트와 혼합하여 차선 등에 활용되며 차량 전조등에 의한 운전자의 가시성 확보에 사용된다. 일반적으로 도로표지용 유리 비드는 높은 재귀 반사도를 확보하기 위해 높은 굴절률을 필요로 하며, 특히 야간 및 우천 시의 가시성을 확보를 위해서는 1.8 이상의 높은 굴절률을 가지는 유리 비드가 필수적이다. 이를 위해 일반적으로 SiO_2-TiO_2 기반의 실리케이트 유리가 사용되며, TiO_2의 경우 원료내 중금속 불순물과 유리내 Ti^{3+}의 존재로 인해 착색이 발생하며, 이로 인한 재귀반사도의 저해를 초래한다.

본 연구에서는 굴절률이 1.8 이상인 고 굴절률 유리 비드를 제조하기 위해 SiO_2-TiO_2- BaO 기반의 유리를 제조하였으며, 제조된 유리의 착색 현상 제어 및 색 조절을 위해 전이금속 산화물을 첨가하였다. 제조된 유리는 589 nm를 표준 파장을 가지는 아베 굴절계로 굴절률을 측정하였고, 내마모성과 표면 경도의 측정을 위해 마이크로 비커스 경도계를 활용하였다. 유리 비드의 첨가제에 따른 착색 경향을 확인하고 UV/VIS 분광계를 이용하여 투과도를 측정하였다. 착색 제어를 위한 전이금속 산화물로써 Co_2O_3, CuO 및 NiO를 조성을 변화시키며 첨가하였으며, 이에 따른 착색 경향 변화를 확인하였다.

P2-G6-8 Sintering Behavior of Spray Weted CaO - Al_2O_3 - SiO_2 Glasses

CaO - Al_2O_3 - SiO_2 계 glasses 스프레이 코팅막의 소성 거동

나혜인[1*], 박제원[1], 최성철[2], 김형준[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *한양대학교*

Yttrium이 없는 알칼리토류 알루미노 실리케이트 계 유리의 플라즈마 가스에 대한 내구성에 대한 연구가 이루어져 왔다. 이 유리들은 Ar+CF_4 플라즈마 가스 반응시 형성된 불화물의 승화점이 높아 내플라즈마성에 기인한다. 이러한 내플라즈마 특성의 유리 중 CaO - Al_2O_3 - SiO_2 계 유리가 드라이 플라즈마 에칭시 알루미나, 사파이어 등의 소재에 비하여 뛰어난 내플라즈마 특성을 지닌 것을 확인하였다. 이를 반도체 공정용 세라믹 소재의 표면을 개선하기 위해서 분체화하여 코팅소재로 적용시켰다. 이 과정에서 유리 코팅막은 소성 조건에 따라서 표면특성이 변화하며 결정화가 발생하는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 유리의 코팅시 소성조건에 따라 발생하는 표면특성, 결정화 발생에 따른 코팅막의 소성 거동을 표면 조도 변화, 소성 전 후 수축율을 통해 확인하였다. 이와 같은 연구를 통하여 CAS계 유리 분체 적용시 효과적인 소결조건을 제안하였다.

P2-G6-9 A Rapid Synthesis of Multi-layer Phosphor-in-glass (PiG) by using a Microwave Synthesis

마이크로 파를 이용하여 합성한 다층 구조를 가지는 형광체 담지 유리의 특성 분석

이우철*, 박성준, 홍우태, 정종원, 박진영, 양현경. *부경대학교*

The commercial phosphor-converted white-LED (WLEDs) can be produced by the combination of blue LED chips and yellow $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ (YAG:Ce^{3+}) phosphor embedded with organic resins. However, it possess some problems such as a low color rendering index (CRI) owing to the lack of a red component. It also causes reduction of luminous efficacy (LE), the shift of chromaticity, and the

degradation of long-term reliability as high power LED and LD due to poor thermal and photonic stability of organic encapsulants.

To overcome these problems, stacking YAG:Ce^{3+} PiG and $CaAlSiN_3$:Eu^{2+}, red-emitting phosphor, has been recently reported. The phosphor-in-glass (PiG), that a certain amount of phosphor is dispersed in a glass matrix, has some advantages of a facile fabrication and high thermal and chemical stability. And the Eu^{2+} ions in $CaAlSiN_3$ show high thermal stability due to the rigid crystal structure of the crystal lattice with the networks of linked (Si, Al)N_4 tetrahedra.

In this study, the multi-layer PiG synthesis of by co-sintering of YAG:Ce^{3+} and $CaAlSiN_3$:Eu^{2+}. The phosphors are dispersed in the soda-lime glass matrix and fabrication was optimized by luminescence properties.

P2-G6-10 Optical Properties of Er^{3+} and Yb^{3+} Doped Oxide Glasses for Temperature sensing Applications

온도센서 응용을 위한 Er^{3+} 및 Yb^{3+}이 첨가된 산화물계 유리의 광학적 특성

최남건*, 이창원, 나임쿠람, 주성민, 김복현. *광주과학기술원*

기존의 전기식 온도센싱 기술은 센서부가 반도체나 금속소재로 제작되기 때문에 전자기 간섭을 받기 쉽고 화학적 내구성이 낮다는 한계를 가지고 있다. 반면에 광흡수나 형광특성을 이용하는 광학식 온도측정 기술은 이러한 문제점을 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 광섬유 기술과 접목하여 고감도, 원격측정, 다중측정이 가능하다는 장점을 가지고 있어 많은 연구가 수행되어 왔다. 특히, 광학유리로 만들어진 광학식 온도센서의 경우 전기절연성이 우수하고 빛을 측정수단으로 이용하기 때문에 방폭성을 가지고 있으며 발전기, 변압기와 고전압 전력시스템 및 연료전지, 가스파이프라인과 같은 가스관련 시스템에 안전하게 사용할 수가 있다.

본 연구에서는 희토류이온 (Er^{3+}, Yb^{3+})이 함유된 산화물계 유리를 제작하고 희토류이온에서 발생하는 형광스펙트럼의 온도특성을 분석하였다. 광학유리 제작은 전기로를 이용한 일반적인 유리용융법을 사용하였다. 먼저 가루 형태의 Er_2O_3 및 Yb_2O_3 를 유리 원료에 함께 첨가하여 볼밀공정을 수행하였다. 볼밀공정을 통하여 균질하게 교반된 시료는 전기오븐을 사용하여 수분을 제거하였다. 이어서 전기로를 사용하여 900°C에서 1시간 동안 용융시킨 후 예열된 황동몰드에 부어 유리를 제조하였다. 만들어진 유리샘플은 광특성 측정을 위하여 약 2.0 mm 의 두께로 연마되었다. 연마된 희토류이온이 함유된 유리샘플의 표면에 반도체레이저를 사용하여 여러가지 파장에서 조사하고, 스펙트럼분석기를 사용하여 레이저 파장 및 희토류이온에 따른 형광스펙트럼의 온도의존성을 분석하였다.

P2-G6-11 Investigaiton on Thermal and Mechanical Properties of TeO_2-ZnO-BaO Glasses for IR Applications

IR 응용을 위한 TeO_2-ZnO-BaO계 유리이 열적 기계적 특성 분석

최남건[1*], 이창원[1], 정혜정[2], 부성재[2], 최은서[3], 김복현[1]. *[1]광주과학기술원, [2]한국생산기술연구원, [3]조선대학교*

산화물 기반의 텔루라이트 유리는 여러가지 우수한 광학적 특성을 가지고 있어 비선형 소자, IR 렌즈, 그리고 광 증폭기용 소재로서 많은 관심을 받아왔다. 텔루라이트 유리는 0.4~6 μm범위에서 높은 광투과율, 낮은 포논에너지, 높은 비선형 굴절률 특성을 가지는 것으로 알려져 있다. 또한, 텔루라이트 유리는 칼코지나이드 유리 및 불화 유리와 같은 IR 투과 유리에 비하여 상대적으로 원료가격을 낮출 수 있는 장점을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 텔루라이트 유리를 IR 렌즈 및 광섬유와 같은 특수소재로 활용하기 위해서는 소자를 제작하기에 충분한 열적 기계적 특성을 가지고 있어야 한다.

본 연구에서는 일반적인 유리용융법을 이용하여 기지조성이 TeO_2-ZnO-BaO인 삼성분계 유리를 제작하였다. 각 성분들이 균일하게 혼합되도록 원료들은 지르코니아 볼을 사용하여 볼밀공정을 수행하였다. 균질하게 교반된 유리원료는 건조과정을 거친 후 전기로를 사용하여 900°C에서 1시간 동안 용융시켰고 이어서 예열된 황동몰드에서 2시간 동안 열처리 후 공기중에서 서냉하였다. 제작된 유리 샘플은 비커스 경도 및 열분석(DSC) 측정을 통하여 유리 조성에 따른 기계적 열적 특성 변화를 분석하였다.

P2-G6-12 Optical and Dosimeter Properties of RPL Glass Materials by Heat Treatment

열처리 조건에 따른 RPL 유리 재료의 광학적 및 피폭선량계 특성

강봉훈[1*], 황성태[2]. *[1]극동대학교, [2]한성대학교*

In this study, we investigated the optical properties of Ag-doped phosphate glass dosimeters prepared by a conventional melt quenching method. Corresponding excitation bands also appeared in the excitation spectra after irradiation. In addition, we observed differences in the stability of the RPL fluorescent centers after heat treatment.

P2-G6-13 Solidification of Glass with Absorbent Containing Wastes from Decommissioning Processes

원전 해체 제염 폐기물 흡착제 담지용 유리고화체 개발

전재남*, 이호정, 이청원, 박상수, 강재혁, 엄우용, 허종. *포항공과대학교*

현재 국내 가동 중인 25기 원전 가운데 2030년까지 12기(고리1호기 포함)의 설계 수명이 종료될 예정으로, 제염/해체과정에서 발생하는 폐기물의 양이 기하급수적으로 증가할 것으로 예측된다. 따라서 원전 시설의 제염 기술 개발과 함께 제염 후 발생하는 방사성 폐기물 처분연구의 중요성이 대두되고 있다. 방사성 폐액 처리에 주로 사용되는 이온교환수지는 핵종 제거 효율은 높으나 흡습에 의한 부피 팽창으로 고형화가 어렵고 강한 방사선에 피폭되면 분해되는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 폐액 내 방사성 핵종을 99% 이상 흡착시키는 무기물 흡착제인 Cancritnite와 Chalcogel을 개발하였다. 본 연구에서는 Cancritnite와 Chalcogel 흡착제를 효과적으로 담지시키기 위한 유리고화체를 개발하여 폐기물의 부피저감과 처분적합성을 향상시키고자 한다.

먼저, 폐액 내 Fe, Cr, Ni, Co, Mn을 99% 이상 흡착하는 Cancrinite ($Na_8[AlSiO_4]_6CO_3 \cdot 3.4H_2O$)를 70 wt.% 담지시키는 유리를 개발하였다. Cancrinite 흡착제 내 Al_2O_3 함량이 높아, 고화체 제조 시 용융점이 증가한다는 단점이 있다. 따라서 SiO_2-B_2O_3-CaO-Li_2O계 유리조성을 개발하여 1400°C에서 Cancrinite를 70 wt.% 까지 담지할 수 있도록 제조하였다. 추가적으로, 폐액 내 잔류하는 Cs의 경우 MoSx계 Chalcogel 흡착제를 사용하여 제거할 수 있다. 하지만 MoSx계 흡착제는 350°C 이상에서 쉽게 산화 및 휘발되어 흡착성능이 저하될 가능성이 있어 일반적인 용융방법을 통하여 고형화시키는데 어려움이 있다. 따라서, 유리전이온도가 250°C 이하로 낮고, 화학적 내구성이 우수한 silver phosphate 계 유리를 개발하여 저온소결법을 통해 고형화하였다. Cancritnite와 Chalcogel을 담지한 유리고화체의 열화학적 내구성 및 처분적합성평가를 폐기물 처분 기준에 따라 수행하였다.

P2-G7-1 Effect of Particle Size Distribution on Castable Refractory Properties

입도 분포에 따른 캐스타블 내화물의 특성변화 연구

김성열*, 김원갑, 하창기, 김락희. *한국내화*

캐스타블 내화물의 입도 분포는 연속 입도 분포로 구성되어 충진, 유동성 및 첨수율에 영향을 준다. 연속 입도 분포는 이론적으로 계산되어 설계될 수 있는데, 특히 Andreasen 모델이 널리 적용되어 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 Alumina-spinel 및 Bauxite 재질의 캐스타블 내화물에 Andreasen 모델을 적용해 입도 분포에 따른 캐스타블 내화물의 물리적, 열적 특성변화를 파악하였다.

Andreasen 모델에서 입도 분포는 분산계수(q-value)에 따라 설계가능하며, 본 연구에서는 입도 분포를 분산계수 0.18, 0.20, 0.24, 0.28로 설계하여 실험을 진행하였다. 물리적 특성 중 유동성, 첨수율 및 압축 강도는 분산계수가 증가할수록 감소하였고, 기공율과 부피비중은 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 열적 특성은 분산계수가 증가할수록 열간 곡 강도(1400ºC)는 감소, 열충격 저항성(1400ºC)과 내침식성(1550ºC)은 증가하였다. 이는 분산계수가 증가할수록 골재가 많아지고 미분이 적어짐에 따라 골재 간의 간섭 증가와 미분 Rheology 특성 저하가 발생하여 강도 및 유동성을 감소시킨 것으로 판단된다. 또한 미분 감소는 고온에서 Crack 형성을 저하시켜 열충격 저항성 및 내침식성이 향상된 것으로 생각된다.

P2-G7-2 Chemical Interface Reaction between Zirconia-BN Refractory by Mold Flux in Presence of Molten Steel

Molten steel이 존재하는 조건에서 Mold flux에 의한 Zirconia-BN 내화물의 화학적 계면 반응

소성민[1*], 김경훈[1], 박주석[1], 김형순[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]인하대학교*

Zirconia-graphite 내화물은 열충격 저항성과 다양한 slag에 대한 내심식성이 우수하여 철강의 연속주조에 사용되는 침지노즐(submerged entry nozzles, SEN)의 slag line 부분에 적용되는 소재이다. Zirconia-graphite 내화물의 침식 거동에 대한 연구는 CaF_2, Na_2O 같은 저 융점의 화합물이 포함된 mold flux에 의한 zirconia의 탈안정화 반응을 중심으로 보고 되고 있다. Graphite는 융용된 mold flux 사이의 작은 표면 장력으로 인해 젖음성이 낮기 때문에 mold flux와 반응을 하지 않지만 용융된 철강에 의해 침식이 되며, 고온에서 산화되는 문제점을 지니고 있다. 본 연구에서는 graphite와 물리적 화학적 성질이 비슷한 h-BN을 이용하여 zirconia-BN 내화물을 제조하고 용융된 Fe가 존재하는 조건에서 mold flux와 내화물 계면의 화학반응을 연구하였으며 zirconia-graphite 재질의 내화물과 비교하여 zirconia-BN 내화물의 내침식성이 더 우수하다는 것을 확인 할 수 있었다.

P2-G7-3 Study on Sand Casting 3D Printing Materials for Electric Vehicle Parts Fabrication

전기자동차 부품 제작을 위한 사형 주조 3D 프린팅 소재 연구

손현진[1*], 장성완[1], 배창준[1], 양정직[2], 이환종[2], 정영근[3]. *[1]재료연구소, [2]자동차부품연구원, [3]부산대학교*

사형 주조 3D 프린팅은 동시에 복잡한 주형과 중자를 제작 가능하며 기존 목형 공정 대비 제작 시간 90% 단축 및 높은 정밀도로 인해 뿌리산업 부품 제작 기술로서 자동차, 조선, 기계산업에서 부품 제작 기술로서 큰 관심을 받고 있다. 사형 주조 3D 프린팅의 주요 소재는 주물사, 바인더 및 경화제이나, 바인더와 경화제 조성에 따른 강도와 신뢰성에 대한 연구는 미비하여 주형 강도 재현성 부족으로 실제 주조 공정에 적용하는데 한계가 있다. 본 발표에서는 강도의 신뢰성을 평가하는데 주로 사용되는 Weibull modulus를 바탕으로 사형 주조 3D 프린팅에서 중요한 소재인 경화제와 바인더의 조성 변화 및 열처리 공정 변화에 따른 주형의 굽힘 강도(Flexural strength)를 살펴보고, 측정된 시편들의 강도 값을 Weibull plot으로 나타내어 신뢰성 평가를 진행하였다.

P2-G7-4 Improvement of Dispersion Stability of Zirconium Diboride in Aqueous Solvent by Surface Functionalization Applying Amine and Carboxyl Groups

카르복실기와 아민기를 적용한 표면 기능화를 통한 수계 용매 내 붕화 지르코늄의 분산성 향상

신재록*, 한진순, 차지현, 안계석, 최성철. *한양대학교*

Zirconium diboride (ZrB_2) has been considered to promising candidate for thermal barrier systems in the extreme environment because of excellent thermal resistance, hardness and oxidation resistance property at high temperature over 3,000ºC. To implement the complex structure, the parts made of ZrB_2 are usually fabricated by colloidal processing. High dispersion stability and low viscosity is important property for colloidal ZrB_2 slurry to fill a mold well during colloidal processing. However, ZrB_2 has low dispersion stability at aqueous solvent because of surface hydrophobicity and inter-particle agglomeration due to high surface energy. For this reason, much research has been conducted on improvement of the dispersion stability, including method about solvents and surfactants. In this study, surface treatment with polyethylenimine (PEI) and polyacrylic acid (PAA) were performed to improve dispersion stability of ZrB_2 particles. These reagents were used to form inter-particle repulsive force consist of electrostatic and steric hindrance by the functionalization of amine or carboxyl groups. To determine the appropriate reagent which could improve the dispersion stability, the results of analysis of surface and dispersion property of PEI and PAA treated ZrB_2 particles were compared. Additionally, the rheological properties of the aqueous ZrB_2 slurry treated by the proper reagent were analyzed by viscosity measurements with various solid loadings.

P2-G7-5 Modeling of Quasi-plastic and Impact Behavior of MgO-C Refractory by Indentation Displacement

MgO-C내화물의 압입변위에 의한 준소성적 탄성 및 충격거동 예측

이기성[1*], 이동헌[1], 김태우[1], 변윤기[2]. *[1]국민대학교, [2]포스코 기술연구원*

본 연구에서는 전로장입측 MgO-C 내화물의 충격거동을 구형 압입시험의 결과로부터 예측하는 연구를 수행하였다. 이 방법은 직접 내화물에 충격을 가하지는 않지만, 특수한 상황의 충격 역학식으로부터 도출된 변위의 양으로부터 하중의 크기를 도출해내고, 다른 한편으로 속도와 변위의 관계로부터 속도를 예측하여 내화물에 작용하는 준소성적 탄성 및 충격거동을 예측하는 방법이다.

본 연구에서 기반이 되는 데이터는 정 하중 하에서 MgO-C내화물을 압입하는 시험에 의해 얻은 데이터들을 활용하였다. 포스코에서 제작한 카본 함량이 서로 다른 3종의 MgO-C 내화물을 표면연마 한 후 초경 구를 접촉시켜 500N까지 힘을 증가시켰고 이후 같은 속도로 하중을 제거하여 압입하중-변위그래프를 분석, 압입변위를 측정하였다. 이로부터 일정한 속도에서 내화물의 손상변위를 예측하는

연구를 수행하여 그 결과 준소성적 탄성영역에 의한 충격해석 역학계산으로부터 충격거동을 예상할 수 있었다.

P2-G7-6 Mechanical Properties of Ceramic Core According to the Number of Functional Group in Photo-curable Monomer

광중합 단량체의 작용기 수에 따른 세라믹 코어의 기계적 특성

이혜주*, 최현희, 박혜영, 김하은, 김은희, 양승철, 정연길. *창원대학교*

중공형 기계부품 제작에 있어서 내부 공간을 유지하기 위한 세라믹 코어는 고온의 용탕과 직접적으로 접촉하고 용탕의 자중을 견뎌야 함으로 상대적으로 높은 강도가 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 세라믹 코어를 제작할 때 사용되는 사슬형 고분자 수지 (레진계 바인더) 대신, 1 관능 및 3 관능 아크릴레이트 광중합 단량체 (Isobrnyl acrylate/pentaerythritol triacrylate)를 적용하였다. 각 관능기 (1 관능기, 3 관능기, 1+3 관능기)와 무기 바인더가 코팅된 용융 실리카 (fused silica)를 혼합하여, 광중합 (photo polymerization) 공정을 통해 고 강도 세라믹 코어 성형체를 제조하였으며, 열처리 공정에서 출발분말의 표면에 코팅된 무기 바인더가 유리질로 전환되어 소성강도를 발현하였다. 사용한 광중합 단량체의 관능기 수에 따른 세라믹 코어의 기계적 특성을 비교 × 고찰한 결과, 시편의 성형 강도는 1 관능기와 3 관능기를 함께 사용하였을 때 가장 높았으며, 소성강도의 경우 1 관능기를 사용하였을 때 가장 높았다. 강도 발현에서 성형 강도의 경우, 광중합 시 1 관능기와 3 관능기의 상호 작용으로 조밀한 구조를 나타내는 것에 기인하며, 소성 강도에서는 광중합 효율이 상대적으로 낮은 관능기 (1 관능기)의 휘발 시 출발분말 표면에 코팅된 무기 바인더의 소실도 상대적으로 낮음에 따라 유리질로 전환되는 양이 높은 것에 기인하는 결과이다. 이를 통해, 높은 성형 및 소성 강도를 동시에 발현시킬 수 있는 세라믹 코어 제조 공정을 제시하였다.

P2-G7-7 Microstructure and Oxidation Behavior of Silicide Coating Layer with Mo / Nb ratio in Mo-Nb System

Mo-Nb 시스템에서 Mo/Nb 분율에 따른 Silicide 코팅층의 미세조직과 산화거동

양원철*, 황철홍, 최찬식, 박종원, 박준식. *한밭대학교*

가스 터빈의 Hot section 부분과 우주항공분야의 차세대 초내열재료로 융점이 약 2000ºC 이상인 Refractory metals를 사용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 대표적으로 refractory 원소 중에서 Mo-based 및 Nb-based 합금이 많이 쓰인다. 다른 refractory 금속에 비해 10.28 g/cm^{3}으로 높은 밀도를 가진 Mo의 함량을 높여 사용하기에는 한계가 있어, Nb-Silicide 합금에 Mo를 첨가하는 연구나 Mo-Nb-Si-B 합금과 같은 연구가 진행되고 있다. 그러나, Mo/Nb 분율에 대한 guideline 연구가 부족하다. 또한, refractory 금속의 산화특성에 의한 열악한 산화 저항성의 향상에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Mo-Nb 합금에 Si pack cementation 코팅을 통해 $(Mo_x, Nb_y)Si_2$ 코팅층에서의 Mo와 Nb의 분율을 조절하여 내산화성을 향상하고자 하였다. $(Mo_x, Nb_y)Si_2$ 코팅층의 1200ºC에서의 정적 산화테스트를 통해 합금 표면에 SiO_2 세라믹 보호층을 형성하였다. SEM BSE, XRD, EDS를 통해 Mo-Nb 합금과 silicide 코팅층에서의 Mo와 Nb의 분율을 분석하여 내산화성의 향상을 미세조직 관점에서 논의하였다.

P2-G7-8 Mold Fabrication and Reaction Characteristics in Metal Fuel Rod Preparation Process

금속 연료심 제조공정에 사용되는 몰드의 제조와 반응특성

정경채*, 오석진, 김기환, 국승우, 박정용. *한국원자력연구원*

액체금속을 냉각재로 사용하는 소듐냉각고속로의 경우 핵연료는 금속 합금 형태의 연료심을 제조한 후, 적절한 가공과정을 거쳐 원자로 로심에 장착하게 된다. 연료심의 조성은 원자로의 특성에 따라 다르지만, 사용후 핵연료의 재활용을 위해, 국내에서는 U-10Zr 합금 물질을 기반으로 적당량의 TRUs나 REs물질들이 혼합된 금속연료를 제조하기 위한 연구가 진행되고 있다. 금속합금 연료심은 고온의 사출주조로에서 제조되는데, 고온의 금속용융물을 쿼츠 주형에 인입시킨 후, 냉각과정을 거쳐 연료심을 얻고, 후속처리하여 품질관리 과정을 거치면 specification에 맞는 금속연료심이 얻어진다. 본 연구에서는 금속의 고온 용융물을 연료심 형태로 제작하는데 사용되는 주형에 대한 연구가 진행되고 있는데, 기존의 쿼츠 주형을 사용해서 건전 연료심을 제작하는 방법과 고온 용융물과 쿼츠와의 반응을 효율적으로 방지하기 위한 조치에 대한 내용을 간단히 설명하고, 고온용융물과 주형과의 반응에 의해 발생되는 핵연료 물질의 손실율을 최소화하기 위한 연구 진행상황, 쿼츠 주형을 대체할 수 있는 대체 주형 물질의 선정과 개발에 대한 간략한 내용을 소개하고자 하였다.

P2-G7-9 An Evalution of Surface Hardner on Concrete for Corrosion Resistance with Shall Powder

패각분말을 활용한 콘크리트 내식성을 향상시킨 표면 경화제 물성평가

김지혜*. *한국건설생활환경시험연구원*

본 연구에서는 콘크리트 구조물의 균열과 부식으로 인한 누수의 원인을 제거하고 물리화학적 성능을 향상시킨 콘크리트 도료 표면 강화제를 연구하였다. 콘크리트는 모세관공극을 갖는 다공질 구조로 외부환경에 따라 동결융해, 중성화, 염해 등의 복합적인 원인으로 인해 부식되어 내구성이 저하되어 균열 및 박리가 발생해 누수로 이어지는 원인이 되므로 별도의 방수층을 필요로 한다. 또한, 도료산업은 세계적인 환경보호 추세와 수요자의 의식변화가 맞물려 환경친화적 제품을 만들어야하는 상황으로 변모하고 있다. 우리나라의 경우, 남해안과 서해안을 중심으로 여러 종류의 패류가 양식되고 있으나 채취되는 부피에 비해 실제 가공되는 양이 매우 적어 껍질로 인한 다량의 폐기물이 발생하고 있다. 이러한 패각을 처리하기위한 명확한 기준이나 처리방법이 제시되어 있지 않아 인근해안에 적치하거나 단순 매립하는 등 불법 투기가 심각한 실정으로 본 연구를 통해 건설재료의 성능 향상과 폐기물 처리를 통한 환경적 문제를 해결하고자 한다. 국내에서 생산되는 대표적인 패각 4종류(굴, 꼬막, 대합, 바지락)의 비중, 흡수율 측정 및 화학적 성분 분석을 통해 기초물성을 측정해 꼬막, 대합, 바지락의 패각은 도료 표면 강화제의 보조 재료로 부합함을 확인하였다. 가격 경쟁력과 재료 수급성을 고려하여 꼬막 패각 분말을 사용하였으며 분쇄한 패각의 입도를 조절하여 시멘트 모르터에 혼입한 후 KS F 4925에 따른 시험을 진행하여 도료 표면 강화제의 적용 가능성을 확인하였다.

P2-G7-10 A Study on the Properties of Red Clay Mortar Using Magnesium Phosphate Ceramics

인산 마그네슘 세라믹을 활용한 황토 모르타르의 특성에 관한 연구

박동철*, 황무연, 양완희, 이정우. *㈜위드엠텍*

최근 국내 소비자들은 친환경적 삶과 높은 수준의 질을 만족할 수 있는 건축물 및 공동주택을 요구로 건설사 및 시공사에서 사용하고 있는 건축자재에서 배출되는 오염물질의 원인 및 해결책을 찾기 위한 많은 연구 및 개발을 진행하고 있다.

대부분 국내에서 사용되는 건축자재는 시공성 및 내구성 확보를 위하여 천연재료에 시멘트 결합재 또는 유기수지를 혼합하여 제품화하고 있으며, 이는 시멘트에서 나오는 강알카리 용출수로 인한 환경오염 및 중금속 용출 문제점과 유기수지에서 배출되는 휘발성 유기물(VOCs) 문제점으로 천연재료가 갖는 고유의 특성들이 없어져 소비자가 원하는 친환경 결합재의 기술개발이 필요한 실정이다.

인산 마그네슘 세라믹(Magnesium Phosphate Ceramics (MPC))은 화학결합형(chemically bonded ceramics)으로 불리는 신건설 재료로 시멘트를 사용하지 않고 초기 고강도 및 고부착력 등의 우수한 특성을 가지고 있다.

본 연구에서는 인산 마그네슘 세라믹(MPC)과 황토를 혼입한 미장용 모르타르의 응결시간, 플로우, 압축강도(1일, 3일, 7일, 28일) 실험을 실시하였다.

실험결과 인산마그네슘세라믹(MPC) 황토 모르타르는 재령 1일부터 우수한 압축강도 성능으로 KS L 5220 건조 시멘트 모르타르의 일반 미장용 성능에 적합한 성능을 나타내었다.

P2-G8-1 Chemical Bonding and Electronic Structure Analysis of Layered Hexagonal $ZnIn_2S_4$

층간 다형체 육방정계 $ZnIn_2S_4$에 대한 화학적 결합 및 전자구조 분석

이진호*, 이태훈, 장우선, 손알로이시우스. *연세대학교*

The ternary chalcogenide, $ZnIn_2S_4$ is know to exhibit various polymorphic expressions: from the cubic spinel phase to various polytypic layered hexagonal structures, commonly known as the α-, β-, II_a-, and II_b-phases. Recently, layered II_a- and II_b-$ZnIn_2S_4$ have been actively investigated due to their outstanding photocatalytic performances. However, an accurate atomistic view of these layered structures is still lacking, and the influence of van der Waals (vdW) interactions on these polytypic layered-phases of $ZnIn_2S_4$ is not well established. In this work, we systematically perform first-principles density-functional theory (DFT) calculations to study and examine the crystal structures of layered hexagonal $ZnIn_2S_4$ considering the vdW interactions. Interestingly, we propose a revised atomic structure of the II_a-phase, disputing earlier experimental reports with the support of chemical bonding analysis. Furthermore, we report the detailed electronic structure analysis of the polymorphic phases of $ZnIn_2S_4$ to provide the basis for their potential applications as a new class of high-performance photo-catalysts.

P2-G8-2 Computational Analysis of Phase Change Memory Devices Combining Thermal / Electric Analysis and Phase Field Method

열/전기 해석과 상장법을 결합한 상변화메모리 소자에 대한 전산 해석 연구

이환욱*, 권용우. *홍익대학교*

상변화메모리(Phase-change memory)를 시뮬레이션하기 위해서는 전기, 열, 상변화모듈에 대한 결합된 계산이 요구된다. 그러나 기존의 상변화 계산을 위한 상용 모델들은 Set 과정에서 Nucleation & Growth를 완벽히 반영하지 못하는 단점을 지니고 있다. 우리는 유한요소법을 기반으로 하는 COMSOL Multiphysics를 이용하여 열/전기모델(electrothermal model)과 상장모델 (phase-field model)을 함께 해석하는 fully-coupled model을 확립했다. 열/전기모델을 통해 bias 조건으로부터 전류밀도 및 온도분포를 얻고, 그로 인한 확률적 핵 형성(stochastic nucleation)과 성장을 상장모델을 이용하여 계산한다. 이 모델을 통하여 reset pulse에서의 cooling speed에 따른 비정질화(amorphization) 및 재결정화(recrystallization)에 대하여 연구한다.

P2-G8-3 A Study on Relationships Between Pore Structure and Effective Property to Design Optimal Pore Structure in Porous Material

다공성 재료의 최적 구조 설계를 위한 다공 구조와 유효 특성 간의 관계 연구

정동명*, 권용우. *홍익대학교*

Porous material is comprising solid and pore phases and has effective properties between upper and lower bounds given by the rule of mixture. The effective properties greatly depend on the detailed structure. Achieving high elastic modulus and low thermal conductivity at the same time is difficult because there is a tradeoff between them. Nevertheless, it is necessary to find the optimal structure. In this work, effective thermal conductivity and elastic modulus for various porous structures are calculated by finite element simulation. Relations between structural characteristics and effective properties are extracted from the calculation results. Then, the design rules for the optimal structure are discussed.

P2-G8-4 Identification of Thermoelectric Transport Properties in $Na_xPb_{1-x}Ag_yTe$ by Computational Materials Science

전산모사를 통한 $Na_xPb_{1-x}Ag_yTe$의 열전 수송 특성 규명

장한휘[1]*, 정연식[1], 오민욱[2]. *[1] 한국과학기술원, [2] 한밭대학교*

Thermoelectric energy conversion has been drawing a lot of attention due to its versatile ability to convert a waste heat into practical electric energy. However, low conversion efficiency has been a significant obstacle to the commercialization of the thermoelectric generator. To deal with this problem, several works are focusing on tuning the thermoelectric transport properties via doping a number of elements to the thermoelectric material.

Among various thermoelectric materials, lead telluride (PbTe) is considered as intriguing candidate due to its high mobility with intrinsically low thermal conductivity, which is critical properties of high-performance thermoelectric material. In this work, the effect of Na and Ag co-doping on the electronic transport properties, band structure, and thermal transport properties are investigated. Interestingly, the temperature-insensitive transport properties both in Seebeck coefficient and electrical conductivity is observed above T=600 K. Moreover, abrupt drop of lattice thermal conductivity is confirmed at the same temperature region.

To get a deep insight on the transport properties of Na and Ag-doped properties, several calculations are done. We confirmed that the band structure is not affected by the doping. However, from the three-band Kane model, we concluded that the peculiar transport property is highly related to the band structure and diffusion phenomena of the dopants in the PbTe.

P2-G8-5 Fabrication of Controlled Silver Particles by using Polyol Prcess and Silver Chloride Precursor

Polyol 합성법과 염화은(AgCl) 전구체를 이용해 제어한 은(Ag) 입자 제조

이수현[1]*, 오민욱[2]. *[1] 한국과학기술원, [2] 한밭대학교*

Polyol 합성방법은 금속입자를 합성하는 방법 중 하나로 에틸렌 글리콜(Ethylene glycol)에 금속염인 전구체를 섞어서 반응온도를 증가시켜 금속이온을 환원시킨다. Polyol 합성방법을 이용하여 입자의 크기, 모양, 조성, 결정성 등을 제어할 수 있는데, 기본적인 실험변수로는 캡핑제(capping agent), 환원제, 금속 전구체 농도, 금속원자의 종류가 있다. 특히, polyol 합성방법을 이용하여 은 입자를 합성할 때는 전구체를 질산은($AgNO_3$)을 사용하는데, 질산은은 25도의 에틸렌 글리콜에서 49.67%의 높은 용해도를 갖기 때문이다. 하지만 산업현장 또는 대학원 실험실에서 많은 염화은이 발생되고 버려지고 있다. 버려지는 염화은은 경제적인 손해와 환경적으로 부정적인 영향을 준다. 이번 연구에서는 염화은을 전구체로 이용하여 polyol 방법으로 은 입자를 합성하는 연구를 진행하였다. 에틸렌 글리콜과 캡핑제인 Poly(vinyl pyrrolidone) (PVP)를 이용하여 이온화되 전구체 염화은을 은 또는 염화은으로 환원하였다. Polyol 합성 조건에 따라 은 또는 Cube구조의 염화은의 입자의 크기, 형태, 조성 및 구조가 어떻게 변화하는지 주사전자현미경(SEM), EDS, XRD를 이용하여 분석하였다.

P2-G8-7 Ln^{3+} Ion Size Effect on Electronic Structure in Metal Insulator Transition System $LnBaCo_2O_{5.5}$(Ln=Lanthanides)

금속 절연체 전이 시스템 $LnBaCo_2O_{5.5}$(Ln=란탄족)의 전자 구조에 미치는 Ln^{3+} 이온 크기 영향

김은호*, 이준호, 이동화. *포항공과대학교*

Layered cobalt oxides with the chemical formula $LnBaCo_2O_{5.5}$ (Ln = lanthanides) show intriguing phenomena such as metal-insulator transition (MIT), giant magnetoresistance (MR) effect. Especially, the reversible change in electrical conductivity with temperature has received a great attention for its potential application for smart windows. $LnBaCo_2O_{5.5}$ (LnBCO) series exhibit inverse correlation between transition temperature and band gap unlike conventional MIT systems such as $LnNiO_3$ and VO_2. Previous study has identified that the MIT in LnBCO is concerned with low spin to high spin switch in the Co^{3+} ion located at the octahedra. However, the physical origin for the inverse correlation between transition temperature and band gap has not been identified.

In this study, therefore density functional theory (DFT) calculations are employed to understand the effect of Ln^{3+} ions on the MIT temperature of LnBCO. Our study identifies that the increased size of Ln^{3+} ion can suppress octahedral rotation that decreases the bandgap by broadening of bandwidth of orbitals. On the other hand, Jahn-Teller distortion induced by large size of Ln^{3+} stabilizes low-spin state of Co^{3+} ion by enhancing intra orbital splitting between t2g and eg. Therefore, inverse relation of band gap and transition temperature can be understood by the complex effects of octahedral rotation and Jahn-Teller distortion.

P2-G8-8 Investigating the Role of Anisotropy on Thermoelectric Properties of Tellurium Prepared by Directional Solidification

방향성 응고에 의해 제조된 텔루륨의 열전특성에 대한 이방성의 역할연구

ABBEY STANLEY*, Min-Wook Oh. *한밭대학교*

In this report we investigate h texture related ,inherent anisotropic temperature dependent thermoelectric properties of tellurium by a combination of directional solidification and spark plasma sintering. Directional solidification is an effective method for enhancing the thermoelectric properties of Te by improving the electrical conductivity through texturing and facile doping. To measure anisotropy and influence of doping on the thermoelectric properties,the samples were cut in the inplane and crossplane directions.X-ray diffraction (XRD) was used for the phase composition.Texture calculations along the (003) plane was performed by Lotgering factor method.An investigation of the as formed anisotropic microstructural character was analyzed using a SEM. SPS ingots indicated the majority of random grains aligned in the (101) with negative lotgering factor and corresponding zT value of 0.65 and 0.57 in the inplane and crossplane at 570 K. Directional solidifcation of pure Te showed an n to ptype transition in seebeck coefficient while facile doping with Bi 0.5% induced high particle alignement with Lf(003)=0.82 in the inplane direction consequently leading to a higher ratio of anisotropy of 3.2 and 3.5 for Seebeck coefficient and electrical conductivity respectively. In all ,texturing was more pronounced for directionally solidified samples with increased electrical conductivity of 85% as compared to sps samples.

P2-G8-9 Extended Photo-conversion Spectrum in Low-toxic Bismuth Halide Perovskite Solar Cells

무연 페로브스카이트 태양전지 개발을 위한 열역학적 접근법

송동준*, 김한솔, 구혜원, 홍기하. *한밭대학교*

금속계 할라이드 페로브스카이트 (Metal halide perovskites, MHPs)는 차세대 태양전지 소재로 각광받고 있는 대표적인 물질이다. 2009년 Miyasaka 그룹에 의해 처음 염료감응형 태양전지의 흡수물질로 적용된 후, 빠른 발전을 거듭하여 최근에는 25% 이상의 공인효율을 달성하였다. 이러한 MHP 기반의 태양전지소재의 상용화에 있어 가장 큰 걸림돌로 예상되는 부분이 납의 독성이다. 자연친화적인 무연 페로브스카이트 소재의 개발을 위해, 최근 들어 많은 실험연구와 계산연구가 진행되었지만 아직 그 효율은 납기반의 태양전지에 비해 매우 미약한 형편이다. 무연 페로브스카이트 소재의 문제점 중의 하나는 상(phase)의 안정성이다. 태양광흡수에 적합한 밴드갭을 갖는 결정구조가 상온에서 불안정하여 제조가 어려울 뿐더러, 어렵게 제조된 경우에도 안정성이 떨어져서 효율의 급격한 저하가 우려된다. 이러한 문제의 근원적 해결을 위해서는 선택적 결정상의 안정화가 필요하다. 본 그룹의 이전 연구를 통해 'anti-stabilizer' 라는 상안정화 기법을 제안하였고, 본 연구에서는 이 개념과 제일원리 계산을 통해 무연페로브스카이트 소재의 상안정화를 달성할 수 있는 구체적 방법을 제시하고자 한다.

P2-G8-10 First Principle Molecular Dynamics Investigation on TiO_2E lectrolysis in CaF_2M olten Salt

CaF_2 용융염에서 TiO_2 전해환원의 제일원리 분자동역학 연구

도경연*, 이동화. *포항공과대학교*

티타늄은 질량비강도가 철의 2배, 알루미늄의 6배로 항공우주 및 자동차, 스포츠, 의료 산업과 같은 다양한 분야에 유망한 금속이다. 그러나 경제적인 측면에서 제련 비용이 많이 들기 때문에 전체 산업에서 티타늄의 비율은 작은 편이다. 산업적으로 생산되는 티타늄은 대부분 Kroll 공정에 의해 생산되는데 Kroll 공정은 배치공정으로 철이나 알루미늄에서 사용하는 연속공정과 달리 생산성이 떨어진다. 뿐만 아니라 공정과정에 유독한 염소가스를 포함하기 때문에 근본적으로 위험하다. 이를 극복하기 위한 몇 가지 새로운 시도가 있었으나 효율성, 고순도, 연속성을 동시에 극복한 방법은 없었다.

따라서 용융염으로부터 티타늄을 제련할 수 있는 최적의 조건을 찾기 위해 제일원리 계산을 통한 연구를 진행하였다.

CaF_2 용융염에 대하여 TiO_2 환원 과정에서 나타나는 문제점을 확인하기 위해 제일원리 분자동역학 시뮬레이션을 수행했다. CaF_2 시스템은 입방체에서 96개의 원자로 모델링 되었고 2000 K에서 Nose-Hoover 방식으로 NVT 앙상블을 구현했다. 전기분해과정에서 나타날 수 있는 중간체 분자 및 이온의 영향을 확인하기 위해 기존 모델에 입자수를 유지하면서 치환하는 방식으로 모델을 만들고 평균제곱변위(MSD)와 방사형분포함수(RDF), 이온 전하, 배위수, 결합지속시간의 변화를 분석했다. 연구 결과에 따르면 중간체가 Ca 양이온과 F 음이온에 서로 다른 방식으로 국부적인 상호작용을 하면서 점도를 높일 것으로 나타났다. O 음이온의 경우 Ca 양이온과 직접 상호작용하면서 Ca 거동을 느리게 하고 Ti 양이온의 경우 Ca 양이온과 F 음이온의 상호작용을 증가시켜 전체적으로 거동을 약화시키는 역할을 하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 다양한 불화금속 용융염에 대한 전기분해가 잘 진행될 수 있는 최적의 용융염을 선별할 수 있을 것으로 기대된다.

P2-G8-11 Micro Sized Silicon/Carbon Composite Anode Materials for Lithium Ion Batteries

리튬이차전지용 micro sized silicon/carbon 복합입자 음극활물질

강아연*, 신민선, 이성만. *강원대학교*

마이크로 크기를 가지는 실리콘 입자를 이용한 실리콘/탄소나노튜브/탄소 복합입자를 제조하고 이를 리튬 이온 이차전지용 고용량 음극 활물질로 적용하였다. 실리콘/탄소나노튜브/탄소 복합입자는 분무 건조법에 의해 구형의 입자로 제조되었으며 마이크로 실리콘이 탄소나노튜브와 균일하게 분산되어 비정질 탄소에 의해 결합되도록 하였다. 제조된 복합입자는 네트워크 구조를 형성한 탄소나노튜브 주변에 분산되어 존재하며 비정질 탄소로 결합되어 구조를 유지하였다. 복합입자의 구조적 특성에 의해 충방전 사이클 동안 실리콘의 부피팽창은 효과적으로 완충되고 이것으로 인해 전기적 접촉이 유지되고 SEI막 형성이 제어되어 비가역 반응이 감소하고 수명 및 충전 출력에서 우수한 특성을 가지는 것으로 보인다.

P2-G8-12 The Effect of Polydopamine Coating on Si-alloy Anode of Lithium Ion Battery

리튬이온 전지의 Si-alloy 음극 활물질에 대한 polydopamine 코팅의 효과

박지은*, 이지선, 이성만. *강원대학교*

현재 상용화된 리튬 이온 배터리의 음극활 물질로 사용하는 흑연은 우수한 사이클 및 쿨롱 효율을 나타내지만, 이론적 용량의 한계로 인하여 흑연을 대체할 수 있는 고용량 소재의 연구가 진행 중이다. 이를 대체하기 위한 고용량 소재로 Si가 주목받고 있으나 충·방전 시 발생하는 부피팽창으로 인해 수명 특성이 매우 낮아 상용화되기에 어려움이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 우리는 접착제 및 탄성 중합체 층으로 Poly dopamine(PDA) 을 코팅하여 Si 합금 음극활 물질의 수명 특성을 향상하는 새로운 방법을 제시한다.

PDA 코팅은 X선 광전자 분광법 (XPS) 및 단면 투과 전자 현미경 (TEM) 에 의해 확인된다. PDA 코팅된 Si 합금은 사이클링 동안 개선된 쿨롱 효율로 사이클링 성능을 향상시킨다. 이는 PDA가 catechol group을 작용기로 가지며 이는 좋은 습윤 접착성을 나타내고 이로 인해 전해질 환경 내에서 강한 결착력을 나타내며 코팅이 충·방전 사이클링 동안 Si 합금과 전해질 사이의 직접적인 접촉을 억제하고, 따라서 초기에 형성된 SEI 막이 사이클링 동안 안정한 상태로 유지된다는 사실에 기인한다.

50 사이클 후, 합금 입자상에 형성된 SEI 층은 PDA 코팅 합금 전극 보다 베어 합금 전극에서 훨씬 더 두껍다. 이것은 주기 전과 50주기 후 전기 화학적 임피던스 분광법 (EIS) 측정 및 단면 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지에 의해 확인된다.

P2-G8-13 Theoretical Study on the Optical Properties of Tetraphenylethylene (TPE) and its Derivatives

Tetraphenylethylene (TPE)와 TPE 유도체의 광학적 특성에 대한 이론적 연구

안아름*, 염민선. *한국과학기술정보연구원*

Tetraphenylethylene (TPE) is a chemical compound that can be used in construction and in the manufacture of medical equipment, packaging, and electrical appliances. Also, TPE and its derivatives, as the widely used aggregation-induced emission (AIE) fluorophores, have attracted rapidly growing interest in the fields of material science and biological technology due to their unique light-emitting mechanism. In this study, we calculated the TPE and its derivatives using density functional theory (DFT) with a 6-31+G(d,p) basis set. Then, the absorption and frontier molecular orbitals (FMOs) for, TPE and its derivatives were carried out with the time dependent-density functional theory (TD-DFT) method using B3LYP/6-31G(d) level of theory.

P2-G8-14 Polymorphic Expressions in Alkali-metal Niobates: Examining Structural Diversity in Functional Piezo-electroceramics

기능성 압전세라믹스를 위한 다형체 알칼리 금속 나이오베이트 연구

황우현*, 윤승재, 손알로이시우스. *연세대학교*

There has been an increasing interest in the development of high performance lead-free piezoelectric materials over the past decade due to increasing environmental concerns. Specifically, the perovskite-structured alkali metal niobates (namely, $KNbO_3$ and $NaNbO_3$) are attractive and potential substitutes for lead-based piezoelectric due to its non-toxicity as well as its attractive piezoelectric properties.

However, a systematic (and fundamental) study of the polymorphic-dependent properties in these niobates is still currently lacking. Of late, there is a huge drive to optimize their piezoelectric properties by using substitutional doping via the ionic exchange mechanism where an enhanced piezoelectric effect is observed for a narrow compositional range.

In this work, we perform first-principles density-functional theory (DFT) calculations to study and examine how polymorphic expressions in both $KNbO_3$ and $NaNbO_3$ can influence their structural, thermodynamic, electronic, and piezoelectric properties. Our theoretical results provide the very much needed structure-property relationships in these perovskite-structured alkali metal niobates, which helps in the designing of its alloy $(K,Na)NbO_3$ for the next-generation lead-free alternatives.

P2-G8-15 Phase Stability Diagrams of Group 6 Magnéli Oxides and Their Implications for Photon-Assisted Applications

6족 전이금속의 마그넬리 산화물의 상평형도 및 광전소자 적용

이윤재*, 이태훈, 손알로이시우스. *연세대학교*

Controlling the stoichiometry and metastability in functional oxides are often the key to enhancing their performance for a range of important oxide-based technological applications. In this work, using the recently developed metaGGA, SCAN+*r*VV10,[1-3] and hybrid density-functional theory calculations, we study both stoichiometric and sub-stoichiometric (Magnéli) oxides of tungsten and molybdenum, focusing on their structural parameters, growth thermodynamics, and electronic structure for targeted photo-related applications. We report that the sub-stoichiometric Magnéli phases of tungsten oxides (namely, W_5O_{14} and $W_{18}O_{49}$) are found to be stable under both gas- and solution-based synthesis environment, while the sub-stoichiometric Magnéli phases of molybdenum oxides (namely, Mo_9O_{26}, Mo_5O_{14}, and Mo_4O_{11}) prefer to form only under gas-phase synthesis. We highlight how these *n*-doped sub-stoichiometric Magnéli heavy-metal oxides are indeed choice candidate materials for solar water splitting (within the Z-scheme) and as interfacial hole transport layers for the next-generation photodevices.

References

1. Sun, J.; Ruzsinszky, A.; Perdew, J. P, *Phys. Rev. Lett.,* **2015**, *115*, 036402.

2. Vydrov, O. A.; Voorhis, T. V, *J. Chem. Phys.,* **2010**, *133*, 244103.

3. Sabatini, R.; Gorni, T.; de Gironcoli, S, *Phys. Rev. B,* **2013**, *87*, 041108.

P2-G8-16 Effect of Sintering and Operation Conditions on Stability of $Ce_{1-x}Zr_xO_{2-\sigma}$ (x~0.2)

소결 및 동작 분위기가 $Ce_{1-x}Zr_xO_{2-\sigma}$ (x~0.2)의 안정성에 미치는 영향

김영철*, 최인규, 김기영, 조준영. *한국기술교육대학교*

CeO_2의 Ce은 주변 분위기에 따라 Ce^{4+} 혹은 Ce^{3+}로 쉽게 바뀌어, CeO_2는 재료 내부에 산소를 저장 혹은 방출하는 우수한 oxygen storage capacity 성능을 보여준다. Ce의 일부를 Zr으로 치환함으로써 만들어지는 $Ce_{1-x}Zr_xO_{2-\sigma}$(CZO) solid solution은 CeO_2에 비해 oxygen storage capacity가 더욱 증가하게 되며 자동차 삼원 촉매로 주로 활용되었다[1]. 최근 이러한 CZO를 고체 산화물 연료전지의 연료극 촉매로 활용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 그러나 고체 산화물의 연료극 촉매로 사용될 경우 삼원 촉매에 비해 환원 분위기는 거의 동일하나 작동 온도가 600 K에서 1000 K로 증가하여 재료의 구조적 안정성이 매우 중요하게 된다. 통상적으로 산화 분위기에서 소결되는 CZO의 Ce과 Zr은 산화 분위기에서 안정한 분포를 갖는다. 소결 공정에서 결정된 금속 분포는 작동 분위기인 환원 분위기에서는 상대적으로 불안정하며 이는 재료의 구조적 안정성에 악영향을 끼치게 된다.

본 연구는 전산모사를 통하여 CZO의 구조 안정성을 평가하는 것에 관한 것으로, 소결 분위기는 CZO 내부의 산소 공공의 양으로 조절하였다. Lattice statics 계산을 통하여 소결 분위기에 따른 solid solution 내 안정한 금속 분포의 변화를 비교하였으며 소결과 동작 분위기의 변화에 따른 CZO의 구조 안정성을 고찰하였다. 막대한 solid solution 구조들 중 안정한 구조를 빠르게 찾아내기 위해 유전 알고리즘을 사용하였다 [3].

[1] T. Murota, T. Hasegawa, S. Aozasa, H. Matsui, and M. Motoyama, J. of Alloy and Comp., 1993, **193**, 298-299.

[2] Y. Hao, C. Yang, and S. M. Haile, Chem. Mater., 2014, **26**, 6073-6082.

[3] J. Kim, D.-H. Kim, J.-S. Kim, and Y.-C. Kim, Comput. Mat. Sci., 2017, **138**, 219-224.

P2-G8-17 Preparation and Luminescent Properties of $LiBaPO_4$:Eu^{2+} Phosphors

$LiBaPO_4$:Eu^{2+}계 형광체의 합성 및 발광 특성

박인용*. *한밭대학교*

최근 고체 조명으로써 형광체를 이용한 백색 LEDs(phosphor converted white light emitting diodes; pc-LEDs)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. $LiBaPO_4$ 물질도 활성제로 Eu^{2+} 이온을 도핑하여 근자외선(near ultra-violet) 영역에서 가시광을 발광하는 형광체에 관한 연구들이 진행되고 있으나 아직 충분한 연구 결과가 얻어지지 않았다. 본 연구에서는 건식 합성법을 이용하여 두 가지 조성, 즉 화학양론적 화합물과 활성제의 조성에 따라 Li 첨가량을 과잉으로 첨가한 비화학양론적 화합물을 합성하였다. 이들 조성의 화합물의 합성은 유로피움 첨가량을 달리 한 조성의 혼합분말을 얻고 600ºC에서 3시간 동안 공기 중에서 가열하고 분쇄하였다. 이렇게 얻어진 분말을 환원분위기에서 열처리하여 $LiBaPO_4$:Eu^{2+} 형광체 분말을 합성하였다. 이들 형광체 분말은 XRD와 spectrometer로 결정상의 동정과 발광 특성을 측정하여 두 가지 조성에 대하여 비교하였다.

P2-G8-18 Preparation and Luminescent Properties of $NaCaPO_4$:Eu^{2+} Green Phosphors

$NaCaPO_4$:Eu^{2+}계 녹색 형광체의 합성 및 발광 특성

박인용*. *한밭대학교*

최근 고체 조명으로써 형광체를 이용한 백색 LEDs(phosphor converted white light emitting diodes; pc-LEDs)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. $NaCaPO_4$ 물질도 활성제로 Eu^{2+} 이온을 도핑하여 근자외선(near ultra-violet) 영역에서 녹색 발광을 하는 형광체에 관한 연구들이 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 건식 합성법을 이용하여 혼합분말을 얻고 600ºC에서 3시간 동안 공기중에서 가열하고 분쇄하였다. 이들 분말을 환원분위기에서 여러 열처리 온도에서 $NaCaPO_4$:Eu^{2+} 형광체 분말을 합성하였다. 합성분말은 화학양론적 화합물과 Na-rich화합물을 두 가지 조성에 대하여 실험을 행하였고 얻어진 형광체 분말들은 XRD와 spectrometer로 결정상의 동정과 발광 특성을 측정하여 두 가지 조성에 대한 특성을 비교하였다.

P2-G8-19 The Role of Interfacial Layer for High Endurance and Reliable Multi-bit Operation in a Ta_2O_5 Based Resistive Switching Device

Ta_2O_5 기반 저항 스위칭 장치에서 높은 내구성과 안정적인 멀티 비트 작동을위한 인터페이스 레이어의 역할

양민규*. *삼육대학교*

[1]*Department of IT Convergence Engineering, Sahmyook University*

A comparative study was performed to demonstrate the effect of electrode material on resistive switching behavior of Ta_2O_5 based device. Compared to Pt top electrode which has inert chemical characteristic, applying TiN top electrode showed promising endurance characteristic up to 10^9 and highly reliable 4-bit (16 states) operation. From the various structural analysis results, it was revealed that the distinctive resistive switching performances are originated from the role of oxygen deficient layer (TaO_x) between Ta_2O_5 and TiN top electrode. That is, the interfacial layer can be an oxygen reservoir which prevents the severe consumption of oxygen during the repetitive resistive switching for high endurance characteristic and provide the role of appropriate load resistor to make the resistive switching device compatible to electrical pulse based operation for stable multi-bit operation. The results of this study suggest that the

optimized interfacial layer is essential for high performance resistive switching device for future non-volatile memory applications.

P2-G8-20 Formation of Inter-diffusion Layer between CrAl Coating and Zr Substrate during Exposure at High Temperature
고온 환경에 노출된 CrAl 합금 코팅층과 Zr 기지간 상호 확산층 생성 거동 연구
박동준*, 정양일, 박정환, 이영호, 최병권, 김일현, 김현길. *한국원자력연구원*
Many studies have been devoted to develop accident tolerant fuel cladding which can maintain its integrity in nuclear reactor accident conditions for as long as possible. Coating of high-temperature materials with oxidation resistance on existing Zr alloy cladding is the one approach. In a previous study performed at this laboratory, the excellent performance of CrAl alloy in severe condition of high temperature and steam environment was shown, but the inter-diffusion between CrAl and Zr alloy and their microstructural analysis have not yet been investigated systematically.

In this study, we used CrAl alloy as a coating material on the Zr based alloy to improve their high temperature resistance during LOCA scenarios. CrAl layer coated Zr based alloy samples were exposed at 1200 degree Celsius in steam environment. Microstructure and elemental distribution in the inter-diffusion layer and interface region between coated CrAl alloy and Zr based alloy was analyzed in detail using X-ray photoelectron spectroscopy and energy dispersive spectroscopy. The results were coincident with high resolution transmission electron microscopy results.

P2-G8-21 Heterogeneous Joining of CFRP/Mg alloy by Laser
Laser를 이용한 Mg 합금과 CFRP 이종접합
이연승*, 윤지영, Andrews Nsiah Ashong, 김정한. *한밭대학교*
화석연료고갈 및 기후변화협약 등의 환경규제가 심해짐에 따라 친환경적 에너지절감 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 자동차 산업에 있어, 환경규제 심화에 따른 친환경 자동차의 필요성이 증가하고 있다. 사물인터넷(IoT) 기반 자동차의 경우, 안전장치 및 주행편의성 향상을 위해 장착되는 기능성 부품 수가 증가하게 되고, 차량의 무게도 증가하게 되므로서 연비 증가를 유발하게 된다. 따라서 차량의 중량감소를 위한 경량화 기술이 이슈가 되고 있다.

현재, 차체 경량화를 위한 대체 소재로 알루미늄이나 마그네슘 등 비철금속이 주로 적용되고 있다. 최근에는 고급 차종 및 전기자동차를 중심으로 차량 경량화를 위해 고강도, 내식성 및 피로 강도가 우수한 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 소재를 차체 조립에 사용하는 사례가 증가하고 있다. 하지만, CFRP의 비금속적인 특성 때문에 CFRP와 금속간의 이종접합이 쉽지가 않다.

본 연구에서는 마그네슘합금(AZ31 Mg alloy)을 사용하여 접합제를 사용하지 않고 열 레이져 용접방식을 통해 CFRP와 Mg합금 접합에 따른 계면특성을 조사 하였다. 시료에 대한 인장강도(Tensile shear strength)를 측정하고, Optical microscope(OM), X-ray Photo-electron Spectroscopy(XPS) 등을 이용하여 뜯겨진 계면형상 및 계면에서의 결합상태 및 화학적 성분 변화 등을 비교 분석하였다.

P2-G8-22 Effect of Surface Pretreatment for Mg Alloy Sheet
전처리가 마그네슘합금 표면에 미치는 영향
나사균[1*], 윤지영[1], 김민지[1], 이연승[1], 김정원[2]. *[1] 한밭대학교, [2] 한국표준과학연구원*
지구상의 금속 중 8번째로 풍부한 마그네슘(Mg)은 다양한 합금계로로 존재하는 물질이다. Mg는 비중이 1.8정도로 일반 금속 중 가장 가벼운물질로 피로강도 및 열전도성, 그리고 전자파차폐성이 우수할 뿐만 아니라, 인체 무해하고, Re-cycle이 가능한 물질로 다양한 산업 분야에서 많은 관심을 받고있다. 따라서, 에너지절감을 위해 제품의 경량화가 요구되는 자동차 및 항공 우주 분야를 비롯하여, 가전부품, 산업 및 레저/스포츠 용품에 까지 광범위하게 Mg 및 Mg 합금계가 이용되고 있다.

하지만, Mg 및 Mg 합금계는 본질적으로 반응성이 매우 커서 부식성이 높기 때문에 실제 환경에서 Mg/Mg 합금계를 적용한다는 것이 쉽지 않다. 많은 연구자들이 이러한 문제점을 극복하기 위해 이온주입, 플라즈마처리, 표면코팅 등 다양한 방법으로 Mg/Mg 합금계의 표면개질을 시도 하였다. 최근에는 무전해 도금을 포함한 다른 재료와의 접합기술이 주목을 받고 있다. 이러한 결합 기술의 개발에서 기판으로서 Mg 합금의 깨끗한 표면은 가장 중요한 문제 중 하나이다. 결과적으로 표면 특성을 개선하고 Mg 및 그 합금의 사용을 확장하기 위해서는 표면 전처리가 필요하다.

본 연구에서는 TS-40A, NaOH, HNO_3, H_2SO_4 등의 염기성 및 산성 용액을 사용하여 AZ31 Mg 합금 표면의 Mg 산화물 제거와 함께 부식성을 체크하고 표면의 상태변화를 조사 분석하였다. AZ31 Mg 합금 판을 사용하여 전처리 효과에 따른 AZ31 Mg 합금 표면의 특성을 분석하기 Optical microscope (OM), X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) 등을 이용하였다.

P2-G9-1 Characteristics of Structurally Modified Silica for Functional Coating Layer
실리카 구조제어를 통한 기능성 코팅층의 특성 연구
김혜진[1*], 남산[2], 한규성[1], 황광택[1], 김진호[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 고려대학교*
실리카(SiO_2)는 자원이 풍부하고 높은 비표면적을 가지며 다공성 물질이라는 장점 때문에 여러 공업재료로써 사용된다. 실리카는 합성 방식에 따라 다양한 형태로 이용 가능한데, 이 중 졸-겔(sol-gel) 공정 방식은 온도나 pH와 같은 변수에 따라 실리카의 입자 사이즈 및 표면 조절이 용이하다는 특징이 있다. 본 연구에서는 졸-겔 공정 방식을 이용하여 강산, 강염기 촉매에 따른 실리카의 구조제어를 통해 두가지의 기능성 코팅층 특성을 연구하였다. 강염기 촉매를 통해 제조한 입자상의 실리카 졸을 이용하여 잉크젯 프린팅용 다공성 코팅층을 가진 고급 인화지를 개발하였으며 강산 촉매를 통해 제조한 사슬 형태의 실리카를 가진 실리카 무기 바인더를 이용하여 인쇄회로기판(printed circuit board, PCB)용 복합 코팅층의 고온 라벨지를 개발하였다.

P2-G9-2 Synthesis and Characterization of NIR Reflective Mn^{5+}, Ti^{4+} Co-doped $Ca_6BaP_4O_{17}$ Cool Color Inorganic Pigments
Mn^{5+}와 Ti^{4+}를 같이 도핑한 근적외선 반사용 무기안료 $Ca_6BaP_4O_{17}$의 합성 및 특성확인
정규진[1,2*], 박영지[1], 황종희[1], 황규홍[2], 김선욱[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 경상대학교*
Natural sunlight consists of 5% ultraviolet radiation (280-400 nm), 43% visible radiation (400-700 nm) and 52% near-infrared radiation (700-2500 nm). The sunlight in wavelength of 700-1300 nm plays the most important role in the heat generation and is the cause of a phenomenon of urban heat island in the summer season. To solve the urban heat island phenomenon, many investigations have been devoted to develop new high NIR reflective cool color pigments. It is

well known that cool color pigment is contributed to a dramatically lower heat build-up in the surface of the roofs. In this study, NIR reflective Mn^{5+}, Ti^{4+} co-doped $Ca_6BaP_4O_{17}$ cool color inorganic pigments were successfully synthesized by a conventional solid state reaction. The powders obtained were characterized by XRD, UV-vis-NIR diffuse reflectance spectra, and CIE L*a*b* chromatic coordinates measurements. The NIR reflectance (R value) of the samples increases with increasing Ti^{4+} content, 0.1 mol% Ti^{4+} doped sample, which has the R value of 90% at 1500 nm, shows a highest NIR reflectance. The color of the samples changed from the sky-blue to the brown with increasing the Ti^{4+} contents.

P2-SS5-1 Comparison of the Simulation and Experimental Observation on the Compaction of Al_2O_3 Granules

Al_2O_3 과립의 압축에 대한 시뮬레이션 및 실험적 관측 비교

Pipit[1*], 권희진[1], 한윤수[2], 이성민[2], 윤당혁[1]. [1]*Yeungnam University,* [2]*한국세라믹기술원*

This study was aimed to validate the effectiveness of analytical simulation based on finite element method to the experimental observation during the uniaxial compaction of the spray-dried Al_2O_3 granules. Using the Al_2O_3 compacts pressed under four different loads (20, 50, 100, and 150 MPa), the relative density, microstructural change, and evolution of pore distribution were analyzed as a function of pressure. At the same time, a computer simulation on the pressure distribution in a sample was carried out using ANSYS software to analyze the density gradient in the green Al_2O_3 compacts. A non-uniform pressure distribution along the height of green Al_2O_3 compact was observed, where the maximum pressure occurred along the top circumference, decreasing toward the bottom and center, regardless the load applied. The sample with a smaller aspect ratio resulted in a more uniform pressure distribution. In addition, an immersion liquid technique combined with optical microscope observation was adopted to visualize the structural changes of the green Al_2O_3 compacts. Overall, there was a good agreement between the simulation results and experimental observation for the compaction of Al_2O_3 granules.

P2-SS6-1 Co/ tunable-N-doped Carbon Catalysts as Economic and Efficient Zinc-Air Battery Cathode Materials and its analysis method

친환경, 고효율의 아연-공기 이차전지 양극 물질인 코발트/ 질소 도핑 구조 조절 탄소 촉매와 평가법

김성희*, Li Oi Lun. *부산대학교*

For preparing recent environmental problem, renewable energy can be one of the solutions. But renewable energy is cannot maintain energy supply in a stable. For this matter, Energy Storage System (ESS) is needed for a more sustainable, efficient energy supply. Zinc-Air battery is also one of the powerful candidates for ESS due to its simple structure, safe application, and high theoretical specific capacity. However, state-of-the-art air-electrode materials compose 20 wt.% Pt/C to promote oxygen reduction reaction (ORR) rate at the air electrode. Due to its high cost and low durability, the zinc-air battery is still not in wide application to various fields. For this reason, many Pt-free catalysts, such as Metal-Nitrogen/Carbon (M-N/C) is attracting much attention by its economical aspect and high catalytic performance. Because each Nitrogen-Carbon chemical bonding states can affect the differently to improve ORR performance, synthesizing selective N-C bonding doped Carbon became important in N-doped Carbon catalyst. So, in this study, we used plasma method called solution plasma process for a simple and fast C-N bonding control Co-N/C synthesizing. Aniline ($C_6H_5NH_2$) and Quinoline (C_9H_7N) was applied as carbon and nitrogen precursor and Co electrodes were served as the sources of metal nanoparticles. Each nitrogen-doped carbon precursor makes different chemical bonding structure. Aniline makes Amino-N bonding dominant-N doped carbon and Quinoline makes Graphitic-N bonding dominant-N doped Carbon. After synthesizing Co-N/C catalysts from a precursor, the catalysts were heated to 800ºC for enhancing its electric conductivity. In the electrochemical analysis, to achieve most reliable and accuracy result, following presented spin coating method from "Oxygen Reduction Reaction Measurements on Platinum Electrocatalysts Utilizing Rotating Disk Electrode Technique I. Impact of Impurities, Measurement Protocols and Applied Corrections, Shinozaki. K et al.", As a result Co/Aniline showed best ORR onset potential (0.86 V vs. RHE), which is higher than that of Co/Quinoline and Co/Quinoline-Aniline (Figure 1). Based on the results, we can suggest that Co-N/C, as a replacement of Pt/C, shows high performance in Zinc-Air Battery and this can be an important progressive in Zinc-Air battery and environment energy technology.

P2-SS6-2 Development of Standard for Chemical Analysis of High-silica/Quratz

고실리카/쿼츠의 화학분석방법 표준 개발

이진숙*, 이연숙, 김용남. *한국산업기술시험원*

The fourth industrial revolution demands the highly functional and high purity materials. Korea, as the powerhouse of semiconductor, is in high demand for, and the second largest importer in the world of high-silica/quartz. The high-silica/quartz has been applied to various field like photovoltaic power system, display, optical, other than semiconductor. The main quality of high-silica/quartz is the impurity control. However, the test method for the impurity analysis in high-silica/quartz has not standardized globally. Korea Testing Laboratories has developed the the test method for high-silica/quartz and at last started to develop ISO standard for the chemical analysis of high-silica/quartz in ISO TC 206. This method will include the test method for the determination of Al, Fe, Ti, Mn, Ca, Mg, Na, K, Cr in levels of 10 to 1000 mg/kg using ICP-OES.

P2-SS6-3 Electrochemical Property and Performance Characterization of Energy Storage Device according to Their Current Collector Shapes

에너지 저장 소자의 기재 형상에 따른 전기화학적 특성 및 성능 평가

임태섭*, 이정우. 부산대학교

4차 산업 혁명 시대가 도래함에 따라 전기차 뿐 아니라 로봇, 웨어러블 헬스케어 등의 분야에서 기기의 성능을 구현하기 위한 진보된 고출력, 고에너지밀도 에너지 저장 소자의 개발은 필수적이다. 현재 에너지저장소자의 기재는 금속소재가 널리 사용되고 있는데 구동 전압 영역에서의 안정성을 기준으로 배터리의 양극에는 알루미늄, 음극에는 구리 그리고 수계 전해질을 이용하는 경우 니켈이 포일의 형태로 가장 많이 이용되고 있다. 근래에는 편평한 포일 형태가 아닌 3차원 다공성 구조를 가지는 폼 혹은 펠렛 형태의 금속을 기재로 활용하여 에너지 저장 소자의 전기화학적 성능을 향상시키

고자 하는 연구가 굉장히 많이 진행되고 있으나 활물질의 전기화학적 특성 및 성능을 평가하는 3-전극셀 실험 표준에서 기재의 형태는 금속 포일에 국한되어있다. 따라서 본 연구에서는 산화물과 탄소계 물질을 활물질로 하는 전극을 제작하고 금속 기재의 형상에 따른 전기화학적 특성 및 성능을 비교하여 형상이 에너지 저장 소자의 전기화학적 특성 및 성능에 미치는 영향에 대해서 연구하고 나아가 시험 평가 표준을 구상하고자 한다.

P2-SS6-4 Evaluation for Degradation of TiZrN Coatings by Electrical Resistance

전기저항에 의한 TiZrN 코팅의 열화 평가

김태우[1*], 전설[2], 신현규[3], 유현조[1], 이희수[1]. *[1]부산대학교, [2]국가기술표준원, [3]한국산업기술시험원*

Demand for advanced cutting tools for difficult-cut material parts has been increased due to the light weight and high strength of advanced industrial parts such as autonomous vehicles, robots, and aerospace. In addition, not only the productivity and the quality but also the reliability of tools is required, so studies on the reliability such as degradation and life-time prediction of coatings for cutting tools are desired.

We designed a test method to evaluate the degradation of TiZrN coatings on SUS304 by thermal-mechanical stress and to predict the life-time of the coatings. Pulsed laser ablation system was used to repeated and local stress, and the degradation of coatings was determined using the difference of electrical resistance between coatings and substrates by multi-meter. As element concentration of the substrate increased in elemental analysis and GIXRD analysis, the element diffusion from the substrate due to the thermal stress led to the decrease in resistances.

P2-SS6-5 Test Method for Residual Stress in Carbon-doped TiZrN Coating on Phase Formation

카본 도핑 TiZrN 코팅의 상형성에 대한 잔류 응력 평가법

홍은표[1*], 최용규[2], 이선홍[3], 전환호[4], 이희수[1]. *[1]부산대학교, [2]한국산업기술시험원, [3]한국세라믹기술원, [4](주)하이마*

Hybrid coatings are used in various fields from traditional materials in the root industry to advanced materials related to the 4th industry. The residual stress is always formed in the hybrid coatings due to differences in the coefficients of thermal expansion and atom peering. It is important to accurately evaluate the residual stress in the hybrid coating.

The carbon-doped TiZrN coating was manufactured using the laser carburization, and the residual stress was calculated through the $Sin^2\Psi$ method to investigate changes of the stress by carbon doping and phase deformation. FIB, Cs-TEM, and XPS were used to analyze phase formation behavior in terms of cross-sectional microstrucutre and bonding state. The change of the residual stress by the difference of the carbon bonding was analyzed through the $Sin^2\Psi$ method using XRD, and the elastic modulus and the Poisson's ratio were measured by nanoindenter.

P2-SS6-6 Lifetime Prediction of Cubic Stabilized Zirconia by Thermally Accelerated Stress Test

입방정 안정화 지르코니아의 열적 스트레스 가속 시험을 통한 수명 예측

이환석[1*], 박민성[1], 윤상현[2], 신민철[3], 이희수[1]. *[1]부산대학교, [2]POSCO, [3]KTL*

Solid oxide electrolyte has been attention as a core material of electrolytes used in Solid oxide electrolysis cell and Solid oxide membrane. Among them, zirconia-based electrolyte is considered to be the most reliable candidate because of its superior oxygen ion conductivity and chemical resistance. By doping lower valence cations (Y^{3+}, Sc^{3+}, Mg^{2+}, etc.) in stabilized zirconia Zr^{4+} sites are replaced by dopant cations and oxygen vacancies are generated to charge compensate. These oxygen vacancies allow oxygen ions to move at high temperatures. However, due to thermal stress the doped cations are released from the lattice resulting in destabilization. It causes formation of tetragonal and monoclinic phases which leads to decrease in oxygen ion conductivity. In this study, failure modes and mechanisms for each acceleration level are identified through the thermal acceleration test and calculates the expected life expectancy under operating conditions.

P2-SS6-7 Test Method for AC Polarization Resistance of Symmetric Cell for SOFC Cathode

SOFC 공기극 소재 대칭셀의 분극저항 측정방법

조강희[1*], 류지승[2], 하주연[3], 노태민[4], 김용남[3], 이희수[1]. *[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원, [3]한국산업기술시험원, [4]LG 화학*

Demands for clean energy have been growing to overcome environmental pollution caused by fossil fuels. Ceramic materials for clean energy conversion and storage (ion conductors, mixed conductors, catalysts and etc.) are being actively researched due to their excellent electrical conductivity and electrochemical activity. To evaluate the conductive characteristics of these materials or study the conductive mechanism, the AC polarization method is widely used to measure the impedance of specimens by frequency, reconstruct the theoretical model, equivalent circuit, and analyze them. More reliable data can be obtained by optimizing the experimental method for AC polarization method to improve the accuracy and compatibility of the data. Therefore, we fabricated a symmetric cell with $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_3$ and 8YSZ, as the electrode and electrolyte, respectively, which are widely used as SOFC materials, and optimized for electrolyte thickness and electrode thickness, which are variables of AC polarization measurement.

P2-SS6-8 Powder Characterization for Wet-process Additive Manufacturing of OPC-CSA Blends with CSA Addition

OPC-CSA 혼합물에 CSA 첨가에 따른 wet-process additive manufacturing 분말 특성평가

김성훈[1*], 김부영[1], 김명주[1], 김홍대[2], 이희수[1]. *[1]부산대학교, [2]한국생산기술연구원*

Additive manufacturing is one of the core technologies of the 4th industrial revolution. Two or more component cement blends researches have been actively conducted for additive manufacturing of cementitious structure in the construction field. Wet-process additive manufacturing characteristics of OPC-CSA blends was investigated in terms of early hydration and hardening behavior to improve printing quality. Printability of OPC-CSA blends with 0 ~ 20 wt% CSA addition, was identified through flowability, and the formation of niddle shaped ettringite through early hydration was

showed through phase analysis and morphology analysis. In addition, ettringite formation was quantitatively analyzed using the reference intensity ratio method and indicated the hardening effect by measuring the flexural strength.

P2-SS8-1 Exceptionally Long-term Stable Bi_2O_3-based Superionic Conductor at 500°C for LT-SOFCs

저온구동 고체산화물연료전지용 장기안정 비스무스 산화물 기반 초이온전도체

정인철*, 이강택. *대구경북과학기술원*

Selection of the electrolyte material in the first place is of great importance in order to design SOFCs operating in lower temperature region which determines the chemical and thermomechanical stability with sandwiching electrodes. -Bi_2O_3 is attracting increasing attention as an electrolyte material for LT-SOFCs since it exhibits the highest known oxygen-ion conductivity. However, cubic δ-phase of Bi_2O_3 only exists within a limited temperature range from 729 to 824°C. Though cubic phase is obtained down to room temperature by doping various rare earth oxides, singly doped -Bi_2O_3s suffer from severe conductivity degradation over a long period of operation at 500°C due to the ordering of oxygen sublattice.

In this study, we report highly stable and conductive -Bi_2O_3-based ionic conductors at 500°C through intensive investigation of the effect of dopants on the order-disorder transition. The conductivity even after long-term annealing is 4 times and 34 times higher than that of conventional GDC (Gd_2O_3-doped CeO_2) and YSZ (Y_2O_3-doped ZrO_2) oxide-ion conductors. Hence, the results provide feasibility of -Bi_2O_3 as a next-generation solid electrolyte material for LT-SOFCs.

P2-SS8-2 A-site Deficient $La_{0.4}Sr_{0.4}Ti_{0.9}Ni_{0.1}O_3$-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ Composites as Efficient and Stable Anodes for Solid Oxide Fuel Cells

고체산화물 연료전지용 고효율·고안정성을 가진 A-site 결핍 $La_{0.4}Sr_{0.4}Ti_{0.9}Ni_{0.1}O_3$-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ 복합 전극

이종준*. *DGIST (대구경북과학기술원)*

La-doped strontium titanates with a perovskite structure are promising materials for fuel electrode of solid oxide fuel cells (SOFCs) due to their good compatibility with other materials and structure stability at various condition. Among these La-doped $SrTiO_3$ (LST), A-site deficient LST materials have attracted much interest owing to their improved electrochemical characteristics. Recently, exsolution technique is applied at A-site deficient LST, because catalytic active nanoparticles are homogenously distributed on the LST surface. In here, we developed the A-site deficient Ni-doped $La_{0.4}Sr_{0.4}TiO_3$ (LSTN)-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ (GDC) composite anodes, and investigate their electrochemical performance and redox stability on $La_{0.8}Sr_{0.2}Ga_{0.8}Mg_{0.2}O_{3-\delta}$ (LSGM) electrolyte-based SOFCs. The LSTN-GDC based cell showed enhanced performance than LST-GDC based cell. Also, during redox cyclic tests combined with long-term stability test, the LSTN - GDC cell maintained its performance without any degradation. All these results demonstrate that the A-site deficient LSTN-GDC is a promising material for an efficient and stable SOFC anode.

P2-SS8-3 Enhancing Electrochemical Performance of Reversible Solid Oxide Cells via Incorporating Highly Conductive Sm^{3+} and Nd^{3+} Co-doped Ceria

Sm^{3+} 및 Nd^{3+} 이중 도핑 세리아 적용을 통한 고체 산화물 가역 연료전지의 성능 향상

박정화[1*], 정찬훈[1], 김경준[1],THAHEEM IMDADULLAH[1], 홍종은[2], 이강택[1]. *[1]DGIST (대구경북과학기술원), [2]한국에너지기술연구원*

Reversible solid oxide fuel cells (RSOCs) are promising energy devices for efficient power generation and storage by operating alternately in solid oxide fuel cell (SOFC) and solid oxide electrolysis cell (SOEC) modes. To improve the performance of SOCs, the electrocatalytic activity of the electrode and ionic conductivity of the electrolyte should be effectively enhanced. Herein, we developed a new oxygen electrode, $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$-$Sm_{0.075}Nd_{0.075}Ce_{0.85}O_{2-\delta}$ (LSCF-SNDC). The prepared LSCF-SNDC oxygen electrode was applied onto the SNDC/YSZ bilayered electrolyte SOC. The electrochemical performance of the SOC with the SNDC was evaluated by electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and current-voltage (I-V) characteristics in both fuel cell and electrolysis modes. Furthermore, we investigate the long-term stability and reversibility of the developed SOC.

P2-SS8-4 Highly Conductive Bismuth Oxide-based Oxide Ion Conductors fo Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cell Electrolyte Application

중저온 구동 고체산화물연료전지 전해질용 Bi_2O_3 기반 고성능 산소이온전도체 개발에 관한 연구

김시원*, 김예린, 김정은, 서현주, 이강택. *DGIST (대구경북과학기술원)*

고체산화물 산소이온전도체는 고체산화물연료전지 (SOFC), 산소센서및 산소분리막과 같은 다양한 분야에 응용 될 잠재성을 가지고 있어 광범위하게 연구가 진행되어왔다. FCC 구조를 가지는 Bi_2O_3는 매우 높은 전도도(≈3 S/cm@ 800 ºC)를 가지고 있다는 장점이 있으나 온도에 따라 낮은 전도도를 가지는 상으로 상변이를 한다는 한계가 있다. FCC 상을 안정화시키기 위해 $Dy_{0.08}Gd_{0.04}Bi_{0.88}O_{1.5}$ (DGSB)와 $Dy_{0.08}W_{0.04}Bi_{0.88}O_{1.5}$ (DWSB) 같이 Bi_2O_3에 이중 도핑 전략을 사용하는 경우 FCC 상 안정화에 요구되는 도펀트 함량을 낮춤으로써 단일 도펀트를 가지는 Bi_2O_3 기반 재료보다 더 높은 이온전도도를 얻을 수 있다는 연구가 보고되어 있다. 하지만, 이중도핑 전략을 적용함에 있어서 도펀트 간의 비율 및 함량 등의 변수들이 신재료의 기초 물성에 미치는 영향을 밝히는 기초연구는 많이 진행되어있지 않다. 이에, 본 연구에서는 다양한 함량의 새로운 이중 도펀트를 사용하여 도펀트 조성과 총 함량이 Bi_2O_3 기반 재료의 구조적, 화학적, 전기화학적 특성에 미치는 영향을 연구하였다.

P2-SS8-5 Highly Active Bi-doped $(Pr,Sr)MnO_3$ Cathodes for Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells

A-Site 도핑을 통한 중저온형 고체산화물 연료전지용 (Pr, Sr) MnO 공기극 소재의 성능 향상

배경택*, 김도엽, 이강택. *대구경북과학기술원*

Solid oxide fuel cells (SOFCs), which perform generation of electricity at high temperature operation, have been widely attracted attention due to their high efficiency and low pollution emission. The perovskite structure (ABO_3)-based $La_{1-x}Sr_xMnO_{3-\delta}$ (LSM) has been used as a conventional oxygen electrode of SOFCs due to its highly

catalytic activity for oxygen reduction reactions (ORRs). However, at reduced operating temperatures (≤ 750 °C), the LSM materials suffer from the sluggish reaction kinetics for ORR with high activation energy due to the thermally activated nature. In order to overcome these problems, it needs to develop new cathode materials with high catalytic activity at lower temperatures.

In this study, we developed Bi-doped $Pr_{1-x}Sr_xMnO_{3-\delta}$ (PBSM) materials as a novel oxygen electrode for intermediate temperature (IT)-SOFCs. We systematically evaluated electrochemical performance of various compositions of the PBSM via electrochemical impedance spectroscopy. In addition, physicochemical properties of the novel PBSM were investigated as an alternative SOFC oxygen electrode.

P2-SS8-6 Development of Highly Conductive and Long-term Stable Bi_2O_3-based Oxide Ion Conducting Electrolyte for Solid Oxide Fuel Cell

높은 이온 전도성과 장기 안정성을 갖는 산화 비스무스 기반 고체 산화물 연료 전지용 산소 이온 전도체 전해질 개발

정우영*, 윤병현,윤동연, 김선아, 이상협, 원재희, 이강택. *대구경북과학기술원*

δ-Bi_2O_3 has been widely studied as O^{2-} conductor due to its high ionic conductivity. However, below 729ºC, δ-Bi_2O_3 transforms to other phases which induces severe conductivity drop. To stabilize δ phase over the wide temperature regime, various rare earth oxides have been doped. Recently, it is reported that δ phase can be stabilized and high ionic conductivity is achievable via double doping strategy. However, in general, stabilized Bi_2O_3 experience phase transformation from cubic to rhombohedral phase during long-term operation at 600ºC, resulting in cnductivity degradation. M^{4+} such as Zr^{4+} is known to be an effective dopant to hinder the phase transfromation, because ionic radius mismatch by M^{4+} (~0.85 Å) induces local lattice strain. Therefore, in this study, triple doping strategy was applied using Er_2O_3, Y_2O_3, and ZrO_2 to develop highly conductive adn durable Bi_2O_3-based O^{2-} conductor against long-term operation. Fundamental and electrochemical properties of $Er_aY_bZr_cBi_{1-a-b-c}O_{1.5+\delta}$ were investigated via XRD, SEM-EDS, and EIS.

P2-SS8-7 Performance and Durability Improvement of Metal Nanoparticle-dispersed LSCF cathode by Oxide Atomic Layer Deposition

원자층 증착 방법을 이용한 금속나노입자가 도입된 LSCF 공기극의 성능 및 내구성 향상

전성현*, 서종수, 서한길, 정우철. *KAIST (한국과학기술원)*

In response to existing electricity producing processes that cause environmental degradation and the desire to mitigate global warming, the demand for green energy is rise on. Solid oxide fuel cell (SOFC), which is one of the power-generation applications by conversing fuel to electricity, has great attention due to its high energy efficiency and eco-friendliness. For SOFCs, one of the most important achievement challenges is to lower operating temperature to break down the barrier of high cost and limitation in material selection. In an attempt to enhance the electrode performance at lower temperatures, metal nanoparticles have been introduced as a catalyst. However, poor thermal stability of nano-sized particles is a major obstacle to the durability of SOFC electrodes. Here, we present a strategy for encapsulating metal nanoparticles with an ultra-thin oxide protective layer via atomic layer deposition to improve their high-temperature stability. Pt and Ag nanoparticles infiltrate into a porous $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3+\delta}$ electrode, followed by the atomic layer deposition of a gas permeable oxide layer (Al_2O_3, TiO_2 and CeO_2) on the electrode surface. The ALD-treated LSCF cathode exhibits a polarization resistance of approximately 0.8 Ωcm^{-2} at 550ºC, which is only 1/4 of that of a bare LSCF, while at the same time maintaining excellent durability for a long time.

P2-SS8-8 TiO_2 Supported Pt Catalysts toward High Electrocatalytic Performance of Oxygen Reduction Reaction

TiO_2 지지체에 Pt 촉매와 그에 대한 산화환원반응에서의 고성능 전기화학적 성능

이영욱[1*], 김한슬[1,2], 황국진[1], 신미영[1], 신태호[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교*

The proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) and direct methanol fuel cells (DMFCs) are attention to environmentally friendly green energy and high density energy, for portable electronic devices, because they have high energy for simple system designs and low pollutant emissions. In particular, Pt-based nanomaterials are currently the most popular and efficient cathode materials used in fuel cell. Pt catalysts are widely used as electrocatalysts for oxygen reduction reaction (ORR) in fuel cells because of their unique ability to facilitate the catalytic reactions, but high price limit its wide use. To increase the activity and monodispersion of Pt catalysts, carbon support has been widely used as catalysts. Furthermore, carbon support has various advantages such as large surface area and low cost. However, Pt catalysts are still exposed to poisoning and causticity. This disadvantage would cause Pt agglomeration in the operation of the fuel cell, resulting in loss of activity catalyst and stability after electronic reaction. To solve this problem, the method of supporting a metal oxide on a Pt catalyst has attracted very interest. Supported Pt catalyst on metal oxide increase current activity and stability because metal oxide have strong metal support interaction toward supported Pt catalysts.

Development of electrocatalysts for ORR is important to solve the current problems about energy and fuel. Thus, researchers try to increase the stability and activity of the fuel cell. In particular, the ORR is a very important factor for supporting substances as carbon or graphene. We reported substance of carbon-TiO_2 hybrid-system. In the present work, we synthesized a polyol system for the formation of TiO_2-Pt catalysts. The prepared TiO_2-Pt catalysts exhibited considerably improved electrocatalytic performance toward ORR compared to commercial Pt/C catalysts. We anticipate that the present approach will be helpful to develop efficient electro catalytic systems for practical applications.

P2-SS8-9 Graphene Oxide-Hydrogen Membranes for Proton Exchange Membrane Fuel Cells

양성자 교환막 연료전지를 위한 그래핀 산화수소막

Shahjahan[1*], 박성범[2], 박용일[1]. *[1]금오공과대학교, [2]동국대학교*

Proton exchange membrane fuel cells typically employ a polymer electrolyte membrane, e.g. Nafion^R is constructed by perfluorocarbon sulfonic acid (PSA) ionomers that contain some drastic drawback,

such as fuel crossover, shrinkage, difficult manufacturing process and expensive. As one of the potential alternatives, graphene oxide membrane (GOM) showsexcellent electronic insulation and high proton conductivity in humidified condition. However, there is a deterioration problem inpure GOM. In a partial loss of surface functional groups that produce electron conduction in the membrane electrode assembly (MEA) as the temperature and operating time increase. In addition, the process limitation of reducing GOM thickness due to fuel crossover can be a fatal defect as electrolyte material.

In this study, a double-layered graphene oxide-hydrogen membrane (GOHM) consisting of pure GOM and metal hydrogen permeable layer i.e. Pd or $Ni_{64}Zr_{36}$ were investigated and their electrical properties are reported. A DC magnetron sputtering was used to deposit 40 nm – thick hydrogen permeable meal thin film on the surface of GOM, and it contributed a massive reduction of fuel crossover and fatal degradationof GOM.The microstructure and the surface morphology, chemical composition, crystalline and atomic properties, fuel crossover and proton conductivity at various temperature and relative humidity of the prepared membranes were analyzed. GOHM - fuel cells (GOHMFCs) were also built using the prepared double layered electrolyte membranes and their FC performances are reported.

P2-SS8-11 Distribution of Current Density, Gas Concentration and Temperature on Planar Anode-supported SOFCs

김민우*, 권화빈, 박희성, 임형태. *창원대학교*

In planar solid oxide fuel cells (SOFCs), in-plane electrochemical performance variation can be significant in channel-type setup, consisting of gas flow channel and interconnect rib. Performance and stability can be lowered by non-uniform distribution of current density, gas concentration, and temperature. In the present study, in order to measure these distributions on planar SOFCs, anode-supported SOFCs were fabricated with segmented cathodes and reference electrodes, and tested under co-flow conditions as a function of fuel utilization. Experimental and numerical analysis indicated that current density, temperature, and gas concentration were various along the gas flow channel.

P2-SS8-12 Locally Developed Electronic Conduction in Yttria Stabilized Zirconia (YSZ) Electrolyte for Durable Solid Oxide Fuel Cells

손민지*, 임형태. *창원대학교*

The stability of a solid oxide cell is strongly dependent on the magnitude and profile of internal chemical potential of solid electrolyte. If internal partial pressure is abnormally high, the electrolyte can be delaminated from the electrodes. The formation of high internal pressure is attributed to very low electronic conduction in solid electrolyte. This phenomenon can be significant when the cell is operated in the electrolyzer mode. Herein, we suggest a bi-layer solid electrolyte having local electronic conduction for the prevention of air electrode/electrolyte delamination. YSZ at the fuel electrode side and 8 mol% PCO (Praseodymium doped Ceria) -YSZ at the air electrode side. From this bi-layer structure, Local P-type conduction can be admeasured in the electrolyte near the air electrode. The cells were tested in electrolyzer mode. The results indicate that the addition of electronic conduction in the electrolyte can effectively depress internal pressure and prevent air electrode/electrolyte delamination.

P2-SS8-13 Effect of Pd Position at the Ni-YSZ Anode on SOFC Operation over Butane at a Low Temperature

Pd 촉매의 연료극 삽입 위치에 따른 부탄 연료 저온 작동 SOFC 특성 연구

THIEU CAM ANH*, THIEU CAM ANH, 손지원. *한국과학기술연구원*

In the current study, the effect of Pd incorporation at different positions of the anodes of thin-film-based solid oxide fuel cells (TF-SOFCs) under butane (C_4H_{10}) direct utilization mode at 600°C was investigated. Four TF-SOFCs were prepared by combining two different Pd insertion methods, sputtering and infiltration: (1) TF-SOFC without Pd (Ref-cell); (2) TF-SOFC with Pd at the anode functional layer (AFL), which was fabricated by alternatingly sputtered Pd layers with pulsed-laser deposited (PLD) NiO/yttria-stabilized zirconia (YSZ) layers (Pd-S-cell); (3) TF-SOFC with Pd at the anode support (AS), which was fabricated by infiltration (Ref-I-cell); and (4) TF-SOFC with Pd at both the AFL and AS (Pd-S-I-cell). The results indicate that the Pd-S-I-cell showed significant improvement in performance and durability. The Pd distribution was considered to have accelerated the electrochemical and thermochemical reactions. Additionally, a suppressed carbon deposition was observed at the anode of the Pd-S-I-cell, compared with that of other TF-SOFCs.

P2-SS8-14 Enhanced Structural Stability and Electrochemical Perfromance of Solid Oxide Fuel Cells via a Roll Calendering

롤 캘린더 공정을 이용한 고체산화물연료전지의 구조적 안정성과 전기화학 성능 향상 기술 개발

김준석*, 지호일. *한국과학기술연구원*

고체산화물연료전지의 높은 비용, 특히 스택의 높은 제조비용은 상용화를 늦추는 큰 원인 중 하나이다. 전체 제조비용 중에서도 품질관리와 소결 공정이 가장 많은 부분을 차지하고 있는데, 해당 비용 감소를 위해서는 공정결함이 억제되어야 할 뿐만이 아니라 전해질의 소결도 또한 향상되어야 한다. 따라서, 본 연구에서 테잎 적층 및 접합에 롤 캘린더 공정을 적용하여 상기 두 문제를 동시에 해결하고자 하였다. 원리적으로 일축프레스의 경우 수직응력만 인가할 수 있는 반면, 롤 캘린더 공정의 경우 전단응력을 적용할 수 있어 입자의 재배열 및 테잎간 계면에서의 계면결합도 향상시킬 수 있을 것이라 기대하였다. 전단효과가 적층체의 소결 전 미세구조에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 FIB-SEM 분석법을 활용, 삼차원 구조와 기공 크기 분포를 분석하였다. 그 결과, 롤 캘린더 공정이 일축프레스에 비해 다층의 테잎을 효과적으로 적층 및 접할할 수 있었으며, 공정결함 없이 전해질층의 높은 성형밀도를 얻을 수 있었다. 그 결과, 일축프레스로 제작한 전해질의 경우 치밀한 YSZ 전해질을 얻기 위하여 1350ºC의 소결온도가 필요했던 반면, 롤 캘린더 공정에서는 보다 낮은 1270ºC에서 치밀한 전해질 막을 얻을 수 있었다. 또한, 롤 캘린더를 이용하여 제작된 셀은 일축프레스를 이용, 1350ºC 소결로 얻어진 셀보다 1.5배 더 높은 전기화학 성능을 나타내었는데, 이는 i) 음극과 전해질 계면에서의 향상된 접합과 ii) 상대적으로 낮은 소결로 음극에서의 삼상계면 밀도 향상에 효과인 것으로 판단된다. 롤 캘린더 공정은 전단응력을 효과적으로 인가함으로써 소결온도와 공정 결함에 대한 문제를 동시에 해결할 수 있을 뿐 아니라

전기화학 성능 향상, 나아가 상용화에 적합한 공정 기술로 활용될 수 있을 것이다.

P2-SS8-15 Fabrication of Perovskite Oxide-based Anodes for Solid Oxide Fuel Cells

페로브스카이트 산화물 기반 고체산화물 연료전지 연료극 제조

정재우*, 황해진. *인하대학교*

고체 산화물 연료전지(SOFC)에서 Ni-YSZ(Yttria-Stabilized-Zirconia)은 고온, 환원 분위기에서 높은 전도성, 우수한 촉매 활성 및 전지 구성 요소 간 안정성으로 인해 고체 산화물 연료전지의 대표적인 연료극 재료로 사용되나, 고온 또는 부하 변동에서의 장기간 작동은 연료극 구조를 변화시키며, 전지의 열화 등 심각한 문제를 야기한다. 이러한 Ni-YSZ의 문제점을 해결하고자, 최근에는 전도성과 화학적 안정성이 우수한 페로브스카이트(Perovskite) 산화물, 그중 $SrTiO_3$의 Sr격자(A-site)에 La의 도핑을 통하여 합성되는 La-doped $SrTiO_3$(LST)는 수소 분위기에서 우수한 전기 전도성 및 우수한 산화, 환원 안정성을 나타내기에 Ni-YSZ을 대체할 대표적인 물질로 연구되고 있으나. 촉매 활성이 낮으며 또한 부하 변동 조건에서의 안정성을 유지하는 높은 내구성도 요구되는 실정이다.

본 연구에서는 LST의 Ti격자(B-site)에 촉매 활성이 우수한 Ni를 도핑하여 LSTN(La and Ni doped $SrTiO_3$)을 합성하여 촉매 활성을 향상시켰으며, 또한 이온전도성이 우수한 GDC(Gadolinium Doped Ceria)를 LSTN과 함께 연료극 물질로 사용함으로써 산소 이온 전도성의 향상과 분극저항의 감소를 확인하였다.

P2-SS8-16 Investigation of Oxygen Ion Transport and Surface Exchange Properties in $PrBaFe_2O_{5+\delta}$ Electrode Material by Oxygen Permeation and Electrical Conductivity Relaxation

산소 투과도 및 ECR 측정을 통한 $PrBaFe_2O_{5+\delta}$ 전극 소재의 산소 이온 전도 및 표면 교환 특성 분석

손승재[1*], 김동영[2], 주종훈[1]. *[1]충북대학교, [2]삼성전자*

고체 산화물 연료 전지(Solid Oxide Fuel Cells, SOFC)는 수소 외에도 일산화탄소, 탄화수소 등을 연료로 사용하여 연료 유연성이 뛰어나며, 화학 에너지를 전기 에너지로 직접 변환시켜 높은 에너지 전환 효율 가지는 것으로 알려져 있다. 세계 기후 협약을 통한 청정 에너지원의 중요성이 강조되는 상황에서 SOFC는 적합한 발전 수단으로 활용성을 극대화하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 특히, SOFC의 효율성을 높이기 위한 전략으로 전극 반응 개선에 대한 연구가 집중적으로 진행되고 있다. 본 연구에서는 전극 소재로 많이 연구되고 있는 doublepervoskite 구조 물질 중 Fe를 기반의 PBF ($PrBaFe_2O_{5+\delta}$)에 대한 분석을 실시하였다. Co 기반의 PBCO ($PrBaCo_2O_{5+\delta}$) 같은 경우 높은 성능을 갖는 cathode로 알려져 있으나, 고온 및 작동 분위기에서의 상이 불안정하다는 문제가 다수 보고되어왔다.[1] 이에 비해 PBF는 산화·환원 분위기에서 안정하며, 대기중 CO_2 분위기에서도 안정하다고 알려져 있으며, 도핑을 통한 cathode, anode 소재만 아닌 프로톤 전도성 전극물질로도 연구되었다.[2,3,4] 하지만 다양한 전극 소재로 사용된 것에 비하여 PBF의 기초적인 특성에 대해서는 연구가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 PBF의 두께 별 산소 투과도 측정을 통한 이온전도도 분석을 진행하였으며, ECR (electrical conductivity relaxation)법 측정을 통한 표면 교환 계수(surface exchange coefficient)와 벌크 확산 계수(bulk diffusion coefficient)를 분석하여 PBF에 대한 기초적인 산소 전도 특성에 대한 연구를 진행하였다.

[1] D. S. Tsvetkov, I. L. Ivanov, D. A. Malyshkin and A. Yu. Zuev, *J. Mater. Chem. A*, 4 (2016) 1962-1969.
[2] L. Zhao, J. Shen, B. He, F. Chen, C. Xia, *Int. J. Hydrogen energy*, 36 (2011) 3658-3665.
[3] D. Lee, D. Kim, S. J. Son, Y. Kwon, Y. Lee, J. Ahn, and J. H. Joo, *J. Power sources*, 434 (2019) 226743.
[4] H. Ding, X. Xue, *J. Power Sources*, 2010, 195, 7038–7041.

P2-SS8-17 $Ce_xSr_{2-x}MnO_4$ based Oxygen Carriers for Chemical Looping Combustion of Methane

$Ce_xSr_{2-x}MnO_4$ 기반 산소전달입자의 메탄 매체순환연소 특성 연구

오동환*, 김준규, 김승현, 정우철. *KAIST (한국과학기술원)*

Global warming drives the need for technology to capture greenhouse gases such as CO_2, produced during the combustion of fuel. Chemical looping combustion (CLC) is one of the promising ways to separate CO_2 effectively from CH_4 without further gas separation. Here we adopt $Ce_xSr_{2-x}MnO_4$ layered perovskite oxide which has low oxygen vacancy formation energy as an oxygen carrier for CLC. The oxygen carrier powders are prepared by an evaporation-to-dryness method and their crystal structure is characterized by X-ray diffraction. By controlling the doping concentration of Ce (x = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4), oxygen storage capacity, CH_4 conversion and CO_2 selectivity are measured through mass spectrometer. The relationship between CLC performance and cerium concentration is discussed during multiple redox cycle.

P2-SS8-18 Scalable Multi-Layer Roll Calendering Process for Reliable Anode of Large-Area Planar Solid Oxide Fuel Cells

대 면적 평판형 고체 산화물 연료 전지의 고신뢰성 음극 제작을 위한 다층 롤 캘린더링 공정

신지수*. *한국과학기술연구원*

Although, solid oxide fuel cells (SOFCs) have a lot of advantages, SOFCs still have obstacles for commercial applications because of their high manufacturing costs. The high costs are mainly caused from defects generated while ceramic processing and thus, the costs soar up when it comes to large-area SOFCs. Here in, we report a pragmatic roll calendering method for a lamination of anode tapes with size of 13 × 13 cm^2 to alleviate defect generation and residual stress fluctuation as against a conventional uniaxial press. The calendering condition is optimized by measuring the relative density, elongation length change behaviors of the calendered bodies and observing the interfacial microstructures at after every calendering cycles. Residual stress was examined by X-ray diffraction and analyzing microstructures through scanning electron microscopy for the calendered green bodies via roll calendering and the uniaxial pressing method, respectively. In conclusion, the roll calendering process suppresses the processing defects by the effects of shearing and uniformly applied pressure on the whole area of anode which are the key to massive and continuous manufacturing SOFCs in large-area.

P2-SS8-19 Rheological Analysis of Gadolinium Doped Ceria (GDC) Tape Casting Slurry

테잎 캐스팅용 GDC 슬러리의 유변학적 분석

Lakshya Mathur*, 윤예진, 김인호, 송선주. *전남대학교*

Gadolinium doped ceria (GDC) is a well-known electrolyte material for solid oxide fuel cells (SOFCs). To prepare an electrolyte supported cell for industrial application, tape casting is the most scalable

technique. So, the present investigation consists of a comprehensive analysis of the rheological properties of tape casting slurry and provide a guideline for the optimization of the composition of various organic and inorganic additives by means of viscoelastic properties. Formulation of slurry consists of the powder (GDC), solvent (ethanol & toluene), dispersant (menhaden fish oil), plasticizer (benzyl butyl phthalate160 & polyethylene glycol 8000) and binder (polyvinyl butyral 98). Each of the additives has its role towards the tape casting formulation which is verified in terms of slurry's flow behavior at each step. The slurry exhibits pseudo plastic behavior, which is drastically affected by a minute change in additive composition.

P2-SS8-20 Defect Chemistry of Highly Defective $La_{0.1}Sr_{0.9}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ by Considering Oxygen Interstitials

$La_{0.1}Sr_{0.9}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$계의 비이상용액 거동에 대한 결함화학적 연구 : 산소 사잇자리 이온결함을 중심으로

배호한*, 홍재운, 김인호, 송선주. *전남대학교*

Hyper-stoichiometric (p-type) ternary oxide $La_{0.1}Sr_{0.9}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_3$ (LSCF1982) is widely used in application of solid state electrochemical devices because of high electrical conductivity and high oxygen diffusivity as a surface catalysis. In order to create a LSCF1982-based effectively operating electrochemical device, detailed understanding of defect structure and related physical properties are very important.

Many defect chemical properties can be explained quite well by considering it as an ideal dilute solution in form of $ABO_{3-\delta}$ with B^{4+} as a reference state. However, from the partial molar thermodynamic quantities, we found a positive deviation from the ideal defect structure. Moreover, the ionic conductivity showed increasing trend with Po_2, which cannot be explained in oxygen vacancy mechanism. From ionic/electronic thermo power measurement under the isothermal/non-isothermal ion blocking cell condition, we observed that oxygen interstitial should be considered as the majority ionic carriers and concluded that the chemical molecular form should be $ABO_{2.05+\delta}$ with B^{+2} as a reference state. With new chemical molecular form with oxygen interstitials, we revisited its non-ideal defect structure in two ways: 1) Regular solution with Mizusaki's α-factor, 2) Hole-degeneracy with the Fermi-Dirac integral. The positively-deviated defect behaviour was similarly interpreted in both model, but hole-degeneracy model better explained delocalized hole conduction in high pO_2 region.

P2-SS8-21 A Simple Electrochemically-driven $(Pr,Ce)O_{2-\delta}$ Over-coating to Enhance the Activity and Thermostability of Silver Cathodes for Thin-film Solid Oxide Fuel Cells

도핑된 세리아의 전기화학도금법을 이용한 박막형 고체산화물연료전지용 고활성, 고내구성 은 전극 제작

김현승[1*], 서한길[1], 최윤석[2], 정우철[1]. *[1]KAIST (한국과학기술원), [2]한국에너지기술연구원*

A promising energy conversion device solid oxide fuel cell (SOFC) has drawn a lot of attention but the challenge is to find a suitable cathode material for low-temperature operation. This work introduces a highly active and robust silver composite cathode electrochemically over-coated with $(Pr,Ce)O_{2-\delta}$ (PCO) for application in thin-film SOFCs. Only a few minutes of cathodic electrochemical deposition (CELD) of PCO film onto nanoporous silver cathodes drastically enhanced the activity and thermal durability. The PCO film with nanoscale cracks is expected to increase the triple-phase boundaries where the gas, Ag electrode, and PCO electrolyte meets. The oxide coating that is infiltrated into the pores of silver film prevented the porous metallic structure from thermal agglomeration. The PCO overcoating was treated by CELD method which is scalable, only few-minute-taking, and held in the ambient pressure and temperature. CELD-treated PCO coating has increased the peak power density by more than 50% at 450°C. Almost zero degradation during the operation for more than 50 hours suggests that the PCO-Ag composite cathode of this work is thermo-durable enough to be applicable to TF-SOFCs.

P2-SS8-22 $La_{1.7}Ca_{0.3}Cu_{1-x}M_xO_{4+\delta}$ (M=Co, Fe) Ruddlesden-Popper Series as Oxygen Electrode for Solid Oxide Fuel Cells

Ruddlesden-Popper 구조를 가지는 $La_{1.7}Ca_{0.3}Cu_{1-x}M_xO_{4+\delta}$ (M=Co, Fe)의 고체산화물 연료전지 공기극 적용 연구

황국진*, 신태호, 신미영, 우성훈. *한국세라믹기술원*

Layered Ruddlesden-Popper structured oxides have been extensively studied as candidates for intermediate temperature solid oxide fuel cell (IT-SOFC) cathodes. This crystal structure shows high electronic conductivity and good oxygen mobility.The fast oxygen transport properties are related to their ability to accommodate hyper stoichiometric oxygen at the interstitial positions in the rock-salt layers. In particular, little attention however has been paid to cuprate-based materials, e.g., $Ln_2CuO_{4+\delta}$ (Ln = Nd, La, Pr); only a few studies have been carried out for the practical cathode performance in the case of SOFCs, which were concerned with single crystals or doped superconducting materials such as $La(Sr)_2CuO_{4+\delta}$.

Therefore, in our study, we presented the development of the Fe and Co doped $La_{1.7}Ca_{0.3}Cu_{1-x}M_xO_{4+\delta}$ as a promising Sr free cathode. Influence of transition metal contents on the lattice structure, electrical conductivity and catalytic activity were investigated. The cell performance was examined from 650°C to 850°C by measuring of the LSGM electrolyte-supported cells. $La_{1.7}Ca_{0.3}Cu_{0.75}Fe_{0.25}O_{4-\delta}$ cathode composition shows the fairly good maximum power density of 589 $mWcm^{-2}$ at 850°C so it is possible to use Sr free cathode.

P2-SS8-23 The effect of $La_{0.4}Ce_{0.6}O_{2-\delta}$ Buffer Layer Thickness between Ni-Fe Anode and $La_{0.9}Sr_{0.1}Ga_{0.8}Mg_{0.2}O_{3-\delta}$ Electrolyte on the Electrochemical Performance of Solid Oxide Fuel Cells

고체사화물 연료전지용 LSGM전해질과 Ni-Fe음극 계면의 적용된 LDC 버퍼층 두께의 영향

장미[1*], 황국진[2], 김재현[1], 신태호[2]. *[1]경상대학교, [2]한국세라믹기술원*

LSGM electrolyte is the promising material for intermediate temperature solid oxide fuel cells (IT-SOFCs). But it is prone to suffer from performance degradation during operation, when they are used with Ni-containing anodes. One of the causes for performance degradation is formation of an insulating $LaNiO_3$ layer and this insulator phase may block oxygen ion diffusion through electrolyte. In this study, we introduced protective layer, lanthanum doped ceria (LDC), to hinder the formation of insulating phases and the effect of LDC layer thickness on SOFC electrochemical performance was evaluated. The LSGM electrolyte support cells were prepared with

200 μm thickness and Ni-Fe, LDC and $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ were coated using screen printing. The cell performance was measured at 650-850°C using H_2 and O_2 for a fuel and an oxidant, respectively. Thin LDC layer cell shows the fairly good maximum power density of 2.2 $W \cdot cm^{-2}$ at 850°C than 1.4 $W \cdot cm^{-2}$ at thick LDC layer cell.

P2-SS8-24 Steam Concentration Effect on Carbon Deposition of Ni-GDC Cermet Anode for Solid Oxide Fuel Cells
고체산화물 연료전지용 Ni-GDC 써밋 음극 소재의 탄소침적에 대한 수증기 농도의 영향
박재우*, 박윤태, 이기태. *전북대학교*
Solid oxide fuel cell (SOFC) is a promising energy conversion device due to its environmentally friendliness, high conversion efficiency, multi-fuel performance, and modularity. In conventional SOFCs operating on hydrogen fuels, the state-of-the-art anode material for SOFCs is nickel-yttria stabilized zirconia or gadolinium doped ceria (Ni-YSZ or GDC) cermet. However, in the case of hydrocarbon-fuel SOFCs, conventional Ni-YSZ or GDC cermet anodes have poor durability due to the formation of coke from hydrocarbon fuels, degrading cell performance and stability. In this regard, the formation of various carbons on Ni-GDC cermet anode for CH_4 fuel use with various steam concentration has been studied. The carbon formation in the Ni-GDC anodes was investigated by FE-SEM with EDX. The quantitative and qualitative analysis of carbon formation were also analysed by Raman spectroscopy. Finally, the effect of steam concentration on the formation of crystalline and amorphous carbon has been studied in detail.

P2-SS8-25 Surface Modification of $Ce(Mn,Fe)O_2$ / $La(Sr)Fe(Mn)O_3$ Ceramic Anode for Propane Fueled Solid Oxide Fuel Cells
프로판 연료형 고체산화물 연료전지를 위한 $Ce(Mn,Fe)O_2$/$La(Sr)$-$Fe(Mn)O_3$ 세라믹 연료극의 표면 개질
김민규[1*], 이영욱[1], Tatsumi Ishihara[2], 신태호[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]Kyushu University*
Direct utilization of propane is one of the attractive projects in Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) due to its high energy conversion efficiencies and the possibility for simplification of the systems. However, the use of propane directly has been limited due to several challenging issues such as low anode activity and coke deposition. We previously reported Ce(Mn, Fe)O_2 (CMF) and La(Sr)Fe(Mn)O_3 (LSFM), oxidation-tolerant oxide anode for SOFC with reasonably high performance and good tolerance to coking, even when using dry propane as a fuel. In this study, to enhance catalytic performance and electronic conductivity of previous oxide anodes, the core-shell structured composite oxide of CMF-LSFM was prepared. According to TEM/EDX observations, shell structured-CMF successfully covered the surface of nano-sized LSFM particles. Fabricated button cell with CMF-LSFM anode shows excellent maximum power density of 0.76 Wcm^{-2} and 1.25 Wcm^{-2} when hydrogen and propane were used as fuel gases.

P2-SS8-26 Proton Ceramic Fuel Cell with Inkjet Printing
잉크젯 프린팅 기술을 적용한 프로톤 세라믹 연료전지
정헌준*. *고려대학교*
A fuel cell is a power generation device that converts chemical energy into electrical energy by an internal electrochemical reaction and has recently attracted attention as a next-generation energy source. Among them, proton ceramic fuel cell is a new type of fuel cell that conducts protons instead of oxygen ions, and it has a lower activation energy than solid oxide fuel cells. Inkjet printing is a technique that can deposit a ceramic layer quickly, simply and precisely, and is widely used in fuel cell manufacturing. In this study, PBSCF cathode material was deposited using inkjet printing, and its performance and microstructure were evaluated. As a result of confirming the microstructure by SEM image, it was confirmed that the cathode deposited by inkjet printing has a porous structure. Performance is also excellent with a maximum power density of 331 mW/cm^2 at 500C.

P2-SS8-27 Application of Ni-based Pd Catalyst by Atomic Layer Deposition to Direct Methanol Solid Oxide Fuel Cell
원자층 증착법 공정을 이용한 니켈 기반 팔라듐 촉매의 직접 메탄올 연료전지로의 적용
김근희*, 장동영, 정헌준, 김동환, 심준형. *고려대학교*
Direct methanol Solid Oxide Fuel Cell (DMSOFC), which methanol is supplied as a resource for the system, got compelling strength compared to ordinary fuel. Methanol in the liquid state does not require bulky reforming process and can be treated safe and easy for storage. However, residual carbon monoxide and tardy reactions occurring on electrodes result in catalyst poisoning. To overcome these key tasks of DMSOFC, platinum-ruthenium (Pt-Ru) bimetallic catalyst is most known for the best performance for methanol oxidation. Due to the high price of platinum, however, inexpensive nickel (Ni) is regarded as a promising substitute of Pt-Ru catalyst in regard to reforming performance of alcohol and hydrocarbon. Also, it is noted that palladium (Pd) is an intensive candidate for bimetallic Ni-based catalyst. In this study, fuel cell with Ni-based Pd catalyst processed by atomic layer deposition was evaluated.

P2-SS8-28 High Performing $Mn_{1.3}Co_{1.3}Cu_{0.4}O_4$ Spinel based Composite Cathodes for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells
Thaheem*, 김경준, 이종준, 조동우, 정인철, 이강택. *DGIST (대구경북과학기술원)*
Herein, we developed a $Mn_{1.3}Co_{1.3}Cu_{0.4}O_4$ (MCCO) spinel for use as a new oxygen catalyst for intermediate temperature solid oxide fuel cell (SOFC) applications. The addition of Cu into the $(Mn,Co)_3O_4$ spinel effectively promoted the oxidation states of Mn ions, which were mostly positioned at octahedral sites. This effect facilitated small polaron hopping with the narrow band gap, resulting in high electrical conductivity of MCCO. An SOFC employing the MCCO-$Sc_{0.1}Zr_{0.89}Ce_{0.01}O_{1.95}$ composite cathode yielded extraordinarily high power-output values of 1.92 and 1.38 W cm^{-2}, at 800 and 700°C, respectively. To the best of our knowledge, this result is the best performance among all SOFCs with any spinel-based cathodes to date.

P2-SS8-29 Mechanistic Study on the Phase Separation of Epitaxial $Ce_{0.75}Zr_{0.25}O_2$ Film to Improve its Chemical Stability in Reducing

Atmosphere

$Ce_{0.75}Zr_{0.25}O_2$ 박막의 안정성 향상을 위한 환원분위기에서의 상분리 매커니즘 연구

오설희*. *한국과학기술연구원*

CeO_2-ZrO_2 binary system has been widely used in catalytic devices such as fuel cells, because of its superior oxygen releasing/storing capability and mixed ionic-electronic conductivity. However, as the serious phase separation is observed after exposure to high temperature reducing atmosphere, the CeO_2-ZrO_2 solid solution is now faced with the fatal stability issue. Hence, proper understanding of the nature of phase separation in CeO_2-ZrO_2 system is essential to prevent the degradation of solid oxide fuel cell based on CeO_2-ZrO_2 system. Here, we control the crystal orientation and the initial stress level of epitaxial $Ce_{0.75}Zr_{0.25}O_2$ (CZO) thin films to figure out the mechanism of phase separation. The phase separation of the controlled CZO films was induced by high-temperature reduction and is continued until pure ceria and zirconia were generated. A sequence of phase separation in CZO thin film was analyzed by means of transmission electron microscopy equipped with energy dispersive spectroscopy.

P2-SS8-30 Highly Active and Durable Double-doped Bismuth Oxide-based Oxygen Electrodes for Reversible Solid Oxide Cells at Reduced Temperatures

저온구동형 가역 고체산화물전지용 고성능 산소전극 개발에 관한 연구

윤병현*, 김경준, 조동우, 이종준, 채문석, 김대원, 강석범, 최도영, 홍승태, 이강택. *DGIST (대구경북과학기술원)*

Sluggish reaction kinetics on oxygen electrodes at reduced temperatures (< 750 ºC) remain a major challenge for the technical progress of reversible solid oxide cells (SOCs). To overcome this issue, the development of highly active and stable oxygen electrodes at intermediate temperatures (ITs, < 750 ºC) is urgent and essential. Rare earth-stabilized bismuth oxides are known to have high ionic conductivity and fast oxygen surface kinetics. Despite these advantageous properties, unlike conventional ZrO_2- or CeO_2-based materials, stabilized bismuth oxides have not been widely investigated as oxygen electrode components for reversible SOC applications. In present study, using the double doping strategy, we successfully developed Dy and Y co-doped Bi_2O_3 (DYSB), which showed record-high conductivity, ~110 times higher than that of yttria-stabilized zirconia (YSZ) at ITs. This DYSB combined with conventional $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_3$ (LSM) significantly enhanced surface diffusion and incorporation of oxygen ion kinetics during the oxygen reduction reaction (ORR). Finally, the novel LSM-DYSB oxygen electrode was simply embedded in a YSZ electrolyte-based cell without a buffer layer. The LSM-DYSB SOC yielded an extremely high performance of 2.23 Wcm^2 in fuel cell mode as well as 1.32 Acm^2 at 1.3 V in electrolysis mode at 700ºC, along with excellent long-term and reversible stabilities.

P2-SS8-31 Quantification of Interplay between Sintering Temperature, Microstructure and Mechanical Properties of Ni-$BaZr_xCe_{0.8-x}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ (x=0.1, 0.5) Cermet Anodes by Image Analysis (x=0.1, 0.5) Cermet Anodes by Image Analysis

이미지 분석을 통한 Ni-$BaZr_xCe_{0.8-x}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ (x=0.1, 0.5) 양극 서멧의 소결 온도, 미세구조 및 기계적 특성 간 상호작용의 정량화

윤예진*, 김인호, 김은일, 송선주. *전남대학교*

Most of the PCFCs utilize composite anodes fabricated by mixing Ni with the electrolyte. Nickel is a relatively cheap and shows excellent catalytic activity towards hydrogen oxidation. Among the Ni-based cermets, Ni-$BaZr_{0.1}Ce_{0.8}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ (Ni-BZCYYb) is recently getting extensive attention. However, the microstructure for Ni-BZCYYb is yet to be fully optimized.

In this work, the effect of sintering temperature on microstructure and mechanical properties of $BaZr_xCe_{0.8-x}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ (BZCYYb), x = 0.1 and 0.5, containing Ni-BZCYYb cermet anodes for protonic ceramic fuel cells (PCFCs) was investigated. The BZCYYb specimens were prepared as a sintered flat bars by 'tape-casting' and sintered in 1300-1450ºC range.

Image analysis was practiced by Image pro premier 9.8 with back-scattered images. A 2D stereological method is used to quantify the effect of sintering temperature on the microstructure of Ni-BZCYYb cermets in terms of volume fraction and interconnectivity of each phase which indicate that the microstructure and mechanical properties.

Mechanical properties were measured by UTM machine. 3-point bending test indicated that the bending stresses for BZCYYb17 were higher than those for Ni-BZCYYb53 specimens, and the 1400ºC sintered specimens shows the highest value of bending stress. Weibull modulus (m) was calculated to describe the strength distribution of Ni-BZCYYb cermets and its variation was related with the volume fractions and interconnectivities of pores and solid phases.

P2-SS8-32 Development of NiO-YSZ and Stainless-steel Substrates based Thin-film Solid Oxide Fuel Cells

NiO-YSZ 연료극 및 Stainless steel 기반 금속 지지형 박막 고체산화물 연료전지 개발에 관한 연구

강성민[1*], 이재석[1], 차석원[2], 배중면[1]. *[1]KAIST (한국과학기술원), [2]서울대학교*

박막 전해질을 고체산화물 연료전지에 적용하는 연구는 지난 10여 년 간 고체산화물 연료전지의 작동 온도를 낮추는 것을 목표로 다양한 연구기관에서 진행되어 왔다. 본 연구는 박막 전해질을 다양한 기판에서 적용할 수 있는 셀 제작 공정을 개발하는 것을 목표로, 전통적인 NiO-YSZ 연료극 기판과 스테인리스 스틸 기반의 Crofer 22 APU 금속 기판을 활용하여 직경 2.5 cm의 버튼 셀과 직경 5 cm의 대면적 셀을 제작하였다. YSZ-GDC 박막 전해질은 reactive sputtering을 이용하여 약 1.2~1.5 마이크로미터의 두께로 증착되었다. 완성된 단위전지는 섭씨 550~650도에서 전기화학적 성능이 평가되었고, 미세구조 분석을 통해 신뢰성 있는 단위전지 제작 공정임을 확인하였다.

P2-SS8-33 Temperature-dependent Long-term Stability of $Sr_{0.3}Na_{0.4}SiO_{2.8}$ Fast Ion Conductor

온도에 따른 고속 이온 전도체 $Sr_{0.3}Na_{0.4}SiO_{2.8}$ 의 장기 안정성 분석

신홍림[1*], 조동우[1], 김종우[2], 이강택[1]. *[1]DGIST (대구경북과학기술원), [2]LG Chem R&D Campus*

Na-doped $SrSiO_3$ (SNS) is an ionic conductor that exhibits superior conductivity at low temperature. Since the first report was made by Goodenough group, subsequent studies revealed that the conductivity

of SNSs originates from amorphous $Na_2Si_2O_5$ phase, which undergoes the phase transition at the elevated temperature over 500°C. However, due to the insulating nature of the crystalline phase, the high conductivity of the SNS could not be maintained at high temperatures. Therefore, to utilize SNS, understanding the kinetics of crystallization and corresponding total conductivity is inevitable.

In this study, we systematically assessed the temperature-dependent long-term stability of the SNS. We examined the total conductivity of the $Sr_{0.6}Na_{0.4}SiO_{2.8}$ (40SNS) with in situ electrochemical impedance spectroscopy. The initial conductivity of 40SNS at 700°C was degraded within 1 h, while that at 450°C was sustained for 260 h, accompanying no observable phase transition. The presence of a critical temperature regime that suppresses the crystallization kinetics was supported by these results.

P2-SS9-1 High Electrocatalytic Performance of Bimetal Alloy on Ceramic Support for Oxygen Reduction Reaction

산소환원반응을 위한 PtM/TiO_2의 높은 전기적촉매성능

김한슬[1,2*]. [1]*한국세라믹기술원,* [2]*부산대학교*

The fuel cells have considered a promising energy conversion device because of its high energy density and low emission. Among many fuel cells, proton exchange membrane fuel cells (PEMFC) run at significantly low temperatures and operate the high energy density. Thus, PEMFC is an especially promising device for the transportation industry. Many developers have focused on enhancing their power density with lowering precious metal catalyst. In particularly, fuel cell devices, as well as electrolysis one, commonly used a noble catalyst that performs as an important role in energy conversion device.

However, reported cathode materials of PEMFC are still limited to the high cost, activity, and stability. The first problem is cost. The platinum is the basis for the most effective cathode catalysts but it is expensive. The second problem is the high overvoltage of the cathode material caused by the oxygen reduction reaction of platinum. As a final problem is degradation of the catalyst from prolonged or repeats use. Normally, carbon has been used as support but carbon support corrosion during electrochemical operation makes it unfavourable for fuel cell application.

P2-SS10-1 Stress-driven High Electrostrain at Low Driving Field in Bismuth-based Incipient Piezoelectrics

응력으로 유도된 비스무트 기반 초기 압전체의 저전계에서 높은 변형 특성

Muhammad Sheeraz[1*], Abdul Khaliq[1], Aman Ullah[2], 한형수[1], Aurangzeb Khan[3], Amir Ullah[4], 김일원[1], 김태헌[1], 안창원[1]. [1]*울산대학교,* [2]*University of Science and Technology, Bannu, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan,* [3]*Abdul Wali Khan University, Mardan, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan,* [4]*Islamia College University, Peshawar, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan*

In this study, we use a strategy to reduce the poling field (E_{pol}) of the relaxor $0.72Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO_3$–$0.28SrTiO_3$ (BNT–28ST) by introducing the ferroelectric $Bi_{1/2}(Na_{0.78}K_{0.22})_{1/2}TiO_3$ (BNKT) plate–type particles in various volume ratios (5, 10, and 15 Vol.%). The poling field decreases with increasing ferroelectric plate type particles accompanied by a transition from relaxor to ferroelectric phase. Consequently, BNT–28ST/BNKT (relaxor/ferroelectric) composite of 10 vol.% has delivered large normalized strain (S_{max}/E_{max} = 650 pm/V) under relatively low applied field of 2.5 kV/mm with the reduction in the poling field (E_{pol}) value to 36% compared to that of pure BNT–28ST ceramics. We demonstrated that such behavior comes from the stress induced effect at the boundary of the ferroelectric and relaxor materials due to their different nature. By combining the components of two different natures (relaxor/ferroelectric), the generation of stress is expected from the ferroelectric (BNKT) to the relaxor (BNT–28ST) at the boundary. Thereby, field–dependent stress at relaxor/ferroelectric phase boundary is monitored proposing the reduction of the poling field due to the strain coupling mechanism. These findings indicate that ferroelectric plate–type particles are more effective in reducing the field for strain activation which can be appropriate for actuator devices.

P2-SS10-2 Oxygen-vacancy-induced structural and Dielectric Phase Transitions in Ni-doped $BaTiO_3$ Ceramics

니켈 이온이 치환된 $BaTiO_3$ 세라믹에서 산소결함이 결정구조와 유전특성에 미치는 영향

Duong[1*], 배종성[2], 전종철[3], 임소연[4], 오수한[5], Aman ullah[1], Muhammad Sheeraz[1], 최진산[1], 이순일[6], 고재현[5], 양상모[4], 김규현[3],김일원[1], 안창원[1], 김태헌[1]. [1]*University of Ulsan,* [2]*한국기초과학연구원,* [3]*국가과학기술연구회,* [4]*숙명여자대학교,* [5]*한림대학교,* [6]*창원대학교*

Point defects, especially oxygen vacancy, play an important role in structure and electrical properties of oxide materials. In barium titanate, a hexagonal polymorph (h-$BaTiO_3$ $P6_3/mmc$), which is only stable above 1460°C for stoichiometric composition, obtained at room temperature in the presence of oxygen vacancies. Moreover, the colossal permittivity in the hexagonal $BaTiO_3$ was also reported in which the generation of oxygen vacancy is regarded to be responsible for the obtained dielectric anomalies. However, to our knowledge, the influence of oxygen vacancies on structural transition and the dielectric anomaly of the hexagonal polymorph in $BaTiO_3$ remains controversial and unclear until now. In this work, we present a room-temperature polymorphic transition from tetragonal to hexagonal in $BaTiO_3$ induced by Ni substitution experimentally. A giant permittivity has been observed in h-$BaTiO_3$ with the heavily doping concentration. Using the XPS measurement, the oxygen vacancy content, which impacts the structural evolution and the unusual dielectric permittivity in h-$BaTiO_3$, increases in the growth of Ni concentration. The underlying mechanisms of polymorphic phase transition and oxygen vacancy-induced dielectric anomaly in Ni-doped $BaTiO_3$ ceramics will be discussed in our presentation.

P2-SS10-3 Understanding Ferroelectric Phase Formation in doped HfO_2 Thin Films based on Classical Nucleation Theory

핵생성 이론 기반 산화하프늄 박막 내의 강유전성 결정상 생성의 이해

박민혁[1*], 이영환[2], 황철성[2]. [1]*부산대학교,* [2]*서울대학교*

The origin of the unexpected ferroelectric property in (doped) hafnia thin films is now accepted as the formation of non-centrosymmetric orthorhombic phase with $Pca2_1$ space group. From the nucleation theory, it can be identified that there exist an appropriate doping concentration range for the ferroelectric phase formation. The doping concentration should be sufficiently high to suppress the formation of stable monoclinic phase during the rapid thermal process for

crystallization. The transformation into the other metastable phases is improbable, when the stable monoclinic phase is once formed. For the cased of appropriate doping concentrations, a transition to the second most stable tetragonal phase is enhanced due to the kinetic energy barrier lower than that to the monoclinic phase formation. During cooling, the transition from the tetragonal phase to the second most stable orthorhombic phase is expected from the nucleation theory, whereas the formation of the most stable monoclinic phase is suppressed. Nonetheless, the doping concentration should not be too high. Otherwise, the tetragonal phase formed during the crystallization annealing process cannot be transformed into the ferroelectric orthorhombic phase during cooling, since high doping concentration lowers the Curie temperature which suggests the absence of driving force for the orthorhombic phase formation.

P2-SS11-1 Separation of Quartz and Anorthite from Halloysite Nano Tubes(HNTs) by Grinding Processes

연삭공정을 이용한 고령토로부터 석영 및 회장석의 분리

황규홍[1*], 박관식[2], 김채호[1], 권기훈[1], 유진실[1]. *[1]경상대학교, [2]풍산광업*

Natural halloysite kaolin contains a lot of impurities such as quartz phases and varies in morphology and size during their formation in the earth. So to utilize as a new type of natural nano material, removing quartz and anorthite impurities from kaolin clays without scathe the tube morphologies are necessary. So to remove quartz impurities from kaolin by forming a well deflocculated aqueous slip without fracturing the morphology of tubes, the slip of grinded halloysite clay was recovered by adding polyvalent metallic cations and anionic polyelectrolyte flocculants simultaneously to selectively flocculate the mixture of quartz, anorthite, and halloysite, whereby the halloysite particles form floes and the tubular halloysite remains in suspensions. Then, the uniform size and tubular shape of halloysite was obtained which could be suitably used as a container or a carrier to encapsulate nanomaterials.

P2-SS11-2 Flash Sintering of Hydroxyapatite Ceramics and its Mechanism

플래시 소결법을 이용한 수산화아파타이트 바이오 세라믹 소결 및 그 메커니즘

황창훈[1*], 김석영[2], 윤존도[1]. *[1]경남대학교, [2]영남대학교*

플래시 소결(Flash sintering)은 가열된 시편에 전극을 이용하여 직접적으로 전압을 인가하여 플래시 현상(Flash effect)을 유도하는 공정이다. 플래시 현상은 두 가지 단계로 나뉘며, 1) 온도와 전압 관계에 따른 플래시 발생까지의 '배양시간'과 2) 플래시 발생 후 전압 및 전류에 따른 '승온현상' 및 '급속소결효과'가 있다. 하지만, 각 재료에 따라 플래시 소결 조건이 다르므로 재료에 대한 초기 조건 연구가 필요하다.

본 연구에서는 플래시 소결법을 이용하여 수산화 아파타이트(Hydroxyapatite : HAp)를 소결하였다. 우선, 본 재료의 플래시 발생 조건을 조사한 결과, 전압조건이 500 V인 경우에는 1230ºC에서 발생하였고, 2000 V인 경우에는 927ºC에서 발생하였으며, 전압이 증가할수록 플래시 발생 온도는 낮아지는 것으로 나타났다. 플래시 발생조건을 바탕으로 배양시간을 조사한 결과, 플래시가 발생하는 조건의 경우 약 30초 이내에 발생하였고, 전압 또는 온도가 증가할수록 배양시간은 단축되었으며, 가장 빠른 배양시간은 1초였다. 플래시 현상의 승온 및 소결효과를 조사하였는데 플래시 현상 중 발생되는 전류는 1~34 mA이며, 이에 따른 온도상승효과는 10~180ºC이었다. 플래시 소결 중 시편에 용융현상이 발생되었는데, 이는 재료의 이론적 용융온도보다 낮은 온도에서 발생하였다. 제조된 소결체에 대하여 특성분석을 진행하였고, 플래시 소결의 승온현상 및 급속소결 효과에 대한 메커니즘을 제안하고자 하였다.

P2-SS12-1 Visualization of the Crystallographic Effect of Oxygen Diffusion Channels in VO_2

VO_2의 결정방위에 따른 산소 확산 채널 효과의 시각화

심혜지*, 김기엽, 박윤규, 조민국, 손준우, 최시영. *포항공과대학교*

Heterogeneous interfaces between two dissimilar materials allow charged species to migrate by ionic diffusion to relieve the chemical potential mismatch of two materials. Recently, from the epitaxial TiO_2/VO_2 heterostructure on TiO_2 substrate ($TiO_2/VO_2/TiO_2$ substrate), we have found that the formation of high-quality epitaxial rutile TiO_2 film at unprecedentedly low temperature. VO_2 film eventually turns into the oxygen-deficient film ($VO_{2-\delta}$) after diffusing out the oxygens through $[001]_{Rutile(R)}$-oriented diffusion channels into the top TiO_2 film. To crystallographically understand the role of the diffusion channels, we prepared two $TiO_2/VO_2/TiO_2$ models hosting (i) in-plane aligned diffusion channels and (ii) out-of-plane aligned diffusion channels; so that we can visualize the crystallographic efficiency of the oxygen diffusion. To this end, we conducted the atomic scale analysis using aberration-corrected STEM and electron energy loss spectroscopy (EELS) to elucidate the electronic and atomic structures through VO_2 and TiO_2 films.

P2-SS12-2 Identifying Unknown Crystal Structures of Nearly Room Temperature van der Walls Ferromagnet vis STEM Analysis

STEM 분석을 통한 약상온 반 데르 발스 강자성체 물질의 결정 구조 규명

황수윤*, 김기엽, 서준호, 김준성, 최시영. *포항공과대학교*

In spintronics, understanding spin configuration and finding proper spin-controlling materials has been an obstacle. Despite recent developments in spin generating, promising materials for spin source, such as two dimensional (2D) van der Waals (vdW) ferromagnetic crystals, have been always limited by their low T_c. Therefore, the vdW ferromagnets with high T_c, which is able to generate a spin polarized current at room temperature, is needed.

We successfully synthesized stable Fe_4GeTe_2, a newly-designed vdW ferromagnetic materials, showing the T_c of 280 K which is close to room temperature, with a large magnetization and a high conductivity. Furthermore, Fe_4GeTe_2 retains its properties even it is exfoliated into a few-layer-thick crystals. These properties suggest attractive possibilities of utilizing spin source materials.

In this study, we disclosed the unknown atomic structure and vdW layers of Fe_4GeTe_2, by directly visualizing its atomic arrays with scanning transmission electron microscopy (STEM) in three directions: [001], [110], and [120], comparing high-angle annular dark field (HAADF) images and simulated HAADF images. In addition, we analyzed selected area electron diffractions (SAED) to identify the lattice parameters of Fe_4GeTe_2.

P2-SS12-3 Electron Microscopy Study of Unexpected Structure Change in Mn_3GaN/Mn_3Ga Superlattice Film

투과전자현미경을 이용한 Mn_3GaN/Mn_3Ga Superlattice film의 구조 변화 분석

노가희[1*], 김기엽[1], 엄창범[2], 최시영[1]. [1]*포항공과대학교*, [2]*University of Wisconsin-Madison*

Current-induced spin-orbit torques enable the control of magnetization and perpendicular-magnetization is used for spintronic application. Heusler alloys Mn_3Ga (MG) is a ferromagnetic material with strong perpendicular anisotropy and high spin polarization and can be used as a spintronic application. Anti-perovskite Mn_3GaN (MGN) is an antiferromagnetic material with spin-hall torques corresponding to spin polarization at room temperature. When making the superlattice using antiferromagnetic MGN with a spin-hall effect and ferromagnetic MG with strong perpendicular magnetic anisotropy, MGN was found to have unconventional out-of-plane spin polarization.

In this study, we investigated the superlattice film by convergent-beam electron diffraction (CBED) because it is possible to analyze the symmetry and lattice parameter of the local region. Unexpected spin polarization was found to be related with the structural anisotropy and thus because the c/a ratio was decreased by about 2% and the 4fold crystallographic symmetry was broken. In addition, we analyzed atomically interfacial roughness, strain effect in MGN/MG superlattice interface, and atomic disordering in each material using image analysis tool and scanning transmission electron microscopy (STEM), including the high-angle annular dark field (HAADF) image.

P2-SS12-4 Scanning Transmission Electron Microscopy Analysis of the Modified Layered Structure in Lithium Batteries

주사투과전자현미경을 이용한 변형된 리튬배터리의 층상구조 분석

양유정*, 김소연, 김기엽, 이정화, 강병우, 최시영. *포항공과대학교*

In the lithium-ion battery research, structural change in charge cycle has a great influence on the performance of the active material. Therefore, it is important to study the mechanisms on structural change and control them to improve the stability. In this study, we focused on atomic structural change of the LNMO (LiNiMnO) active material during thermal process, which is to improve cathode performance of Lithium-ion battery. The scanning transmission electron microscopy (STEM) technique including high-angle annular dark field (HAADF) imaging was used to investigate the structural changes in the Li layer at an atomic scale. Through STEM analysis, we have studied structural mechanisms related to the improvement of LNMO materials performance by quenching process.

As a result, the HAADF-STEM image of the pristine implies that the Ni element is randomly invaded into the Li layer by the thermal process. These results indicate that the substituted Ni element acts as a frame when LMNO is charged and Li is removed, which improves the structural stability and reduces oxygen loss caused by a substitution of the transition metal and the Li vacancy, thereby preventing structural collapse. This study demonstrates that the atomic resolution STEM analysis on structural changes of LNMO through thermal processes will be helpful in understanding the materials performance by improving the structural stability of other layered cathode materials.

P2-SS18-1 Effect of Pre-sintering Atmospheres on the Optical Property of Nd:Y_2O_3 Ceramics

Nd:Y_2O_3 세라믹스의 광학적 특성에 미치는 가소결분위기의 영향

오현명[1*], 박영조[2], 김하늘[2], 고재웅[2], 이현권[1]. [1]*금오공과대학교*, [2]*재료연구소*

현재 산업 및 의료용 고체레이저로 단결정 및 다결정 Nd:YAG가 보편적으로 사용되고 있다. Nd:YAG와 발진파장대가 유사하고 YAG에 비해 열적 특성이 우수한 Y_2O_3에 Nd를 도펀트로 첨가한 Nd:Y_2O_3가 고출력 고체레이저용 재료로 최근 주목받고 있다. 레이저 이득 물질로 사용되는 재료의 경우 광학적 특성이 우수해야 하며 다결정 투명세라믹스의 경우에는 제조과정에서 발생하는 소결체 결함(입계 및 입내 잔류기공)을 최소화 하여야 한다. 본 연구에서는 가소결 분위기에 따른 Nd:Y_2O_3 세라믹스의 광학적 특성을 평가함이 목적이다. 진공, 산소, 대기 분위기에서 열처리한 가소결체의 밀도는 약 90% 이상으로 제조하였으며 후소결은 진공소결 및 열간등방압소결을 각각 실시하였다. 실험결과, 소결 분위기는 가소결체의 기공구조에 지대한 영향을 미친 것으로 판단되며 가소결 분위기에 따라 최종 후소결체의 광학적 물성에 큰 차이를 확인하였다.

P2-SS18-2 Microstructural Evolution and Relevant Mechanical Properties of Al-rich Transparent Magnesium Aluminate Ceramics

Al 과량 조성의 투명 스피넬의 미세구조 분석 및 기계적 특성 분석

김하늘[1*], 김지원[1], 박영조[1], 고재웅[1], 윤존도[2]. [1]*재료연구소*, [2]*경남대학교*

A novel phenomenon is found that the grain growth of aluminum-rich magnesium aluminate is suppressed to 5 μm, despite of high-temperature hot-isostatic-press at 1750°C. For the transparent MgO-nAl_2O_3 (n = 1.2, 1.5, 2.0), the transmittance and flexural strength tended to be enhanced with increasing Al_2O_3 content, having the highest values 80% at 550 nm and 214.3 MPa for n = 2.0. This is mainly due to the different microstructural evolution depending on the composition. When the excessive Al_2O_3 was small, the inhomogeneous microstructure with bimodal grain size and lots of rod-shaped particles were observed. However, as the amount of Al_2O_3 was increased, the microstructure became homogeneous with reducing the grain size and the amount of rod-shaped particles. The microstructural and compositional analysis revealed that the rod-shaped particle were generated due to the trace potassium impurity, and the suppression of grain growth was induced by the severe segregation of Al at the grain boundaries.

P2-G2-1 Development of High Efficiency H_2S Inorganic Adsorbent for Biogas

바이오가스용 고효율 황화수소 무기흡착제 개발에 관한 연구

구본급[1*], 장길남[2]. [1]*한밭대학교*, [2]*㈜마디*

바이오가스를 자동차 연료 혹은 천연 가스로 활용하기 위해서는 필수적으로 가스 정제과정을 통해 질적 개선(메탄함량 97% 이상)이 요구되므로 바이오 가스의 정제에 있어 대표적인 불순물인 H_2S를 제거 할 수 있는 가스흡착제 필요하다. 또한 환경기초시설 중 하수처리장, 분뇨처리장, 음식물쓰레기 자원화시설, 쓰레기 매립 장 등에서 발생하는 악취는 주변 생활환경 뿐 만 아니라 작업장 근무자들의 작업환경에도 악영향을 미치고 있어 국내 환경기초시설의 주요 악취물질인 H_2S를 제거 할 수 있는 무기질 고효율 가스흡착제 개발이 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 바이오 가스 생산시설에서 만들어지는 황화수소를 제거하여, 생산된 바이오가스 품질을 증가시키며 또한 바이오 가스 연료사용으로 인한 부식문제를 해결하고 사용 후 발생하는 SOx 발생 최소화를 목표로 연구를 수행하여 흡착량 80 L/L 이상의 우수한 무기흡착제 개발에 성공하였다.

발표자 리스트

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
강경문	P2-G1-43, G1-15, P2-G1-41, P2-G1-42
강경성	PL-1
강기범	S1-4
강기석	P1-G2-63, P1-G2-37
강남훈	SS3-6
강민구	SS2-3
강봉훈	P2-G6-12
강서희	P1-G2-52
강석범	P2-SS8-30
강석중	SS18-4
강석현	P1-G4-74
강성민	P2-SS8-32, SS8-16
강세황	G2-21
강순형	P1-G2-90, P1-G2-89, P1-G2-91, P1-G2-93, P1-G2-2
강승균	G5-5
강승훈	G1-8
강신준	P1-G2-146
강아연	P2-G8-11
강양구	P2-G3-32
강영민	P1-G4-24
강영심	P1-G2-76
강영호	G8-1, P1-G2-3
강윤찬	G1-26, P1-G2-127, P1-G2-25, P1-G2-21
강인한	P1-G4-19
강재혁	P2-G6-13
강정원	P1-G4-19, P1-G4-21
강태원	P2-G3-21
강현서	P1-G2-81
강효상	P2-G1-21, P2-G1-50, P2-G1-49
고석영	SS18-8
고숙영	P1-G2-144, P1-G2-166, P1-G2-159
고영민	P1-G2-65, P1-G2-37
고영학	P2-G5-16, P2-G5-18, P2-G5-17, P2-G5-15, P2-G5-14, P2-G5-12, P2-G5-10, P2-G5-9, P2-G5-8
고우철	P1-G2-160
고원석	P1-G2-164
고유민	P1-G4-5, P2-G1-18
고장면	P1-G2-181, P1-G2-145, P1-G2-138
고재웅	SS9-2, SS18-9, P2-SS18-1, P2-SS18-2
고재현	P2-SS10-2
고재환	P1-G4-3, P1-G4-2
고현석	G3-9
공상혁	P1-G2-153, P1-G2-152
공정훈	P2-G3-4
곽도우	P2-G1-12
곽민석	P1-G2-77, P1-G2-78
곽진성	P2-G1-22, P1-G4-54
곽 찬	P1-G4-71
곽헌호	SS8-9
구본급	P2-G2-1
구본재	SS8-2
구본흔	P2-G1-30, P1-G4-25
구본흔*	P2-G5-13, P1-G4-26
구양모	G5-2, P2-G5-45, G5-3, P2-G5-31
구영진	P2-G5-43
구원태	G4-10
구준모	SS8-15
구지안	SS7-4
구태하	P1-G4-39
구혜원	P2-G8-9, P1-G2-15
국승우	P2-G7-8, P1-G2-92
권기윤	P1-G2-62
권기훈	SS11-1, P2-SS11-1, SS11-2
권남희	P1-G4-38
권도균	P2-G1-18, P1-G4-5
권민석	G7-1
권민철	P1-G2-53
권순용	P2-G1-22, P1-G4-54
권순환	P1-G4-8
권영주	P1-G4-8
권오규	SS20-1
권오용	SS5-9
권오웅	G8-4
권오현	P2-G1-11, P2-G1-10
권오훈	P1-G2-57
권용우	P2-G8-3, P2-G8-2
권우미	P1-G4-13
권우성	G5-6
권우택	SS20-1, SS20-2
권유빈	P2-G5-42
권정규	P1-G2-11
권준영	P1-G4-61
권지환	SS12-4
권채연	P1-G4-24
권한중	P2-G3-44
권혁찬	P1-G2-159, P1-G2-58, P1-G2-167, P1-G2-166, P1-G2-144
권형문	P1-G2-172
권화빈	P2-SS8-11
권희진	SS5-9, P2-SS5-1
금아라	P1-G4-60
김강민	P2-G5-24, P1-G4-74
김강산인	P1-G2-86, P1-G2-27
김건식	P2-G3-33, P2-G3-22
김건태	P1-G4-30, P1-G2-55
김경국	P1-G4-10, P1-G4-8, P1-G4-11
김경민	P2-G3-29, P1-G2-169, P1-G2-158, P2-G3-30, P2-G3-31
김경준	SS8-9, P2-SS8-3, P2-SS8-30, P2-SS8-28
김경택	P2-G1-75
김경학	SS8-13
김경혜	G4-15
김경호	P1-G2-67, SS7-2, G3-4
김경훈	P2-G7-2, G3-2
김관식	P1-G2-32
김관형	SS3-7
김광묵	P1-G2-131, P1-G2-119, P1-G2-95, P1-G2-87
김광석	G6-9, G6-10
김광점	P2-G1-19
김광진	P2-G6-4
김광천	P1-G2-133
김광호	P2-G3-45
김규남	P2-G5-8, P2-G5-18, P2-G5-14
김규린	P1-G2-77, P1-G2-78
김규범	G2-6
김규현	P2-SS10-2
김근희	P2-SS8-27
김긍호	P1-G2-34
김기도	P2-G3-26
김기성	P2-G1-46
김기엽	P2-SS12-1, P2-SS12-2, P2-SS12-3
김기영	P1-G2-142, P2-G8-16
김기호	P1-G2-130
김기환	P2-G7-8, P1-G2-92
김남용	P1-G2-81
김남인	P2-G6-2
김남훈	P1-G2-99
김다미	P2-G1-59
김다빈	P2-G1-6, P2-G1-4, P2-G1-3
김대근	SS3-3
김대성	P1-G2-154, SS11-3
김대업	G6-9, G6-10
김대웅	S4-4
김대원	P2-SS8-30

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
김대윤	P1-G4-4, P1-G4-42, P1-G4-3, P1-G4-2, P1-G4-41
김대종	SS7-3, P2-G3-6, P2-G3-5, P2-G3-7, P2-G3-23
김도겸	P2-G3-35
김도경	SS4-1, P1-G2-43, P1-G2-38, SS18-1, P2-G3-4, P2-G3-2
김도식	P1-G2-172
김도엽	SS8-3, P2-SS8-5
김도은	G4-11, P2-G3-6
김도형	P2-G3-45
김도홍	G1-19
김도훈	P1-G2-123
김도희	P2-G1-81
김동경	G7-1
김동규	P1-G2-38
김동석	P2-G3-22, P2-G3-33
김동영	P2-SS8-16
김동완	P1-G2-161, P1-G2-139
김동주	P2-G3-33, P2-G3-22
김동하	G1-25
김동환	SS8-15, P2-SS8-27
김락희	P1-G4-75, P2-G7-1
김마로	P1-G2-156, P1-G4-57
김명규	P1-G2-72, P1-G2-71
김명동	SS18-5
김명주	P2-SS6-8
김명중	P2-G3-37
김무현	P2-G1-37
김문경	P1-G2-146
김문본	P1-G4-52
김문주	P1-G4-78, P2-G5-21, P1-G4-32, P2-G5-7, P2-G5-6, P2-G5-5, P2-G5-3, P2-G5-2
김미주	SS18-9
김민규	P2-SS8-25
김민석	P1-G4-83
김민수	P2-G5-13, P1-G4-25
김민영	P1-G2-29
김민우	P2-SS8-11
김민재	G1-15, P2-G1-42, P2-G1-41, P2-G1-43
김민정	SS6-6
김민지	P2-G8-22, G2-9
김민희	G2-6
김배연	P2-G5-22, P1-G2-74
김병민	G8-2
김병숙	S4-2
김병훈	P1-G2-60
김보영	P2-G1-76, P2-G1-77
김복현	P2-G6-11, P2-G6-10
김봉구	G7-1, G6-12
김부경	P2-G3-2
김부영	P2-SS6-8
김상옥	P1-G2-9, P1-G2-10
김상우	P1-G4-70
김상일	P1-G4-15, P1-G2-20
김석영	SS14-9, SS11-5, SS11-6, P2-SS11-2
김석준	P1-G2-42
김선아	P2-SS8-6
김선욱	P2-G9-2, P2-G6-3, G6-8, P1-G4-64, G6-14
김 설	P2-G1-14
김성근	P1-G2-134, P1-G2-133
김성민	G2-15
김성복	SS9-4
김성순	P1-G2-98
김성열	P2-G7-1
김성엽	P1-G4-54
김성웅	P1-G4-22, P1-G4-60, P1-G4-18, P1-G2-30, G2-21, G4-12
김성원	P1-G2-157
김성준	P2-G1-62, P1-G2-162, P2-G1-66
김성현	P2-G5-39, G6-7
김성훈	P2-SS6-8, P2-G3-12
김성희	P2-SS6-1
김세기	SS5-8
김세라	G1-8
김세양	P2-G1-22, P1-G4-54
김세영	SS7-10, SS7-7
김소연	P2-SS12-4
김수민	P1-G2-26
김수지	P2-G5-37
김수현	SS7-10
김순기	P1-G2-88, P1-G2-85, P1-G2-84
김승완	P2-G1-29
김승주	P2-G1-48
김승현	SS8-12, P1-G4-54, P2-SS8-17
김시연	SS5-7
김시원	P2-SS8-4, P1-G4-10, P1-G4-11
김 신	P2-G1-73, P2-G1-74
김아현	P2-G3-21
김양래	SS13-9
김양희	G4-15
김연주	P1-G4-66
김영도	P2-G3-30, P2-G3-29
김영렬	G1-1
김영민	S3-6, P1-G2-19
김영백	P1-G2-136
김영범	P1-G2-180, P1-G2-174, SS8-6, SS8-10
김영선	P1-G2-28
김영식	P1-G2-155
김영욱	SS7-11
김영은	P2-G1-11, P2-G1-9
김영재	P2-G3-27
김영진	G1-20
김영철	P2-G8-16, P1-G2-142
김영훈	G3-7, P2-G3-20, G2-13, P1-G2-70, P1-G2-69, P1-G2-68
김영희	SS20-3, SS20-2, SS20-1
김예린	P2-SS8-4
김예지	P1-G2-50
김완태	P1-G4-73, P1-G4-72
김요섭	P1-G4-57
김요한	SS17-6
김용남	S4-6, P2-SS6-2, SS6-8, P1-G2-29, P2-SS6-7
김용주	P1-G2-145, P1-G2-138
김우식	P2-G6-6
김우창	P2-G5-40, SS11-3
김원갑	P2-G7-1
김원식	P1-G2-179
김원웅	P2-G5-13
김원주	SS7-3, P2-G3-5, P2-G3-7, P2-G3-23, SS7-7
김유동	G2-17
김유리	P1-G4-28
김유찬	S2-3
김윤석	G8-4, G1-8
김윤선	P1-G2-161
김윤수	P1-G4-65
김은수	P1-G2-117, P1-G2-22
김은일	P1-G2-12, P1-G2-17, P2-SS8-31
김은호	P2-G8-7
김은희	G6-12, P2-G7-6, G6-13
김응선	P2-G3-6
김응수	P2-G1-69, G1-5, P2-G1-24, G1-4, G1-3
김익수	P1-G4-20, P1-G4-23
김인건	G6-11, P2-G6-7
김인서	P2-G1-34
김인수	G1-9

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
김인애	SS14-1
김인예	P1-G4-43, P1-G4-42, P1-G4-4, P1-G4-3, P1-G4-2, P1-G4-41
김인호	P1-G2-7, P2-SS8-19, SS8-1, P2-SS8-31, P2-SS8-20
김일두	P1-G4-33, P1-G4-79, G1-25, G4-10
김일원	P2-SS10-1, P2-SS10-2, P2-G6-2
김일현	P2-G3-42, P2-G8-20
김재광	P1-G2-155
김재찬	P1-G2-139
김재혁	G1-19
김재현	P2-SS8-23
김정민	G2-18, P1-G2-32, P1-G2-24, P1-G2-23
김정범	P2-G3-41, SS7-11
김정원	G4-16, P2-G8-22, P1-G4-30
김정은	P2-SS8-4
김정주	P2-G3-35, P2-G3-26
김정준	P2-G1-25, P2-G5-44, SS11-3
김정한	P2-G8-21
김정현	SS17-7, SS17-8, SS17-5, SS17-2
김정화	P2-G1-22
김정환	G1-10
김종민	P2-G1-75
김종순	G2-12, P1-G2-165, P1-G2-164
김종열	P2-G3-42
김종영	P2-G3-12
김종우	P2-SS8-33, G4-3, G4-2, G1-18
김종욱	P2-G1-22
김종일	G3-3
김종헌	P2-G3-33, P2-G3-22
김종현	P2-G5-14, SS9-4, P2-G5-8
김종호	P2-G3-38
김종훈	P1-G4-62
김주성	SS14-9, SS11-5
김주연	P1-G2-51
김주영	P1-G2-34
김주현	G1-3, P2-G1-24
김주형	P1-G4-21, P1-G4-19, P1-G2-43
김준규	SS8-12, P2-SS8-17
김준석	P2-SS8-14
김준섭	SS7-4
김준성	P2-G3-40, G3-14, P2-SS12-2
김준식	G1-28
김준엽	P1-G4-7
김준형	P2-G1-31
김지완	P1-G4-52, P1-G4-53, P1-G4-51, P1-G4-48
김지원	G1-20, P2-SS18-2
김지유	SS3-4
김지현	P1-G4-54
김지혜	P2-G7-9
김지훈	P1-G2-6, P1-G2-5, SS12-1
김진구	P1-G2-21
김진례	P1-G4-83, P1-G4-82
김진상	P1-G2-40, P1-G2-134, P1-G2-133
김진영	P1-G2-26
김진우	G2-14, G9-1
김진욱	SS3-4
김진호	P2-G9-1, G6-14
김찬호	G2-15
김찬훈	P1-G4-79
김창연	P1-G2-120
김채호	SS11-1, P2-SS11-1, SS11-2
김철영	SS1-1
김태건	P1-G4-14
김태경	SS13-7, P2-G3-39
김태림	P2-G5-11
김태영	P1-G2-87
김태우	P2-SS6-4, P2-G7-5, SS6-1
김태욱	G2-14, G7-2
김태일	P2-G1-22
김태헌	SS10-5, P2-SS10-1, P2-SS10-2, P2-G5-2
김태형	G1-27
김태홍	SS8-16
김태훈	P1-G2-33, P1-G2-95
김태희	G2-13, P1-G2-70, P2-G3-20, P1-G2-69, P1-G2-68, G3-7
김하늘	SS9-2, P2-SS18-2, SS18-9, P2-SS18-1, P2-G3-28
김하은	P2-G7-6
김학범	SS3-7
김 한	P1-G4-56
김한솔	P1-G2-15, P2-G8-9
김한슬	P2-SS9-1, P2-G1-80, P2-G1-79, P2-SS8-8
김해원	SS14-6
김해인	P1-G4-1
김 현	G6-4, P1-G2-148, P1-G2-137, P1-G2-136, G6-5
김현길	P2-G3-42, P2-G8-20, P2-G3-33
김현미	SS7-8
김현민	P1-G4-76, P2-SS8-10, P1-G4-28
김현성	P1-G2-77, P1-G2-78
김현승	P2-SS8-21, P1-G2-175, SS8-2
김현식	P1-G4-71, P1-G2-149
김현우	SS15-1
김현재	P1-G4-65
김현지	P1-G2-39
김현진	P2-G5-47
김형석	P1-G2-153, P1-G2-152, G2-7
김형순	P2-G7-2, G3-2
김형우	G2-7, P1-G2-10
김형주	P1-G2-162
김형준	SS8-9, P2-G3-13, P2-G6-8, G3-4
김형태	SS1-6
김형호	P1-G2-59
김혜온	P1-G2-95
김혜진	SS5-4
김혜진	P2-G9-1
김호동	SS20-8
김홍대	G2-14, G7-2, P2-SS6-8
김홍래	P2-G5-23
김황필	G1-11
김회준	SS13-2
김효정	P2-G1-17
김효준	P2-G6-4
김휘재	G4-15
김희림	P1-G2-30
김희선	P1-G2-5, P1-G2-6
김희원	P2-G5-33
김희정	P1-G4-47, P1-G2-154
나경한	P1-G4-72, P1-G4-73
나 단	P1-G2-174, P1-G2-180
나사균	P2-G8-22
나연수	P2-G3-41, SS7-11
나윤성	P1-G4-62
나윤희	P2-G5-27
나임쿠람	P2-G6-10
나찬웅	P1-G4-66
나현웅	P2-G1-7
나혜인	P2-G6-8, P2-G3-13
남경덕	SS8-14

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
남궁연	P1-G2-75, SS8-1
남기태	S3-3, G2-20, G2-3
남 산	G1-14, G1-16, P2-G1-78, P2-G3-10, P2-G3-9, G1-9, P2-G1-70, P2-G1-60, G1-17, P2-G9-1, P2-G1-85
남우현	P1-G2-48, P1-G2-132, P1-G4-55
남윤희	G6-7
남준태	P1-G2-85
너렌드라파르마	P2-G1-44
노가희	P2-SS12-3
노광철	P1-G2-61, P1-G2-51, P1-G2-45, P1-G2-44, P2-G1-64, P2-G1-63, P1-G2-113, P1-G2-112, P1-G2-111, P1-G2-110, P1-G2-109, P1-G2-104, P1-G2-103, P1-G2-102, P1-G2-101, P1-G2-100, P1-G2-52
노동규	P1-G2-154
노범래	P1-G4-11
노윤현	G8-2
노재권	P1-G4-57
노종욱	P1-G2-32, P1-G4-55
노주윤	P2-G5-7, P2-G5-6, P2-G5-5, P2-G5-3, P2-G5-2
노창재	SS13-6
노태민	P2-SS6-7
노형래	SS12-1
다나카 고타로	SS17-2
도경연	P2-G8-10
도아랑	P2-G3-5, SS7-3
도정만	SS19-4
도지예	G2-11
동완재	G2-2
라스 쿠마르 마나사	SS8-9
라용호	G6-14
류도형	SS20-5, P1-G2-53, SS7-7, P1-G4-83, P1-G4-82
류성수	SS5-9, P2-G3-30, P2-G3-31, P2-G3-29, SS5-8
류소연	P2-G1-70, P2-G1-83
류아롬	P2-G1-60
류정현	P1-G4-15, P1-G4-12
류정호	G1-18
류지승	SS6-10, P2-SS6-7
류희제	P1-G4-61

성 명	논 문 번 호
마선일	P1-G2-167, P1-G2-58, P1-G2-166, P1-G2-159, P1-G2-144
마호진	SS18-1, P2-G3-4
마희승	P2-G1-84
맹 몽	G1-11
맹우열	P2-G5-9, P2-G5-18, P2-G5-15, P2-G5-14, P2-G5-10, P2-G5-8
맹자정	P2-G3-1
명 윤	P1-G2-81, P1-G4-66
명재하	P1-G2-35, SS17-6
무하마드 안와르	P2-G3-43
문건대	G4-2
문경석	P1-G4-71, P1-G4-24, P1-G2-132
문다혜	P2-G5-46, P2-G5-42
문명운	SS19-2
문병기	P1-G4-31
문성욱	P2-G5-41, P1-G2-130
문소윤	P2-G3-24
문승현	G1-21, G1-22
문아람	P1-G4-48
문영국	G1-26, G1-27
문영부	SS18-3
문일우	P2-G1-30
문정운	G3-10
문주호	S2-5, P1-G2-170, P1-G2-58, P1-G2-169, P1-G2-167, P1-G2-159, P1-G2-49, P1-G2-158, P1-G2-144, P1-G2-143, P1-G2-119
문혜원	P1-G2-154
문홍재	P1-G2-24, P1-G2-23, G2-18
문흥수	SS3-4
민병욱	P1-G2-42
민수경	SS6-6
민요셉	P1-G2-37
민유호	G4-2, G4-3, G1-29, G3-11, G1-30, G1-10, G1-18
민준기	P1-G4-13
박가연	P2-G3-37
박경도	G2-20
박경희	P2-G3-8, P1-G2-40
박관식	P2-SS11-1
박관현	P2-G1-4
박광호	P1-G2-171, G2-17
박귀일	P2-G1-84, P2-G1-36, P2-G1-33, P2-G1-35
박긍규	P2-G1-32

성 명	논 문 번 호
박기대	P1-G2-127
박기동	P2-G3-21
박대환	SS16-1, P2-G5-25
박동수	G4-2, G1-18
박동준	P2-G8-20, P2-G3-42
박동철	P2-G7-10, P1-G4-72
박민석	P2-G3-21
박민선	P2-G1-67, P2-G1-68
박민성	P2-SS6-6
박민수	P1-G2-157
박민혁	P2-SS10-3
박민희	SS16-6, P2-G5-35
박범근	P2-G1-54
박상수	P2-G6-13
박상원	P1-G2-129
박상현	P1-G2-28
박상호	P2-G1-28
박상환	SS1-4
박선영	P2-G5-31, P2-G5-45, G5-2, G5-3
박선재	P2-G1-6
박선화	G4-3
박성대	P2-G1-77, P2-G1-76
박성민	G1-16, G1-17
박성범	P2-G5-1, P2-SS8-9, P1-G2-36
박성준	P2-G6-9, P1-G4-77
박성현	G7-2
박성환	G1-1
박소연	P1-G4-10, P1-G4-11
박수민	P2-G3-10, SS7-9
박수영	P1-G4-70
박수인	P2-G3-1
박수진	G2-8, G2-4
박승영	G1-2
박영선	P1-G2-143, P1-G2-169, P1-G2-49, P1-G2-158
박영조	SS18-9, SS9-2, P2-SS18-1, P2-SS18-2
박영지	P2-G6-3, G6-8, P2-G9-2, P1-G4-64
박용균	SS3-1
박용일	P2-SS8-9, P1-G2-36
박운용	P1-G2-18
박운익	P1-G4-46, P1-G4-34, P1-G4-17
박원일	P1-G4-69
박원지	P2-G6-5, G6-3
박유경	SS5-8
박윤규	P2-SS12-1
박윤식	P2-G1-69, G1-4

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
박윤철	P1-G2-108, P1-G2-106
박윤태	P1-G2-135, P2-SS8-24, P1-G2-18
박윤휘	SS3-8
박은수	S3-4
박의근	P2-G3-19
박이현	G3-3
박인성	G1-21, G1-22
박인용	P2-G8-18, P2-G8-17
박일한	P1-G4-21
박장웅	S2-6
박재민	P1-G2-170, P1-G2-169, P1-G2-49, P1-G2-158, P1-G2-143
박재우	P2-SS8-24, P1-G2-135, P1-G2-18, P2-G1-7
박재혁	SS3-3
박재화	P2-G1-21, P2-G1-50, P2-G1-49
박정용	P2-G7-8, P1-G2-92
박정웅	P1-G2-156, P1-G4-57
박정원	P1-G2-63
박정화	P2-SS8-3, SS8-3
박정환	P2-G3-42, P2-G8-20
박정훈	SS8-15
박제원	P2-G3-13, P2-G6-8
박종구	P1-G4-16
박종민	P2-G5-7, P2-G5-6, P2-G5-5, P2-G5-4, P2-G5-3, P2-G5-2
박종배	SS13-5
박종빈	P1-G2-145
박종성	P1-G2-88, P1-G2-85, P1-G2-84
박종원	P2-G7-7
박종철	P1-G2-139
박종호	P1-G4-18
박주미	G2-5
박주석	P2-G3-34, P2-G7-2, G3-2
박주하	P1-G2-64
박준식	P2-G7-7
박준영	P1-G2-171, SS8-4, G2-17
박준혁	P1-G2-140
박준희	P2-G5-20, P2-G5-19
박지슬	P1-G2-122
박지연	P2-G5-45, SS7-7, SS7-3, P2-G3-5, P2-G3-7, G5-2, G5-3, P2-G5-31, P2-G3-23
박지은	P2-G8-12
박진균	P1-G2-160
박진성	P1-G2-25, G3-4
박진영	P2-G6-9, P1-G4-77
박진완	SS8-3
박진우	G1-1
박진주	P2-G1-28, P2-G1-27, P2-G1-14
박 찬	P2-G3-8, P1-G2-40
박찬진	P1-G2-125
박찬휘	G2-6
박천영	G8-2
박춘길	P2-G1-38
박태민	P2-G3-37
박태완	P1-G4-34, P1-G4-17
박한얼	P1-G2-179
박혁준	P1-G2-63, P1-G2-37
박현영	G2-10
박형준	G5-1
박형호	P2-G1-43, P2-G3-20, G2-13, P1-G2-70, P1-G2-69, G1-15, P1-G2-68, P2-G1-40, P1-G4-35, G4-1, P2-G1-41, P2-G1-42, G3-7, P1-G2-134, P1-G2-133
박혜림	P2-G1-16
박혜영	G6-12, P2-G7-6
박호준	P1-G2-42
박효선	P1-G2-53
박희성	P2-SS8-11
박희영	P1-G2-34
박희정	P1-G2-141
반예준	P2-G1-59
방극찬	P1-G4-12
방지원	G4-7, P1-G4-14
방진호	P2-G5-39
방형준	SS7-10
배경택	P2-SS8-5
배민석	SS8-16
배병수	P1-G4-81, P2-G1-29
배병훈	P2-G6-2
배상현	P1-G2-147
배성범	SS9-4
배시영	SS9-5
배영준	P1-G2-37
배종성	P2-SS10-2
배중면	P2-SS8-32, G2-16, SS8-16
배지홍	P1-G2-106
배지환	P1-G2-34
배지희	G1-7
배창준	G2-8, G2-4, P2-G7-3, G7-3
배현준	P2-G3-15
배호한	P2-SS8-20, P1-G2-17, P1-G2-12, P1-G2-75, P1-G2-4
백수현	P2-G3-30, P2-G3-29
백승우	SS5-9
백승욱	SS17-5, SS17-2
백승협	S1-6, P1-G2-134, P1-G2-133
백운규	P2-G3-40, P1-G4-68, P1-G4-67, G2-15
백종후	P2-G1-54
백주원	P1-G2-160
백지환	P2-G1-51
변동진	G2-7
변윤기	G7-1, P2-G7-5
변재철	P2-G5-23, P1-G4-78, P1-G4-32, P2-G5-21, P2-G5-19, P2-G5-7, P2-G5-6, P2-G5-5, P2-G5-4, P2-G5-3, P2-G5-2
변하람	G5-3, P2-G5-45, G5-2, P2-G5-31
봉지홍	P2-G5-3
부성재	P2-G6-11
살만 알리 칸	G1-12
상병인	P2-G5-45, G5-2, G5-3, P2-G5-31
서동제	P1-G4-6
서민수	SS17-1, SS17-2
서범경	P1-G2-162
서성백	SS16-4
서용호	SS13-1
서원선	P1-G2-48, P1-G2-132, P1-G4-55
서인석	P1-G2-174, P1-G2-180
서정목	SS16-3
서종수	SS8-2, P2-SS8-7
서준민	P2-G1-71, P1-G2-120
서준호	P2-SS12-2
서창열	P2-G3-44
서한길	P2-SS8-7, P2-SS8-21
서현주	P2-SS8-4
서호영	P1-G2-54
석시현	P1-G4-45, P2-G1-22
석혜원	SS3-3
선우경	P2-G5-47
설대희	G1-8
성대경	P2-G5-27
성동민	G5-4
성동수	G8-2
성동훈	SS9-3

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
성아림	P1-G4-30
성영훈	SS7-10
성웅경	G1-29, G1-30
성정수	P1-G4-78, P1-G4-32, P2-G5-21
소성민	P2-G7-2, G3-2
손경우	P2-G5-28, P2-G3-24, SS6-9
손민지	P2-SS8-12, P1-G4-14
손민희	P2-G6-4
손수연	P1-G4-11, P1-G4-10, P1-G4-8
손승배	G6-9
손승재	P2-SS8-16
손알로이시우스	P2-G8-1, P2-G8-15, P2-G8-14
손예림	P1-G2-77, P1-G2-78
손운배	P2-G1-64, P2-G1-63, P1-G2-45
손익수	P2-G3-21
손정훈	G7-1, G3-14, P1-G4-75
손종태	P1-G4-44
손준우	SS10-3, P2-SS12-1
손지원	P2-SS8-13, SS8-15
손창희	SS10-4
손현진	G7-3, P2-G7-3
손현철	P2-G1-57, P2-G1-56
손호석	SS6-9
송가영	P1-G2-79
송도원	G3-12, P2-G3-40, G3-14
송동준	P2-G8-9, P1-G2-15
송석균	P2-G3-25
송선주	P2-SS8-19, P1-G2-17, P1-G2-13, SS8-1, P2-SS8-31, P1-G2-12, P2-SS8-20, P1-G2-7, P1-G2-4
송승욱	P2-G1-22
송승원	P1-G4-29
송인혁	P2-G3-43, G3-5, P2-G3-18
송정환	P1-G2-151, P1-G2-150
송종택	SS1-3
송준성	G4-12, P1-G4-60
송준영	SS17-4, P1-G2-35
송창우	P1-G2-54
송태섭	P2-G3-40, P1-G2-140
송태영	P2-G1-18, P1-G4-5
송태협	P1-G4-72
송 희	P2-G3-7
신남수	P1-G2-4
신동근	G3-8, SS20-5
신동욱	G2-11, G2-6, P2-G3-23
신동혁	P1-G2-140
신명섭	P2-G3-21
신미영	P2-SS8-8, P2-SS8-22
신민선	P2-G8-11
신민정	SS13-6
신민철	P2-SS6-6
신성수	SS8-5
신성호	P1-G4-79
신수은	P1-G2-22
신용준	P1-G4-50
신원호	P1-G2-48, P1-G4-55
신은경	P1-G2-84
신재록	P2-G7-4, G3-1
신재혁	P1-G4-69
신재화	SS8-7
신정호	P2-G3-45
신준철	P1-G4-63, P1-G2-134
신지섭	P1-G2-171, G2-17
신지수	P2-SS8-18
신태호	P2-SS8-8, P2-SS8-23, SS6-10, P2-SS8-22, P2-SS8-25, SS17-7
신하민	G1-25
신현규	P2-SS6-4
신현정	P1-G2-22, P1-G2-117, P2-G5-30, P2-G5-29
신현준	P1-G2-26
신홍림	P2-SS8-33
신효순	SS4-4, SS5-1, SS5-7
신휴성	P2-G3-27
심상기	P1-G2-158, P1-G2-169, P1-G2-49, P1-G2-143
심여선	P1-G4-54, P2-G1-22
심영석	P2-G1-71
심우영	S3-1, P2-G1-31, P1-G2-119, P1-G2-108, P1-G2-106, P1-G2-98, P1-G2-131, P1-G2-95, P1-G2-87
심우형	P1-G4-80
심주영	P2-G5-35
심준형	P2-SS8-27, SS8-15
심 헌	P1-G2-46
심혜지	P2-SS12-1
안계석	P1-G4-59, P2-G7-4, G4-13, G3-1, G4-14
안무영	G3-3
안민우	P2-G1-75
안병민	G1-30, G1-29
안상헌	P1-G2-53
안소연	P2-G1-15
안아름	P2-G8-13
안유경	P2-G3-17
안종현	S1-3
안종현	SS13-6
안지유	G2-11
안창원	P2-SS10-1, P2-SS10-2, P1-G2-182
안창의	SS5-8
안철우	SS18-7, G4-3, G4-2, G1-29, G3-11, G1-30, G1-10, G1-18
안학영	P1-G4-16
안형수	SS1-2
안형주	SS9-2
양대진	P1-G4-71
양동준	SS14-7
양민규	P2-G8-19
양민호	P1-G2-81
양비룡	P1-G2-148, P1-G2-137, P1-G2-136
양상모	P2-SS10-2
양성진	P1-G2-25
양승철	P2-G7-6, P2-G3-40, G6-13, G3-14
양예진	G4-16, P1-G4-30
양완희	P2-G7-10
양용수	SS12-6
양용식	P1-G2-172
양우석	P1-G2-169, P1-G2-158
양원철	P2-G7-7
양유정	P2-SS12-4
양재호	P2-G3-33, P2-G3-22
양정직	P2-G7-3, G7-3
양진욱	P1-G2-16
양태경	P1-G4-65
양하늘	G1-23, P2-G1-26
양현경	P1-G4-31, P2-G6-9, P1-G4-77
양현승	P2-G1-77, P2-G1-76, P2-G1-47
양현우	P1-G2-115
양현하	P1-G2-166, P1-G2-58, P1-G2-159, P1-G2-144
양휘철	SS8-6, SS8-10
양희선	P1-G4-29, P1-G4-28, G4-15
양희준	G1-8
양희철	P1-G2-162
엄우용	P2-G6-13
엄지훈	P2-G1-82, P2-G1-81
엄창범	P2-SS12-3
여동훈	SS5-7
여서영	P2-G1-54
여정인	G6-13

성 명	논 문 번 호
염민선	P2-G8-13
예보라	G2-14
오경식	SS14-3, P2-G5-46, P2-G5-42
오규상	P2-G3-36
오누리	P2-G1-50, P2-G1-49
오다예	SS13-6
오동현	P2-G5-42
오동환	P2-SS8-17
오민석	P1-G4-65
오민욱	P2-G8-4, P2-G8-6, P2-G8-5
오민주	P1-G2-51
오복현	P2-G3-16
오상호	SS12-2
오석진	P1-G2-92, P2-G7-8
오설희	P2-SS8-29
오성근	P1-G4-51
오세미	P1-G4-8
오수한	P2-SS10-2
오승수	G5-10
오아현	G3-1, P1-G4-59
오원재	G1-22, G1-21
오윤석	SS7-9, P2-G3-10, P2-G3-9, P2-G3-11
오윤정	P1-G2-169
오제민	I-KL-1
오종민	P1-G4-23, P1-G4-20
오주현	P2-G1-30
오진우	P2-G5-22
오현근	P1-G4-49
오현명	P2-SS18-1, SS9-2, SS18-9
오혜령	P2-G1-47
왕성은	G2-9, P1-G2-123
왕재원	P2-G1-22
용석민	SS18-8
우상국	SS7-10
우성훈	P2-SS8-22, SS17-7
우종운	G1-17
우지섭	P2-G5-27
우진주	P2-G5-13, P2-G1-30
원재희	P2-SS8-6
원종범	P1-G2-118
유경현	P2-G5-47
유명우	P1-G2-140
유병욱	P1-G4-65
유병현	P2-G3-27
유상우	P1-G4-13, P1-G2-11
유상임	G1-2, G1-21, G1-22, P2-G1-59
유성종	P1-G2-34
유승을	P2-G3-39
유용주	P1-G2-21
유일열	SS18-7, P2-G1-20
유재형	G1-2
유제선	P1-G4-44, P2-G1-58, P1-G2-168
유진실	SS11-1, P2-SS11-1
유창민	SS5-7
유현조	P2-SS6-4
유현지	P1-G2-78, P1-G2-77
윤경중	SS8-11
윤경호	P1-G2-173
윤경희	P1-G4-68
윤기완	P1-G2-28
윤당혁	SS18-5, P2-SS5-1, SS5-9
윤대성	SS13-4
윤동연	P2-SS8-6
윤락근	SS19-3
윤백상	P1-G2-174, P1-G2-180
윤범진	P1-G2-76
윤병문	SS5-3
윤병현	P2-SS8-30, P2-SS8-6, SS8-3
윤상옥	P2-G1-73, P2-G1-74
윤상현	P2-SS6-6
윤석영	G4-15, SS14-2, P2-G5-36, P2-G5-32, P2-G5-47, P2-G5-11
윤성도	P1-G4-66
윤성철	P1-G2-58
윤세중	G3-11
윤순길	P2-G3-7
윤승재	P2-G8-14
윤영수	P1-G4-43, P1-G4-42, P1-G4-4, P1-G4-3, P1-G4-2, P1-G4-41
윤영직	SS17-2
윤예진	P2-SS8-31, P2-SS8-19, P1-G2-13, P1-G2-12
윤운하	G4-2, G3-11, G1-10, G1-18, G1-6
윤원섭	P1-G2-22
윤유현	P2-G5-34, SS11-3
윤재상	P1-G2-22
윤존도	SS11-6, P2-SS18-2, P2-SS11-2
윤종원	P1-G2-6, P1-G2-5
윤종혁	P1-G2-43, P1-G2-38
윤주원	P1-G2-169, P1-G2-49, P1-G2-158
윤지선	G1-13, G9-1
윤지영	P2-G8-22, P2-G8-21
윤지원	G6-10, G6-9, G1-19
윤지해	P2-G3-33, P2-G3-22
윤창번	P2-G6-2, P2-G6-2
윤철민	P1-G4-1, P1-G2-1
윤충섭	P1-G2-145, P1-G2-138
윤태경	P2-G5-3, P2-G5-2, P2-G5-7, P2-G5-6, P2-G5-5
윤하나	P1-G2-28
윤한호	SS19-1
윤형덕	P2-G1-22
윤호규	SS7-1
윤희성	G2-15
윤희숙	SS14-4
은희철	P1-G2-162
음동건	P1-G2-176
이가연	P2-G5-20, P2-G5-20
이강용	G2-16
이강천	P1-G4-68, P1-G4-67
이강택	P2-SS8-1, SS8-9, P2-SS8-33, P2-SS8-3, P2-SS8-4, P2-SS8-5, P2-SS8-6, SS8-3, P2-SS8-30, P2-SS8-28
이건호	G2-16
이경민	SS3-3
이경자	P2-G1-28, P2-G1-27, P2-G1-14
이경진	P2-G3-32
이계원	P2-G3-3
이관형	P1-G4-61, P1-G4-50, P1-G4-49
이광희	P1-G2-161
이국형	P2-G3-21
이규남	P1-G2-62
이규락	P1-G2-50
이규연	P1-G2-69, P1-G2-68, G2-13, P1-G2-70, G3-7
이규형	SS6-8, P1-G4-70, P1-G4-60, P1-G2-32, P1-G4-18, P1-G2-30, P1-G2-29, P1-G4-15, P1-G2-26, P1-G2-34
이근영	P1-G2-162
이금성	P2-G5-42
이금연	G2-14
이기문	P1-G4-60, P1-G4-18, P1-G4-15, P1-G4-12
이기성	P2-G7-5, SS7-7
이기수	SS18-8

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
이기태	P2-SS8-24, P1-G2-135, P1-G2-18
이길수	P1-G2-131
이나영	P1-G4-55
이노현	G5-7
이대선	P2-G3-15
이도윤	P2-G3-35, P2-G3-26
이도희	P2-G1-22
이동길	P2-G3-37
이동원	SS6-8, P1-G4-23, P1-G4-20
이동헌	P2-G7-5
이동화	P2-G8-10, P2-G8-7
이동훈	P1-G2-63
이득용	P2-G5-22, P1-G2-74
이명규	SS6-7
이명진	G2-14, G7-2
이명현	P2-G5-43
이문기	SS3-3
이미정	SS13-6
이민경	P2-G1-53
이민구	P2-G1-28, P2-G1-27, P2-G1-14
이민규	SS6-1
이민진	SS8-7
이병우	P2-G5-41, P1-G2-130
이병준	P1-G2-174, P1-G2-180
이삼행	G3-2
이상설	SS9-6
이상우	P1-G4-1, P1-G2-1
이상운	SS10-8
이상원	P1-G2-105
이상의	P1-G4-24
이상일	G4-5
이상진	P2-G3-17, P2-G3-16, P2-G3-14, P2-G3-15, P2-G3-37
이상한	SS10-2
이상혁	SS8-11
이상협	P2-SS8-6
이상훈	SS14-1
이서윤	P2-G1-26, G1-23
이석재	G6-10
이석희	P1-G2-79
이선영	P2-G6-4, P1-G2-37
이선형	P1-G4-29
이선홍	SS6-7, P2-SS6-5
이성갑	P2-G3-34, G3-2
이성국	P2-G1-21, P2-G1-49
이성만	P2-G8-11, P2-G8-12
이성민	P2-SS5-1, SS5-9, SS7-2, P2-G3-36, SS5-8
이성철	P2-G1-21, P2-G1-50, P2-G1-49
이세찬	P1-G2-178
이세훈	SS7-4
이 솔	P1-G4-64
이솔아	P1-G2-94
이수연	P2-G1-32, P2-G1-31
이수정	P1-G4-78, P1-G4-32, P2-G5-21
이수진	P2-G3-18
이수현	P2-G8-6, P2-G8-5
이순일	SS4-7, P2-SS10-2
이승민	P1-G2-80
이승수	P1-G2-155
이승용	P1-G4-16
이승우	P1-G2-140
이승재	P2-G3-41, SS7-11
이승준	G1-1, P2-G3-39
이승협	G4-11
이승훈	P2-G1-49, P2-G1-21, P2-G1-50
이신규	P1-G4-57, P1-G2-156
이연숙	P2-SS6-2
이연승	P2-G8-21, P2-G8-22
이영민	G3-3
이영욱	P2-SS8-8, P2-SS8-25
이영진	G6-14
이영호	P2-G3-42, P2-G8-20
이영환	P2-G1-58, P1-G2-168, P2-SS10-3, P1-G4-44
이예진	P1-G4-21
이용석	P1-G2-165
이용우	P2-G1-13
이우성	P2-G1-77, P2-G1-76, P2-G1-47
이우영	I-KL-2, G1-13, P1-G2-32, P2-G1-68, P2-G1-65, P2-G1-62, P1-G2-24, P1-G2-26, P1-G2-23, G1-24, G2-18
이우철	P2-G6-9, P1-G4-77
이우형	G6-4
이운호	P1-G4-3, P1-G4-42, P1-G4-4, P1-G4-2, P1-G4-41
이웅규	SS10-9
이웅희	P2-G1-85
이원령	P1-G4-81, P2-G1-29
이원영	P1-G2-124
이원재	SS20-6
이유나	P1-G4-42, P1-G4-4, P1-G4-3, P1-G4-2, P1-G4-41
이윤기	G4-11, G3-8, P2-G6-3, G6-8, P1-G4-14
이윤재	P2-G8-15, P1-G2-35
이윤주	SS20-9, SS20-2, SS20-1, G3-8, P2-G5-43
이윤희	P2-G5-16, P2-G5-17, P2-G5-18
이은정	P1-G2-27, P2-G1-32, P2-G6-1
이은지	P1-G4-13
이인준	P1-G4-81
이인환	P2-G3-11
이재광	SS10-7, G1-8
이재명	P1-G2-82
이재문	SS7-12, SS7-5
이재석	P2-SS8-32
이재욱	G8-3
이재웅	P2-G1-22
이재원	P1-G2-81
이재홍	P1-G2-131
이재훈	P2-G1-35, P2-G1-84, G1-21, G1-22
이전인	G2-17
이정문	P1-G4-80
이정배	SS17-3
이정빈	P2-G5-18, P2-G5-9
이정아	P2-G3-35, P2-G3-26
이정우	P2-G7-10, G4-3, P2-SS6-3
이정원	SS15-2
이정한	P1-G2-44
이정헌	P2-G5-36, P2-G5-37, P2-G5-32
이종국	SS11-3, P2-G5-44, P2-G5-34, P2-G5-40
이종만	G3-5, P2-G3-43, P2-G3-18
이종민	P1-G2-35
이종석	SS13-6
이종숙	SS4-5, G1-11, P1-G2-4, P1-G2-3, P1-G2-2, P2-G1-1
이종원	P1-G2-66
이종준	P2-SS8-2, P2-SS8-30, P2-SS8-28
이종현	P2-G3-41
이종호	SS8-11
이종호	S1-1
이종화	P2-G1-22
이종훈	P2-G1-22
이종흔	G1-27, G1-26, G1-19, SS7-5, SS7-12
이주형	P2-G1-50, P2-G1-21, P2-G1-49
이준봉	P1-G4-1

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
이준형	P2-G3-35, P2-G3-26
이준호	P2-G1-68, G6-5, P1-G2-42, G6-4, P2-G1-67, P2-G1-65, P2-G1-66, G1-24, P2-G8-7
이중희	P2-G6-7
이지선	G6-14, P2-G8-12
이지수	P2-G3-23
이지원	P2-G5-12
이지은	P2-G1-30, P1-G4-26
이지현	P1-G2-152
이지혜	SS13-6
이지환	SS11-7
이진기	P2-G5-37
이진숙	P2-SS6-2
이진실	P2-G5-38
이진웅	P2-G5-32
이진형	P2-G5-45, G5-2, G5-3, P2-G5-31
이진호	P2-G8-1
이 찬	P2-G1-40, P2-G1-43, G1-15, P1-G4-35
이찬규	P1-G4-26
이창원	P2-G6-11, P2-G6-10
이창현	SS6-6
이채언	P2-G3-28
이철호	P1-G4-61
이청원	P2-G6-13
이치승	P2-G5-11, P1-G4-54
이태경	P2-G1-55
이태곤	G1-14, G1-9
이태윤	P1-G2-131
이태형	P1-G2-120
이태훈	P2-G8-1, P2-G8-15
이한솔	P1-G2-56, G6-6, G4-16, P2-G6-7, G6-11, P2-G6-6
이해곤	P1-G2-108
이해주	P2-G5-42
이현권	G3-10, P2-G3-19, G3-13, P2-SS18-1
이현근	SS7-3, P2-G3-6, P2-G3-5, P2-G3-7
이현빈	P2-G3-31
이현석	P2-G1-19
이현숙	G1-24
이형석	SS9-4
이형수	P1-G2-169, P1-G2-170, P1-G2-49, P1-G2-158, P1-G2-143
이형준	G2-15
이혜민	P1-G4-56
이혜주	P2-G7-6, G6-12
이혜지	G3-4
이호상	P2-G1-81
이호성	P1-G2-39
이호용	S1-5
이호정	G6-3, P2-G6-13
이호준	P2-G5-24
이호진	P1-G4-1
이환석	P2-SS6-6
이환욱	P2-G8-2
이환종	P2-G7-3, G7-3
이효진	G5-8
이희대	SS8-8
이희선	SS6-9
이희수	SS6-1, G2-14, G7-2, SS6-10, P2-SS6-4, P2-SS6-5, P2-SS6-6, P2-SS6-7, P2-SS6-8, SS6-9
이희애	P2-G1-21, P2-G1-50, P2-G1-49
이희정	SS7-4
인용재	P2-G5-29, P2-G5-30
임건해	P1-G2-45
임광균	P1-G4-8, P1-G4-10, P1-G4-11
임광영	SS7-11, P2-G3-41
임대영	P1-G2-151, P1-G2-150
임동권	G5-9
임상순	P1-G2-133
임소연	P2-SS10-2
임승우	G2-11
임예빈	P1-G4-10, P1-G4-8, P1-G4-11
임용범	P2-G5-33
임용현	SS8-10, SS8-6
임은경	SS16-5
임은미	G4-2
임 준	SS9-1
임지호	P2-G1-38, P2-G1-39
임진욱	P1-G2-107, P1-G2-107
임채현	P1-G4-30, P1-G2-57
임태섭	P2-SS6-3
임태영	G6-14
임한별	P1-G4-28
임해나	P2-G1-83, P2-G1-60, P2-G1-44
임현수	P1-G2-174, P1-G2-180
임현호	P2-G3-14, P2-G3-37
임형미	SS20-7, P2-G3-24, SS6-9, P2-G5-28
임형봉	SS14-8
임형섭	S4-5
임형태	P2-SS8-11, P2-SS8-12, SS8-4, P1-G2-41
임효준	P1-G2-10
장건호	P1-G2-123
장규민	P1-G2-58, P1-G2-167, P1-G2-166, P1-G2-159, P1-G2-144
장규범	P2-G6-4
장기환	P1-G2-41
장길남	P2-G2-1
장동영	P2-SS8-27
장 미	P2-SS8-23
장병권	P1-G2-99
장석훈	G3-8
장성완	G2-4, P2-G7-3, G7-3
장수진	P1-G2-61
장수희	G4-4
장연지	P2-G1-65, G1-24
장우선	P2-G8-1, P2-G1-9
장우성	P1-G2-31
장은진	P1-G2-11
장인영	G2-15
장정호	SS14-5, G5-4
장종문	G1-6
장주희	P2-G1-23
장준하	P1-G4-33
장준혁	P2-G5-36, P2-G5-32
장지수	G1-25
장지혜	G2-7
장진우	P2-G1-10, P2-G1-11, P2-G1-4
장한휘	P2-G8-4
장혜정	SS12-1
장호원	SS10-1, P2-G1-71, P2-G1-64, P2-G1-63, P1-G2-120, P1-G2-94, P1-G2-16, P2-G1-17, P1-G2-14, P2-G1-48
장효식	P1-G2-163
전나리	G2-1
전대우	P2-G1-82, G6-14
전상언	P1-G2-114
전서연	G3-13
전석우	P2-G1-71
전 설	P2-SS6-4
전성현	P2-SS8-7
전세라	G1-8
전승규	P2-G1-73
전승엽	G7-2
전시진	P2-G3-12
전윤기	S1-2
전재남	P2-G6-5, P2-G6-13
전종원	P2-G5-10, P2-G5-18
전종철	P2-SS10-2

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
전지훈	SS13-6
전학범	P2-G3-11
전형탁	P2-G6-1, G2-19
전환호	P2-SS6-5
정경채	P2-G7-8, P1-G2-92
정경화	P1-G4-22, G2-21
정경환	P2-G5-24, P1-G4-74
정과정	P2-G1-77, P2-G1-76
정국채	G1-22
정규진	P2-G9-2
정기영	P1-G2-108, P1-G2-106
정기채	SS17-7
정남영	G2-9
정대수	G2-9, P1-G2-123
정대용	P2-G1-38, P2-G1-39
정대휘	P2-G1-82
정덕영	S3-5
정동명	P2-G8-3
정동욱	P1-G2-11
정동익	SS18-8
정동휘	P1-G2-55
정명근	SS8-4
정민석	P1-G2-132
정보라	G7-2
정봉용	S4-1
정성묵	P2-G1-32, P2-G1-31
정성민	SS20-3
정성엽	P1-G2-116
정성용	G1-27, G1-26
정성욱	SS6-1
정성윤	SS7-6, G2-5
정성진	P1-G2-134
정순환	P2-G5-37
정승운	P2-G1-38
정신혜	SS16-2
정양일	P2-G3-42, P2-G8-20
정연길	P1-G2-155, G6-12, P2-G7-6, P2-G3-40, G6-13, G3-14, P1-G4-75
정연식	P2-G8-4, P1-G2-50, P2-G1-37
정연준	P1-G4-50
정영규	P1-G2-160
정영근	P2-G7-3, G7-3
정영석	SS7-1
정영환	P2-G5-32
정예슬	P2-G1-2, P2-G1-5
정우영	P2-SS8-6, P2-G3-39
정우진	P2-G5-33
정우철	S2-1, SS8-2, P2-SS8-7, SS8-12, P2-SS8-17, P2-SS8-21
정욱기	P2-G3-4
정운진	SS18-6, G6-6, P2-G6-7, G6-7, G6-11, P2-G6-6
정유진	P2-G5-33
정윤철	P2-G3-45
정의현	SS5-6
정인철	P2-SS8-1, P2-SS8-28
정인환	G4-8
정재용	P2-G5-23, P2-G5-19, P2-G5-20
정재우	P2-SS8-15
정재훈	P2-G3-32, P2-G1-12
정종석	G1-5
정종원	P1-G4-77, P2-G6-9
정주영	P2-G1-57, P2-G1-56, SS12-1
정준영	P1-G4-33, P1-G4-79
정준희	P1-G2-104, P1-G2-103, P1-G2-102, P1-G2-101, P1-G2-100, P1-G2-51
정중희	P1-G2-15
정찬훈	P2-SS8-3
정창규	P1-G2-175, P2-G1-36, P1-G2-122
정창훈	P1-G2-11
정철호	P1-G2-73, P1-G2-67, P1-G2-46
정태식	P2-G3-41, SS7-11
정평근	P2-G1-32
정한보	P2-G1-39
정해누리	P2-G3-20, G2-13, P1-G2-70, P1-G2-68, G3-7
정헌준	P2-SS8-26, P2-SS8-27
정현권	P1-G2-35
정현덕	SS5-8, P2-G3-30, P2-G3-29
정현석	S2-2, P1-G4-47, P1-G2-82
정현식	P2-G1-22
정형모	G4-9, P1-G4-80, P1-G2-146
정혜정	P2-G6-11
정회봉	P2-G1-65, G1-24
제재용	P1-G4-31
제준환	P1-G2-9
제현모	P1-G2-154
조강희	P2-SS6-7
조경훈	SS18-7, P2-G1-20, P2-G1-13, P2-G1-12
조광연	G3-8, SS20-5
조근호	G6-12
조남명	P2-G1-37
조대연	P1-G4-28
조동우	P2-SS8-33, P2-SS8-30, P2-SS8-28
조동휘	P2-G1-71
조두호	P2-G1-31
조명연	P1-G4-23, P1-G4-20
조민경	P1-G2-171
조민국	P2-SS12-1
조병원	P1-G2-129
조상범	SS3-2
조상준	SS13-3
조성범	SS5-5
조성준	P1-G2-87
조성진	P1-G2-151, P1-G2-150
조소혜	P1-G4-16
조수호	G1-25
조승연	G3-3
조아라	P2-G1-3
조아영	P1-G2-1, P1-G4-1
조영권	P1-G4-19
조영래	G1-29
조영식	P1-G4-82, P1-G2-53, P1-G4-83
조영주	P1-G2-160
조영준	P1-G2-163, P1-G2-95
조예진	P2-G1-32
조용수	P2-G1-22, P1-G4-54, P2-G1-11, P2-G1-10, P2-G1-8, P2-G1-9, P2-G1-7, P2-G1-5, P2-G1-6, P2-G1-4, P2-G1-3, P2-G1-2
조용현	P2-G3-34, P1-G2-35
조 욱	SS4-6, G1-11
조인철	P2-G1-75
조장호	P1-G4-54
조정호	P1-G4-28
조제미	P1-G2-8
조준영	P1-G2-40, P2-G3-8, P1-G2-142, P2-G8-16
조중영	P1-G2-48, P1-G2-132, P1-G4-55
조중욱	G6-2
조창희	P1-G4-9
조한빈	P1-G2-53, P1-G4-27
조 현	P2-G1-82, P2-G1-81
조현석	P2-G5-8
조형규	P1-G2-79
조형균	P1-G2-48
조형환	P2-G1-73
조홍백	P1-G4-56
조희훈	P2-G5-37
좌용호	SS2-2, P1-G4-56
주민제	P2-G3-41, SS7-11
주병권	P1-G4-16

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
주상욱	P1-G2-57
주성민	P2-G6-10
주소은	P1-G4-53
주우빈	P1-G4-67
주종훈	P2-SS8-16, SS8-14
지상현	G1-13
지성엽	P2-G1-39
지수영	SS5-2
지호일	P2-SS8-14
진단아	P1-G2-108, P1-G2-106
진영록	P1-G2-128
진우찬	P2-G3-8, P1-G2-40
진창현	P1-G4-70
차석원	P2-SS8-32
차영록	P1-G2-44
차유림	P1-G4-2, P1-G4-42, P1-G4-4, P1-G4-3, P1-G4-41
차재민	P2-G6-2
차지현	G4-14, P2-G7-4
채문석	P2-SS8-30
채석준	G1-14
채수빈	P2-G3-25
채승철	SS10-6
채지수	P1-G2-113, P1-G2-112, P1-G2-111, P1-G2-110, P1-G2-109, P1-G2-61
천동원	P1-G2-34
천진녕	P1-G2-121, P1-G2-52, P2-G5-45
최 광	P1-G2-83
최규빈	P2-G5-18, P2-G5-14, P2-G5-10, P2-G5-8
최 균	SS7-5, SS7-2, SS7-8, SS7-1, SS7-12
최기인	SS6-6
최남건	P2-G6-11, P2-G6-10
최대언	P2-G1-74
최도영	P2-SS8-30
최동걸	P2-G5-42
최동규	SS5-7
최두현	SS18-8
최민기	P1-G2-124
최민석	P2-G1-34
최민주	P1-G2-14
최백선	G5-1
최병권	P2-G3-42, P2-G8-20
최병수	P2-G1-81, P2-G1-82
최병현	P2-G6-1, P2-G6-1
최상진	P1-G2-119, P1-G2-105
최석훈	P1-G2-120
최선호	G2-11
최성준	G1-2
최성진	G1-2
최성철	P2-G3-13, P2-G6-8, P1-G4-59, SS7-8, P2-G7-4, G4-13, G3-1, G4-14
최성희	P2-G1-20
최수진	P2-G5-35
최순목	P1-G2-147
최승균	P1-G2-96
최승아	P1-G2-35
최승훈	P1-G2-145, P1-G2-138
최시영	P2-SS12-1, P2-SS12-2, P2-SS12-3
최시혁	P1-G4-30
최영민	SS2-1, P2-G1-32, P2-G1-31
최영준	SS19-4
최영훈	P2-G3-21
최용규	G6-5, G6-6, P2-G6-7, G6-4, P2-SS6-5
최용삼	P2-G1-68, P2-G1-65
최우림	P2-G5-15
최우선	P1-G2-19
최운오	P2-G1-61
최원열	P1-G4-73, P1-G4-72
최원준	SS8-11
최원창	G2-7, P1-G2-10
최윤석	P2-SS8-21
최윤혁	P1-G2-71, P1-G2-72
최은서	P2-G6-11
최인규	P1-G2-142, P2-G8-16
최인희	P1-G2-150, P1-G2-151
최임주	P1-G4-40
최종진	SS18-7, G4-3, G4-2, G1-29, G3-11, G1-30, G1-10, G1-18, G1-6
최주현	G6-1, G6-4
최준환	G4-2, G1-29, G1-30, G1-18
최지원	P2-G1-52, P2-G1-83, P2-G1-70, P2-G1-23, P2-G1-60, P2-G1-25, P2-G1-19, P2-G1-44
최진산	P2-SS10-2
최진욱	G4-13, P1-G4-59
최찬식	P2-G7-7
최택집	P1-G4-1, P1-G2-1
최한신	P2-G1-7
최한울	P1-G2-41
최헌진	P1-G2-129, P2-G3-5, P1-G4-6
최현웅	P2-G1-82
최현희	G6-13, G6-12, P2-G7-6, G7-1
최형섭	P1-G2-35
최형수	G2-19
최혜량	G6-12
최홍수	G1-6
최홍제	P2-G1-9, P2-G1-8, P2-G1-5, P2-G1-6
최희정	P1-G4-8
탁장렬	P1-G2-48, P1-G2-132
탄제완	P1-G2-49, P1-G2-170, P1-G2-169, P1-G2-158, P1-G2-143
트란 후하	P1-G2-47
편장혁	P2-G3-40
표진솔	P2-G3-21
하경원	G5-1
하국현	P1-G2-157
하만진	P2-G1-78
하 서	P1-G2-156
하성민	SS20-4
하수진	P2-G1-12
하자윤	P1-G2-77, P1-G2-78
하장훈	P2-G3-43, G3-5, P2-G3-18
하정수	P2-G3-21
하정훈	P1-G2-129
하주연	P2-G1-85, P2-SS6-7
하창기	P2-G7-1
한권훈	P2-G5-36
한규성	P2-G9-1
한길상	P1-G4-47
한병동	SS18-7, G4-3, G4-2, G1-29, G3-11, G1-30, G1-10, G1-18
한상목	SS1-5
한상수	S3-2
한설희	P2-G1-32
한소희	P2-G5-33
한승호	P2-G1-27
한영환	SS11-4, SS11-8, SS11-1
한우제	G4-1, P1-G4-35, P2-G1-40, G3-7
한유근	P2-G1-56, P2-G1-57
한유진	G4-6
한윤수	SS7-2, P2-SS5-1, SS5-9, G3-4, P2-G3-31, P2-G3-29, SS5-8
한인섭	SS7-10
한정우	SS8-9, SS8-13
한정흠	P1-G2-168, P2-G1-58, P1-G4-44

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
한 주	P2-G1-5
한진순	P2-G7-4, G4-13
한창열	P1-G4-29
한철종	P1-G4-65
한형수	P2-SS10-1
함성수	P2-G1-33, P2-G1-84
허석환	P1-G4-26
허성준	G8-2
허세윤	SS18-2
허수빈	P2-G3-21
허영우	P2-G3-35, P2-G3-26
허재욱	P1-G4-59, G4-14
허 종	P2-G6-5, P2-G6-13, G6-3
현동열	P2-G1-36, P2-G1-33
현성희	G6-2
홍구택	P1-G2-120
홍기창	P1-G4-19
홍기하	SS15-3, P2-G8-9, P1-G2-15
홍대명	P1-G2-97
홍대현	P1-G2-71, P1-G2-72
홍민호	P2-G5-30, P2-G5-29
홍석균	P1-G2-23, P1-G2-24
홍석원	P1-G2-20, P1-G4-15
홍성현	P1-G2-73, P1-G2-179, P1-G2-67, P1-G2-59, SS18-2, P1-G2-46
홍성훈	P1-G4-58
홍세영	P2-G3-9
홍순익	P2-G3-6
홍승태	SS8-9, P2-SS8-30
홍연우	P2-G1-78
홍우태	P1-G4-31, P2-G6-9, P1-G4-77
홍은표	P2-SS6-5, SS6-1
홍일곡	P2-G5-41, P1-G2-130
홍재영	P1-G2-34
홍재운	SS8-1, P1-G2-13, P2-SS8-20, P1-G2-75, P1-G2-7
홍종섭	SS8-11
홍종은	P2-SS8-3, SS17-2
홍종일	P2-G1-45, P2-G1-46
홍주섭	S4-3
홍준성	SS20-5
홍지현	P1-G2-178
홍창배	P2-G1-74
홍태환	P2-G1-58, P1-G4-44
황건태	G1-18, G4-3, G4-2, G1-29, G1-30, G1-10
황광택	P2-G9-1
황국진	P2-SS8-22, P2-SS8-8, P2-SS8-23
황규홍	SS11-1, P2-SS11-1, SS11-2, P2-G9-2, SS11-3
황명익	S2-4
황무연	P2-G7-10
황성식	SS3-5
황성주	P1-G4-37, P1-G4-36, P1-G4-39, P1-G4-38
황성태	P2-G6-12
황성현	P1-G2-88
황수윤	P2-SS12-2
황영현	P1-G4-65
황영훈	P1-G2-182
황우현	P2-G8-14
황정원	P2-G1-45
황정윤	P1-G4-18
황종희	P2-G9-2, P2-G6-3, G6-8, G6-14
황창훈	SS11-6, P2-SS11-2
황철성	P2-SS10-3
황철홍	P2-G7-7
황태현	P1-G2-177
황해진	P1-G2-86, P2-SS8-15, P2-G3-32, SS8-7, P1-G2-27
황현규	G1-17
황효제	G4-16
황희웅	G3-2
후지이 타카히로	SS17-2

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
ABBEY STANLEY	P2-G8-8
Abdul Khaliq	P2-SS10-1
AKRAM FAZLI	G1-12
Akshay Kumar	P1-G4-25
Ali Turab Jafry	P2-G5-37
Aloysius Soon	P2-G1-9
Aman Bhardwaj	P1-G2-17, P1-G2-7
Aman Ullah	P2-SS10-1, P2-SS10-2
Amir Ullah	P2-SS10-1
AMORNKITBAMRUNG URASAWADEE	P2-G5-30, P2-G5-29
Andrews Nsiah Ashong	P2-G8-21
Aniket Kumar	P1-G2-13, P1-G2-17
Anil V. Virkar	SS8-4
Aurangzeb Khan	P2-SS10-1
Brakowa Frimpong	G8-2
Bulgan Tsedenbal	P1-G4-26
Byoung-Wan Lee	G1-11
Byung-Koog Jang	SS11-7
Byung-Nam Kim	SS11-7
Ce-Wen Nan	PL-4
Chabungbam Akendra Singh	P2-G1-41
Dang Thanh Nguyen	G1-11, P1-G2-2
Das Pran Krisna	P1-G2-93, P1-G2-91
Deka Bipul	P2-G1-13
Dong Yun Lee	P1-G4-6
duong	P2-SS10-2
Fazli Akram	G1-7
Guoliang Liu	P1-G2-3
Gwan-Hyoung Lee	P1-G4-6
Hasan Rahidul	P1-G2-126
Hoang Van Quy	P1-G2-156
Hung Tai Nguyen	P1-G2-2
Hyo Sik Shim	SS12-5
Hyung Mo Jeong	P1-G2-126
Isheunesu Phiri	P1-G2-181, P1-G2-145
J.G. Fisher	G1-11
Jaehyeon Ko	G1-11
James Hone	P1-G4-6
Jea Jung Lee	P1-G4-6
Ji il Choi	P2-G1-80
Jian-Min Zuo	SS12-4
Jihee Bae	G1-12
JIN XIAOYAN	P1-G4-37, P1-G4-36
John G. Fisher	P2-G1-1
Juergen Brugger	G1-6
Junyoung Kwon	P1-G4-6
K. Lingana	G6-1
kaiqiang zhang	P2-G1-72
Kazumi Kato	PL-3

성 명	논 문 번 호
Kazuyoshi Kanamori	KL-3
Kenji Watanabe	P1-G4-6
Keun Soo Kim	P1-G4-6
Kyouhyun Kim	SS12-3
Lakshya Mathur	P2-SS8-19
LE GIA PHAN	G1-11
Lee Kyu Hyoung	P1-G2-126
Li Oi Lun	P2-SS6-1
Liangliang Li	PL-4
Lionel Vayssieres	PL-2
Lynn A. Boatner	P2-G1-44
Lyu Guanlin	G3-14, P2-G3-40
Maheswari Arunachalam	P1-G2-91
Mani Balamurugan	G2-3
Mayur Gaikwad	P1-G2-90, P1-G2-89
Md Shahjahan Kabir Chowdury	P2-G5-1
Min-Wook Oh	P2-G8-8
Muhammad Saqib	G2-17
Muhammad Sheeraz	P2-SS10-1, P2-SS10-2
Muhammad Tsabit Ayman	SS18-5
Myong-Ho Kim	G1-12, G1-7
Namsoo Shin	P2-G1-1
NAZIR AQSA	P1-G2-125
Nguyen Huu Hung Tuyen	P1-G4-42
Nguyen Minh Dat	SS20-2
Nguyen Van Du	P1-G2-48, P1-G2-132
Niaz Atif Khan	SS8-4
Peddigari Mahesh	G4-3
pham thi ngoc tuyen	P1-G4-41
Pham Thuy Linh	P2-G1-1, P1-G2-4, G1-11
Pipit	P2-SS5-1, SS5-9
Pitchai Ragupathy	P1-G2-43
Qi Wang	P1-G2-68
Quyet Van Le	P2-G1-17
Rahman Jamil Ur	P1-G4-55
Rajpoot Shalini	G3-6
Rohini Kanase	P1-G2-89
Rushikesh P. Dhavale	P1-G2-70
S. Wada	SS4-2
Sai P. Katikaneni	G2-16
Salman Ali Khan	G1-7
Seok-Hyun Yoon	SS4-3
Seung Soon Jang	P2-G1-80
SeungHyun Park	P2-G5-1
Shahjahan	P2-SS8-9, P1-G2-36
Shuji SAKAGUCHI	SS6-2
Siyar Muhammad	P2-G3-8, P1-G2-40
SONG ZHIQUAN	P2-G5-19, P2-G5-20
Sonnil Lee	G1-7

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
Soo Yong Choi	G1-12
Soonil Lee	G1-12
Tae Kwon Song	G1-12, G1-7
Tai Kyu Lee	SS6-5
Takashi Taniguchi	P1-G4-6
Tatsumi Ishihara	P2-SS8-25
TAUSEEF AHMED	G1-7, G1-12
THAHEEM IMDADULLAH	P2-SS8-3
Thaheem	P2-SS8-28
THIEU CAM ANH	P2-SS8-13, P2-SS8-13
Timothy Swager	G4-10
TRAN THI LAN	P1-G2-3, P1-G2-2
Tran Thi Thanh	G1-7
Uwiragiye Eugenie	G1-11
Vera Afumaa Afrifah	P1-G2-138
W. D. Teng	SS6-3
Wanxin Sun	SS13-8
Won Hyung Ryu	P2-G5-1
Woo Hyeong Sim	P1-G2-126
Xingang Wang	SS6-4
Yefei Meng	SS12-4
Yong-il Park	P2-G5-1
Young Duck Kim	P1-G4-6
Yue Wang	P2-G1-43, G1-15, P2-G1-41, P2-G1-42
ZHENG QIAN	P2-G1-66

성 명	논 문 번 호

좌장 리스트

좌장 리스트

좌 장	소 속	RM	날 짜	시 간
J.G. Fisher	전남대	327C	11월 15일	08:45–10:00
강승균	서울대	327B	11월 15일	10:30–11:30
강영호	KIMS	327A	11월 15일	08:30–10:00
김대종	KAERI	402	11월 13일	14:45–16:00
김동완	고려대	317	11월 14일	14:00–15:30
김병욱	아이젝스	318A	11월 15일	10:20–11:30
김상일	서울시립대	402	11월 15일	08:30–10:20
김선훈	KOPTI	317B	11월 15일	10:15–12:30
김성원	KICET	318A	11월 14일	08:50–09:45
김영민	성균관대	318	11월 14일	14:00–15:30
김용남	KTL	317A	11월 15일	13:00–15:30
김용환	KISTI	318A	11월 15일	13:30–14:30
김윤석	성균관대	318C	11월 13일	14:30–16:00
김종순	세종대	402	11월 15일	10:30–11:45
김종현	포항공대 가속기연구소	403	11월 15일	09:30–10:30
김준수	KCM	318A	11월 15일	15:00–16:00
김현식	홍익대	325	11월 15일	08:30–10:30
류도형	서울과기대	317C	11월 15일	10:30–11:30
류성수	KICET	328	11월 13일	13:00–14:00
명재하	인천대	403	11월 14일	08:30–09:45
박대환	경남대	318B	11월 15일	10:00–12:00
박민혁	부산대	318A	11월 13일	13:00–16:00
박종성	명지대	317B	11월 14일	08:20–09:50
백승협	KIST	300	11월 14일	15:40–17:10
서민수	KIER	324	11월 13일	13:00–16:00
신동근	KICET	317C	11월 15일	14:50–15:50
신원호	광운대	327C	11월 13일	14:45–16:05
심우영	연세대	318	11월 14일	15:40–17:10

좌장 리스트

좌 장	소 속	RM	날 짜	시 간
양상모	숙명여대	318A	11월 13일	13:00–16:00
오민욱	한밭대	327A	11월 15일	10:30–11:30
유영준	충남대	318C	11월 13일	13:00–14:10
육종민	KAIST	318B	11월 13일	13:00–16:00
윤석현	삼성전기	327A	11월 13일	14:55–16:10
윤희숙	KIMS	317B	11월 13일	15:15–17:45
이강택	DGIST	403	11월 13일	13:00–14:30
이관형	서울대	300	11월 14일	14:00–15:30
이규형	연세대	402	11월 14일	08:30–09:45
이기성	국민대	317A	11월 13일	14:00–18:00
		325	11월 15일	11:00–12:00
이명현	KICET	327	11월 14일	15:40–17:10
		317C	11월 15일	13:30–14:30
이상훈	서울대	317B	11월 13일	13:00–15:00
이선홍	KICET	317A	11월 15일	09:00–11:30
이성민	KICET	300	11월 13일	13:00–14:20
이세훈	KIMS	317A	11월 14일	08:30–10:25
이순일	창원대	327A	11월 13일	13:00–14:40
이승용	KIST	317C	11월 13일	13:00–15:00
이승협	KICET	327B	11월 13일	13:00–16:00
이정헌	성균관대	318B	11월 14일	08:45–09:45
		327B	11월 15일	09:00–10:00
이정훈	광운대	317	11월 14일	15:40–17:10
이현권	금오공대	300	11월 13일	14:40–16:00
		327	11월 14일	14:00–15:30
이현숙	연세대	324	11월 15일	10:15–12:00
임재홍	가천대	327C	11월 13일	13:00–14:35

좌장 리스트

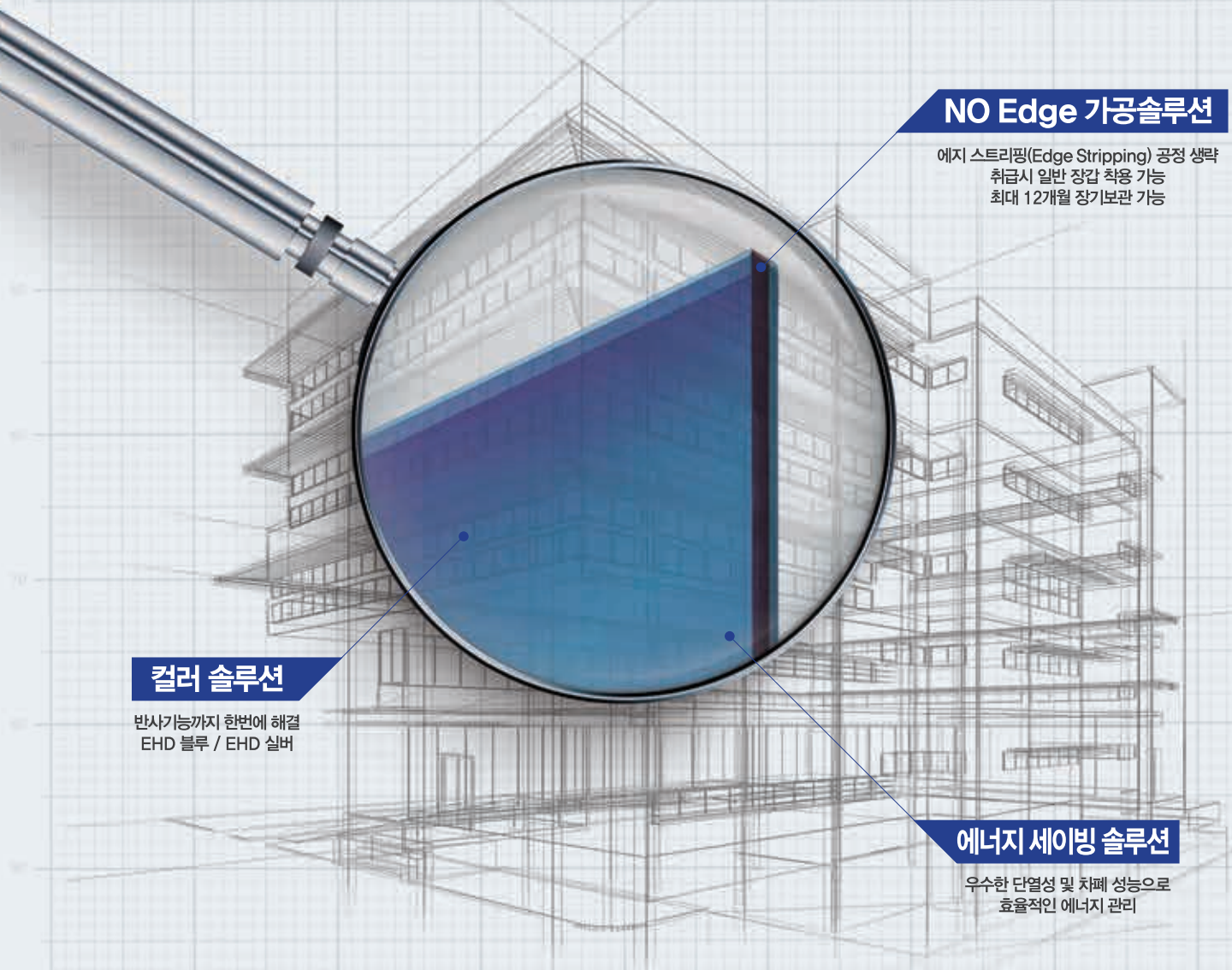
좌 장	소 속	RM	날 짜	시 간
장종문	KIMS	327C	11월 15일	10:15–12:00
정우철	KAIST	403	11월 13일	14:45–16:00
정형모	강원대	317C	11월 14일	08:30–09:50
최 균	KICET	402	11월 13일	13:00–14:35
최시영	포항공대	318B	11월 13일	13:00–16:00
최용규	항공대	317B	11월 15일	08:30–10:00
최종진	KIMS	318C	11월 15일	08:45–12:00
하장훈	KIMS	328	11월 13일	14:30–15:45
한병동	KIMS	403	11월 15일	10:45–12:15
한영환	우한공대	328	11월 15일	08:30–11:40
황건태	KIMS	324	11월 15일	08:30–10:00

www.kccworld.co.kr
소비자상담실 080-022-8200

KCC

유리 전문가들의 더 경제적인 선택

노엣지 컬러 로이유리



NO Edge 가공솔루션

에지 스트리핑(Edge Stripping) 공정 생략
취급시 일반 장갑 착용 가능
최대 12개월 장기보관 가능

컬러 솔루션

반사가능까지 한번에 해결
EHD 블루 / EHD 실버

에너지 세이빙 솔루션

우수한 단열성 및 차폐 성능으로
효율적인 에너지 관리

컬러 로이유리도 NO Edge! NO Stress!

엣지 스트리핑 공정 없이 손쉽게 시공하는 고내구성 컬러 로이유리
[컬러로이유리 + 투명유리] 조합으로 원가절감까지!

e-GLASS HD I Blue / Silver I

RIST
Research Institute of Industrial Science & Technology
R&D Center of POSCO family



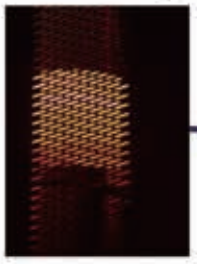
POSCO – RIST SiC Research Status

History

-2010. 1 : Start SiC Growing Research
-2010. 9 ~: Participate in KOREA Government Project named WPM
(World Premier Materials)
-2012. 1 : Establish POSCO – RIST Joint SiC R&D Center
Extend SiC Research into Epitaxial growth
-2014. 12 : Accomplishment of 4 inch high quality single crystal wafer(MPD <1ea/cm^2)
-2017. 3 : Fabricated 6 inch low grade wafers(MPD <10 ea/cm^2)
-~ Present : R&D on 6 inch SiC single crystal Growth and Epi growth

R&D Scope

● Growing ● Wafering & Polishing ● Epi-Growing



● Simulation

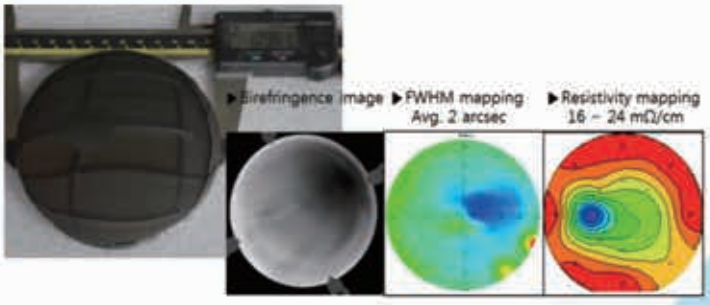




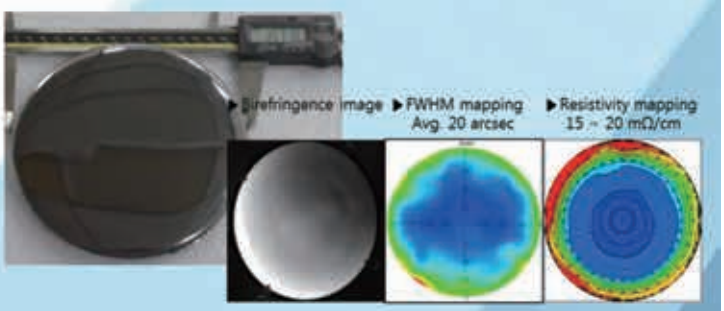


R&D Product – Ingots & Bare wafers

Quality of 4" wafers : MPD ~ 1, EPD < 5,000 (ea/cm^2)



Quality of 6" wafers : MPD ~ 1, EPD < 5,000 (ea/cm^2)



RIST 재단법인 포항산업과학연구원

본부 [37673] 경상북도 포항시 남구 청암로 67 T/054-279-6333 F/054-279-6099
ESS재료연구소 [21985] 인천광역시 연수구 송도과학로 100 포스코글로벌 R&D센터 T/032-200-2416 F/032-200-2419


bass
Basic Solution of Material
Glass
Powder
최상의 파트너
베이스!
기술력의 차이로 시대를 이끌다
베이스는 Glass를 이용한 다양한 소재 및 부품을
생산하는 전문 기업으로써 차별화된 기술력으로
업계의 선두주자가 되고 있습니다.
(주)베이스 충청남도 아산시 둔포면 윤보선로 336번길 49 Tel. 041. 533. 3537 Fax. 041. 533. 3503 www.basscom.net

Hi Solar
Optoelectronic Materials

What we do?

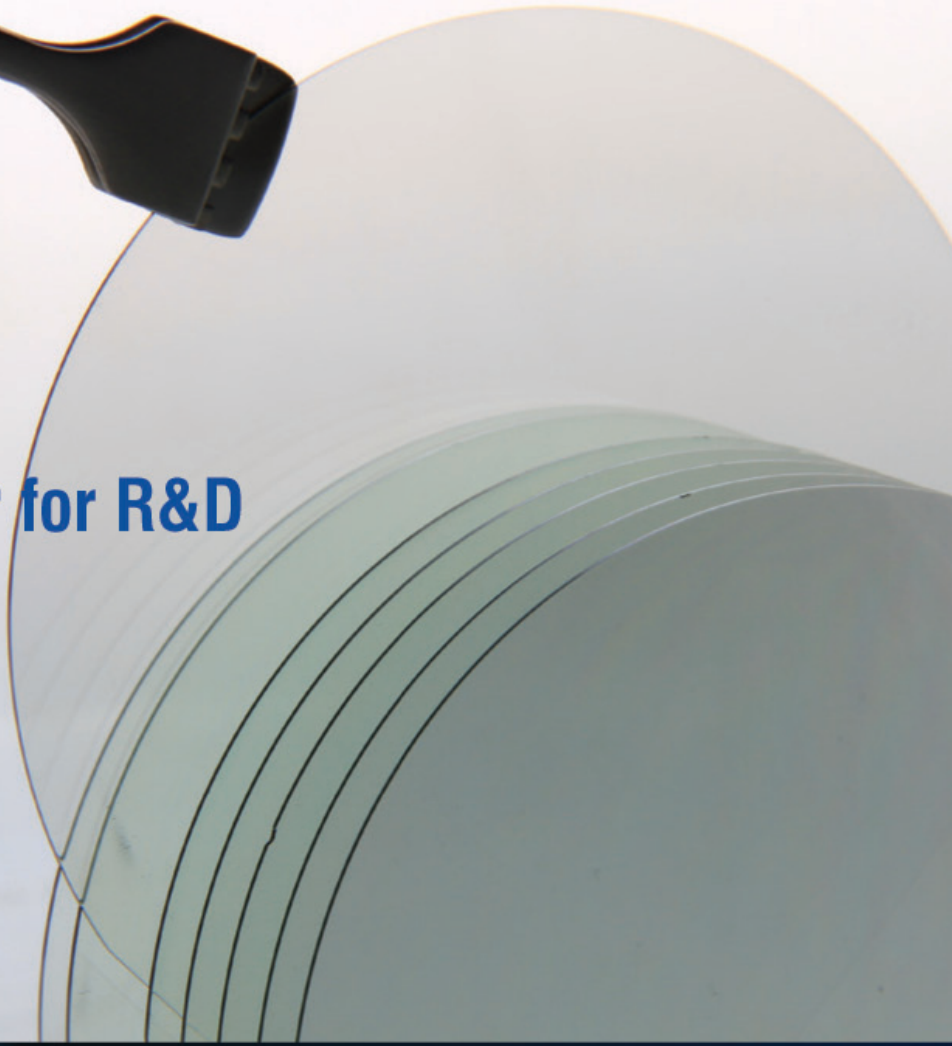


Reclaim Service

Sapphire
SiC
InP

Special Spec. Wafer for R&D

Sapphire
Si
SiC
GaN
Quartz
Glass



313, Cheomdangwagi-ro, Buk-gu, Gwangju, South Korea 61008
T +82 (62) 973-0490 F +82 (62) 973-0489 W www.hisolarled.co.kr
E david@hisolarled.com or chonhh@hanmail.net

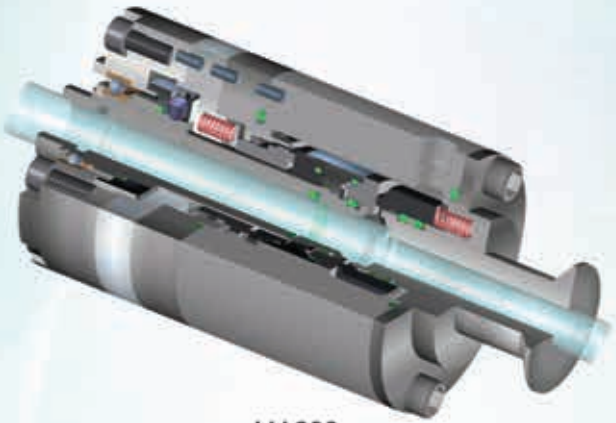
메카니칼씰 자체 연구개발, 제조 전문기업

메카니칼씰 누수! - 해결이 안되십니까?

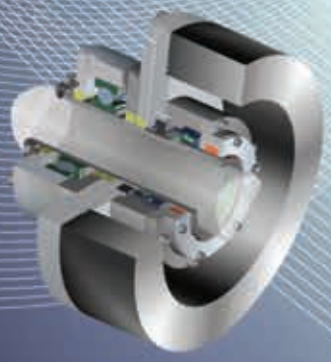
최고의 품질 & 최저의 비용으로 완벽하게 해결해 드립니다!

World Best
SEALING SOLUTION PROVIDER

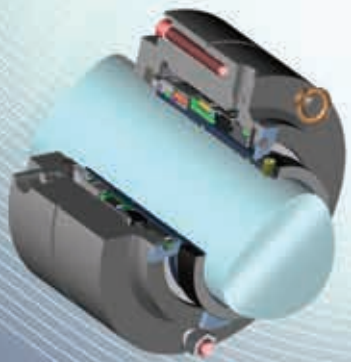
믹서 & 교반기(Mixer & A gitator) 씰 전문



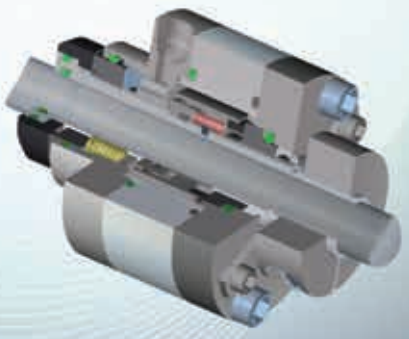
MA200



PSUD085N



MX210



MB200



MX200

전국 대리점 모집!

(주)플러스매니저
PLUS Manager CO., LTD.
경상남도 창원시 진해구 안골로108번길 64(안골동)
TEL : 051-832-1228 FAX : 055-551-1229
http://www.plusmanager.co.kr E-mail : joy11@plusmanager.co.kr

SAMWHA CAPACITOR



Answer to Best

Since 1956
콘덴서 전문기업



Answer to customer

고객만족을
실현하는 기업

www.unioncement.com

union

본 사 | 서울시 중구 소공로 94 OCI빌딩 13층 T. 02.757.3801-5 F. 02.757.3807-8
청주공장 | 충북 청원군 가덕면 상장인차로 27 T. 043.292.0410-9 F. 043.297.8200
포항공장 | 경북 포항시 남구 대송면 송덕로 143 T. 054.278.6241-3 F. 054.278.6244



백시멘트



건축자재 타일시멘트, 타일본드, 유니셀



토목자재 초속경, 그라우트, 급결제, 강섬유



내화재료 알루미나시멘트, 정용알루미나



환경사업 탈수기, 여과기, 오존시스템

union

union materials



페라이트 마그네트



절삭공구



전자레인지용 마그네트론 스템



Faucet Disc



산업용 세라믹스

대구공장(본사) | 대구 달서구 성서공단남로 151 T. 053.580.4135 F. 053.580.4111
영업소(서울) | 서울시 중구 소공로 94 OCI빌딩 12층 T. 02.2251.4111 F. 02.318.1995
포 항 공 장 | 경북 포항 남구 대송로 223 T. 054.289.6612 F. 054.281.9308

union materials www.unionmaterials.com

유니온머티리얼은 국내 특수시멘트 분야를 선도해온 ㈜유니온과 한 가족이 되어 "파인세라믹 소재 부품 글로벌 선도 기업"으로 발돋움해 나가고자 합니다. 기술력과 노하우를 바탕으로 세계 일류 소재부품 전문 기업으로 성장하는 유니온머티리얼의 미래를 지켜봐 주시기 바랍니다.

건설자원기술단㈜

본사/연구소: 경남 고성군 하이면 하이로 246
경주공장 : 경북 경주시 외동읍 내외로 620-19
주요사업 : 재활용 연구용역, 토질/콘크리트 시험용역, 플라이애시/고화재 판매
담당자 : 박원춘/공학박사(010-4343-7730)



건설자원기술단 보유 지적재산권(발명특허)

No	특허 발명의 명칭	등록번호	등록일
1	긴급살처분 가축매몰공법	10-1771135	2017.08.18
2	경소백운석을 활용한 말뚝주입재 조성물	10-1636277	2016.06.29
3	경소백운석을 활용한 심층혼합공법용 고화재	10-1636278	2016.06.29
4	경소백운석을 활용한 팽창성 그라우트 조성물	10-1636279	2016.06.29
5	말뚝주입재 조성물	10-1680348	2016.11.22
6	팽창성 그라우트 조성물	10-1636280	2016.06.29
7	심층혼합공법용 고화재	10-1636282	2016.06.29
8	페로니켈슬래그를 활용한 말뚝 주입재	10-1636283	2016.06.29
9	심층혼합공법용 고화재	10-1638079	2016.07.04
10	페로니켈슬래그를 활용한 팽창성 그라우트 조성물	10-1638084	2016.07.04
11	살처분 가축 매몰방역용 조성물 및 이를 이용한 방법	10-1791527	2017.10.24.
12	살처분 가축 매몰방역용 조성물 및 이를 이용한 방법	10-1771136	2017.08.18

Vacuum Science Laboratory

(주)정민실업 진공과학연구소

<회사소개>

(주)정민실업은 1978년 창업 이래 국내의 진공시스템(고진공 및 초고진공 산업 분야) 설비기술 개발에 주력해 왔습니다.

현재는 초고진공 및 진공소결로 등을 개발, 진공도 10^{-10}Torr, 최고 가열 온도 3,000℃, 단축 가압 500톤, 반응 소결로 70bar 가스 가압 능력 등의 극한 기술을 습득했으며, 추가 기술 개발에 전력을 다하고 있습니다. 또한 SiC CVD, 진공 함침로, GPS, SPS, 진공 열처리로, 진공 증착 시스템 및 플라즈마 공정기술 개발을 통하여, 국내 대기업(삼성, LG, SKC), 국책 연구소나 대학교 연구실의 실험장비를 지속적으로 납품하고 있습니다. 앞으로도 지속적인 품질 개선을 통하여 우수한 품질 및 기술개발에 최선을 다하는 (주)정민실업이 될 것을 약속드립니다.

<주요생산품목>

- SiC CVD Furnace
- Spark Plasma Sintering Furnace (S.P.S)
- Gas Pressure Sintering Furnace (G.P.S)
- Vacuum Hot Press
- Vacuum Tube Furnace
- Vacuum Sintering Furnace
- Vacuum & Gas Induction Furnace
- Rapid Melting / Spinning Furnace
- Lamp / Bottle Vacuum Exhaust System
- Vacuum Coater
- Vacuum Brazing System
- R.F Etching & Plasma System



S.P.S



Vacuum Furnace



Hot Press



Tube Furnace



Sintering Furnace



G.P.S



Vacuum Coater



Brazing

서울시 영등포구 선유서로 23 (문래동 5가 23-2)

TEL : 02-871-1988~9 Fax : 02-871-1987

http://www.jmvac.com E-mail : wjdalsc5@daum.net



삼성전기가
[5G 시대 첨단기기의 필수품, MLCC]생산을 위해
더 분주히 움직이고 있습니다

We are the Creative Solution Provider

5G를 담당하는 통신사, 기지국에서부터
새롭게 출시되는 스마트폰, 첨단기기에 이르기까지
5G 시대의 모든 곳에 필요한 MLCC를 공급합니다.
더 앞선 기술로 더 앞선 세상을 열어 갑니다.



Passive Component



Module



Substrate



삼성전기 SAMSUNG

Ceramic

carima Specialized in Ceramic 3D Printer

IM-C
Ceramic
3D Printer



Pixel Size
57μm

Layer Thickness
100(25,50)μm

Build Size
110x60x130mm



Why IM-C special?

01 세라믹 전용의 고성능 3D Printer

405nm FHD UV LED Engine 광원 적용
온도 조절히팅베드로 레진의 점도를 낮춰 출력 시간 단축
출력 속도는 레이어 두께 및 사용소재에 따라 상이

02 손쉬운 사용

대형스크린 사용으로 사용자 편의성 확보
사용자 편의 UI 적용 & 손쉬운 Vat 교체시스템
내구성이 향상된 Vat필름 적용으로 스크래치 & 찢김 방지

03 다양한 소재 가능

세라믹 전용 소재 제공(모델용/몰딩용)
고하중 재료 사용으로 부품 품질 & 강도개선
모든 범위의 재료에 대해 광량 조절 가능

04 사용 용도

우주 항공, 바이오 메디컬, 덴탈, 전기전자 시제품 제작용 등
자동차 부품, 미술, 건축, 디자인 등

캐리마의 세라믹 3D프린터 IM-C는 데스크탑형 크기이며 기존의 고가, 전문 특정 분야에서만 사용이 가능하던 것을 연구소, 기관, 대학교 및 일선 기업에서 쉽게 사용할 수 있도록 상용화시킨 제품입니다.

특히 캐리마에서 제공되는 두 종류의 세라믹 소재(모델용, 몰딩용)를 통해 고해상도 표면 품질의 출력물을 만들 수 있으며 기존 공법으로는 가공이 어려웠던 복잡한 형상 모델도 프린팅을 할 수 있습니다.

앞으로 캐리마는 지속적인 선도기술을 확보, 더욱 전문적인 세라믹 3D프린터와 다양한 가능성 세라믹 복합 소재 등을 개발하여 바이오 생명과학 의료분야 뿐 아니라 전기/전자 및 국방, 우주 과학 등 다양한 곳에서 심층적인 연구개발이 가능하도록 적극적인 도움을 드릴 것입니다.



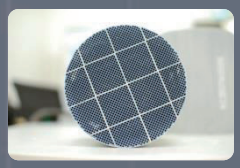
www.carima.com
sales@carima.co.kr 02-3663 8877
서울시 강서구 양천로 551-24 현화비즈메트로 2차 B동 801~805호

carima 3D PRINTING TOTAL SOLUTION SPECIALIZED CO.

IB MATERIALS

www.ibmaterials.co.kr

세라믹 압출 성형 플랫폼

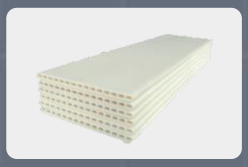




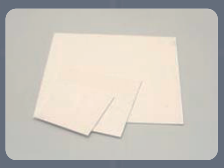
Honeycomb



Tube



Flat Tubular

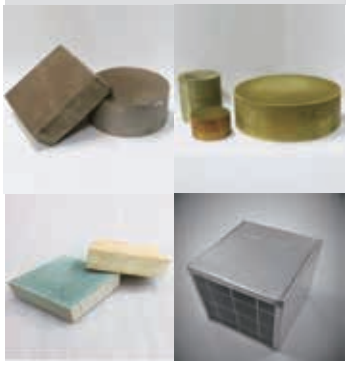


Plate

주요 사업 분야

SiC DPF	Catalyst	공기청정기모듈	VOCs Zeolite Rotor









IB MATERIALS

본사/기술연구소 : 전남 영암군 삼호읍 대불산단 1로 24
Tel. : 061-460-7600 E-mail : sales@ibmaterials.co.kr

플라즈마기술연구센터

국내 유일 정부 출연 플라즈마 전문연구기관

Plasma Technology Research Center realizes Green World getting joined with human beings, environment and technology

플라즈마 원천 기술 연구

- 새로운 플라즈마 발생원 개발

플라즈마 기반 기술 연구

- 플라즈마 물성 데이터 생산, 평가, 지식 자료화 및 빅데이터 분석
- 플라즈마 모델링 및 시뮬레이션
- 플라즈마 진단기술 및 장치 개발

플라즈마 융복합 기술 개발

- 플라즈마를 활용한 에너지 생산,저장
- 플라즈마를 활용한 환경개선
- 플라즈마를 활용한 반도체 및 디스플레이
- 플라즈마를 활용한 나노/바이오기술
- 플라즈마 기술을 농식품에 적용

글로벌 플라즈마 기술 연구 거점 구축

플라즈마 기술 기반의 국가 신성장 동력 및 국가현안문제 해결

플라즈마 기술 기반의 지방 R&D 역량 강화

원천 기술 연구기반 인력양성 시스템 구축 및 전문인력 양성

NFRI 국가핵융합연구소 National Fusion Research Institute 플라즈마기술연구센터 Plasma Technology Research Center

[H . Q] 대전광역시 유성구 과학로 169-148(어은동) 34133
TEL: 042-879-6000, http://www.nfri.re.kr
[Center] 전라북도 군산시 동장산로 37(새만금군산국가산업단지 내) 54004
TEL: 063-440-4009, http://www.plasma.re.kr



Morgan
Advanced Materials
(주)모간

'카본', '세라믹단열재'로

대한민국을 대표하는 기업, 모간이 있습니다.



Thermal Ceramics

Superwool, 세라믹화이버, 세라믹보드, 파이로블럭 모듈 외



Electrical Carbon

산업용 카본브러쉬, 집전자용 카본, 슬립링 외



Specialty Graphite

반도체 및 산업용 graphite, 전자 및 전기 정밀 부품
광섬유 & 산업용 Graphite Heater



Technical Ceramics

PBN Crucible, Focus Ring



Seals and Bearings

Piston, Rider Ring, CPI Mechanical seal

KEY MARKETS

TRANSPORTATION



ENERGY



PETROCHEMICAL



ELECTRONICS



HEALTHCARE



INDUSTRIAL



Morgan
Advanced Materials
(주)모간

www.morgankorea.kr

● **성남사무소** 경기도 성남시 중원구 둔촌대로 394
전화 (031)735-5100(代) 팩스 (031)735-5106(代)

● **대구 1공장** 대구광역시 달성군 논공읍 논공중앙로 46길 27
전화 (053)615-1061(代) 팩스 (053)615-1063(代)

● **대구 2공장** 대구광역시 달성군 구지면 달성2차4로 23
전화 (053)617-2061(代) 팩스 (053)617-2063(代)

● **대구 3공장** 대구광역시 달성군 구지면 달성2차4로 51
전화 (053)670-9700(代) 팩스 (053)670-9703(代)

● **테크노공장** 대구광역시 달성군 유가면 테크노중앙대로 177
전화 (053)617-1235(代) 팩스 (053)617-1236(代)