2019 SPRING Meeting of
The Korean Ceramic Society

2019
한국세라믹학회
춘계학술대회 및 총회



일시_ 4월 10일(수) ~ 12일(금)

장소_ 제주라마다프라자호텔

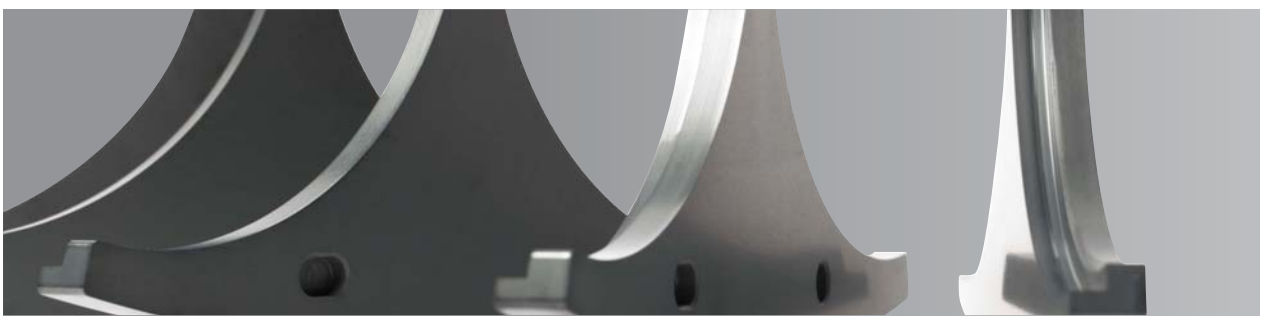
후원_ KOFST 한국과학기술단체총연합회 Jeju CVB Jeju Convention & Visitors Bureau | 사 | 제주컨벤션뷰로

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한국세라믹학회

dandan







Your One Source for Advanced Ceramics

We design your desires for Ceramics and Ceramic coating.

Semiconductor • LED/OLED/LCD • Iron & Steel • Energy Industry
Al_2O_3 • SiO_2 • Y_2O_3 • ZrO_2 • TiO_2 // SiC • WC • B_4C etc.
Si_3N_4 • SiAlON • AlN • BN // TiB_2 etc.
Functional ceramics for SOFC & MCFC, Machinable ceramics, etc.
Plasma Spray Coating • Suspension Coating • Aerosol Coating

R&D연구원 상시 채용

- **지원조건** : 신소재/재료공학 전공 필수
- **지원방법** : 사람인 or 이메일

dandan materials (주)단단

www.dandan21.com
50, Techno 11ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #34036
T : +82 42 934 2456 | **F** : +82 42 934 2450 | **E** : dandan21@dandan21.com

세라믹산업

생태계조성사업

사업공고



전남테크노파크 세라믹산업종합지원센터에서는 산업통상자원부 세라믹산업 전문기업 지원사업 (세라믹산업 생태계조성사업)의 일환으로 세라믹 원료소재 사업화를 위한 시험생산지원, 양산공정, 장비최적화와 기업보유장비 개선, 고도화, 고객사 품질 승인용 시제품 제작 및 수출지원 사업을 지원하고 있으니, 모든 세라믹 관련 기업에서는(첨단, 전통 모두 포함) 많은 이용 바랍니다.

1 사업개요

| 사업기간 | 2018. 7. 1 ~ 2020. 6. 30
| 지원대상 | 국내 세라믹 기업 및 세라믹 관련 신규 사업 추진 희망 기업
| 수행기관 | (재)전남테크노파크 세라믹산업종합지원센터

2 세부지원내용

❶ 세라믹 원료소재 상용화 시험생산(양산조건 최적화, Scale up)

지원프로그램	지원내용	지원금액 (지원기간)
세라믹 원료소재 시험생산 라인 공동 구성운영	세라믹센터 전용공간 내에 기업 보유 장비 및 센터 장비를 토대로 일괄 시제조 라인 공동 구성 운영	300백만원 (2년 이내)

❷ 세라믹 소재부품 엔지니어링 기술지원(기업 보유 장비 개선, 고도화)

지원프로그램	지원내용	지원금액 (지원기간)
장비성능평가 및 문제점 진단 지원	공정상의 문제점 (불량 · 품질문제, 생산성 저하 등) 개선을 위한 공정장비 진단 및 솔루션 지원	50백만원 (1년 이내)
소재부품기업 장비 성능 개선 (공정 개선)	제품 품질향상 및 공정개선 등의 파급효과가 크다고 인정되는 경우, 장비보완 및 성능향상 등의 장비개선 엔지니어링 지원	100백만원 (1년 이내)
공정 맞춤형 시험 장비설계 및 제작 (신공정)	공정실현이 가능한 공정장비 부재 또는 국내장비 부재시 해당공정 맞춤형장비 설계 및 제작/평가 지원 (Lab테스트 및 기본방안 도출 완료 후)	100백만원 (1년 이내)

❸ 세라믹 제품 전방공급거래 형성 촉진(고객사평가 시제품 제작)

지원프로그램	지원내용	지원금액 (지원기간)
수요기업 샘플 평가용 시제품 제작 지원	판로개척을 위한 다수(량)의 수요처 요구 샘플 대응이 가능하도록 시제품 제작지원 (제품개발 완료 → 시제품 제작)	50백만원 (1년 이내)
기업간 협동화 제품 상용화 지원	상용화를 목적으로 공급사슬 (소재 · 부품 · 최종수요)상의 기업간 연계를 통한 시제품 제작 · 평가 지원 (기업가치사슬연구회 운영)	100백만원 (1년 이내)
해외 제품 상담회 지원	사업 수혜기업 중 해외 수요처 발굴 확대 희망기업을 대상으로 해외 수요처 방문하여 제품 홍보 및 상담 지원	20백만원 (1년 이내)



3 신청방법

| 신청양식 | (재)전남테크노파크 홈페이지(www.jntp.or.kr) 다운로드
| 신청기간 | 2018. 8. 21.(월) ~ 사업종료시
| 신청방법 | (재)전남테크노파크 세라믹산업종합지원센터
| 접수 및 문의처 |

수행기관	접수처	담당자	문의처
(재)전남테크노파크 세라믹산업종합지원센터	전남 목포시 대양로 26	최광표 이병곤	061-270-5010 061-270-5022

미래기술의 선두주자
SKC solmics



파인세라믹 산업을 선두하며
부품소재산업의 강자로 도약하는
SKC solmics


Si


Al_2O_3


SiC


QUARTZ

Material → Precision Process → Precision Cleaning & Complete Product







국내 반도체 및 LCD용 파인세라믹스 대표 기업
축적된 기술력을 기반한 소재 개발과 우수한 가공력
끊임없는 투자와 연구개발로
국내최고의 파인세라믹스 기업을 향해 정진하고 있습니다.

Head Office / Factory 1 경기 평택시 경기대로 1043 Tel. 031-660-8400 Fax. 031-664-8876
Factory 2 경기도 평택시 팽성읍 추팔산단 2길 24 Tel. 031-615-8251 Fax. 031-615-8201
Factory 3 경기도 안성시 삼죽면 삼죽로 205-53 Tel. 031-802-7100 Fax. 031-677-6715
www.skcsolmics.com

SKC solmics

2019 한국세라믹학회 춘계학술대회

여성세라미스트 멘토링 워크숍

▣ 일 시 : 2019년 4월 10일(수) 14:30~16:30

▣ 장 소 : 제주라마다 호텔 진행: 이종숙 교수(전남대)

14:30-14:35 축 사 / 김응수 한국세라믹학회 회장

14:35-15:40 멘토링 특강 김희정 연구원



- 現 LG 전자 책임연구원
- 한국화학연구원 연구원
- 고려대학교 화학공학과 석사
- 부산대학교 고분자공학과 학사

Specialist vs. Generalist:
나만의 강점 만들기

15:40-16:30 융합시대 차세대 여성과학기술자를 위한 멘토링



❖ 멘토링 사전등록 참석자 기념품 증정

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한 국 세 라 믹 학 회
여성세라미스트부회
WOMEN CERAMISTS DIVISION

KOFWST Since 2003 한국여성과총

본 사업은 과학기술진흥기금 및 복권기금의 지원을 받아 수행합니다.

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



2019 한국세라믹학회 추계학술대회 및 총회 국제 세라믹 산업전

2019년 11월 13일(수)~15일(금) / COEX, Seoul

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
서울특별시 서초구 방배로 76, 머리재빌딩403호
T.02-584-0185, 588-5140

The Korean Ceramic Society

2019년 한국세라믹학회 추계학술대회

심포지엄 개최 신청서

한국세라믹학회 추계학술대회가 2019년 11월 13~15일 3일간 서울 COEX에서 개최됩니다.

이번 학술대회에 심포지엄을 개최하고자 하시는 회원과 각 부회 및 세라믹관련 연구그룹, 사업단의 많은 참여를 바라며, 본 개최신청서를 작성하신 후 6월 14일(금요일)까지 학회 이메일로 송부해 주시기 바랍니다. 비회원님들의 신청도 환영합니다.

신청문의: 02-584-0185, ceramic@kcers.or.kr

심포지엄 명	(국문) (영문)
조직위원 정보	조직위원장: (이름/소속) 공동 조직위원: (이름/소속) 대표 연락처: (이메일/직장번호/핸드폰)
심포지엄 개요 (5-6 문장 내외)	
심포지엄 세부 분야 (개조식)	– – – –
예상 참가 발표 건수	초청 강연 발표 건수: 일반 구두 발표 건수: 포스터 발표 건수:
기타 고려 사항	예) 초청 강연으로만 구성, 해외 심포지엄과 연계, 좌석 수, 요청 날짜 등.

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

2019 SPRING Meeting of
The Korean Ceramic Society

2019
한국세라믹학회
춘계학술대회 및 총회

일시_ 4월 10일(수) ~ 12일(금)

장소_ 제주라마다프라자호텔

후원_ KOFST 한국과학기술단체총연합회 Jeju CVB Jeju Convention & Visitors Bureau | 사 | 제주컨벤션뷰로

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한국세라믹학회

"이 발표논문집은 정부재원(과학기술진흥기금 및 복권기금)으로 한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 발간되었음"

모시는 말씀

존경하는 한국세라믹학회 회원 여러분!

새봄을 맞이하여 회원 여러분의 건승을 기원합니다.

한국세라믹학회는 2019년 춘계학술대회 및 총회를 4월 10일(수)부터 12일(금)까지 제주시에 위치한 제주 라마다프라자 호텔에서 개최합니다. 그간 회원님들께서 연구하신 소중한 연구결과들을 발표하고, 활발한 토론을 통하여 여러분의 연구 성과가 우리나라 세라믹산업 발전에 이바지하는 기회가 되기를 바랍니다. 또한 금번 춘계 학술대회에 회원 여러분들의 적극적인 참여로 학술 교류와 친목이 어우러지는 축제의 한마당으로 만들어주시길 기원합니다.

이번 2019년 춘계 학술대회에서는 기존 심포지엄과 함께 4대 미래기술 특별 심포지엄을 마련하여 진행할 예정입니다. “스마트 분야”, “친환경 분야”, “바이오/메디컬 분야”, “ 엔지니어링 세라믹스 분야”의 세라믹 미래기술에 대하여 국내에서 선도적 연구를 수행하고 계시는 최고 전문가들을 모시기 때문에 우리나라 세라믹 미래기술 분야의 전망을 확인하고 예측할 수 있는 확실한 계기가 될 것입니다.

또한 본 학술대회에서는 백운규 교수님(한양대학교)과 Prof. Danilo Suvorov(Jozef Stefan Institute)을 모시고 기조 강연을 진행하며, 일반 세션 및 특별 심포지엄, 소규모 연구회 워크숍, 여성세라미스트 멘토링 워크숍을 포함하여 약 750편의 연구논문이 발표될 예정입니다.

여러 업무에 바쁘시겠지만 이번 제주도에서 열리는 2019년 한국세라믹학회 춘계학술대회에 참석하시어 학회의 위상을 빛내주시길 바라며, 많은 연구 성과와 정보를 교류하는 유익한 기회로 승화시켜 주시길 기원합니다. 저희 조직위원회에서는 본 행사 기간 동안에 회원 여러분께서 불편함 없이 뜻깊고 유익한 시간을 가지실 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

본 춘계학술대회의 성공적인 개최를 위하여 회원 여러분들의 많은 참여와 성원을 부탁드리며, 건강한 모습으로 제주도에서 만나 뵙기를 기원합니다.

2019년 한국세라믹학회 춘계학술대회 조직위원회 위원 일동

2019 한국세라믹학회 춘계 학술대회 조직위원회

2019년 4월 10일(수) ~ 12일(금) | 제주라마다프라자호텔

【 조직위원장 】

· 이종국(조선대)

【 학술프로그램위원장 】

· 권도균(항공대)

【 조직부위원장 】

· 송인혁(KIMS)
· 최지원(KIST)

【 조직위원회 】

· 고영학(고려대)
· 김일두(KAIST)
· 박종성(명지대)
· 송명신(강원대)
· 이규형(연세대)
· 이종흔(고려대)
· 임재홍(가천대)
· 최용규(항공대)
· 황해진(인하대)
· 김용남(KTL)
· 김진영(서울대)
· 배중면(KAIST)
· 안지환(KIGAM)
· 이선홍(KICET)
· 이희수(부산대)
· 장호원(서울대)
· 한병동(KIMS)
· 김윤석(성균관대)
· 류도형(서울과기대)
· 변윤기(포스코)
· 오민욱(한밭대)
· 이정헌(성균관대)
· 임원빈(한양대)
· 정성민(KICET)
· 황광택(KICET)

【 심포지엄 Organizer 】

세션구분	세션명	Organizer
일반세션		
G1	전자세라믹스	이종흔(고려대), 김윤석(성균관대)
G2	에너지환경 세라믹스	배중면(KAIST), 황해진(인하대)
G3	엔지니어링 세라믹스	류도형(서울과기대), 한병동(KIMS)
G4	나노융합 세라믹스	이규형(연세대), 임재홍(KIMS)
G5	바이오 세라믹스	이정헌(성균관대)
G6	유리 및 비정질 세라믹스	최용규(항공대)
G7	내화물 및 시멘트 세라믹스	송명신(강원대)
G8	전산재료과학 및 재료분석	오민욱(한밭대)
G9	생활 및 전통 세라믹스	황광택(KICET)
G10	에너지 변환 세라믹스	정성민(KICET)
G11	제12회 세라믹스 표준화 심포지엄	이희수(부산대), 김용남(KTL), 이선홍(KICET)
G12	탄소광물플래그십사업 심포지엄	안지환(KIGAM)
4대 미래기술 특별 심포지엄		
S1	스마트 미래기술	장호원(서울대), 임원빈(한양대)
S2	친환경 미래기술	김진영(서울대), 박종성(명지대)
S3	바이오/메디컬 미래기술	고영학(고려대), 김일두(KAIST)
S4	엔지니어링세라믹스 미래기술	류도형(서울과기대), 한병동(KIMS)
2019 한국세라믹학회 소규모연구회 오픈워크숍		
SW1	기능성산화물연구회 워크숍	양상모(숙명여대)
SW2	소재이미징연구회 워크숍	육종민(KAIST)
SW3	산학연 실용유전체연구회 워크숍	이순일(창원대)
SW4	인공지능(AI) 및 전산재료과학기술연구회 워크숍	오민욱(한밭대)
SW5	투명세라믹연구회 워크숍	박영조(KIMS)
SW6	4차산업혁명대응 바이오융합세라믹스연구회 워크숍	박대환(경남대)
SW7	세라믹소재기반 열재생기술연구회 워크숍	서민수(KIER)
SW8	Electric Field Assisted Sintering연구회 워크숍	한영환(우한공대), 황규홍(경상대)
SW9	Entrepreneurship연구회 워크숍	이승용(KIST)

목 차

일정표 4

초록 전문

- 구두 발표 99
- 포스터 발표 I (수) 159
- 포스터 발표 II (목) 213

발표자 리스트 269

좌장 리스트 285

일정표

2019년 4월 10일(수)

* 오후 2시 30분–4시 30분 진행됩니다.

	8F				2F						
수(4/10)	탐라홀	한라홀	오라홀	아라홀	볼룸2	볼룸3	볼룸4	우도	마라	추자	비양
13:00–13:30	G1 전자 세라믹스 Organizer 이종흔(고려대)	G1 전자 세라믹스 Organizer 김윤석(성균관대)	G2 에너지 환경 세라믹스 Organizer 배중면(KAIST) 황해진(인하대)	G2 에너지 환경 세라믹스 Organizer 배중면(KAIST) 황해진(인하대)	G3 엔지니어링 세라믹스 Organizer 류도형(서울과기대) 한병동(KIMS)	G6 유리 및 비정질 세라믹스 Organizer 최용규(한국항공대)	G7 내화물 Organizer 변윤기(포스코)	G4 나노융합 세라믹스 Organizer 이규형(연세대) 임재홍(가천대)	G5 바이오 세라믹스 Organizer 이정헌(성균관대)	*여성 세라미스트 멘토링 워크숍 Organizer 이종숙(전남대)	G12 탄소광물플래그십 사업 심포지엄 Organizer 안지환(KIGAM)
13:30–14:00											
14:00–14:30											
14:30–15:00											
15:00–15:30											
15:30–16:00											
16:00–16:30	포스터세션(2F, 8F 로비) – 포스터 집중 심사 시간: 16:30–17:30 –										
16:30–17:00											
17:00–17:30											
17:30–18:00	웰컴리셉션(볼룸1)										
18:00–19:00											

2019년 4월 11일(목)

	8F				2F						
목(4/11)	탐라홀	한라홀	오라홀	아라홀	볼룸2	볼룸3	볼룸4	우도	마라	추자	비양
08:00~	등록										
08:30–09:00			2019 한국세라믹학회 소규모연구회 오픈워크숍								
09:00–09:30			SW1 기능성산화물 Organizer 양상모(숙명여대)	SW2 소재이미징 Organizer 육종민(KAIST)	SW3 산학연 실용유전체 Organizer 이순일(창원대)	SW4 인공지능(AI) 및 전산재료과학기술 Organizer 오민욱(한밭대)	SW5 투명세라믹 Organizer 박영조(KIMS)	SW6 4차산업혁명대응 바이오융합 Organizer 박대환(경남대)	SW7 세라믹소재기반 열재생기술 Organizer 서민수(KIER)	SW8 Electric Field Assisted Sintering Organizer 한영환(우한공대)	SW9 Entrepreneurship in Ceramics Organizer 이승용(KIST)
09:30–10:00											
10:00–10:10	개회식(볼룸1)										
10:10–10:50	기조강연 I (볼룸 1)										
10:50–11:30	기조강연 II (볼룸 1)										
11:30–11:50	학술상 기념강연										
11:50–13:00	점심 (1F 식당: 탐모라+블랙스톤즈+만리향)										
13:00–13:30	4대 미래기술 특별 심포지엄 S1. 스마트 미래기술(Organizer: 장호원(서울대), 임원빈(한양대)): 2F 라마다볼룸1 S2. 친환경 미래기술(Organizer: 김진영(서울대), 박종성(명지대)): 2F 라마다볼룸2+3+4 S3. 바이오/메디컬 미래기술(Organizer: 고영학(고려대), 김일두(KAIST)): 8F 한라홀 S4. 엔지니어링세라믹스 미래기술(Organizer: 류도형(서울과기대), 한병동(KIMS)): 8F 탐라홀										
13:30–14:00											
14:00–14:30											
14:30–15:00											
15:00–15:30											
15:30–16:00											
16:00–16:30											
16:30–17:00	총회(탐라홀)										
17:00–17:30	포스터세션 (2F, 8F 로비) – 포스터 집중심사 시간: 17:00–18:00 –										
17:30–18:00											
18:10–19:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)										
19:00–20:00											

일정표

2019년 4월 12일(금)

** G10세션은 오후 2시–4시에도 진행 됩니다.

	8F				2F						
금(4/12)	탐라홀	한라홀	오라홀	아라홀	볼룸2	볼룸3	볼룸4	우도	마라	추자	비양
08:30–09:00	G1 전자 세라믹스 Organizer 이종흔(고려대) 김윤석(성균관대)	G1 전자 세라믹스 Organizer 이종흔(고려대) 김윤석(성균관대)	G2 에너지 환경 세라믹스 Organizer 배중면(KAIST) 황해진(인하대)	G4 나노 융합 세라믹스 Organizer 이규형(연세대) 임재홍(KIMS)	G3 엔지니어링 세라믹스 Organizer 류도형(서울과기대) 한병동(KIMS)	G6 유리 및 비정질 Organizer 최용규(한국항공대)	G11 제12회 세라믹스 표준화 심포지엄 Organizer 이희수(부산대) 김용남(KTL) 이선홍(KICET)	G5 바이오 세라믹스 Organizer 이정헌(성균관대)	G8 전산재료과학 및 재료분석 Organizer 오민욱(한밭대)	G7 시멘트 Organizer 송명신(강원대)	**G10 에너지변환 세라믹스 Organizer 정성민(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	폐회식 (볼룸1) – 시상 및 경품 추첨 –										
12:00–12:30											

일반세션 및 심포지엄 발표 일정

세션구분	세션명	Organizer	발표 번호	발표 일자	Room
G1	전자세라믹스	이종흔(고려대), 김윤석(성균관대)	G1-1~G1-6	4/10(수) 13:00-16:00	탐라홀(8층)
			G1-7~G1-14	4/10(수) 13:00-16:00	한라홀(8층)
			G1-15~G1-25	4/12(금) 08:30-11:30	탐라홀(8층)
			G1-26~G1-35	4/12(금) 08:30-11:30	한라홀(8층)
G2	에너지환경세라믹스	배중면(KAIST), 황해진(인하대)	G2-1~G2-12	4/10(수) 13:00-16:15	오라홀(8층)
			G2-13~G2-23	4/10(수) 13:00-16:00	아라홀(8층)
			G2-24~G2-31	4/12(금) 08:30-11:25	오라홀(8층)
G3	엔지니어링세라믹스	류도형(서울과기대), 한병동(KIMS)	G3-1~G3-13	4/10(수) 13:00-16:55	볼룸2(2층)
			G3-14~G3-26	4/12(금) 08:30-12:00	볼룸2(2층)
G4	나노융합세라믹스	이규형(연세대), 임재홍(가천대)	G4-1~G4-12	4/10(수) 13:00-16:15	우도(2층)
			G4-13~G4-18	4/12(금) 08:30-11:30	아라홀(8층)
G5	바이오 세라믹스	이정헌(성균관대)	G5-1~G5-15	4/10(수) 13:00-15:50	마라(2층)
			G5-16~G5-20	4/12(금) 09:00-11:25	우도(2층)
G6	유리 및 비정질 세라믹스	최용규(항공대)	G6-10, G6-1~G6-8	4/10(수) 13:45-16:00	볼룸3(2층)
			G6-9~G6-18	4/12(금) 08:45-11:15	볼룸3(2층)
G7	내화물 및 시멘트 세라믹스	변윤기(포스코)	G7-1~G7-11	4/10(수) 13:00-16:30	볼룸4(2층)
		송명신(강원대)	G7-12~G7-21	4/12(금) 08:30-11:45	추자(2층)
G8	전산재료과학 및 재료분석	오민욱(한밭대)	G8-1~G8-8	4/12(금) 08:45-11:45	마라(2층)
G10	에너지 변환 세라믹스	정성민(KICET)	G10-1~G10-9	4/12(금) 10:30-15:50	비양(2층)
G11	제12회 세라믹스 표준화 심포지엄	이희수(부산대), 김용남(KTL), 이선홍(KICET)	G11-1~G11-10	4/12(금) 08:35-11:45	볼룸4(2층)
G12	탄소광물플래그십사업 심포지엄	안지환(KIGAM)	G12-1~G12-12	4/10(수) 13:00-16:00	비양(2층)
S1	4대 미래기술 특별 심포지엄: 스마트 미래기술	장호원(서울대), 임원빈(한양대)	S1-1~S1-6	4/11(목) 13:00-16:25	볼룸1(2층)
S2	4대 미래기술 특별 심포지엄: 친환경 미래기술	김진영(서울대), 박종성(명지대)	S2-1~S2-7	4/11(목) 13:00-16:20	볼룸2+3+4(2층)
S3	4대 미래기술 특별 심포지엄: 바이오/메디컬 미래기술	고영학(고려대), 김일두(KAIST)	S3-1~S3-7	4/11(목) 13:00-16:30	한라홀(8층)
S4	4대 미래기술 특별 심포지엄: 엔지니어링 세라믹스 미래기술	류도형(서울과기대), 한병동(KIMS)	S4-1~S4-7	4/11(목) 13:00-16:30	탐라홀(8층)
SW1	기능성산화물연구회 워크숍	양상모(숙명여대)	SW1-1~SW1-2	4/11(목) 08:40-09:40	오라홀(8층)
SW2	소재이미징연구회 워크숍	육종민(KAIST)	SW2-1~SW2-2	4/11(목) 08:40-09:40	아라홀(8층)
SW3	산학연 실용유전체연구회 워크숍	이순일(창원대)	SW3-1~SW3-3	4/11(목) 08:30-09:40	볼룸2(2층)
SW4	인공지능(AI) 및 전산재료과학기술연구회 워크숍	오민욱(한밭대)	SW4-1~SW4-3	4/11(목) 08:30-10:00	볼룸3(2층)
SW5	투명세라믹연구회 워크숍	박영조(KIMS)	SW5-1~SW5-3	4/11(목) 08:30-10:00	볼룸4(2층)
SW6	4차산업혁명대응 바이오융합세라믹스연구회 워크숍	박대환(경남대)	SW6-1~SW6-5	4/11(목) 08:30-10:00	우도(2층)
SW7	세라믹소재기반 열재생기술연구회 워크숍	서민수(KIER)	SW7-1~SW7-3	4/11(목) 08:30-10:00	마라(2층)
SW8	Electric Field Assisted Sintering연구회 워크숍	황규홍(경상대)	SW8-1~SW8-6	4/11(목) 08:30-10:00	추자(2층)
SW9	Entrepreneurship연구회 워크숍	이승용(KIST)	SW9-1~SW9-2	4/11(목) 09:00-10:00	비양(2층)

Plenary Lecture I

4월 11일(목) 10:10 – 10:50, 라마다볼룸 1(2층)



우리 산업의 도전과 과제

백운규 교수

한양대학교 에너지공학과
前산업통상자원부 장관

산업의 패러다임은 18세기 '기계화', 19세기 '대량생산', 20세기 '자동화'로 변천하면서, 인류의 삶과 문화에 막대한 영향을 끼쳐왔다. 이제 21세기의 우리는 'A ICBM (AI, IoT, Clouding, Big data, Mobile)' 기반의 '초연결' 혹은 '지능화' 시대를 맞이하고 있다. 4차 산업혁명의 핵심요소인 상기 기술들은 우리 사회를 빠르게 변화시키며, 전 세계 산업 트렌드의 변화를 주도하고 있다. 이와 같은 시대적 흐름에서 우리는 신산업을 발굴함과 동시에 기존 주력산업의 활력을 되찾기 위한 선도적 돌파구를 마련해야 하는 시기에 놓여있다. 본 강연에서는 5개의 미래 신산업 (미래차, 에너지, IoT가전, 바이오, 반도체)의 혁신성장 및 이를 실현하기 위한 방안에 대해 논의하고, 국내 5대 주력 제조산업 (철강, 조선, 석유화학, 기계로봇, 섬유)의 활력 제고 및 부흥방안을 모색하고자 한다. 또한, 전 세계 산업의 경계가 허물어지고 글로벌화가 진행됨과 동시에 자국의 산업을 보호하고자 하는 첨예한 통상 갈등, 미 · 중 무역전쟁과 같이 심화되는 강대국들의 보호 무역주의 속에서 앞으로 우리 산업이 나아가야 할 도전적 과제와 방향을 제시하고자 한다.

Plenary Lecture II

4월 11일(목) 10:50 - 11:30 , 라마다볼룸 1(2층)



Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition

Prof. Danilo Suvorov

Professor of Materials Science, Jozef Stefan Institute
Former President of the European Ceramic Society

Epitaxial integration of transition metal oxides with semiconductors offers various phenomena for novel device applications, specifically bringing ferroelectric, ferromagnetic, electro-optic, photocatalytic, multiferroic, piezoelectric and other properties to the well-established silicon platform. A convenient way of integrating functional oxides with Si(001) substrate is through a $SrTiO_3$ (STO) intermediate layer, which can be fabricated on Si(001) in epitaxial form and with high crystallinity using mainly molecular beam epitaxy (MBE) and atomic-layer deposition (ALD) methods. However, slow deposition processes and difficult stoichiometry control make these methods inappropriate from an industrial point of view.

The epitaxial growth of functional oxides on silicon substrates requires atomically defined surfaces, which are most effectively prepared using SrO- or Sr-induced deoxidation and passivation. As-prepared surfaces enable overgrowth with various oxides for novel device applications. In our work pulsed laser deposition (PLD) was used to integrate oxides with silicon. We showed the ability to prepare highly-ordered sub-monolayer SrO- and Sr-based surface structures, including two-domain (2×3)+(3×2) pattern at 1/6 ML Sr coverage as determined by the reflection high-energy electron diffraction (RHEED) technique. On the passivated silicon surface epitaxial layers of STO was grown by the method of kinetically controlled sequential deposition, with out-of plane relationship of STO(001) || Si(001) and in-plane relationship of STO[110] || Si[100]. Detailed study of initial deposition parameters in terms of background gas pressure, deposition temperature, fluence, and oxidation proved to be extremely important in achieving epitaxial relation of STO with the underlying substrate. On as-prepared pseudo-substrate $Pb[Mg_{1/3}Nb_{2/3}]O_3$-$PbTiO_3$ (PMN-PT) films were gown for applications in microelectromechanical systems, due to its high values of longitudinal piezoelectric coefficients and electromechanical coupling. In this presentation growth peculiarities of PMN-PT thin films, including the effect of lead surplus and bottom electrode will also be outlined.

학술상 기념강연

4월 11일(목) 11:30-11:50, 라마다볼룸 1(2층)



Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area

박형호 교수

연세대

Nanoporous materials such as mesoporous materials and aerogel materials are promising due to their excellent properties such as high specific surface area, low thermal conductivity, low density, and high porosity, so they are known as eminent candidate for future material technology. Mesoporous materials have a structure containing nano-sized pores of 2~50 nm. Their pore size, pore distribution (regular/irregular, open/close), and pore shape can be controlled during sol-gel procedure using evaporation induced self-assembly by varying the surfactant molar ratio. The existence of pores in the material grants distinctive properties, for example, a decreased thermal conductivity from increasing phonon scattering. Therefore, the mesoporous ceramic materials can be effectively used in thermal applications such as thermal insulators, thermoelectrics, and so on. Aerogels have extremely high porosity and are prepared through sol-gel and solvent evaporation without a deformation of internal pore structure. Especially silica aerogels are attracting attention due to certain outstanding properties such as low bulk density, low thermal conductivity, high surface area, high porosity, high transparency and so on. But the silica-based aerogels are brittle in nature, which constrains their large scale-application. It is necessary to achieve transparency and flexibility of silica-based aerogels at the same time and with the same porous structure for optical field applications. Therefore, this presentation also focuses on the complementary enhancement of mechanical characteristics of silica aerogels using functional and mechanically strong organic materials to form inorganic-organic composite aerogels such as silica-polyHIPE (polymerization by high internal phase emulsion) composite aerogel with strong chemical bond between silica and polyHIPE.

Keynote Lecture : 스마트미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 1(2층)

S1-1 [볼룸1(2층), 4월 11일(목), 13:00–13:35]



산화물 반도체 가스센서와 4차 산업혁명

이종흔 교수

고려대

Oxide semiconductor chemiresistors have been widely used to detect harmful, explosive, and toxic gases and their applications are rapidly expanding to air quality monitoring, evaluation of food/fish freshness, and medical diagnosis with the progress of the 4th industrial revolution. Because most of target analyte gases consist of multiple chemical quantities, artificial olfaction is often required for discriminative gas detection. An array of sensors to show different gas sensing patterns to various chemical quantities as well as machine learning algorithm are essential to mimic or overcome human olfaction. Although oxide semiconductor chemiresistors are advantageous for integration into a tiny sensor array with low power consumption, their gas sensing libraries are still insufficient to cover a wide range of different single/complex chemicals and to realize a variety of new applications in the near future. In this talk, several new strategies to design highly sensitive, selective, and discriminative oxide semiconductor gas sensors will be suggested and their impacts on the evolution of chemical sensing will be discussed in relation to the 4th industrial revolution.

Keynote Lecture : 스마트미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 1(2층)

S1–2 [볼룸1(2층), 4월 11일(목), 13:35–14:10]



다강체 결합현상을 이용한 에너지 변환 기술

류정호 교수

영남대

The deployment of wireless sensor networks (WSNs) for the internet of things (IoT) and remote monitoring devices has made tremendous progress in the last few years. At the same time, energy harvesters are also being developed to satisfy the power requirement of WSNs and other low power consumption electronics, to increase the device operating time and overcome the limitations of conventional electric power supplies, including batteries. Among various resources for energy transduction devices such as energy harvesters, the stray magnetic noise produced by power transmission infrastructures and associated mechanical vibrations are ubiquitous energy sources that could be converted into electricity by high efficiency energy conversion materials or devices. Electro–magnetic energy transduction systems that operate on the principle of Faraday"s induction law can provide sufficient power from strong magnetic fields. However, under weak magnetic fields with low frequency such as 50/60 Hz, the power generated from an electromagnetic device is disappointingly small. Alternative energy transduction technologies with high power density and small device volume/dimensions are obviously necessary for WSNs of IoT. In this presentation, the current status and prospects of an emerging magnetic energy transduction technology, the so–called magneto–mechano–electric (MME) generators, are reviewed. MME generators utilize the magnetoelectric (ME) coupling in composites of piezoelectric and magnetostrictive materials and interaction between the proof magnet mass and magnetic field. Since the piezoelectric phase in the composite also responds to mechanical vibration directly, an ME–based energy harvester can harness energy from both mechanical vibrations and magnetic fields simultaneously. This combination is expected to enhance the total power output and conversion efficiency. The MME generator can be a ubiquitous power source for WSNs, low power electronic devices, and wireless charging systems by transducing energy from the tiny magnetic fields present as parasitic magnetic noise in an ambient environment.

Keynote Lecture : 스마트미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 1(2층)

S1-3 [볼룸1(2층), 4월 11일(목), 14:10-14:45]



고출력 백색 LED/LD을 위한 발광체 개발

임원빈 교수

한양대

Phosphor-converted white light-emitting diodes (pc-WLEDs) and laser diodes (pc-LDs) are the efficient light source that has multifarious applications in lighting, high-tech displays, electronic devices, and headlight application. One of the biggest challenge of them is the thermal quenching (TQ), in which phosphor suffers from emission loss with increasing temperature during high-power LED/LD operation and is an inevitable drawback for any existing phosphor. Here, we present robust and none-TQ WLEDs/LDs using various strategies to overcome the TQ and efficiency decrease by means of (1) phosphor-plate with high thermal conductivity by graphene-wrapping, (2) by rotation-wheel using phosphor-plate, and (3) a zero-thermal-quenching phosphor. In particular, for the first time, a new blue-emitting phosphor that doesn't exhibit TQ revealing zero-emission loss even up to 250°C. This phenomena of a zero-thermal quenching, denoted as self-healing phosphor, portrays the ability of phosphor in resurrecting the emission loss and sustaining the luminescence with increasing temperature. This finding would initiate the exploration of many self-healing phosphors with zero-thermal quenching for high-power LED/LD applications.

Keynote Lecture : 스마트미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 1(2층)

S1-4 [볼룸1(2층), 4월 11일(목), 15:00-15:35]



산화물 반도체 기반 광시냅스 소자 기술

김영훈 교수

성균관대

In the last decade, oxide semiconductor based electronics have gained a considerable interest in various research areas such as display backplanes, flexible electronics, and stretchable electronics. The oxide semiconductors exhibit relatively high carrier mobility and good operational stability. Also, low-temperature processing and large-area scalability are possible by using conventional manufacturing technology such as sputtering or direct printing. Particularly, in recent, a significant number of researches have been devoted to realize emerging electronics including opto-electronic and neuromorphic devices. In addition, the metal-oxide semiconductors can be hybridized with various nano-materials like graphene nanosheets, reduced graphene oxides, and quantum dots to alter their inherent physical nature and to obtain new functionalities. Here, we introduce our progress on the fabrication of solution-processed oxide materials and their utilization in neuromorphic systems. Specifically, synaptic devices which can be operated by optical stimulus, or so-called, photonic neuromorphic devices were fabricated by using indium-gallium-zinc oxide and important synaptic functions such as short-term memory, long-term memory, and neural facilitation were emulated. Moreover, a new type of photonic neuromorphic device is demonstrated which has the crossbar structure. We discuss the operation mechanism and the emulation of various synaptic functions.

Invited Lecture : 스마트미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 1(2층)

S1–5 [볼룸1(2층), 4월 11일(목), 15:35–16:00]

메모리 및 에너지 소자용 플루오라이트 구조 강유전체 및 반강유전체

박민혁 교수

부산대

2011년 독일의 NaMLab과 Fraunhofer 연구소에서 처음 실리콘 도핑된 산화하프늄 박막에서 나타나는 강유전성을 보고한 이후 플루오라이트 구조 기반의 강유전체 및 반강유전체에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.[1,2] 플루오라이트 구조 강유전체는 기존 강유전체에 비해서 메모리 소자의 집적화의 부분에서 훨씬 유리한 특성을 가지며 실리콘이나 CMOS 응용에 적합한 특징으로 유망한 차세대 물질로 많은 관심을 끌고 있다.[2] 또한, 플루오라이트 강유전체의 경우에는 에너지 저장/하베스팅, 고체상태 냉각등의 응용에 유망할 수 있다는 결과가 보고되어 많은 관심을 끌고 있다.[2–4] 또한, 박막의 조성과 두께를 제어함으로써 강유전체와 반강유전체 결정상의 Morphotrophic Phase Boundary (MPB)를 이용하면, 두 결정상과 차별화된 물성을 얻을 수 있다는 결과도 최근 보고되었다.[5] 적당한 조성 제어를 통해서 메모리 및 에너지 소자에 응용할 수 있는 특성을 보이는 점 때문에 플루오라이트 구조 산화물은 IoT 분야 응용에 유망항 물질로 여겨진다. 본 발표에서는 플루오라이트 구조 기반 강유전체, 반강유전체의 IoT 분야 응용을 위한 기초적 물성에 대한 연구 결과들에 대해서 발표하고자 한다.

Invited Lecture : 스마트미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 - 16:30, 라마다볼룸 1(2층)

S1-6 [볼룸1(2층), 4월 11일(목), 16:00-16:25]

Hybrid Memristor-based Computing Technology for Edge Application

김경민 교수

KAIST

Analog memristors enable compact neuromorphic computing with low power consumption. One of the issues in the technology is slow speed for precise analog data programming. In this presentation, a novel analog data programming method is proposed utilizing an in-memory logic technique. The method can transfer any resistance values from reference resistors to the target memristor accurately inside a crossbar array by performing an appropriate voltage clocking. We propose an ideal memristor model based on the method and evaluated a Ti-doped NbO_x charge trap memristor as a promising candidate for application. The characteristic error of the Ti-doped NbO_x memristor device was about 5 % on average, compared to the ideal memristor, and configuring optimum parallel resistors in the circuit further improved this to 2.95 %. We then applied the method to program a memristive neural network and confirmed this error was negligible, and thus, the proposed method is viable. Such hybirid computing technology allows low power and low cost device suitable for edge applications in the IoT era.

Keynote Lecture : 친환경미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 2+3+4(2층)

S2-1 [볼룸2+3+4(2층), 4월 11일(목), 13:00-13:30]



Li Excess Transition Metal Oxides for Lithium Ion Batteries

강기석 교수

서울대

Lithium-rich layered oxides (LLOs) are considered promising cathode materials for lithium-ion batteries because of their high reversible capacity, which is attributed to the exploitation of the novel anionic redox in addition to the conventional cationic redox process. Cobalt-free layered lithium-rich nickel manganese oxides, $Li[Li_xNi_yMn_{1-x-y}]O_2$, are one of the promising positive electrode materials for lithium rechargeable batteries because of their high energy density and low materials cost. However, substantial voltage decay is inevitable upon electrochemical cycling, which makes this class of materials less practical. It has been proposed that undesirable voltage decay is linked to irreversible structural rearrangement involving irreversible oxygen loss and cation migration. In the first part of my talk, we demonstrate that the voltage decay of the electrode is correlated to Mn^{4+}/Mn^{3+} redox activation and subsequent cation disordering, which can be remarkably suppressed via simple compositional tuning to induce the formation of Ni^{3+} in the pristine material. By implementing our new strategy, the Mn^{4+}/Mn^{3+} reduction is subdued by an alternative redox reaction involving the use of pristine Ni^{3+} as a redox buffer, which has been designed to be widened from Ni^{3+}/Ni^{4+} to Ni^{2+}/Ni^{4+}, without compensation for the capacity in principle. Negligible change in the voltage profile of modified LLNMO is observed upon extended cycling, and manganese migration into the lithium layer is significantly suppressed.

In the second part of the talk, I will discuss about transition metal (TM) migration, which is now understood to be the critical factor triggering the anionic redox as well as the phase transition, although the origin is still under debate. A better understanding of the specific TM migration behavior and its effect during charge/discharge would thus enable further development of this class of materials. I will show that the unique TM migration during charge/discharge significantly alters the lithium diffusion mechanism/kinetics of LLO cathodes. I present clear evidence of the much more sluggish lithium diffusion occurring during discharge (lithiation) than during charge (de-lithiation), which contrasts with the traditional lithium diffusion model based on simple topotactic lithium intercalation/deintercalation in the layered framework. The reversible but asymmetric TM migration in the structure, which originates from the non-equivalent local environments around the TM during the charge and discharge processes, is shown to affect the lithium mobility. This correlation between TM migration and lithium mobility led us to propose a new lithium diffusion model for layered structures and suggests the importance of considering TM migration in designing new LLO cathode materials.

Keynote Lecture : 친환경미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 2+3+4(2층)

S2–2 [볼룸2+3+4(2층), 4월 11일(목), 13:30–14:00]



Halide Perovskite Solar Cells: Current Status and Beyond

석상일 교수

UNIST

Oxide perovskite materials occupy a very important position in the functional materials, which exhibit many excellent properties including ferroelectricity piezoelectric, thermoelectric, antiferromagnetic, giant magnetoresistance, insulation, semiconductor, conduction, and even superconductivity. Similarly, recently, halide perovskite has shown excellent properties in solar cells and is emerging as a promising material in various applications. They are represented by the general formula ABX_3 and have the same crystal structure as calcium titanate ($CaTiO_3$), where A and B sites accept inorganic cations of various valency and ionic radius, and X site accommodates anions (halogen or oxygen). In particular, halide perovskites exhibit beneficial properties for high–performance photovoltaic systems such as a suitable band gap (1.5 – 1.4 eV), high absorption coefficient (10^4 – 10^5 cm^{-1}), low exciton binding energy (〈 50 meV), and long charge–carrier diffusion length (~175 μm). This excellent property allows the efficiency of perovskite solar cells to reach a level comparable to the efficiency of silicon solar cells studied over a long period of time. In this presentation, I will talk about evolution of perovskite solar cells, based on our results.

Invited Lecture : 친환경미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 - 16:30, 라마다볼룸 2+3+4(2층)

S2-3 [볼룸2+3+4(2층), 4월 11일(목), 14:00-14:20]

Stretchable Hetero-nanostructures for Wearable Energy Storage Devices

박상백 박사

KIST

Stretchable energy storage devices that can accommodate large strain while retaining their electrochemical functions are the key components to power elastomeric electronics and make them truly autonomous systems. Many efforts have been made to improve the electrochemical energy performance using various morphologies of nanomaterials as the electrodes. However, a single-component electrode material can hardly obtain the characteristics of high electronic/ionic conductivity, high electrochemical and mechanical stability, simultaneously. Therefore, designing well-arranged hetero-nanostructures that overcome the limitations of different electrochemically active materials and combine the advantages of them is of great significance and still remains a challenge. Herein, we extend hetero-nanostructure strategy to the emerging battery technologies for wearables. It contributes to the development of advanced electrodes, enabling wearable batteries to be high performance as well as multifunctional - transparent, electrochromic, integrated, or self-healing. Therefore, ongoing efforts to explore novel hetero-nanostructures will achieve a breakthrough in soft energy storage system..

Invited Lecture : 친환경미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 2+3+4(2층)

S2-4 [볼룸2+3+4(2층), 4월 11일(목), 14:20-14:40]

Complete Pb Recovery and Recycling from Perovskite Solar Cells Using Calcium Phosphate Nanomaterials

김동회 교수

세종대

Over the past 5 years, a significant amount of progress in perovskite solar cell field has been accomplished including high-performance, stability and large-area modules. Nevertheless, since Pb is an essential element in PSCs, environment, health, and safety (EHS) effects of materials and processes could be major concerns for PSC commercialization. Restriction of Hazardous Substances Directive (RoHS) considers that the treatment of Pb-contained nonaqueous solution waste occurred during manufacturing and the continuous exposure of Pb from waste or in the device could potentially cause long-term risks even at the low Pb levels as in the manufacturing process or device. CdTe solar cells have been commercialized, despite the presence of the hazardous element Cd, which is considered as an existing exemption-example of RoHS directive. There, Cd is controlled through a meticulous management and recycling program from production to disposal of CdTe thin-film solar cells. Thus, the development of a Pb removal/separation and recycling technology for Pb-containing nonaqueous polar aprotic solvent waste would address the EHS issues and would open the path to mass-production of PSCs.

Although there have been several approaches to remove Pb from aqueous solution, such as chemical precipitation, membrane filtration, and adsorption using adsorbent particles. Because of precise Pb removal below ppm level, efficient, fast kinetics, the adsorption approach has been considered as one of the best methods to remove Pb ion from aqueous solvent. There are various adsorbent candidates with these required properties, e.g., TiO_2, Fe_2O_3, carbon derivatives, and hydroxyapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, HAP). Among these adsorbents, HAP has an advantage over its competitors like easily controllable particle size and shape, malleable surface charge by dopant, bio- and environmental-friendly and cost-effective earth-abundant components, and regenerative properties for better adsorbent. Moreover, controllable solubility and surface charge of HAP depending on pH makes possible to recycle Pb elements. The simple precipitation of PbI_2 which is the main chemical for perovskite and has a very low solubility in water makes this recycling process feasible.

Here, we report a sustainable Pb management process from the removal/separation of Pb in Pb-containing nonaqueous solvent for recycling of Pb raw materials as PbI_2. The key to this process is the design of Metal-decorated HAP hollow composite (HAP/Metal), which serves two critical functions: (1) assigning magnetism for easy separation of Pb-adsorbed HAP/Metal composite from solvent, and (2) modifying surface charge to enhance Pb adsorption capability. We completed removing Pb from aprotic polar solvents below 15 ppb satisfying the standard from the United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA).

Keynote Lecture : 친환경미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 2+3+4(2층)

S2–5 [볼룸2+3+4(2층), 4월 11일(목), 15:00–15:30]



Advanced Solid Oxide Cell for Power Generation and Storage

이종호 박사

KIST

KIST has carried out wide range of research and development in high–temperature solid oxide cells for energy conversion and storage applications including fuel cells and electrolysis. The ultimate goal of fuel cell research is to develop the high–performance, low–cost, modular, and fuel–flexible solid oxide fuel cells (SOFC) suitable for various power generation applications. We successfully demonstrated 1 kW–class stacks operating at 650°C using CH_4 fuel based on conventional ceramic powder processing technologies. To further reduce the operating temperature without sacrificing the performance, application of thin film technologies such as pulsed laser deposition (PLD) and chemical solution deposition (CSD) are investigated. For energy storage, high–temperature solid oxide electrolysis cells (SOEC), which offer inherent advantages in thermodynamics and kinetics over the low–temperature conventional electrolysis, are being actively investigated for steam electrolysis, with a special focus on the long–term stability. The presentation will discuss the up–to–date progress of related research activities at KIST

Keynote Lecture : 친환경미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 라마다볼룸 2+3+4(2층)

S2–6 [볼룸2+3+4(2층), 4월 11일(목), 15:30–16:00]



Sustainable Power Generation from Multifunctional Piezoelectric and Triboelectric Nanogenerators

김상우 교수

성균관대

Energy harvesting systems based on piezoelectric and triboelectric nanomaterials are in great demand, as they can provide routes for the development of self–powered devices which are highly flexible, stretchable, mechanically durable, and can be used in a wide range of applications. Our recent research interest mainly focuses on the fabrication of piezoelectric and triboelectric power generators based on various kinds of nanomaterials. Flexible generators exhibit good performances and are easy to integrate which make it the perfect candidate for many applications, and therefore crucial to develop. In this presentation, I firstly introduce the fundamentals and possible device applications of triboelectric power generators, including their basic operation modes. Then the different improvement parameters will be discussed. As main topics, I will present a couple of recent achievements regarding highly stretchable piezoelectric–pyroelectric hybrid nanogenerators (NGs), transparent flexible graphene triboelectric NGs (TENGs), textile–based wearable TENGs, etc. The recent research and design efforts for enhancing power generation performance of generators to realize self powering of portable and wearable sensors and electronics will also be discussed in this talk.

Invited Lecture : 친환경미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 - 16:30, 라마다볼룸 2+3+4(2층)

S2-7 [볼룸2+3+4(2층), 4월 11일(목), 16:00-16:20]

Synergistic Interface of Copper-Ceria for C-C Coupling Reactions in Electrocatalytic CO_2 Reduction

이찬우 교수

국민대

The electrochemical conversion of CO_2 into high-value C_{2+} chemicals using a renewable energy is a promising strategy for realizing carbon-neutral cycles, while high energetic barrier of C-C coupling reactions limits the product selectivity. Here, we propose that the close coupling of Cu with ceria at the nanometer level creates the synergistic interface for selective C-C coupling, and the Cu/ceria catalyst is demonstrated to achieve the selectivity values of 81.2% and 71.6% for the CO_2 reduction reaction and C_{2+} production, respectively. The relative amount of Cu to Ce controls the density of the interfaces and Cu-Cu diatom sites, thus determining the selectivity of C_{2+} chemicals. The synergistic interface is proposed to weaken the hydrogen binding energy by the modification of electronic structure as well as strengthen C-C bond of the OCCO intermediate by the binding mode change, significantly lowering the reaction energy of the C-C coupling step with a broken scaling relation. This work offers new insights into the role of the metal-oxide interface in the electrochemical reduction of CO_2 to high-value chemicals.

Keynote Lecture : 바이오/메디컬 미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 한라홀(8층)

S3-1 [한라홀(8층), 4월 11일(목), 13:00-13:30]



Multi-dimensional Nanobuilding Blocks for Selective Molecule Detection

김일두 교수

KAIST

초고감도 가스센서 성능을 구현하기 위해서는 다공성 나노구조체의 합성 및 촉매 기능화가 중요하다. 본 초청강연에서는 1차원, 2차원의 소재로 부터 3차원의 다공성 나노구조 building blocks을 조립하는 다양한 기술들에 대해 소개하고, 휘발성 유기화합물 가스들을 선택적으로 검출하는 방법에 대해 소개하고자 한다. 특히 전기방사공정을 이용한 나노섬유 구조와 금속유기 구조체 (Metal Organic Framework)를 template 으로 활용한 다공성 반도체 세라믹 소재를 이용하여 초고감도 가스센서 성능을 구현하는 전략에 대해 토론하고자 한다.

Keynote Lecture : 바이오/메디컬 미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 한라홀(8층)

S3–2 [한라홀(8층), 4월 11일(목), 13:30–14:00]



Virus: The Next–Generation Material

오진우 교수

부산대

Evolution by natural selection from the ancient past creates numerous nanomaterials, of which only the best is selected and propagated in generations of proteins and genes. Proteins and genes coordinate the spatial and temporal control of the synthesis of organic and inorganic nanomaterials, and generally form a hierarchical structure with specific functions. Moreover, further modification of the structure to manipulation capability was a key component of evolutionary pressure by natural selection. However, most of the nanostructures in nature are stereostructured and poorly formed, sometimes arranged at low levels, making it difficult to imitate very accurately. Our M13 bacteriophage–based self–assembly approach can be good candidate to overcome those obstacles. M13 bacteriophages are very beneficial for self–assembly. M13 bacteriophage can be mass–replicated with a specific E. coli as a host, so that an almost perfectly uniform monomer can be mass–produced easily and inexpensively. In addition, it is possible to express various chemical functional groups on the surface protein of M13 bacteriophage through genetic engineering technology. Due to above–mentioned advantages of the M13 bacteriophage, we are conducting research on application to various sensors, full color pixels and piezoelectric nanogenerators.[1]

Topic 1: In nature, it is possible to observe many organisms with various structural colors which are represented by regular nanostructures on the surface. M13 bacteriophage–based color film developed through self–assembly inspired by changes in skin color of turkeys changed by external stimuli. When an external chemical penetrates into the color film, the M13 bacteriophage nanostructure expands. As a result, the wavelength of the reflected visible light region is red–shifted. On the other hand, if the molecules that have penetrated into the M13 bacteriophage bundle evaporate, the wavelength of the reflected visible light region is blue–shifted as the distance between the nanostructures becomes narrower. With this principle, it is possible to fabricate a sensitive and high selectivity sensor through M13 bacteriophage expressing a peptide capable of specifically binding to a specific molecule. Topic 2: The basic principle of various colors existing in the natural world is largely divided into a method of absorbing a specific wavelength through a pigment, and a method of reflecting a light corresponding to a size or an interval of a protein or collagen structure on a surface. Morpho didius, a kind of butterfly inhabited in Peru, produces colorful blue using both color and structure color principles. In this study, we have fabricated color pixels by simple method which is mimicking both the pigment layer and the three–dimensional optical structure of Morpho didius. Topic 3: The M13 bacteriophage is a long fiber–like virus with a length of 880 nm and a width of 6.6 nm, consisting of 2,700 pairs of surface proteins and 5 pairs of proteins at both ends. Surface proteins have a dipole and produce a permanent polarization in the axial direction. We succeeded in developing a piezoelectric device with improved piezoelectric efficiency by using vertical orientation technology and genetic engineering technology of M13 bacteriophage.

Invited Lecture : 바이오/메디컬 미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 - 16:30, 한라홀(8층)

S3-3 [한라홀(8층), 4월 11일(목), 14:00-14:25]

Tactile Sensing Electronic-Skin for Wearable Health Monitoring and Robotic Applications

스티브박 교수

KAIST

Herein we propose the use of microporous structures to fabricate 1) highly sensitive, large dynamic range pressure sensors with low hysteresis and 2) strain sensors with no-response to applied pressure. Together, these devices can be used to differentiate between various tactile inputs with high degree of accuracy for vital sign monitoring, and human motion detection. To fabricate the pressure sensors, we present a novel droplet-based microfluidic assisted emulsion technique to generate 3-dimensional microporous structure. Our technique can generate uniformly sized pores assembled in an orderly close-packed manner over a large area, resulting in high spatial uniformity. The size of the pores can easily be tuned, though which the sensitivity and dynamic range can be controlled. To fabricate the pressure insensitive strain sensor, we use microporous structure composed of multi-walled carbon nanotube encapsulated within polydimethylsiloxane matrix. Herein, we utilize the difference in structural change upon the application of compressive and tensile strain. Our pressure and strain sensors can easily be coated onto irregularly shaped 3-dimensional objects, and can be used to differentiate between shear stress and normal pressure.

Invited Lecture : 바이오/메디컬 미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 한라홀(8층)

S3–4 [한라홀(8층), 4월 11일(목), 14:25–14:50]

Bioactive Ceramic Nanoparticles for Tissue Regeneration

이정환 교수

단국대

Ceramic biomaterials in nanoscale regime often show unexpected capacity in tissue healing and disease curing. Cells sense the nanotopological substrates to enable adhesive process, and to adopt preferential elongation and migration; also, cellular differentiation into mature cells like osteoblasts and myoblasts is highly dynamic under

the nanotopological cues. Design of therapeutic molecules has emerged a promising tool to provide biomimetic matrix cues to cells and tissues; at the same time, delivery of the molecules through nanocarriers is an exciting area to enable targeted functions like anti–inflammation, angiogenesis, and osteogenesis. This talk covers the current cutting–edge approaches on nano–biomaterials developed to provide therapeutically relevant cues to repair and regenerate dental tissues.

Keynote Lecture : 바이오/메디컬 미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 한라홀(8층)

S3–5 [한라홀(8층), 4월 11일(목), 15:00–15:30]



세라믹 골대체재 산업화 20년

유현승 대표

CG Bio

1995년 인공뼈는 교과서에서나 볼 수 있었던 용어였다. 서울의대 정형외과에 co-work을 통해 하이드록시 아파타이트 원료 합성부터 다공성 인공뼈 개발까지 연구를 진행하였다. 기공구조와 기공크기와 같은 물리적 구조와 인산칼슘 화합물 구성성분에 따른 골전도성의 차이를 규명하였다. 그러나 기존 인산칼슘 화합물은 기계적 강도가 현저히 낮기 때문에 응력이 가해지지 않는 골결손부위에 Bone void fiiler로서만 사용될 수 밖에 없다. 따라서 좀더 용도를 넓히기 위해서는 뼈와 잘 결합하면서 기계적 강도, 특히 파괴인성을 크게 개선한 신소재 개발이 필요하였다. 이를 해결하기 위해 Osteoactive glass- ceramics 소재개발에 착수하였고 마침내 하이드록시아파타이트보다 세포의 활성을 자극하고 뼈가 더 잘 결합하며 파괴인성도 3배 이상 높아진 BGS-7 소재 개발에 성공하였다. 이 소재를 활용하여 척추 추간판 유합 보형재 용도로 제품 개발에 나섰고 허가용 인체임상시험을 통해 “Novomax” 제품이 품목허가를 획득하여 출시되었다. 갈수록 인간의 수명은 증가하고 노령화에 따른 퇴행성 척추 질환의 증가는 좀더 강력한 성능의 인공뼈를 요구하게 되었으며 단순히 scaffold의 역할보다는 적극적인 Osteoinduction의 효능을 필요로 하였다. 이에 따라 대표적인 골형성 단백질인 Bone morphogenetic protein-2를 연구하였고 좀더 생산성을 높여 가격적인 부담을 낮추기 위해 대장균 유래 rhBMP-2 생산 기술 개발에 착수하였다. 그 결과 세계 최초 대장균 유래 rhBMP-2을 함유한 인공뼈인 “Novosis”를 치과용도로는 2013년에 품목허가를 획득하고 정형외과용도로는 2016년도에 품목허가를 획득하였다. 세라믹 인공뼈는 다른 세라믹 분야처럼 일본이 가장 앞서 있었으나 한국인의 집요한 도전과 적극적인 세계화로 대한민국 기술이 추월하게 되었고 전세계에 세라믹 인공뼈의 대중화를 가져올 수 있을 것으로 생각한다. 좀더 세라미스트들의 의약바이오분야에 도전할 필요가 있다. 금속과 고분자 재료는 생체친화성에는 한계가 있다. 생체 세라믹을 기반으로 생리활성 물질의 융합화와 금속, 고분자와의 복합화를 통해 단일 재료로서는 충족할 수 없었던 새로운 기능성 제품 개발이 가능해졌다. 특히 3D 프린팅 기술의 발전은 좀더 원하는 대로 균일하게 융복합화를 가져올 수 있고 기존 가공기술로는 만들 수 없는 정밀하고 다양한 구조를 구현할 수 있다. 앞으로 인공뼈 및 조직 재생에 있어서 첨단 소재와 공정 기술의 발전은 수명 증가에도 삶의 질을 유지하는데 필수불가결한 요소가 될 것이며 부품 교체하듯 인간의 조직도 얼마든지 새롭게 재생시키는 날이 올 것으로 기대된다.

Keynote Lecture : 바이오/메디컬 미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 한라홀(8층)

S3–6 [한라홀(8층), 4월 11일(목), 15:30–16:00]



바이오세라믹의 형상 및 기능제어 기술

윤희숙 박사

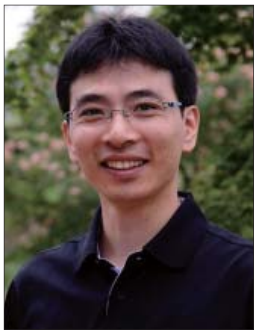
KIMS

바이오세라믹스를 효율적으로 임상에서 활용하기 위해서는 응용 목적에 맞추어 여러 가지 형상 및 기능을 제어할 수 있는 기술개발이 필요하다. 바이오세라믹스의 형상은 일반적으로 과립형, 섬유형, 패이스트형, 박막형 혹은 블록형으로 적용되고 있으나 최근 3차원 복잡형상 정밀제어가 가능한 3D프린팅 기술의 발전으로 환자맞춤형 3D조형물로써의 활용도 주목되고 있으며 관련된 기술이 활발히 연구되고 있다. 또한, 바이오세라믹스의 기능에 있어서는 고전적으로는 바이오세라믹스의 조성 및 결정성 제어에 따른 생분해성, 생체활성 및 골전도성 제어 등이 연구되어 왔으나 최근에는 약물 등의 기능성 물질 담지 및 방출기능 제어를 통한 기능제어 연구가 보다 활발히 연구되고 있다. 본 강연에 있어서는 현재 재료연구소에서 개발되고 있는 다양한 세라믹 3D프린팅 기술을 이용한 기능성 골이식재 기술과 기능 및 마이크로 크기의 구형입자 제조기술 및 기능에 관하여 소개하고자 한다.

Keynote Lecture : 바이오/메디컬 미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 한라홀(8층)

S3-7 [한라홀(8층), 4월 11일(목), 16:00-16:30]



Bioactive Nanomaterials for Tissue Regenerative Therapies

김해원 교수

단국대

Damaged and diseased tissues often face challenging issues including vasculature formation and inflammation. Bioactive nanomaterials with therapeutically relevant functions, such as inflammatory regulation, angiogenic stimulation and stem cell homing can restore and accelerate the repair and regenerative process. Here I talk about the therapeutic functions of bioactive nanomaterials, with an emphasis on their dynamic interactions with cells and molecules at the extra-/intra-cellular space. Key strategies are discussed with some relevant in vivo models including skin wound, osteoarthritis, muscle damage and injured nerve.

Refs) Kim HW et al. Biomaterials 142, 62 (2017); Adv Science 1700034 (2017); Biomaterials 116,145 (2017); Mater Horizon 4, 772 (2017); Nano Today 14, 84 (2017); Mater Today 18,573 (2015); Adv Funct Mater 25,193 (2015).

Keynote Lecture : 엔지니어링세라믹스미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 탐라홀(8층)

S4–1 [탐라홀(8층), 4월 11일(목), 13:00–13:30]



Current Status and Prospects of Ceramic Membrane for Water Treatment

송인혁 박사

KIMS

Ceramic membranes can be applied under extreme operating conditions such as low pH, high pressure and high temperature. Especially, the inherent limitations of conventional polymer membranes can be overcome by adopting ceramic membranes simply to the existing water treatment systems. Moreover, there are a lot of potential applications of ceramic membranes such as distillation, adsorption and extraction in various industrial areas. Therefore, the ceramic membrane technology is not a mere ceramic processing technology, but a highly influential technology to the overall environment technology.

In this study, we focused the current status and prospects of ceramic membrane for water treatment by adopting various kinds of ceramic materials such as alumina, silicon carbide and natural materials. Especially, the ceramic membrane of flat–sheet type fabricated by extrusion process was introduced in various applications such as membrane bioreactor (MBR), industrial wastewater, and pretreatment in desalination. This presentation consists of three parts: (1) Tailoring pore structures of the substrate of ceramic membrane, (2) Functionalizing the coating layer of ceramic membrane, and (3) Extruding the substrate of ceramic membrane.

Keynote Lecture : 엔지니어링세라믹스미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 탐라홀(8층)

S4–2 [탐라홀(8층), 4월 11일(목), 13:30–14:00]



반도체디스플레이 산업용 세라믹의 개발

이성민 박사

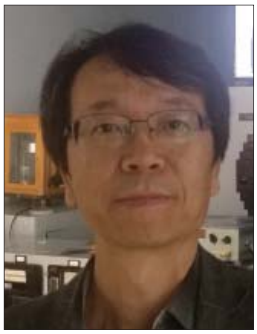
KICET

세라믹 소재는 반도체 및 디스플레이 제조장비에 광범위하게 적용되고 있다. 최근에는 메모리반도체, LCD 등의 분야이외에도 비메모리 반도체, OLED 산업에서 또한 세라믹의 중요성이 확대되고 있다. 따라서 식각율 위주의 전통적인 내플라즈마 소재의 개발에서 오염입자의 저감, 시즈닝시간 감소, 정전척, 히터와 같은 능동부품의 수명 향상 등에 영향을 끼치는 세라믹의 개발이 요구되고 있다. 이러한 세라믹의 개발에는 기존의 저식각율, 고밀도 소재의 개발이라는 방향에서 더욱 나아가 소재의 화학조성 및 마이크로 결함의 제어 뿐만 아니라 원자단위의 결함까지 같이 고려하여 소재의 개발이 이루어질 필요가 있다. 본 발표에서는 최근 산업동향 및 소재연구개발 결과를 바탕으로 반도체 · 디스플레이 산업용 세라믹의 미래개발 방향에 대하여 토의하고자 한다.

Keynote Lecture : 엔지니어링세라믹스미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 탐라홀(8층)

S4–3 [탐라홀(8층), 4월 11일(목), 13:30–14:00]



원자력 극한환경용 세라믹 복합재료 개발 현황 및 전망

김원주 박사

KAERI

탄화규소 (SiC) 기반 세라믹스 및 복합재료는 우수한 고온강도, 내부식성, 조사저항성, 낮은 중성자 흡수단면적, 저방사화 등의 특성을 갖고 있어 다양한 원자력시스템의 핵심부품으로 적용이 고려되고 있다. 초고온가스로용 제어봉 구조부품 및 열교환기 부품, 고속 증식로용 핵연료 부품 및 구조부품, 핵융합로용 블랭킷 구조재료 뿐만 아니라 최근에는 경수로용 핵연료 피복관 및 구조부품으로의 활용을 위한 연구도 이루어지고 있다. 원자력용 노내 구조소재는 중성자 조사, 기계적 응력, 고온, 냉각재와의 화학반응 등 매우 혹독한 환경 하에서 운전되며 이로 인해 소재 특성의 열화가 나타나게 된다. 이 중에서 냉각재와의 화학적 양립성은 장기가동에 따른 물성 저하와 부품의 수명을 결정하는 중요한 요소 중의 하나이다. SiC 소재의 적용이 고려되고 있는 원자력시스템들은 시스템별로 다양한 냉각재가 활용되고 있어 각각의 환경에서 화학적 양립성에 대한 평가가 실재 적용에 있어 매우 중요한 요소이다. 본 발표에서는 최근 여러 나라에서 연구개발이 활발히 이루어지고 있는 SiC 복합체의 경수로 피복관 적용을 위해 경수로 수화학 환경에서의 SiC 소재의 화학적 양립성과 주요 기술현안 및 최근의 연구결과 등을 소개하고자 한다.

Keynote Lecture : 엔지니어링세라믹스미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 탐라홀(8층)

S4–4 [탐라홀(8층), 4월 11일(목), 14:30–15:00]



소형 세라믹 비드의 제조와 응용

김재육 박사

쎄노텍

최근 소형 지르코니아 비드는 MLCC 원료 공정, 이차전지 활물질 제조, 안료의 나노 분쇄 및 분산에 사용되고 있으며, 전기자동차 시장의 확대와 나노 기술의 성장과 함께 큰 폭으로 성장하고 있다. 쎄노텍은 지난 20여년간 세라믹 비드의 국산화 및 수출에 주력해 왔으며 최근 소형 지르코니아 비드를 상품화 하여 시장에 공급하고 있다.

세라믹 비드의 제조는 프레스, CIP, 졸–겔법 등 다양한 방법으로 제조되고 있으며, 전동조립법이라는 눈사람을 만드는 방법과 유사한 방식으로 제조하는 방법이 양산에 유리한 것으로 알려져 있다, 그러나 비드의 크기가 작아질 수록 비드의 제조는 어렵게 되어 보다 정밀하게 제어될 수 있는 성형방법이 필요해진다. 특히, 100㎛, 50㎛ 등의 비드와 제조와 관련해서는 각 회사마다의 고유 기술에 의하여 제조되고 있으며, know–how로 관리하고 있어서 알려진 바가 없어서 쎄노텍 자체 기술을 확립하여 상품화하고 있다.

이러한 소형의 세라믹 비드의 응용 분야로 나노 분쇄 및 분산과 관련하여 몇가지 예를 들고자 한다.

Keynote Lecture : 엔지니어링세라믹스미래기술 특별 심포지엄

4월 11일(목) 13:00 – 16:30, 탐라홀(8층)

S4-5 [탐라홀(8층), 4월 11일(목), 15:00-15:30]



투명세라믹스

나용한 대표

화인테크

도자기에서 시작된 세라믹스가 투명세라믹스까지 진화하기 까지 역사를 되돌아보고 투명세라믹스의 개발내용과 지금까지 연구 개발된 내용을 리뷰하였으며 현재와 향후 적용분야에 대하여 살펴보았다. 투명세라믹스 종류별특성과 이에 대응하는 소재별 경쟁분야를 비교하였다.아울러 미래시장에 대하여 소재별특성과 제조방법 그리고 상업화를 위한 연구내용를 소개하고 문제점 개선을 위한 내용에 대하여 고찰하였다

S4–6 [탐라홀(8층), 4월 11일(목), 15:30–16:00]

Application of Grain Growth Control to Ceramic Materials

문경석 교수

경상대

Microstructural control during sintering is one of the most important technique of improving the properties of inorganic materials. When a polycrystal is in chemical equilibrium, the microstructure changes as results of grain growth and densification under the capillary driving force due to the interface curvature among grains. The grain growth rate is expressed as the product of the interface mobility and the driving force. According to grain growth theories, the mobility of the interface governed by diffusion control is constant but interface mobility is nonlinear when the movement of an interface governed by interface reaction. As the growth rate is nonlinear for the regime of interface reaction control, the grain growth is nonstationary with annealing time. In addition, the slower process is dominant in the overall kinetics because the atomic movement process is a series process with interface reaction and diffusion (mixed control). The microstructure can be controlled by changing the growth rate of an individual grain with correlation between maximum driving force (for the largest grain) and the critical driving force for appreciable growth. This presentation shows applications of the principle in fabrication of ceramic materials such as particle shape control of soft magnetic hexaferrite materials and solid–state single crystals growth of lead–free piezoelectric materials.

S4–7 [탐라홀, Apr. 11, Thu., 16:00–16:30]

An Issue in Organic–Inorganic Conversion Process of Poly(Carbosilane) to Obtain High Performance SiC Ceramics

이윤주 박사

KICET

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 있다는 점이 가장 큰 특징이며, 다양한 원소의 치환, 첨가가 원자 단위에서 조절 가능하다는 장점도 가지고 있다. PDC 기술의 대표적인 예가 SiC 섬유 제조라 할 수 있으나, SiC 출발물질로 사용되는 폴리카보실란은 그 외에도 복합체, 박막, 다공성 세라믹 제조에도 적용될 수 있으며, 형상과 공정에 따라 다른 상태의 세라믹이 형성되므로 유–무기 전환공정에 대한 전반적인 이해가 필요하다. 무엇보다 고품위 SiC 성형체를 얻기 위해서는 SiC의 순도를 비롯하여 결정의 크기와 치밀화 등을 조절하는 것이 중요한데, 폴리카보실란의 경우에는 SiC 결정 형성과 더불어 수반되는 흑연화, 이차열분해 등의 부가 반응이 SiC의 결정성장에 영향을 미치게 된다. 폴리카보실란이 SiC로 전환되는 과정은 경화 – 열분해 – 결정화 단계로 요약할 수 있는데, 각 단계에서 나타나는 특징적인 현상과 Si, C, O 원소의 거동이 SiC 결정의 성장과 치밀화에 미치는 영향을 디스커션 하고자 한다.

일 정 표

구두발표

Room 탐라홀



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00	등록
	G1. 전자 세라믹스 (Organizer: 이종흔(고려대))

좌장: 이종흔(고려대)

G1-1 Surface/Phase/Interface Engineering for van der Waals Heterostructure Devices (*Invited*)
13:00-13:30 이관형* (*연세대*)

G1-2 2D Semiconductor Electronics and Optoelectronics(*Invited*)
13:30-14:00 이철호* (*고려대*)

G1-3 Low Power Consumption Gas Sensors based on Self-Heated Graphene Microchannel with Noble Metal Decoration (*Invited*)
14:00-14:30 장호원* (*서울대*)

G1-4 Pd@ZnO Core-Shell Structure Nanoparticle based H_2 Gas Sensors (*Invited*)
14:30-15:00 유연태*, 이후준, Thuy D. T. Nguyen, 최하늬 (*전북대*)

G1-5 Ultra-High Sensitive Gas Sensors Using MEMS Device (*Invited*)
15:00-15:30 K. Shimanoe*, K. Suematsu, K. Watanabe (*Kyushu Univ.*)

G1-6 To Standardize Odor Metadata Obtained from Electronic Nose (*Invited*)
15:30-16:00 변형기* (*강원대*)

16:00-17:30	포스터세션 (2F, 8F 로비)
17:30-19:00	웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 한라홀



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00	등록

G1. 전자 세라믹스
(Organizer: 김윤석(성균관대))

좌장: 김윤석(성균관대)

G1-7 Piezoelectric Thin Films for pMUT (*Invited*)
13:00-13:25 백승협* (*KIST*)

G1-8 Thermally Stable Large Strain and Piezoelectric Properties of (Li, Na, K)(Nb, Sb)O_3–$CaZrO_3$ Ceramics for Piezo Actuators
13:25-13:40 이규탁*, 이태곤, 김선우, 채석준, 김은지, 남 산 (*고려대*)

G1-9 Symmetry-Bridging Phase as the Mechanism for the Large Strains in Relaxor–$PbTiO_3$ Single Crystals
13:40-13:55 김황필[1*], 정후영[1], 장진혁[2], 김기엽[2], 최시영[2], 이호용[3], 이상구[4], 조 욱[1] ([1]*UNIST*, [2]*포항공대*, [3]*선문대*, [4]*IBULE Photonics*)

G1-10 Dielectric Materials Developments for Ceramic based Pulse-Power/High-Energy Capacitors (*Invited*)
13:55-14:20 권도균* (*항공대*)

14:20-14:40	Coffee Break

G1-11 Little Understanding of Defect Chemistry in Nonstoichiometric and Doped $BiFeO_3$ (*Invited*)
14:40-15:05 이순일*, 김준찬, 백승봉, 배지희, 김명호 (*창원대*)

G1-12 Defect Structure of Oxygen Vacancy in Perovskite Oxide
15:05-15:20 최민수[1*], 엄기태[1], 이상렬[2], 김선국[1], 이재찬[2] ([1]*성균관대*, [2]*청주대*)

G1-13 Enhanced Nonlinearity Factor in Ferroelectric Tunnel Junction Memory
15:20-15:35 이호진[1*], 이준봉[1], 변진호[2], 이재광[2], 최택집[1] ([1]*세종대*, [2]*부산대*)

G1-14 Enhancement of Photoelectochemical Water Splitting Performace Using Ferroelectric $BiFeO_3$ (*Invited*)
15:35-16:00 장호원* (*서울대*)

16:00-17:30	포스터세션 (2F, 8F 로비)
17:30-19:00	웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 오라홀



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00 등록

G2. 에너지 환경 세라믹스
(Organizer: 배중면(KAIST), 황해진(인하대))

좌장: 이규형(연세대), 문지웅(RIST)

G2-1 Si 기판 위에 고효율 GaAs 단일 접합 태양 전지
13:00-13:15 김효진* (*KOPTI*)

G2-2 Photocatalytic Degradation of Methyl Orange by Reduced Graphene Oxide and SnO_2 Aerogel Nanocomposites
13:15-13:30 김태희*, V. G. Parale, 정해누리, 김영훈, 박형호 (*연세대*)

G2-3 Efficient Water Oxidation in TiO_2 Nanorods through Amine-Functionalized MIL-125 for Photoelectrochemical Water Splitting
13:30-13:45 윤지원[1*], 김도홍[2], 김재혁[1], 장호원[2], 이종흔[1] ([1]*고려대*, [2]*서울대*)

G2-4 마이크로파 합성 이리듐 나노입자의 산화 및 OER 촉매특성
13:45:14:00 송현용[1*], 이전량[1], 박재철[1], 이인환[2], 김태원[1] ([1]*KITECH*, [2]*고려대*)

G2-5 Plasmon-Improved Methanol Oxidation Property of Au@CeO_2@Pt Core-Shell Structure Nanocomposites
14:00-14:15 Dung Dao*, Yeontae Yu (*전북대*)

14:15-14:25 Coffee Break

좌장: 문지웅(RIST), 김승주(아주대)

G2-6 Novel Lithium-Ion Conducting Oxide Structure (*Invited*)
14:25-14:45 김승주*, 김재겸, 김주현 (*아주대*)

G2-7 Electrochemical Stability of Li_2S-P_2S_5-SnS_2 Glass-Ceramic Electrolytes and its Application to Lithium Metal Anode
14:45-15:00 이상수*, 박찬휘, 김규범, 김민희, 신동욱 (*한양대*)

G2-8 Improved Electrochemical Performance of High Content of $LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$ Slurry Casted Composite Cathode with Binary Conductive Additives for All-Solid-State Batteries
15:00-15:15 안지유*, 최선호, 도지예, 임승우, 신동욱 (*한양대*)

G2-9 Three-Dimensional Microscopic Characterization of Hierarchically-Structured Core-Shell Type Li Ion Transitional Metal Oxide Cathode Materials
15:15-15:30 김영훈[1*], 심재현[2], 김영민[1] ([1]*성균관대*, [2]*동신대*)

G2-10 Control of Cu_xS_y Microsphere Porosity as an Anode Materials for Sodium Ion Battery
15:30-15:45 신동혁[1*], 권지석[1], Tianchi Lu[1], 조성한[1], 류명우[1], 김재익[1], 한혁수[2], 김정현[3], 송태섭[1], 백운규[1] ([1]*한양대*, [2]*홍익대*, [3]*광운대*)

G2-11 One-pot Synthesis of $CuFeO_2$-$NiFe_2O_4$ Hybrid Electrode for Lithium-ion Batteries with Ultra-stable Electrochemical Performance
15:45-16:00 정준영*, 이석원, 이지영, 조수호, 이도창, 김일두 (*KAIST*)

G2-12 Advanced Na/$ZnCl_2$ Battery Using a Carbon Felt as an Electron-Conductive Network
16:00-16:15 이윤기[1*], 김창삼[2], 김한준[2], 변동진[3], 조권구[1], 안주현[1] ([1]*경상대*, [2]*KIST*, [3]*고려대*)

16:00-17:30 포스터세션 (2F, 8F 로비)

17:30-19:00 웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 아라홀



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00	등록

G2. 에너지 환경 세라믹스
(Organizer: 배중면(KAIST), 황해진(인하대))

좌장: 홍종은(KIER), 김선동(KIER)

G2-13 **프로톤 전도성 산화물 연료전지의 공기극 미세구조 제어를 통한 전기화학안전성 향상**
13:00-13:15 백현우*, 박상호, 신동욱 (*한양대*)

G2-14 **금속지지체형 고체산화물연료전지 셀/스택 개발 및 보조전원 시스템 적용에 관한 연구**
13:15-13:30 이재석*, 장영훈, 배민석, 이상훈, 이희대, 황규선, 배중면 (*KAIST*)

G2-15 In Operando Study of Direct-methane Electrochemical Oxidation on Ceria Electrodes
13:30-13:45 최윤석[1*], 유정도[1], 서한길[1], Ethan J. Crumlin[2], 정우철[1] ([1]*KAIST*, [2]*Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)*)

G2-16 Alleviating the Sintering Temperature of Gadolinium-doped-ceria SOFC Interlayer by Doping with Transition Metal Elements
13:45-14:00 Ahmad Shaur*, Saeed ur Rehman, 송락현, 임탁형, 박석주, 이승복 (*한국에너지기술연구원*)

G2-17 Development of Niobium Pentoxide and Cerium Oxide Dispersed Metal-Interconnect Material for Solid Oxide Fuel Cells
14:00-14:15 김태훈* (*과학기술연합대학원대학교 (UST)*)

G2-18 A Thin and Dense Buffer Layer Co-sintered Planar Type Solid Oxide Fuel Cell Fabricated by Tape Casting and Lamination Process
14:15-14:30 Amjad Hussain*, Muhammad Zubair Khan, Rak Hyun Song, Seung Bok Lee, Tak Hyoung Lim, Jong Eun Hong (*한국에너지기술연구원*)

G2-19 Facile Strategy of Fabricating Highly Dense Gadolinium-doped Ceria/yttria Stabilized Zirconia Bilayer Electrolyte via Cold Isostatic Pressing for Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells
14:30-14:45 김찬호*, 장인영, 김성민, 이형준, 김정헌, 박준혁, 송태섭, 백운규 (*한양대*)

14:45-15:00	Coffee Break

G2-20 Enhanced Electrocatalytic Performance of Platinum/Indium Tin Oxide/Carbon Black Electrocatalysts Synthesized by Cathodic Arc Deposition
15:00-15:15 나현웅[1*], 오지원[2], 최한신[3], 조용수[1] ([1]*연세대*, [2]*고려대*, [3]*한국생산기술연구원*)

G2-21 Bottom-up Construction of Core-shell FeCu-carbon Nitride Nanotube in Supercritical Fluid as an Oxygen Electrocatalyst
15:15-15:30 류재찬* (*UNIST*)

G2-22 **Repress 공정이 적용된 Bi_2Te_3 열전발전모듈의 제작 및 출력특성**
15:30-15:45 주성재*, 민복기, 김봉서, 이지은, 장정인, 임혜진, 박수지 (*KETI*)

G2-23 Effect of Acetonitrile on the Texture Properties of Sodium Silicate based Silica Aerogels
15:45-16:00 김영훈*, 김태희, 박형호 (*연세대*)

16:00-17:30	포스터세션 (2F, 8F 로비)
17:30-19:00	웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 볼룸2



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00 등록

G3. 엔지니어링 세라믹스
(Organizer: 류도형(서울과기대), 한병동(KIMS))

좌장: 한병동(KIMS)

G3-1 (K,Na)NbO_3 계열 재료의 투명 씨드 제조 연구 (*Invited*)
13:00-13:20 안철우[1*], 조경훈[1], Attaur Rahman[1], 최종진[1], 김종우[1], 민유호[1], 황건태[1], 최준환[1], 한병동[1], 남 산[3] ([1]*KIMS*, [2]*금오공대*, [3]*고려대*)

G3-2 Effect of Beta Phase on Microstructure and Mechanical Properties of Silicon Nitride.
13:20-13:35 조용현[1*], 박주석[1], 이성갑[2] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

G3-3 Enhanced Thermal Conductivity in Si_3N_4 Ceramic by Addition of a Small Amount of Carbon
13:35-13:50 김하늘*, 리인성, 김미주, 박영조, 고재웅 (*KIMS*)

G3-4 열가수분해로 합성한 hydrous zirconia의 저온 aging 효과
13:50-14:05 오영우[1*], 이주성[1], 이근봉[1], 김보랑[3], 강종봉[1] ([1]*(주)쎄노텍*, [2]*경남대*)

G3-5 세라믹 바인더 젯팅 적층제조 기술
14:05~14:20 최한신[1*], 오지원[2] ([1]*KITECH*, [2]*고려대*)

G3-6 바인더 젯팅 적층 제조공정으로 제조한 탄화 규소-청동 복합 소재의 내 마모특성에 대한 연구
14:20~14:35 오지원[1*], 나현웅[2], 남 산[1], 최한신[3] ([1]*고려대*, [2]*연세대*, [3]*KITECH*)

G3-7 Powder-on-demand supporter(PODS)를 활용한 복잡형상 세라믹 3D 프린팅
14:35-14:50 안태규*, 이경영, 김지훈 (*공주대*)

14:50-15:00 Coffee Break

좌장: 김하늘(KIMS)

G3-8 재료물성 평가와 표준화 : SiC_f/SiC 복합체 (*Invited*)
15:00-15:30 박지연* (*KAERI*)

G3-9 Fabrication of Functionally Graded Al_2O_3-ZrO_2 3D Structure Using Ceramic Additive Manufacturing
15:30-15:45 김지환[1*], 박홍현[2], 최영진[2], 윤석영[1], 윤희숙[2] ([1]*부산대*, [2]*KIMS*)

G3-10 화학기상침착을 통한 고밀도 SiC 섬유강화 복합체 제조 및 특성평가 (*Invited*)
15:45-16:05 김대종*, 이현근, 박지연, 김원주 (*KAERI*)

G3-11 용융금속침투 (Liquid Silicon Infiltration, LSI) 공정을 적용한 섬유강화 세라믹 복합재료 (*Invited*)
16:05-16:25 김세영*, 우상국, 한인섭, 성영훈, 최재형, 방형준, 김수현 (*KIER*)

G3-12 압출기반 정밀여과용 다공성 세라믹 분리막의 관한 연구
16:25-16:40 이수진*, Bukhari Syed Zaighum Abbas, 하장훈, 이종만, 송인혁 (*KIMS*)

G3-13 Oxidation-bonded SiC Support for Membrane Application
16:40-16:55 Bukhari Syed Zaighum Abbas*, 하장훈, 이종만, 송인혁 (*KIMS*)

16:00-17:30 포스터세션 (2F, 8F 로비)

17:30-19:00 웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 볼룸3



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00	등록

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

좌장: 정운진(공주대)

G6-10 비정질 및 용융 산화물에서의 열전도도
13:45-14:00 김영재*, 박현식, 김민석 (*KIGAM*)

G6-1 Alkaline Earth Mixing Effect of $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ Glass on Plasma Resistance under Fluorocarbon Plasma with Ar^+
14:00-14:15 박제원[1*], 나혜인[1], 최성철[2], 김형준[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

G6-2 The Effect of Composition of Plasma Resistance of $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ Glasses under Fluorocarbon Plasma with Ar^+
14:15-14:30 나혜인[1*], 박제원[1], 최성철[2], 김형준[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

G6-3 사용후핵연료 고형화를 위한 인산철 유리 개발 및 처분 안정성 평가
14:30-14:45 이청원[1*], 신성균[1], 계용욱[2], 허 종[1] ([1]*포항공대*, [2]*PAL*)

G6-4 Microstructural and Optical Properties of ZnS Ceramics Prepared by Vacuum Hot Press and Hydrothermal Synthesis
14:45-15:00 최부현*, 김대수, 김범주, 남 산 (*고려대*)

G6-5 패터닝을 통해 제조된 넓은 색재현성을 갖는 백색 LED용 Cd-S-Se 양자점 함유 유리
15:00-15:15 한가람[1*], 허 종[2], 정운진[1] ([1]*공주대*, [2]*포항공대*)

G6-6 Growth of $CdSe/Cd_{1-x}Zn_xSe$ Nanorods in Silicate Glasses by Continuous Wave Laser Irradiation
15:15-15:30 이호정*, 박원지, 허 종 (*포항공대*)

G6-7 Er^{3+}/Yb^{3+}-codoped Fluorophosphate Glass Fiber for Fiber Amplifier Application
15:30-15:45 Kadathala Linganna*, 인정환, 최주현 (*KOPTI*)

G6-8 Development of Red-emitting Phosphor in Glass (PiG) Materials with $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$ Phosphor for Use in Solid-state Lighting System
15:45-16:00 박영지[1,2*], 황종희[1], 김철진[2], 김선욱[1] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

16:00-17:30	포스터세션 (2F, 8F 로비)
17:30-19:00	웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 볼룸4



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00 등록

G7. 내화물 및 시멘트 세라믹스
(Organizer: 변윤기(포스코 기술연구원))

좌장: 권오성(포스코 기술연구원)

G7-1 Mn계 용강에 대한 내화물의 화학적 계면 반응 거동 연구 (*Invited*)
13:00-13:30 변윤기*, 권오성 (*포스코 기술연구원*)

G7-2 Li_2O–ZnO 계 상태도 실험 및 Li_2O–ZnO–ZrO_2 계 열역학 데이터베이스 개발과 그 응용
13:30-13:45 천정민[1*], 이재성[1], 권선용[2], 정인호[1] ([1]*서울대*, [2]*McGill Univ.*)

G7-3 1823K에서 $MgAl_2O_4$ 단결정과 MgO 포화슬래그 계면에서의 함 Fe spinel 층 형성에 관한 열역학적 연구
13:45-14:00 윤철민*, 민동준 (*연세대*)

G7-4 내화물 내 금속 촉매제를 활용한 카본 구조체 형성에 관한 기초 연구
14:00-14:15 김민석*, 김유나, 최도문, 이상암, 정재일 (*조선내화(주)*)

G7-5 알루미늄계 첨가제 첨가에 따른 실리카졸 결합 캐스타블의 경시변화에 관한 연구
14:15-14:30 유대홍*, 이동석, 이상암, 정재일 (*조선내화(주)*)

G7-6 공침합성법을 이용한 마그네시아(MgO) 기반 절연 코팅용 분말 합성
14:30-14:45 김봉구[1*], 최현희[1], 손정훈[1], 변윤기[2], 권민석[2], 정연길[1] ([1]*창원대*, [2]*포스코 기술연구원*)

14:45-15:00 Coffee Break

G7-7 천연산 대체 해수 합성 MgO 원료의 개발 및 적용 (*Invited*)
15:00-15:30 임윤탁* ((*주*)*포스코켐텍*)

G7-8 폐초경합금 재생용 흑연도가니 수리 및 손상 방지 페이스트 개발
15:30-15:45 김재원* ((*주*)*포스코켐텍*)

G7-9 Nozzle Clogging Mechanism in Terms of Interfacial Reaction between Ti–ULC Steel and Refractory in Continuous Casting
15:45-16:00 이주혁[1*], 김성광[2], 강명훈[2], 김장훈[2], 김민수[3], 강윤배[1] ([1]*포항공대*, [2]*POSCO*, [3]*KITECH*)

G7-10 3D 프린팅 공정에서 이중 폴리머 적용을 통한 세라믹 주형 및 중자의 강도 향상
16:00-16:15 최현희*, 김봉구, 김은희, 정연길 (*창원대*)

G7-11 3D 프린팅 공정에서 복합 출발물질의 적용을 통한 세라믹 코어의 기계적 특성 향상
16:15-16:30 박혜영*, 조근호, 김은희, 정연길 (*창원대*)

16:00-17:30 포스터세션 (2F, 8F 로비)

17:30-19:00 웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 우도



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00	등록

G4. 나노융합 세라믹스
(Organizer: 이규형(연세대), 임재홍(가천대))

좌장: 민유호(KIMS)

G4-1 Novel Processing of Synthesis Carbon Nanotube on Biomorphic Materials for Filter Applications
13:00-13:15 박중규[1*], 김익진[2] (*[1]KICET, [2]한서대*)

G4-2 Rheological and Mechanical Properties of ZrO_2 Ceramic Resins with Different Nano- and Micro-Particle Ratio for Stereolithography
13:15-13:30 송세연[1*], 이정우[2], 윤지선[1] (*[1]KICET, [2]부산대*)

G4-3 Fabrication of Carbonated Fe_3O_4 with High Dispersibility in Solution Using Normal Pressure Liquid Reaction
13:30-13:45 차지현*, 한진순, 신재록, 안계석, 최성철 (*한양대*)

G4-4 High-performance Polymer Nanocomposites based on 3D Continuous Ceramic Nanofillers
13:45-14:00 안창의* (*KICET*)

G4-5 The Hydrophilic Carbon Coating on the Amino-functionalized Fe_3O_4 Nanoparticles with Acidic Catalytic Reaction
14:00-14:15 신재록*, 허재욱, 오아현, 차지현, 안계석, 최성철 (*한양대*)

14:15-14:25	Coffee Break

좌장: 이규형(연세대)

G4-6 Solution-based Synthesis for Phase Engineering of (K1-xNax)NbO3 Particles
14:25-14:45 민유호*, 박선화, 황건태, 김종우, 안철우, 최종진, 한병동, 최준환, 윤운하, 박동수 (*KIMS*)

G4-7 Self-supported Formation of Hierarchical $NiCo_2S_4$ Microtubes for High Performance Supercapacitor
14:45-15:00 JIANJIAN FU[1*], 김광호[1], 이 뢰[2], 윤제문[2] (*[1]부산대, [2](재)하이브리드 인터페이스 기반 미래소재연구단*)

G4-8 Enhanced Thermoelectric Performance by Cu Addition in P-type $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ Alloys via Chemical Potential Tuning and Effective Phonon Scattering
15:00-15:15 조현준*, 김상일 (*서울시립대*)

G4-9 Large-Area and Low-Temperature Fabrication of WS_2-based Photodetectors by Using Sputtering and Electron-Beam-Irradiation
15:15-15:30 김봉호*, 권순형, 김동욱, 윤영준 (*KICET*)

G4-10 Synthesis of Au-decorated Fe_3O_4 nanoparticles through Positively Charged Surface Modification
15:30-15:45 허재욱*, 오아현, 한진순, 안계석, 최성철 (*한양대*)

G4-11 Polymer Modified CeO_2 Nanoparticles for Low Dishing STI CMP
15:45-16:00 이강천*, 박상우, 주우빈, 손현수, 이승우, 송태섭, 백운규 (*한양대*)

G4-12 Fabrication of Prussian Blue based Eelectrochromic device using Kinetically spraying process to improve the electrochromic performance
16:00-16:15 최다현*, 김효준, 손민희, 이선영 (*한양대*)

16:00-17:30	포스터세션 (2F, 8F 로비)
17:30-19:00	웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 마라



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00	등록

G5. 바이오 세라믹스
(Organizer: 이정헌(성균관대))

좌장: 이정헌(성균관대)

G5-1 Fabrication of Bone Structure-like Scaffolds by Combination of Ceramic Additive Manufacturing and Self-setting Reaction
13:00-13:10 성아람*, 최영진, 박홍현, 윤희숙 (*KIMS*)

G5-2 Fabrication of Cell Laden Organic/Inorganic Hybrid Bead with Drug as Functional Bone Substitute
13:10-13:20 김주은[1*], 박홍현[2], 최영진[2], 윤희숙[2] ([1]*UST*, [2]*KIMS*)

G5-3 Low Temperature Processing of Drug Loaded Calcium Phosphate Scaffolds by Ceramic Additive Manufacturing Process
13:20-13:30 RAJA NAREN[1*], 최영진[2], 박홍현[2], 윤희숙[2] ([1]*UST*, [2]*KIMS*)

G5-7 A Paper-based Platform for Long-term Deposition of Nanoparticles with Exceptional Redispersibility, Stability, and Functionality
13:30-13:40 조희훈*, 김수지, 이병상, 허준혁, 윤석영, 정순환, 이정헌 (*성균관대*)

G5-5 **Sol-gel 공정 기반 항균성 천연 식물 추출물을 이용한 항균성 공기 필터 개발**
13:40-13:50 변하람[1*], 구양모[1], 박선영[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

13:50-14:00	Coffee Break

G5-6 Nanoparticle Interactions in Hydrogels: a Model study using Gold Nanoparticles
14:00-14:10 김시현*, 이병상, 이정헌 (*성균관대*)

G5-4 TiO_2 Nanowire Chip for Peptide Sequencing based on LDI-TOF Mass Spectrometry, Stability, and Functionality
14:10-14:20 박종민*, 윤태경, 변재철 (*연세대*)

G5-8 Phase Transformation and Dissolution Studies in Heat-treated OCPs
14:20-14:30 김주성*, 김석영 (*영남대*)

G5-9 Antimicrobial Ceramic Hybrid Films with Illite-polyethylene Composites
14:30-14:40 성동민[1*], 이혜선[2], 장정호[2] ([1]*고려대*, [2]*KICET*)

G5-10 Evaluation Method of Particulate Matter Protection Efficiency of Cosmetic Ceramic Materials
14:40-14:50 박중규*, 이혜선, 장정호 (*KICET*)

G5-11 Property Changes of Octacalcium Phosphate by the Protein Adsorption/Incorporation
15:00-15:10 MERTAMANI RIESSA NANDA*, 김석영 (*Yeungnam Univ.*)

G5-12 **바이오매스 가용성 향상을 위한 볼밀 전처리**
15:10-15:20 구양모[1*], 변하람[1], 박선영[1], 박지연[1], 김현욱[2], 상병인[3], 이진형[1] ([1]*KICET*, [2]*시립대*, [3]*한양대*)

G5-13 **금속이중층수산화물의 표면 거칠기에 다른 세포 내포화 효율 연구**
15:20-15:30 김형준[1*], 김성훈[2], 김윤석[2], 오제민[1] ([1]*동국대*, [2]*연세대*)

G5-14 High Yield Fabrication Technique of Calcium Phosphate Microsphere as Functional Bone Substitute Material
15:30-15:40 박홍현[1*], 변규빈[2], 윤희숙[1] ([1]*KIMS*, [2]*UST*)

G5-15 **ZnO 나노 입자 항균 활성 메커니즘에서의 protonic 및 electronic conduction의 역할**
15:40-15:50 김혜리*, 이다애 (*충북대*)

16:00-17:30	포스터세션 (2F, 8F 로비)
17:30-19:00	웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 추자



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00	등록	
	여성세라미스트 멘토링 워크숍 (Organizer: 이종숙(전남대))	
		진행: 이종숙 교수(전남대)
14:30-14:35	▣ 축사	김응수 한국세라믹학회 회장
14:35-15:40	멘토링 특강 **Specialist vs. Generalist: 나만의강점만들기** 김희정 연구원(LG전자)	
15:40-16:30	융합시대 차세대 여성과학기술자를 위한 멘토링	
16:00-17:30	포스터세션 (2F, 8F 로비)	
17:30-19:00	웰컴리셉션 (볼룸1)	

구두발표

Room 비양



2019년 4월 10일(수)

12:00-17:00 등록

G12. 탄소광물플래그십사업 심포지엄
(Organizer: 안지환(KIGAM))

좌장: 조계홍(KILAM)

G12-1 An Overview on the Utilization of Redmud for the Synthesis of Green Cement–A New Functional Cement for 3D Printing (The 4th Industrial Revolution Link Technology)
13:00-13:15 Ji Whan Ahn* and Thenepalli Thriveni (*KIGAM*)

G12-2 고형연료 발전소 비산재에서의 탄소광물화 반응특성
13:15-13:30 권우택* (*KICET*)

G12-3 탄소광물화 기술의 해외 적용을 위한 국제 메커니즘 연계 연구
13:30-13:45 박동운*, 이종열, 장창선, 신경남 (*녹색기술센터 기후기술협력센터*)

G12-4 국내 발전회의 희토류 활용 가능성 검토
13:45-14:00 김영진[1*], 백철승[1], 서준형[1], 김정윤[2], 조계홍[1] ([1]*KILAM*, [2]*KIGAM*)

G12-5 고성능 AE 감수제 첨가에 따른 CLSM 혼합조성물 유동성능 평가
14:00-14:15 문기연[1*], 김영진[1], 조진상[1*], 최문관[1], 조계홍[1], 안지환[2] ([1]*KILAM*, [2]*KIGAM*)

G12-6 CSA를 활용한 광산 차수재 물성 평가
14:15-14:30 조용광*, 남성영, 김춘식, 조성현 (*한일시멘트*)

좌장: 김정윤(KIGAM)

G12-7 Efficient Phosphorus Removal by Lime Mud Waste
14:30-14:45 Hong Ha Thi Vu[1*], Mohd Danish Khan[2], Ramakrishna Chilakala[3], Tuan Quang Lai[2], Thriveni Thenepalli[1], Ji Whan Ahn[1] ([1]*KIGAM*, [2]*UST*, [3]*Chungnam Nat'l Univ.*)

G12-8 Thermodynamics Simulation and Experiment on Waste Sulfuric Acid Reaction with $Ca(OH)_2$ and CO_2 for Removal of SO_4^{2-} and Heavy Metals
14:45-15:00 Shuai Gu*, Hong ha Thi Vu, Thriveni Thenepalli, Ji Whan Ahn (*KIGAM*)

G12-9 Recycling the Lime Mud Waste from Paper Industries and Re–Utilization for Making Handmade Sheets
15:00-15:15 Ramakrishna Chilakala[1*], Thriveni Thenepalli[2], Hong Ha Thi Vu[2], Ji Whan Ahn[2] ([1]*Chungnam Nat'l Univ.*, [2]*KIGAM*)

G12-10 Utilization of Industrial Byproducts for Construction Industry
15:15-15:30 Dure Mulatu[1], Natnael Shiferaw[2] Lee Namju[1] and Jeongyun Kim[3*] ([1]*UST*, [2]*Korea Research Institute on Climate Change*, [3]*KIGAM*)

G12-11 Rare Earths Recovery from Bauxite Residue Samples by Accelerated Carbonation
15:30-15:45 Lai Quang Tuan[1,2], Ji Whan Ahn[3] and Thenepalli Thriveni[3*] ([1]*UST*, [2]*VIGMR*, [3]*KIGAM*)

G12-12 Potential Reuse of Slag from Kambara Reactor
15:45-16:00 Lulit Habte[1], Ji Whan Ahn[2], Seong Ho Lee[2*] ([1]*UST*, [2]*KIGAM*)

16:00-17:30 포스터세션 (2F, 8F 로비)

17:30-19:00 웰컴리셉션 (볼룸1)

구두발표

Room 볼룸1



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록	
10:00-10:10	개회식 (볼룸1)	
10:10-10:50	기조강연(볼룸1)	좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)	
10:50-11:30	기조강연(볼룸1)	좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)	
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1)	좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)	
11:50-13:00	Lunch	

S1. 4대 미래기술 특별 심포지엄: 스마트 미래기술
(Organizer: 장호원(서울대), 임원빈(한양대))

좌장: 장호원(서울대)

S1-1 산화물 반도체 가스센서와 4차 산업혁명 (*Keynote*)
13:00-13:35 이종흔* (*고려대*)

S1-2 다강체 결합현상을 이용한 에너지 변환 기술 (*Keynote*)
13:35-14:10 류정호* (*영남대*)

S1-3 고출력 백색 LED/LD을 위한 발광체 개발 (*Keynote*)
14:10-14:45 임원빈* (*한양대*)

14:45-15:00 Coffee Break

S1-4 산화물 반도체 기반 광시냅스 소자 기술 (*Keynote*)
15:00-15:35 김영훈* (*성균관대*)

S1-5 메모리 및 에너지 소자용 플루오라이트 구조 강유전체 및 반강유전체 (*Invited*)
15:35-16:00 박민혁* (*부산대*)

S1-6 Hybrid Memristor-based Computing Technology for Edge Application (*Invited*)
16:00-16:25 김경민* (*KAIST*)

16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 탐라홀



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록	
10:00-10:10	개회식 (볼룸1)	
10:10-10:50	기조강연(볼룸1)	좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)	
10:50-11:30	기조강연(볼룸1)	좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)	
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1)	좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)	
11:50-13:00	Lunch	

S4. 4대 미래기술 특별 심포지엄: 엔지니어링세라믹스 미래기술
(Organizer: 류도형(서울과기대), 한병동(KIMS))

좌장: 류도형(서울과기대)

S4-1 Current Status and Prospects of Ceramic Membrane for Water Treatment (*Keynote*)
13:00-13:30 송인혁* (*KIMS*)

S4-2 반도체 · 디스플레이 산업용 세라믹의 개발 (*Keynote*)
13:30-14:00 이성민*, 오윤석, 김형준 (*KICET*)

S4-3 원자력 극한환경용 세라믹 복합재료 개발현황 및 전망 (*Keynote*)
14:00-14:30 김원주*, 신정호, 김대종, 이현근, 박지연 (*KAERI*)

S4-4 소형 세라믹 비드의 제조와 응용 (*Keynote*)
14:30-15:00 김재육* ((*주*)쎄노텍)

S4-5 투명세라믹스 (*Keynote*)
15:00-15:30 나용한* (*화인테크*)

S4-6 Application of Grain Growth Control to Ceramic Materials (*Invited*)
15:30-16:00 문경석[1*], 강석중[2] ([1]*경상대*, [2]*KAIST*)

S4-7 폴리카보실란의 유-무기 전환공정에 있어 고품위SiC 세라믹 제조를 위한 이슈 (*Invited*)
16:00-16:30 이윤주* (*KICET*)

16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 한라홀



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록
10:00-10:10	개회식 (볼룸1)
10:10-10:50	기조강연(볼룸1) 좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)
10:50-11:30	기조강연(볼룸1) 좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1) 좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)
11:50-13:00	Lunch

S3. 4대 미래기술 특별 심포지엄: 바이오/메디컬 미래기술
(Organizer: 고영학(고려대), 김일두(KAIST))

좌장: 김일두(KAIST)

S3-1 Multi-dimensional Nanobuilding Blocks for Selective Molecule Detection (*Keynote*)
13:00-13:30 김일두* (*KAIST*)

S3-2 Virus: The Next Generation Material (*Keynote*)
13:30-14:00 오진우* (*부산대*)

S3-3 Tactile Sensing Electronic-skin for Wearable Health Monitoring and Robotic Applications (*Invited*)
14:00-14:25 PARKSTEVEJEUNGHOON* (*KAIST*)

S3-4 Bioactive Ceramic Nanoparticles for Tissue Regeneration (*Invited*)
14:25-14:50 이정환* (*단국대*)

14:50-15:00	Coffee Break

S3-5 세라믹 골대체재 산업화 20년 (*Keynote*)
15:00-15:30 유현승* (*㈜시지바이오*)

S3-6 바이오세라믹스의 형상 및 기능제어 기술 (*Keynote*)
15:30-16:00 윤희숙* (*KIMS*)

S3-7 Bioactive Nanomaterials for Tissue Regenerative Therapies (*Keynote*)
16:00-16:30 김해원* (*단국대*)

16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 오라홀



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록	
	SW1. 기능성산화물연구회 워크숍 (Organizer: 양상모(숙명여대))	
		좌장: 박민혁(부산대)
08:30-08:40	기능성 산화물 연구회 소개	박민혁(부산대)
SW1-1 08:40-09:10	Direct Observation of Metal Surface Oxidation and Corresponding Changes in Physical Properties (*Invited*) 김윤석	
SW1-2 09:10-09:40	플루오라이트 구조 강유전체의 온도에 따른 상전이에 대한 연구 (*Invited*) 박민혁	
10:00-10:10	개회식 (볼룸1)	
10:10-10:50	기조강연(볼룸1)	
		좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)	
10:50-11:30	기조강연(볼룸1)	
		좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)	
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1)	
		좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)	
11:50-13:00	Lunch	
16:30-17:00	총회 (탐라홀)	
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)	
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)	

구두발표

Room 아라홀



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록	
	SW2. 소재이미징연구회 워크숍 (Organizer: 육종민(KAIST))	
		좌장: 유영준(충남대)
08:30-08:40	소재이미징 연구회 소개	유영준(충남대)
SW2-1 08:40-09:10	Nano Scale Surface Characterization of 2D Materials (*Invited*) 유영준* (*충남대*)	
SW2-2 09:10-09:40	Nanoscale Probing Materials Properties over a Centimeter-scale Area using Atomic Force Microscopy (*Invited*) 김윤석* (*성균관대*)	
10:00-10:10	개회식 (볼룸1)	
10:10-10:50	기조강연(볼룸1)	
		좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)	
10:50-11:30	기조강연(볼룸1)	
		좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)	
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1)	
		좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)	
11:50-13:00	Lunch	
16:30-17:00	총회 (탐라홀)	
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)	
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)	

구두발표

Room 볼룸2



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00 등록

SW3. 산학연 실용유전체연구회 워크숍
(Organizer: 이순일(창원대))

좌장: 이순일(창원대)

SW3-1 Ceramic–Polymer Dielectric Nanocomposites for High Energy Density Capacitor Applications (*Invited*)
08:30-08:55 권도균* (*항공대*)

SW3-2 Microstructure and Properties of Secondary Phase in Metal Composite Dielectrics (*Invited*)
08:55-09:20 윤중락* (*삼화콘덴서공업(주)*)

SW3-3 소재부품 R&D 정부과제 지원 현황 및 추진 방향 (*Invited*)
09:20-09:40 정봉용* (*KEIT*)

09:40-10:00 Open Discussion

10:00-10:10 개회식 (볼룸1)

10:10-10:50 기조강연(볼룸1)

좌장: 송인혁 박사(KIMS)

PL-1 **"우리 산업의 도전과 과제"**
백운규 교수(한양대)

10:50-11:30 기조강연(볼룸1)

좌장: 권도균 교수(항공대)

PL-2 **"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"**
Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)

11:30-11:50 학술상 기념강연 (볼룸1)

좌장: 최지원 박사(KIST)

PR-1 **"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"**
박형호 교수(연세대)

11:50-13:00 Lunch

Room 볼룸2+3+4

S2. 4대 미래기술 특별 심포지엄: 친환경 미래기술
(Organizer: 김진영(서울대), 박종성(명지대))

좌장: 김진영(서울대)

S2-1 Preserving a High Energy Density of the Lithium-Rich Layered Oxides (LLO) and New Lithium Diffusion Model for LLO (*Keynote*)
13:00-13:30 강기석* (*서울대*)

S2-2 Metal Halide Perovskite Materials for Solar Cells (*Keynote*)
13:30-14:00 석상일* (*UNIST*)

S2-3 Stretchable Hetero-nanostructures for Wearable Energy Storage Devices (*Invited*)
14:00-14:20 Sangbaek Park* (*KIST*)

S2-4 Complete Pb Recovery and Recycling from Perovskite Solar Cells Using Calcium Phosphate Nanomaterials (*Invited*)
14:20-14:40 Dong Hoe Kim[1,2*], So Yeon Park[3], Ji-Sang Park[4], Byeong Jo Kim[5], Aron Walsh[4,5], Kai Zhu[1], and Hyun Suk Jung[3]
([1]*National Renewable Energy Laboratory, USA,* [2]*Sejong Univ.,* [3]*Sungkyunkwan Univ.,* [4]*Imperial College London, UK,* [5]*Yonsei Univ.*)

14:40-15:00 Coffee Break

구두발표

Room 볼룸2



2019년 4월 11일(목)

S2-5 Advanced Solid Oxide Cell for Power Generation and Storage (*Keynote*)
15:00-15:30 이종호*, 양성은, 지호일, 김형철, 윤경중, 손지원, 김병국, 이해원 (*KIST*)

S2-6 Sustainable Power Generation from Multifunctional Piezoelectric and Triboelectric Nanogenerators (*Keynote*)
15:30-16:00 김상우* (*성균관대*)

S2-7 Synergistic Interface of Copper–Ceria for C–C Coupling Reactions in Electrocatalytic CO_2 Reduction (*Invited*)
16:00-16:20 이찬우[1,3*], 신승재[2], 정혜진[3], Dang Le Tri Nguyen[3,5], 이시영[3], 이웅희[3], 원다혜[3], 김민규[4], 오형석[3], 장태환[2], 김형준[2], 민병권[3,6], 황윤정[3]
([1]*국민대*, [2]*KAIST*, [3]*KIST*, [4]*포항공대*, [5]*Duy Tan Univ.*, [6]*고려대*)

16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 볼룸3



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00 등록

SW4. 인공지능(AI) 및 전산재료과학기술연구회 워크숍
(Organizer: 오민욱(한밭대))

좌장: 오민욱(한밭대)

SW4-1 제일원리 계산기반 고속대량 스크리닝을 이용한 멤리스터용 유무기 하이브리드 소재 개발 (*Invited*)
08:30-09:00 이동화*, 김성훈 (*포항공대*)

SW4-2 First-principles Study on 2D Hetero-structure Electrode Materials for Rechargeable Batteries
09:00-09:30 임강훈[1*], 이찬우[1], Rizcky Tamanary[1], 김향선[2], 윤하나[1], 유충열[1] ([1]*KIER*, [2]*충남대*)

SW4-3 Computational Discovery of Indirect-gap Semiconductors for Photovoltaics
09:30-10:00 강영호* (*KIMS*)

10:00-10:10 개회식 (볼룸1)

10:10-10:50 기조강연(볼룸1)
좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1 **"우리 산업의 도전과 과제"**
백운규 교수(한양대)

10:50-11:30 기조강연(볼룸1)
좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2 **"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"**
Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)

11:30-11:50 학술상 기념강연 (볼룸1)
좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1 **"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"**
박형호 교수(연세대)

11:50-13:00 Lunch

Room 볼룸2+3+4

S2. 4대 미래기술 특별 심포지엄: 친환경 미래기술
(Organizer: 김진영(서울대), 박종성(명지대))

좌장: 김진영(서울대)

S2-1 Preserving a High Energy Density of the Lithium-Rich Layered Oxides (LLO) and New Lithium Diffusion Model for LLO (*Keynote*)
13:00-13:30 강기석* (*서울대*)

S2-2 Metal Halide Perovskite Materials for Solar Cells (*Keynote*)
13:30-14:00 석상일* (*UNIST*)

S2-3 Stretchable Hetero-nanostructures for Wearable Energy Storage Devices (*Invited*)
14:00-14:20 Sangbaek Park* (*KIST*)

S2-4 Complete Pb Recovery and Recycling from Perovskite Solar Cells Using Calcium Phosphate Nanomaterials (*Invited*)
14:20-14:40 Dong Hoe Kim[1,2*], So Yeon Park[3], Ji-Sang Park[4], Byeong Jo Kim[5], Aron Walsh[4,5], Kai Zhu[1], and Hyun Suk Jung[3]
([1]*National Renewable Energy Laboratory, USA,* [2]*Sejong Univ.,* [3]*Sungkyunkwan Univ.,* [4]*Imperial College London, UK,* [5]*Yonsei Univ.*)

14:40-15:00 Coffee Break

S2-5 Advanced Solid Oxide Cell for Power Generation and Storage (*Keynote*)
15:00-15:30 이종호*, 양성은, 지호일, 김형철, 윤경중, 손지원, 김병국, 이해원 (*KIST*)

S2-6 Sustainable Power Generation from Multifunctional Piezoelectric and Triboelectric Nanogenerators (*Keynote*)
15:30-16:00 김상우* (*성균관대*)

구두발표

Room 볼룸3



2019년 4월 11일(목)

S2-7 Synergistic Interface of Copper–Ceria for C–C Coupling Reactions in Electrocatalytic CO_2 Reduction (*Invited*)

16:00-16:20 이찬우[1,3*], 신승재[2], 정혜진[3], Dang Le Tri Nguyen[3,5], 이시영[3], 이웅희[3], 원다혜[3], 김민규[4], 오형석[3], 장태환[2], 김형준[2], 민병권[3,6], 황윤정[3]
(*[1]국민대, [2]KAIST, [3]KIST, [4]포항공대, [5]Duy Tan Univ., [6]고려대*)

16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 볼룸4



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00 등록

SW5. 투명세라믹연구회 워크숍
(Organizer: 박영조(KIMS))

좌장: 박영조(KIMS)

SW5-1 재료연구소의 투명세라믹 연구 소개 및 투명세라믹연구회 활동 계획 협의 (*Invited*)
08:30-09:00 박영조*, 김하늘, 김미주, 고재웅 (*KIMS*)

SW5-2 광학 렌즈용 다결정 투명세라믹 (*Invited*)
09:00-09:30 이선규*, 박기영, 박상영, 윤창준, 정용석 (*한화시스템*)

SW5-3 Hybrid Ceramic Heater based on TCO Thin Film Technology (*Invited*)
09:30-10:00 류도형[1*], 이정욱[2], 양선규[1], 조영식[1], 김학범[2], 김관형[2] ([1]*서울과기대*, [2]*세온*)

10:00-10:10 개회식 (볼룸1)

10:10-10:50 기조강연(볼룸1)

좌장: 송인혁 박사(KIMS)

PL-1 **"우리 산업의 도전과 과제"**
백운규 교수(한양대)

10:50-11:30 기조강연(볼룸1)

좌장: 권도균 교수(항공대)

PL-2 **"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"**
Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)

11:30-11:50 학술상 기념강연 (볼룸1)

좌장: 최지원 박사(KIST)

PR-1 **"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"**
박형호 교수(연세대)

11:50-13:00 Lunch

Room 볼룸2+3+4

S2. 4대 미래기술 특별 심포지엄: 친환경 미래기술
(Organizer: 김진영(서울대), 박종성(명지대))

좌장: 김진영(서울대)

S2-1 Preserving a High Energy Density of the Lithium-Rich Layered Oxides (LLO) and New Lithium Diffusion Model for LLO (*Keynote*)
13:00-13:30 강기석* (*서울대*)

S2-2 Metal Halide Perovskite Materials for Solar Cells (*Keynote*)
13:30-14:00 석상일* (*UNIST*)

S2-3 Stretchable Hetero-nanostructures for Wearable Energy Storage Devices (*Invited*)
14:00-14:20 Sangbaek Park* (*KIST*)

S2-4 Complete Pb Recovery and Recycling from Perovskite Solar Cells Using Calcium Phosphate Nanomaterials (*Invited*)
14:20-14:40 Dong Hoe Kim[1,2*], So Yeon Park[3], Ji-Sang Park[4], Byeong Jo Kim[5], Aron Walsh[4,5], Kai Zhu[1], and Hyun Suk Jung[3]
([1]*National Renewable Energy Laboratory, USA*, [2]*Sejong Univ.*, [3]*Sungkyunkwan Univ.*, [4]*Imperial College London, UK*, [5]*Yonsei Univ.*)

14:40-15:00 Coffee Break

S2-5 Advanced Solid Oxide Cell for Power Generation and Storage (*Keynote*)
15:00-15:30 이종호*, 양성은, 지호일, 김형철, 윤경중, 손지원, 김병국, 이해원 (*KIST*)

S2-6 Sustainable Power Generation from Multifunctional Piezoelectric and Triboelectric Nanogenerators (*Keynote*)
15:30-16:00 김상우* (*성균관대*)

구두발표

Room 볼룸4



2019년 4월 11일(목)

S2-7 Synergistic Interface of Copper–Ceria for C–C Coupling Reactions in Electrocatalytic CO_2 Reduction (*Invited*)

16:00-16:20 이찬우[1,3*], 신승재[2], 정혜진[3], Dang Le Tri Nguyen[3,5], 이시영[3], 이웅희[3], 원다혜[3], 김민규[4], 오형석[3], 장태환[2], 김형준[2], 민병권[3,6], 황윤정[3]
(*[1]국민대, [2]KAIST, [3]KIST, [4]포항공대, [5]Duy Tan Univ., [6]고려대*)

16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 우도



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록

SW6. 4차산업혁명대응 바이오융합세라믹스
(Organizer: 박대환(경남대))

좌장: 박대환(경남대)

SW6-1 Multidisciplinary Research from Bio-convergence Ceramics (*Invited*)
08:30-09:00 박대환* (*경남대*)

SW6-2 Effect of Adipose-derived Stem Cell Sheets on Wound Healing (*Invited*)
09:00-09:15 양채은* (*연세대*)

SW6-3 Functional Nanomaterials for Disease Imaging Based on Magnetic Interaction (*Invited*)
09:15-09:30 최진실* (*한밭대*)

SW6-4 Surface-modified Magnetic Oxide Nanoparticles for Systems Molecular Imaging (*Invited*)
09:30-09:45 양재문* (*연세대*)

SW6-5 Super-resolution Microscopy via Tissue Expansion (*Invited*)
09:45-10:00 장재범* (*KAIST*)

10:00-10:10	개회식 (볼룸1)
10:10-10:50	기조강연(볼룸1) 좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)
10:50-11:30	기조강연(볼룸1) 좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1) 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)
11:50-13:00	Lunch
16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 마라



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록
	SW7. 세라믹소재기반 열재생기술연구회 워크숍 (Organizer: 서민수(KIER))

좌장: 명재하(인천대), 서민수(KIER)

SW7-1 소듐열전지 기술을 이용한 발전설비의 사업화 전략 (*Invited*)
08:30-09:00 김선화* (㈜한국에너지기술단)
SW7-2 열전기 직접변환 열재생기술
09:00-09:30 서민수* (*KIER*)
SW7-3 세라믹 기반 고온 전극/전해질 소재 및 공정 개발
09:30-10:00 명재하* (*인천대*)

10:00-10:10	개회식 (볼룸1)
10:10-10:50	기조강연(볼룸1) 좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)
10:50-11:30	기조강연(볼룸1) 좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1) 좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)
11:50-13:00	Lunch
16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 추자



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록

SW8. Electric Field Assisted Sintering연구회 워크숍
(Organizer: 한영환(Wuhan University of Technology), 황규홍(경상대))

좌장: 한영환(Wuhan University of Technology), 황규홍(경상대)

SW8-1 Dissolution Stability of Spark Plasma Sintered Hydroxyapatite (*Invited*)
08:30-08:45 이종국[1*], Zhao Jingming[2], 황규홍[3], 한영환[4] ([1]*조선대*, [2]*Liaoning Institure of Science and Technology*, [3]*경상대*, [4]*Wuhan University of Technology*)

SW8-2 플래시 소결법을 이용한 수산화아파타이트 소결체 제조 (*Invited*)
08:45-09:00 윤존도[1*], 김석영[2], 황창훈[1] ([1]*경남대*, [2]*영남대*)

SW8-3 Effects of Oxide Layer on the Bonding Strength of Dental Alloys with Porcelain Ceramics
09:00-09:15 황규홍[1*], 이종국[2], 권기훈[1] ([1]*경상대*, [2]*조선대*)

SW8-4 Recent Bio-Materials Consolidated by Electric Field Assisted Sintering
09:15-09:30 한영환[*] (*Wuhan University of Technology*)

SW8-5 Effect of Flash Sintering Temperature and Atmosphere on the Densification of Hydroxyapatite (*Invited*)
09:30-09:45 김석영[*], 김주성 (*영남대*)

SW8-6 In Vitro Biocompatibility of Graphene Nanoplatelet Reinforced Alumina
09:45-10:00 한영환[1*], 황규홍[2], Zhao Jingming[3] ([1]*Wuhan University of Technology*, [2]*경상대*, [3]*Liaoning Institure of Science and Technology*)

10:00-10:10	개회식 (볼룸1)
10:10-10:50	기조강연(볼룸1) 좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)
10:50-11:30	기조강연(볼룸1) 좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1) 좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)
11:50-13:00	Lunch
16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 비양



2019년 4월 11일(목)

08:00-17:00	등록
	SW9. Entrepreneurship in Ceramics (Organizer: 이승용(KIST))
	좌장: 이승용(KIST)
SW9-1 09:00-09:30	건설용 콘크리트 제조에서 포틀랜드 시멘트 대체를 위한 플라이애시 기반 경량 무기결합재의 개발 및 기술사업화 (*Invited*) 오재은* (*UNIST*)
SW9-2 09:30-10:00	SiC Honeycomb, 계속되는 도전 (*Invited*) 서기식[1*], 공영민[2] (*[1]진세라, [2]울산대*)
10:00-10:10	개회식 (볼룸1)
10:10-10:50	기조강연(볼룸1)
	좌장: 송인혁 박사(KIMS)
PL-1	**"우리 산업의 도전과 과제"** 백운규 교수(한양대)
10:50-11:30	기조강연(볼룸1)
	좌장: 권도균 교수(항공대)
PL-2	**"Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-Laser Deposition"** Prof. Danilo Suvorov(Jožef Stefan Institute)
11:30-11:50	학술상 기념강연 (볼룸1)
	좌장: 최지원 박사(KIST)
PR-1	**"Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area"** 박형호 교수(연세대)
11:50-13:00	Lunch
16:30-17:00	총회 (탐라홀)
17:00-18:00	포스터 집중 심사 시간 (2F, 8F 로비)
18:00-20:00	세라미스트의 밤(볼룸1+2+3+4)

구두발표

Room 탐라홀



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G1. 전자 세라믹스
(Organizer: 이종흔(고려대))

좌장: 이종숙(전남대)

G1-15 ITO 소결체 내 Sn 과량 나노클러스터의 생성거동
08:30-08:45 오성욱*, 김도겸, 허영우, 김정주, 이준형 (*경북대*)

G1-16 저온 Spin-Spray 증착으로 제작 된 Ga doped ZnO 투명 전도 막의 전기 및 광학 특성
08:45-09:00 박 철*, 김지훈, 서지연 (*공주대*)

G1-17 Electrical Characterization of Nitrogen Doped Al_2O_3 Films Based on Atomic Layer Deposition
09:00-09:15 김민재*, 강경문, Yue Wang, 박형호 (*연세대*)

G1-18 파이썬 코딩을 활용한 물리기반 모델의 임피던스 분광법 적용
09:15-09:30 이종숙[1*], Pham Thuy Linh[1], 신남수[2] ([1]*전남대*, [2]*딥솔루션*)

G1-19 Knittable and Wearable Gas Sensors Using Reduced Graphene Oxide, Molybdenum Disulfide Covered Carbon Fabrics Decorated with Metal Catalysts for Enhanced Selectivity
09:30-09:45 이충원*, 서준민 (*서울대*)

G1-20 Selective Sub-Ppm Level Xylene Detection Using $CoCr_2O_4$-Cr_2O_3 Hollow Spheres with Nanoscale Heterojunctions
09:45-10:00 김보영*, 윤지원, 임겨레, 박성현, 윤지욱, 이종흔 (*고려대*)

10:00-10:15 Coffee Break

G1-21 A Study of Low-Dielectric Composite Silica Aerogel Thin Films Strengthened by Organic Binders
10:15-10:30 이규연*, V. G. Parale, 김태희, 박형호 (*연세대*)

G1-22 Electrodeposited Co-based Catalysts on Si for Efficient Water Oxidation
10:30-10:45 이솔아*, 장호원 (*서울대*)

G1-23 Theoretical Investigation of the Catalytic Activity of Goethite (α-FeOOH) for the Electrochemical Water Oxidation
10:45-11:00 이태형[1*], 장호원[1], 이동화[2] ([1]*서울대*, [2]*포항공대*)

G1-24 Efficient Water Splitting Cascade Photoanodes with Ligand Engineered MnO Co-catalysts
11:00-11:15 이미경*, 장호원 (*서울대*)

G1-25 Formation of Surface Oxygen Vacancies Responsible for Interface Conductivity in a $LaAlO_3$ Thin Film on $SrTiO_3$ (111) Substrate
11:15-11:30 한경탁[1*], 최우선[1], 민태원[2], 정후영[3], 이재광[2], 오상호[1], 김영민[1] ([1]*성균관대*, [2]*부산대*, [3]*UNIST*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 한라홀



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G1. 전자 세라믹스
(Organizer: 이종흔(고려대))

좌장: 정대용(인하대)

G1-26 산소분위기 상압소결을 통해 제조된 PLZT 투명 세라믹스의 La 함량에 따른 광학 및 전기적 특성 평가
08:30-08:45 김정환*, 민유호, 안철우, 한병동, 윤운하, 최종진 (*KIMS*)

G1-27 과잉 Bi의 첨가량이 $0.67BiFeO_3$–$0.33BaTiO_3$의 미세구조와 압전 특성에 미치는 영향
08:45-09:00 차현애*, 이호창, 전재호 (*KIMS*)

G1-28 Reduced Graphene Oxide Composite based Flexible Films for Energy Harvesters (*Invited*)
09:00-09:30 Ji-Jae Hoon[1], Young-Ho Ko[2], Kyung-Ho Cho[2], Jung-Hyuk Koh[1*] ([1]*Chung-Ang Univ.*, [2]*Agency for Defense Development*)

G1-29 Magnetoelectrically-Coupled Room-Temperature Single-Phase Ferromagnetic-Ferroelectric Ceramics
09:30-09:45 조재현[1*], 이현재[1], 이년종[2], 이건주[1], 이주현[1], 황건태[3], 김상훈[2], 이준희[1], 조 욱[1] ([1]*UNIST*, [2]*울산대*, [3]*KIMS*)

G1-30 Atomic-Scale Study of Strain Relaxation in Pseudo-Cubic $BiFeO_3$ Thin Film
09:45-10:00 최우선[1*], 한경탁[1], 이현준[2], 조지영[2], 정후영[3], 김영민[1] ([1]*성균관대*, [2]*GIST*, [3]*UNIST*)

G1-31 Micro/Millimeter-wave Dielectrics of Indialite/Cordierite Glass Ceramics Applied to LTCC and Direct Casting Substrates (*Invited*)
10:00-10:30 Hitoshi Ohsato[1,2*], Jobin Varghese[1], Timo Vahera[1], Heli Jantunen[1] and Makoto Iwata[3]
([1]*University of Oulu, Finland*, [2]*Nagoya Industrial Science Research Institute, Japan*,, [3]*Nagoya Institute of Technology, Japan*)

G1-32 Fabrication of Piezoelectric Yarns with Core-Shell Structures and Characteristics of Energy Harvesting by Body Movements
10:30-10:45 지상현*,윤지선 (*KICET*)

G1-33 Enhanced Piezoelectric Properties of Textured Piezo-ceramics by Using Bi-template
10:45-11:00 강우석[1*], 이태곤[2], 강주희[3], 이주현[1], 김선우[2], 최강호[1], 남 산[2],조 욱[1] ([1]*UNIST*, [2]*고려대*, [3]*KIMS*)

G1-34 A New Type of Biocompatible Piezoelectric Thin Film Fabricated at Low Temperature by Electrophoresis Using Heterointerfaces of Inorganic Nanosheets
11:00-11:15 임미르*, 권상효, 남 산 (*고려대*)

G1-35 Effect of $BiAlO_3$ Addition on Microstructure and Piezoelectric Properties in $(K,Na)NbO_3$-based ceramics
11:15-11:30 Attaur Rahman[1*], 민유호[1], 황건태[1], 최종진[1], 김종우[1], 한병동[1], 조경훈[2], 김명호[3], 안철우[1] ([1]*KIMS*, [2]*금오공대*, [3]*창원대*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 오라홀



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00	등록

G2. 에너지 환경 세라믹스
(Organizer : 배중면(KAIST), 황해진(인하대))

좌장: 배중면(KAIST)

G2-24 Computational Search for Solid Solutions of SOFC Related Materials (*Invited*)
08:30-08:50 김영철*, 김기영, 조준영, 최인규 (*한기대*)

G2-25 Fabrication of Perovskite Oxide Thin Films and Nanostructures via an Electrodeposition-based Route for SOFC Applications *(Invited)*
08:50-9:10 이종원* (*조선대*)

G2-26 **고성능 저온형 고체산화물연료전지용 이중도핑 비스무스 산화물기반의 공기극의 개발** (*Invited*)
09:10-09:30 이강택* (*DGIST*)

G2-27 **용출 세라믹 소개와 에너지 소재로써의 전망** (*Invited*)
09:30-9:50 명재하* (*인천대*)

09:50-10:05	Coffee Break

좌장: 손지원(KIST)

G2-28 Active Ceramic Anode for Direct High-carbon Contained Fuel-typed SOFC (*Invited*)
10:05-10:25 신태호* (*KICET*)

G2-29 **탄화수소 연료를 위한 수소이온전도성 세라믹 연료전지의 세라믹 복합체 연료극 설계** (*Invited*)
10:25-10:45 박종성*, 신은경, Asraf Ali Shakila Parveen, Erdienzy Anggia (*명지대*)

G2-30 Exceptional Performance in Reversible Protonic Ceramic Electrochemical Cells (*Invited*)
10:45-11:05 최시혁* (*금오공대*)

G2-31 **Fluorite-perovskite 복합체를 이용한 세라믹 멤브레인의 산소투과성능 및 화학적-기계적 내구성** (*Invited*)
11:05-11:25 유지행[1*], 주종훈[2], 윤경식[1], 강은정[3], 이종흔[3], 박종혁[2], 김현진[1] ([1]*KIER*, [2]*충북대*, [3]*고려대*)

11:30-12:30	폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 아라홀



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G4. 나노융합 세라믹스
(Organizer: 이규형(연세대), 임재홍(가천대))

좌장: 임재홍(가천대)

G4-13 나노구조 세라믹스의 수소이온전도
08:30-08:55 박희정* (*단국대*)

G4-14 Inorganic 2D Materials beyond Graphene
08:55-09:20 김종영* (*KICET*)

G4-15 리튬이온배터리의 안전성 향상을 위한 세라믹 코팅 분리막
09:20-09:55 김용남*, 이동원, 이상헌 (*KTL*)

09:55-10:15 Coffee Break

좌장: 노종욱(경북대)

G4-16 ALD Enabled Synthesis of Nanostructured Materials and its Applications
10:15-10:40 권세훈* (*부산대*)

G4-17 Pattern Density Enhancement by Multi Patterning Lithography, assisted of Atomic Layer Deposition and Block Copolymer Self-Assembly
10:40-11:05 문형석* (*KITECH*)

G4-18 Synthesis of InP/ZnS(e) Quantum Dots and their Application in Display and Biology
11:05-11:30 방지원[1*], 김미성[1], 임미혜[2], 김성지[2] ([1]*KICET*, [2]*포항공대*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 볼룸2



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G3. 엔지니어링 세라믹스
(Organizer: 류도형(서울과기대), 한병동(KIMS))

좌장: 오윤석(KICET)

G3-14 서스펜션 플라즈마 용사법을 이용한 이터븀 다이실리케이트 환경차폐코팅의 제조와 특성평가 (*Invited*)
08:30-08:50 김성원[1*], 오윤석[1], 이성민[1], 김형태[1], Yoo Jung Sohn[2], Olivier Guillon[2], Robert Vaßen[2] ([1]*KICET*, [2]*Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich*)

G3-15 50Na2SO4 + 50V2O5 용융염 환경에서 YSZ/LZO 기반 열차폐 코팅의 열부식 거동
08:50-09:05 송도원[1*], 송태섭[1], 백운규[1], LYU GUANLIN[2], 김준성[2], 정연길[2] ([1]*한양대*, [2]*Changwon Nat'l Univ.*)

G3-16 Yb/Y Co-doped SiAlON의 결정립 성장 및 기계적 특성에 미치는 Yb Ion Redcution 효과
09:05-09:20 최재형*, 이성민, 김성원 (*KICET*)

G3-17 Sintering Behavior and Phase Transformation of LZ-YSZ Blended Composite Coating
09:20-09:35 LYU GUANLIN[1*], 박현명[1], 김준성[1], 송도원[2], 송태섭[2], 정연길[1] ([1]*Changwon Nat'l Univ.*, [2]*한양대*)

G3-18 불소염에서의 Mn doped YSZ의 화학적 열화 거동
09:35-09:50 조강희[1*], 김부영[1], 유재환[1], 신현규[2], 이희수[1] ([1]*부산대*, [2]*KTL*)

G3-19 FDM방식을 사용한 유리 3D 프린팅의 고온 헤드 모듈 설계
09:50-10:05 이혜지[1*], 김형준[1], 박진성[2], 한윤수[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

G3-20 서스펜션 플라즈마 스프레이법으로 제조된 이터븀실리케이트 환경차폐코팅의 고온산화거동에 미치는 미세구조 및 본드코팅의 영향
10:05-10:20 오윤석*, 류호림, 최 균, 이성민 (*KICET*)

10:20-10:30 Coffee Break

좌장: 신동근(KICET)

G3-21 Maximum Operating Temperature of Li_2TiO_3 Pebble Bed by Sintering Phenomenon
10:30-10:45 박이현*, 김종일, 안무영, 이영민, 조승연 (*국가핵융합연구소*)

G3-22 소결 첨가제 및 공정 제어를 통한 성능개선 UO2 핵연료 물성 평가
10:45-11:00 김정범*, 임광영, 나연수, 정태식, 주민제 (*한전원자력연료*)

G3-23 EPD와 hot-pressing을 통한 고밀도 고강도 SiC_f/Ti_3SiC_2 복합체 제조
11:00-11:15 권희진[1*], Pipit[1], Xiaobing Zhou[2], 윤당혁[1] ([1]*영남대*, [2]*NIMTE*)

G3-24 C/SiC 복합체의 치밀화를 위한 CFD 시뮬레이션 기반 홀더 설계
11:15-11:30 이재문[1,2*], 최 균[1], 이종흔[2] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

G3-25 열분해 탄소층의 결정화도가 세라믹 복합체의 기계적 성질에 미치는 영향
11:30-11:45 정영석[1*], 최 균[1], 윤호규[2] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

G3-26 Joining of SiC_f/SiC Composites with an in-situ Reaction of TiC/Ti_3SiC_2-SiCw Gradient Layer
11:45-12:00 Pipit[1*], 권희진[1], Xiaobing Zhou[2], 윤당혁[1] ([1]*Yeungnam Univ.*, [2]*NIMTE*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 볼룸3



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

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

좌장: 최용규(항공대)

G6-9 Effect of Structural Transition on Crystallization Behavior of Alumino-Boro-Silicate Glass (*Invited*)
08:45-09:15 조중욱*, 백지연 (*포항공대*)

G6-11 Li_2O-ZnO 계 상태도 실험 및 Li_2O-ZnO-SiO_2 계 열역학 데이터베이스 개발
09:15-09:30 천정민[1*], Bikram Konar[2], 정인호[1] ([1]*서울대*, [2]*McGill Univ.*)

G6-12 ZnO-SnO_2-SiO_2계 상태도 실험 및 열역학 모델링
09:30-09:45 이재성[1*], 권선용[2], 정인호[1] ([1]*서울대*, [2]*McGill Univ.*)

G6-13 Gd_2O_3 나노입자가 함유된 특수 광섬유의 교류 하에서의 자기광학 특성
09:45-10:00 이유승[1*], 주성민[1], 류용탁[1], 이석훈[1], 안용호[2], 한원택[1] ([1]*GIST*, [2]*한국전력공사 전력연구원*)

G6-14 극초단 레이저의 선택적 식각 유도를 이용한 유리의 3차원 자유 형상 가공
10:00-10:15 최지연[1*], 김성일[1], 김정태[2], 구치완[2], 정연호[2] ([1]*KIMM*, [2]*한밭대*)

G6-15 Assessing Topological and Energetical Contributions to Compositional Screening of Ternary Ge-Sb-Se Glasses for Use as Molded Lenses
10:15-10:30 이준호*, 최용규 (*항공대*)

G6-16 적외선 대역 결상 광학계용 Ge-Sb-S-Se 유리의 EXAFS 분광 분석
10:30-10:45 신상열[1*], 이준호[1], Hirokazu Masai[2], Toshiaki Ina[3], 최용규[1] ([1]항공대, [2]National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, [3]Japan Synchrotron Radiation Research Institute)

G6-17 알칼리 및 알칼리토금속 첨가 비율에 따른 Sodium Alumino-silicate Glasses의 화학강화 유리 물성
10:45-11:00 박경대[1*], 한가람[1], 최용규[2], 정운진[1] ([1]*공주대*, [2]*항공대*)

G6-18 슬러리 중의 Aluminum oxide 분말 지지체의 입자 형상에 따라 스프레이 공법에 의해 강화된 박판유리의 화학적 강화 특성
11:00-11:15 임현태[1,2*], 김선욱[1], 김진호[1], 이순일[2], 황종희[1] ([1]*KICET*, [2]*창원대*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 볼룸4



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G11. 제12회 세라믹스 표준화 심포지엄
(Organizer: 이희수(부산대), 김용남(KTL), 이선홍(KICET))

좌장: 이선홍(KICET)

08:30-08:35 인사말
TC206 파인세라믹스 의장 & 세라믹표준부회 회장 부산대 이희수 교수

G11-1 엑스선 영상촬영 시스템을 이용한 내한평 평가기술 표준화 연구
08:35-08:50 김동현[1*], 이정훈[2], 유동인[2], 손병서[1] ([1]*KICET*, [2]*부경대*)

G11-2 벌크형 열전소재의 고온 제벡계수 및 전기전도도 측정에 대한 표준화 연구
08:50-09:05 이동원[1*], 이상헌[1], 김용남[1], 이규형[2] ([1]*KTL*, [2]*연세대*)

G11-3 광촉매 특성평가 표준화 동향
09:05-09:20 최기인[*] (*KICET*)

G11-4 Development of Accelerated Life Test Method and its Standardization for DSA (*Invited*)
09:20-09:40 이태규[*] (*(주)나노팩*)

09:40-09:55 Coffee Break

09:55-10:00 인사말
산업통상자원부 국가기술표준원 과장

G11-5 Standardization on Chemical Analysis of Fine Ceramics in ISO/TC 206 and Introduction of Some Related CRMs (*Invited*)
10:00-10:20 Akiharu Hioki[*] (*AIST*)

G11-6 Standardized Tests for Antimicrobial Materials (*Invited*)
10:20-10:40 Hitoshi Ishiguro[*] (*Kanagawa Institute of Industrial Science and Technology*)

G11-7 글로벌기술표준 전문인력양성사업
10:40-11:00 이희수[*] (*부산대*)

G11-8 International Standardization for Test Method of Total Electrical Conductivity for Fine Ceramics
11:00-11:15 류지승[1*], 이희수[2], 신태호[1] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

G11-9 자외선유도 발광 이미지 분석에 의한 탄화 규소 단결정의 폴리타입 평가의 표준화
11:15-11:30 최형석[*] (*KICET*)

G11-10 평행 X선 빔을 가진 XRD를 이용한 단결정 박막의 결정성 품질 시험방법 국제표준화
11:30-11:45 이선홍[*], 고인환, 박기태 (*KICET*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 우도



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G5. 바이오 세라믹스
(Organizer: 이정헌(성균관대))

좌장: 이재승(고려대)

G5-16 DNA Derived Multi-functional Single Wall Carbon Nanotubes (*Invited*)
09:00-09:25 이정헌*, 김경일 (*성균관대*)

G5-17 바이오알콜산업 현황과 세라믹소재의 역할 (*Invited*)
09:25-09:50 이진형* (*KICET*)

G5-18 Nanoscale Applications of Optical Materials (*Invited*)
09:50-10:15 김동환* (*성균관대*)

좌장: 이정헌(성균관대)

G5-19 Synthesis of AgCl Nanoparticles and Their Plasmonic Replicas as Photocatalysts and SERS Probes (*Invited*)
10:35-11:00 이재승* (*고려대*)

G5-20 바이오 세라믹의 적층제조와 임상사례 (*Invited*)
11:00-11:25 홍승억* (*(주)엠에스알테크놀러지*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 마라



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G8. 전산재료과학 및 재료분석
(Organizer: 오민욱(한밭대))

좌장: 오민욱(한밭대)

G8-1 First-principles based Analyses on Sodium Solid Electrolyte $Na_{11}Sn_2PS_{12}$
08:45-09:00 오경배* (*서울대*)

G8-2 Electronic Band Structures of the Infinitely Adaptive Series $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$ by Using the Density Functional Theory Calculations (*Invited*)
09:00-09:30 박성진*, 류병기 (*KERI*)

G8-3 Polymorphic Expressions of Supported Low-dimensional MoO_x on Au(111) (*Invited*)
09:30-10:00 손알로이시우스*, 이태훈, 이윤재, 이기역 (*연세대*)

G8-4 *Ab initio* Calculations of Hall Factor for Thermoelectric Semiconductors
10:00-10:15 이동규[1]*, 김동희[1], 오민욱[2] ([1]*GIST*, [2]*한밭대*)

G8-5 Extension of GKA Superexchange Interactions of Degenerate Orbitals for Ferromagnetic Insulator
10:15-10:30 Rahman MD Mokhlesur*, 이재찬 (*성균관대*)

10:30-10:45 Coffee Break

좌장: 강영호(KIMS)

G8-6 *Ab-initio* Design of Isostructural Metal-insulator Trnasition in VO_2 (*Invited*)
10:45-11:15 정봉욱[1]*, 이대수[2], 엄창범[3], 이재찬[1] ([1]*성균관대*, [2]*서울대*, [3]*위스콘신대*)

G8-7 치환 영역 제한 방법과 유전 알고리즘을 이용한 $Ce_{1-x}Zr_xO_2$ 결정립계에서의 에너지적으로 안정한 Zr 분포
11:15-11:30 김기영*, 김영복, 최인규, 조준영, 김영철 (*한기대*)

G8-8 Chemical Bonding and Electronic Structure Analysis of Layered Hexagonal ZnIn2S4
11:30-11:45 이진호*, 이태훈, 장우선, 손알로이시우스 (*연세대*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 추자



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G7. 내화물 및 시멘트 세라믹스
(Organizer: 송명신(강원대))

좌장: 김원기(아세아시멘트)

G7-12 플라이 애쉬의 활성화 기법 및 활성분체의 현장적용에 관한 연구
08:30-08:45 서성관*, 추용식, 김 유 (*KICET*)

G7-13 수열합성법을 이용한 무기단열소재의 물리적 특성에 관한 연구
08:45-09:00 김태연*, 추용식 (*KICET*)

G7-14 질소 가스 흡착법에 의한 바텀애시 골재의 비표면적과 기공 특성 분석
09:00-09:15 이재승[1*], 이원준[2], 이진민[1], 이승헌[1] ([1]*군산대*, [2]*가천대*)

G7-15 C-S-H계 나노입자 함유 조강제의 시멘트 수화 촉진 메커니즘
09:15-09:30 정 용*, 유동우, 이승헌 (*군산대*)

G7-16 Hauyne-belite cement의 제조 및 수화반응 특성
09:30-09:45 전세훈*, 이웅걸, 김경남, 송명신 (*강원대*)

G7-17 순환유동층상 보일러 석탄회의 이온 용출에 따른 경화 특성
09:45-10:00 이웅걸*, 전세훈, 송명신, 김경남 (*강원대*)

10:00-10:15 Coffee Break

좌장: 송명신(강원대)

G7-18 Mortar-backbone Construction via Material Extrusion Additive Manufacturing
10:15-10:30 최한신[1*], 박진수[1], 김경택[1], 이호재[2] ([1]*KITECH*, [2]*한국건설기술연구원*)

G7-19 적층제조용 과립분말 초기경화를 위한 바인더 혼합비 최적화
10:30-10:45 전승엽[1*], 정보라[1], 김진우[1], 김태욱[1], 이희수[2], 김홍대[1] ([1]*KITECH*, [2]*부산대*)

G7-20 경화체의 기공구조에 의한 미세먼지 제거 가능성 검토 (*Invited*)
10:45-11:15 이승헌*, 이원준, 이재승 (*군산대*)

G7-21 북한의 시멘트 산업과 기술의 현황 (*Invited*)
11:15-11:45 김원기* (*아세아시멘트*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

구두발표

Room 비양



2019년 4월 12일(금)

08:00-11:00 등록

G10. 에너지 변환 세라믹스
(Organizer: 정성민(KICET))

좌장: 정성민(KICET)

G10-1 미스트 화학기상장치를 이용한 산화갈륨 박막 성장 연구 (*Invited*)
10:30-10:50 배시영* (*KICET*)

G10-2 Study on Oxide Ion Conductivity in $(Ba_{0.5-x}Sr_x)La_{0.5}InO_{3-\delta}$ Perovskite Structure by Molecular Dynamics Simulation (*Invited*)
10:50-11:10 황국진[1*], 신미영[1], 이희수[2], 이명현[1], 정성민[1], 신태호[1] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

G10-3 Single Crystal Growth Mechanism through the Step-bunching Behavior (*Invited*)
11:10-11:30 신윤지*, 정성민, 배시영, 이명현 (*KICET*)

11:30-12:30 폐회식(볼룸1) - 시상 및 경품 추첨

좌장: 이순일(창원대)

G10-4 에너지변환 세라믹소재 분야의 신뢰성 연구 동향 (*Invited*)
13:30-13:50 최형석* (*KICET*)

G10-5 Bulky Mesoporous Structure for Energy Conversion (*Invited*)
13:50-14:10 임영수* (*부경대*)

G10-6 발전 모듈용 열전소재 (*Invited*)
14:10-14:30 최순목[1*], 서원선[2] ([1]*한기대*, [2]*KICET*)

14:30-14:50 Coffee Break

좌장: 임영수(부경대)

G10-7 와이드밴드갭 반도체 벌크 단결정 성장기술 (*Invited*)
14:50-15:10 정성민* (*KICET*)

G10-8 Research Trends on Thermoelectric Modules and Applications (*Invited*)
15:10-15:30 이순일* (*창원대*)

G10-9 High-functionality Titanium Oxide Material throuth Band Gap Engineering (*Invited*)
15:30-15:50 정대수*, 서원선 (*KICET*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

G1. 전자세라믹스

P1-G1-1 Electrical Performance of Amorphous Thin Film Transistors with Gate Dielectric Multilayers Sandwiching High-k $CaCu_3Ti_4O_{12}$
정예슬*, 한찬수, 최홍제, 박재우, 조용수(*연세대*)

P1-G1-2 Single Crystal Perovskite Nanomembranes
김신익*, 백승협 (*KIST*)

P1-G1-3 Ta-doped HfO_2 High-k Dielectrics for Metal-Insulator-Metal Capacitor
김다미*, 유상임(*서울대*)

P1-G1-4 Effect of Graphene Intervention on Bending Fracture Behavior of Flexible Oxide Thin Films
김다빈*, 최홍제, 조용수(*연세대*)

P1-G1-5 액정을 게이트 유전체로 사용한 IGZO 전계효과 트랜지스터의 동작특성
김명언*, 김도겸, 박병진, 김정주, 허영우, 이준형(*경북대*)

P1-G1-6 Refinement of Gd2O3 trapped in the GdBa2Cu3O7-δ films fabricated by the RCE-DR process
박인성[1*], 오원재[1], 이재훈[2], 문승현[2], 유상임[1] ([1]*서울대*, [2]*(주)서남*)

P1-G1-7 Effect of dopant on phase synthesis and ion conductivity of sintered K-β" Alumina ion conductor prepared by Hot press method
김도겸*, 허영우, 김정주, 이준형(*경북대*)

P1-G1-8 Effect of Post-Annealing on the Superconducting Properties of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Coated Conductors by the RCE-DR Process
오원재[1*], 박인성[1], 이재훈[2], 문승현[2], 정국채[3], 유상임[1] ([1]*서울대*, [2]*(주)서남*, [3]*KIMS*)

P1-G1-9 Promoting Energy Storage and Thermal Stability of Quasi-relaxor PLZT Thick Films through Aerosol Deposition and Adding BZN
정한보*, 정대용 (*인하대*)

P1-G1-10 ITO 소결체 내 Sn의 불균일한 분포와 Sn 고용량의 재해석
오성욱*, 김도겸, 허영우, 김정주, 이준형 (*경북대*)

P1-G1-11 Suppression of Dielectric Loss at High Temperature in $(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO_3$ Ceramic
이주현*, 이건주, 조 욱 (*UNIST*)

P1-G1-12 스프레이코팅방법에 의한 유 · 무기 복합 보호막의 특성
이상희*, 장호정 (*단국대*)

P1-G1-13 Fabrication of Dense 0.985KNN- 0.015BCuN Single Crystal Film through Aerosol Deposition and Solid-state Single Crystal Growth
김기현[1*], 임지호[1], 정대용[1], 박춘길[1], 공영민[2] ([1]*인하대*, [2]*울산대*)

P1-G1-14 Outstanding Chemical Sensing Characteristics of Vertically Self-Formed 2D SnS_2 Channel Device
김태현[1*], 김채은[2], 박준철[2], 안지훈[2], 조병진[1] ([1]*충북대*, [2]*해양대*)

P1-G1-15 Thickness Dependence of Electrical Properties in $Pb(Zr_{0.4}Ti_{0.6})O_3$ by Pulsed Laser Deposition
조아영*, 최택집, 이호진, 이준봉 (*세종대*)

P1-G1-16 Enhanced Dielectric Properties of 2-D Mica Nanosheets/P(VDF-TrFE-CFE) Nanocomposites for Pulsed Power Capacitors Fabricated by Tape Casting and Hot Press Method
고유민*, 권도균, 신회섭, 송태영, 장현배 (*항공대*)

P1-G1-17 Polymorphic Phase Transition in $BaTiO_3$ by Ni Doping
Duong[1*], 배종성[2], 전종철[3], 임소연[4], 오수한[5], Muhammad Sheeraz[1], 최진산[1], 고재현[5], 양상모[4], 김규현[3], 김일원[1], 안창원[1], 김태헌[1] ([1]*UNIST*, [2]*KBSI*, [3]*KITECH*, [4]*숙명여대*, [5]*한림대*)

P1-G1-18 Stress-Induced Electrostrain in Bismuth Based Relaxor-Ferroelectric Composites at Low Driving Field
Muhammad Sheeraz*, Abdul Khaliq, 김태헌, 김일원, 안창원(*울산대*)

P1-G1-19 Piezoelectric Properties of Textured PMN-PT for Energy Harvesting Materials.
강우석[1*], 이태곤[2], 강주희[3], 이주현[1], 김선우[2], 최강호[1], 남산[2], 조 욱[1] ([1]*UNIST*, [2]*고려대*, [3]*KIMS*)

P1-G1-20 Highly Sensitive and Stretchable Strain Sensor Based on Three-Dimensional Continuous Conductive Nanonetwork
조동휘[1*], 심영석[2], 김기선[1], 남상현[1], 현가예[1], 함영진[1], 전석우[1] ([1]*KAIST*, [2]*KIST*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G1-21 Inducing Multiferroic Properties at Room Temperature in Pseudo-Cubic System Through a Forced Local Distortion
조재현[1*], 송 경[2], 류정호[3], 조 욱[1] ([1]*UNIST*, [2]*KIMS*, [3]*영남대*)

P1-G1-22 Optimization of Chemical Mechanical Polishing Process for Bulk AlN Single Crystal Substrate Grown by PVT Method
강효상[1,2*], 이주형[1], 박재화[2], 박철우[1], 이희애[1], 인준형[1], 이승훈[1], 강승민[3], 심광보[1] ([1]*한양대*, [2]*에임즈마이크론(주)*, [3]*한서대*)

P1-G1-23 Study on the Variation of Surface Morphology and Residual Stress after Various Thermal Annealing Condition of Grown GaN Substrate by HVPE
이희애[1*], 박재화[2], 이주형[1], 인준형[1], 이승훈[1], 강효상[1,2], 심광보[1] ([1]*한양대*, [2]*에임즈마이크론(주)*)

P1-G1-24 **적층 세라믹 칩 콘덴서 내부 전극용 나노 사이즈 니켈 분말 제조를 위한 미립화 조건 최적화 연구**
임태협[1*], 김효준[1], 한혜진[2], 표정석[1,3], 이재성[1], 이선영[1] ([1]*한양대*, [2]*(주)솔루에타*, [3]*(주)휴켐*)

P1-G1-25 Enhanced Exchange Bias Effect by Modulating Relative Ratio of Magnetic Ions in Y2Co2-xMnxO6 (x = 1.0-1.9)
오동건*, 오상협(*연세대*)

P1-G1-26 Nonlinear Magnetodielectric Effect of Disordered perovskite $HoCr_{0.5}Fe_{0.5}O_3$: Role of Magnetic Rare-earth Lons
신현준*(*연세대*)

P1-G1-27 Chronoamperometry-based Redox Cycling for Application to Immunoassays
박준희*, Song Zhiquan, 이가연, 변재철(*연세대*)

P1-G1-28 Characterization of Orientation Controlled 1D-Barium Titanate Nanorod
이승용*, 왕지은, 김도경 (*KAIST*)

P1-G1-29 Investigating Dielectric Properties of Single-layer Dielectric Nanosheet
임해나[1*], 류소연[1,2], 최지원[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*)

P1-G1-30 Ultraselective and Sensitive Xylene Sensor Using Pt-doped $CoCr_2O_4$ Hollow Sphere for Monitoring Indoor Air Quality
이건호*, 김보영, 윤지욱, 이종흔 (*고려대*)

P1-G1-31 Sensor Arrays Consisting of Pure and Fe-doped In_2O_3 Nanofibers for Discriminative Detection of Indoor Volatile Organic Compounds
박성현*, 이철순, 김보영, 조영무, 이종흔 (*고려대*)

P1-G1-32 Room-temperature Gas Sensors through Ionic-activated Sensing Mechanism
송영근[1,3*], 이승엽[2], 김광수[1], 주병권[3], 강종윤[1] ([1]*KIST*, [2]*KU-KIST*, [3]*고려대*)

P1-G1-33 **IoT 센서를 이용한 에너지 변환 세라믹 소재의 물성 측정과 저장 시스템 구축**
이학성[1*], 이석록[1], 김은아[1], 이채영[2], 정승훈[2], 문경석[2] ([1]*KIMS*, [2]*경상대*)

P1-G1-34 **실시간 광학 검사법을 이용한 ALD 공정으로 보호된 Li 금속의 산화 거동 연구**
이규현*, 김보람, 우상길, 유지상, 김형근 (*KETI*)

P1-G1-35 The Electrical Characteristics of Ni-$BaTiO_3$ based MLCC with Operating Temperature
서석노*, 최재원, 김민기, 윤중락 (*삼화콘덴서*)

P1-G1-36 **Ho^{3+}, Yb^{3+} 이온이 치환된 Yttrium Oxyfluoride 형광체의 온도와 플라즈몬 의존현상 연구**
박창일*, 박상문 (*신라대*)

P1-G1-37 **Ce^{3+} 치환된 오르소실리케이트계 형광체의 구조에 따른 선택적 발광 특성 연구**
양성준*, 신승용, 박상문 (*신라대*)

P1-G1-38 Piezoelectric Energy Harvesting Characteristics of Carbon Nanotube-Embedded Nanofibers
김지호*, 김승원, 조용수 (*연세대*)

P1-G1-39 Plasmonic-Enhanced Luminescence Characteristics of Printed Phosphor Nanostructures
권오현*, 장진우, 정예슬, 박관현 (*연세대*)

P1-G1-40 WO_3/$BiVO_4$ Core-shell Nanostructure Photoanodes with High Stability by All-solution Process for Solar water Splitting
이보름*, 이미경, 박훈기, 이솔아, 이태형, 장호원 (*서울대*)

P1-G1-41 Giant Dielectric Constant and Tunable Phase-Transition Characteristics of ZnF_2/BaF_2-Modified $BaTiO_3$ Thick Films
오효찬*, 박선재, 조용수 (*연세대*)

P1-G1-42 Epitaxial Growth of β-Ga_2O_3 Thin Films for Power Semiconductor Device by Pulsed Laser Deposition
최형진*, 김신익, 백승협 (*KIST*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G1-43 In Situ Stress-Driven Optical Modulations in Flexible Narrow Bandgap Semiconductor Films
장진우*, 김다빈, 이승민, 장우선, 손알로이시우스, 조용수 (*연세대*)

P1-G1-44 **알칼리원소 함량 제어가 0.95($K_{0.5-x}Na_{0.5-x}$)NbO_3-0.05$BaTiO_3$ 압전세라믹의 소결거동에 미치는 영향**
정재훈*, 유일열, 하수진, 조경훈 (*금오공대*)

P1-G1-45 Prestress-Driven Optical Modulations of Flexible Zinc Oxide Thin Films
최홍제*, 장우선, 정예슬, 조용수 (*연세대*)

P1-G1-46 Photoluminescence Properties of CH3 NH3(Sn_xPb_{1-x})Br_3 Halide Perovskite.
하휘헌[1*], 이시홍[1], 채원식[2], 이상욱[1], 김정주[1], 이준형[1], 허영우[1] ([1]*경북대*, [2]*KBSI*)

P1-G1-47 Highly Selective and Sensitive at Room Temperature of SnO_2 Nanowire Sensors for Detection of NO_2 Gas under Violet illumination
팜티엔홍*, 풍딘호앗, 이상욱, 이준형, 김정주, 허영우 (*경북대*)

P1-G1-48 High-performance Gas Sensors based on Vertically Growth 2D-SnS_2 Nanoflake Deposited by ALD
김광수[1*], 송영근[1,2], 편정준[1,2], 이승엽[1], 김성근[1], 강종윤[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*)

P1-G1-49 Synergistic Effects on p-n Heterojunction of W-decorated NiO Nanowires to Detect NO2
이승엽[1*], 송영근[2,3], 김광수[1], 강종윤[3] ([1]*KU-KIST융합대학원*, [2]*고려대*, [3]*KIST*)

P1-G1-50 Microwave Dielectric Properties of $Zn_{1.9-x}Mg_xSiO_{3.9}$ ($0 \le x \le 0.1$) Ceramics
정종석*, 김응수 (*경기대*)

P1-G1-51 Microwave Dielectric Properties of $CaW_{1-x}(Mo_{1/2}Te_{1/2})_xO_4$ ($0.01 \le x \le 0.09$) Ceramics
김주현*, 김응수 (*경기대*)

P1-G1-52 Development of $Zr_{0.8}Sn_{0.2}TiO_4$ Ceramics Substrate Filter by No-calcination process
박윤식[1*], 김응수[1], 노승현[2] ([1]*경기대*, [2]*(주)알에프엠엔씨*)

P1-G1-53 Microwave Dielectric Properties of $Mg_{2-x}Co_xSiO_4$ ($0 \le x \le 0.05$) Ceramics
박윤식*, 조현우, 김응수 (*경기대*)

P1-G1-54 All Solid State Li thin Film Battery with Li($Mn_{x-0.1}Ni_{1-x}Co_{0.1}$)$O_2$ Cathode Explored by CCS-sputtering
최지원* (*KIST*)

P1-G1-55 **단일단계 동시증발공정법을 이용한 CIGS 기반의 반투광형 태양전지 연구**
신민정*, 조아라, 김기한, 안승규, 박주영, 유진수, 정인영, 윤재호, 곽지혜, 조준식 (*KIER*)

P1-G1-56 **PVA폴리머 용액법-대기 플라즈마 용사법을 이용한 구형의 YAG:Ce^{3+} 형광체 분말의 합성과 발광특성**
김용현*, 이상진 (*목포대*)

P1-G1-57 **적층 압전 액츄에이터의 Binder burn-out 산소 분압이 동시 소성에 미치는 영향**
김재혁[1*], 김시연[2], 여동훈[2], 신효순[2], 남 산[1] ([1]*고려대*, [2]*KICET*)

P1-G1-58 **전기장의 크기가 (Bi,Na)TiO_3-$SrTiO_3$ 세라믹스의 전기열량효과에 미치는 영향**
김빛찬*, 허진혁, 김정석, 천채일(*호서대*)

P1-G1-59 Novel Carrier Accumulation Strategy: Carrier Injection Llight Emitting Quantum well Devices for Generation of Trion at Room Temperature
류희제[1*], 권준영[1], 이관형[2] ([1]*연세대*, [2]*서울대*)

P1-G1-60 Development of Reduced Graphene Oxide Electrode for EDLC by 2-step Process
장현배*, 권도균, 신회섭, 고유민, 송태영 (*항공대*)

P1-G1-61 Organically Modified Silica Aerogels Bridged With Dioxybenzene Linker with limproved Texture and Mechanical Properties
이규연*, Qi Wang, D. B. Mahadik, 박형호 (*연세대*)

P1-G1-62 Characterization of Halogen Anion (fluorine) Doped ZnO films Based on Atomic Layer Deposition
김민재*, 강경문, Yue Wang, 박형호 (*연세대*)

P1-G1-63 Fabrication of Ag@Ga_2O_3 Hybrid Type Wide Band Gap Photocatalyst for Enhanced Decomposing VOCs.
송태영*, 권도균, 고유민, 신회섭, 장현배 (*항공대*)

P1-G1-64 An Evaluation of Densification of Nanocrystal Thin Films by UV Treatment
김태희*, 한우제, 박형호 (*연세대*)

포스터발표

Poster-I

2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G1-65 High Energy-storage Density of $Bi_{0.5}(Na_{0.82}K_{0.18})TiO_3$ - based thin Films
Nguyen Bich Thuy*, 채송아, 김일원, 안창원, 조신욱, 김태헌 (*UNIST*)

P1-G1-66 Development and Evaluation of Energy Harvester in Wireless Vibration Sensor Node for Diagnosis of Conveyor Belt System in Thermal Power
김창일*, 권태형, 여서영, 정영훈, 백종후 (*KICET*)

P1-G1-67 Sb_2O_3 함량이 ZnO - Zn_2BiVO_6계 바리스터의 소결과 전기적 특성에 미치는 영향
하만진[1*], 남 산[2], 홍연우[1] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

P1-G1-68 망간산화물의 첨가가 PZT-PZNN 세라믹스의 압전 및 발전 특성에 미치는 영향
고수환[1*], 한승호[2], 강형원[2], 김정석[1], 천채일[1] ([1]*호서대*, [2]*KETI*)

P1-G1-69 SnO_2 Nanovolcanos for Diagnosis of Colorectal Cancer with Extreme Selectivity to Methyl Mercaptan in Flatus
심영석[1*], 강종윤[1], 장호원[2], 전석우[3] ([1]*KIST*, [2]*서울대*, [3]*KAIST*)

P1-G1-70 Piezoelectric Properties of $0.77Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.23Sr(Ti_{1-x}Al_x)O_3$ Lead-free Piezoelectric Ceramics
김성원* (*KICET*)

P1-G1-71 Investigating High-power Lithium Micro-battery by Interface Modification with 2-D Dielectric Nanosheet
임해나*, 최지원 (*KIST*)

P1-G1-72 Geometrically-induced Anisotropic Poisson"s Ratios in $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ Single Crystals
김황필[1*], 이호용[2], 조 욱[1] ([1]*UNIST*, [2]*선문대*)

P1-G1-73 Synthesis and Dielelctric Properties of $KSr_{2(1-x)}A_{2x}B_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$ Ceramics for Nanosheets
류소연[1,2*], 남 산[2], 최지원[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*)

P1-G1-74 Piezoelectric Chracteristics and Structural Analysis of Bi-based Lead-free Piezoelectirc Ceramics for Actuator
정승재*, 김성원, 정영훈, 백종후, 조정호 (*KICET*)

P1-G1-75 Optimization of Grinding Process for bulk AlN Wafer Grown by PVT
이주형[1*], 박재화[2], 박철우[1], 강효상[1,2], 이희애[1], 인준형[1], 이승훈[1], 심광보[1] ([1]*한양대*, [2]*에임즈마이크론(주)*)

P1-G1-76 Effect of In2O3 Nanoparticles Synthesized at Different Reaction Time on CO Gas Sensing Properties
황진아[1*], 전명표[2], 주병권[1] ([1]*고려대*, [2]*KICET*)

P1-G1-77 Test and Evaluation of Electronic Ceramics Components for Application to Satellite
전민석*, 이재훈, 김경희, 임태준 (*KTL*)

P1-G1-78 SiNx thin Film Anode for Transparent Lithium ion Batteries
이현석[1*], 김광범[2], 최지원[1] ([1]*KIST*, [2]*연세대*)

P1-G1-79 Liquid Exfoliated MoS2 Nanosheet Thin Films For Enhanced Electronic Properties
류아롬*, 최지원 (*KIST*)

P1-G1-80 PZT-PZNN 조성의 저온 소결에 대한 첨가제의 영향
최정식[1*], 이창현[2], 신효순[1], 여동훈[1], 이준형[3] ([1]*KICET*, [2]*고려대*, [3]*경북대*)

P1-G1-81 Embedded heater 적용을 위한 인쇄 공정 최적화
이나영*, 김성후, 여동훈, 신효순 (*KICET*)

P1-G1-82 Impact of Milling Time on Structure and Magnetic Properties of Fe-Si Alloy Prepared by Planetary Ball Milling
이지은*, 허석환, 구본흔 (*창원대*)

P1-G1-83 The Investigation of Electrical, Optical Properties and Chemical Stability in oxide/Ag-based alloy/oxide Multilayer for TCO Applications
장주희*, 최지원 (*KIST*)

P1-G1-84 기계의 실시간 동작 상태 모니터링을 위한 압전 자가 발전 기반 LED 알람 모듈 개발
김창일[1*], 권태형[1], 여서영[1], 정영훈[1], 최범진[2], 한지광[3], 백종후[1] ([1]*KICET*, [2]*센불*, [3]*(주)진우소프트이노베이션*)

P1-G1-85 $BaTiO_3$ 세라믹에서의 입성장 거동
이창주* (*삼성전기*)

P1-G1-86 Manufacturing Method of Zinc Oxide Nanopods using Microwave
이종혁[1*], 전명표[1], 주제욱[2] ([1]*KICET*, [2]*영일프레시젼*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G1-87 Synthesis of (Bi,Na)TiO_3-based Ceramics and Their Piezoelectric Properties
부상돈*, 김은영 (*전북대*)

P1-G1-88 Energy Generation by Vertically Aligned Piezoelectric Perovskite Nanowire Array on Flexible Conducting Substrate
권유정*,이재훈,마희승,박귀일 (*경북대*)

P1-G1-89 **공장 설비 진단용 압전 자가 발전 모듈**
조유리[1*], 강형원[1], 한승호[1], 김대수[1], 조경훈[2] ([1]*KETI*, [2]*금오공대*)

P1-G1-90 **비화학양론적 $Bi_{1\pm x}FeO_{3\pm\delta}$와 Ti가 첨가된 $BiFeO_3$의 소결조건에 따른 미세구조 변화**
배지희*, 박진모, 김준찬, 김명호, 이순일 (*창원대*)

P1-G1-91 Effects of Te^{6+} Substitution on the Microwave Dielectric Properties of $CaMo_{1-x}Te_xO_4$ ($0.01 \le x \le 0.09$) Ceramics
김주현*, 김응수 (*경기대*)

P1-G1-92 Microwave Dielectric Properties of $Zn_{1.9-x}Co_xSiO_{3.9}$ ($0 \le x \le 0.1$) Ceramics
정종석*, 김응수 (*경기대*)

P1-G1-93 The Effect of Silica Nanoparticles on Photo-curable Resins for 3D Printing
정과정*, 양현승, 박성대, 이우성 (*KETI*)

P1-G1-94 **ALD-Sputter 적층 공정을 통한 투명 전극 및 봉지 일체형 유연 필름 제조 연구**
김보람*, 이규현, 장세홍, 김형근 (*KETI*)

P1-G1-95 **광경화 거동이 제어된 3D 프린팅 레진 제작 및 복합**
윤재영*, 양현승, 박성대, 이우성 (*KETI*)

P1-G1-96 Hybrid Flexible Nanocomposite made of Perovskite Nanostructures and Piezopolymer for Energy Harvesting Application
함성수*, 현동열, 마희승, 박귀일 (*경북대*)

P1-G1-97 Microwave Dielectric Properties and Crystal Structure of $ZrTiO_4$ Ceramics Based on Cooling rate of Sintering Process
조현우*, 김응수 (*경기대*)

P1-G1-98 Effect of Non-stoichiometric Composition on Microwave Dielectric Properties of $Mg_{2+x}Ti_{0.95}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}O_4$ ($-0.02 \le x \le 0.14$) Ceramics
박윤식*, 김응수 (*경기대*)

G4. 나노 융합 세라믹스

P1-G4-1 A Study on Adsorption Property of CN^- and ($[Ni(CN)_4]^{2-}$) of MgAl Layered Double Hydroxides from Aqueous Solution
유수빈[1*], 박지영, 조홍백, 좌용호 (*한양대*)

P1-G4-2 Fabrication of Large Scale Woodpile Photonic Crystal Using Multilevel Phase Mask
남상현[1*], 박준용[2], 전석우[1] ([1]*KAIST*, [2]*금오공대*)

P1-G4-3 Band Convergence in n-type $Cu_{0.008}Bi_2Te_{3-x}Se_x$
추성실[1*], 김현식[2], 김상일[1] ([1]*서울시립대*, [2]*홍익대*)

P1-G4-4 Electrical and Thermal Transport Properties of S- and Te- doped InSe alloys
김지일[1*], 김현식[2], 김상일[1] ([1]*서울시립대*, [2]*홍익대*)

P1-G4-5 WSe_2 Nanosheets for Hydrogen Evolution Reactions by a Low Temperature Sputtering Technique
남재현[1*], 장혜연[1], 최승목[2], 조병진[1] ([1]*충북대*, [2]*KIMS*)

P1-G4-6 High-resolution Multi-material Pattern-formation Method Via Nanotransfer Printing
박태완*, 박운익 (*KICET*)

P1-G4-7 Fabrication of Piezoelectric Pressure Sensors Using Solution-Processable Nanoparticle Inks
정숙인*, 이은정, 조예진, 정성묵, 이수연, 최영민, 정선호 (*KRICT*)

P1-G4-8 Implementation of Self-Driven 2D MoS_2/Si Heterojunction Photodetector Using a Reactive RF Sputtering
장혜연*, 남재현, 조병진 (*충북대*)

P1-G4-9 3D-Printed Electrical Circuits and Origami Electronics Using Percolative Metallic Doughs
조예진[1,2*], 정성묵[1], 최영민[1], 정선호[1] ([1]*KRICT*, [2]*UST*)

P1-G4-10 High-Performance Auxetic Structured Stretchable Conductor Based on Ag Composites
한설희*, 최영민, 이수연, 정성묵, 정선호 (*KRICT*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G4-11 Mg_2Si-based Thermoelectric Ceramics with Enhanced Fracture Toughness by Introduction of Dual Nanoinclusions
김관식*, 임현준, 이규형, 이우영 (*연세대*)

P1-G4-12 Gold-Nanoparticle-Coated Magnetic Beads for Sample Concentration and Lonization for Laser Desorption/Ionization (LDI) Mass SpectromEtry
김문주*, 박종민, 노주윤, 윤태경, 변재철 (*연세대*)

P1-G4-13 열간 압출 공정을 통한 Bi-Te 계 열전소재 성능 증대
김희림[1*], 이규형[1], 김용남[2], 김성웅[3] ([1]*연세대*, [2]*KTL*, [3]*성균관대*)

P1-G4-14 전기전도도 및 제벡계수 온도 의존성 측정
김민영[1*], 이규형[1], 김용남[2], 이동원[2] ([1]*연세대*, [2]*KTL*)

P1-G4-15 Upconversion Nanoparticle/Siloxane Hybrid Composite with Highly Stable Photoluminescence Againt Heat and Moisture
장준호*, 국수근, 박찬범, 배병수 (*KAIST*)

P1-G4-16 고압 열 증착법을 이용한 구리 산화물 나노 기공 구조 제조
이은지*, 민준기, 정동욱, 권정규, 유상우 (*경기대*)

P1-G4-17 서로 다른 물질로 구성된 발광층을 갖는 독특한 전계 발광 소자
오성근*, 김지완, 김문본 (*경기대*)

P1-G4-18 High Responsivity Phototransistors With Large area CVD-graphene on SiO_2/Si
이정상[1*], 인재현[1], 주현수[1], 김상식[2], 이전국[1] ([1]*KIST*, [2]*고려대*)

P1-G4-19 고효율 및 높은 안정성의 In(Zn,Ga)P/ZnSeS/ZnS 양자점
손민지[1], 방지원[2], 이윤기[1] ([1]*경상대*, [2]*KICET*)

P1-G4-20 퀀텀닷과 인광 도펀트를 이용한 하이브리드 자발광 소자에 대한 연구
주소은*, 김지완, 문아람 (*경기대*)

P1-G4-21 Luminescent Properties of Red Emitting $Ca_3ZrSi_2O_9:Eu^{3+}$ Phosphor Synthesized by Microwave Irradiation
홍우태[1*], 정종원[1], 양현경[1], 문병기[1], 제재용[2] ([1]*부경대*, [2]*동의과학대*)

P1-G4-22 Monolayer Assembly Enabling Uniformly Stacked Multilayers for Supercapacitors
박영근*, 서호준, 문건대 (*KITECH*)

P1-G4-23 Synthesis of Superparamagnetic Fe_3O_4@SiO_2@Polydopamine Spheres Through Solvothermal Method
정은진*, 임은미, 문건대 (*KITECH*)

P1-G4-25 Engineering of Graphene by Epitaxial Growth of MoO_3
김한결[1*], 김종훈[1], 이관형[2] ([1]*연세대*, [2]*서울대*)

P1-G4-26 금형 무전해 Ni-P 복합도금의 물리적 특성 연구
변영민[1*], 윤진두[2], 서선교[3] ([1]*한국건설생활환경시험연구원*, [2]*동진금속*, [3]*유림티앤시*)

P1-G4-27 Highly flexible Graphene-polydimethylsiloxane Pressure-strain Sensors with Proximity-sensing Capability
김민정[1*], 이관형[2] ([1]*연세대*, [2]*서울대*)

P1-G4-28 가시광-근적외선 발광 Cu-In-S 양자점 합성 및 표면 패시베이션 연구
김종훈*, 윤석영, 조대연, 조정호, 이선형, 양희선 (*홍익대*)

P1-G4-29 Mn 도핑을 통한 Zn-Cu-Ga-S 양자점 발광 특성 제어 및 전계발광 소자 제작
김종훈*, 김경혜, 한창열, 장은표, 양희선 (*홍익대*)

P1-G4-30 Effect of Purification Process for Inorganic ZrO_2-nanoparticle Electron Transport Layer on Quantum Dot Light Emitting Diode
오민석[1*], 양태경[1,3], 김윤수[1,2], 김지완[3] ([1]*KETI*, [2]*고려대*, [3]*경기대*)

P1-G4-31 Development of Fluorinated High-k Dielectric Material for Printed Thin Film Transistor
오민석*, 유병욱, 김성집 (*KETI*)

P1-G4-32 나노결정기반 가시광 광대역 흡수체 제조 연구
홍성훈* (*ETRI*)

P1-G4-33 Image Sensor Array for Digital X-ray Imaging System
오민석[1*], 김현재[1,2], 박희진[1], 정주리[1], 유병욱[1] ([1]*KETI*, [2]*고려대*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G4-34 Threshold Voltage Tuning in Multilayer MoS_2 Transistors Via Fluorine-based Plasma Treatment
오민석[1*], 유건욱[2] ([1]*KETI*, [2]*숭실대*)

P1-G4-35 Si Nanosheets-carbon Textile Composite Electrode for Foldable Li-ion Batteries
박상원[1*], 하정훈[2], 조병원[2], 최헌진[1] ([1]*연세대*, [2]*KIST*)

P1-G4-36 화학 기상 증착법을 이용한 2차원 단일층 황화게르마늄 나노시트의 합성과 분석
유재현[*], 이재준, 박상원, 최헌진 (*연세대*)

P1-G4-37 Improvement in Performance of IGZO-Based TFT on Flexible Polyimide Substrate by Using Electron-Beam-Irradiation
김봉호[1*], 권순형[1], 김동욱[1], 곽준섭[2], 김용환[3], 윤영준[1] ([1]*KICET*, [2]*순천대*, [3]*(주)인포비온*)

P1-G4-38 CVD 박막공정에서 UV-Raman spectroscopy를 이용한 in-situ분석
유은성[1*], 전재성[1], 김재훈[1], 박춘근[1], 심광보[2], 허 훈[1] ([1]*KITECH*, [2]*한양대*)

P1-G4-39 콜로이드 금 나노입자를 활용한 포스핀 전기화학센서
김창열[*], 이효희 (*KICET*)

P1-G4-40 ab-initio 분자동력학을 이용한 α-Li_3PS_4의 리튬이온 전도 연구
김지수[*], 정으뜸, 최성준, 손지원, 김병국, 이종호, 김형철 (*KIST*)

P1-G4-41 Electrically Conducting and Mechanically Strong Graphene-Polylactic Acid Composites for 3D Printing
정재환[*], 김미래 (*연세대*)

P1-G4-42 WSe_2 Light-emitting Field-effect Transistors with Multi-operation Modes
권준영[1*], 신준철[2], 류희제[2], 이재윤[3], 이철호[3], 이관형[2] ([1]*연세대*, [2]*서울대*, [3]*고려대*)

P1-G4-43 Functionalized Ce^{3+}-doped Oxyfluoride Ceramic Phosphor luminescence Properties by Various Ce^{3+} Ion Concentrations
정종원[*], 박진영, 박성준, 양현경 (*부경대*)

P1-G4-44 Fabrication of 3-Dimensional Percolated h-BN/PMMA Comopsoite and Their Heat Dissipation Property
류승한[*], 조홍백, 좌용호 (*한양대*)

P1-G4-45 Highly Ordered Silica Nanoparticles in Sub-20 nm Nanomesh Structure
박운익[*] (*KICET*)

P1-G4-46 Intensive Pulsed Light (IPL) 공정을 적용한 산화물 박막 트랜지스터 소자 구현 기술 개발
오민석[1*], 김현재[1,2], 박희진[1], 정주리[1], 양태경[1,3], 김윤수[1,2], 주병권[2] ([1]*KETI*, [2]*고려대*, [3]*경기대*)

P1-G4-47 Electrostatically Assembled Silicon-Carbon Composites Employing Amine-Functionalized Carbon Intra-Interconnection for Li-Ion Battery Anodes
채창주[*], 최영민, 김도엽, 정선호 (*KRICT*)

P1-G4-48 나노미터 두께를 갖는 산화티타늄 나노시트의 합성과 자외선 차단제를 위한 이의 광학적 특성
이상은[1*], 오재명[1], 박지영[2], 박희정[1] ([1]*단국대*, [2]*LG 화학*)

P1-G4-49 투과도 및 조명 기능 부가된 스마트 커튼 시스템 제조
김은미[*], 임대윤, 허기석 (*KITECH*)

P1-G4-50 투과도 및 발광 기능 제어 고분자분산액정 스마트 윈도우 제조 및 평가
김은미[*], 하태원, 허기석 (*KITECH*)

P1-G4-51 스퍼터링을 이용한 MoSe2 박막 제조 및 구조 분석
김석준[*], 박호준, 이준호, 민병욱 (*한기대*)

P1-G4-52 Properties of Y_2O_3:Er^{3+},Yb^{3+} Nanoparticles Prepared by Laser Ablation in Liquid Ethanol
인준형[1*], 박철우[1], 강석현[1,2], 박재화[3], 강효상[1,3], 이희애[1], 이주형[1], 이승훈[1], 심광보[1] ([1]*한양대*, [2]*KITECH*, [3]*에임즈마이크론(주)*)

P1-G4-53 Mechanical Properties of Nano-sized Glass-ceramic with SiO_2-ZrO_2-ZnO-CaO
노유림[1*], 강승구[1], 김진호[2], 김강덕[1] ([1]*경기대*, [2]*KICET*)

P1-G4-54 탄소나노튜브의 건식방사 및 그래핀을 이용한 하이브리드 탄소구조체 제조 및 투명 유연 히터 응용
홍순규[*], 우채영, Mengdi Tian, 이형우, Li luhe, 김성민 (*부산대*)

P1-G4-55 Combi-matrix of CHCA and Graphene for The Improved Analysis of L-Thyroxine (T4)
노주윤[*], 김태헌, 변재철 (*연세대*)

P1-G4-56 기상화학합성법을 이용한 단분산 나노입자 합성공정
조용수[1*], 양승민[2], 이희중[3], 박형기[2], 박광석[2] ([1]*고려대*, [2]*KITECH*, [3]*강릉원주대*)

포스터발표

Poster-I

2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G4-57 Analysis of Fluorinated Graphene Surface by Gold Deposition
지은지[1*], 이관형[2] ([1]*연세대*, [2]*서울대*)

P1-G4-58 Effect of Crystallinity of Boron Nanoparticles on Growth Behavior of Boron Nitride Nanotubes
정희정[*], 이용범, 김재훈, 박은광, 서덕봉, 김재우 (*내일테크놀로지(주)*)

P1-G4-59 Chemical Vapor Deposition Growth of Tungsten Diselenide Using NaCl as a Promoter
신용준[1*], 정연준[1], 이관형[2] ([1]*연세대*, [2]*서울대*)

P1-G4-60 Preparation and Luminescent Property of Core-Shell Structured Green Phosphor Pigment
반세민[1*], 김희정[1], 최병기[2], 강광중[2], 정경열[3], 김대성[1] ([1]*KICET*, [2]*씨큐브주식회사*, [3]*공주대*)

P1-G4-61 **목요일 발표로 변경**

P1-G4-62 A Graphene on SiO_2/Si Photodetector with Bandgap Opening Using Gate Control.
인재현[1*], 이정상[2], 정재승[3], 주현수[2], 주병권[1], 이전국[2] ([1]*고려대*, [2]*KIST*, [3]*UST*,)

P1-G4-63 **다양한 무기산을 이용하여 제조된 실리카 에어로겔 분말의 특성**
허소연[1*], 안영수[1], 이진석[1], 홍창국[2], 황종필[3], 김호준[3] ([1]*KIER*, [2]*전남대*, [3]*대협테크(주)*)

P1-G4-64 Enhanced Thermal and Mechanical Properties of Aluminum/Graphene Composites via Self-assemble Process
황진욱[1*], 도환수[2], 탁우성[3], 이수연[2], 남상용[1], 김우식[2] ([1]*경상대*, [2]*KICET*, [3]*부산대*)

P1-G4-65 Montmorillonite Synthesized from Natural Bentonit
서성만[1*], 김대영[2], 강일모[1], 노기민[1] ([1]*KIGAM*, [2]*UST*)

P1-G4-66 **전기방사법을 이용한 TiO_2 / ZnO 복합 나노 섬유의 제조 및 미세구조 제어**
이창규[*], 김완태, 나경한, 최원열 (*강릉원주대*)

P1-G4-67 **전기방사법을 이용한 $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ 나노 섬유의 합성 및 자기적 특성**
나경한[*], 유선호, 남상아, 김완태, 최원열 (*강릉원주대*)

P1-G4-68 **파동형 양극산화법에 의한 수직 정렬한 TiO_2 광결정 제조 및 광학적 특성 분석**
김완태[*], 유호림, 최재형, 조명원, 최원열 (*강릉원주대*)

P1-G4-69 Mechanical Properties of Graphene Platelet Reinforced Alumina Ceramic Composites
백정현[1*], 전명표[1], 이성갑[2] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

P1-G4-70 Defect-related Photo Luminescence of Hexagonal Boron Nitride
나윤성[1*], 이관형[2] ([1]*연세대*, [2]*서울대*)

P1-G4-71 Cancrinite Synthesized from Montmoillonite using Hydrothemoal Method
김대영[1*], 서성만[2], 김다니엘[2], 김재환[2], 노기민[2], 강일모[2] ([1]*UST*, [2]*KIGAM*)

P1-G4-72 Formation of MoS_2/MoO_x Heterostructure by Using Oxygen Plasma Treatment
강소정[1*], 권준영[1], 정재환[1], Jianwu Shi[2], 이관형[3] ([1]*연세대*, [2]*Henan Univ.*, [3]*서울대*)

P1-G4-73 Comparison of Photocatalytic Activities of TiO_2 Nanotubes Doped with Metal Ions (M=Er, Nb, Al)
이득용[1*], 신지연[1], 김소정[1], 김배연[2] ([1]*대림대*, [2]*인천대*)

P1-G4-74 Investigation of Transmittance and Photoluminesence Properties of TiO_2 as a Nucleating Agent of Glass-Ceramics
강병국[*], 강승구 (*경기대*)

P1-G4-75 **방전플라즈마소결에 의한 단일상 Ti_3AlC_2 제조 및 특성평가**
박성환[*], 이명원, 오화봉, 반신혜, 강명창 (*부산대*)

G5. 바이오 세라믹스

P1-G5-1 **왕겨를 이용한 메조다공성 실리카 합성 방법 비교 연구**
구양모[1*], 천진녕[1], 변하람[1], 박선영[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P1-G5-2 Fabrication of Tubular Filament through Photo-curable Ceramic Slurry based Core-shell 3d Plotting Technique
최우림[*], 고영학, 맹우열 (*고려대*)

P1-G5-3 **미세기공 구조를 가지는 3차원 복잡형상 프린팅을 위한 상온에서 제조 가능한 광경화성 세라믹 슬러리 제조 기술**
최규빈[*], 고영학, 이정빈, 맹우열, 이윤희, 김종현 (*고려대*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G5-4 Fabrication of Tunable Gyroid Structure by Lithography-based Ceramic 3D printing Technique using Camphor as Diluent
이윤희*, 고영학, 이지원 (*고려대*)

P1-G5-5 **고강도와 투과율을 가진 인공 치아를 제조하기 위한 지르코니아 슬러리 기반 광경화 3D프린팅 기술**
김종현*, 고영학, 맹우열, 최규빈, 김규남 (*고려대*)

P1-G5-6 **캠핀/세라믹 피드로드의 압출-광경화를 통한 다공성 세라믹 필라멘트 제조기술**
맹우열*, 고영학, 이정빈 (*고려대*)

P1-G5-7 Biocompatibility of 13-93 Bioactive Glass – SiC Fabric Composites
박제원[1*], 나혜인[1], 최성철[2], 김형준[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P1-G5-8 Innovative in situ 3D Plotting Technique with High Shape Retention Using Photo-curable Ceramic Slurries
맹우열*, 고영학, 이정빈 (*고려대*)

P1-G5-9 **다공성 PLGA 나노입자를 이용한 세포 내 약물 전달**
류한중*, 김윤혁, 이재승(*고려대*)

P1-G5-10 Diagnosis of Gout and Pseudogout Using Inorganic TiO_2 Matrices for LDI-ToF Mass Spectrometry
김문주*, 박종민, 노주윤, 윤태경, 김지연, 변재철 (*연세대*)

P1-G5-11 Parylene Passivation Layer Coating and Chemiluminescent Immunoassay Application of in-situ Synthesized Cadmium Sulfide Nanowires Photosensor
김홍래*, 정재용, 변재철 (*연세대*)

P1-G5-12 From a Precursor to an Etchant: Spontaneous Inversion of the Role of Au(III) Chloride for One-pot Synthesis of Smooth and Spherical Gold Nanoparticles
윤석영* (*성균관대*)

P1-G5-13 Graphene Oxide Quantum Dots Derived from Coal for Bioimaging : Facile and Green Approach
강석현*, 정경환, 이강표, 이호준, 김강민 (*KITECH*)

P1-G5-14 Analysis of Structural and Chemical States of Iron-doped Tricalcium Phosphate
유경현*, 김현진, 김용준, 선우경, 윤석영 (*부산대*)

P1-G5-15 Analysis of Antimicrobial Plant Extracts for its Further Applications
박선영[1*], 구양모[1], 변하람[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P1-G5-16 Preparation and Evaluation of Master Batch and Packaging Film Using Composite of Vermiculite and Polyethylene for Improving Oxygen Permeability and Moisture Permeability
조선복[1*], 이혜선[2], 장정호[2] ([1]*인하대*, [2]*KICET*)

P1-G5-17 **음이온성 고분자가 도입된 금속이중층수화물(layered double hydroxide)을 이용한 양이온성 약물의 캡슐화**
정도각*, 김형준 (*동국대*)

P1-G5-18 Fabrication of Dense/Porous Laminate Structure Using Extrusion for Enhanced Toughness
김종우*, 고영학 (*고려대*)

P1-G5-19 Herceptin Antibody Conjugated Chitosan/Iron Oxide Nanoparticles for Theragnostic Effect on Breast Cancer
최원일* (*KICET*)

P1-G5-20 **목요일 발표로 변경**

P1-G5-21 **목요일 발표로 변경**

P1-G5-22 Fabrication and Characterization of Porous Bio-ceramics with Three-dimensional Interconnected Microporous Structures using Lithography-based Ceramic 3D Printing Technique
이정빈*, 고영학, 맹우열, 이윤희 (*고려대*)

P1-G5-23 Characterization of Anti-pollution Cosmetics with Surface Modified Ceramic Composites
박중규*, 이혜선, 장정호 (*KICET*)

P1-G5-24 Enhancement of Oxygen Permeability with Illite Hybrid Polyethylene Film
성동민[1*], 이혜선[2], 장정호[2] ([1]*고려대*, [2]*KICET*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

P1-G5-25 Porous Calcium Phosphate Ceramic Scaffolds with Tailored Pore Orientations and Mechanical Properties using Lithography-based Ceramic 3D Printing Technique
이정빈*, 고영학, 맹우열, 김규남 (*고려대*)

P1-G5-26 Formation of Poly (ε-caprolactone) Scaffolds with Porous Core and Dense Shall through Kinetic Control of Solvent-nonsolvent Exchange
최재원*, 김종우 (*고려대*)

P1-G5-27 Development of CaP Cement using α-TCP and Various Phosphate Salts
허지안*, 김석영 (*영남대*)

P1-G5-28 Size-controlled Mesoporous Silica Particles by Metal-chelating Surfactant Micelle Complexes
장정호*, 이혜선 (*KICET*)

P1-G5-29 Comparison of Dissolution Properties of OCP with other Calcium Phosphates Ceramics
배재섭*, 김석영 (*영남대*)

P1-G5-30 Bisabolol Loaded Antimicrobial Ceramic Hybrid Polyethylene Films
장정호*, 이혜선, 박중규 (*KICET*)

P1-G5-31 **FDM 출력방식을 이용한 무소결 개방셀 세라믹**
구영진[1*], 이명현[1], 오명환[2], 이윤주[1] ([1]*KICET*, [2]*베리콤*)

P1-G5-32 Capacitive Biosensor based on Vertically Paired Electrode with Controlled Parasitic Capacitance
이가연* (*연세대*)

P1-G5-33 TiO_2 Nanowire Target Plate for Detection of Small Biomolecules based on LDI-TOF Mass Spectrometry
박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 송현우, 변재철 (*연세대*)

P1-G5-34 Platinum Nanoparticles with Peroxidase Activity for Sensitive Chemiluminescence Lateral Flow Immunoassay
박종민*, 이수정, 변재철 (*연세대*)

P1-G5-35 Development of a Parylene-Matrix Chip for β-Lactamase Assay against Penicillin based on MALDI-TOF MS
박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 봉지홍, 변재철 (*연세대*)

P1-G5-36 Sensitive and Quantitative Newborn Screening Test using Parylene-Matrix Chip based on MALDI-TOF MS
박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철 (*연세대*)

P1-G5-37 Hydrothermal Preparation of Calcium Phosphates
이병우*, 홍일곡, 문성욱 (*해양대*)

P1-G5-38 Effect of a Microstructure Variation on the Drug-delivery Properties of Montmorillonite-ciprofloxacin Composite
김명재[1*], 홍혜진[2], 노기민[2], 강일모[2], 김지웅[2] ([1]*인하대*, [2]*KIGAM*)

P1-G5-39 **화염을 이용한 글라스 프릿(glass frit) 미세 분말의 구형화 기술 개발**
최윤석[1,2*], 조소혜[2] ([1]*고려대*, [2]*KIST*)

P1-G5-40 **목요일 발표로 변경**

P1-G5-41 Carbapenem Susceptibility Test for Detection of Carbapenemase-Producing Enterobacteriaceae using Parylene-Matrix Chip
박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철 (*연세대*)

P1-G5-42 Biodegradable Ceramic Nanoparticle with Targeting Function for Cancer Therapy
박대환* (*경남대*)

P1-G5-43 Laser-triggered Silver Ion Release and Photothermal Effect of Multi-functional Gold Nanorods for Bactericidal Effect
윤석영* (*성균관대*)

P1-G5-44 Facile Large-scale Synthesis of Mesoporous Silica Nanoparticles at Room Temperature in a Monophasic System with Fine Size Control
김찬송*, 윤석영, 이정헌 (*성균관대*)

포스터발표

Poster-I



2019년 4월 10일(수) 14:00-18:00

G8. 전산재료과학 및 재료분석

P1-G8-1 **상변화메모리 동작 시 유발되는 기계적 응력에 대한 전산 해석 연구**
이환욱*, 권용우 (*홍익대*)

P1-G8-2 **다공성 재료의 구조적 특성과 물질 특성간의 정량적 관계 연구**
정동명*, 권용우 (*홍익대*)

P1-G8-3 **POSS를 적용한 고인성 에폭시 수지의 기계적 물성 평가**
정현석* (*한양대*)

P1-G8-4 **소프트 로봇 용 감성 소재의 물성 평가**
고민정*, 손민희, 최다현, 이선영 (*한양대*)

P1-G8-5 **유전 알고리즘과 격자 정역학을 이용한 $BaCe_{1-x-y}Zr_xY_yO_{3-y/2}$ (y=0.15) 결정과 입계에서의 원자 분포 탐색**
최인규*, 김기영, 조준영, 김영철 (*한기대*)

P1-G8-6 Characterization of PTFE Content of Electroless Ni-P-PTFE Composite Coatings
서선교[1*], 이재웅[2] ([1]*유림티앤시(주)*, [2]*인하대*)

P1-G8-7 Characteristics of In-Sn-Zn-O Prepared by RF Magnetron Sputtering
조현일*, 허영우, 김정주, 이준형, 이상욱, 한정우, 남유진 (*경북대*)

P1-G8-8 High-performance Skutterudite-based Tubular Thermoelectric Generator
장한휘[1*], 김종배[1], 오민욱[2] ([1]*KAIST*, [2]*한밭대*)

P1-G8-9 A study on Anisotropic Thermoelectric Properties of Tellurium
ABBEY STANLEY*, 오민욱 (*한밭대*)

P1-G8-10 Fabrication of Silver Pastes Recovered from Catalyst Wastes and Their Application to Thermoelectric Devices
이수현[1*], 오민욱[2] ([1]*KAIST*, [2]*한밭대*)

P1-G8-11 **Ag/CNT 복합소재를 이용하여 구리 플레이트 특성 강화에 대한 연구**
김상우[1*], 김재하[1], 최명식[2], 나한길[2] ([1]*KITECH*, [2]*한양대*)

P1-G8-12 High Mobility of MoS_2 Nanoribbons by First Principles Study
Khanal Saroj*, 이재찬 (*성균관대*)

P1-G8-13 Property Evaluation of Binder-Free TunstenCarbide by a Rapid Sintering Method
박현국*, 오익현, 이정한, 장준호 (*KITECH*)

P1-G8-14 Doping, Defects, and Disorder: Examining the Electronic Structure of Quinternary oxysulfide (Ba,Ca)ZnOS from First-principles
황우현*, 손알로이시우스 (*연세대*)

G9. 생활 및 전통 세라믹스

P1-G9-1 Development of 3D Printing Technology using Ceramic Material : Formulation of Photocurable Alumina Slurry
류국현[1*], 김응수[2], 이종흔[1] ([1]*고려대*, [2]*KICET*)

P1-G9-2 **잉크젯 프린팅 기술을 활용한 세라믹 복합잉크의 적층에 관한 연구**
박재현[1,2*], 김득중[2], 김혜진[1], 황광택[1], 김진호[1], 한규성[1] ([1]*KICET*, [2]*성균관대*)

P1-G9-3 **세라믹 광경화 수지를 이용한 DLP 방식의 3D Printing에 관한 연구**
김은성[1*], 한규성[2], 이종흔[1], 김응수[2], 황광택[2] ([1]*고려대*, [2]*KICET*,)

P1-G9-4 **Corundom구조를 이용한 핑크계열의 무기안료 발현특성 연구**
황희웅[1*], 소성민[1], 이삼행[1], 김경훈[1], 박주석[1], 김형순[2], 이성갑[3] ([1]*KICET*, [2]*인하대*, [3]*경상대*)

P1-G9-5 Color Tuning of the Mn^{5+}-doped $Ca_6BaP_4O_{17}$ Inorganic Pigment by Vanadium (V^{5+}) Doping into the Crystal Lattice
배병서[1*], 김선욱[2], 이용현[1] ([1]*산업진흥원*, [2]*KICET*)

P1-G9-6 Development of Biocompatible Binder Based Ceramic Extrusion and Investigation of Its Properties
선세호[1*], 이동수[1], 명승철[1], 박기민[1], 최승건[1], 김가은[1], 황인성[1], 김정현[2], 한혁수[3], 송태섭[1], 백운규[1] ([1]*한양대*, [2]*광운대*, [3]*세종대*)

P1-G9-7 **코디어라이트 하니컴 세라믹 cell wall의 결정 구조적 특성 분석**
정지성[1*], 김정석[2] ([1]*세라컴*, [2]*호서대*)

포스터발표

Poster-II

2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

G2. 에너지환경 세라믹스

P2-G2-1 Multi-Redox Molecule for High-Energy Redox Flow Batteries
권기윤* (*서울대*)

P2-G2-2 Capacity Fading Mechanism of Thick Electrode
박지원* (*서울대*)

P2-G2-3 Investigation on the Interface between Li10GeP2S12 Electrolyte and Carbon Conductive Agents in All-solid-state Lithium Battery
윤경호* (*서울대*)

P2-G2-4 Controlled Interface Between Garnet LLZO and Lithium Metal by Polymer Electrolyte and Additives
윤종혁*, 김동규, 허은석, 김도경 (*KAIST*)

P2-G2-5 Synthesis and Characteristics of Zr/Sn doped CeO_2 Nanoparticles for Redox Activity in H_2 gas at High Temperature
손정훈[1*], 최연빈[1], 김봉구[1], 김락희[2], 정연길[1] ([1]*창원대*, [2]*한국내화(주)*)

P2-G2-6 UV-Ozone Treatment of Low-Temperature Processed Amorphous TiO_2 Electron Transport Layers for Planar Perovskite Solar Cells
이민호[1], 김정환[1*], 박익재[2], 전재범[3], 정희수[1], 김병조[3], 정현석[3], 이상욱[1] ([1]*경북대*, [2]*서울대*, [3]*성균관대*)

P2-G2-7 Fabrication of $MASnI_3$ and $MASn_xPb_{(1-x)}I_3$ thin films by Conversion from SnS thin Film
윤영훈*, 백승태, 이민호, 김정환, 이상욱 (*경북대*)

P2-G2-8 Study on Fundamental Properties of Perovskite-like $A_3B_2X_9$ Halides
윤영훈[1*], 김세윤[2], 김도겸[1], 박병진[1], 허영우[1], 이준형[1], 이상욱[1] ([1]*경북대*, [2]*DGIST*)

P2-G2-9 Characteristics of VOC air Purifier Filters Based on Flexible Zeolite Fibers with a High Surface Area
지상현*, 송세연, 윤지선 (*KICET*)

P2-G2-10 Effect of Bicarbonate Compounds on the Physical Properties of Silica Aerogel Prepared by Ambient Pressure Drying
김영훈*, 김태희, R. P. Dhavale, V. G. Parale, D. B. Mahadik, 박형호 (*연세대*)

P2-G2-11 MCFC 시스템 개선을 위한 Mn, Ni 도핑된 $LiAlO_2$ Matrix연구
김다은*, 이소린, 차유림, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 윤영수 (*가천대*)

P2-G2-12 A Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT Nanocomposite Cathode Catalyst in Direct urea Fuel Cell
Nguyen Huu Hung Tuyen*, 윤영수 (*가천대*)

P2-G2-13 Mn_2O_3 /Co_3O_4 /N-doped Graphene as Cathode Catalyst in Alkaline Fuel Cell
Pham Thi Ngoc Tuyen*, 윤영수 (*가천대*)

P2-G2-14 Transient Liquid Phase Sintering in $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ Ceramics for All-solid-state Lithium-ion Batteries
김동규*, 윤종혁, 김도경 (*KAIST*)

P2-G2-15 Bottom-up Construction of Core-shell FeCu-carbon Nitride Nanotube in Supercritical Fluid as an Oxygen Electrocatalyst
류재찬* (*UNIST*)

P2-G2-16 Controlled Growth Morphology of Hexagonal Perovskite $BaNiO_3$
최준용*, 김황필, 장해성, 류재찬, 조 욱(*UNIST*)

P2-G2-17 동결건조를 이용한 용융탄산염 연료전지용 α-$LiAlO_2$ Matrix의 합성
오연수*, 차유림, 이유나, 김인예, 이운호, 김대윤, 윤영수 (*가천대*)

P2-G2-18 Highly Active and robust Silver cathodes treated by Electrochemically-driven (Pr, Ce)$O_{2-\delta}$ overcoating for Thin-film Solid Oxide Fuel cells
김현승*, 서한길, 최윤석, 임대광, 정우철 (*KAIST*)

P2-G2-19 고성능 리튬-황 전지용 다공성 탄소 코팅 분리막 제조
최창훈*, 김동완 (*고려대*)

P2-G2-20 이차전지용 $BaSnO_3$의 구조특성에 따른 전기화학적 특성 평가
차유림*, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 윤영수 (*가천대*).

P2-G2-21 Highly Efficient Electrochemical Synthesis of Nickel Nanoparticles-Dispersed Ceria Nanostructure with High Carbon coking Resistance for Hydrocarbon Fuel Catalyst
김진욱*, 최윤석, 유정도, 정우철 (*KAIST*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G2-22 Water Splitting Electrode 용 CeO_2@$Co(OH)_2$ 나노 촉매 합성 및 평가
성명창*, 이광희, 김동완 (*고려대*)

P2-G2-23 Investigation of the Competitive Oxidation of CO and H2 over CeO2-based Catalysts
유정도*, 정우철 (*KAIST*)

P2-G2-24 Exceptionally Reactive and Coking-resistant Ceramic Electrode for Methane Oxidation achived thorugh Metal Nanocatalyst Stabilization by Atomic Layer Deposition
서종수[1*], Nikolai Tsvetkov[1], 정승진[1], 지상훈[2], 김정환[3], 강정구[1], 정우철[1] ([1]*KAIST*, [2]*한국건설기술연구원*, [3]*KIMS*)

P2-G2-25 Nickel Phosphide Nanosheets for Hydrogen Generation Electrocatalyst
주보배*, 송희조, 김동완 (*고려대*)

P2-G2-26 Pt@SiO_2 Core-shell: Thermal Stability and Reaction Site in Catalytic Combustion of Methane
김승현*, 이시원, 정우철 (*KAIST*)

P2-G2-27 Enhanced Electrochemical Performance of Metal-supported Solid Oxide Fuel cells Via an Inner Coating of $Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_{2-\delta}$ Nanosol in the Porous NiFe-metal support
김선동*, 최현종, 김태우, 서두원, 우상국 (*KIER*)

P2-G2-28 Impact of Grain Boundaries on Oxygen Evolution Electrocatalysis in Perovskite Oxides
허 윤*, 최승규, 정성윤 (*KAIST*)

P2-G2-29 Atomic-Scale Observation of Cathode Materials during Dissolution Behavior in Aqueous Electrolyte
변필규*, 정성윤 (*KAIST*)

P2-G2-30 물분해성 $Sr_3Al_2O_6$ 산화물 희생층을 이용한 다결정 실리콘 멤브레인 제조
권정규*, 민준기, 정동욱, 이은지, 유상우 (*경기대*)

P2-G2-31 MOF-derived Nickel Phosphide/C nano-spheres as an Anode Material for Sodium ion Batteries
이종원*, 홍성현 (*서울대*)

P2-G2-32 High Performance SOFC cathode Fabrication with Nano-morphology Via chemically Assisted Electrodeposition
Saeedur Rehman*, Rak Hyun Song, Seok Joo Park, Tak Hyoung Lim, Seung Bok Lee (*KIER*)

P2-G2-33 Development of Thin and Dense GDC interlayer on a Planar type Anode-supported Solid Oxide Fuel cell
신상우*, Muhammad Zubair Khan, 송락현, 이승복, 임탁형, 홍종은 (*KIER*)

P2-G2-34 중저온 작동을 위한 연료극 및 금속지지형 박막 고체산화물 연료전지 제작 공정 개발
강성민[1*], 이재석[1], 차석원[2], 배중면[1] ([1]*KAIST*, [2]*서울대*)

P2-G2-35 Stable Li Ion Battery Anode by Inducing the Covalent Bond between Active Material and Binder by Esterification Reaction
정철호*, 홍성현 (*서울대*)

P2-G2-36 리튬전고체 전지용 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 고체전해질의 합성 및 듀얼도핑 효과에 관한 연구
박한얼*, 김원식, 홍성현 (*서울대*)

P2-G2-37 A Facile Synthesis of Pd@ZnO-In_2O_3 Core-shell Nanoparticles with High Selectivity to Hydrogen Gas
Thuy Nguyen[1*], Hu Jun Lee[1], Ha Nui Choi[1], In Hwan Lee[2], Yeon Tae Yu[1] ([1]*전북대*, [2]*Korea Univ.*)

P2-G2-38 The Effect of Nano-ZrO_2 Addition on the Mechanical Properties of Ni-YSZ cermet anode Support for Solid Oxide fuel cells
권범수*, Muhammad Zubair Khan, 송락현, 이승복, 임탁형, 홍종은 (*KIER*)

P2-G2-39 Biphase Induced High Performance by Li Substitution at $Na_{0.67}[Fe_{0.25}Mn_{0.75}]_{1-x}Li_xO_2$ as Cathode Materials for Sodium Ion Batteries
왕지은[1*], 정영화[2], 김도경[1] ([1]*KAIST*, [2]*포항가속기연구소*)

P2-G2-40 삼성분계 NiTi2S4의 합성 및 고안정성 리튬 이온 배터리 음극재로써의 전기화학적 특성 평가
김형호*, 홍성현 (*서울대*)

P2-G2-41 Synergistic Effect of Solid Solution Phosphide ($Mn_{1-x}Fe_xP$) as a Conversion/Alloying Hybrid Anode for Lithium-Ion Batteries
김경호*, 홍성현 (*서울대*)

P2-G2-42 Understanding Redox Mechanism Dependent on Crystal Structures in Organic Rechargeable Batteries
이세찬* (*서울대*)

P2-G2-43 Enhanced Performance of Perovskites Photovoltaics Using Organic Dyes
홍인화*, 박민아, 장주희, 김진영 (*서울대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G2-44 Synthesis of Recyclable Metal Oxide-based Porous Nanocomposites for Hydrogen Production
이지민*, 오영빈, 좌용호 (*한양대*)

P2-G2-45 Fabrication of Monolithic 3D nanoporous Manganese Dioxide via Proximity-field NanoPatterning Technique and its Applications
이기성[1*], 조동휘[1], 남상현[1], 현가예[1], 심영석[2], 전석우[1] ([1]*KAIST*, [2]*KIST*)

P2-G2-46 **투습도 감소를 위한 태양전지 back sheet 유무기 hybrid 코팅 연구**
정동욱*, 민준기, 유상우 (*경기대*)

P2-G2-47 Carrier Lifetime Measurement in Perovskite/Silicon Tandem Solar Cell
박재현*, 황선경, 안유진, 장주희, 송정은, 김진영 (*서울대*)

P2-G2-48 **일단 수열화학환원법으로 수소, 질소를 동시 도핑하여 가시광 활성화도를 향상시킨 가시광선 반응형 TiO_2 나노결정**
이광철*, 위다연, 고항주, 김효진 (*KOPTI*)

P2-G2-49 Tailoring the Exposed crystal Facets of $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ for Cathode-solid Electrolyte interface Modification in all-solid-state Lithium-metal Batteries
이승환[1*], 신현정[2], 김주선[1], 박상백[1] ([1]*KIST*, [2]*성균관대*)

P2-G2-50 **3차원 재구성 분석방법을 이용한 전고체전지 복합양극의 정량 분석 연구**
전민재[1*], 최성준[1], 이종호[1], 정용재[2], 김형철[1] ([1]*KIST*, [2]*한양대*)

P2-G2-51 Pulsed wire Evaporation Based Al/Cu/Cu_2O for CO_2 Photo-reduction
김 현[1*], 이동진[2], 김주명[2], 양비룡[1] ([1]*금오공과대*, [2]*(주)나노기술*)

P2-G2-52 Fe/$CaFe_2O_4$ Photo-cathode for CO_2 Photo-conversion
김 현*, 양비룡 (*금오공과대*)

P2-G2-53 Red TiO_2 nanotubes for Trace Contaminant Control System
김 현*, 양비룡 (*금오공과대*)

P2-G2-54 **고체산화물 셀 스택을 이용한 가역 수전해-연료전지 성능 및 내구성 평가**
최현종*, 김태우, 변세기, 서두원, 황효정, 우상국, 김선동 (*KIER*)

P2-G2-55 **TEOS와 MTEOS의 하이브리드화에 의한 플렉서블 하이브리드 에어로젤 합성**
김창열* (*KICET*)

P2-G2-56 **용액공정을 이용한 소듐이온 전지용 $Na_{1.5}VPO_{4.8}F_{0.7}$ 나노입자의 합성 및 특성평가**
김형석* (*KIST*)

P2-G2-57 Hydrothermally Treated waste Soft wood Derived Activated Carbon for Supercapacitors
임건해*, 노광철 (*KICET*)

P2-G2-58 The Effect of iron Deficiency on the Magnetic Properties of Ca-La M-type Hexaferrites
이강혁*, Wei Yan, 유상임 (*서울대*)

P2-G2-59 Hybrid Supercapacitors Using Cokes-derived Activated Carbon and $Li_4Ti_5O_{12}$/CNT
강서희*, 노광철, 천진녕 (*KICET*)

P2-G2-60 Activated Carbon Decorated with Carbon Dots Scissored by Metallic Potassium in Activation Process
장수진*, 노광철 (*KICET*)

P2-G2-61 Lonic Liquid-derived Nitrogen Doped Activated Carbon for Supercapacitors
김주연*, 채지수, 손운배, 오민주, 노광철 (*KICET*)

P2-G2-62 Waste giant Miscanthus Black Liquor Derived Activated Carbons for Supercapacitors
이정한[1*], 노광철[1], 차영록[2], 허윤석[3] ([1]*KICET*, [2]*국립식량과학원*, [3]*인하대*)

P2-G2-63 **매질내 초미세입자 응집기술**
이효수*, 김범성, 이해중, 신형원 (*KITECH*)

P2-G2-64 **Ni-Fe 합금 비율에 따른 SOFC 전기화학 성능 분석**
노종혁*, 조영철, 정현권, 명재하 (*인천대*)

P2-G2-65 Solution-based Synthesis of Li3PS4 Solid Electrolytes
임희대* (*KIST*)

P2-G2-66 Investigation on the Phase Stability of Oxygen ion Conductors for High-Temperature Electrochemical Application
황국진[1*], 신미영[1], 이희수[2], 이명현[1], 신태호[1] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G2-67 Enhanced Photocatalytic Performance of Magnesium-lithium Co-doped $BiVO_4$
김현진*, 유경현, 김용준, 선우경, 윤석영 (*부산대*)

P2-G2-68 음파를 이용한 미세먼지 저감을 위한 연구
엄누시아*, 김범성, 이해중, 이효수 (*KITECH*)

P2-G2-69 Lithium-oxygen Batteries Based on Multi-layered Li^+-selective Solid Membranes
최영빈[1*], 문지웅[2], 정기영[2], 김형준[1], 윤종혁[1], 원은서[1], 이종원[1] ([1]*조선대*, [2]*RIST*)

P2-G2-70 저온형 코디어라이트 세라믹스의 결정구조 해석
김정석*, 채기웅, 손민아 (*호서대*)

P2-G2-71 열전지 양극용 copper vanadate cathode 합성 최적화
김인예*, 이유나, 김대윤, 이운호, 차유림, 윤영수 (*가천대*)

P2-G2-72 The effect GDC Promotor on the Oxygen Transfer Properties of $NiFe_2O_4$-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ Oxygen Carrier Material for Chemical Looping Hydrogen Generation
박재우*, 박윤태, 이기태 (*전북대*)

P2-G2-73 HMDSO / N_2 플라즈마를 이용한 세라믹 분체의 실리콘계 코팅
유승열* (*국가핵융합연구소*)

P2-G2-74 Bifunctional RuO_2-loaded TiO_2 Nanotube-array Electrodes as Efficient gas Evolving Catalysts
조덕기*, 임현우, 송정은, 김진영 (*서울대*)

P2-G2-75 Synthesis of Thermally Expandable Microsphere-silica Composite Aerogel with Heat Insulation Property
이규연*, V. D. Phadtare, 최하령, 박형호 (*연세대*)

P2-G2-76 실린더형 MoSi2계 발열체의 유도가열 적용
김요한[1*], 조승연[1], 이성철[2], 명재하[1] ([1]*인천대*, [2]*위너테크놀로지*)

P2-G2-77 Recycling Process of Catalyst coated Porous Ceramic Filter Media
오상재*, 김세희, 이희숙, 한양수 (*(주)세일에프에이*)

P2-G2-78 Preparation and Characterization of Highly Porous Copper Manganese Oxide Catalyst
오상재*, 김세희, 오세화, 한양수 (*(주)세일에프에이*)

P2-G2-79 Electrochromic Property of Pt-rGO/WO_3 thin Films for Photo-Electrochromic Devices
박윤태*, 박재우, 이기태 (*전북대*)

P2-G2-80 실리카 졸을 이용한 SiC microtube 제작 공정 및 특성
안수빈*, 이윤주, 권우택 (*KICET*)

P2-G2-81 일반고형연료 발전소에서 발생하는 비산재를 활용한 반건식탄산화 반응을 통한 이산화탄소 포집
방정원[1*], 권오규[1], 이윤주[1], 김수룡[2], 김영희[1], 권우택[1] ([1]*KICET*, [2]*탄소자원화 국가전략프로젝트 사업단*)

P2-G2-82 LSFSc 접속자를 이용한 양방향 고체산화물전지 성능 및 안정성 최적화
최현종*, 김선동, 김태우, 서두원, 우상국, 황효정 (*KIER*)

P2-G2-83 연속적인 기공 구배를 갖는 음극기능층을 포함한 고체산화물연료전지의 전기화학적 평가
박상호*, 이태준, 이세욱, 신동욱 (*한양대*)

P2-G2-84 CrN coating on Metal Bipolar-plate for Improved Corrosion Resistance of Direct urea fuel Cell(DUFC) System
김대윤*, 이운호, 차유림, 이유나, 김인예, 윤영수 (*가천대*)

P2-G2-85 Water Glasses-Derived Ceramic Coatings
Nguyen Minh Dat[1*], Jung Won Bang[2], An Su Bin[2], Younghee Kim[2], Yoon Joo Lee[2], Kyu Hong Hwang[2], Woo-Teck Kwo[2]
([1]*Gyeongsang Nat'l Univ.*, [2]*KICET*)

P2-G2-86 High Capacitive Nitrogen-Doped Carbonized Material derived from PVP Polymer
윤제문[1*], 김광호[2] ([1]*(재)하이브리드 인터페이스 기반 미래소재연구단*, [2]*부산대*)

P2-G2-87 Synergistic Effects of Dual Nano-Type Electrode of NiCo-Nanowire/NiMn-nanosheet of High-Energy Supercapacitors.
이다민* (*부산대*)

P2-G2-88 리튬-산소 전지의 공기극용 Ti-O 결정 시스템 촉매 지지체
이광희*, 이세운, 성명창, 김동완 (*고려대*)

P2-G2-89 Fabrication of Cobalt Phosphide/Carbon Nano-Architectures Using Silk Fibroin for Hydrogen Evolution Electrocatalyst
송희조*, 김택승, 김재찬, 주보배, 김동완 (*고려대*)

포스터발표

Poster-II

2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G2-90 Fabrication and Characterization of High Efficient Heating Element Based on SiC Fiber Technology
배성군[1*], 신동근[1], 이윤주[1], 장석훈[1], 조광연[1], 정영근[2] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

P2-G2-91 **정전 슬러리 분무 증착법을 이용한 대면적 프로톤 전도성 산화물 연료전지의셀 제조**
위석은*, 이세욱, 박상호, 백현우, 신동욱 (*한양대*)

P2-G2-92 Structural Effect of Conductive Carbons on The Adhesion and Electrochemical Behavior of $LiNi_{0.4}Mn_{0.4}Co_{0.2}O_2$ Cathode for Lithium Ion Batteries
고장면*, 김용주, 윤충섭 (*한밭대*)

P2-G2-93 Nanosalt Particle Preparation and its Applications for Li Battery Electrolytes
고장면*, 윤충섭, 김용주 (*한밭대*)

P2-G2-94 Characterization of the Flexible Display Coating according to Silica Nanoparticle Size
이희선[1*], 이길성[2], 손호석[2], 이용석[2], 노원진[2], 임형미[1] ([1]*KICET*, [2]*(주)에스엠에스*)

P2-G2-95 Effect of Alkali Amount on Titanate Compound and Their Solar Reflectance Behavior
Ullah Mahboob*, 김희정, 허재구, 김대성 (*KICET*)

P2-G2-96 Preparation of Core-Shell Material and Its Infrared Reflectance/Thermal Insulation Property
허재구[1*], 노동규[1], 함영재[2], 박준규[2], 김대성[1] ([1]*KICET*, [2]*노루페인트*)

P2-G2-97 Stabilization of Black CsPbI3 Phase by Strain Engineering
마선일*, 권혁찬, 윤성철, 문주호 (*연세대*)

P2-G2-98 Development of Highly Durable $La_xSr_{1-x}Ti_yNi_{1-y}O_{3-\delta}$ Fuel Electrode for Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)
이민진*, 정재우, 한형탁, 황해진 (*인하대*)

P2-G2-99 **양방향 운전 가능한 고체산화물전지용 수소극 열화억제기술개발**
이민진*, 정재우, 황해진 (*인하대*)

P2-G2-100 Effect of Using Varied Waste as Auxiliary Fuels on Direct Reduction Iron Process
제현모*, 김경석, 문혜원, 노동규 (*KICET*)

P2-G2-101 A Computational Fluid Dynamics Study on The Scale-up of Tubular Solid Oxide Fuel Cell Stacks
유재영*, 강주현, 배중면 (*KAIST*)

P2-G2-102 Development of Sacrificial Materials for Reactor Core Melt Under Severe Accident Conditions
이병우*, 홍일곡, 문성욱, 김선영, 정소영 (*해양대*)

P2-G2-103 Study on the Production of Direct reduced Iron Using Low Density Polyethlene
제현모*, 김경석, 노동규 (*KICET*)

P2-G2-104 Preparation and Characteristics of Shape-Controlled TiO_2 for High Reflective Materials
김희정*, 노동규, 김대성 (*KICET*)

P2-G2-105 Doping Effect of W Element in Nanosized VO_2 Structure
김희정*, 김대성 (*KICET*)

P2-G2-106 Photopolymer-Ferroelectric Nanoparticle Composite for the Performance Enhancement of Triboelectric Nanogenerators via an Ultraviolet and Electric Field Activation
신성호[1*], 윤태광[1], 정준영[1], 김찬훈[2], 이민형[3], 나정효[4], 김일두[1] ([1]*KAIST*, [2]*KIETCH*, [3]*경희대*, [4]*충남대*)

P2-G2-107 Photopolymer-ferroelectric Nanoparticle Composite for the Performance Enhancement of Triboelectric Nanogenerators via an Ultraviolet and Electric Field Activated
신성호[1*], 윤태광[1], 정준영[1], 김찬훈[2], 이민형[3], 나정효[4], 김일두[1] ([1]*KAIST*, [2]*KITECH*, [3]*경희대*, [4]*충남대*)

P2-G2-108 Mixed Composite Electrodes of Ti-doped Strontium Ferrite and Ceramic Electrolytes as both The Anode and Cathode in Symmetric Solid Oxide Fuel Cells
김태우*, 최현종, 서두원, 우상국, 김선동(*KIER*)

P2-G2-109 Advanced NO_x Abatement Technology for Low Temperature SCR Catalyst with Improved Dispersion Through Porous Hexagonal Boron Nitride
이명진[1*], 김도현[2], 예보라[1], 이덕현[1], 이희수[3], 김홍대[1] ([1]*KITECH*, [2]*고려대*, [3]*부산대*)

P2-G2-110 Enhancing Stability of TiO_2-protected Sb_2Se_3 Photocathode Using Fullerene as a Photo-electron Transfer Promoter
탄제완*, 양우석, 오윤정, 이형수, 박재민, 문주호(*연세대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G2-111 $CH_3NH_3PbI_{3-x}Cl_x$ nano-pillar Based Semitransparent Solar Module Using Anodized Aluminium Oxide Scaffold
권혁찬*, 마선일, 장규민, 양현하, 문주호 (*연세대*)

P2-G2-112 Synthesis of TiO_2 Supported Pt Catalyst with High Electrocatalytic Performance for Oxygen Reduction Reaction
이영욱[1*], 김한슬[2], 신태호[1], 정대수[1] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

P2-G2-113 ALD Assisted Synthesis of V_2O_5/SnO_2 1-D Heterostructure for Selective NO_2 Sensing
정영규*, 고우철, 권용중, 조영주, 백주원 (*KITECH*)

P2-G2-114 Formation of Oxygen Vacancies Through Laser Treatment of SnO_2 Nanowires and their NO_2 Sensing Properties.
정영규*, 권용중, 조영주, 백주원, 고우철 (*KITECH*)

P2-G2-115 Origin of p-type Conductivity in Hydrated Amorphous V_2O_5 and Its Enhanced Photocatalytic Performance
정영규*, 백주원, 정경환, 김강민 (*KITECH*)

P2-G2-116 Active Hydrogen Production by Morphology-adjusted Sb_2Se_3 Photocathode
박재민*, 양우석, 오윤정, 탄제완, 이형수, 문주호 (*연세대*)

P2-G2-117 **금속연료심 제조에 사용되는 석영관 몰드 내표면의 물리적 처리 효과**
정경채*, 오석진, 김기환, 국승우, 박정용 (*KAERI*)

P2-G2-118 **유전 알고리즘을 이용한 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$의 에너지적 안정구조 가속 탐색**
조준영*, 김기영, 최인규, 김영철 (*한기대*)

P2-G2-119 Investigation Photoelectrochemical Water Oxidation Performance Enhanced by Zn and Mo Doped $BiVO_4$ Photoanodes
이재명*, 백지현, 한길상, 정현석 (*성균관대*)

P2-G2-120 Orange-emitting $CsPbCl_3$:Mn Perovskite Film for Illumination Application
김원빈[1*], 송영현[2], 한길상[1], 정현석[1] ([1]*성균관대*, [2]*세종대*)

P2-G2-121 Effect of Chemical Reaction on Discharge Characteristics in CFx Discharge Mechanism
황태현* (*서울대*)

P2-G2-122 Effect of TiO_2 Particle Size and Layer Thickness in Mesoscopic Perovskite Solar Cells
이동건[1*], 김원빈[1], 김준영[1], 이상욱[2], 정현석[1] ([1]*성균관대*, [2]*경북대*)

P2-G2-123 **한국가스공사의 연료처리장치 개발현황 및 국내 연료승압 블로워의 연료전지 시스템 적용**
김재동*, 김진욱, 김봉규 (*한국가스공사*)

G3. 엔지니어링 세라믹스

P2-G3-1 Fabrication of Micron-Sized Zirconia Beads by Emulsion Method in Taylor Reactor
손유아[1*], 정성묵[1], 이수연[1], 정선호[1], 최영민[1], 남 산[2], 류병환[1] ([1]*KRICT*, [2]*고려대*)

P2-G3-2 Low Temperature Sintering of Yttrium Oxide by Cold Sintering Process
김도겸*, 이도윤, 이정아, 허영우, 이준형, 김정주 (*경북대*)

P2-G3-3 **사고저항성 핵연료 소결체 적용을 위한 실리카 기반 산화물의 고온 세슘 포집능 연구**
전상채*, 김동주, 김동석, 김건식, 김종헌, 윤지해, 양재호 (*KAERI*)

P2-G3-4 **배열된 금속입자에 의한 사고저항성 핵연료 UO_2 소결체의 열전도도 향상 연구**
김동석*, 김동주, 전상채, 김건식, 김종헌, 윤지해, 양재호 (*KAERI*)

P2-G3-5 **용액연소공정으로 제조된 형광체(YAG:Ce^{3+}) 나노입자의 합성 거동**
한영민[1*], 이종현[2], 정충환[1] ([1]*KAERI*, [2]*충남대*)

P2-G3-6 **플라즈마를 이용한 MLCC용 Ni 나노 분말 제조를 위한 CaO 안정화 지르코니아 용기 제조 및 물성 조절 연구**
박태민[1*], 양영균[1], 박지훈[2], 이상진[1] ([1]*목포대*, [2]*(주)와이제이씨*)

P2-G3-7 **PVA 폴리머 공정을 이용한 나노 크기의 YAG:Ce^{3+} 형광체 분말제조 및 소결을 통한 형광특성 고찰**
임현호*, 김용현, 이상진 (*목포대*)

P2-G3-8 **폴리머 용액법으로 제조된 나노 Cu기지-세라믹 필러 복합체 제조 및 특성**
양영균*, 이상진 (*목포대*)

P2-G3-9 MCAS-Y_2O_3-YSZ 하이브리드 첨가제가 AlN의 물성에 미치는 영향
백수현[1*], 김영도[2], 류성수[1] ([1]*KICET*[2]*한양대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G3-10 **코디어라이트-뮬라이트 세라믹스의 지르코니아 첨가에 따른 기계적 강도 및 열충격 저항성**
임진현[1*], 김시연[1], 여동훈[1], 신효순[1], 정대용[2] (*[1]KICET, [2]인하대*)

P2-G3-11 **직접질화법을 이용한 질화규소 분말합성에 미치는 Si 분말 특성의 영향**
조상근[*], 이현권 (*금오공대*)

P2-G3-12 **프릿 조성제어를 통한 내플라즈마성 YAS계 코팅층 상형성 연구**
전서연[*], 박의근, 이현권 (*금오공대*)

P2-G3-13 **볼밀 조건에 따른 볼 거동과 음향신호 연관성 분석 및 평가**
진소현[*], 이현권 (*금오공대*)

P2-G3-14 **Mullite EBC 세라믹에서의 균열 치유 관측**
서형일[1*], 이계원[1], 이기성[1], 김대종[2] (*[1]국민대, [2]KAERI*)

P2-G3-15 **탄소코팅 다공성 뮬라이트 폼의 제조 및 특성평가**
이수진[*], 최재령, 하장훈, 이종만, 송인혁 (*KIMS*)

P2-G3-16 **유기금속 화합물로부터 유래된 HfC 합성과 열처리 조건이 유-무기 전환 거동에 미치는 영향**
장석훈[1*], 신동근[1], 조광연[1], 이윤기[2], 이윤주[1] (*[1]KICET, [2]경상대*)

P2-G3-17 **CVD SiC의 수화학 부식거동에 Cr, Al 첨가가 미치는 영향**
송 희[1*], 김대종[2], 김원주[2], 윤순길[1], 이현근[2] (*[1]충남대, [2]KAERI*)

P2-G3-18 **Inhibition of Grain Boundary Scattering of Domain-controlled Y_2O_3-MgO Infrared Transparent Nanocomposite by Ameliorated Two-stage Sintering**
마호진[1*], 용석민[2], 최두현[2], 김도경[1] (*[1]KAIST, [2]국방과학연구소*)

P2-G3-19 **Plasma Etching Characteristics of AlON Transparent Ceramics in Comparison with Other Materials**
Muhammad Tsabit Ayman[*], Muhammad Tsabit Ayman, 민지훈, 김명동, 윤당혁 (*영남대*)

P2-G3-20 **Thermal Properties of Foaming Ceramic with CNT Addition**
이우철[*], 박진영, 양현경 (*부경대*)

P2-G3-21 **Metal Porous Foams Using Coffee Grounds for Several Applications**
박성준[1*], 이우철[1], 홍우태[1], 이주현[2], 정주화[2], 양현경[1] (*[1]부경대, [2]맥한신소재*)

P2-G3-22 **Study on Sintering Conditions for Li_2TiO_3 Tritium Breeder Pebbles**
김종일[*], 박이현, 안무영, 이영민, 조승연 (*국가핵융합연구소*)

P2-G3-23 **Microwave Heating Characteristics of Ilmenite Reduction Products for Lunar Regolith Sintering**
김영재[*], 신휴성 (*한국건설기술연구원*)

P2-G3-24 **보헤마이트를 이용하여 제조된 알루미나 겔의 소결 특성**
공 헌[*], 이상진 (*목포대*)

P2-G3-25 **Heating Mechanism of Silicon Carbide Fiber Mats Under Microwave**
주영준[1*], 김철진[2], 조광연[1] (*[1]KICET, [2]경상대*)

P2-G3-26 **Facile Synthesis and Morphological Study of Si-Zr-C-O Fiber Felts with High-thermal Resistance**
주영준[1*], 김철진[2], 조광연[1] (*[1]KICET, [2]경상대*)

P2-G3-27 **Hybrid Processing of SiC_f/SiC Composites Through EPD and LSI**
Kati[*], 최재형, 김세영, 성영훈, 김수현, 한인섭 (*KIER*)

P2-G3-28 **핫프레스를 이용한 중적외선 투과용 불화마그네슘 소결체 제조**
김경아[1*], 권인회[1], 강영민[1], 인정환[2] (*[1](주)그린광학, [2]KOPTI*)

P2-G3-29 **Effect of CNT on the Meso-macro Porous SiC fabricated by The Direct Reaction between Metallic Si and Carbon Source**
염미래[1*], 윤성일[1], 박상환[1], 최성철[2] (*[1]KIST, [2]한양대*)

P2-G3-30 **기공 적층 구조 및 평균 기공 크기의 변화가 액상소결 탄화규소 다공체의 기체 투과율에 미치는 영향**
윤성일[1*], 남 산[2], 박상환[1], 염미래[1] (*[1]KIST, [2]고려대*)

P2-G3-31 **FCM 핵연료로 사용되는 SiC 복합소결체 소결거동 및 파괴기구 연구**
이현근[1*], 김대종[1], 이승재[2], 박지연[1], 김원주[1] (*[1]KAERI, [2]한전원자력연료*)

P2-G3-32 **석탄회 및 천연광물을 이용한 세라믹 장섬유 조성개발 및 섬유 특성 평가**
김명욱[*], 박일주, 박선민 (*KICET*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G3-33 Formation of a Dispersed Oxide Layer on Zr-based Alloy Tubes by a Laser Surface Treatment
정양일*, 박정환, 박동준, 이영호, 김현길, 최병권 (*KAERI*)

P2-G3-34 후소결 반응결합 질화규소의 열전도도에 미치는 ZrO_2 첨가 효과
김미주*, 고재웅, 김하늘, 박영조 (*KIMS*)

P2-G3-35 DLP 방식을 이용한 나노 알루미나 슬러리 3D 프린팅
김경민[1*], 한윤수[1], 안창의[1], 이현빈[1], 김영도[2], 류성수[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

P2-G3-36 CMC 극초음속 재생냉각 연소기 패널의 내압시험 및 해석
최재형*, 김수현, 김세영, 성영훈, 한인섭, 방형준 (*KIER*)

P2-G3-37 변형률과 입자크기가 증가된 성능개선 UO2 소결체 개발
임광영*, 정태식, 나연수, 주민제, 김정범, 이승재 (*한전원자력연료*)

P2-G3-38 A Study on the Enhanced Specific Surface Area of Titania Aerogels by Hybridization with Silica
김태희*, 정해누리, 김영훈, 박형호(*연세대*)

P2-G3-39 Al 첨가량이 RBAO 공정 이용 ZTA 세라믹스 접합에 미치는 영향
문정운*, 이현권 (*금오공대*)

P2-G3-40 PCI 완화 UO_2 핵연료 소결체에 대한 조사후시험 현황
김동주*, 김동석, 전상채, 김건식, 김종헌, 윤지해, 양재호 (*KAERI*)

P2-G3-41 Structures, Electrical and Mechanical Properties of Epoxy Composites Reinforced with MWCNT-coated Basalt Fibers
김명욱[1*], 이태원[1], 정영규[2], 박선민[1] ([1]*KICET*, [2]*충남대*)

P2-G3-42 질화규소의 열간가압소결에서 원료 변화에 따른 미세조직 형성
윤은섭*, 성현우, 김득중 (*성균관대*)

P2-G3-43 초경량 조각거울용 반사경 및 구조체 구현을 위한 C/SiC 복합소재 물성 연구
최재형[1*], 성영훈[1], 김세영[1], 한인섭[1], 이슬희[2], 우상국[1] ([1]*KIER*, [2]*연세대*)

P2-G3-44 원자력 응용을 위한 내부식성 세라믹 코팅막 개발
신정호*, 김대종, 이현근, 박지연, 김원주 (*KAERI*)

P2-G3-45 테이프 캐스팅법으로 제작한 AlN 기판의 탈지 공정에 따른 소결 특성변화
김시연[1*], 여동훈[1], 신효순[1], 윤호규[2] ([1]*KICET*, [2]*고려대*)

P2-G3-46 SPD 공정 장비에서 집진된 F-SnO_2 분말의 소결 및 전기적 특성
김민석[1*], 이정욱[2], 김관형[2], 황건태[3], 최종진[3], 류도형[1] ([1]*서울과기대*, [2]*(주)세온*, [3]*KIMS*)

P2-G3-47 팽창 흑연과 탄소나노튜브를 필러로 사용한 폴리케톤 복합체 제조 및 난연 특성 평가
이수연[1*], 성동기[2], 김우식[1], 이두진[3] ([1]*KICET*, [2]*부산대*, [3]*전남대*)

P2-G3-48 Ce-TZP의 소결특성에 미치는 CeO_2 입자크기의 영향.
이근봉*, 이주성, 신준영, 김재윤 (*쎄노텍*)

P2-G3-49 첨가제 함유 소결체의 열물성 측정
주민제*, 정태식, 나연수, 임광영, 김정범, 이승재 (*한전원자력연료*)

P2-G3-50 SiC fiber의 표면 위에 금속촉매를 균일하게 분산시키기 위한 nano Pd-PCS 콜로이드 용액 제조
김진례*, 조영식, 김민석, 류도형 (*서울과기대*)

P2-G3-51 PEO를 이용한 알루미늄 합금의 산화막 형성 및 특성 평가
진연호*, 양재교 (*IAE*)

P2-G3-52 화학기상침착법으로 제조한 SiC 복합체내에서의 SiC nanorod의 영향 및 기계적, 열적 특성평가
이호욱[1*], 김대종[1], 이현근[1], 김원주[1], 윤순길[2], 박지연[1] ([1]*KAERI*, [2]*충남대*)

P2-G3-53 첨가제가 도핑된 이산화우라늄 소결체의 가압경수로 모사 Loop에서의 산화 특성
정태식*, 나연수, 주민제, 김정범, 이승재 (*한전원자력연료*)

P2-G3-54 Early Stage of F-SnO_2 Thin Film Mechanism by Spray Pyrolysis Deposition
조영식*, 류도형 (*서울과기대*)

P2-G3-55 Fabrication of Flexible Ceramic Nanofibers for Water Purification Membrane using Electrospinning Proces
김 재[1*], 이종만[2], 하장훈[2], 송인혁[2] ([1]*UST*, [2]*KIMS*)

P2-G3-56 실세스퀴아잔의 전기방사를 이용한 계층적 기공구조를 가지는 규소 기반 세라믹 나노섬유의 제조
강문구*, 허태환, 곽영제 (*숭실대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G3-57 Effect of Mg Sealing Post Treatment on Pore Reduction of PEO coated AZ31 Magnesium Alloy
이형욱*, 구본흔, 김민수 (*창원대*)

P2-G3-58 Enhancement of Mechanical Property of Porous TiO_2-MnO Ceramics by Addition of TiO_2 Nano Powder
김수진*, 유동수, 김종영 (*KICET*)

P2-G3-59 Silicon Carbide Fiber Coated with Boron Nitride by Structural Substitution
탁우성[1*], 황진욱[2], 이수연[1], 정영근[3], 김우식[1] ([1]*KICET*, [2]*경상대*, [3]*부산대*)

P2-G3-60 High Temperature Electrical Conductivity of Aluminum Nitride Ceramics Sintered with Urea, Titanium Oxide, and Yttrium Oxide
이은실[1*], 김종영[2] ([1]*연세대*, [2]*KICET*)

P2-G3-61 페닐기를 포함하는 실세스퀴아잔을 이용한 카본함량이 높은 다공성 SiCN(O) 세라믹 제조
허태환*, 곽영제 (*숭실대*)

P2-G3-62 Enhancement of Mechanical Strength of Low Thermal Expansion LAS Ceramics for Laser Wafer Dicing Device by Reducing Grain Size and Optimizing Matrix Composition.
김성훈*, 김종영 (*KICET*)

P2-G3-63 산화물 (Al_2O_3, Fe_2O_3, NiO) 첨가가 열가수분해로 제조된 YHZ(Y_2O_3-hydrous ZrO_2)의 소결에 미치는 영향
설재규*, 강종봉, 양성구, 김현식, 이성혁 (*경남대*)

P2-G3-64 Study of Graphene Coated Layer via Self-assembled Process for High Thermal Dissipation Materials Application
도환수[1*], 황진욱[2], 김우식[1] ([1]*KICET*, [2]*경상대*)

P2-G3-65 고용상 타이타늄 탄질화물 형성 조건 탐색을 위한 상 안정성 다이어그램
권한중*, 김지웅 (*KIGAM*)

P2-G3-66 디젤 엔진의 8YSZ/SiO_2 복합 조성 서스펜션 플라즈마 용사 단열 코팅의 실험적 연구
전학범[1,2*], 오윤석[2], 이인환[1] ([1]*고려대*, [2]*KICET*)

P2-G3-67 Thermodynamic Analysis and Computational Fluid Dynamic Simulation on the Chemical Vapor Deposition System for TaC Coating
김현미[1,2*], 심광보[1], 최 균[2], 이정민[3], 이형익[3] ([1]*한양대*, [2]*KICET*, [3]*국방과학연구소*)

P2-G3-68 Carbon 함량에 따른 SiC-B_4C 복합체의 소결거동 및 기계적 특성에 미치는 영향
황희웅[1*], 소성민[1], 김경훈[1], 박주석[1], 김형순[2], 이성갑[3] ([1]*KICET*, [2]*인하대*, [3]*경상대*)

P2-G3-69 브레이징 접합을 이용한 세라믹 접합 공구 개발
정우영[1*], 김준형[1], 이승준[2] ([1]*KATECH*, [2]*챔프다이아*)

P2-G3-70 SiC 단결정 기판의 표면정밀가공(DMP) 연구
이승석*, 은태희, 김장열, 서한석, 여임규, 전명철 (*RIST*)

P2-G3-71 고체레이저용 다결정 투명Nd:Y2O3 세라믹스의 광학적 특성
오현명[1*], 박영조[2], 김하늘[2], 고재웅[2], 이현권[1] ([1]*금오공대*, [2]*KIMS*)

G6. 유리 및 비정질 세라믹스

P2-G6-1 Development of Optical Fiber Type Sealant for Laser Sealing Application
김소영*, 최주현, 박 준, 김선훈 (*KOPTI*)

P2-G6-2 고색재현 범위 구현을 위한 Eu^{3+}-Tb^{3+}-Tm^{3+}가 동시 첨가된 oxyfluoride 유리 UV-LED 색변환 소재
이한솔[1*], 최용규[2], 정운진[1] ([1]*공주대*, [2]*항공대*)

P2-G6-3 Al_2O_3 첨가에 따른 고온 RSOC용 SiO_2-B_2O_3-BaO계 기반 유리 소재의 밀봉 특성
김우식*, 이한솔, 정운진 (*공주대*)

P2-G6-4 구조적 설계에 따른 백색 LED용 후막형 phosphor-in-glass의 광 특성
남윤희*, 김성현, 정운진 (*공주대*)

P2-G6-5 ta-C 코팅에 의한 경도 증가에 따른 드릴 수명 상관 관계에 관한 연구
손민희[1*], 김효준[1], 최다현[1], 장규범[2], 변재관[2], 이선영[1] ([1]*한양대*, [2]*(주)네오티스*)

P2-G6-6 Comparison of Plasma Resistance Between Coating and Bulk of CaO-Al_2O_3-SiO_2 Glasses
나혜인[1*], 박제원[1], 최성철[2], 김형준[1] ([1]*KICET*, [2]*한양대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G6-7 광섬유레이저용 불소인산염 유리의 광학적특성 평가
김규범[1*], 박찬휘[1], 최주현[2], 신동욱[1] ([1]*한양대*, [2]*KOPTI*)

P2-G6-8 Selective Metallization on the Glass + $CuAlO_2$ ceramic Surfaces With Laser Direct Structure Technology
이태호[*], 유명재 (*KETI*)

P2-G6-9 실리카 유리광섬유의 클래딩 굴절률 분포에 따른 벤딩손실 특성
김윤현[1*], 정윤석[2], 김준형[2] ([1]*KOPTI*, [2]*지오씨(주)*)

P2-G6-10 Study on Crystallization and Fluorescence Characteristics of Nano-Size Crystalline CaF_2-Al_2O_3-SiO_2Glass-Cermaics
하태완[*], 강승구 (*경기대*)

P2-G6-11 슬래그 원료를 사용해서 제조된 유리섬유의 물리적 특성
이지선[1,2*], 김진호[2], 김선욱[2], 전대우[2], 임태영[2], 이영진[2] ([1]*인하대*[2]*KICET*)

P2-G6-12 $NaYF_4$ 나노결정 내 희토류 이온의 광학적 특성
전재남[*], 박원지, 허 종(*포항공과대*)

P2-G6-13 유리 광섬유 기반 배지형 감마선 선량계의 센서 특성
주성민[1*], 이주현[2], 김영웅[3], 이유승[1], 류용탁[1], 이석훈[1], 한원택[1] ([1]*GIST*, [2]*(주)엑사토*, [3]*KOPTI*)

P2-G6-14 Crystallization Mechanism and Photoluminescence Characteristic Analysis of Borate Glass Containing CaF2
우희수[*], 강승구 (*경기대*)

G7. 내화물 및 시멘트 세라믹스

P2-G7-1 졸겔법을 이용한 $12CaO \cdot 7Al_2O_3$ 산화물 코팅막의 투광성 및 전기적 특성 연구
이삼행[*], 박주석 (*KICET*)

P2-G7-2 Effect of Stabilizing Agents on the Corrosion Behavior of Zirconia by Mold Flux
소성민[1*], 김경훈[1], 박주석[1], 김형순[2] ([1]*KICET*, [2]*인하대*)

P2-G7-3 Sol-gel bond 적용을 통한 턴디쉬 영구장용 Castable의 열간특성 및 수명 향상
최준원[*], 하창기, 고진석, 김원갑 (*한국내화*)

P2-G7-4 Compressive Strength Enhancement of Lightweight Geopolymer Using IGCC Slag and Si Sludge
김민정[*], 김유택 (*경기대*)

P2-G7-5 첨가제에 따른 수경성 알루미나의 겔화 특성
이슬비[*] (*한국내화*)

P2-G7-6 유무기 하이브리드 자기치유의 촉진제 함량에 따른 모르타르의 작업성 및 치유 특성에 관한 실험적 연구
김진응[*], 황지순, 민관홍 (주)인트켐

P2-G7-7 적층제조기술을 이용한 건축구조물 제조최적화 공정도출
박진수[*], 최한신 (*KITECH*)

P2-G7-8 Fabrication and Property Evaluation of Binderless SiC-60 vol.% Carbon Fiber Ceramic Carbide Materials by Spark Plasma Sintering Process
장준호[1*], 이정한[1], 오익현[1], 김주훈[1], 임재원[2], 박현국[1] ([1]*KITECH*, [2]*전북대*)

P2-G7-9 Fabrication of WC-"X" Hard Materials ("X"=Co, Fe, Ni) Prepared by PCAS Method for Cutting Tool Application and Theirs Mechanical Properties
이정한[*], 박현국, 장준호, 오익현 (*KITECH*)

P2-G7-10 광경화성 모너머의 가교밀도가 세라믹 코어의 기계적 특성에 미치는 영향
이혜주[*], 최현희, 박혜영, 김봉구, 조근호, 김은희, 정연길 (*창원대*)

P2-G7-11 Pack cementation 코팅을 통한 Mo 및 Nb 합금의 산화 거동
양원철[*], 황철홍, 김은경, 이종원, 박준식[*] (*한밭대*)

P2-G7-12 핵연료 피복관용 고온내산화 합금의 고온산화후 미세구조 분석 및 산화거동 연구
박동준[*], 정양일, 박정환, 이영호, 최병권, 김일현, 김현길 (*KAERI*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

G10. 에너지변환세라믹스

P2-G10-1 The thermoelectric Properties of Polycrystalline SnSe-SnTe Solid Solutions
조준영[1*], 진우찬[1], 박경희[1], 배성환[2], 박 찬[1] ([1]*서울대*, [2]*경남대*)

P2-G10-2 Facile Wet Milling Process to Improve Microstructure of Nanoparticles-processed $Cu_2ZnSnSe_4$ Photo-absorption Layer
박보인[1*], 이장미[1], 오지훈[2], 이도권[1], 이승용[1] ([1]*KIST*, [2]*KAIST*)

P2-G10-3 Effects of Nb-doping on Charge and Phonon Transport Properties of Half-Heusler $(Hf_{0.25}Zr_{0.25}Ti_{0.5})_{1-x}Nb_xNiSn$ Thermoelectrics
Nguyen Van Du[1*], Jamil[1], 서원선[1], 김명호[2], 이순일[2], 신원호[1] ([1]*KICET*, [2]*창원대*)

P2-G10-4 Synergistic Modulation of Carrier and Thermal Properties in p-type Bi0.5Sb1.5Te3 towards High Thermoelectric Performance
Jamil[*], 윤정섭, 서원선, 신원호 (*KICET*)

P2-G10-5 Temperature Dependent Themoelectric Properties of Cu_2Te Incorporated Bi-Sb-Te Thermoelectric Materials
송재민[1*], Jamil[1], 조중영[1], 서원선[1], 이순일[2], 노동규[1], 신원호[1] ([1]*KICET*, [2]*창원대*)

P2-G10-6 Synthesis of Nickel Aluminum Layered Double Hydroxides/silver Nanowire Composite for High Performance Supercapacitor
이 뢰[1*], 김광호[2], 윤제문[1] ([1]*하이브리드 인터페이스기반 미래소재연구단*, [2]*부산대*)

P2-G10-7 미스트 화학기상장치로 성장한 산화갈륨 박막의 성장온도 의존성 연구
김경호[1*], 권용진[1], 이희수[2], 정성민[1], 배시영[1] ([1]*KICET*, [2]*부산대*)

P2-G10-8 Flexible and Transparent Energy Harvester based on Piezoelectric Polymer Thin Film
현동열[1*], 정창규[2], 박귀일[1] ([1]*경북대*, [2]*전북대*)

P2-G10-9 Vertically Grown $BaTiO_3$ Nanotube Arrays for Piezoelectric Energy Harvester
현동열[*], 박귀일 (*경북대*)

P2-G10-10 리튬이온전도성 유/무기 복합 고체전해질의 제조 및 특성평가
김강산인[*], 이경진, 황해진 (*인하대*)

P2-G10-11 자성 tip-mass가 15-모드 압전 복합체로 구성되는 자기전기 적층소자의 공진주파수 및 자기전기 성능에 미치는 영향 연구
이용우[*], 곽도우, 조경훈 (*금오공대*)

P2-G10-12 Room Temperature Tunable Self-biased Magnetoelectric Effect in Metglas/PZT/Ni Laminate Composites
Deka Bipul[1*], 이용우[1], 안철우[2], 한병동[2], 최종진[2], 조경훈[1] ([1]*금오공대*, [2]*KIMS*)

P2-G10-13 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*)

P2-G10-14 Precision Interface Engineering of an Atomic Layer in Bulk $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$ Alloys for High Thermoelectric Performance
김광천[*], 임상순, 김성근, 구종민, 김진상 (*KIST*)

P2-G10-15 Ni 이온 확산제어를 통한 용출 기반 연료극 최적화 및 SOFC 적용 평가
정현권[*], 노종혁, 이은서, 명재하 (*인천대*)

P2-G10-16 Remarkable Rate Capability and Cycling Stability of Li-Sulfur Battery with Tin Sulfide Modified Separator
Brindha Moorthy[*], 권순호, 김주형, P. Ragupathy, 이혁모, 김도경 (*KAIST*)

P2-G10-17 Enhanced Thermoelectric Properties in Skutterudite through Carbon-based Nanomaterials
탁장렬[1*], 임창현[2], 조중영[3], 남우현[3], 서원선[3], 조형균[1], 신원호[3] ([1]*성균관대*, [2]*연세대*, [3]*KICET*)

P2-G10-18 An Efficient Electrocatalysts of Mn_3O_4 Supported on Carbon Papers for Nonaqueous Li-O_2 Batteries
김주형[*], 강인한, 조영권, 홍기창, 강정원 (*목포대*)

P2-G10-19 직접 요소수 연료전지용 연료극 촉매지지체 ZnO@MWCNT 합성
이운호[*], 이유나, 김인예, 김대윤, 차유림, 윤영수 (*가천대*)

P2-G10-20 황화수소 가스가 포함 된 바이오 가스를 연료로 이용한 연료전지용 비백금 3성분계 촉매 합성
이운호[*], 이유나, 김인예, 김대윤, 차유림, 윤영수 (*가천대*)

P2-G10-21 Bi-Te 열전재료 압출공정을 이용한 열전모듈 제작공정 및 수율향상에 대한 연구
김소영[*], 이동선, 최병준, 박우철, 이경호, 황창원 (*(주)에스랩*)

P2-G10-22 Optical Properties of Layered $WSe_{2-x}Te_x$: Experiment and Modeling
황영훈[1*], 안창원[2] ([1]*울산과학대*, [2]*울산대*)

P2-G10-23 Fabrication of rGO@LiFePO4 Composite as a Cathode for Li-ion Battery
김연래[1*], 정하균[1], 안기석[1], 이선숙[1], 이종흔[2] ([1]*KRICT*, [2]*고려대*)

포스터발표

Poster-II



2019년 4월 11일(목) 12:00-18:00

P2-G10-24 **전기방사로 제작된 LaFe1-x MnxO3 나노 와이어의 전기화학적 특성**
김지훈[1*], 김희선[1], 정중훈[2], 윤종원[1] (*[1]단국대, [2]㈜미코*)

P2-G10-25 **상이한 열처리 조건하에서의 망간 산화물제작 및 전기화학적 특성 평가**
김희선[*], 김지훈, 한진주, 윤종원 (*단국대*)

G4. 나노 융합 세라믹스

P1-G4-61 **Effect of Processing Parameters on the Surface Roughness Enhancement of Zirconia Substrate in Room Temperature Spray Processing**
김정준[*], 이종국 (*조선대*)

G5. 바이오 세라믹스

P1-G5-20 **주입 성형 제작 및 CAD/CAM 가공 지르코니아 임플란트 소결물성 비교**
윤유현[*], 김대성, 이종국 (*조선대*)

P1-G5-21 **주입 성형 제작 올세라믹 지르코니아 임플란트 물성**
김대성[1*], 황규홍[2], 이종국[1] (*[1]조선대, [2]정상대*)

P1-G5-40 **지르코니아 고체함량이 슬러리 코팅 및 표면 물성에 미치는 영향**
김우창[*], 이종국 (*조선대*)

구두 발표

PL-1 우리 산업의 도전과 과제

백운규*. *한양대학교 에너지공학과*

산업의 패러다임은 18세기 '기계화', 19세기 '대량생산', 20세기 '자동화'로 변천하면서, 인류의 삶과 문화에 막대한 영향을 끼쳐왔다. 이제 21세기의 우리는 'A ICBM (AI, IoT, Clouding, Big data, Mobile)' 기반의 '초연결' 혹은 '지능화' 시대를 맞이하고 있다. 4차 산업혁명의 핵심요소인 상기 기술들은 우리 사회를 빠르게 변화시키며, 전 세계 산업 트렌드의 변화를 주도하고 있다. 이와 같은 시대적 흐름에서 우리는 신산업을 발굴함과 동시에 기존 주력산업의 활력을 되찾기 위한 선도적 돌파구를 마련해야 하는 시기에 놓여있다. 본 강연에서는 5개의 미래 신산업(미래차, 에너지, IoT가전, 바이오, 반도체)의 혁신성장 및 이를 실현하기 위한 방안에 대해 논의하고, 국내 5대 주력 제조산업(철강, 조선, 석유화학, 기계로봇, 섬유)의 활력 제고 및 부흥방안을 모색하고자 한다. 또한, 전 세계 산업의 경계가 허물어지고 글로벌화가 진행됨과 동시에 자국의 산업을 보호하고자 하는 첨예한 통상 갈등, 미·중 무역전쟁과 같이 심화되는 강대국들의 보호 무역주의 속에서 앞으로 우리 산업이 나아가야 할 도전적 과제와 방향을 제시하고자 한다.

PL-2 Epitaxial Integration of Functional Oxides with Silicon Using Pulsed-laser Deposition

Danilo Suvorov*, Daniel Diaz, Tjaša Parkelj, Urška Gabor, and Matjaž Spreitze. *Advanced Materials Department, Jožef Stefan Institute, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenia*

Epitaxial integration of transition metal oxides with semiconductors offers various phenomena for novel device applications, specifically bringing ferroelectric, ferromagnetic, electro-optic, photocatalytic, multiferroic, piezoelectric and other properties to the well-established silicon platform. A convenient way of integrating functional oxides with Si(001) substrate is through a $SrTiO_3$ (STO) intermediate layer, which can be fabricated on Si(001) in epitaxial form and with high crystallinity using mainly molecular beam epitaxy (MBE) and atomic-layer deposition (ALD) methods. However, slow deposition processes and difficult stoichiometry control make these methods inappropriate from an industrial point of view.

The epitaxial growth of functional oxides on silicon substrates requires atomically defined surfaces, which are most effectively prepared using SrO- or Sr-induced deoxidation and passivation. As-prepared surfaces enable overgrowth with various oxides for novel device applications. In our work pulsed laser deposition (PLD) was used to integrate oxides with silicon. We showed the ability to prepare highly-ordered sub-monolayer SrO- and Sr-based surface structures, including two-domain (2×3)+(3×2) pattern at 1/6 ML Sr coverage as determined by the reflection high-energy electron diffraction (RHEED) technique. On the passivated silicon surface epitaxial layers of STO was grown by the method of kinetically controlled sequential deposition, with out-of plane relationship of STO(001)‖Si(001) and in-plane relationship of STO[110]‖Si[100]. Detailed study of initial deposition parameters in terms of background gas pressure, deposition temperature, fluence, and oxidation proved to be extremely important in achieving epitaxial relation of STO with the underlying substrate. On as-prepared pseudo-substrate $Pb[Mg_{1/3}Nb_{2/3}]O_3$-$PbTiO_3$ (PMN-PT) films were gown for applications in microelectromechanical systems, due to its high values of longitudinal piezoelectric coefficients and electromechanical coupling. In this presentation growth peculiarities of PMN-PT thin films, including the effect of lead surplus and bottom electrode will also be outlined.

PR-1 Introduction of Nanopore Structure to Ceramic Materials to Expand Their Application Area

Hyung-Ho Park*. *Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University*

Nanoporous materials such as mesoporous materials and aerogel materials are promising due to their excellent properties such as high specific surface area, low thermal conductivity, low density, and high porosity, so they are known as eminent candidate for future material technology. Mesoporous materials have a structure containing nano-sized pores of 2~50 nm. Their pore size, pore distribution (regular/irregular, open/close), and pore shape can be controlled during sol-gel procedure using evaporation induced self-assembly by varying the surfactant molar ratio. The existence of pores in the material grants distinctive properties, for example, a decreased thermal conductivity from increasing phonon scattering. Therefore, the mesoporous ceramic materials can be effectively used in thermal applications such as thermal insulators, thermoelectrics, and so on. Aerogels have extremely high porosity and are prepared through sol-gel and solvent evaporation without a deformation of internal pore structure. Especially silica aerogels are attracting attention due to certain outstanding properties such as low bulk density, low thermal conductivity, high surface area, high porosity, high transparency and so on. But the silica-based aerogels are brittle in nature, which constrains their large scale-application. It is necessary to achieve transparency and flexibility of silica-based aerogels at the same time and with the same porous structure for optical field applications. Therefore, this presentation also focuses on the complementary enhancement of mechanical characteristics of silica aerogels using functional and mechanically strong organic materials to form inorganic-organic composite aerogels such as silica-polyHIPE (polymerization by high internal phase emulsion) composite aerogel with strong chemical bond between silica and polyHIPE.

G1-1 Surface/Phase/Interface Engineering for van der Waals Heterostructure Devices

반데르발스 이종구조 소자를 위한 표면/상/계면 엔지니어링

이관형*. *연세대학교*

Van der Waals (vdW) materials and their heterostructures weakly combined by vdW force have attracted extensive interests because of their unique properties and large degree of freedom in design of new materials. In these materials systems, if we change the surface, interface, and phase (crystal structure), all the properties are dramatically changed. In this talk, I will introduce how to modify the surface of 2D materials and interface of vdW heterostructure, and mechanism of phase transition in 2D materials. We modify the surfaces of 2D materials by using plasma or highly active gas, leading to control of surface properties, such as hydrophilicity, conductivity, and band structure. In the stacked heterostructure of different 2D layers, we investigate band offsets and carrier transport at the interfaces, which are strongly influences by stacking angle and stacking order. In phase transition of $MoTe_2$ from 2H to 1T', we discovered abnormal thickness-dependent phase stability. These surface/phase/interface

engineering techniques provide us abundant choices in manipulation of 2D materials.

G1-2 2D Semiconductor Electronics and Optoelectronics
2차원 반도체 광전소자 및 전자소자

이철호*. *고려대학교*

Atomically thin 2D materials, including semimetallic graphene, semiconducting transition metal chalcogenides, and insulating hexagonal boron nitride, have attracted tremendous attention owing to their distinctive physical properties compared to their bulk counterparts. In addition, the ability to build artificial van der Waals heterostructures without the constraint of atomically precise commensurability, combined with the availability of various 2D materials with different physical properties, enables the realization of unique atomically thin heterostructures for unconventional electronic and optoelectronic applications as well as fundamental studies at an ultimate thickness limit.

In this talk, I will present recent studies on 2D-materials-based heterostructures for device applications. The works include 1) optoelectronic devices based on monolithic 2D oxide/semiconductor heterostructures, 2) zero-electric-power chemical sensors based on atomically thin photovoltaic heterojunctions [2], and 3) a three-terminal artificial synapse based on phase-engineered 2D heterostructures [3]. Lastly, I will briefly discuss the wafer-scale growth of atomically thin 2D semiconductors for future practical applications.

[1] D. Lee, C.-H. Lee* et al., Small 15, 1804303 (2019).
[2] W. Huh, S. Jang, G. Wang*, and C.-H. Lee* et al., Adv. Mater 30, 1801447 (2018).

G1-3 Low Power Consumption Gas Sensors Based on Self-Heated Graphene Microchannel with Noble Metal Decoration
금속입자 장식된 자가발열 그래핀 마이크로 패턴을 이용한 저소비전력 가스 센서

장호원*. *서울대학교*

Graphene is one of the most promising materials for high-performance gas sensors due to its unique properties such as high sensitivity at room temperature, transparency, and flexibility. However, the low selectivity and irreversible behavior of graphene-based gas sensors are major problems. Here, we present unprecedented room temperature hydrogen detection by Au nanoclusters supported on self-activated graphene. Compared to pristine graphene sensors, the Au-decorated graphene sensors exhibit highly improved gas-sensing properties upon exposure to various gases. In particular, an unexpected substantial enhancement in H_2 detection is found, which has never been reported for Au decoration on any type of chemoresistive material. Density functional theory calculations reveal that Au nanoclusters on graphene contribute to the adsorption of H atoms, whereas the surfaces of Au and graphene do not bind with H atoms individually. The discovery of such a new functionality in the existing material platform holds the key to diverse research areas based on metal nanocluster/graphene heterostructures.

G1-4 Pd@ZnO Core-shell Structure Nanoparticle based H_2 Gas Sensors
Pd@ZnO 코어-쉘 구조 나노입자 기반 수소 가스센서

유연태*, 이후준, Thuy D. T. Nguyen, 최하늬. *전북대학교*

Recently hydrogen is considered as one of the best clean energies to overcome several environmental issues human is facing. However, hydrogen is a colorless, odorless and tasteless gas. Thus economic monitoring system is necessary.

Pd nanoparticles (NPs) has been used for hydrogen detection because of hydrogen absorption property and a catalytic activity to break H_2 bond. In addition, under high concentrations of hydrogen gas, Pd can be converted to PdHx, resulting in a lattice expansion and a change of the electrical resistance, which can be used for hydrogen gas sensing.

ZnO is an n-type semiconductor, which has a band gap of 3.37 eV, is recognized as a noticeable sensing material due to its chemical stability, high electron mobility and the variation of donor density. However, ZnO has a problem in that it has no selectivity for target gas.

Thus, Pd NPs are combined with ZnO NPs as a shape of core-shell structure to improve the sensitivity and selectivity of ZnO NPs to hydrogen gas. In this study, two more strategies to improve gas sensing properties to hydrogen gas were introduced additionally. One is to adapt Pd alloy like Pd-Au as a core material. Another is to change a shell material to ZnO composite like ZnO-In_2O_3. Therefore, in this work, three different core-shell NPs, Pd@ZnO, Pd@ZnO-In_2O_3 and Pd-Au@ZnO, were synthesized by hydrothermal method, and the gas sensing properties were compared each other at various operating temperatures and hydrogen gas contents.

G1-5 Ultra-high Sensitive Gas Sensors Using MEMS Device

K. Shimanoe*, K. Suematsu, K. Watanabe. *Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University*

For high-performance of gas sensors using metal oxide, I proposed three important factors, receptor, transducer functions and utility factor, for material designs and their integration in 2002 and 2006, respectively. As the results, the gas sensor using Pd-loaded SnO_2 clusters could successfully detect toluene in ppt level in 2014. As a next step, I though “How much low concentration can the semiconductor gas sensor can detect?”. Among such three factors, there is the factor which we should use more positively. It is utility factor, so we investigated it based on MEMS device by pulse-heating. The MEMS sensor was repeatedly heated and allowed to cool by the application of voltage to the microheater; the toluene gas penetrate into the interior of the sensing layer (Pd-loaded SnO_2 clusters) during its unheated state. As a result, the sensor responded to toluene in tens of ppt. I will show the details.

G1-6 To Standardize Odor Metadata Obtained from Electronic Nose
전자코로 부터 얻어진 냄새 메타 데이터의 표준

변형기*. *강원대학교*

The next generation of multimedia services will be immersive which has a significant impact on users’ emotions, their sense of presence, and engagement. In the immersive multimedia, sense of presence and immersive experience would be determine by sensory modalities and surround effect. Among these sensory modalities, olfaction, the sense of smell, is an important perceptual function.

Recently, there have been initial signs of olfaction interaction applications in multimedia. The studies regarding olfaction interaction for multimedia application divides into two parts in terms of encoding and decoding of odor (scent) metadata such as odor label, strength, concentration, harmfulness and so on. The first part is related to research for an olfactory display, which can presents odors to one or more users. This research focuses on adjusting important parameters associated with atomization, distribution, ventilation, and synchronization of odor. Studies, which belong to the second part, concentrate on coding odor metadata obtained from the electronic nose.

In this presentation, electronic nose system, which can be a reference system facilitating the practical application and commercialization of systems encoding odor metadata using data templates present. A virtual instrument of data templates used in the E-Nose system development is presented.

G1-7 Piezoelectric Thin Films for pMUT
pMUT 을 위한 압전박막
백승협*. *KIST (한국과학기술연구원)*
Epitaxial heterostructures of complex oxides have attracted much attention due to their enormous range of electrical, magnetic and optical properties. For example, metallic conductors, dielectrics, ferroelectrics, piezoelectrics, semiconductors, ferromagnetics, superconductors, non-linear optics and multiferroics have been demonstrated in perovskite oxides. Moreover, novel phenomena can emerge at the atomically-engineered heterointerfaces through the symmetry-breaking. Such a variety of functionalities are often coupled with each other, enabling new ways of controlling the properties. To understand the fundamental physics and utilize novel functionalities, it is essential to synthesize the high-quality epitaxial heterostructures. In this talk, several examples of epitaxial growth of complex oxides will be presented for the understanding of fundamental physics as well as for the realization of novel electronic devices.

G1-8 Thermally Stable Large Strain and Piezoelectric Properties of (Li, Na, K)(Nb, Sb)O_3-$CaZrO_3$ Ceramics for Piezo Actuators
압전 액추에이터 적용을 위한 LNKNS-CZ 세라믹스의 압전특성과 온도안정성에 대한 거대변형 특성 연구
이규탁*, 이태곤, 김선우, 채석준, 김은지, 남산. *고려대학교*
$0.97(Na_{0.5}K_{0.5})(Nb_{1-x}Sb_x)O_3$-$0.03CaZrO_3$ ceramic with x = 0.09 exhibits a large d_{33} of 518 pC/N and a strain of 0.13% at 4.0 kV/mm owing to its orthorhombic-pseudocubic polymorphic phase boundary (PPB) structure. However, both these values decreased considerably above 90°C owing to its low Curie temperature (T_C), indicating that its thermal stability is not sufficient for practical application. Li_2O was added to the specimen with x = 0.11 to improve the thermal stability of the strain and d_{33} by increasing the T_C without degrading the actual d_{33} and strain values. The $0.97(Li_{0.04}N_{0.46}K_{0.5})(N_{0.89}S_{0.11})$-$0.03CaZrO_3$ ceramic, which displays orthorhombic-tetragonal PPB structure, exhibits a d_{33} of 502 pC/N and a strain of 0.16%. This large strain is maintained up to 150°C and d_{33} slightly decreased to 475 pC/N at 130°C. Therefore, this lead-free ceramic displays excellent piezoelectric properties with good thermal stability, indicating that it can be applied to piezoelectric actuators.

G1-9 Symmetry-Bridging Phase as the Mechanism for the Large Strains in Relaxor-$PbTiO_3$ Single Crystals
symmetry-bridging 상에 의한 relaxor-$PbTiO_3$ 단결정의 높은 압전특성 메커니즘
김황필[1]*, 정후영[1], 장진혁[2], 김기엽[2], 최시영[2], 이호용[3], 이상구[4], 조욱[1]. *[1] UNIST, [2]포항공과대학교, [3]선문대학교, [4]IBULE Photonics*
Ralxor-$PbTiO_3$ piezoelectric single crystals have been of a great importance due to their versatile use for high-performance transducers and actuators. It has been proposed that the exceptional piezoelectric properties should be due to an electric-field-induced polarization rotation that involves a reversible phase transformation between rhombohedral and tetragonal. However, this commonly cited polarization rotation fails in explaining why relaxor-$PbTiO_3$ crystals present excellent piezoelectricity even at small excitation far below coercive field. In fact, a comparative study revealed that the polarization rotation has no influence on the piezoelectric responses of the relaxor-$PbTiO_3$ crystals. Here, we demonstrate that the excellent piezoelectric properties come from a reversible shear-mode piezoelectric contribution from electric-field-susceptible 'symmetry-bridging' phase, the polarization direction of which spans monoclinic M_A due to the presence of $PbTiO_3$ unit cells. We expect that this newly proposed mechanism will make a guideline for compositional optimization and give insights into various phenomenological aspects of relaxor-$PbTiO_3$ piezoelectric single crystals.

G1-10 Dielectric Materials Developments for Ceramic based Pulse-Power/High-Energy Capacitors
권도균*. *한국항공대학교*
The dielectric materials are capable of storing the electric energy due to its polarization in the presence of external electric field, causing positive charge to store on one electrode and negative charge on the other. With this manner, the dielectric energy-storing devices enable faster delivery of energy (i.e. shorter charge or discharge time), and thus can be found promising applications on hybrid electric vehicles and pulse power devices. To design a proper dielectric material for the energy storage application, three requirements have to be satisfied at the same time: large saturated polarization, small remnant polarization, and high electrical breakdown strength. In addition to that, cutting-edge technology in automotive industries also requires high-temperature capacitors operable at high temperatures > 200°C. Wide variety of dielectric materials systems including ferroelectric-, antiferroelectric-, relaxor ferroelectric ceramics and ultra-thin glass materials have been extensively investigated. Approaching methodology, materials synthesis and characterizations in the research activities on this subject are being introduced and discussed with special emphasis on the dielectric stability over wide temperature range.

G1-11 Little Understanding of Defect Chemistry in Nonstoichiometric and Doped $BiFeO_3$
비화학양론성 및 첨가된 $BiFeO_3$에 대한 결함화학의 이해
이순일*, 김준찬, 백승봉, 배지희, 김명호. *창원대학교*
$BiFeO_3$ is an attractive material not only for electronic component applications but also for a model system of multiferroics. To better understand the defect chemistry of those materials, nonstoichiometric and doped $BiFeO_3$ ceramics were investigated through high temper-

ature equilibrium conductivity (HiTEC) at various equilibrium conditions. Contribution of mobile oxygen vacancies and volatile metal vacancies has been determined by the HiTEC measurement as a function of oxygen partial pressure. In the $BiFeO_3$ ceramics, the volatile metal vacancy concentration with different synthesis processes controlled the electronic and ionic conduction, which is related to leakage current in those materials. This paper will discuss the dominant defects to understand electrical properties in the ABO_3 compositions.

G1-12 Defect Structure of Oxygen Vacancy in Perovskite Oxide
페로브스카이트 산화물 내부 산소 공공의 결함구조

최민수[1*], 엄기태[1], 이상렬[2], 김선국[1], 이재찬[1]. *[1]성균관대학교, [2]청주대학교*

Oxygen vacancy (V_o) is one of the fundamental and intrinsic defects in perovskite oxides and has displayed critical impacts in the evolution of the physical. However, V_o have been implicitly assumed isolated ones, and understanding oxide materials possibly containing V_o remains elusive within the scheme of the isolated vacancies without consideration about the interaction between isolated ones in spite of the decisive role of V_o. Following the previous theoretical study,[1] we verify the presence of defect structure of V_o as a linear cluster and their orientation along a specific crystallographic direction in $SrTiO_3$, a representative of a perovskite oxide. In this presentation, we describe experimental verification of these phenomena.[2] V_o linear clustering and electron localization in $SrTiO_{3-\delta}$ thin films have been investigated by transport behavior and PES. The carrier density behavior of highly reduced $SrTiO_{3-\delta}$ thin films annealed at various temperatures shows two distinct temperature regimes with a cross-over temperature (T_c) (~440°C). Estimation of the binding energy of the divacancy (~0.35 eV) and T_c supports vacancy linear clustering phenomena. The electron localization via linear clustering along the [001] direction in the highly reduced $SrTiO_{3-\delta}$ thin films was further supported by an electronic structure represented in the increase in Ti^{2+} valence state and X-ray diffuse scattering analysis.

[1] *Phys. Rev. Lett.* **98**, 115503 (2007)
[2] *J. Phys. Chem. Lett.* **8**, 3500 (2017)

G1-13 Enhanced Nonlinearity Factor in Ferroelectric Tunnel Junction Memory
강유전체 터널 접합 메모리의 비선형성 및 메모리 집적도 향상 연구

이호진[1*], 이준봉[1], 변진호[2], 이재광[2], 최택집[1]. *[1]세종대학교, [2]부산대학교*

Switching polarizations produce electro-resistance effect caused by barrier height change in the ferroelectric/semiconductor junction at the nanoscale. Ferroelectric tunnel junctions (FTJ) combining quantum mechanical tunneling and switchable spontaneous polarization are suitable for novel memory devices as non-volatile memory. However, the modulation of the packing density at the FTJ is very limited due to the symmetric electrical characteristics of the memory, and the tunneling effect has such characteristics theoretically. Thus, the nonlinearity factor is an important factor in the packing density in the 3D cross point memory structure that is noted as one of the future memory structures. Here, adding a new direction to FTJ memory, we fabricated $BiFeO_3$ thin film and $Bi_{0.9}Ca_{0.1}FeO_3$ thin film on Nb (0.5 wt.%) doped $SrTiO_3$ respectively. The FTJ memory states could be modulated by internal oxygen vacancy that accompany with enhanced nonlinearity factor and a hysteretic polarization switching effect, in which this complimentary effect results to non-symmetric tunneling performance. As a result, the mechanism of the FTJ memory and the tunable electro-resistance switching properties suggest a new route for highly integrated non-volatile electronic devices.

G1-14 Enhancement of Photoelectochemical Water Splitting Performace Using Ferroelectric $BiFeO_3$
강유전 $BiFeO_3$를 이용한 광전기화학 물분해 특성 향상

장호원*. *서울대학교*

In photoelectrochemical (PEC) water splitting, charge separation and collection by the electric field in the photoactive material are the most important factors for improved conversion efficiency. Hence, ferroelectric oxides, in which electrons are the majority carriers, are considered promising photoanode materials because their high built-in potential, provided by their spontaneous polarization, can significantly enhance the separation and drift of photogenerated carriers. In this regard, the PEC properties of $BiFeO_3$ thin-film photoanodes with different crystallographic orientations and consequent ferroelectric domain structures are investigated. As the crystallographic orientation changes from (001)pc via (110)pc to (111)pc, the ferroelastic domains in epitaxial $BiFeO_3$ thin films become mono-variant and the spontaneous polarization levels increase to 110 $\mu C/cm^2$. Consequently, the photocurrent density at 0 V vs. Ag/AgCl increases approximately 5.3-fold and the onset potential decreases by 0.180 V in the downward polarization state. It is further demonstrated that ferroelectric switching in the (111)pc $BiFeO_3$ thin-film photoanode leads to an approximate change of 8,000% in the photocurrent density and a 0.330 V shift in the onset potential. This study strongly suggests that domain-engineered ferroelectric materials can be used as effective charge separation and collection layers for efficient solar water-splitting photoanodes.

G1-15 Formation of the Sn-rich Nanoclusters in ITO Sintered Body
ITO 소결체 내 Sn 과량 나노클러스터의 생성거동

오성욱*, 김도겸, 허영우, 김정주, 이준형. *경북대학교*

Sn doped In_2O_3 (ITO) ceramic은 transparent conducting oxides (TCOs)의 대표적인 물질로 잘 알려져 있다. ITO 필름은 낮은 비저항과 높은 투과성을 가져 LCD 및 터치패널, OLED panel, solar cell 등에 사용된다.

ITO film 제조는 CVD, spray pyro-hydrolysis, reactive evaporation, metal target을 이용한 reactive sputtering, mixed oxides target을 이용한 sputtering 방식 등으로 제조되어진다. 그중 mixed oxide target을 이용한 sputtering 방식이 가장 널리 사용되어지고 있다.

ITO film의 전기적, 광학적 연구에 비해 ITO ceramic에 관한 연구는 비교적 늦게 시작되었으며, 발표되는 논문들에서 Sn의 고용한계와 $In_4Sn_3O_{12}$의 2차상 생성 온도에 관해서는 약간의 차이를 보이고 있다.

본 연구에서는 온도에 따른 Sn의 고용량 변화에 따른 homogeneous nucleation 생성과 그에 따른 소결체 내부의 Sn의 불균일한 분포에 관해 조사하였다. 미세구조 분석은 TEM, SEM 등을 통해 분석을 진행하였으며, 조성분석은 TEM-EDS를 통해 분석하였다. 또

한 Sn의 불균일한 분포가 ITO target의 sputtering 시 문제가 되는 particle 발생 또는 nodule 형성과의 연관성 유무도 검토하기 위하여 전기적 분석과 Ar plasma etching 특성을 분석하였다.

G1-16 Electrical and Optical Properties of Ga-doped ZnO Transparent Conductive Films Prepared by Low-Temperature Spin-Spray Deposition

저온 Spin-Spray 증착으로 제작 된 Ga doped ZnO 투명 전도 막의 전기 및 광학 특성

박철*, 김지훈, 서지연. *공주대학교*

알루미늄 도핑 된 Zink Oxide (GZO) 투명 전도성 산화물(TCO) 필름은 저온 스핀 스프레이 증착(SSD, Spin Spray Deposition)에 의해 성공적으로 준비되었다. 이 작업에서 우리는 SSD 매개 변수와 Ga 도핑 농도가 필름의 전기 및 광학 특성에 미치는 영향에 대해 세심한 조사를 수행하였다. SSD GZO 필름은 Ga 도핑에 및 열처리 온도에 따라 전기적특성이 변화하였고 모든 도핑범위에서 85% 이상의 투과율을 유지하였다. SSD로 성장된 GZO 막의 구조적 분석을 위해 X-ray diffraction 및 field emission scanning electron microscopy을 활용하였고, 사용된 용액 내부의 Ga 및 Zn 함량 조사를 위해 inductively coupled plasma spectroscopy를 활용하여 조사하였고 이를 바탕으로 도핑 양을 결정하였다. SSD GZO 필름을 투명 전극으로서 활용하기 위하여 유기태양전지를 제작하여 평가하였다.

G1-17 Electrical Characterization of Nitrogen Doped Al_2O_3 Films Based on Atomic Layer Deposition

원자층 증착법 기반 질소 도핑된 알류미늄 박막의 전기적 특성 연구

김민재*, 강경문, Yue Wang, 박형호. *연세대학교*

Al_2O_3 is one of the most promising candidates as Alternative material for SiO_2 owing to its high permittivity (~9), showing higher permittivity than commercially available SiO_2 (~4), with excellent thermal stability and wide energy bandgap (8.3 eV). However, the interface between Si and Al_2O_3 generates 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 are effective dopants for Al_2O_3 films because nitrogen dopant is considered to be promising candidate, as the atomic size of nitrogen is quite similar to its of oxygen, films.

In this study, the properties of Al_2O_3 and N-doped Al_2O_3 thin film deposited by ALD were investigated. Al_2O_3 and N-doped Al_2O_3 films were grown using ALD with trimethylaluminum, water and ammonia as the reactants in temperature ranged from 55 to 170°C. This phenomenon can be explained by the passivation effects caused by the nitrogen doping mechanism along with the nitrogen anion filling the oxygen related defects of the Al_2O_3 lattice and decrease leakage current.

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”.

G1-18 Effective Impedance Spectroscopy Based on Physics-Based Analytical Modelling Faciliated by Python Coding

파이썬 코딩을 활용한 물리기반 모델의 임피던스 분광법 적용

이종숙[1]*, Pham Thuy Linh[1], 신남수[2]. [1]*전남대학교*, [2]*딥솔루션*

임피던스 분광법은 전류-전압특성이 관련되는 전자/전기화학 연구개발에 활용될 수 있으나 사실 효과가 미미하다. 이러한 상황은 대부분의 모델분석에 소위 CPE (constant phase element) 라는 복소함수를 커패시터 등가회로 대신에 사용하고 있다는데 있다고 본다. 주파수의존성이 있는 CPE 성분은 넓은 주파수 영역에 나타나고 지수의존성 패러미터를 임의로 조정하여 데이터를 피팅하므로 피팅의 물리적 과학적 의의를 찾기 어려우나 이러한 분석법이 비판없이 널리 적용되어 임피던스분광법의 실제 활용성이 매우 낮은 주요한 원인이다. 물리적인 커패시턴스 값과 유전 감쇠 현상을 나타내는 Havriliak-Negami 복소커패시턴스 함수를 활용하고 확산현상, 혼합전도 현상, 다공성전극의 전기화학 반응을 물리적으로 기술하는 트랜스미션라인 모델을 적용하는 물리기반 임피던스 분광법이 제대로 활용되어야 하나, 실험 연구자들이 사용할 수 있는 분석 프로그램이 여의치 않은 실정이다. 본 연구자는 최근 많이 사용되는 상용 프로그램에 몇몇 물리기반 분석 모델을 구현하였는데, 최근 머신러닝 등에 대중적으로 활용되고 있는 파이썬 코딩의 최적화 알고리듬을 이용하여 자유자재로 물리기반 모델을 개발하고 적용하고 있다.

G1-19 Knittable and Wearable Gas Sensors Using Reduced Graphene Oxide, Molybdenum Disulfide Covered Carbon Fabrics Decorated with Metal Catalysts for Enhanced Selectivity

산화 그래핀 옥사이드와 이황화 몰리브덴을 덮은 탄소섬유를 이용한 높은 선택성이 있는 의복용 가스센서

이충원*, 서준민. *서울대학교*

In recent days, gas sensors have been attracting great interests for various purposes such as monitoring indoor air quality, detecting harmful gases, or providing information on food storage. Among them, researches on gas sensors to detect the gaseous substances from human body have been extensively conducted. The composition of gaseous substances from human activity like breathing contains information about health status such as diabetes, respiratory diseases, or even cancers. Even if there exist various gas sensor technologies to detect those substances from human breath, however, they cannot continuously monitor every single breath due to their rigid platform restricting them from being attached close to human breath. Therefore, gas sensors with a simple and flexible structure with capability of positioning near human breath are required. Here, we report knittable and wearable gas sensors based on reduced graphene oxide (rGO) covered carbon fabrics (CFs) decorated with metal catalysts for enhanced selectivity. The rGO junctions between rGO covered CFs synthesized by annealing graphene oxide (GO) electrodeposited CFs, function as an active material for gas sensing, and metal catalysts (Cu, Pt, and Pd) were decorated to enhance selectivity between various gases (H_2S, H_2, volatile organic compounds). MoS_2 also has the capacity of detecting NO_2 on its edge sites. MoS_2 is applied to CFs by hydrothermal method.

G1-20 Selective Sub-Ppm Level Xylene Detection Using $CoCr_2O_4$-Cr_2O_3 Hollow Spheres with Nanoscale Heterojunctions

$CoCr_2O_4$-Cr_2O_3 중공 구조를 이용한 고감도, 고선택적 자일렌 가스센서

김보영*, 윤지원, 임겨레, 박성현, 윤지욱, 이종흔. *고려대학교*

Xylene is one of the hazardous VOCs (Volatile organic compounds) gases, which may induce the diseases on central nervous system and attack various respiratory organs. In general, xylene sensors using

oxide semiconductors show high cross-responses to interference gases such as ethanol, toluene, and formaldehyde. Thus, selective detection of xylene is a challenging issue. In the present work, selective xylene sensor using $CoCr_2O_4$-Cr_2O_3 were prepared by ultrasonic spray pyrolysis. The $CoCr_2O_4$-Cr_2O_3 composite sensors showed high response to sub-ppm-level *p*-xylene with negligible cross-responses to chemically similar benzene and toluene as well as other VOCs. The gas sensing mechanism of $CoCr_2O_4$-Cr_2O_3 hollow spheres were discussed in relation to the nanoscale p-p heterojunctions between $CoCr_2O_4$ and Cr_2O_3, and synergistic catalytic promotion of sensing reaction by $CoCr_2O_4$ and Cr_2O_3.

G1-21 A Study of Low-Dielectric Composite Silica Aerogel Thin Films Strengthened by Organic Binders

유기 바인더로 강화된 저유전 혼성 실리카 에어로겔 박막 연구

이규연*, V. G. Parale, 김태희, 박형호. *연세대학교*

Organics are substances with high mechanical properties because of many hydrocarbon bonds and reactive functional group. For these reasons, they can be chemically interconnected with other functional group of another material, so it is known as a proper material for enhancing mechanical properties and strength. In this study, (3-Aminopropyl)triethoxysilane (APTES) and (3-glycidyloxypropyl)-trimethoxysilane (GPTMS), known as organic binders, was mixed with silica precursor which has high dielectric properties but low mechanical strength due to porous structure. Based on this compositization process, it was possible to synthesize low-dielectric organic binder-silica composite aerogel thin films with strengthened mechanical strength. The gel was aged and dried using CO_2 supercritical drying. The obtained composite aerogel films were analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy to check the covalent bonding. The surface morphology was analyzed by scanning electron microscopy. The textural properties were analyzed using contact angle measurement, and dielectric properties were analyzed using C-V measurement.

Acknowledgement: This work was supported by Samsung Research Funding & Incubation Center of Samsung Electronics under Project Number SRFC-TA1703-04.

G1-22 Electrodeposited Co-based Catalysts on Si for Efficient Water Oxidation

효율적인 물 분해를 위한 실리콘 위에 전착된 코발트 기반 촉매

이솔아*, 장호원. *서울대학교*

Photoelectrochemical water splitting is a promising technology to convert solar energy into hydrogen. Silicon is an attracting candidate for the photoanode because silicon has a suitable band gap (1.12 eV) to absorb the wide range of the solar spectrum and possess high carrier mobility. Since the silicon photoanode is unstable at electrolyte and suffers from photocorrosion, STH efficiency of silicon photoanode is largely suppressed. Therefore, recent studies on silicon photoanode has focused on designing a surface passivation layer which protects against chemical and photo-induced corrosion without degrading the inherent photoactive ability of silicon. Herein, we report the synthesis and PEC properties of cobalt based catalysts on silicon via electrodeposition. The solution processed n-Si photoanode showed large photovoltage and superior catalytic behavior. By using efficient oxygen evolution catalysts, onset potential shifted to cathodic direction, leading to highly efficient Si-based photoanodes.

G1-23 Theoretical Investigation of the Catalytic Activity of Goethite (α-FeOOH) for the Electrochemical Water Oxidation

전기화학적 물 분해 촉매 α-FeOOH의 촉매 특성에 대한 이론적 연구

이태형[1]*, 장호원[1], 이동화[2]. [1]*서울대학교*, [2]*포항공과대학교*

To enjoy the strong cost competitiveness of the iron for water oxidation, the poor catalytic property of the iron based electrocatalysts, particularly its low current density should be enhanced. It is known that certain phase, iron oxyhydroxide, can have much higher current density than existing iron-based electrocatalysts. Especially, iron oxihydroxide (FeOOH) belongs to thermodynamically stable form among iron oxides and presented to have enhanced catalytic property.

Herein, we investigate the water oxidation mechanism on the Iron oxyhydroxide (FeOOH) electrocatalysts using first-principles calculations based on Density Functional Theory. With calculations of relative surface stabilities, the most stable low-index surfaces of FeOOH is determined. Then, with the determined FeOOH surfaces, we will compare the theoretical overpotentials achieved by calculating each oxygen evolution reaction steps. Also, impacts of the various dopants such as Mn, Ni, Co will be also investigated.

For the strict verification of the calculation data, experiment results of the bare and doped FeOOH will be also presented. All the alpha FeOOH samples are synthesized with electrodeposition method and their electrocatalytic properties will be evaluated. With the comparison of calculation and experiment data, it is expected to figure out how the dopants affect reaction at the surface of the FeOOH and eventually influence the electrocatalytic properties.

G1-24 Efficient Water Splitting Cascade Photoanodes with Ligand Engineered MnO Co-catalysts

리간드 교환된 망간옥사이드 촉매 도입을 통한 효율적인 물분해 광전극 구현

이미경*, 장호원. *서울대학교*

The band edge positions of semiconductors determine functionality in solar water splitting. While ligand exchange is known to enable to modify the band structure, its crucial role in water splitting efficiency has not yet been fully understood. Here, we firstly demonstrate the ligand engineered manganese oxide Co-catalyst nanoparticles (MnO NPs) on bismuth vanadate ($BiVO_4$) anodes, and achieve a remarkably enhanced photocurrent density of 6.25 mA/cm^2. It is close to 85% of the theoretical photocurrent density (~ 7.5 mA/cm^2) of $BiVO_4$. Improved photoactivity is closely related to the substantial shifts in band edge energies that originate from both the induced dipole at the ligand/MnO interface and intrinsic dipole of the ligand. Combined spectroscopic analysis and electrochemical study reveal the clear relationship between the surface modification and the band edge positions for water oxidation. Our proposed concept has considerable potential to explore new efficient solar water splitting system.

G1-25 Formation of Surface Oxygen Vacancies Responsible for Interface Conductivity in a $LaAlO_3$ Thin Film on $SrTiO_3$ (111)

Substrate

$SrTiO_3$ (111) 기판 위에 성장된 $LaAlO_3$ 박막에서 계면 전도성을 유발하는 표면 산소결함의 형성

한경탁[1*], 최우선[1], 민태원[2], 정후영[3], 이재광[2], 오상호[1], 김영민[1].
[1]성균관대학교, [2]부산대학교, [3]울산과학기술원

We studied $LaAlO_3/SrTiO_3$ (111) interface structure by scanning transmission electron microscopy combined with electron energy loss spectroscopy. Many theoretical investigations have predicted that the polar-nonpolar oxide system exhibits two-dimensional conducting layer at the interface by the spontaneous formation of surface oxygen vacancies that are triggered by the polar discontinuity across the interface. In this study, we report direct evidence for the formation of the surface defects responsible for the interface conductivity and reveal that strong coupling between oxygen vacancies and the polar electric field in $LaAlO_3$ is manifested as the suppression of oxygen octahedral tilts and polar distortions. Our STEM-based structural order parameter mappings at unit-cell scale show an excellent match with the theoretical calculations, thus providing a new insight into understanding the polarity-induced defect formation mechanism for the interface conductivity. This work was supported by Samsung Research Funding & Incubation Center of Samsung Electronics under Project Number SRFC-MA1702-01.

G1-26 Optical and Piezoelectric Properties of Transparent PLZT Ceramics by Atmosphere Sintering in Oxyzen with Different La Contents

산소분위기 상압소결을 통해 제조된 PLZT 투명 세라믹스의 La 함량에 따른 광학 및 전기적 특성 평가

김정환*, 민유호, 안철우, 한병동, 윤운하, 최종진. *재료연구소*

Lanthanum doped lead zirconate-titanate (PLZT) 세라믹스는 ABO_3 조성인 Perovskite형 결정 구조를 가지고 La 함량과 Zr/Ti 비율에 따라 입방정, 정방정, 삼방정의 결정 구조로 상변화가 가능하여 조성 변화에 따라 다양한 압전 특성과 전기 광학 특성을 나타내어 광 셔터, 광 변조기, 메모리 소자, 압전 소자 등 다양한 응용 분야에서 연구되고 있다. PLZT의 경우 La 치환에 의한 Perovskite 구조의 격자 왜곡 감소, 치환에 의해 발생한 결함 구조 형성으로 인한 소결성 증가와 입자 크기 성장 속도 억제, PZT에서의 La이온의 높은 용해도로 인해 이차상이 없는 균질한 소결체를 얻을 수 있는 등의 이점으로 투명하게 만들 수 있는 압전 세라믹 소재로 알려져 있다. 대부분의 보고된 연구에는 투명 PLZT를 제조하기 위해 열간 가압 소결이나 진공 소결과 같은 고가의 소결 공정이 주로 사용되었다. 그러나 기존에 보고된 투명 PLZT 소재의 경우 결정 이방성이 없는 조성을 사용하여 압전특성이 거의 없거나 매우 낮은 것으로 알려져 있으며, 투명성을 요구하는 압전소자로의 응용이 가능한 소재는 아직 거의 보고되어 있지 않다.

본 연구에서는 PLZT 세라믹에서 La함량에 따른 광학 특성과 압전 특성의 상관관계를 조사하였다. 각각 다른 제조사의 원료 분말을 사용하여 제조된 PLZT를다양한 조건의 산소 분위기에서 소결하여 저가의 상압 소결공정 기반의 투명 PLZT 제조를 위한 최적의 공정 조건을 확립하였다. 확립된 조건을 기반으로 하여 La 함량을 정밀하게 제어하여, 소재의 상분석, 미세구조 분석 및 압전특성, 광투과율 등을 평가하여 투명 PLZT 소재의 이방성과 광투과율, 압전특성의 상관관계를 분석하였으며, 최적의 조건에서 광투과율 ~36% (@800 nm)와 압전상수 ~450pC/N의 동시 구현이 가능함을 확인하였다.

G1-27 Effect of Excess Bi on Microstructure and Piezoelectric Properties of $0.67BiFeO_3$−$0.33BaTiO_3$

과잉 Bi의 첨가량이 $0.67BiFeO_3$−$0.33BaTiO_3$의 미세구조와 압전 특성에 미치는 영향

차현애*, 이호창, 전재호. *재료연구소*

$BiFeO_3$-$BaTiO_3$ (BF-BT)는 소결 중 Bi의 휘발에 의해 최종 조성과 압전 특성이 변화하므로 이를 보상해야 한다. 본 연구에는 Bi보상을 위해 첨가되는 과잉 Bi의 함량에 따른 67BF-33BT 소결체의 밀도, 상, 격자상수, 미세구조, 전기저항의 변화 양상을 조사하고 이러한 변화가 BF-BT 소결체의 d_{33} 값에 미치는 영향을 분석하였다. 과잉 Bi첨가량이 1.5 at%까지 증가함에 따라 67BF-33BT 소결체의 밀도는 점차 감소하였으나 Bi 첨가량이 이보다 더 증가하면 밀도는 다시 증가하였다. 반면 소결체의 격자상수는 Bi 첨가량이 1.5 at%까지 증가함에 따라 점차 증가하였으며 Bi 첨가량이 더 이상 증가하여도 격자상수는 더 이상 증가하지 않았다. SEM의 back-scattered image를 관찰한 결과 과잉 Bi 를 1.0 at% 첨가하였을 때 triple grain junction에서 소량의 액상이 나타나기 시작하였으며 과잉 Bi 첨가량이 2 at% 이상으로 증가하면 액상량이 증가하여 입계로 침투되었다. Impedance 분석을 통해 67BF-33BT 소결체의 전기저항을 측정한 결과 순수한 BF-BT는 입자의 전기저항이 작았으며 과잉 Bi 첨가량이 1.5 at%까지 증가함에 따라 입자의 전기저항이 증가하였으나 2 at% 이상 첨가되면 입자의 전기저항은 다시 감소하는 것으로 나타났다. 순수한 67BF-33BT와 과잉 Bi가 2, 3 at% 첨가된 67BF-33BT 시편에서 d_{33}값은 매우 낮은 반면 과잉 Bi 함량이 0.5~1.5 at% 첨가된 시편은 110pC/N이상의 d_{33} 값을 나타내었다. 이러한 결과가 나타난 이유를 과잉 Bi 첨가에 따른 Bi 공공 및 입계 액상의 변화로 설명하였다.

G1-28 Reduced Graphene Oxide Composite based Flexible Films for Energy Harvesters

Ji-Jae Hoon[1], Young-Ho Ko[2], Kyung-Ho Cho[2], Jung-Hyuk Koh[1*].
[1]Chung-Ang University, [2]Agency for Defense Development

Energy harvesting materials have been widely studied for renewable energy applications. Piezoelectric energy harvesters have attracted attention due to their versatility and reliability. Especially, energy harvesters based on the flexible thin films have been intensively investigated for the various applications. Ferroelectric polymer, such as poly(vinylidene fluoride) (PVDF) and poly(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene) (P(VDF-TrFE) have great potential for applications in energy harvesting. In this research, we will report reduced graphene oxide (rGO) and $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ (PMN-PT) were introduced to the P(VDF-TrFE) copolymer composite films to overcome the limitation of ferroelectric polymer. rGO materials with high conductivity plays a role of floating electrodes in the piezo-electric-polymer composite films. rGO has conducting properties with 2-dimensional structure. As a result, the generated output voltage and energy were improved. By introducing the rGO based floating electrodes into the PMN-PT and P(VDF-TrFE) composite, the generated output energy density was increased from 0.70 mJ/cm^3 to 1.2 mJ/cm^3. This the generated output energy density was the recorded outstanding value among the flexible composite films.

This work was supported by the Basic Research Foundation of the Defense Acquisition Program Administration and Agency for Defense Development (Grant Number : UD 170061GD).

G1-29 Magnetoelectrically-Coupled Room-Temperature Single-Phase Ferromagnetic-Ferroelectric Ceramics

자기전기 결합 강자성/강유전 특성을 가지는 상온 단일상 세라믹스

조재현[1*], 이현재[1], 이년종[2], 이건주[1], 이주현[1], 황건태[3], 김상훈[2], 이준희[1], 조욱[1]. *[1]UNIST, [2]울산대학교, [3]재료연구소*

Multiferroicity, defined as an ensemble of more than two ferroic properties among ferromagnetism, ferroelectricity, and ferroelasticity, has been studied extensively due to its high potential for entirely new application opportunities such as ferroelectric photovoltaics, next-generation memory devices, etc.. Nevertheless, room-temperature ferroelectric-ferromagnetic multiferroicity relevant for practical applications has not been realized in a single-phase material, yet. The state of the art for room-temperature multiferroics is limited mostly to antiferromagnetic-ferroelectric $BiFeO_3$ or some elaborately fabricated thin film type of materials with an improper ferroelectricity.

Here we show that a ferromagnetic order can be induced and directly coupled to an existing ferroelectric order persisting well above room temperature. We expect that the current work will open up a vast opportunity for developing practically viable room-temperature single-phase multiferroic ceramics with a strong coupling between ferromagnetism and ferroelectricity and is sure to inspire material scientists in developing unprecedented new materials that cannot be obtained by conventional composition design concept.

G1-30 Atomic-Scale Study of Strain Relaxation in Pseudo-Cubic $BiFeO_3$ Thin Film

의사 입방 $BiFeO_3$ 박막에서의 스트레인 완화기구에 대한 원자단위 연구

최우선[1*], 한경탁[1], 이현준[2], 조지영[2], 정후영[3], 김영민[1]. *[1]성균관대학교, [2]광주과학기술원(GIST), [3]울산과학기술원*

Epitaxial ferroelectric thin film grown on a substrate with dissimilar lattice constant suffers from in-plane lattice strain. Conventional mesoscopic analysis revealed that the epitaxial film has internal strain gradient across the film thickness when there is no symmetry breaking in a short-range crystalline order. However, the exact atomic-scale mechanism of the strain relaxation behavior has remained elusive. Here, we report unit-cell-wise in-plane strain relaxation mechanism in pseudomorphically-grown $BiFeO_3$ thin film using pico-scale atom position analysis. It is revealed that two distinctive nanoscale regions with different lattice strain states without the symmetry breaking are involved in the relaxation of total strain over the entire thin film. This result turns out to be quite different from expected models and opens a new perspective to understand the atomic-scale strain relaxation mechanism in a quantum scale. This work was supported by Samsung Research Funding & Incubation Center of Samsung Electronics under Project Number SRFC-MA1702-01.

G1-31 Micro/Millimeter-wave Dielectrics of Indialite/Cordierite Glass Ceramics Applied to LTCC and Direct Casting Substrates

Hitoshi Ohsato[1,2*], Jobin Varghese[1], Timo Vahera[1], Heli Jantunen[1] and Makoto Iwata[3]. *[1]University of Oulu, Finland, [2]Nagoya Industrial Science Research Institute, Japan, [3]Nagoya Institute of Technology, Japan*

Micro/millimeter-wave dielectric indialite/cordierite glass ceramics have been researched for 5G information communication technology. Indialite is a polymorph of cordierite, which has extremely high quality of $Qf > 200 \times 10^3$ GHz, low dielectric constant (e_r) of 4.7 and temperature coefficient of resonant frequency (TCf) of -27 ppm/°C. Indialite is difficult to fabricate by the solid state reaction due to the order-disorder transition temperature locating near the incongruent melting. Additionally, it is well known that indialite is an intermediate metastable compound precipitated when glass crystallizes to cordierite. The samples for measurements were fabricated crystallizing glass pellets at 1200 to 1350°C for 10/20 h. The glass pellets themselves were fabricated by pouring the glass melted in a graphite mold. In this direct casting of indialite/cordierite glass, a small amount of TiO_2 was added for preventing cracks. Additionally, a fine indialite powder was fabricated from the quenched glass for LTCC substrates. To decrease the sintering temperature Bi_2O_3 and ZnO/B_2O_3 were added as sintering aids. The substrates were fabricated by tape casting, and 5 layers were laminated to form a stack for sintering. The e_r of 4.6 and $\tan\delta$ of 1.4×10^{-3} at 5.1 GHz after sintering at 900°C were measured for the substrates where Bi_2O_3 was used as a sintering aid. However, using ZnO/B_2O_3 glass the optimum sintering temperature was as low as 750 C. The direct cast samples showed e_r of 5.6 and $\tan\delta$ of 2.3×10^{-4} at 5.1 GHz. These glass ceramic substrates are feasible for patch antennas and filters.

Acknowledgements: This paper was supported by (1) Support industries of Japan by Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), Japan, (2) JSPS KAKENHI Grant Number 22560673, 25420721, JP16K06735, (3) Nokia 2016 Visiting Professors Foundation 201700003, (4) European Research Council Project No. 24001893.

G1-32 Fabrication of Piezoelectric Yarns with Core-Shell Structures and Characteristics of Energy Harvesting by Body Movements

코어-쉘 구조의 압전 실 제조 및 신체 움직임에 따른 에너지 하베스팅 특성

지상현*, 윤지선. *한국세라믹기술원*

A wearable piezoelectric energy harvester based on core-shell piezoelectric yarns with external electrodes was prepared, and energy harvesting characteristics were investigated according to various body movements. The lead-free piezoelectric nanofiber was fabricated by the electrospinning process, and then the conductive yarn was twisted by the nanofiber to form a core-shell structure. Then, the core-shell piezoelectric nanofiber yarns were braided with outer electrode thread, and the piezoelectric nanofiber yarns with external electrodes were directly stitched to fabric. The maximum output voltage was observed by measuring the output voltage characteristics according to the total length of the piezoelectric yarn, the total length at the effective bending area, and the distance between the other piezoelectric yarns. As the core-shell piezoelectric yarns were directly stitched on various garments such as a glove, a guard and a shoe insole, energy could be harvested according to various bending and pressing body movements.

G1-33 Enhanced Piezoelectric Properties of Textured Piezoceramics by Using Bi-template

Bi-template을 이용한 배향 압전 세라믹의 향상된 압전 특성

강우석[1*], 이태곤[2], 강주희[3], 이주현[1], 김선우[2], 최강호[1], 남산[2], 조욱[1]. *[1]울산과학기술원(UNIST), [2]고려대학교, [3]재료연구소*

Piezoelectric ceramics are highly attractive materials owing to their ability of energy conversion between electric and mechanical source. So, many people have been tried to use piezo-materials in practice but it's difficult to use due to their poor properties. So, the number of papers which tried to improve the piezoelectric properties were reported in academia. But there remain problems to overcome in piezoelectric materials. Among them, low piezoelectric coefficient is one of serious problem. There is some effective way to improving piezoelectric properties such as phase boundary system, crystallographic orientation, domain engineering, and so on.

Among them, recently, some groups shed new light on Templated Grain Growth (TGG) method by demonstrating improve the piezoelectric with innovative strategy. In this work, we suggested new approach for textured piezo-ceramics which is used bi-template to enhance piezo response. $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ systems and plate-like $BaTiO_3$, $Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO_3$ particles were used as a matrix and template, respectively. The very high d_{33} (1031 pC/N), an extremely large FOM (59773), strain (0.13% at 1 kV/mm) and a large k_p (0.755) were simultaneously achieved in textured ceramics by using our strategy.

G1-34 A New Type of Biocompatible Piezoelectric Thin Film Fabricated at Low Temperature by Electrophoresis Using Heterointerfaces of Inorganic Nanosheets

임미르*, 권상효, 남산. *고려대학교*

Lead-free piezoelectric thin films have been sustainably investigated to replace toxic $Pb(Zr,Ti)O_3$-based materials. Unfortunately, previous candidates have limitations such as insufficient piezoelectric properties and high growth temperatures (> 600°C). In this work, a new type of biocompatible piezoelectric thin film was fabricated using inorganic nanosheets. By electrophoresis, an ST film consisting of $Sr_2NaNb_4O_{13}$ and $TiNbO_5$ nanosheets was deposited and subsequently annealed at 300°C. The nanosheet film had many heterointerfaces, resulting in a ferroelectric/antiferrodistortive coupling by broken inversion symmetry and NbO_6 octahedra tilting. The ST film exhibited a good remnant polarization of 7.7 μC/cm^2 with an E_c of 86 kV/cm. Moreover, the dielectric constant was enhanced due to the manifestation of ferroelectricity with a low tan δ (< 0.05). A low leakage current density below 10^{-6} A/cm^2 in the measurement range of the *P-E* was observed so the ferroelectricity was originated by structural effects at interfaces. In PFM analysis, a fully reversible domains were observed and a high d_{33} of 156 pm/V was obtained. Through the biocompatible test, the non-toxic property was confirmed. Therefore, a new type of the biocompatible piezoelectric film grown at low temperature was suggested.

G1-35 Effect of $BiAlO_3$ Addition on Microstructure and Piezoelectric Properties in $(K,Na)NbO_3$-based Ceramics

$BiAlO_3$의 첨가가 $(K,Na)NbO_3$ 계열 소재의 미세구조와 압전특성에 미치는 영향

Attaur Rahman[1*], 민유호[1], 황건태[1], 최종진[1], 김종우[1], 한병동[1], 조경훈[2], 김명호[3], 안철우[1]. *[1]재료연구소, [2]금오공과대학교, [3]창원대학교*

Recently, the transparency has been reported in $(K,Na)NbO_3$ (KNN)-based ceramics for the applications of light shutters, modulators, color filters, displays, image storage devices, etc. In order to obtain the transparent property in KNN-based ceramics, their microstructures and crystal structures must be controlled to show small grain size, high density, and pseudo-cubic structure. In this study, the effect of $BiAlO_3$ (BA) addition on microstructure, crystal structure, and piezoelectric properties has been investigated in KNN-based ceramics. They were prepared by normal sintering method. Their piezoelectric and optic properties were significantly varied with the ratio of BA, and the variation might be due to their microstructures and crystal structures.

G2-1 High Efficiency GaAs Single Junction Solar Cell on Si Substrate

Si 기판 위에 고효율 GaAs 단일 접합 태양 전지

김효진*. *한국광기술원*

Si 기판 위에 직접 성장된 GaAs 버퍼층을 열 사이클링 어닐링 방법으로 개선한 후 그 위에 성장한 GaAs 단일 태양 전지의 특성을 조사했다. 이 연구에서, GaAs 완충제는 Ge 및 등급화된 SiGe 층의 성장없이 Si 상에 직접 성장되었다. 직접 성장 된 GaAs 버퍼의 경우, 저온에서 성장된 GaAs seed의 형성은 Si 기판과 GaAs 사이의 격자 불일치를 완화하기 위한 횡 방향 성장과 관련되기 때문에 중요했다. 적은 V/III 비율과 높은 성장률을 갖는 GaAs seed 일수록 그 위에 성장된 GaAs 버퍼의 품질이 향상되어짐을 알 수 있었다. 좀 더 나은 품질의 GaAs 버퍼층을 형성하기 위하여 열 사이클링 어닐링 방법으로 GaAs 버퍼를 성장시켰다. 이중 X-선 회절분석에 의해 측정된 GaAs 버퍼층의 피크 반치폭의 최소는 82 arcsec 였고 결함밀도는 약 4.9×10^6 cm^{-2}이었다. 이 버퍼층 위에 성장된 GaAs 단일접합 태양전지의 효율은 19.3% 였다.

G2-2 Photocatalytic Degradation of Methyl Orange by Reduced Graphene Oxide and SnO_2 Aerogel Nanocomposites

환원된 산화그라핀과 SnO_2 에어로젤 나노복합체의 메틸 오렌지 광촉매 분해

김태희*, V. G. Parale, 정해누리, 김영훈, 박형호. *연세대학교*

SnO_2 aerogel/reduced graphene oxide (rGO) nanocomposites were synthesized using the sol–gel method. A homogeneous dispersion of graphene oxide (GO) flakes in a tin precursor solution was captured in a three-dimensional network SnO_2 aerogel matrix and successively underwent supercritical alcohol drying followed by the *in situ* thermal reduction of GO, resulting in SnO_2 aerogel/rGO nanocomposites. Control of experimental condition in epoxide-initiated sol-gel method was required as 2D graphene oxide sheet would hinder the formation of 3D colloidal network. However, with the confirmation of specific surface area and surface morphologies, SnO_2 aerogel was successfully synthesized and nanoporous nature was maintained. In addition, oxygen containing functional group on the graphene oxide reacted with tin metal center resulting in the formation of Sn-O-C bonds. This chemical bond formation between reduced graphene oxide and SnO_2 aerogel matrix enhanced the photocatalytic degradation by retarding the electron-hole pair recombination rate and transferring photo-generated electron to graphene. The proposed nanocomposites could be a useful solution against water pollutants.

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.

G2-3 Efficient Water Oxidation in TiO_2 Nanorods through Amine-Functionalized MIL-125 for Photoelectrochemical Water Splitting

NH_2-MIL-125(Ti)/TiO_2 nanorod 이중접합을 이용한 효율적인 광화학적 물분해

윤지원[1*], 김도홍[2], 김재혁[1], 장호원[2], 이종흔[1]. [1]*고려대학교*, [2]*서울대학교*

MIL(125)-NH_2(Ti), a photoactive amine-functionalized Ti metal-organic framework (MOF) is coated on TiO_2 nanorods (NRs) through a facile hydrothermal reaction, and the performance of the photoanode in photoelectrochemical (PEC) water splitting is investigated. The photocurrent density of the MIL(125) NH_2/TiO_2 NRs is 1.63 mA/cm^2 at 1.23 V vs. a reversible hydrogen electrode under AM 1.5 G simulated sunlight illumination, which showed ~2.7 times enhanced current density when compared with pristine TiO_2 NRs. The incident photon-to-electron conversion efficiency of the MIL(125)-NH_2/TiO_2 NRs indicated the water oxidation is promoted by the efficient light absorption and charge separation through the coating of MIL(125)-NH_2. The improvement of the PEC activity is discussed in relation to the vertically ordered configuration of the TiO_2 NRs and the type (II) band alignment. This study clearly shows the rational design and facile synthesis of semiconductor/MOF heterojunctions can be a new general approach to achieve high efficiency in photoelectrochemical water splitting.

G2-4 Oxidation of Ir Nanoparticles Synthesized by MWI and Characteristics as OER Catalyst

마이크로파 합성 이리듐 나노입자의 산화 및 OER 촉매특성

송현용[1*], 이전량[1], 박재철[1], 이인환[2], 김태원[1]. [1]*한국생산기술연구원*, [2]*고려대학교*

수소에너지가 청정에너지로 많은 각광을 받고 있다. 하지만, 기존의 석탄이나 LNG를 이용한 개질법은 이산화탄소 배출이 동반되어 청정수소 에너지로서의 의미가 희석된다. 따라서 환경에 영향을 미치지 않고 순수한 수소를 생산하는 방법인 수전해 기술의 귀추가 주목되고 있다. 수전해 기술은 양극과 음극에 일정 전압을 가해주어 물을 분해하는 방식이다. 현재 수전해 기술의 이슈는 저항에 의해 1.23 V의 이론전압보다 높은 전압에서 물이 분해가 되는 점이다. 이를 해결하기 위하여 금속촉매가 활용되며, Ir, Pd, Ru 재료가 d-orbital의 vacancy에 의해 높은 효율로 과전압을 낮추는 특성을 보인다. 고가의 귀금속을 효율적으로 사용하기 위한 연구가 진행 중이며, 동일한 양으로 최대한의 효과를 보기 위한 촉매디자인이 중요시 되고 있다.

본 연구에서는 Microwave irradiation을 이용하여 2 nm의 크기를 갖는 나노입자를 합성한 후, 산화공정을 통해 이리듐 산화물상으로 변화시켜 OER 촉매 특성을 연구하였다. 이리듐의 열특성을 고려하여 250, 350, 450°C에서 열처리를 진행하였고, TEM 이미지를 통하여 산화이리듐의 크기가 각각 3.78, 4.30, 7.13 nm로 증가됨을 확인하였다. 촉매특성평가는 rotation disk electrode로 실시하였다. 촉매활성도는 linear sweep voltammetry, 촉매의 안정성은 chrono-potentiometry로 평가하였다. 측정결과, 350°C에서 열처리된 산화이리듐 촉매가 10 mA/cm^{2}의 전류밀도에서 275 mV의 과전압을 가지며, 24시간 이상에서도 활성을 보이며 우수한 성능을 보였다.

G2-5 Plasmon-Improved Methanol Oxidation Property of Au@CeO_2@Pt Core-Shell Structure Nanocomposites

Au@CeO_2@Pt 코어 - 쉘 구조 나노 복합체의 플라즈몬 - 개선 된 메탄올 산화 특성

Dung Dao*, Yeontae Yu. *전북대학교*

Photocatalytic oxidation of organic molecules to CO_2 using semiconductor has been widely studied. As an important rare earth oxide, CeO_2 has enormous applications in catalysis, energy, and environmental due to the potential properties as its excellent oxygen release/storage capacity, its high redox potential ability, and its high thermodynamic stability. Nevertheless, the photocatalytic performance of CeO_2 is remarkably reduced because of its high bandgap energy and low carrier mobility. Therefore, the coating of CeO_2 on plasmonic metal, as Au, is a good choice to overcome the drawbacks thereof. Because, the Au@CeO_2 core-shell structures may have high activity and stability; it is also a heterogeneous system containing more active core-shell interface sites; the core-shell can improve charge transfer by redox reactions including the oxidation of Au^0 to Au^+ and the reduction of Ce^{4+} to Ce^{3+}, thus reducing bandgap energy and increasing amount of oxygen vacancy of ceria; it also provides high surface area catalyst. Furthermore, as a sink electron, the decoration of Pt on the surface of Au@CeO_2 can significantly reduce the recombination of generated charges. Especially, the catalytic property of Au@CeO_2@Pt composites can be much improved under light irradiation due to surface plasmon resonance (SPR) effect. In this study, the Au@CeO_2@Pt photocatalyst was applied for methanol oxidation under visible light. It showed better photocatalytic performance compared to the SPR-free CeO_2@Pt and CeO_2 materials.

G2-6 Novel Lithium-Ion Conducting Oxide Structure

새로운 리튬이온 전도성 산화물 구조

김승주*, 김재겸, 김주현. *아주대학교*

The lithium-ion conducting oxides have attracted world-wide attention due to the possible application as a solid electrolyte. Generally, fast lithium-ion conducting oxides have framework structures composed of corner-sharing metal-centered octahedra ($MO_{6/2}$) and tetrahedra ($TO_{4/2}$), which are represented by a general formula $A_x(MO_{6/2})_m(TO_{4/2})_n$. In this work, we report a new lithium-ion conducting oxide, $LiTa_2PO_8$, corresponding to the composition with m = 2 and n = 1, *i.e.* $Li(TaO_{6/2})_2(PO_{4/2})$. The synchrotron X-ray/neutron powder diffraction analysis revealed that the TaO_6 octahedra and PO_4 tetrahedra are connected via corner-sharing to form an unprecedented anionic framework providing an effective 3*D* pathway for lithium-ion conduction. The sintered $LiTa_2PO_8$ pellets exhibited an excellent lithium-ion conductivity (2.5×10^{-4} S cm^{-1} at 25°C), which is comparable or superior to the highest values reported to date for other fast ion conductors such as perovskite $Li_{3x}La_{2/3-x}TiO_3$, NASICON $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$, and garnet $Li_7La_3Zr_2O_{12}$.

G2-7 Electrochemical Stability of Li_2S-P_2S_5-SnS_2 Glass-Ceramic Electrolytes and its Application to Lithium Metal Anode

Li_2S-P_2S_5-SnS_2 유리-세라믹 고체전해질의 전기화학적 안정성 분석 및 리튬 음극의 적용

이상수*, 박찬휘, 김규범, 김민희, 신동욱. *한양대학교*

All-solid-state lithium-ion batteries (ASSLIBs) are very promising next-generation batteries with high energy density and safety. Among the solid electrolytes that can be applied to ASSLIBs, sulfide glass-ceramic electrolytes are attracting attention because of their extremely high ionic conductivity and excellent mechanical deformability. However, due to the chemical and electrochemical nature of sulfide electrolytes, the stability under prolonged cycle operation has become a barrier limiting their practical use and commercialization.

To improve the stability, we investigated the effects of Sn substitution on the electrochemical stability of Li_2S-P_2S_5 glass-ceramic electrolytes and analyzed the cause of the degradation. No redox current is observed by cyclic voltammetry expect for that the lithium deposition/dissolution. Also, as a result of X-ray photoelectron spectroscopy, chemical stability with Li was enhanced by 25% Sn substitution. ASSLIBs using $80Li_2S$-$15P_2S_5$-$10SnS_2$ electrolytes with Li or Li-In anodes show better cycling performance. 25% Sn substitution was found to significantly improve the chemical stability of the Li_2S-P_2S_5 glass-ceramic electrolytes as well as the electrochemical stability.

Acknowledgement: 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).

G2-8 Improved Electrochemical Performance of High Content of $LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$ Slurry Casted Composite Cathode with Binary Conductive Additives for All-Solid-State Batteries

혼합도전제를 적용한 고비율 $LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$ 전고체전지 양극 후막에서의 전기화학적 특성 향상

안지유*, 최선호, 도지예, 임승우, 신동욱. *한양대학교*

Lithium ion batteries (LIBs) with liquid electrolytes were limited to be employed by large-scale power source for electrical vehicle due to their flammability. Therefore, all-solid-state batteries (ASSBs) using inorganic sulfide-based solid electrolytes are considered prospective alternative to LIBs owing to their benefits such as non-flammability, high ion conductivities.

The composite cathodes of ASSBs have to form lithium ion and electron conducting path by increasing physical contact between components. However, it is difficult to form favorable solid-solid interface among electrode constituents. As a results, isolated active materials which disconnect with conductive additives are not able to activation, leading to poor rate performance. Therefore, it is important to form effective electron conduction network in composite cathode while increasing utilization of active materials and not blocking lithium ion path.

In this study, mixture of fibrous VGCF and spherical nano-sized Super P was used to improve rate performance by fabricating valid conduction path in composites cathode. Then, the composite cathodes of ASSBs containing 70% and 80% active materials ($LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$) were prepared by solution-based process to get uniform dispersion state of the electrode components in the slurry. Therefore, we investigated effects on mixture of conductive additives by evaluating electrochemical properties and its morphology.

G2-9 Three-Dimensional Microscopic Characterization of Hierarchically-Structured Core-Shell Type Li Ion Transitional Metal Oxide Cathode Materials

계층 구조 코어-쉘 리튬이차전지 산화물 양극 소재의 3차원적 특성 규명

김영훈[1]*, 심재현[2], 김영민[1]. [1] *성균관대학교*, [2] *동신대학교*

Tailoring the geometric parameters of lithium-mixed transition metal oxide (LiTM) cathode materials is a promising strategy for enhancing electrochemical performance of lithium ion batteries. Electron tomography has been recognized as an efficient tool to resolve structural configuration such as grain, internal pores, and extended cracks at a high-spatial resolution. In this study, we demonstrate that an optimized core-shell LiTM with a bi-modal size distribution of primary particles outperforms conventional LiTM with a uniform grain size distribution in all aspects of electrochemical performance. Using FIB-based serial-section tomography, we reveal that the structural origin of the enhanced battery performance is attributed to the controlled primary grain size and internal pores inside the secondary particle. From the results of scanning transmission electron microscopy-based electron spectroscopic investigations, the geometrically-modified LiTM shows much better charge transport stability without structural collapse due to the continuous outbreak of side reaction at the surface during the repeated cycles.

G2-10 Control of Cu_xS_y Microsphere Porosity as an Anode Materials for Sodium Ion Battery

나트륨 이온 배터리 음극재로써 성능 향상을 위한 Cu_xS_y 구체의 다공성 제어

신동혁[1]*, 권지석[1], Tianchi Lu[1], 조성한[1], 류명우[1], 김재익[1], 한혁수[2], 김정현[3], 송태섭[1], 백운규[1]. [1] *한양대학교*, [2] *홍익대학교*, [3] *광운대학교*

Sodium ion batteries (SIBs) have been received significant attention as an alternative to lithium ion batteries due to using abundant element on the earth's crust. Various ceramic materials have been explored as cathode and anode materials for SIBs, however, there is still many obstacles for its practical use. Copper sulfides (Cu_xS_y) are a potential candidate as the anode material for the sodium-ion battery due to their high specific capacity and excellent rate capability. Here, we report the synthesis of Cu_xS_y micro-sphere and porosity control strategy to improve its electrochemical properties. Cu_xS_y micro-sphere which are about ~5 μm average diameter have been synthesized by a solvothermal method. Also, porosity of these particles could be controlled by the calcination temperature. Cu_xS_y mirco-sphere electrode shows a high reversible discharge capacity of ~350 mAh/g at 0.1C, stable cycle performance and capacity retention of ~ 300 mAh/g even at 2C.

G2-11 One-pot Synthesis of $CuFeO_2$-$NiFe_2O_4$ Hybrid Electrode for Lithium-ion Batteries with Ultra-stable Electrochemical Performance

매우 안정적인 전기화학적 성능을 가진 리튬이온 $CuFeO_2$-$NiFe_2O_4$ 하이브리드 전극 재료 합성

정준영*, 이석원, 이지영, 조수호, 이도창, 김일두. *KAIST*

Stable electrode materials with guaranteed long-term cyclability are indispensable for advanced lithium-ion batteries. Recently, delafossite $CuFeO_2$ receives considerable attention, due to its relative structural integrity and cycling stability. Nevertheless, the low conductivity of delafossite and its relatively low theoretical capacity prevent its use as feasible electrodes for next-generation batteries that require higher reversible capacities. In this work, we suggest a simple and straightforward approach to prepare $CuFeO_2$-$NiFe_2O_4$ by introducing Ni precursor into Cu and Fe precursor during the sol-gel process, which can be scalable and applied for mass production, and subsequent heat treatments. Presence of both $NiFe_2O_4$ and $CuFeO_2$ is apparent, and the heterostructure arising from formation of $NiFe_2O_4$ within $CuFeO_2$ renders some synergistic effects between two active materials. As a result, $CuFeO_2$-$NiFe_2O_4$ hybrid sample exhibits excellent cycling stability and improved rate capability, which can deliver stable electrochemical performance for 800 cycles at a current density of 5.0 A g^{-1}. This work is an early report on introducing foreign element into the sol-gel process to fabricate heterostructures and use them as potential electrodes for batteries, which can open up various research opportunities in near future.

G2-12 Advanced Na/$ZnCl_2$ Battery Using a Carbon Felt as an Electron-Conductive Network

이윤기[1*], 김창삼[2], 김한준[2], 변동진[3], 조권구[1], 안주현[1]. *[1]경상대학교, [2]한국과학기술연구원, [3]고려대학교*

Sodium-metal chloride batteries have been highlighted as one of the massive energy storage systems for its intrinsically excellent safety and the use of abundant materials. Nickel and sodium chloride have been the most studied for cathode materials due to excellent electrochemical properties. However, there is a need to reduce the material cost due to costly nickel powders which are used in large quantities for the electrical connection in the cathode. A sodium-zinc chloride battery is a system that uses relatively inexpensive zinc instead of nickel. This study proposes and electrochemically evaluates a new cathode architecture with inexpensive carbon felt and the conventional constituents for advanced Na/$ZnCl_2$ batteries. Eutectic liquid formation of the NaCl-$ZnCl_2$ chemistry during charging-discharging allows the well distribution of cathode materials into the preformed network. The advanced Na/$ZnCl_2$ cells, which have a capacity of 220 mAh with a new cathode configuration, significantly reduced the charge transfer resistance compared to conventional cells by approximately 42% and 62% at the 10th and 51st cycles, respectively. When the design capacity increased to 440 mAh, the resistance difference became apparent. This enhancement occurred because the carbon felt has sufficient electron conduction in the cathode and results in a uniform electrode reaction, which was revealed in our analysis of the microstructure of the electrode.

G2-13 Evaluation of Electrochemical Stability in Proton Conducting Oxide Fuel Cells with Improved Microstructure

프로톤 전도성 산화물 연료전지의 공기극 미세구조 제어를 통한 전기화학안전성 향상

백현우*, 박상호, 신동욱. *한양대학교*

프로톤 전도성 산화물 연료전지는 일반 고체산화물연료전지 보다 낮은 구동 온도(550~700°C) 범위를 가지고 있어 최근 상당한 주목을 받고 있다. 그러나 구동 온도가 낮아짐에 따라 증가하는 분극 저항은 연료전지의 성능 저하에 큰 영향을 미친다. 그 중에서는 공기극 저항은 단전지 전체 저항 중에 대부분을 차지한다. 특히, 공기극에서 형성되는 부산물(수증기)의 응축은 공기극 저항을 더욱 가속시킨다. 이러한 문제점 때문에 많은 연구진들이 공기극 열화에 관한 해결책으로 다양한 연구를 시도하고 있다. 본 연구에서는 열화 문제를 해결하기 위해, 공기극에 사용되는 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}$ (PBSCF) 슬러리 특성과 정전슬러리분무증착법 장비를 정밀하게 조절하여, 마이크로 크기의 기공과 나노 크기의 기공 표면을 갖는 특수 미세구조를 제조하였다. 이 구조체는 가스의 확산과 부산물의 배출을 유도하여, 양극의 열화 현상을 지연시키고, 결과적으로 장기 안전성을 향상을 기대할 수 있다. Scanning electron microscope (SEM)과 BET를 통해 미세구조의 특징을 확인하였고, 단전지의 전기화학적 성능을 550~700°C에서 실시하였다. 또한 일정 전류를 인가하여 100 hr 동안의 단기 안정성 평가를 실시했다.

G2-14 Development of a Metal-supported Solid Oxide Fuel Cell Stack and Auxiliary Power Unit System Application

금속지지체형 고체산화물연료전지 셀/스택 개발 및 보조전원 시스템 적용에 관한 연구

이재석*, 장영훈, 배민석, 이상훈, 이희대, 황규선, 배중면. *KAIST*

본 연구에서는 금속지지체형 고체산화물연료전지(Metal-supported solid oxide fuel cell, MS-SOFC) 셀, 스택 및 이를 기반으로 하는 보조전원 시스템 개발을 진행하였다. 단위전지는 Crofer 22 APU 금속 기판과 Ni-YSZ 연료극, YSZ 전해질, GDC 완충층, LSCF-GDC 공기극으로 구성된 셀을 sinter-joining 공정을 통해 접합하여 제작한 metal-based SOFC (MB-SOFC) 및 천공된 Crofer 22 APU 금속 기판에 LST 산화방지막, Ni-LST-GDC 연료극, YSZ 전해질, GDC 완충층, LSCF-GDC 공기극을 차례대로 적층하여 제작한 MS-SOFC를 모두 개발하였다. 또한, 제작된 120 × 80 mm^2 크기의 MB-SOFC를 적용한 3단 쏫 스택을 개발하여 약 3.0 V의 OCV와 23.1 W의 최대 전력을 확보하였으며 이를 기반으로 MS-SOFC를 적용한 스택을 개발하고 있다. 나아가, 열적 내구성이 높은 MS-SOFC를 적용하여 시스템 시동 및 운전 과정에서의 유연성이 확보된 디젤 연료 기반 1 kWe 급 보조전원 시스템을 설계하고 구동하였다. 프로토타입 운전 시험 결과, 180분 이내의 시동 시간으로 약 950 W의 출력을 확보하였다.

G2-15 In Operando Study of Direct-methane Electrochemical Oxidation on Ceria Electrodes

세리아 전극 표면에서의 메탄의 직접 전기화학산화 매커니즘 연구

최윤석[1*], 유정도[1], 서한길[1], Ethan J. Crumlin[2], 정우철[1]. *[1]KAIST, [2]Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)*

One of the main advantages of solid oxide fuel cells (SOFCs) is to utilize methane (natural gas) even in the absence of hydrogen infrastructure. Ceria (CeO_2)-based oxides have been important component to develop high-performance and robust anode presumably due to its high stability against carbon deposition and high catalytic activity in hydrocarbon environments. However, the mechanism of electrochemical oxidation of methane on the ceria surface has not been clarified yet. Particularly, it is challenging to selectively investigate the targeted electrochemical reaction from various chemical reactions, such as steam reforming, which occurs simultaneously. To address this issue, through pulsed laser deposition and lift-off processes, we fabricate polarizable, Sm-doped ceria thin-film model electro-

chemical cells which enable selective monitoring of the CH_4 direct-oxidation on the ceria surface. Combined experimental (impedance spectroscopy and ambient-pressure X-ray photoelectron spectroscopy) and theoretical (density functional calculation) methods are used to study the surface reactions. We find that the ceria surface catalyzes the C-H cleavage. In contrast, the overall electrode reaction rate is dominantly determined by the H_2O formation step. These observations may provide the clear evidence for direct electro-oxidation of methane on ceria surface and suggest a new possibility of developing a fuel cell electrode that achieves high performance with minimal-humidified methane.

G2-16 Alleviating the Sintering Temperature of Gadolinium-doped-ceria SOFC Interlayer by Doping with Transition Metal Elements

Ahmad Shaur*, Saeed ur Rehman, 송락현, 임탁형, 박석주, 이승복. *한국에너지기술연구원*

Gadolinium-doped-ceria ($Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{2-\delta}$, GDC) interlayer having poor sintering properties results in the formation of insulating phases with electrolyte, when sintered at high temperature. This study reports the effect of transition metal elements (Co, Cu, Fe, Mn, & Zn) doping on the phase, densification, and microstructure of GDC Interlayer of SOFC. The doped powders were synthesized by the sol-gel based Pechini method and phase formation were characterized by X-ray diffraction analysis. The sinterability of TM-doped GDC was observed up to 1200°C by using Dilatometry analysis. Scanning electron micrographs of doped GDC showed a very dense structure with the negligible amount of open pores at a sintering temperature as low as 1100°C for most dopants Mn > Cu > Co > Fe Zn. It appears that the TM-doping enhanced the densification of GDC interlayer in the order of. Arrhenius plots revealed that the total conductivities of TM-doped GDC were also slightly improved.

G2-17 Development of Niobium Pentoxide and Cerium Oxide Dispersed Metal-Interconnect Material for Solid Oxide Fuel Cells
니오븀 산화물과 세륨 산화물이 분산된 고체산화물연료전지용 금속 분리판 소재 개발

김태훈*. *과학기술연합대학원대학교(UST)*

In this study, we have developed nano-oxide dispersed ferritic stainless steel alloy as an interconnect material for solid oxide fuel cells (SOFCs). Nano-cerium oxide (CeO_2) and niobium pentoxide (Nb_2O_5) powders were mixed with ferritic stainless steel (SUS430) powder by high energy ball milling process. The mixed powders were pelletized and sintered at 1400°C in a hydrogen atmosphere. Electrical properties were evaluated by means of area specific resistance (ASR) up to 1000 h at 800°C in the air. Material characterization was performed by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive spectroscopy (EDS). The ASR results showed that SUS430 added with 1 wt.% Nb_2O_5 and 3 wt.% CeO_2 exhibited lowest ASR increase rate of 14.61 $m\Omega.cm^2$ per 1000 h.

G2-18 A Thin and Dense Buffer Layer Co-sintered Planar Type Solid Oxide Fuel Cell Fabricated by Tape Casting and Lamination Process
테이프 캐스팅과 라미네이션 공정으로 제작 된 얇고 치밀한 버퍼층과 동시 소결 된 평판형 고체 산화물 연료전지 연구

Amjad Hussain*, Muhammad Zubair Khan, Rak Hyun Song, Seung Bok Lee, Tak Hyoung Lim, Jong Eun Hong. *한국에너지기술연구원*

A thin and dense buffer layer co-sintered planar type solid oxide fuel cell (SOFC) was fabricated by tape casting and lamination process. The co-sintered cell was composed of nickel oxide (NiO)-8 mol.% yttria stabilized zirconia (8YSZ) anode support, NiO-scandia stabilized zirconia (SSZ) anode functional layer (AFL), SSZ electrolyte and GDC buffer layer. The composite cathode of lanthanum strontium cobalt ferrite (LSCF)-GDC was screen printed on the co-sintered cell. TGA, DSC and dilatometry of each layer was performed to optimize the co-sintering heat treatment profile. The effect of co-sintering and flat-treatment temperature on the cell wrapping was studied. Thin films of anode support, AFL, electrolyte and buffer layer were finally co-sintered at 1320°C and flat-treated at 1400°C. The 12 cm × 12 cm (active area 10 cm × 10 cm) flat-treated co-sintered cell showed reasonable flatness and highly dense GDC buffer layer. The co-sintered cell showed a peak power density of 571 $mWcm^{-2}$ at 700°C.

G2-19 Facile Strategy of Fabricating Highly Dense Gadolinium-doped Ceria/yttria Stabilized Zirconia Bilayer Electrolyte via Cold Isostatic Pressing for Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells
냉간 등방압축을 이용해 저온형 고체산화물연료전지의 GDC/YSZ 고밀도 이중 전해질층을 형성하는 전략

김찬호*, 장인영, 김성민, 이형준, 김정헌, 박준혁, 송태섭, 백운규. *한양대학교*

Gadolinium-doped ceria/yttria-stabilized zirconia bilayer electrolytes for solid oxide fuel cells have received significant attention as it enables the use of a cobalt-containing cathode, which show a high performance at low temperature. However, the low sintering temperature of the bilayer electrolyte to avoid side reactions limits its practical applications due to the low density of electrolyte. In this study, we report a facile method for the fabrication of dense gadolinium-doped ceria/yttria-stabilized zirconia bilayer electrolytes at low temperatures. Even at a low sintering temperature of 1250°C, a thin and dense bilayer electrolyte structure could be achieved by employing an isostatic pressure process on the dip-coated electrolyte layers and anode support substrate. Solid oxide fuel cells adopting this dense gadolinium-doped ceria/yttria-stabilized zirconia bilayer electrolyte exhibit high power density of 1.251 Wcm^{-2} at 650°C and high stability for 100 h. These significant improvements in performances is attributed to the greatly reduced porosity (< 2.5%) of the bilayer electrolyte when there are no side reactions between the gadolinium-doped ceria and yttria-stabilized zirconia layers.

G2-20 Enhanced Electrocatalytic Performance of Platinum/Indium Tin Oxide/Carbon Black Electrocatalysts Synthesized by Cathodic Arc Deposition
음극 아크 증착으로 합성된 Pt-ITO/C 전기촉매의 내구성 향상

나현웅[1]*, 오지원[2], 최한신[3], 조용수[1]. [1] *연세대학교*, [2] *고려대학교*, [3] *한국생산기술연구원*

Extensive efforts have aimed at securing stable Pt-based electrochemical catalysts to improve their durability. Herein, a nonconv-

entional approach for modifying a Pt/C structure is introduced to sustain long-term electrocatalytic reactions for proton-exchange membrane fuel cells. Indium tin oxide nanoparticles form on carbon black via cathodic arc deposition. The modified structure of support by incorporating Indium tin oxide acts effectively against Pt agglomerations during electrocatalytic operation by imposing a resistive barrier for Pt migration. After the typical accelerated durability test, a significant enhancement of ~56% in the electrochemical surface area by the three dimensional structure was achieved compared to typical Pt/C structured catalyst that contains the similar Pt content.

G2-21 Bottom-up Construction of Core-shell FeCu-carbon Nitride Nanotube in Supercritical Fluid as an Oxygen Electrocatalyst

초임계 유체에서의 상향식 코어-쉘 철-구리 질화탄소 나노튜브 산소 촉매

류재찬*. *UNIST*

Metal–nitrogen–carbon (M–N–C) electrocatalysts have emerged as promising oxygen electrocatalysts with the excessive catalytic active $M–N_X$ sites. However, $M–N_X$ sites are not well preserved at elevated temperature of pyrolysis step. Here, we show that the supercritical fluid with low temperature and fast reaction kinetics allows us to synthesize the high-purity carbon nitride nanotube with filling the preserved iron and copper phthalocyanine (FeCu-CNNT) as an oxygen electrocatalyst. The FeCu-CNNT exhibits half-wave potential of 0.94 V for ORR and potential of 1.65 V at 10 mA cm^{-2} for OER. Further, we fabricate the rechargeable zinc-air batteries and flow-assisted aluminum-air batteries with FeCu-CNNT electrocatalyst, which show better bi-functional activities than the mixture of Pt/C and IrO_2 under high depth of discharge (DOD) of ~32.6% (12 h per cycle) for the zinc-air batteries. The intrinsic precipitation problems of the aluminum-air batteries have been solved by introducing aluminum-air flow batteries system, which show the specific energy of 2,337 Wh kg^{-1} at a current density of 25 mA cm^{-2}.

G2-22 Fabrication and Characteristics of Bi_2Te_3 Thermoelectric Power Generator Modules Made from Repressed Materials

Repress 공정이 적용된 Bi_2Te_3 열전발전모듈의 제작 및 출력특성

주성재*, 민복기, 김봉서, 이지은, 장정인, 임혜진, 박수지. *한국전기연구원*

Bi_2Te_3 소재는 일반적으로 상온~100°C 범위에서 최고의 열전성능을 보이며, 펠티어 효과를 이용한 Bi_2Te_3 열전냉각모듈은 이미 상용화되어 프리미엄 가전제품 등에 적용되고 있다. 그러나 Bi_2Te_3 모듈을 폐열회수와 열전발전에 활용하기 위해서는 100-200°C에서 최고의 성능을 갖도록 소재특성을 적절히 조절할 필요가 있다. 본 연구에서는 $(Bi,Sb)_2Te_3$ (p형) 및 $Bi_2(Te,Se)_3$ (n형) pseudo-binary alloy의 조성 최적화와 repress 공정 적용을 통해서 무차원 성능지수의 최대값(ZT_{max})이 발현되는 온도를 상향함과 동시에 열전특성을 향상시켰다. 그 결과로 측정온도 200°C에서 ZT_{max} = 1.31 (p형)/1.07 (n형)의 양호한 소재특성을 얻었으며, 이 소재를 사용하여 128 pair 열전발전모듈을 제작하였다. 두께 1 mm의 알루미나 기판에 direct-bonded Cu (DBC) 전극이 패터닝된 상·하부 기판 위에 n, p형의 열전엘리먼트를 솔더링하여 열전발전모듈을 구성하였으며(모듈크기 : 5 cm × 5 cm), 온도차 260°C가 인가되었을 때 출력 13.3 W를 얻을 수 있었다.

G2-23 Effect of Acetonitrile on the Texture Properties of Sodium Silicate based Silica Aerogels

아세토니트릴 첨가가 물유리 기반 실리카 에어로겔의 기공구조에 미치는 영향

김영훈*, 김태희, 박형호. *연세대학교*

Sodium silicate based silica aerogels are lower in cost than silica alkoxide based silica aerogels, but the demand is decreasing as their physical properties are lowered. In this research, acetonitrile as a drying control chemical additive (DCCA) is introduced in the synthesis of silica aerogel for enhancing the pore structural 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 were prepared by sol-gel process. A various amount of acetonitrile/Na_2SiO_3 molar ratio was added to the sol state. It was determined that the sample with adding a specific molar ratio of acetonitrile and sodium silicate 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.

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.

G2-24 Computational Search for Solid Solutions of SOFC Related Materials

전산모사를 이용한 산화물 연료전지용 고용체 탐색

김영철*, 김기영, 조준영, 최인규. *한국기술교육대학교*

Density functional theory has actively been employed to study energetically favorable atomic structure of materials. As the number of components increase to improve materials properties, the computation cost for finding energetically favorable solid solutions skyrockets to an unachievable level. Lattice statics can reduce the computation cost by three orders of magnitude, but with some accuracy penalty and the loss of electronic information. Genetic algorithm can further reduce the computation cost by reducing the amount of calculation. Neural network potentials are recently employed to further accelerate the search.

G2-25 Fabrication of Perovskite Oxide Thin Films and Nanostructures via an Electrodeposition-based Route for SOFC Applications

전기화학적 기법을 이용한 고체산화물 연료전지용 페로브스카이트 소재 합성 연구

이종원*. *조선대학교*

Perovskite-type metal oxides possess attractive features, including high conductivity (ionic, electronic, or mixed), electrocatalytic activity, and chemical/structural stability, which make them suitable for use in solid oxide fuel cells (SOFCs). Electrodeposition has attracted significant attention as a promising approach to synthesizing high-quality metal oxides. This method allows the preparation of various oxide materials, including perovskite oxides, with tailored physicochemical properties suitable for their specific applications by controlling deposition parameters. In this study, we demonstrate the fabrication of perovskite-type $LaMO_3$ (M = Mn, Co) thin films and

nanostructures via a facile electrochemical route. The proposed method involves the "chemically assisted electrodeposition" of hydroxide (electrochemical nitrate reduction and in-situ hydroxide co-precipitation), followed by thermal conversion of hydroxide to oxide. Our experimental results demonstrate that the composition, nano-structure, and morphology of the perovskite metal oxides strongly depend on the electrodeposition parameters, such as the precursor concentration, applied current density, and solution pH. The materials and electrochemical properties of the fabricated perovskite oxides are studied, and then, their feasibility in SOFCs is discussed.

G2-26 Developement of a Double-doped Bismuth Oxide-based Cathode for High Performing LT-SOFCs

고성능 저온형 고체산화물연료전지용 이중도핑 비스무스 산화물기반의 공기극의 개발

이강택*. *대구경북과학기술원*

고체산화물연료전지(SOFC)는 전기 화학 반응을 통해 화학 에너지를 직접 전기 에너지로 변환하는 가장 효율적인 에너지 변환 장치 중 하나로 주목을 받고 있다. 그러나 높은 작동 온도(800-1000°C)로 인한 높은 시스템 제조 비용 및 장기 구동 시 성능 열화 문제를 가지고 있다. 반면, SOFC의 구동 온도를 낮출 경우 산소 이온 수송 속도와 공기극에서의 산소 환원 반응 활성이 낮아져 전기 화학적 성능이 감소하게 된다. 따라서, 이를 해결하기 위하여 중·저온 영역(≤ 700°C)에서 높은 이온전도도를 갖는 전해질 소재의 개발이 중요하다. 비스무스산화물(Bi_2O_3) 기반 소재는 높은 산소이온전도도로 인하여 주목을 받고 있으며, 특히, 이중도핑 안정화 비스무스산화물의 경우 700°C에서 기존 YSZ 대비 약 100배 가량 높은 산소이온전도도를 나타내는 것으로 보고 되어있다. 하지만 Bi_2O_3 기반 소재를 이용한 실제 SOFC에 적용하여 성능을 측정한 연구의 사례는 거의 찾아보기 힘들다. 본 연구에서는 이중도핑을 통해 개발된 Bi_2O_3 기반한 초이온전도체를 실제 SOFC에 적용하여 SOFC 성능을 극대화 하고 이의 전기화학적 성능 평가 분석을 진행하였다.

G2-27 Introduction of Exsolution Ceramics and its Prospect as Energy Materials

용출 세라믹 소개와 에너지 소재로써의 전망

명재하*. *인천대학교*

최근 국내외 여러 연구팀에서 용출되는 세라믹 소재를 개발하여 고체산화물 연료전지에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존의 Cermet 또는 금속 촉매에서 발생되는 고온에서의 응집, 재산화와 같은 문제를 해결 할 수 있을 뿐만 아니라 추가적인 나노 공정 없이 나노 구조를 쉽게 형성 시키고 금속이 가지고 있는 높은 촉매능과 안정성을 동시에 만족 시킬 수 있기 때문이다. 최근 국내외 개발되고 있는 다양한 용출 소재의 연구 동향을 소개하고, 본 연구팀에서 진행하고 있는 용출 소재에 대해 간단히 설명하고 고체산화물 연료전지 뿐만 아니라 다양한 에너지시스템에 적용시킬 수 있는 가능성에 대한 연구 결과를 소개하고자 한다.

G2-28 Active Ceramic Anode for Direct High-carbon Contained Fuel-typed SOFC

직접 탄화수소계 연료용 고체산화물 연료전지 활성 세라믹 음극

신태호*. *한국세라믹기술원*

Several oxides have also been investigated as an alternative anode to overcome the problems associated with conventional Ni cermets for reliable solid oxide fuel cells (SOFC). In particular, mixed ionic and electronic conductors (MIECs): such like $La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O_3$ perovskite oxide[1], with high reliability are gaining wide interest as alternative anode materials for this aim. In Ishihara's previous study, he also proposed that a relatively good power generation property as well as excellent redox tolerance could be achieved by using doped CeO_2 and $LaFeO_3$ composite oxide as an anode for SOFCs . However, electrical conductivity of the most often reported MIEC oxide electrodes is still not satisfactory to use SOFC-anode.

To enhance electrical conductivity and catalytic properties on the oxide anodes for direct hydrocarbon fuel-typed SOFCs, nano-structured oxide anode, oxide catalyst additives and novel concept have been used in our works. Furthermore, since one of the attractive things for ceramic anode is possibility for utilization of hydrocarbon as a fuel in SOFC systems, we also examined various possible anodes in CH_4 and C_3H_8.

G2-29 Ceramic Composite Anodes of Protonic Ceramic Fuel Cells for Hydrocarbon Fuels

탄화수소 연료를 위한 수소이온전도성 세라믹 연료전지의 세라믹 복합체 연료극 설계

박종성*, 신은경, Asraf Ali Shakila Parveen, Erdienzy Anggia. *명지대학교*

수소이온 전도성 세라믹은 수소이온이 산화물 격자 사이를 이동하며 전하를 전달하는 물질로, 기존의 산소이온전도성 세라믹보다 중저온(673 K–873 K)에서 높은 이온 전도도를 가져 중저온에서 우수한 효율을 갖는 수소이온 전도성 세라믹 연료전지(Protonic Ceramic Fuel Cells, PCFC) 개발에 활발히 이용되고 있다. 최근에는 수소이온 전도성 세라믹이 수소연료 뿐만 아니라 탄화수소연료의 활용 가능성에 대해 활발히 연구되고 있다. 지금까지 대부분의 PCFC는 Nickel과 수소이온전도성 세라믹의 복합체를 지지체로 활용하여 제작되었다. 이에 본 연구에서는 Nickel을 전자전도성 세라믹으로 대체한 세라믹 복합체 연료극을 활용한 PCFC의 탄화수소 연료 성능에 대해 살펴보고, 탄화수소 연료 조건에서 사용되기 위한 세라믹 전극 소재, 산화물/금속 촉매 등의 요구 조건 탐색하고, 각각의 성능을 최적화하기 위한 실험 설계 및 그 결과에 대해 살펴본다.

G2-30 Exceptional Performance in Reversible Protonic Ceramic Electrochemical Cells

최시혁*. *금오공과대학교*

Reversible electrochemical cells based on proton conducting electrolyte enable interconversion between electricity and hydrogen with high efficiency and zero emissions at intermediate temperatures (400-600°C) due to the high ionic conductivity of electrolyte. The operation to produce electricity is function as fuel cell for energy conversion system, and to create hydrogen is function as electrolysis cell for energy storage system. However, electrochemical performance has lagged behind predictions based on their high ionic conductivity due to insufficient catalytic activity at air electrode. Thus, we develop the protonic ceramic electrolyte cells comprised of the proton-permeable, high-activity mixed conductor $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (PBSCF) as the air electrode, the highly proton-conductive and chemically stable perovskite oxide $BaZr_{0.4}Ce_{0.4}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_3$ (BZCYYb4411) as the electrolyte, and a composite of Ni-BZCYYb4411 as the fuel electrode. This cell could deliver exceptional power densities in fuel cell mode, and extremely high hydrogen production in electrolysis mode

with highly stable over hundreds of hours in both operation modes. Further, microstructurally optimized cells yield a remarkable current density of -1.80 A cm^{-2} at 600°C and an operating voltage of 1.3 V in electrolysis mode, of which, based on an electrochemically estimated Faradaic efficiency of 76%, -1.37 A cm^{-2} contributes to useful hydrogen.

G2-31 Oxygen Permeation and Chemical-Mechanical Durability of Fluorite-Perovskite Composite Membranes

Fluorite-perovskite 복합체를 이용한 세라믹 멤브레인의 산소투과 성능 및 화학적-기계적 내구성

유지행[1*], 주종훈[2], 윤경식[1], 강은정[3], 이종흔[3], 박종혁[2], 김현진[1]. *[1]한국에너지기술연구원, [2]충북대학교, [3]고려대학교*

1980년대 Teraoka 교수가 발표한 논문을 통해 산소이온(O-2)과 전자를 모두 전달하는 이른바 혼합전도성 산화물을 이용하여 공기중에서 고순도(> 99%)의 산소가 확산-분리될 수 있다는 것이 발견되었다. 산소투과 멤브레인은 인류가 안고있는 에너지환경 문제-화석연료를 효율적으로 사용하고 온실가스를 효과적으로 포집하는 것-를 해결하기 위한 산소분리 기술로서 매우 유망하다. 이에 반해 높은 산소투과성능을 얻기 위해 얇은 두께의 대면적 치밀막을 제조하는 것은 SOFC 연구와 마찬가지로 오랜 기간 도전적인 과제가 되어왔다. 실용적인 이용을 위해 세라믹 분리막은 얇은 두께와 넓은 반응면적에도 불구하고 충분한 열적-기계적 내구성을 지녀야 하며, 실제 화학공정에 응용되기 위해서는 화학적 내구성을 갖는 것이 필수적인다.

한국에너지기술연구원은 순산소연소나 복합가스화발전(IGCC)에 적용할 수 있는 산소분리장치로서 세라믹 산소분리막 소재를 연구해왔으며, 최근에는 테잎캐스팅 공정을 이용하여 대면적 산소분리막 모듈을 제조하였으며 850°C에서 10 bar 이상의 가압운전에 성공하였다. 산소분리막 소재로는 높은 이온전도성을 보이는 Gd-doped CeO_2 (fluorite 물질)와 전자전도성 소재로서 $La_{0.6}Sr_{0.2}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_3$와 같은 perovskite 물질을 혼합하여 사용하였다. 전자전도도에 비해 상대적으로 낮은 Gd-doped CeO_2를 모재로 사용하여 perovskite 물질의 함량증가에 의한 percolation 현상과 분리막에서의 산소투과 현상을 조사하여 토의하고자 한다. 두 가지 물질이 이루는 미세구조가 복합체의 혼합전도도 및 산소투과도, 기계적 물성에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

G3-1 Growth of Transparent Seed in (K,Na)NbO_3-based Materials

(K,Na)NbO_3 계열 재료의 투명 씨드 제조 연구

안철우[1*], 조경훈[1], Attaur Rahman[1], 최종진[1], 김종우[1], 민유호[1], 황건태[1], 최준환[1], 한병동[1], 남산[3]. *[1]재료연구소, [2]금오공과대학교, [3]고려대학교*

최근 (K,Na)NbO_3 [KNN] 계열 압전재료에서는 결정 구조 조절을 통한 높은 압전 특성의 구현, 일반 세라믹 공정을 통한 단결정의 성장, 투명 세라믹스 제조, 결정 배향을 위한 seed 제조 등의 이슈가 있다. 본 발표는 이와 같은 이슈 중에서 일반 세라믹 공정을 통한 단결정의 성장을 위해서는 어떤 조성이 사용되어야 하며, 같은 조성으로 제조된 투명한 seed에 대해 소개하고자 한다. 일반 세라믹 공정을 통한 단결정의 성장을 위해서는 도너의 비율을 조절해야 하며, 도너가 조절된 조성을 사용하면 투명한 seed를 용융염법으로 비교적 쉽게 제조할 수 있다.

G3-2 Effect of Beta Phase on Microstructure and Mechanical Properties of Silicon Nitride

베타상이 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. Among them, non-oxide ceramics are focused on. In the non-oxide ceramics system, silicon nitride is evaluated as an excellent material because of its high mechanical strength and relatively low density. Particularly, silicon nitride has excellent fracture toughness depending on the content of the beta phase.

In this study, the effects of beta phase characteristics 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, wear resistance, hardness, 3-point bending strength and x-ray diffraction (XRD) were employed. Additionally a scanning electron microscopic analysis was performed to analyze the microstructure characteristics of the beta phase.

G3-3 Enhanced Thermal Conductivity in Si_3N_4 Ceramic by Addition of a Small Amount of Carbon

흑연 소량 첨가에 의한 질화규소 세라믹의 열전도도 개선

김하늘*, 리인셩, 김미주, 박영조, 고재웅. *재료연구소*

In order to fabricate Si_3N_4 ceramic with enhanced thermal conductivity, α-Si_3N_4-2 mol%Yb_2O_3-5 mol% MgO powder mixture was doped with 5 mol% carbon, and sintered firstly at 1500°C for 8 h and subsequently at 1900°C for 12 h under 1 MPa nitrogen pressure. During the first-step sintering, the carbothermal reduction process significantly reduced the oxygen content and increased the N/O ratio of intergranular secondary phase, resulting in the precipitation of $Yb_2Si_4O_7N_2$ crystalline phase, higher β-Si_3N_4 content and larger rod-like β-Si_3N_4 grains in the semi-finished Si_3N_4 sample. After the second-step sintering, the final dense Si_3N_4 product acquired coarser elongated grains, lower lattice oxygen content, tighter Si_3N_4-Si_3N_4 interfaces and more devitrified intergranular phase due to the further carbothermal reduction of oxynitride secondary phase. Consequently, the addition of carbon enabled Si_3N_4 ceramic to gain a significant increase of ~25.5% in thermal conductivity from 102 to 128 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.

G3-4 Aging Effect of Hydrous Zirconia Synthesized by Forced Hydrolysis of ZOC

열가수분해로 합성한 hydrous zirconia의 저온 aging 효과

오영우[1*], 이주성[1], 이근봉[1], 김보랑[3], 강종봉[1]. *[1](주)쎄노텍, [2]경남대학교*

zirconia (ZrO_2)는 우수한 기계적(고강도, 고인성 등) 특성 등을 가진 흥미로운 세라믹스로서 그 응용의 폭이 매우 넓다. 상온에서 안정한 zirconia를 제조하기 위해서는 zirconia에 안정화제(stabilizer)로 yttria (Y_2O_3) 또는 ceria (CeO_2)를 소정의 mol%로 첨가한 후 고온 소성(보통 1300°C 이상)으로 Y-TZP 또는 Ce-TZP를 제조한다. 본 연구는 주원료인 ZOC ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$) 의 구조적, 열적특성과 ZOC의 열가수분해 생성물(수화 zirconia)에 안정화제를 첨가하지 않고 pH, 온도, 유지시간을 변화시키면서 digestion-aging한 분말을 건조, 저

온 열처리(본 실험에서는 주로 600°C)하여 상온에서 안정한 정방정상(tetragonal phase)을 합성하여 분석한 결과이다.

ZOC의 열가수분해는 ZOC의 농도를 0.05, 0.1. 0.2, 0.4 mol로 하였으며, 반응 온도를 98°C로 하고, 150~300 rpm으로 교반하면서 120시간 반응시켰다. 반응 후 milky 상태의 hydrous zirconia 현탁액(pH 1.2 전후)에 NH_4OH와 NaOH를 사용하여 pH를 10~12로 만든 후 각각 상온 및 95°C에서 240시간 aging한 침전 용액의 분말을 공기 중 및 drying oven 에서 건조시켰다. 건조 후의 분말과 600°C에서 열처리 한 분말로 1차 및 2차 입자의 크기와 소성 분말의 상변화 특성을 분석하였다.

XRD 분석결과, ZOC의 열가수분해 생성물은 단사정상이었으며, 600°C에서 열처리한 분말에는 약간의 정방정상이 관찰되었으나, pH 10의 hydrous ZrO_2 현탁액을 상온에서 240시간 aging시키고, 600°C 이하에서 열처리한 분말은 안정화제(Y_2O_3 등)의 첨가 없이도 aging 전의 monoclinic상에서 tetragonal상으로 상변화 하였다.

*본 연구는 산업핵심기술개발사업의 "나노분말 제조 및 공정용 50마이크론급 세라믹 비드개발" 과제를 통해 수행된 연구결과임.

G3-5 Binder-jetting Additive Manufacturing for Engineering Ceramic Parts Fabrication

세라믹 바인더 젯팅 적층제조 기술

최한신[1*], 오지원[2]. *[1]한국생산기술연구원, [2]고려대학교*

세라믹 소재의 우수한 물성을 공학부품으로 연계하는 다양한 생산기술이 개발되고 있다. 그러나, 이러한 우수한 물성, 특히 강도, 경도, 내열특성은 제품화 생산기술의 생산성과 경제성을 낮추는 직접적인 원인이 된다. 일반적으로 세라믹 소재부품은 분말야금기술을 통해서 블랭크 중간재를 제조하고 기계가공을 통해 불필요한 부분을 제거하는 방식으로 제품화하는 기술에서 점차로 몰드를 이용한 정형 성형체 제조기술과 성형체 가공(그린가공)을 통해서 디자인의 자유도와 생산성 및 경제성을 향상시키고 있다. 이러한 맥락에서, 세라믹 3D 프린팅 기술은 정형 성형체를 툴 없이 생산할 수 있어 소량 다품종 제품화의 강점을 극대화할 수 있는 기술로 평가된다. 본 연구에서는 바인더 젯팅 적층제조기술을 이용한 성형체 제조와 용융금속 함침을 이용한 후 치밀화 공정을 예시로 하여 바인더 젯팅 기술의 가능성과 문제점을 제시하고자 한다. 바인더 젯팅 적층제조 기술은 세라믹 분말을 일정한 두께의 층을 형성하고 전처리된 디지털 정보(2D 패턴과 패턴형성 기계어)를 이용하여 액상 바인더를 분말베드의 원하는 위치에 토출하여 2차원 패턴을 형성하고 형성된 패턴을 적외선을 이용하여 부분경화하는 과정을 반복한다. 이 과정에서 바인더의 본딩작용에 의해서 세라믹 분말이 결합된 성형체를 제조하는 기술이다. 현재 바인더 젯팅 적층제조 과정은 조대한 분말입자를 이용하고 상대적으로 낮은 성형체 밀도를 가지고 있어 고상소결을 통해서 고밀도화하기 어려운 문제점이 있고 액상소결이나 용융금속함침 공정이 효율적인 접근방법이다.

G3-6 Study on the Wear Characteristics of Silicon Carbide-Bronze Composites Prepared by Binder Jetting Addictive Manufacturing

바인더 젯팅 적층 제조공정으로 제조한 탄화 규소-청동 복합 소재의 내 마모특성에 대한 연구

오지원[1*], 나현웅[2], 남산[1], 최한신[3]. *[1]고려대학교, [2]연세대학교, [3]한국생산기술연구원*

탄화규소(SiC)는 높은 강도, 경도, 내마모성 및 내화학성, 열전도율 등이 우수한 물성을 갖는 세라믹 재료이다. 또한 청동(Bronze)은 자기 윤활성, 내마모성, 내산화성, 높은 전기전도성 및 열전도율 등이 우수한 특성을 갖는 금속 소재이다. SIC-Bronze 복합소재는 베어링 슬리브, 피스톤, 실린더 라이너 및 항공기 브레이크 등과 같은 높은 마찰 특성을 요구하는 소재로 활용 된다. 그럼에도 불구하고 SiC의 높은 강도와 경도 등의 물리적 특성은 제조과정에서의 경제성과 생산성의 문제가 되고 있다.

적층식 제조공정은 난가공 소재를 사용 하더라도 형상자유도가 높을 뿐 아니라, 단순한 공정단계의 장점으로 인해 최근 많은 관심을 받고 있다. 그 중 바인더 젯팅 방식의 적층 제조기술은 타 방식에 비해 높은 소재선택성, 형상자유도 및 제조공정 중 상변화를 거치지 않는 장점이 있다.

본 연구는 금속-세라믹 복합소재의 내마모특성을 관찰하기 위해 바인더 젯팅 공정을 이용하여 벌집 구조의 SiC 적층물을 출력하였다. 이후, 벌집구조의 내부공간에 청동을 주조하여 최종 금속-세라믹 복합소재를 제조하였다. 시편 내 SiC 지지구조와 내부 금속(Bronze)소재간 접합계면의 형상 및 기계적 특성을 관찰하기 하기 위해 주사전자현미경과 상 분석 및 핀 온 디스크 시험을 수행하였고, 단일 소재와 비교하여 청동의 자기윤활성으로 인해 향상된 내마모 특성을 확인하였다.

G3-7 Fabrication of Ceramic Component via 3D Direct Nozzle Printing with Powder-on-demand Supporter (PODS)

Powder-on-demand supporter (PODS)를 활용한 복잡형상 세라믹 3D 프린팅

안태규*, 이경영, 김지훈. *공주대학교*

최근, 적층 가공(Additive manufacturing) 산업은 다양한 형상의 세라믹 부품을 간소화된 공정으로 제조 가능할 것으로 기대되어 많은 기대를 받고 있다. 그 중 하나로 3D Direct nozzle printing (3DNP) 기술이 있다. 3DNP는 원료 소재인 페이스트에 다양한 기능성 첨가제와 세라믹 분말을 혼합하여 점탄성 특성을 부여하고, 점탄성 특성을 통하여 인쇄성을 최적화한다. 하지만, 단순 형상의 3D 구조의 경우 서포터없이 점탄성 특성을 제어하여 제조할 수 있지만, 현대 제조업에서는 복잡 형상을 필요로 하여 복잡형상의 3D 부품을 제조하기 위해서는 서포터 사용이 필수적이다. 3DNP 공정에서는 일반적으로 서포터 및 본 제품을 하나의 소재로 제조하기 때문에 서포터와 본 제품은 같은 기계적 특성을 가지며, 따라서 후처리 공정에서 서포터 제거의 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 3DNP 기술에 Powder on Demand supporter (PODS) 장치를 추가하여 분말을 사용하여 서포터를 형성하고, 서포터를 용이하게 제거하는 기술을 개발하였다. 또한, 기존 공정과 PODS 적용 후의 인쇄성을 다양한 평가구조와 물리적 지표를 통하여 분석하여 PODS의 유효성을 검증하였다.

G3-8 Property Test and Standard : SiC_f/SiC Composite

재료물성 평가와 표준화 : SiC_f/SiC 복합체

박지연*. *한국원자력연구원*

소재 기술은 부품 기술과 접목되어 실용화로 진행된다. 특히 구조용 소재는 부품이나 시스템 설계자들이 설계에 활용할 수 있는 설계코드의 유무가 실용화의 가능성을 좌우할 수 있다. 설계코드를 개발하기 위한 첫 걸음이 활용할 수 있는 고신뢰성 소재 및 관련 물성자료의 확보이며, 물성자료 정보의 신뢰성이 최적화된 부품 개발에 다가설 수 있는 중요한 요소가 된다. 일반적으로 소재를 개발할 때 물성을 평가하고 결과를 피드백하여 소재 성능 향상을 꾀한다. 그러나 실제 개발된 소재의 상용 적용을 위해서는 물성평가의 객관성 즉 표준화된 절차가 매우 중요하다. 재료 물성평가 표준화는 재료 개발 및 연구, 제조공정 품질 보증, 재료 특성 비교 및 신뢰성 있는

설계 자료 생산을 위하여 중요한 재료개발 과정이다 미국의 ASME와 프랑스의 RCC와 같은 고온 설계코드가 새로운 운전조건을 지닌 차세대 원자력 시스템을 위해 개발되고 있다. 이와 관련하여 고신뢰성 물성 자료 확보와 이를 효과적으로 활용할 수 있는 물성 자료 핸드북의 구축이 한국을 포함한 7~9개국이 참여하여 국제공동연구로 수행 중에 있으며, 관련하여 ASTM, ISO, JIS, AFNOR 등을 통하여 표준 평가 절차를 제정하고 지속적인 개정 및 보완을 수행하고 있다 본 발표에서는 SiC_f/SiC CMC 복합체 소재를 중심으로 물성평가의 표준화에 대한 중요성을 살펴보고, 실제 진행되고 있는 물성평가 표준화 및 물성자료 핸드북의 예를 소개하고자 한다.

G3-9 Fabrication of Functionally Graded Al_2O_3-ZrO_2 3D Structure Using Ceramic Additive Manufacturing

김지환[1*], 박홍현[2], 최영진[2], 윤석영[1], 윤희숙[2]. [1]*부산대학교*, [2]*재료연구소*

Functionally graded material (FGM) is normally defined as the structure which have the variation in composition and/or structure gradually over volume, resulting in corresponding changes in the properties of the material. Because additive manufacturing (AM) technology have a potential for controlling not only the composition but also the 3dimensional (3D) structure simultaneously, AM has recently attracted attention as the most powerful and new method of manufacturing FGM. Our group has developed a new multi-ceramic additive manufacturing system based on digital photo-deposition combined with tape casting. 3D structure of Al_2O_3-ZrO_2 with twelve kinds of composition gradation was successfully manufactured by using this system. The 3D structured FGM green body was printed with the different slurries which were carefully considered shrinkage rate of each composition. The sintering shrinkages of each composition were controlled by adjusting conditions of both particle sizes and ceramic volume rates in photo-curable resin. The co-sintered structure of printed FGM was well retained without delamination and crack. Our technology provides new advantages in FGM that is simultaneous controllability of both FGM layer properties and 3D architectures

G3-10 Characterization of High Density SiC Fiber Reinforced SiC Matrix Composite Fabricated by Chemical Vapor Infiltration
화학기상침착을 통한 고밀도 SiC 섬유강화 복합체 제조 및 특성평가

김대종*, 이현근, 박지연, 김원주. *한국원자력연구원*

SiC 섬유강화 복합체는 초내열금속에 비해 무게가 1/3 정도로 가볍고, 높은 파괴인성과 고온 기계적 강도를 가지기 때문에 가스터빈 효율을 크게 향상시킬 수 있는 소재로 각광받고 있다. 또한 중성자 조사 환경에서의 안정성이 뛰어나고, 기존 소재에 비해 월등히 향상된 사고 저항성으로 인해 다양한 원자력 구조 소재로도 활용될 수 있을 것으로 보인다. 다양한 방법으로 제조된 SiC 섬유강화 복합체 중에서도, 특히 화학기상침착(Chemical Vapor Infiltration, CVI)법으로 제조된 복합체는 기지상의 순도와 결정성 높고, 잔류 C, Si 등이 없는 화학양론비의 SiC를 얻을 수 있다. 이르한 특성으로 인해 초고온(< 1600°C)에서도 기계적 강도가 유지되고, 고온에 장기간 노출되더라도 결정화에 따른 수축이 없이 미세구조 안정성이 뛰어나며, 부식저항성 역시 우수하다. 본 연구에서는 3세대급 SiC 섬유로 강화된 복합체를 CVI법으로 제조하였으며, 특히 제조공정 시간 단축 및 고밀화를 위해 CVD를 이용하여 SiC 나노와이어를 복합체 프리폼에 성장하였다. 이를 통해 고순도, 고밀도의 SiC 복합체를 제조하였으며, 복합체의 다양한 기계적, 열적 물성을 평가하였다.

G3-11 Research in Liquid Silicon Infiltration (LSI) Processed Ceramic Matrix Composites
용융금속침투 (Liquid Silicon Infiltration, LSI) 공정을 적용한 섬유강화 세라믹 복합재료

김세영*, 우상국, 한인섭, 성영훈, 최재형, 방형준, 김수현. *한국에너지기술연구원*

열 및 구조적 특성이 우수한 섬유강화 세라믹 복합재료는 항공우주 및 고온 환경에 주로 적용되는 구조소재이다. 세라믹 복합재료는 단일 세라믹 소재(Monolithic ceramic)의 취성을 극복하고 인성을 향상시키기 위해 입자, 휘스커(whisker) 또는 섬유를 모재 내부에 분산시켜 제조한다. 이러한 복합재료는 치밀한 모재의 형성, 강화 섬유의 배열이나 섬유/기지간 계면 및 결합 특성 제어를 통해 세라믹 기지의 낮은 파괴인성을 향상시킨다. 1970년대 이후 이와 같은 복합재료에 대한 연구는 지속적으로 진행되어 왔으며, 최근 20여년의 섬유강화 세라믹 복합재료 연구개발 경험을 바탕으로 SNECMA 및 GE등 항공우주 분야 기업에서는 이미 양산 설비 및 공장 등을 갖추고 시장 선점을 시작하였다.

본 발표에서는 이러한 섬유강화 세라믹 복합재료를 제조하는 다양한 공정중 산업화에 가장 근접한 LSI 공정에 대한 연구 및 산업화 동향에 대해 항공우주 및 일부 산업 측면에서 설명한다.

G3-12 A Study on the Extrusion-based Porous Ceramic Membranes for Microfiltration
압출기반 정밀여과용 다공성 세라믹 분리막의 관한 연구

이수진*, Bukhari Syed Zaighum Abbas, 하장훈, 이종만, 송인혁. *재료연구소*

다공성 세라믹 분리막은 고분자 분리막 대비 고온, 고압, 고내식 특성을 가져 차세대 분리막 소재로 주목받고 있다. 그러나 세라믹 소재를 기반으로 제조된 다공성 세라믹 분리막은 높은 원료 비용 및 제조 공정 비용으로 인해 적용분야가 한정적일 수 밖에 없다. 따라서 이러한 한계성을 극복하기 위하여 다양한 세라믹 소재 및 제조공정을 이용한 연구개발이 활발히 진행되는 가운데 다공성 세라믹 분리막에 적용가능한 세라믹 소재 중 탄화규소는 특히, 내오염성이 우수하여 주목받고 있으나, 기존에는 2000°C 이상에서만 소결이 가능하였으나, 본 연구팀은 고령토를 소결조제로 첨가하여, 1400°C 부근의 상대적 저온에서 평균 기공 크기 약 1.8 μm를 갖는 다공성 탄화규소 분리막 지지체를 제조하는데 성공하였다. 또한 높은 원료 비용을 낮추기 위하여 적용가능한 여러 종류의 천연소재 중, 납석을 기반으로 규조토를 기공형성제로 적용하여 평균 기공 크기 약 1.2 μm를 갖는 다공성 납석-규조토 복합재 분리막 지지체를 제조하였다. 본 연구를 통하여 제조된 탄화규소 분리막과 납석-규조토 복합재 분리막 지지체를 기반으로 정밀여과 가능 특성을 부여하기 위하여 알루미나 코팅층을 증착하여 평균 기공 크기를 약 0.11 μm까지 감소시켰다. 또한, 정밀여과 적용 가능 특성의 범위를 넓히기 위하여 알루미나 코팅층의 증착횟수에 따른 코팅층 두께를 조절하였으며 코팅층 두께에 따른 분리막 특성을 측정하였다.

G3-13 Oxidation-bonded SiC Support for Membrane Application

Bukhari Syed Zaighum Abbas*, 하장훈, 이종만, 송인혁. *재료연구소*

This study involves low temperature fabrication of porous SiC microfiltration support by using oxidation-bonding technique. For this purpose, two different SiC powders (based on particle size) were used.

Considering that fine particles due to higher surface area are easily oxidised and produce high-strength ceramics but with very low permeability, while large particles have the opposite characteristics. Thus a mixture of these particles could show both kind of properties. Therefore, in this study, the oxidation behaviour of the two types of SiC particles (based on particle size) was evaluated and then their mixture was analysed for checking the feasibility to create supports for microfiltration applications. Furthermore, on increasing temperature, SiC oxidation leads to first expansion and then shrinkage of the final product. This expansion varies with the particle size of the specimens at the same temperature. Through this study, we were able to quantify the ideal conditions with the minimum size change.

G3-14 Fabrication and Characterization of Ytterbium Disilicate-based Environmental Barrier Coatings by Using Suspension Plasma Spraying

서스펜션 플라즈마 용사법을 이용한 이터븀 다이실리케이트 환경차폐코팅의 제조와 특성평가

김성원[1*], 오윤석[1], 이성민[1], 김형태[1], Yoo Jung Sohn[2], Olivier Guillon[2], Robert Vaßen[2]. *[1] 한국세라믹기술원, [2]Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich*

$Yb_2Si_2O_7$와 $Y_2Si_2O_7$ 등과 같은 희토류 다이실리케이트는 최신의 가스터빈에 적용되는 Si-계 세라믹 기지 복합체(Ceramic Matrix Composite)를 연소분위기의 고온 수증기에 의한 화학적 부식으로부터 보호하기 위한 환경차폐코팅(Environmental Barrier Coating, EBC)의 후보소재로 이에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. 환경차폐코팅에는 기판인 세라믹 소재와의 유사한 열팽창 거동을 지닌 코팅소재 뿐만 아니라 수증기의 확산을 막는 방어막으로 역할을 하기 위해 균열이 없는 치밀한 코팅구조가 요구된다.

본 연구에서는 열용사공정의 하나인 서스펜션 플라즈마 용사법을 이용하여 이터븀 다이실리케이트 소재의 환경차폐코팅을 제조한 예를 보고하고자 한다. 상용 분말을 다양한 분쇄법으로 평균입도가 다른 서스펜션으로 제조하고 용사공정조건을 달리하여 코팅을 제조하고 그 특성을 살폈다. 특히 원료분말 입도와 용사조건에 따른 코팅의 밀도, 상형성 및 조성변화 등을 살폈다. 또한 수소와 산소 가스를 HVOF (High Velocity Oxy-Fuel)법을 적용하여 발생한 고속의 연소가스를 사용하여 탄화규소 기판 및 환경차폐코팅의 고온 부식거동을 관찰하였다.

G3-15 Hot Corrosion Behavior of YSZ/$La_2Zr_2O_7$ based Thermal Barrier Coatings in the Presence of $50Na_2SO_4 + 50V_2O_5$ molten salts

$50Na_2SO_4 + 50V_2O_5$ 용융염 환경에서 YSZ/LZO 기반 열차폐 코팅의 열부식 거동

송도원[1*], 송태섭[1], 백운규[1], Lyu Guanlin[2], 김준성[2], 정연길[2]. *[1] 한양대학교, [2]Changwon National University*

가스터빈 구동 시, 용융염으로 인한 코팅층의 부식은 열차폐 코팅의 파괴 원인으로 작용되며, 가스터빈의 고효율화를 위한 터빈 입구 온도 상승은 차세대 소재의 도입을 요구하기에 이들의 고온 부식 거동에 대한 이해는 필수적이다. 본 연구에서는 저 열전도성 소재인 란타늄-지르코네이트($La_2Zr_2O_7$, LZO)와 상용 소재 이트리아-안정화 지르코니아(YSZ)를 혼합하여 열차폐 코팅을 설계, 제작하였다. 각기 다른 표면층(YSZ, LZO, YSZ/LZO)을 갖는 시험편을 1100°C에서 $50Na_2SO_4 + 50V_2O_5$ 용융염과 반응시켜 고온 부식 거동을 비교·고찰하였다. 부식된 형성물을 분석하기 위해, 열부식 시험 전/후의 미세구조와 성분 및 상 분석을 각각 진행하였다. LZO/YSZ 혼합 표면층은 LZO와 YSZ 단일 층과 상이한 고온 부식 거동을 나타내었다. LZO와 YSZ 단일층은 각각 $LaVO_4$, YVO_4의 전형적인 부식 생성물이 형성되었으나, LZO/YSZ 혼합 표면층에서는 $LaVO_4$와 단사정계 ZrO_2(m), 정방정계 ZrO_2(t)가 주요한 부식 반응물로 확인되었다. 이를 기반으로 표면 반응층의 조성에 따른 부식성 용융염의 침투와 부식거동을 고찰하여 반응 메커니즘을 제시하였다.

G3-16 Effects of Yb Ion Reduction on the Grain Growth and Mechaniclal Properties of Yb/Y Co-doped SiAlON

Yb/Y Co-doped SiAlON의 결정립 성장 및 기계적 특성에 미치는 Yb Ion Redcution 효과

최재형*, 이성민, 김성원. *한국세라믹기술원*

질화규소 기반 세라믹스인 사이알론은 Si_3N_4, AlN 과 같은 질화물과 소결조제로 Al_2O_3, R_2O_3과 같은 산화물을 첨가하여 제조된다. 사이알론의 치밀화는 가스반응압소결을 이용한 액상소결로 부터 일어난다. 선행 연구에서는 소결조제인 Yb_2O_3가 혼합된 사이알론의 치밀화에서 고온의 그라파이트 소결로 내부로부터 낮아진 산소분압 때문에 Yb가 Yb^{3+}에서 Yb^{2+}로 환원이 일어났고 이를 PL (Photoluminescence) 분석을 이용하여 확인하였다. 환원된 Yb^{2+}는 최종 소결체의 색상과 기계적 물성 및 미세구조에 영향을 미치는 것으로 관찰하였다. 이에 본 연구에서는 Yb_2O_3에 Y_2O_3를 부분적으로 치환하는 조성 설계를 하였다. Y_2O_3가 치환된 함량이 증가할수록 소결체의 색상이 Green에서 Brown으로 변하고 β-사이알론의 장경비가 달라져서 파괴인성이 증가한 것을 확인하였다. 이를 통해 Y_2O_3가 치환된 Yb/Y Co-doped SiAlON 조성이 환원 분위기에서 사이알론의 이방성 성장과 기계적 물성을 제어할 수 있음을 알 수 있었다.

G3-17 Sintering Behavior and Phase Transformation of LZ-YSZ Blended Composite Coating

LZ-YSZ 복합 코팅의 소결 및 상변화 거동에 대한 고찰

Lyu Guanlin[1*], 박현명[1], 김준성[1], 송도원[2], 송태섭[2], 정연길[1]. *[1]Changwon National University, [2] 한양대학교*

In this work, lanthanum zirconate (LZ) was blended into the YSZ feedstock powder and LZ-YSZ composite coatings were prepared by air plasma spraying method to control the sintering phenomenon and reduce phase transformation. The influence of the blending ratio in LZ and YSZ (25:75, 50:50, and 75:25) on the sintering behavior and phase stability of the composites was investigated through the isothermal heat treatment at 1100, 1300 and 1400°C. From XRD patterns, the pyrochlore and tetragonal phases were dominant contents in as-prepared samples, indicating that each phase represent LZ and YSZ, respectively. Tetragonal phase of YSZ transforms to monoclinic after sintering at 1300 and 1400°C. The densification and bridging of adjacent splats on LZ and YSZ were observed, indicating the improved sintering resistance as the LZ ratio increases. The effect of LZ and YSZ ratio was discussed, based on the phase transformation, mechanical properties, and microstructural evolution.

G3-18 Chemical Degradation Behavior of Mn Doped YSZ in Fluoride Salt

불소염에서의 Mn doped YSZ의 화학적 열화 거동

조강희[1*], 김부영[1], 유재환[1], 신현규[2], 이희수[1]. [1]*부산대학교*, [2]*한국산업기술시험원*

마그네슘, 인듐, 티타늄 등의 산화물에서 금속을 분리하여 제련하는 SOM 공정에서 세라믹 산소이온전도체는 불소염 분위기(염욕조건)에 녹아있는 산화물의 산소이온을 전도하여 외부로 배출하는 역할을 한다. 산소이온전도체는 염욕조건에서 빠르게 열화되어 전기적, 기계적 특성이 급격하게 감소하게 된다. 해당 조건에서 화학적 안정성이 뛰어나고 전기적, 기계적 특성이 우수한 소재로 YSZ가 주로 이용되고 있다.

YSZ의 전기적, 기계적 특성과 염욕조건에서의 내구성을 높이기 위하여 저융점 산화물인 MnO_2를 0.5, 1.0, 2.0 mol%로 적용하였다. 해당 재료의 화학적 열화거동을 확인하기 위하여 염욕조건을 NaF-CaF_2 eutectic 조성의 불소염을 Disc type 시편 위에 올려 900°C에서 100 h 동안 화학적 스트레스를 인가하는 방법으로 모사하였다. 염욕 전후 각 조성별 시편의 전기적, 기계적 특성변화를 분극저항, 경도를 통하여 측정하였으며 미세구조, 결정구조적 변화를 비교 분석하였다.

G3-19 Design of High-temperature 3D Printer Head Modules for Glass FDM 3D Printing

FDM방식을 사용한 유리 3D 프린팅의 고온 헤드 모듈 설계

이혜지[1*], 김형준[1], 박진성[2], 한윤수[1]. [1]*한국세라믹기술원*, [2]*한양대학교*

3D 프린팅 방식 중에 한가지인 용융증착(fused deposition modeling, FDM)방식에서는 ABS나 PLA재질의 필라멘트를 노즐에 밀어 넣고 압력과 동시에 온도를 가해 용융시켜 압출시킨다. 용융된 고분자는 입력시킨 CAD의 형상을 따라 움직이는 노즐을 따라 압출되고, 짧은 시간 내 응고됨으로써, 3차원 구조물을 형성한다. 복잡한 형상을 쉽게 구현할 수 있는 장점 때문에, 최근 플라스틱 이외에도 산업용 소재인 세라믹을 사용한 3D 프린팅 공정 개발에 많은 연구가 행해지고 있다. 하지만 세라믹은 플라스틱과 달리 밀도를 높이기 위한 과정인 치밀화 공정이 필요하며, 이는 필연적으로 제품의 부피 변화를 수반하여 최종 제품 치수 예측이 어렵고, 치밀화 후에도 미세 기공을 완전히 제거하는 것이 어려운 단점이 있다.

본 연구는 FDM방식으로 치밀화 공정이 없는 유리 3D프린팅 방식을 개발하였다. 균일한 직경을 갖는 유리 필라멘트를 제작하였으며, 3D 프린터를 구성할 핵심 모듈들 자체적으로 설계, 제작하였다. 특히, 유리 필라멘트가 공급되고, 용융 상태로 압출되는 고온 헤드의 경우, 핵심부품인 히터와 노즐은 고온 소형화를 목적으로 시뮬레이션을 진행 후, 설계에 반영하여 최적의 구조를 도출하였다. 개발된 헤드 모듈을 장착한 3D프린터를 이용해, 노즐 온도, 노즐팁 형상 등이 3차원의 유리 출력물에 어떤 영향을 주는지 살펴보았다.

G3-20 Effect of Microstructure and Bond Coat Composition on the High Temperature Oxidation Behavior of Ytterbium Silicate EBC Formed by Suspension Plasma Spray Method

서스펜션 플라즈마 스프레이법으로 제조된 이터븀실리케이트 환경차폐코팅의 고온산화거동에 미치는 미세구조 및 본드코팅의 영향

오윤석*, 류호림, 최균, 이성민. *한국세라믹기술원*

환경차폐코팅(EBC, Environmental barrier coating) 기술은 비산화물계 경량 세라믹 복합재의 고온환경 사용에서의 산화, 침식 저항성을 높이기 위해 개발된 보호코팅기술로서, 항공기 및 발사체용 터빈엔진 부품등에 적용되고 있다. 이러한 환경차폐코팅 소재에 대한 연구는 최근 1400°C 이상의 고온 사용환경에서 열·화학·기계적 안정성이 높은 3세대 코팅인 희토류(RE, Rare Earth) silicate가 주목받고 있으며, EBC의 열팽창, 열전도 및 내화학적 성능개선에대한 연구가 집중적으로 이루어지고 있다. 본 연구에서는 이터븀실리케이트 소재를 기반으로 서스펜션 플라즈마 스프레이 기술을 활용하여 EBC를 제조하고 1400°C에서의 고온산화거동을 고찰하였다. EBC는 탑코팅으로 이터븀실리케이트, 본드코팅으로 Si 소재가 활용되었다. 이때 탑코팅에 있어 부가적인 표면치밀화 과정을 통해 변화된 미세구조와 서스펜션 입자조성 제어를 통한 본드코팅 구조가 고온에서의 산화거동에 미치는 영향을 분석하였다. 결과적으로 표면이 치밀화되고 하프니아(HfO_2)가 첨가되어 강화된 본드코팅을 갖는 EBC의 경우에서 가장 높은 고온산화저항성을 확인할 수 있었다.

G3-21 Maximum Operating Temperature of Li_2TiO_3 Pebble Bed by Sintering Phenomenon

소결현상에 따른 핵융합로용 Li_2TiO_3 페블베드의 최대운전온도

박이현*, 김종일, 안무영, 이영민, 조승연. *국가핵융합연구소*

In the solid-type of breeding blanket for fusion reactor, the tritium breeder materials are used as pebble bed form. The bred tritium from the nuclear reaction between neutron and lithium is extracted by purge gas that flow inside the pebble bed. Therefore, the flow path of the purge gas should be secured and maintained in the pebble bed for the stable tritium extraction. The pebbles in the breeding blanket are possible to be connected with neighbored pebbles by sintering phenomenon at elevated temperature. It means that the flow path of purge gas is to be changed in the pebble bed and the tritium extraction is to be not stable. Accordingly, the maximum operating temperature of the pebble bed should be determined for the stable tritium extraction from the viewpoint of sintering phenomenon.

To investigate the sintering phenomenon of the Li_2TiO_3 pebble bed, the densification curve of the pebble bed during heating up to 1300°C under the compression pressure of 4 MPa was obtained by the Hot-press system. The shrinkage of Li_2TiO_3 pebble bed was started from about 800°C. The shrinkage rate at 850°C was only about 0.2 mm. The initial stage region of sintering with no creep deformation on the Li_2TiO_3 pebble bed was able to be determined from 800°C to 850°C. From the results of only this conditions, the maximum operating temperature of the Li_2TiO_3 pebble bed is able to be estimated at 800°C. The effects of compression pressure and holding time on the maximum operating temperature of Li_2TiO_3 pebble bed will be discussed.

G3-22 Improve Performance by Combining Addition and Process Control UO_2 Fuel Physical Property Evaluation

소결 첨가제 및 공정 제어를 통한 성능개선 UO_2 핵연료 물성 평가

김정범*, 임광영, 나연수, 정태식, 주민제. *한전원자력연료*

UO_2 핵연료는 원자로 가동 중 중성자 조사에 의한 성장과 핵분열 가스 생성 및 열팽창에 의해 스웰링(swelling) 현상이 발생하게 되며, Zr 합금 피복관에 인가되는 압력을 증가시키게 된다. 이러한 Pellet cladding Interaction (PCI) 현상을 완화시켜 원자로 안정성을 더욱 향상시키기 위해서 소결첨가제를 이용하여 변형률이 증가된 성능개선 UO_2 핵연료의 개발이 연구되어지고 있다.

본 연구에서는 UO_2 핵연료의 입자크기 및 고온변형률이 증가된 소결첨가제를 개발을 위해 소결 온도 및 분위기를 제어하고 첨가제의 조성, 비율 및 함량을 변화시켜 소결첨가제가 UO_2 핵연료에 미치는 영향에 대해 연구하였으며, 고온압축크리프 시험, 열팽창, 열전

도도, 입자크기, 재소결밀도를 평가하였다. 개발된 첨가제를 적용한 UO_2 핵연료는 기존의 사용 UO_2 핵연료 보다 변형률이 3배 이상 증가하였고, 입자크기가 3배 이상 향상되었으며, 기존 상용 UO_2 핵연료의 열물성과 동등한 수준의 결과를 나타내었다. 개발된 UO_2 핵연료는 기존 상용 UO_2 핵연료보다 건전성 및 안전을 크게 향상 시킬 수 있을 것으로 기대되어진다.

G3-23 Fabrication of High Density and Strength of SiC_f/Ti_3SiC_2 by EPD Combined with Hot-pressing

EPD와 hot-pressing을 통한 고밀도 고강도 SiC_f/Ti_3SiC_2 복합체 제조

권희진[1*], Pipit[1], Xiaobing Zhou[2], 윤당혁[1]. *[1]영남대학교, [2]NIMTE*

SiC_f/Ti_3SiC_2 복합체는 핵융합로의 블랭킷과 스텔스기의 극초단파 감쇠 목적으로 사용될 수 있는 탄화규소 섬유강화 복합체이다. 초음파를 병행한 전기영동법으로 침착시킨 복합체를 1400-1600°C에서 열간가압소결을 실시한 경우에는 Ti_3SiC_2의 분해로 인하여 상대적으로 낮은 밀도를 갖는 복합체가 제작되었다. 이를 바탕으로 Ti_3SiC_2의 열분해를 최소화하면서 고밀도 고강도의 복합체 구현을 위한 새로운 공정조건 모색을 위하여 본 연구를 실시하였다. 먼저 기지상으로 사용된 Ti_3SiC_2 출발물질의 입자크기를 고에너지 밀링을 통하여 감소시킴으로써 소결성을 향상시키고 섬유다발 사이로의 침착을 용이하게 하였으며, 또한 Ti_3SiC_2의 열분해를 최소화하기 위하여 열간가압 소결온도를 1350°C로 낮추어 20 MPa의 압력하에서 소결을 진행하였다. 소결 후 미세구조와 기계적 특성 결과를 바탕으로 SiC_f/Ti_3SiC_2 복합체의 활용가능성을 제시하였으며, 또한 탄화규소 섬유 표면에 형성한 PyC-SiC 코팅층이 복합체의 파괴인성 증가에 미치는 영향을 파악하였다. 또한, 중국 닝보재료연구소에서 스파크 플라즈마 소결법으로 소결을 진행한 복합체와 본 연구에서 열간가압소결법으로 제작한 복합체의 특성비교를 실시하였으며, 제작된 복합체의 초음파 흡수 거동을 평가하였다.

G3-24 Holder Design for Densification of C/SiC Composite based on CFD Simulation

C/SiC 복합체의 치밀화를 위한 CFD 시뮬레이션 기반 홀더 설계

이재문[1,2*], 최균[1], 이종흔[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교*

탄소/탄화규소 복합체(C/SiC)는 낮은 밀도와 뛰어난 기계적 특성에도 불구하고 400°C 이상의 온도에서 쉽게 산화되는 탄소 섬유의 단점을 극복하기 위해 개발되었다. 탄소 섬유는 세라믹 기지의 낮은 파괴 인성을 향상시켜주므로 C/SiC 복합체는 극한 환경용 구조재료로 사용되고 있다. 이를 제조하는 방법으로는 화학 기상 침투법(CVI)과 전구체 함침 열분해법(PIP), 용융 침투법(MI)이 있다. 그 중에서도 CVI 법은 침투된 반응 가스가 직조 탄소 섬유에 침투되면서 열분해를 통해 고순도의 탄화규소 기지를 효과적으로 형성시킨다. 그러나 가스의 원활한 침투를 위해서는 프리폼 표면에서의 치밀화를 가능한 억제해야한다. 본 연구에서는 효과적인 C/SiC의 치밀화를 위해 CVI 공정 조건에 대해 전산 유체 역학(CFD) 시뮬레이션을 진행하였다. 프리폼의 고정을 위한 홀더의 설계와 공정 변수의 조절에 의하여 치밀한 복합체를 제조할 수 있음을 제안하였고 그 결과를 토대로 실제 복합체를 제조하였다.

G3-25 Effect of Crystallinity of Pyrolytic Carbon Layer on Mechanical Properties of Ceramic Matrix Composites

열분해 탄소층의 결정화도가 세라믹 복합체의 기계적 성질에 미치는 영향

정영석[1*], 최균[1], 윤호규[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교*

탄소 또는 탄화규소 섬유와 탄화규소 기지상으로 구성된 탄화규소 복합체는 고온에서 뛰어난 파괴 인성, 고강도와 우수한 내산화/내삭마 특성 때문에 우주 항공 분야에서 큰 관심을 받고 있다. 탄화규소 복합체의 가장 큰 특징은 섬유와 기지상 사이의 계면에서 균열의 굴절이나 진행의 방해 혹은 전단 응력에 의한 섬유의 pull-out에 의하여 많은 에너지가 흡수되고 이로 인하여 세라믹의 치명적 단점인 급작스런 파괴(catastrophic failure)를 피할 수 있다는 점이다. 따라서, 섬유/기지상 사이의 계면은 사용 온도에서 낮은 전단 강도를 가진 적절한 결합 강도가 필요하다. 주로 낮은 계면 간 결합력을 가진 열분해 탄소(PyC)와 육방정 질화 붕소(h-BN)가 세라믹 복합체의 계면으로 사용되며, 계면 코팅은 CVD 또는 CVI로 진행된다. 하지만 대부분의 공정에서 계면층은 등방성 구조인 turbostratic 구조가 형성되며, 이는 기계적 특성에 부정적인 영향을 미친다. 본 연구에서는 메탄을 원료로 하여 탄소 섬유 위에 증착된 PyC 층의 결정성을 분석하였다. 이후 용융 실리콘을 프리폼 내로 침투시켜 복합체를 제조하고 그 복합체의 강도 및 파괴 인성을 평가하였다.

G3-26 Joining of SiC_f/SiC Composites with an in-situ Reaction of TiC/Ti_3SiC_2-SiCw Gradient Layer

TiC/Ti_3SiC_2-SiCw 구배 층의 현장 반응을 이용한 SiC_f/SiC 복합체 접합

Pipit[1*], 권희진[1], Xiaobing Zhou[2], 윤당혁[1]. *[1]Yeungnam University, [2]NIMTE*

A multi-layered joining filler, consisting of a Ti_3SiC_2/*x*-SiC whisker (*x* = 0, 5, 10, and 15 wt.%) and TiC transition layer that was formed by an in-situ reaction of Ti, was used to join the SiC_f/SiC composites. The base SiC_f/SiC was fabricated by a vacuum infiltration combined with hot pressing at 1750°C after adding a 10 wt.% scandium nitrate sintering additive, which resulted in 94.7% of relative density. The 500 nm-thick Ti layer was deposited on the polished SiC_f/SiC surface using a physical vapor deposition (PVD). The robust TiC transition layer was further formed by an *in-situ* interfacial reaction between the deposited Ti layer and the base SiC_f/SiC. The formation of TiC gradient layer at the interface is beneficial to alleviate the thermal coefficient mismatch between SiC and Ti_3SiC_2. The joining of SiC_f/SiC was conducted at different temperatures of 1400 and 1500°C and the integrity of the joints was examined in terms of the joint microstructures, interfacial reaction, and mechanical properties.

G4-1 Novel Processing of Synthesis Carbon Nanotube on Biomorphic Materials for Filter Applications

필터 응용을 위한 생물형태의 소재에 합성시킨 탄소나노튜브 신공정

박중규[1*], 김익진[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]한서대학교*

A novel approach towards the formation of carbon nanotubes (CNTs) onto biomorphic carbon membrane was attempted by the application of three different reaction techniques. Carbon membranes having pore dimensions of 20-25 μm were developed using carbonizing reaction. Template crystals (LTA, Silicalite, mesoporous SiO_2 etc.) were simultaneously synthesized and coated within the biomorphic carbon-materials (BCM) by an *in situ* hydrothermal process and were subjected to asimple ion loading reaction for preparing the suitable catalyst material for carbon nanotube-filters. The carbon nanotubes were grown directly upon biomorphic substrates. The CNTs were seen to have grown as bush-like structure screating a close network inside the pores of the ceramic substrate. The HRTEM images that were

obtained at 700°C show a considerably thicker wall thickness and the widest hollow-inner-tube structure, whereas those of the CNTs that were obtained at 650°C show a comparatively thinner outer wall and narrow-inner-tube structure with smooth walls. The maximum carbon yield is 23, 71% forthe reaction time of 180 min; This CNTs nano-filter can be used for filtration of gases and has significant filtration efficiency without pressure drop, which is because the carbon nano-tubes function as the trap of gas molecules.

G4-2 Rheological and Mechanical Properties of ZrO_2 Ceramic Resins with Different Nano- and Micro-Particle Ratio for Stereo-lithography

광조형 3D 프린팅을 위한 나노 및 마이크로 입자 비율이 다른 ZrO_2 세라믹 수지의 유변학적 및 기계적 특성

송세연[1*], 이정우[2], 윤지선[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교*

ZrO_2 ceramic resins with different nano- and micro-particle ratio were prepared for SLA (stereolithography) 3D printing process. ZrO_2 ceramic particles with various particle size mixing ratios were coated by silane coupling agent (vinyltriethoxysilane VTES) through hydro-lysis and condensation reaction, and then dispersed in commercial photopolymer (High-temp) based on interpenetrating networks (IPNs). Surface coating morphology and properties of VTES-coated ZrO_2 ceramic particles were observed by FE-TEM and FT-IR. The rheological and dispersion behavior of VTES-coated ZrO_2/High-temp composite solution was investigated by rheometer, relaxation NMR and Turbiscan. The tensile strength and surface hardness of 3D-printed objects of the ASTM D 638 Type V shapes were examined by universal material test machine and nanoindenter, and the cross-sectional images of the 3D-printed objects were observed by FE-SEM.

G4-3 Fabrication of Carbonated Fe_3O_4 with High Dispersibility in Solution Using Normal Pressure Liquid Reaction

상압에서의 액체 반응을 통해 용매에서의 고분산성 탄소화된 Fe_3O_4 나노 입자 제조

차지현*, 한진순, 신재록, 안계석, 최성철. *한양대학교*

Magnetite (Fe_3O_4) is one of the Iron oxide series and have superparamagnetic property. The magnetite is utilized to a various industrial areas such as bio-medical, electronical fields. In order to use these particles in electrochemixcal field, surface modification by glucose is performed to improve dispersibility, and functionalized carbon complex Fe_3O_4 nanoparticles are regarded as compatible materials that can be applied to electrochemistry. But, The previous method is costly and time consuming because the synthesis is carried out using the gas separately at high temperature. To solve these problems, this study was carried out using Sulfuric acid to fabricate magnetite, which is simple in manufacturing process and short in manufacturing time. Also Sulfuric acid played an important role as a catalyst for the carbonization reaction.

The existence of functional groups on the surface of Fe_3O_4 nanoparticles was confirmed by fourier transform infrared (FT-IR). A dispersion stability of each nanoparticles was measured by zeta potential and particle size distribution, as well. The morphology of nanoparticles was confirmed by transmission electron microscopy image (TEM). Furthermore, magnetic property of nanoparticles was measured by vibrating sample magnetometer (VSM). FE-SEM (Field Emission Scanning Electron Microscope) to check its spherical shape and change of its size.

G4-4 High-performance Polymer Nanocomposites based on 3D Continuous Ceramic Nanofillers

3D 연속성 세라믹 나노필러를 이용한 고성능 고분자 나노복합소재

안창의*. *한국세라믹기술원*

Polymer nanocomposites based on functional nanofiller materials are widely utilized in a variety of applications including mobile devices, display devices and flexible devices because of their relatively low density and controllable material properties. However conventional polymer nanocomposites consisting of particle-type ceramic nano-fillers have a critical problem of the significant degradation of the material properties at high loading fraction (> 5 vol%) of the fillers due to a strong aggregation tendency of the nanoparticles. Here, we demonstrate a new type of polymer nanocomposite composed of a uniformly distributed three-dimensional (3D) continuous ceramic nanofillers, which allows for extremely high loading (~20 vol%) in the polymer matrix without any concern of aggregation. The 3D continuous Al_2O_3 nanolayers embedded in the matrix with extremely high filler rate of 19.17 vol% improve compressive strength by 142% compared to the pure epoxy without Al_2O_3 filler, and this value is in agreement with theoretically predicted strength through the rule of mixture. These 3D nanocomposites show superb transparency in the visible (> 85% at 600 nm) regions and improved heat dissipation beyond that of conventional Al_2O_3 dispersed nanocomposites due to the existence of a continuous thermal conduction path through the oxide network.

G4-5 The Hydrophilic Carbon Coating on the Amino-functionalized Fe_3O_4 Nanoparticles with Acidic Catalytic Reaction

산 촉매 반응을 수반하는 아민 기능화된 Fe_3O_4 나노입자의 친수성 카본 코팅

신재록*, 허재욱, 오아현, 차지현, 안계석, 최성철. *한양대학교*

Fe_3O_4 nanoparticles and carbon materials are known for suitable materials to apply to various industrial fields due to their excellent electrochemical, mechanical, and surface properties. Especially, the composites composed of Fe_3O_4 and carbon are commonly used in electrochemical fields because of the properties of carbon materials such as stabilization of the electrolyte and enhancement of electronic conductivity. Generally, various precursors like dopamine, ferrocene, poly acrylic acid, and resorcinol-formaldehyde have been used to form the carbon layer on Fe_3O_4. However, these precursors have high carbonization temperature over 500°C, so the coating methods using these precursors require the complex process and condition of high temperature and pressure. Therefore, in this study, glucose which has relatively low carbonization temperature was used for carbon precursor and Fe_3O_4@C core-shell particles was synthesized under atmospheric condition by using sulfuric acid as a catalyst. Fe_3O_4 particles were functionalized with two different amine precursor for enhancement the coating efficiency by forming the amine functional groups as binding site with carbon. In addition, effect to Fe_3O_4 particles and behavior of carbon layer formation of two cases using

different precursor were analyzed and compared to determine proper functionalization method.

G4-6 Solution-based Synthesis for Phase Engineering of $(K_{1-x}Na_x)NbO_3$ Particles

용액 공정을 통한 $(K_{1-x}Na_x)NbO_3$ 입자의 결정구조 제어

민유호*, 박선화, 황건태, 김종우, 안철우, 최종진, 한병동, 최준환, 윤운하, 박동수. *재료연구소*

Having the ability to exert control over the crystal structure of functional materials has always been desired and essential to tune their physical or chemical properties for target applications. The crystal structure of given materials could be controlled by considering thermodynamic and kinetic aspects during the nucleation and growth in wet chemical synthesis. In the thermodynamic point of view, a given materials adopt the most stable phase at any given temperature and pressure. However, metastable phase could be also evolved through a kinetically controlled growth. Here we propose the strategy for controlling crystal structures of $K_{1-x}Na_xNbO_3$ (KNN) particles via modifying reaction condition without any dopant. We also briefly show a flexible hybrid composite generator enabled by KNN particles-embedded polymer matrix as an example case of application.

G4-7 Self-supported Formation of Hierarchical $NiCo_2S_4$ Microtubes for High Performance Supercapacitor

고성능 수퍼커패시터 적용을 위한 $NiCo_2S_4$ 마이크로 튜브 전극 재료의 합성

Jianjian Fu[1*], 김광호[1], 이뢰[2], 윤제문[2]. [1]*부산대학교*, [2]*(재) 하이브리드 인터페이스 기반 미래소재연구단*

Hierarchical tetragonal microtubes consisting of ultrathin mesoporous $NiCo_2S_4$ nanosheets have been obtained by annealing nickel cobalt layered double hydroxide microtubes which are synthesized by a one-step solvothermal method. Benefiting from the unique structural features, these hierarchical $NiCo_2S_4$ microtubes manifest an excellent electrochemical performance in terms of high specific capacitance and remarkable cycle life as a battery-type electrode for hybrid supercapacitors. The resultant $NiCo_2S_4$ electrode exhibits superior electrochemical performance with specific capacitance of 1985 F g^{-1} at 1 A g^{-1}, and 92.5% capacitance retention after 5000 charge-discharge process. In addition, the hybrid pouch-type $NiCo_2S_4$//AC asymmetric supercapacitors was assembled composed of $NiCo_2S_4$ as positive electrode, activated carbon (AC) as negative electrode, and KOH as electrolyte. It show a stable potential window of 1.6 V, a large capacitance of 123 F g^{-1} at 1 A g^{-1}, and an energy density of 56.9 W h kg^{-1} at a power density of 0.8 kW kg^{-1}. Our strategy presents a facile method to prepare transmission metal sulfide for energy-storage devices with favorable electrochemical performance.

G4-8 Enhanced Thermoelectric Performance by Cu Addition in P-type $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ Alloys via Chemical Potential Tuning and Effective Phonon Scattering

$Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 합금에 Cu의 첨가를 통한 Chemical potential 조정 및 효과적인 포논 산란을 통한 성능 향상

조현준*, 김상일. *서울시립대학교*

$Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ alloys are most widely used thermoelectric materials for room-temperature applications, but rapid decrease of their performance at high temperature above 400 K should be improved for their wide usage for low-grade power generation. In this study, we investigated the influence of Cu addition in *p*-type $Cu_xBi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ (x = 0, 0.0025, 0.005, 0.0075, 0.01) polycystalline alloys on the electronic and thermal transport properties based on single parabolic band model and Debye-Callaway model. It was found that the Cu addition increases the hole concentrations without modifying the band structure much and reduces the lattice and bipolar thermal conductivity quite effectively. Consequently, the maximum thermoelectric figure of merit *zT* was enhanced to 1.26 at Cu doping of x = 0.0075 compared with that of 0.89 for the pristine $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ sample, and the temperature for maximum *zT* moves toward high temperature of 400 K favorably for the power generation. In addition, it was expected that further Cu addition can enhance *zT* further by further thermal conductivity reduction, when the optimum carrier concentration is controlled together with the ratio between Bi and Sb.

G4-9 Large-Area and Low-Temperature Fabrication of WS_2-based Photodetectors by Using Sputtering and Electron-Beam-Irradiation

저온 대면적 스퍼터링과 전자빔 조사를 이용한 WS_2 기반 Photodetector 제조

김봉호*, 권순형, 김동욱, 윤영준. *한국세라믹기술원*

Tungsten disulfide (WS_2), which is one of the 2D materials, has excellent electrical and optical properties. WS_2 thin films show a thickness dependent band gap ranging from 1.3 eV (bulk) to 2.1 eV (monolayer). Furthermore, WS_2 shows one order of magnitude higher absorbance than GaAs and Si in the thickness of ~1 nm. Due to its attractive optical properties, WS_2 has been attempted to grow large-area with high uniformity but the difficulty in synthesizing of WS_2 is an obstacle.

In this work, we fabricated WS_2-based photodetectors by RF magnetron sputtering and EBI without additional substrate heating, and characterized the structural, compositional, and photoelectrical properties of the synthesized WS_2 films. These analyses revealed successful transformation of the as-deposited sample from an amorphous film to a uniform 2D layered crystalline structure over a 50.8 mm wafer after 1 min of EBI. Furthermore, the responsivity of the WS_2-based photodetectors increased after the EBI. The increase in the crystallinity and decrease in the resistance after the EBI increased responsivity. Additionally, we decorated WS_2 with Au nanoparticles to enhance the responsivity. However, unexpected negative photoconductivity appeared and the origin of the enhanced responsivity and negative photoconductivity were investigated. As a result, EBI is an attractive method for preparing crystalline 2D materials as it is a simple, fast, controllable, and compatible with sputtering process.

G4-10 Synthesis of Au-decorated Fe_3O_4 nanoparticles through Positively Charged Surface Modification

양전하로 대전된 표면을 통한 Au가 장식된 Fe_3O_4 나노입자의 합성

허재욱*, 오아현, 한진순, 안계석, 최성철. *한양대학교*

The Fe_3O_4 nanoparticles which modified secondary materials have received attention in biomedical fields. Among them, the Fe_3O_4@Au materials have shown the potential research value due to chemical stability and biocompatibility of Au. In this work, the Fe_3O_4 decorated

with Au was fabricated through a self-assembly method based on the electrostatically attraction caused by positively charged surface modification opposite to that of Au. For this purpose, the amine groups were formed on the surface of Fe_3O_4 particles, polymer-based Polyethyleneimine (PEI) or silane-based (3-Aminopropyl) triethoxysilane (APTES) were used as the amino precursors. The result of the amination, the zeta potential values were not changed after 3 wt% of PEI and 4 wt% of APTES, and the amount of Au adsorption was evaluated 6.1 atomic%, 10.5 atomic% respectively. In addition, although the concentration of PEI was exceeded above 3 wt% which estimated as the saturation point, it was confirmed that the amount of Au adsorption also is increased.

G4-11 Polymer Modified CeO_2 Nanoparticles for Low Dishing STI CMP

STI CMP 공정에서 Dishing 현상 최소화를 위한 고분자개질 세리아 입자

이강천*, 박상우, 주우빈, 손현수, 이승우, 송태섭, 백운규. *한양대학교*

Shallow trench isolation (STI) process has become one of the most critical processes for complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) technology due to its superior latch-up immunity and high packing density. In the STI process, chemical mechanical planarization (CMP) has been used for the planarization of the SiO_2 gap-filling layer deposited on the front surfaces of the wafer. During this process, the over-polishing step is required to remove the remaining SiO_2 on Si_3N_4 layer at the active area perfectly. However, over-polishing inevitably induces the dishing phenomenon, which means a reduction of the final thickness of filled SiO_2 in the trenches. The dishing causes significant sidewall and high electric fields in the gate SiO_2 at the active area, resulting in the reduction of threshold voltage. In this study, we report a facile strategy to reduce the dishing in STI CMP process via polymer modified ceria nanoparticles. The surface of ceria was coated with poly acrylic acid (PAA) to soften its surface, resulting in reduction of the friction force between ceria and SiO_2 during CMP. The adsorption amount of PAA was controlled by its molecular weight (Mw), which demonstrated by adsorption isotherm. The dishing decreased when the adsorption amount of PAA on ceria surface increased.

G4-12 Fabrication of Prussian Blue based Eelectrochromic device using Kinetically spraying process to improve the electrochromic performance

전기변색 특성을 향상시키기 위한 동역학 분사 Prussian blue 박막의 제조 및 이를 이용한 변색 소자의 특성평가

최다현*, 김효준, 손민희, 이선영. *한양대학교*

Prussian Blue (PB) was widely studied because of its fast switching behavior between the coloring and the bleaching states. However, it generates lots of crack into the thin film during evaporation of PB precursor due to its rapidly changing temperature according to post-treatment of the solution based process. Moreover, this problem always leads to present a difficult hopping for electrons, resulting in the increasing resistance of thin film.

To overcome several limitations of these reported processes listed above, particles printing technology has been chosen for this study. Nano Particle Deposition System, which is eco-friendly dry deposition process, does not involve solvent without pre- or post- processing. Moreover, it is a novel method to deposit wide range of ceramic and metallic powders on different substrates at room temperature under low vacuum using compressed air by accelerating particles to sub-/supersonic speed.

In this study, we fabricated a dual electrochromic device using PB based thin film as anodic material and MoO_3 layer as cathodic material for matching a charge balance of EC cell. Moreover, whole thin film into the EC cell were deposited on substrate for reducing of cracks onto the surface of a thin film by particle printing technology. PB/ATO thin film was formed to enhance charge storage capacity of thin film using mixed powder. As a result, we confirmed that stable cycle performance was improved in accordance with fast switching speed of PB based on optimization of thin film deposition.

G4-13 Protonic Conduction in Nanostructured Ceramics

나노구조 세라믹스의 수소이온전도

박희정*. *대전대학교*

연료전지는 화력발전 대비 발전효율이 높고 반응 부산물로 물이 생성되는 친환경적 발전시스템으로 차세대 에너지원으로 주목받고 있다. 특히, 세라믹 고체전해질을 이용하는 고체산화물 연료전지(solid oxide fuel cell, SOFC)는 발전효율이 높고 수소변환에 있어 귀금속 촉매를 배재할 수 있는 큰 장점을 가지고 있어 차세대 연료전지로 주목받고 있다. 하지만 고온작동으로 수반되는 구성 성분간 화학적 반응과 열관리 문제가 항상 이슈가 되어 왔다. 이를 해결하기위한 다양한 방법이 시도되었고 상응하는 기술발달로 단점들이 개선되고 있지만 여전히 고온작동은 신뢰성을 담보하는 상용화 제품 관점에서 걸림돌이 되고 있다. 따라서 작동온도 저감이 요구되고 있으며 이를 위해 저온에서 이온전도도가 높은 수소이온전도체 개발에 대한 연구가 일어나고 있다.

본 발표에서 기존 보고된 수소이온전도체 중 세라믹 기반의 수소이온전도체에 대한 이온전도도 수준을 정리하고 2000년 이후 시도되고 있는 저온작동 나노구조 수소이온전도체에 대한 연구결과를 다루고자 한다. 추가적으로 최근 연구 수행 중인 2차원 수소이온전도체에 대해서도 언급하고자 한다.

G4-14 Inorganic 2D Materials beyond Graphene

김종영*. *한국세라믹기술원*

Various two dimensional (2D) nanosheets of inorganic solids such as graphene, boron nitride, metal oxide, metal chalcogenides can be synthesized by exfoliation of their precursory layered compounds into colloidal single layers, which is triggered by intercalation of bulky organic ions or solvation by organic solvents. The 2D nanosheets can be used as efficient precursors for nanostructured composite materials. Soft chemical synthesis of the re-assembled nanocomposites using the exfoliated 2D nanosheets have extensively studied due to potential applications for energy conversion/storage, optoelectronics, nano-electronics. In this talk, we will present several practical examples of the nanocomposite materials using graphene, bismuth telluride, cobalt oxide, and boron nitride with diverse functionalities such as thermo-electric materials, optoelectronic materials, and structural materials for semiconductor and display manufacturing processes.

G4-15 Ceramic-coated Separator for Safety Improvement of Lithium Ion Battery

리튬이온배터리의 안전성 향상을 위한 세라믹 코팅 분리막

김용남*, 이동원, 이상헌. *한국산업기술시험원*

전기자동차, ESS 등에 고용량의 리튬이온배터리가 적용되면서 배터리의 안전성(safety) 문제가 더욱 중요해지고 있다. 배터리의 안전성을 담보하는 가장 중요한 핵심기술 중 하나가 분리막(separator)이다. 분리막은 양극과 음극의 직접적인 접촉은 차단하면서 미세한 구멍을 통해 리튬이온만을 원활하게 통과시키는 역할을 하는 얇은 고분자 필름이다. 분리막이 필요한 이유는 양극판과 음극판에 있는 활물질 등이 서로 직접 맞닿을 경우 갑자기 리튬이온의 움직임이 기하급수적으로 증가하여 발화 또는 폭발할 수 있기 때문이다. 분리막이 두꺼울 경우 배터리의 안전성은 높아지지만 분리막을 통한 리튬이온의 이동을 방해(내부저항 증가)하여 배터리의 성능은 낮아지게 된다. 이와 같이 trade-off 관계에 있는 배터리의 안전성과 성능을 동시에 향상시키기 위하여 개발된 것이 세라믹 코팅 분리막(ceramic-coated separator)이다. 따라서 본 발표에서는 리튬이온배터리의 안전성 관련 이슈를 세라믹 코팅 분리막 중심으로 설명하고자 한다. 그리고 세라믹 코팅 분리막의 제조방법, 요구성능 및 평가방법 그리고 분리막 코팅에 사용되는 세라믹 재료를 소개하고자 한다.

G4-16 ALD Enabled Synthesis of Nanostructured Materials and its Applications

원자층증착법을 이용한 나노구조 소재의 합성 및 응용

권세훈*. *부산대학교*

1-D nanostructured materials such as nanodots, nanowires, nanotubes, nanorods, and nanobelts have attracted special attention because they possess unique structural dimensionality and possible quantum confinement effects in 2-Ds. As a result, they are expected to play an important role as building blocks in future nanoscale functional devices. Potential applications for these nanostructured materials have been expanded through the efforts of several researchers. Of various fabrication methods, the template-assisted approach combined with atomic layer deposition (ALD) has been distinguished from the others as a simple and well-controlled method. Because ALD can provide excellent control over the wall thickness of nanostructures at the sub-angstrom scale and can be used to create highly conformal coatings of dense inorganic film even on nano-sized templates with high aspect ratios. Herein, highly ordered freestanding nanostructure arrays were fabricated by a hybrid process of versatile nanoporous template and ALD. The ultrafine thickness tunability of the ALD process made it possible to develop functional nanostructures with various wall thicknesses. In addition, various ALD processed metal and oxides enalbed us to creat various functionality, which is useful for various advanced applications. In this presentation, we will discuss some recent examples and emerging application areas.

G4-17 Pattern Density Enhancement by Multi Patterning Lithography, assisted of Atomic Layer Deposition and Block Copolymer Self-Assembly

블록공중합체와 원자층박막증착을 이용한 멀티패터닝 리소그래피

문형석*. *한국생산기술연구원*

We demonstrate 5-nm-scale line and hole patterning *via* scalable parallel processing, synergistically integrating block copolymer (BCP) nanopatterning and atomic layer deposition (ALD). While directed BCP self-assembly generates highly ordered line array or hexagonal dot array with the pattern periodicity of 28 nm and the minimum feature size of 14 nm, pattern density multiplication employing ALD successfully enhanced the pattern density for 14 nm periodicity and 5 nm feature size. Self-limiting ALD processing enabled the low temperature, conformal formation of 5 nm thick spacer layer directly at the surface of organic BCP patterns. This ALD assisted ultrafine pattern multiplication addresses the intrinsic thermodynamic limitations of low c BCPs for sub-10-nm scale downscaling. Moreover, this approach offers a general strategy for scalable ultrafine nanopatterning with the minimum number of all parallel processing steps and without burden for multiple overlay control and high cost lithographic tools.

G4-18 Synthesis of InP/ZnS(e) Quantum Dots and their Application in Display and Biology

InP/ZnS(e) 핵/껍질 양자점 합성 및 이를 이용한 디스플레이 및 바이오 응용

방지원[1*], 김미성[1], 임미혜[2], 김성지[2]. *[1]한국세라믹기술원, [2]포항공과대학교*

Fluorescent InP-based quantum dots (QDs) have attracted much attention as materials for lighting, display and bioimaging applications. Over the past few years, persistent effort has focused on improving photoluminescence (PL) quantum yields and narrowing PL bandwidths with high stability trough synthesis. Unfortunately, the lack of PL quality and stability in degradable environments has hindered investigations into the applications of these materials. In this talk, studies on synthesis and characterization of high quality InP/ZnS(e) (core/shell) quantum dots for practical applications will be discussed. First, we report the synthesis of highly luminescent and stable In(Zn,Ga)P/ZnSeS/ZnS small-core/thick-multishell QDs. These QDs are feasible alternatives for use in commercial display technologies due to their remarkable brightnesses and PL stabilities in harsh environments. Second, we designed and synthesized far-red and near-infrared emitting water-soluble Cu doped InP-based quantum dots (QDs) through surface engineering with dihydrolipoic acid and a zwitterionic ligands. As a proof-of-concept study, we have successfully demonstrated selective imaging of streptavidin beads with biotin conjugated QDs, and HER2-positive SK-BR-3 cancer cells with QD-conjugate antibodies.

G5-1 Fabrication of Bone Structure-like Scaffolds by Combination of Ceramic Additive Manufacturing and Self-setting Reaction

성아람*, 최영진, 박홍현, 윤희숙. *재료연구소*

Material extrusion (ME) is an additive manufacturing (AM) process in which the materials are dispensed through a nozzle and stacked layer by layer in 3-dimensions. It is easy to apply various materials with suitable rheological properties and control the porosity of the structures by optimizing printing conditions. ME process often has been used to fabricate calcium phosphate (CP) ceramic 3D porous scaffolds in bone tissue regeneration. Our group had developed original low temperature fabrication of CP scaffolds by combination of ME and self-setting reaction of CP instead of sintering process. In this study, we tried to mimic structural properties of bone by

controlling both self-setting reactions of CP and AM conditions. We used a-tricalcium phosphate as starting material and applied different reactant solutions of mono calcium phosphate mono hydrate and phosphorous buffer solutions for producing di calcium phosphate di hydrate (DCPD) and calcium deficient hydroxy apatite (CDHA), respectively, to control biodegradability and bioactivity. We also tried to mimic cortical- and cancellous-bone structures by controlling porosity of each DCPD and CDHA part using ME system. The bone-like structure has been finally produced by assembling each scaffold part.

G5-2 Fabrication of Cell Laden Organic/Inorganic Hybrid Bead with Drug as Functional Bone Substitute

김주은[1*], 박홍현[2], 최영진[2], 윤희숙[2]. *[1]과학기술연합대학원대학교(UST), [2]재료연구소*

Microspheres containing bioceramics and biocompatible polymer are well known as useful injectable bone substitutes and drug delivery vehicles. Drug as phytochemicals are responsible for biological function including osteogenic and anti-osteoclastogenic effects. We designed alginate/hydroxyapatite hybrid beads with quercetin loaded to confirm of sustainable release behavior compared to the alginate bead with drug in it. Moreover, we fabricated the hybrid bead by mixture of alginate and quercetin pre-loaded hydroxyapatite with an osteoblast precursor cell line from mouse (MC3T3) through ionic-cross-linking. Cell laden hybrid bead contained each different quantity of quercetin and we investigated cell proliferation and differentiation for defining the effects on cell through hydroxyapatite. Through the availability of encapsulating cells and phytochemical concurrently in the hybrid bead, we expect these organic/inorganic hybrid beads might be use as the application of cell and drug delivery carriers in tissue engineering fields.

G5-3 Low Temperature Processing of Drug Loaded Calcium Phosphate Scaffolds by Ceramic Additive Manufacturing Process

Raja Naren[1*], 최영진[2], 박홍현[2], 윤희숙[2]. *[1]과학기술연합대학원대학교(UST), [2]재료연구소*

Localized and prolonged drug administration is one of the promising application carrier based drug delivery systems. Calcium phosphate (CaP) based ceramics have been often considered as drug carrier in bone tissue regeneration. CaP also are the go-to bone tissue scaffolds with high bioactivity and biocompatibility. Our group have originally developed low temperature fabrication process by combination of ceramic additive manufacturing (AM) and cement reaction of CaP. We may directly add drug into ceramic paste for AM process and consequently produce the scaffold with high homogeneity of drug distribution and sustained release performance of drug. Meanwhile, properties of drugs largely influence on cement reaction of scaffold after AM process and consequently have a decisive effect on both scaffold stability and mechanical property. In this work, well known drugs used for treatment of osteoporosis were loaded is CaP paste and their effect on the final properties of the scaffold were estimated.

G5-4 TiO_2 Nanowire Chip for Peptide Sequencing based on LDI-TOF Mass Spectrometry

TiO_2 나노선 칩을 이용한 LDI-TOF 질량분석 기반 펩타이드 서열 분석

박종민*, 윤태경, 변재철. *연세대학교*

Peptides are small proteins, usually comprising fewer than 40 amino acids, and peptide sequencing refers to the determination of the amino acid sequence from the N- to C-terminals. In matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight (MALDI-TOF) mass spectrometry for peptide sequencing, the detached peptide ion was fragmented and detected by collisions with accelerated gas molecules during the flight to the detector, which is called collision-induced dissociation (CID) process. However, peptide sequencing through MALDI-TOF MS and CID process requires an expensive tandem mass spectroscopy instrument.

Recently, TiO_2 nanowires for LDI-TOF mass spectrometry by the wet corrosion of a Ti plate was reported, which could be used effectively for the quantitative measurement of small molecules such as amino acids. In this work, TiO_2 nanowire target plate synthesized from wet corrosion process were presented for peptide sequencing by photocatalytic reaction with UV radiation. For the photocatalytic decomposition of peptides, 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 reaction with the synthesized TiO_2 nanowires was demonstrated using six types of peptides and three different peptides with the same molecular weight.

G5-5 Development of an Antimicrobial Air-filter Material Using Antimicrobial Natural Plant Extracts based on Sol-gel Process

Sol-gel 공정 기반 항균성 천연 식물 추출물을 이용한 항균성 공기 필터 개발

변하람[1*], 구양모[1], 박선영[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교*

본 연구에서는 항균성 화학 물질을 대체할 수 있는 천연 식물성 항균물질을 선정하여 천연 추출물의 농도별, 균주별 항균성을 측정하고, 항균 메커니즘을 규명하며, 최종적으로 이를 이용한 항균성 필터 개발을 실시하였다. 본 실험에 사용된 천연물은 Teatree-oil, Rosemary, Garlic에서 추출한 물질이며, 항균성 실험을 위해서 그람 양성균인 *Micrococcus luteus*와 그람 음성균인 *Escherichia coli*를 대표 균주로 선정하여 사용하였다. 두 종류의 균주는 37°C, 180 rpm의 shaking incubator에서 배양하였고, UV/VIS spectrophotometer를 사용하여 미생물의 농도를 측정하였다. 세 가지 식물 추출물 모두에서 미생물의 성장 저해가 나타났으며, Teatree-oil의 경우 다른 두 가지 식물 추출물보다 낮은 농도에서도 성장이 저해되는 것을 확인하였다. 최종적으로 낮은 농도에서도 항균력이 가장 우수하게 나타난 Teatree-oil을 이용하여 항균성 공기 필터 개발을 실시하였다. Teatree-oil을 공기 필터 소재에 코팅하기 위해 실리카 전구체를 이용하여 코팅용액을 제조하였으며, 12 h aging 후 이를 poly ethylene 필터 소재(45 mm × 45 mm)에 spray-coating을 실시하였다. 광학 현미경과 Scanning Electron Microscope (SEM)을 사용하여 코팅층의 미세구조 분석을 관찰하였다. Teatree-oil이 처리된 필터의 성능을 확인하기 위해 항균성 공기 필터의 성능에 관한 공인시험법을 이용하여 항균성 평가를 실시하였으며 유량 측정기를 이용하여 통기성 변화를 측정하였다.

G5-6 Nanoparticle Interactions in Hydrogels: a Model study using Gold Nanoparticles

하이드로겔 내에서의 나노입자 반응성 연구: 금나노 입자 모델 시스템

김시현*, 이병상, 이정헌. *성균관대학교*

The effect of the ζ-potential of nanoparticles (NPs) on their chemically induced interaction in hydrogel was clear, as negatively charged NPs could be aggregated in neutral agarose gel, and the amount of aggregation was significantly affected by the magnitude of the negative surface charge of NPs. However, all positively charged NPs showed negligible aggregation in agarose gel due to its slightly negative polarity. This charge-dependent aggregation was confirmed by cryo-transmission electron microscopy. However, the effect of dh of NPs on their aggregation was different. Although NPs with a smaller dh generally showed more aggregation than those with a larger dh, the amount of NP capping layer was critical, as the extent of aggregation was dependent on capping layer thickness. Thus, the amount of polymer needs to be considered when investigating the effect of dh on the aggregation of NPs. Through extended DLVO theory, we could show that the charge on both the NPs and the hydrogel, as well as the dh of the NPs, are related to electrostatic repulsion and steric hindrance, which affect the aggregation of NPs in the gel. The applicability of this study was confirmed by controlling the interaction of DNA-conjugated NPs in agarose gel.

G5-7 A Paper-based Platform for Long-term Deposition of Nanoparticles with Exceptional Redispersibility, Stability, and Functionality

뛰어난 재분산성, 안정성 및 기능성을 갖춘 나노입자를 장기간 보관할 수 있도록 제작된 종이 기반 플랫폼

조희훈*, 김수지, 이병상, 허준혁, 윤석영, 정순환, 이정헌. *성균관대학교*

Although nanoparticles can be carefully engineered to have maximal stability and functionality, they are generally not suitable for long-term storage in a dry state. 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 surface with stabilizing agents and treating a paper substrate with both bovine serum albumin and sucrose after coating with a hydrophobic polymer 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. Finally, 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, silver NPs, magnetic NPs, and gold nanorods, it can be used for diverse NPs requiring long-term storage for many applications.

G5-8 Phase Transformation and Dissolution Studies in Heat-treated OCPs

열처리된 인산8칼슘의 상변화 및 용해도 특성 연구

김주성*, 김석영. *영남대학교*

Calcium phosphates (CaPs) ceramics were used as a bone substitute for improving new bone formation due to the excellent biological affinity to hard tissues. 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 to study the thermal phase stability by the phase transformation at elevated temperatures. The heat-treatment of OCP disc was performed at intervals of 100°C from room temperature to 1300°C at a rate of 5°C per minute. The heat-treated OCP samples were examined the phase transformation and dissolution using SEM, XRD, and ICP.

G5-9 Antimicrobial Ceramic Hybrid Films with Illite-polyethylene Composites

일라이트-폴리에틸렌 복합체가 함유된 항균 세라믹 하이브리드 필름

성동민[1*], 이혜선[2], 장정호[2]. *[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원*

In this study, we evaluated the antimicrobial effect of the illite hybrid polyethylene film, in which they were prepared through the illite and polyethylene mater-batch. Particle size of illite was controlled to a range of 1 to 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. Finally, the illite hybrid polyethylene film was prepared with 1.8 wt% of illites. Characterization was achieved by SEM, TGA and FT-IR. The antimicrobial effect of the illite hybrid polyethylene film showed over the 98% of antimicrobial activity against the s.aureus and *E. coli*.

G5-10 Evaluation Method of Particulate Matter Protection Efficiency of Cosmetic Ceramic Materials

화장품용 세라믹 소재의 미세먼지 방어효율 평가법

박중규*, 이혜선, 장정호. *한국세라믹기술원*

This paper discusses the development of a method for evaluating the particulate matter (PM) protection efficiency of ceramic powders for cosmetic applications. The black carbon, which occupies most of the particulate matter, is composed of small volatiles of 0.001~0.005 μm in size and aggregates due to negative surface charge to 1~10 μm particles. We have developed a method for evaluating micro dust protection efficiency based on the correlation between the surface charge of black carbon and ceramic powder for cosmetics. The changes in the amount of particulate matter in the chamber were observed by using 300 mg of incense and the number of PM counter was measured and the PM protection efficiency of the ceramic powder was evaluated by recording the numerical value. Through this research, it is expected that it will be possible to develop ceramic powder and functional fine dust protection material for cosmetics and to develop materials for micro dust adsorption using this function.

G5-11 Property Changes of Octacalcium Phosphate by the Protein Adsorption/Incorporation

단백질 흡착된 OCP의 물성 변화

Mertamani Riessa Nanda*, 김석영. *Yeungnam University*

Gelatin and collagen which are derived from natural polymers are also known as a good organic matrix material in natural bone composition.

The addition of proteins such as gelatin and collagen during octa-calcium phosphate (OCP) synthesis was conducted in order to implement a composition and a structure similar to natural bone. The proteins added to OCP synthesis resulted in different results, in terms of crystal morphology and size, phase stability, and precipitation process. The significant different results were observed in the morphology and size of the synthesized OCP crystal which were more pronounced by the addition of gelatin. The incorporation in the hydrated layer and adsorption on the surface of OCP crystals by gelatin changed the crystal shape, thermal and hydrolytic phase stabilities of synthesized OCP. It is believed that proteins which were adsorbed on the crystal retarded the precipitation of OCP crystals and resulted in the formation of smaller crystals. The incorporated/adsorbed protein also changed the phase stability evaluated by thermal and hydrolytic treatments. These different behaviors which were related to the protein adsorption/incorporation on the OCP crystal were confirmed by XRD, SEM, FTIR and TG/DTA examinations.

G5-12 Ball Mill Pretreatment for Improve Biomass Availability
바이오매스 가용성 향상을 위한 볼밀 전처리

구양모[1*], 변하람[1], 박선영[1], 박지연[1], 김현욱[2], 상병인[3], 이진형[1].
[1]한국세라믹기술원, [2]시립대학교, [3]한양대학교

본 연구에서는 바이오매스를 활용하여 혐기성 소화 공정에서 음식 폐기물, 당화 공정에서 목질계 바이오매스를 원료로 하여 생물학적 가용성을 높이기 위한 물리적 전처리 기술을 개발하였다. 물리적 전처리 기술로는 attrition 방식을 적용 하였으며, 특히 생물학적 가용성을 적은 에너지로 극대화하는 실험 조건을 확립하였다. 이를 위해 볼밀 전처리 후 Particle Size Analysis (PSA)를 통해 전처리 전과 후의 원료의 입도 분포를 비교하여 분쇄효과를 분석하였다. Bio Methane Potential (BMP) test를 통해 바이오가스 생산량을 측정하여 평가하고, Gas Chromatograph (GC) 장비를 사용하여 BMP test에서 발생한 가스 성분을 측정하였으며, COD 분석을 통해 물리적 전처리에 의한 생물학적 가용성 변화를 분석하였다. SEM을 이용하여 바이오매스의 표면 변화를 관찰하였고, 다양한 조건에 따른 당 생산량을 비교 분석하였다. 상기의 실험 결과를 토대로 혐기성 소화 과정에서 바이오가스 생산량과 당화 과정에서 당 생산량을 극대화할 수 있는 물리적 전처리 최적 조건을 확립하였다.

G5-13 Sutdy on Cellular Uptake Efficacy of Layered Double Hydroxide Depending on Surface Roughness
금속이중층수산화물의 표면 거칠기에 다른 세포 내포화 효율 연구

김형준[1*], 김성훈[2], 김윤석[2], 오제민[1]. *[1]동국대학교, [2]연세대학교*

약물전달체의 하나인 금속이중층수산화물의 크기에 따른 세포 내포화 효율은 연구된 바 있으나, 표면거칠기에 따른 세포 내포화 효율에 대해 연구된 바는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 금속이중층수산화물의 표면거칠기에 따른 세포 내포화 효율을 연구하기 위해, 이온교환과 재건법을 이용하여 매끈하고 거친 각기 다른 표면 거칠기를 갖는 금속이중층수산화물 하이브리드를 합성하였다. 금속이중층수산화물의 효과적인 추적을 위해 음이온성 형광염료(AFD, anionic fluorescence dye)와 지지체로 1-butanesulfonate (BS)를 함께 담지하였다. X-선 회절분석과 적외선분광분석을 통하여 AFD와 BS가 금속이중층수산화물 층간에 담지 되었음을 확인하였다. 주사전자현미경과 동적광산란분석, 제타전위 분석을 통하여 이온교환과 재건법으로 AFD와 BS를 담지한 금속이중층수산화물은 양의 표면전하 가지며, 180 nm 정도의 동전모양으로 동일한 크기와 형태를 갖는 것을 확인하였다. 형광염료를 담지한 금속이중층수산화물의 표면거칠기를 평가하기 위하여 원자간력현미경 분석을 수행하였다. 이온교환을 통해 AFD와 BS를 담지한 금속이중층수산화물은 0.564 nm의 표면거칠기를 가지며, 재건법을 통해 AFD와 BS를 담지한 금속이중층수산화물(1.437 nm) 보다 매끈한 표면을 갖는 것을 확인하였다. 독성이 없는 수준에서 서로 다른 거칠기를 갖는 금속이중층수산화물의 세포 내포화 정도를 유세포분석을 통해 비교한 결과 매끈한 표면을 갖는 금속이중층수산화물이 거친표면을 갖는 경우보다 1.5배 더 높은 세포 내포화 효율을 보임을 확인하였다.

G5-14 High Yield Fabrication Technique of Calcium Phosphate Microsphere as Functional Bone Substitute Material
기능성 골충진재로 활용 가능한 높은 수율의 인산칼슘 마이크로스피어 제조 기술

박홍현[1*], 변규빈[2], 윤희숙[1]. *[1]재료연구소, [2]과학기술연합대학원대학교(UST)*

Calcium phosphate microspheres below 100 μm have been broadly utilized as filter material in biomedical and clinical application field. The size-controlled spheres as bone substitute material are prepared by spray drying, which is low productivity due to wide size distribution. To overcome this limitation, we tried to develop new method by microencapsulator which is broadly used for pharmaceutic, food, cosmetic production process. First, we set up the process to make uniformed mixture with polymer solution and ceramic powder in order to pass through a micro sized nozzle without clogging. We next optimized the condition of fabrication to make size-controlled and narrow-distributed microspheres by tuning of nozzle size, frequency, electrode and mixing ratio of organic/inorganic material mixing ratio. We verified that the yield of final fabricated calcium phosphate microsphere was over 70% compared to initial amount of the ceramic powder. In addition, we also investigated the potential as drug delivery carrier. They showed long-term release behavior of phytochemical drug from the microsphere over 3 months. These microspheres are splendid candidate as functional substitute material for orthopedic and dental treatment.

G5-15 Origin of Antibacterial Activity of ZnO Nanoparticles: the Roles of Protonic and Electronic Conductions
ZnO 나노 입자 항균 활성 메커니즘에서의 protonic 및 electronic conduction의 역할

김혜리*, 이다애. *충북대학교*

Zinc Oxide (ZnO)는 3.37 eV의 밴드갭을 지닌 전형적인 n-type 소재로써 광학, 전기, 화학적 특징이 우수하여 가스 센서 및 태양 전지 등의 다양한 용도로 사용되어왔다. 또한, 독성이 없고 생체 적합성이 뛰어나 약물 운반체, 화장품, 의료용 소재로 적용이 가능하며 특히 ZnO 나노 입자는 항균력이 우수하여 바이오 및 항균성 제품에 적용되고 있다. 지금까지 ZnO 나노 입자의 항균 메커니즘을 규명하기 위해 다양한 메커니즘이 연구되어 왔으나, 아직까지 정확한 메커니즘이 밝혀지지 않은 실정이다. 다양한 항균 메커니즘 중에서도 대부분의 연구는 ROS (Reactive Oxygen Species) 메커니즘을 기반으로 해석되어지고 있다. ROS 메커니즘은 electron 및 superoxide anion (O_2^-), hydroxyl 등에 기초하여 이루어지며 H_2O_2 및 hydroxyl radical에 근거한 연구가 진행되어져 왔으나, 각각의 인자들이 항균 메커니즘에 어떠한 영향을 주고 있는지에 대한 연구는 부족한 상황

이다. 이에 본 연구에서는 electronic carriers와 hydroxyl (OH^-)의 형성이 항균활성을 향상시키는 주요 인자로 보고, 전자 및 프로톤 전도도가 ZnO의 항균활성에 미치는 영향에 대해서 분석하였다.

G5-16 DNA Derived Multi-functional Single Wall Carbon Nanotubes

핵산 유래 다기능성 탄소 나노튜브

이정헌*, 김경일. *성균관대학교*

DNA is a programmable biomolecule with interesting physical and chemical characteristics. Depending on its total length and complementarity, DNA can behave like a polymer rod or long polymer randomchain. It also contains negative phosphate backbone and hydrophobic bases which can interact with various types of cationic molecules or hydrophobic molecules such as metal ions, protein, many types of small chemicals.

Using these DNA molecules as templates, we could prepare DNA derived single wall carbon nanotubes (SWCNTs) with variable functionality. Through the p-p interaction of DNA bases and carbon nanomaterials, we were able to stabilize extremely hydrophobic SWCNTs. Furthermore, dense functional groups can be introduced onto SWCNT surface using DNA binding peptide. Through this strategy, we could not only quantify the number and types of functional groups, but also immobilize diverse materials like metal nanoparticle, quantum dots and proteins on SWNT surface.

As shown in this work, the unique property of DNA can be used to design advanced nanomaterials with various multi-functionality.

G5-17 바이오알콜산업 현황과 세라믹소재의 역할

이진형*. *한국세라믹기술원*

Bioalcohol, for example bioethanol and biobutanol, can be used as fuels in several engines (internal combustion engines and stiring engines). Bioalcohol is produced by the action of microorganisms and enzymes through the fermentation of sugars or starches, or cellulose. The use of bioalcohol can reduce the net emissions of greenhouse gases by as much as 37.1% and decrease in ozone formation. It also reduces the amount of high-octane additives. The present study reveals the perspective and challenges of bioalcohol and covers current status of RFS programss and industry production capacities in worldwide. Furthermore, main issues to be overcome for bioalcohol industrialization will be presented. Finally, the contribution of ceramic materials for progressing bioalcohol industry will be discussed.

G5-18 Nanoscale Applications of Optical Materials

광학재료의 나노스케일 응용

김동환*. *성균관대학교*

Current advances and the challenges that lie ahead in developing optical materials for healthcare and biotechnology will be discussed. These advances include using plasmonic nanoparticles in biomolecular assay to probe dynamic behavior of various biomolecules. One of examples is plasmonic biosensors that has enabled LSPR-shift assay with single nanoparticles. Single-nanoparticle plasmonic sensors are particularly attractive because of better signal-to-noise resolution and low limits of detection. This promising probing tool on biomolecular assay should find their application in parallel screening of nucleic acid and protein profiles and will compete with current microarrays. Most recent development on a plasmonic dimer that utilizes plasmonic coupling will be also discussed.

Further, upconversion materials, Lanthanide trivalent ions (Ln^{3+}) embedded in an inorganic host solid, which possesses the fascinating ability to convert multiple low-energy photons into a higher-energy photon will be discussed.

G5-19 Synthesis of AgCl Nanoparticles and Their Plasmonic Replicas as Photocatalysts and SERS Probes

염화은 나노입자의 합성 및 그들의 플라즈몬 레플리카를 이용한 광촉매/SERS 응용

이재승*. *고려대학교*

We reported a rapid one-pot room-temperature aqueous synthesis of highly monodisperse sub-100-nm AgCl nanomaterials with various shapes and sizes. We successfully reduced the size of the AgCl nanomaterials which were replicated into metallic nanomesh structures that were small enough (~100 nm) to show intense surface-plasmon-absorption bands. The complex comprising semiconducting AgCl/metallic nanomesh replica exhibited excellent plasmonic photocatalysis properties for the complete removal of Cr(IV), and intense surface-enhanced Raman scattering (SERS) properties in a single-particle enhancing the electromagnetic field.

G5-20 Use of Bioceramic Additive Manufacturing in Clinical Case

바이오 세라믹의 적층제조와 임상사례

홍승억*. *(주)엠에스알테크놀러지*

3DCeram은 세라믹을 이용한 적층제조 전문 회사로 적층제조 장비, 세라믹 소재, 제조 서비스를 해온 회사로 바이오 세라믹과 관련해서 인공안구, 골대체제나 환자 맞춤형 두개골 임플란트를 제작해온 회사이다. 광경화 방식을 채택한 1세대 세라믹 적층제조 회사인 3DCeram만의 특별한 제조 방법과 osteoconductive의 성질의 HAP와 TCP를 이용한 임플란트는 적층제조의 이점을 이용해 제작 되었다. 기존 임플라트들이 갖을 수 없었던 형상적이며 기능적인 부분을 바이오 세라믹과 적층제조로 구현한 20건 이상의 임상 사례들이 있다. 국내에서 금속을 이용한 임플란트 사례들이 늘어나는 가운데 2006년부터 바이오 세라믹에 적층제조를 이용해 환자 맞춤형 임플란트를 시작해온 사례들을 소개하고자 한다.

G6-1 Alkaline Earth Mixing Effect of $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ Glass on Plasma Resistance under Fluorocarbon Plasma with Ar^+

플루오르카본 플라즈마 하에서 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 유리의 내플라즈마 특성에 대한 알칼리토류 혼합효과

박제원[1]*, 나혜인[1], 최성철[2], 김형준[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *한양대학교*

Y or $Ca-Al_2O_3-SiO_2$ glasses have plasma resistance. Because, some of them have high CTE and the melting point and crystallized easily, there is a limit for application. Therefore, we investigated the change of glass stability and plasma resistance with mixing RO (R: Mg, Sr, Ba and Zn) in $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ glass.

The compositions of base CAS glasses were selected following as; A: $48CaO\text{-}9.1Al_2O_3\text{-}42.2\ SiO_2$, B: $26.2CaO\text{-}14\ Al_2O_3\text{-}59.8SiO_2$ (in mol%). In order to identify RO mixing effect, RO substitute the half of CaO in each compositions and they were named RA and RB, respectively.

All of RO decreased transition temperature and softening point of A and B glasses. The half sphere temperature ($T_{1/2}$) of glass A increased with RO, except of SrO, however glass B showed the inverse behavior. It is related crystallization phenomenon. That is, RO affects the high temperature stability of A and B glasses. RA and RB showed higher plasma resistance than reference materials. Especially, MgO and SrO enhanced the plasma resistance in glass A. So, it is expected that some of RO mixing may improve the stability and maintained plasma resistance of CAS glasses.

G6-2 The Effect of Composition of Plasma Resistance of CaO - Al_2O_3 - SiO_2 Glasses under Fluorocarbon Plasma with Ar^+

CaO - Al_2O_3 - SiO_2 계 유리의 Fluorocarbon Plasma에서의 플라즈마 저항 조성의 영향

나혜인[1*], 박제원[1], 최성철[2], 김형준[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *한양대학교*

This study investigated the plasma resistance of CaO - Al_2O_3 - SiO_2 (CAS) glass depending on composition. The glass compositions were selected by two methods; (1) glass compositions selected by conventional method around eutectic point and (2) known compositions in previous study. Also, the plasma resistance of each glass composition was examined by analyzing their surface microstructure and etching rate when the glasses were exposed to $CF_4/O_2/Ar$ plasma gases.

There was no statistical difference in plasma resistance between two compositions groups. The CAS glasses showed 5~10 times superior plasma resistance compared to sintered Al_2O_3 or sapphire, where the etching rate of the Al_2O_3 and CAS glasses is 76.06 and 6.77~18.42 nm/min, respectively. Within the selected glassification range of the CAS-based glass, it was determined that the Al_2O_3 component most significantly affected plasma resistance. Glass compositions using conventional method can be more advantageous for glass fabrication.

G6-3 Immobilization of Spent Nuclear Fuel Using Iron Phosphate Glasses and its Safety Assessment for Disposal

사용후핵연료 고형화를 위한 인산철 유리 개발 및 처분 안정성 평가

이청원[1*], 신성균[1], 계용욱[2], 허종[1]. [1] *포항공과대학교*, [2] *PAL*

핵연료를 3~4년 간 연소시키면 핵연료의 약 4.4%가 Pu, Np 등으로 변환되고 나머지는 UO_2로 구성된 사용후핵연료가 된다. 현재 국내에서는 이를 임시 저장소에 보관하고 있으며 최종적으로 심지층 처분장에 직접 처분하는 방법과 재처리 공정 후 U와 Pu는 재활용하고 나머지는 폐기물로 처분하는 방법 두 가지가 주로 고려되고 있다. 직접 처분의 경우 사용후핵연료로부터 발생하는 대량의 방사선과 열 때문에 매우 넓고 안정한 저장소가 필요하고 재처리 공정은 상용화를 위한 연구가 더 진행되어야 한다.

본 연구에서는 인산철 유리를 이용하여 직접 처분과 재처리를 대체할 수 있는 사용후핵연료 유리화 처분 방법을 연구하고자 한다. 유리의 조성은 $57.3P_2O_5 – 16.1Fe_2O_3 – 3.4Al_2O_3 – 23.2CeO_2$ (wt.%)로 이를 혼합 후 용융하여 제조하였고 X-ray fluorescence (XRF), Differential scanning calorimeter (DSC) 등을 이용하여 유리의 기초적인 특성을 분석하였다. Product consistency test (PCT) 법을 이용하여 고화체의 화학적 내구성을, Monte-Carlo N-particle 6 (MCNP6) 프로그램을 이용하여 유리 캐니스터 내 임계 안전성을 평가하였다. 또한, 본 연구에서 제조한 유리를 이용하여 유리화 처분을 했을 시 처분장 온도 상승을 모사하여 직접 처분 대비 처분장 공간 감소 효과를 비교하였다.

G6-4 Microstructural and Optical Properties of ZnS Ceramics Prepared by Vacuum Hot Press and Hydrothermal Synthesis

수열합성과 핫프레스로 제작한 ZnS 소결체의 미세구조와 광학적 특성

최부현*, 김대수, 김범주, 남산. *고려대학교*

Hydrothermally-synthesized ZnS nanopowders were directly used without annealing process to sinter the ZnS ceramics. ZnS nanopowders, which were produced using raw powders with S/Zn ratio of 1.5, consisted of two types of particles; small particles (250 nm) and large particles (0.8 μm). Small particles are considered to exist in the gaps between the large particles and assist the densification of ZnS ceramics. These nanopowders showed very small amount of residual water and oxygen impurities. ZnS ceramics sintered at low temperatures (< 1000°C) using these ZnS nanopowders exhibited large grain boundary areas (small grains with 3 μm) that act as the diffusion path of carbon ions from graphite mold resulting in the carbonate absorption bands. The ZnS ceramics sintered at short time at 1000°C also showed the similar results. ZnS ceramics sintered at high temperatures (≥ 1000°C) for long time (≥ 2.0 h) exhibited dense microstructure with very large grains. Liquid phase, which is formed at approximately 980°C, is responsible for densification and grain growth of these ZnS ceramics. A 3.0-mm thick ZnS ceramic sintered at 1000°C for 16 h showed a large transmittance of 71% between 6.0 μm and 12 μm wavelength without carbonate absorption bands.

G6-5 The Patterned Cd-S-Se Quantum Dot Embedded Glasses as a Color Converter for White LED with Wide Color Gamut

패터닝을 통해 제조된 넓은 색재현성을 갖는 백색 LED용 Cd-S-Se 양자점 함유 유리

한가람[1*], 허종[2], 정운진[1]. [1] *공주대학교*, [2] *포항공과대학교*

양자점은 양자제한효과로 인해 크기의 조절을 통해 이의 흡수 및 발광 파장을 제어 가능하며 고양자효율을 나타내어 차세대 광학 소재로 주목 받아왔으며, 최근 양자점을 활용하여 폭넓은 색재현성 및 고휘도를 가지는 디스플레이 제품이 상용화되었다. 그러나, 기존 양자점 소재는 유기물을 활용하여 색 변환 소재를 구현하여 장기 및 화학적 내구성이 부족한 단점이 있다. 본 연구진에서는 최근 유리 내에 Cd-S-Se 양자점을 형성하여 장기 및 열적 내구성이 확보된 양자점 함유 유리(quantum dot embedded glass : QDEG)를 성공적으로 제조하였으며, 이를 활용하여 백색 LED를 구현하여 보고하였다. 그러나, QDEG은 단일 및 넓은 선폭을 가져 좁은 색재현 능력을 가지는 문제가 있다. 따라서, 본 연구에서는 색재현성의 향상을 위해 다중 발광이 가능한 QDEG의 제조를 시도하였으며, 이를 위해 녹색과 적색 발광이 각각 가능한 QDEG을 열처리를 통해 접합하는 방법으로 패터닝을 시도하였다. QDEG 내 양자점의 형성을 확인하기 위하여 흡수 및 발광 스펙트럼이 조사되었으며, 청색 LED 와 조합을 통해 제조된 패터닝된 QDEG의 색 좌표 및 색재현성 등 광학적 특성 분석을 수행하였다. 또한, SEM을 이용하여 QDEG간 접합도 확인하였다.

G6-6 Growth of $CdSe/Cd_{1-x}Zn_xSe$ Nanorods in Silicate Glasses by Continuous Wave Laser Irradiation

레이저 조사를 통한 유리 내 $CdSe/Cd_{1-x}Zn_xSe$ 나노로드 제조 및 특성평가

이호정*, 박원지, 허종. *포항공과대학교*

Optical properties of quantum dots (QDs) can be controlled by changing their sizes and shapes. Cadmium chalocogenide QDs have been considered promising materials for QD display, bio-imaging and photo-catalysts because of their high quantum efficiencies in the visible wavelength range. There are many different shapes of QDs and in particular, nanorods (NRs) can provide a polarized emission along the c-axis with significant advantages over spherical types. In a solution process, there have been remarkable progresses on band-gap engineering of QDs by changing their shapes. However, modulation of the shape of QDs inside the glass matrix has not been reported.

In this work, we precipitated $CdSe/Cd_{1-x}Zn_xSe$ NRs in silicate glasses using continuous wave laser (λ = 532 nm) irradiation. Defect emission at λ ~ 620 nm was quenched significantly. $Cd_{1-x}Zn_xSe$ alloyed NR structures appeared because of the enhanced diffusion of ions at the areas under the illumination. Specimens were made by focused ion beam (FIB) and transmission electron microscopy (TEM) analysis was used to investigate the morphologies of $CdSe/Cd_{1-x}Zn_xSe$ NRs during laser irradiation.

G6-7 Er^{3+}/Yb^{3+}-codoped Fluorophosphate Glass Fiber for Fiber Amplifier Application

광섬유 증폭기 응용을 위한 Er^{3+}/Yb^{3+} 도핑된 불소인산염계 유리 광섬유

Kadathala Linganna*, 인정환, 최주현. *Korean Photonics Technology Institute*

We have successfully fabricated the high concentration Er^{3+}/Yb^{3+}-codoped fluorophosphate glass fibers by melt quenching technique and fiber drawing process. The fabricated fibers were doped with 2.0 mol% of Er^{3+} and 2 mol% of Yb^{3+} to explore suitability for optical amplification at 1550 nm. The refractive index difference between the core and clad was found to be ~0.0038@1550 nm. The high Yb^{3+} concentration (above 10^{21} cm^{-3}) ensures effective pump absorption at 976 nm and effective Er ion sensitization. The gain of the glass fiber was demonstrated at a fibre length of 32 cm, pump power of 0.23 W@976 nm, and an input signal power of -20 dBm@1550 nm. The results demonstrate the potential of the glass fiber for fiber amplifier at 1550 nm.

G6-8 Development of Red-emitting Phosphor in Glass (PiG) Materials with $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$ Phosphor for Use in Solid-state Lighting System

고체 조명 시스템 용 $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$ 형광체를 이용한 적색 발광 PiG 개발

박영지[1,2]*, 황종희[1], 김철진[2], 김선욱[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]경상대학교*

Recently, Red-emitting PiG materials with high luminescence efficiency have been investigated to realize a high-power LED based taillight of automobiles. As a commercial red-emitting phosphors for white LEDs, Eu^{2+}-doped nitride phosphors have been applied. However, these phosphors show a sharp decline of the luminescence efficiency with increasing temperature over 550°C. Additionally, the PiG materials are usually prepared by co-firing phosphor and glass frits at 650~800°C. Therefore, the nitride phosphors based PiG materials show poor luminescence properties. To develop red-emitting PiG materials with high luminescence, we have been studied new composition glass materials with low Tg temperature. As a result, the red-emitting PiG materials with high luminescence efficiency were successfully developed by co-firing nitride phosphors and our original composition glass frit. In this study, we present the luminescence properties of the red-emitting PiG and discuss the effect of the Tg of glass on the luminescence properties of PiG.

G6-9 Effect of Structural Transition on Crystallization Behavior of Alumino-Boro-Silicate Glass

다성분계 알루미노 보로 실리케이트 유리의 구조 변화가 결정화거동에 미치는 영향

조중욱*, 백지연. *포항공과대학교*

The glass network structure governs various thermos-physical properties including crystallization kinetics. We investigated the effect of temperature on structural changes in a Na_2O-CaO-Al_2O_3-SiO_2-B_2O_3 glass system using ^{27}Al MAS NMR spectroscopy. Around the glass transition temperature, most of aluminate structures exist as AlO_4, acting as a glass former. When the temperature is above the melt crystallization temperature, the AlO_4 structure is drastically decreased and glass structures are mainly composed of AlO_5 and AlO_6, acting as glass modifiers. Thermodynamic assessment based on Gibbs energy minimization was used to confirm the dependency of aluminate structure"s amphoteric characteristic on temperature by calculating the site fraction of aluminate molecular structures at different temperatures. Temperature-induced aluminate structural variation can also influence silicate and borate structural changes, which have been confirmed by the ^{29}Si and ^{11}B NMR spectra. Furthermore, the crystallization behavior of the investigated glass system is then explored for the two different thermal histories: melt crystallization and the heat treatment of quenched glass. The results show that sodium melilite ($CaNaAlSi_2O_7$) and larnite (β-Ca_2SiO_4) are the dominant crystalline phases during heating (glass crystallization) and cooling (melt crystallization), respectively, which are in good accordance with the structural motif depending on thermal histories.

G6-10 Thermal Conductivity in the Non-crystalline Solid and Molten Oxide System

비정질 및 용융 산화물에서의 열전도도

김영재*, 박현식, 김민석. *한국지질자원연구원*

전기로 공정에서 슬래그의 Freeze-lining 및 연속 주조 공정에서 몰드 플럭스를 통한 냉각 과정은 슬래그 및 플럭스 산화물 계의 열전도도와 밀접한 관련이 있다. 또한 유리의 열처리 공정 등에서 열전도도는 필수적인 고려 인자이다. 지금까지 산화물계의 열전도도는 유리질 및 용융 상태에서 각각 연구되어 왔으나, 실제 공정에서는 이들의 열전도도를 동시에 고려할 필요가 있다. 본 연구에서는 세선 가열법을 이용하여, Alkali-borate계의 열전도도를 상온의 유리질에서 고온의 용융 상태까지 측정하였다. 열전도도는 온도의 증가에 따라 함께 증가하다 특정 온도에서 최대값을 보인 후, 감소함을 확인하였다. 유리와 용융 상태에서의 포논을 통한 열전도 메카니즘의 유사성을 고찰하고, Phonon-gas model을 통하여 열전도도를 결정하는 주요 변수를 확인하였다. 또한 열전도도가 최대값을 나타내는 온도를 1차원 Debye 온도 개념을 통하여 평가하였다. 끝으로

MAS-NMR을 이용하여 보론의 배위수 변화를 확인하고, 양이온이 열전도도에 미치는 영향을 이온화 포텐셜을 통하여 평가하였다.

G6-11 Coupled Phase Diagram Experiment and Development of Thermodynamic Database of the Li_2O-ZnO-SiO_2 System

Li_2O-ZnO 계 상태도 실험 및 Li_2O-ZnO-SiO_2 계 열역학 데이터베이스 개발

천정민[1*], Bikram Konar[2], 정인호[1]. [1]*서울대학교*, [2]*McGill University*

Lithia (Li_2O)를 포함하는 산화물계 상평형도는 유리 제조, 엔지니어링 세라믹, 고체 전해질 및 연료 전지 설계에 중요하다. 또한 ZnO도 유리 및 고출력 전자기기, UV-emitter, 압전 소자, 가스 센싱 및 태양전지 분야에 응용될 수 있는 주요한 물질이다. 하지만 이원계 Li_2O-ZnO 및 삼원계 Li_2O-ZnO-SiO_2 시스템에 대한 상평형에 대해서는 아직 잘 알려져 있지 않다. 특히 Li_2O-ZnO가 포함된 유리를 제조할 때 본 삼원계의 상태도 및 열역학 정보는 매우 중요하다. 본 연구에서는 이원계 Li_2O-ZnO 계 상태도를 DSC 및 classical equilibration/quenching 방법을 이용해서 실험적으로 구명하였다. 또한 본 실험 결과와 기존 문헌의 실험 결과들을 종합하여 CALPHAD 열역학 모델링 방법을 통해서 이원계 Li_2O-ZnO 및 삼원계 Li_2O-ZnO-SiO_2 시스템에 대한 열역학 데이터베이스를 구축하였다. 이를 통해서 Li_2O-ZnO-SiO_2 시스템을 기반으로 하는 Glass 계의 상태도 및 열역학 거동을 계산할 수 있게 되었다.

G6-12 Coupled Phase Diagram Experiment and Thermodynamic Modeling of ZnO-SnO_2-SiO_2 System

ZnO-SnO_2-SiO_2계 상태도 실험 및 열역학 모델링

이재성[1*], 권선용[2], 정인호[1]. [1]*서울대학교*, [2]*McGill University*

ZnO는 유리의 주요한 성분 중의 하나이고 SnO_2는 Sn bath를 이용해서 유리를 제조할시에 쉽게 만들어지게 된다. 또한 LAS glass ceramics에 ZnO와 SnO_2를 넣어 glass의 crystallization을 조절하고자 하는 연구가 진행중이다. 최근들어 Sn(IV) doped ZnO glass ceramics은 gas sensor로 많은 연구가 진행되고 있다. 따라서 glass에서 ZnO와 SnO_2 의 열역학적 거동과 상태도에 대한 연구는 glass의 crystallization이나 glass 공정의 최적화를 위해서 중요하다. 하지만 아직도 이원계 SnO_2-ZnO 및 삼원계 SnO_2-ZnO-SiO_2에 대해서 연구가 거의 되어 있지 않다.

본 연구에서는 SnO_2-ZnO 이원계에 대한 상태도 실험을 진행하였다. 특히 높은 온도에서 SnO_2의 휘발을 억제하면서 정확한 상태도를 실험하기 위해서 완전히 sealing된 Pt capsule에 시료를 넣고 열분석(DTA and DSC) 및 고전적인 equilibration/quenching 방법을 이용해서 상태도를 측정하였다. 또한 이러한 2원계 상태도 결과를 SnO_2-ZnO-SiO_2 3원계로 확장하기 위해서 CALPHAD (CALculation of PHAse Diagram) 열역학 모델링을 수행하였다. 이를 통해서 3원계 시스템의 상태도와 SiO_2 glass 내에서 SnO_2와 ZnO의 열역학적 거동을 계산할 수 있게 되었다.

G6-13 Magneto-optic Characteristics of Gd_2O_3 NPs-doped Specialty Optical Fiber under Alternating Current

Gd_2O_3 나노입자가 함유된 특수 광섬유의 교류 하에서의 자기광학 특성

이유승[1*], 주성민[1], 류용탁[1], 이석훈[1], 안용호[2], 한원택[1]. [1]*광주과학기술원(GIST)*, [2]*한국전력공사 전력연구원*

최근 기존의 철심형 전류 센서의 단점인 자기포화와 철공진 등으로 인한 노이즈 및 신호 왜곡을 최소화하고 전자기파 간섭이 없고 소형화가 가능한 광섬유형 전류 센서에 대한 연구가 부각되고 있다. 자기광학특성이 외부 온도 및 진동에 대한 의존성을 최소화한 Gd_2O_3 나노입자가 함유된 특수 광섬유를 이용하여 이의 교류 하에서의 자기광학 특성을 측정 및 분석하였다.

코어와 클래딩의 직경이 각각 7.3 μm와 125 μm, 코어와 클래딩의 굴절률 차이, 개구수와 차단 파장이 각각 0.0016, 0.0683과 520 nm인 Gd_2O_3 나노입자가 함유된 광섬유를 MCVD 공정을 이용하여 제조하였다. Gd_2O_3 나노입자가 함유된 광섬유의 자기광학 특성인 Faraday 효과를 연구하기 위해, 교류 전류에 의해 유도된 자기장에 따른 편광의 회전을 측정하였다. 토로이드형 전류인가장치를 이용하여 60 Hz의 교류 전류를 16 kA까지 증가시키면서 자기장을 형성하였고, 16 kA에서의 자기장은 0.0210 T였다. 전류의 수직 방향으로 형성되는 자기장과 광섬유의 방향이 일치하도록 1.13 m 길이의 광섬유를 지름 30 cm의 보빈에 감은 후 전류인가장치의 중심부에 설치하였다. 광섬유의 양 끝에 선형편광기를 거쳐 선형편광된 650 nm 파장의 광원부와 Poincare sphere를 통해 광신호의 편광 상태를 측정하는 Polarimeter로 구성된 광검출부를 각각 결합하였다. 교류 전류를 0~16 kA로 증가하면서 광신호의 선형편광축이 자기장에 의해 회전하는 Faraday 회전각을 측정하였다. 교류 전류가 증가함에 따라 Faraday 회전각은 선형적으로 증가하였으며, 16 kA일 때 9° 였다. 측정된 Faraday 회전각으로부터 계산된 Gd_2O_3 나노입자가 함유된 광섬유의 Verdet 상수는 차단 파장 600 nm를 갖는 단일모드 광섬유보다 1.4배 큰 3.26 rad/T·m를 나타내었다.

G6-14 3D Freeform Glass Micromachining using Ultrashort Pulsed Laser-Induced Selective Etching

극초단 레이저의 선택적 식각 유도를 이용한 유리의 3차원 자유 형상 가공

김성일[1*], 김정태[2], 구치완[2], 정연호[2], 최지연[1]. [1] *한국기계연구원*, [2] *한밭대학교*

재료의 무의존성과 비접촉식 가공의 장점을 갖는 레이저 가공 기술은 다양한 제조 산업 분야에서 공정 효율 증대에 크게 기여하고 있다. 특히 반도체 소자 및 디스플레이 제조에 적용되기 시작한 극초단 레이저 기반의 3차원 유리 미세가공 기술은 투명 재료 내부에 고밀도로 집속된 레이저 빔의 초점부 주변에서 유도되는 비선형 흡수 기작을 원리로 유리 내부에 수 마이크로 스케일의 직접 묘화(direct writing)가 가능하여 절단, 천공, 패터닝 등에 국한되었던 기존 나노초 레이저의 2차원적 가공 한계를 극복하고 새로운 응용 분야를 창출할 수 있는 첨단 기술로 각광 받고 있다. 이를 응용한 공정으로 유리 내부에 국부적인 개질을 통해 식각의 선택성(etching selectivity)을 증가 시키는 레이저 유도 선택적 식각 기법이 있으며 레이저 어블레이션 직접 가공 대비 향상된 가공면의 조도와 내부 균열이 없는 15:1 이상의 고 종횡비 가공이 가능해진다. 따라서 취성 재료의 미세 가공이 요구되는 MEMS, 광학, 의료 등 다양한 분야의 고정밀 마이크로 소자 제작에 적용 가능하며 기존 접촉식 기계 가공, MEMS 공정과는 달리 재료에 물리적 충격과 마스킹 과정이 없어 잔류 응력이 존재하지 않아 3차원 부품 제작 시 우수한 기계적 강도를 얻을 수 있다. 또한 유리 이외의 습식 식각이 가능한 투명 재료에도 터널링, 언더컷 등 다양한 자유 형상 가공을 적용 할 수 있다. 결론적으로 본 발표에서는 유리의 3차원 가공을 위한 2단계의 레이저 유도에 따른 선택적 식각 공정을 소개하고 본 하이브리드 공정을 적용한 고 종횡비 홀, 제트 노즐, 미세유체장치 등 다양한 유리 가공 결과를 제시한다.

G6-15 Assessing Topological and Energetical Contributions to Compositional Screening of Ternary Ge-Sb-Se Glasses for Use as

Molded Lenses

이준호*, 최용규. *한국항공대학교*

원적외선 대역에서 작동하는 열화상 카메라에 대한 수요가 최근 민수분야로 급격히 확장됨에 따라 해당 카메라 모듈의 소형화와 더불어 생산성이 매우 중요해지고 있다. 원적외선 대역을 투과할 수 있는 광학소재 중에서 칼코지나이드 유리는 몰딩 공정을 적용하여 렌즈로 제작할 수 있고 결정질 소재에 비하여 조성제어가 용이하기 때문에 민수용 열화상 카메라에 필요한 핵심소재로 간주된다.

삼성분계 Ge-Sb-Se 유리는 원적외선 대역에서 투명하고 열적/기계적 안정성이 우수하여 많은 관심을 받고 있으며, Ge 과잉 조성영역이 몰드성형 렌즈 제작에 보다 적합한 것으로 인식되고 있다. 본 연구에서는 Ge-Sb-Se 유리의 기계적, 광학적, 열적 물성에 대한 측정결과를 바탕으로 원적외선 대역 렌즈 응용에 적합한 조성범위를 탐색하였고, 몰딩 공정에 해당되는 열간 소성변형 특성의 조성 의존성을 유리구조의 토폴로지 측면과 결합 에너지 측면에서 평가하였다.

G6-16 EXAFS Spectroscopic Analysis of Ge-Sb-S-Se Glasses for Use in Infrared Imaging

적외선 대역 결상 광학계용 Ge-Sb-S-Se 유리의 EXAFS 분광 분석

신상열[1*], 이준호[1], Hirokazu Masai[2], Toshiaki Ina[3], 최용규[1]. *[1]한국항공대학교, [2]National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, [3]Japan Synchrotron Radiation Research Institute*

삼성분계 Ge-Sb-Se 조성의 칼코지나이드 유리는 열적/기계적 안정성이 우수하여 원적외선 대역의 결상 광학계용 렌즈 소재로 사용되고 있다. 한편, 해당 셀레나이드 유리는 원적외선 대역에서 저분산 특성을 가지므로, 고품위 광학계 설계 시 광학 수차를 최소화하기 위하여 고분산 특성을 가지는 유리가 필요하다. Se 함량의 일부를 S 성분으로 대체한 사성분계 Ge-Sb-S-Se 조성의 설퍼-셀레나이드 유리의 경우, S/Se 비율을 조절하여 고분산 특성을 부여할 수 있고 나아가 Abbe number를 능동적으로 제어할 수 있다.

Ge-Sb-S-Se 유리에서 적외선 투과 렌즈 적용에 적합한 조성은 화학양론비 기준 칼코진 원소 부족 영역에 위치하는데, 이러한 조성의 유리 구조에 대한 체계적인 연구가 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 [Se] + [S] = 60 at%를 만족하는 다수의 Ge-Sb-S-Se 조성을 대상으로 EXAFS 분광 분석을 실시하였다.

조성변화에 대한 각 성분의 배위수와 각 화학 결합의 상대적인 비율을 조사하였으며, 특히 동종 결합과 이종 결합의 비율 변화와 더불어 Ge 원자와 Sb 원자의 특정 칼코진 원소에 대한 선호도 여부를 파악하였다.

G6-17 Effect of Alkali and Alkaline Earth Metal Oxides on the Properties of Chemically Strengthened Sodium Alumino-silicate Glasses

알칼리 및 알칼리토금속 첨가 비율에 따른 Sodium Alumino-silicate Glasses의 화학강화 유리 물성

박경대[1*], 한가람[1], 최용규[2], 정운진[1]. *[1]공주대학교, [2]한국항공대학교*

화학 강화 유리는 Sodium Alumino-silicate (SAS) 유리를 유리의 서냉 온도 이하에서 KNO_3 염 용융 액에 침지하여 유리 내 Na^+ 이온과 용융액 내의 알칼리 이온 간의 교환을 통해 표면 압축응력이 형성된 유리이다. 기존 열 강화 대비 낮은 두께에서의 강화가 가능한 동시에 우수한 압축응력으로, 디스플레이 및 이동통신 기기 뿐만 아니라 최근 자동차 등 다양한 분야로 그 응용분야를 확대하고 있다. 일반적으로 화학강화 물성은 SAS 조성 내 유리 조성 및 알칼리 이온에 의존하게 되며, 특히 이온교환을 위한 상호확산이 핵심 요소이다.

본 연구에서는 SAS 유리내 알칼리 및 알칼리토금속 첨가에 따른 유리내 구조적 변화 및 강화 물성 변화를 평가하였다. 동일한 열 처리 조건의 화학 강화 후 Surface Stress Meter (FSM - 6000LE) 를 사용하여 조성 변화에 따른 CS (Compressive Stress) 및 DOL (Depth of Layer) 등 화학강화 특성을 확인하였다. 유리 내 구조적 변화를 확인하기 위해 라만 분광 법(Raman Spectroscopy) 및 밀도(Density) 분석을 사용하여 조성 변화 및 화학강화 시 구조적 변화 분석을 실시하였다. 전자 빔 미세분석(Electron Probe Micro Analyzer) 을 통해 동일한 깊이에서의 교환된 K^+ 농도를 얻었으며, 상호 확산 계수는 Boltzmann - Matano Equaion 을 이용하여 계산하였다.

G6-18 Effect of Particle Morphology of Aluminum Oxide Powder in Slurry on the Chemical Strengthening Properties of Thin Sheet Glass Strengthened by Spray Method

슬러리 중의 Aluminum oxide 분말 지지체의 입자 형상에 따라 스프레이 공법에 의해 강화된 박판유리의 화학적 강화 특성

임현태[1,2*], 김선욱[1], 김진호[1], 이순일[2], 황종희[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]창원대학교*

최근 들어 강화유리를 제조하기 위해서, 이온교환을 이용한 화학 강화법으로 스프레이 공정이 제안되고 있다. 이에 따른 칼륨용융염이 함유된 새로운 슬러리 제조가 필요하게 되었다. 지난 연구에서 KNO_3용액과 입자크기가 다른 α-Al_2O_3 분말을 이용한 슬러리를 제조하여 스프레이 공정으로 화학 강화한 결과, 강화한 시편의 압축응력(CS)은 836 MPa, 강화 깊이(DOL)는 37 μm로 현재 상용되는 dipping 법으로 강화된 강화유리와 유사한 강화특성을 나타내었다. 본 연구에서는 강화특성 향상 및 지지체 분말의 입자 형상에 대한 최적화를 위하여 입자의 형상이 다른 Aluminum oxide 분말을 이용한 슬러리를 제조하여 스프레이 공법으로 고릴라 유리를 강화 후 그 특성을 평가 하였다. 또한, 산화물 입자의 크기 및 형상이 강화특성에 미치는 영향에 대해서 비교 분석하였다.

G7-1 Study on the Chemical Interface Reaction between Molten Mn-teel and Refactories

Mn계 용강에 대한 내화물의 화학적 계면 반응 거동 연구

변윤기*, 권오성. *포스코 기술연구원*

일반적으로 사용되는 염기성계 내화물로서 MgO 또는 MgO-C을 사용하고 있으며, 이는 고염기성 슬래그에 대한 내침식성능이 우수하고 내화도가 뛰어난 성질을 가지고 있다. 하지만 Mn계 용강과 슬래그에 대한 내침식성능이 일반 탄소강의 용강에 대비하여 매우 열위하고 Mn 또는 MnO슬래그에 대한 화학적 반응으로 인해 쉽게 열화가 되는 특징을 가진다. 이에 본연구에서는 Mn계 용강에 대한 내침식성능을 향상시키기 위해서 스피넬($MgAl_2O_4$)계 내화물과 Mn계 용강 및 슬래그에 대한 내침식시험을 수행하였으며, 이를 위해서 induction furnace를 활용하여 내화물/용강/슬래그 3상 계면 반응에 대한 연구를 수행하였다. 그 결과 내화물과 Mn용강 및 슬래그에서 기인하는 Mn^{2+} 이온이 내화물 내부로 확산침투하는 것으로 확인할 수 있었으며, MgO-MnO 계에서의 Mn^{2+}가 전율고용체로 확산하여 내화물 구조를 열화시키는 반면, $MgAl_2O_4$-MnO계에서는 Mn^{2+}이온의 확산침투가 한정적이고 특정 농도에서 더이상 침투하지 않는 passivation layer 형성하는 것을 확인할 수 있었다.

G7-2 Coupled Phase Diagram Experiment and Development of Thermodynamic Database of the Li_2O-ZnO-ZrO_2 System

Li_2O-ZnO 계 상태도 실험 및 Li_2O-ZnO-ZrO_2계 열역학 데이터베이스 개발과 그 응용

천정민[1*], 이재성[1], 권선용[2], 정인호[1]. [1]*서울대학교*, [2]*McGill University*

Lithia (Li_2O)를 포함하는 산화물계 상평형도는 유리 제조, 엔지니어링 세라믹, 고체 전해질 및 연료 전지 설계에 중요하다. 또한 ZnO도 유리 및 고출력 전자, UV-emitter, 압전 소자, 가스 센싱 및 태양 전지 분야에 응용될 수 있는 주요한 물질이다. 하지만 이원계 Li_2O-ZnO 및 삼원계 Li_2O-ZnO-ZrO_2 시스템에 대한 상평형에 대해서는 아직 잘 알려져 있지 않다. 특히 유리 등을 제조할 때 ZrO_2 내화물을 많이 사용하므로 본 삼원계의 상태도 및 열역학 정보는 유리 제조 시 ZrO_2 내화물 용손을 이해하기 위해서 중요하다.

본 연구에서는 이원계 Li_2O-ZnO 계 상태도를 DSC 및 classical equilibration/quenching 방법을 이용해서 실험적으로 구명하였다. 특히 Li_2O 등이 고온에서 증발하거나 쉽게 오염되는 것을 방지하기 위해서 sealed Pt capsule을 이용하였다. 이러한 실험과 기존 문헌의 실험 결과들을 종합하여 CALPHAD 열역학 모델링 방법을 통해서 이원계 Li_2O-ZnO 및 삼원계 Li_2O-ZnO-ZrO_2 시스템에 대한 열역학 데이터베이스를 구축하였다. 이를 통해서 다양한 온도 및 환경하에서 Li_2O 및 ZnO에 의한 ZrO_2 내화물의 용손을 계산할 수 있게 되었다.

G7-3 Formation of Fe Contained Spinel Layer between $MgAl_2O_4$ Spinel Single Crystal and MgO Saturated Slag at 1823 K

1823 K에서 $MgAl_2O_4$ 단결정과 MgO 포화슬래그 계면에서의 함 Fe spinel 층 형성에 관한 열역학적 연구

윤철민*, 민동준. *연세대학교*

최근 제강 공정에서 내화재의 장수명화를 목적으로 spinel계 원료를 이용한 내화물 설계가 제안되고 있다. 이러한 spinel계 내화물은 좋은 기계적 특성을 기반으로 하여 높은 내침식성을 가지고 있다. 하지만 이러한 spinel계 내화재의 우수한 성능과 산업적 적용 가능성에도 불구하고, $MgAl_2O_4$ spinel의 높은 고용도를 고려한 슬래그와의 화학반응에 관한 열역학적 기초연구는 충분하지 못한 실정이다.

본 연구에서는 1823 K에서 슬래그 내 초기 FeO함량에 따른 슬래그와 $MgAl_2O_4$, MgO 각 산화물의 계면에서의 용해 거동을 관찰하였다. 두 계면에서 슬래그의 MgO포화 조성을 만족하기 위해 용해 반응이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이후 X-ray fluorescence 와 electron probe micro-analysis를 이용해 분석을 진행하였으며, 또한 Fe^{2+}/Fe^{3+} 적정 분석을 통해 계면 반응에 미치는 슬래그 중 Fe의 redox equilibrium을 평가 하였다.

함 FeO 슬래그와의 용해 반응을 통해 $MgAl_2O_4$ spinel 고상과의 계면에서 치밀한 Fe-spinel 층이 생성되는 것을 발견하였다. 또한, 슬래그 내 Fe^{3+}이온의 분율이 증가함에 따라 형성되는 Fe-spinel 고상에서의 Fe 분율이 증가하며, 슬래그와 Fe-spinel 층의 Fe^{3+}/Al^{3+} 비가 일치하고 있음을 확인할 수 있었다. 결론적으로, 함 FeO 슬래그와 $MgAl_2O_4$ 계면에서 생성되는 Fe-spinel 층은 이러한 Fe redox equilibrium에 의해 지배되는 것을 확인 할 수 있었으며, 이를 통해 $MgAl_2O_4$와 함 FeO 슬래그에서의 용해 메커니즘을 규명할 수 있었다.

G7-4 A Study on the Effect of Metallic Catalysts on the Formation of Carbon Nano Structure in Refractories

내화물 내 금속 촉매제를 활용한 카본 구조체 형성에 관한 기초 연구

김민석*, 김유나, 최도문, 이상암, 정재일. *조선내화(주)*

카본은 내화물 내에서 슬래그(slag)에 대한 내침윤성을 향상시킴과 동시에 구조체의 탄성률을 저하시킴으로써 내열충격 특성을 향상시키는 역할을 한다. 한편, 이를 과량으로 적용하였을 때, 높은 열전도율에 의한 내화물의 열량손실과 더불어, 화학적으로는 용강 내 용해되어 강 품질을 저하시키는 문제점을 갖고 있다. 따라서, 내화물 내에 최소한의 카본을 적용하면서, 최대한의 비표면적을 발현시키는 카본 나노 구조체의 형성에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 본 연구에서는 여러 가지 종류의 금속 촉매가 함유된 열경화성 레진을 적용함에 따른 나노 침상 구조체 형성 변화에 대하여 고찰하였다. 합성의 방법으로서는 촉매 흑연화법을 활용하여 나노구조체의 결정구조를 형성시켰으며, 레진의 종류와 촉매 함량, 그리고 열처리 온도에 따른 여러 가지 양상을 관찰하였다.

G7-5 A Study on the Effect of the Application of Aluminum-Based Additive on the Setting Phenomena of Silica Sol Bonded Refractory Castables

알루미늄계 첨가제 첨가에 따른 실리카졸 결합 캐스타블의 경시변화에 관한 연구

유대홍*, 이동석, 이상암, 정재일. *조선내화㈜*

일반적으로, 알루미나 시멘트계 내화 캐스타블은 건조과정에서 폭열 발생이나, 고온의 조건에서 CaO를 함유한 저융물 생성과 같은 문제점을 내포하고 있다. 이를 극복하기 위해서 최근에는 실리카졸 결합을 활용한 새로운 개념의 내화 캐스타블의 연구가 활발히 진행되고 있다. 실리카졸 본드를 형성시키기 위해서 pH변화, 경화제 첨가 및 건조방법의 개선과 같은 다양한 노력들이 진행되어지고 있다. 본 연구에서는 실리카졸 본드계 캐스타블내에 알루미늄계 첨가제 적용에 따른 경시 변화에 관한 결과를 소개하고자 한다. 상대적 평가로써, CaO계와 MgO계 첨가제를 적용하였을 때 전기전도도, 경화시간 및 보관성의 양상을 체계적으로 고찰하였으며, 전자의 경우는 경화가 급격히 진행되고, 후자의 경우는 경화가 상대적으로 천천히 진행되는 효과를 확인할 수 있었다. 한편, 알루미늄계 첨가제의 적용 시 우수한 보관성을 발현하였으며, 무엇보다 경시변화에 의한 제품의 열화 현상을 최소화 할 수 있는 효과를 나타내었다.

G7-6 Synthesis of Magnesium Oxide (MgO) based Insulation Coating Powder by Co-precipitation

공침합성법을 이용한 마그네시아(MgO) 기반 절연 코팅용 분말 합성

김봉구[1*], 최현희[1], 손정훈[1], 변윤기[2], 권민석[2], 정연길[1]. [1]*창원대학교*, [2]*포스코 기술연구원*

마그네시아(MgO) 소재는 절연 특성과 높은 열전도 특성으로 인해서 현재 반도체, 금속 등의 절연 코팅층 형성을 위한 코팅재로 사용되고 있다. 하지만, 마그네시아는 상대적으로 규산염(SiO_2) 혹은 알루미나(Al_2O_3)에 비해 높은 흡습성, 표면 얼룩 및 산화에 의한 변색과 같은 표면 결함으로 인해 절연 품질이 취약한 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 개선시키기 위하여 본 연구에서는 마그네시아에 다양한 원소(Mn, Co, Ni, 등)들을 고용시켜 새로운 2성분계 및 3성분계 분말을 공침합성법으로 제조하였으며, 공침합성법을 위한 마그네시아 및 첨가 원소들의 출발물질로 Chloride계 전구체를 사용하였다. 공침합성법에 있어서 분말의 특성(크기, 형상, 결정상 등)을 첨가 원소의 종류 및 함량, 슬러리 pH, 촉매 종류에 따라 평가하였으며, 코팅층의 미세구조 및 확산 거동을 고찰하였다. 이를 통해 기존 대비 특성이 개선된 마그네시아 기반 절연 코팅층 형성을 위한 최적 분말 조성 및 공정변수를 도출하였다.

G7-7 Development and its Application of a Seawater MgO Raw Material Substituting for a Natural Dead-burned Magnesia

천연산 대체 해수 합성 MgO 원료의 개발 및 적용

임윤탁*. *(주)포스코켐텍*

최근 들어 중국 내 환경규제 강화에 따른 내화물 원료의 수급이 지속적으로 어려워지고, 가격이 상승하여 국내외 내화물 업체들의 부담이 증가되고 있는 추세이다. POSCO Chemical은 현재 해수(seawater)를 이용한 MgO clinker 제조기술을 확보하고 있으며, 최근 중국 원료 파동의 영향에 대비하여 천연산 대체 MgO계 내화재 원료 개발과 적용을 추진 중이다. 본 연구에서는 천연산 소성 MgO 원료 중 부정형 내화물 원료로 사용되는 저급(MgO 90%≤) 원료를 대체하기 위한 해수 MgO Clinker 개발과 내화물 적용결과에 대해 보고한다.

G7-8 Repairing and Protective Paste of Carbon Crucible for Recycling Tungsten Carbide

폐초경합금 재생용 흑연도가니 수리 및 손상 방지 페이스트 개발

김재원*. *(주)포스코켐텍*

일반적으로, 폐초경 합금 스크랩 재생 기술은 아연 용융법, 산처리법, 고온 열처리법 및 고속 분쇄법 등이 알려져 있다. 이 기술들 중 아연 용융법은 아연을 폐초경 합금 스크랩과 함께 흑연도가니에 장입 후 단단히 밀폐시켜 전기로 내부에 질소(N_2) 가스(Gas)를 지속적으로 취입하며 비산화 분위기 소성을 실시한다. 그리고, 냉각이 완료 된 폐초경 합금 스크랩을 수거 및 분쇄하여 재생 된 고순도의 초경 합금 분말을 얻는다. 전기로 소성 시 비산화 분위기로 소성을 실시하는 이유는 폐초경 합금 스크랩과 아연의 복합 소성 중 불순물 혹은 산소와의 반응을 억제하여 순도가 높은 재생 된 초경 합금 분말을 얻기 위해서이다. 그리고 비산화 분위기 소성 시 흑연도가니를 사용하는 이유는 흑연의 고유 특성인 용융 된 금속 혹은 무기물 액상에 대한 젖음성(Wettability)이 아주 낮아 소성 중 액화 된 아연의 침투 및 폐초경 합금 스크랩과의 상호 반응에 의한 오염을 감소시켜주고, 소성 후 폐초경 합금 스크랩 수거 시 흑연도가니로부터 원활한 탈착을 도와준다. 하지만, 일부 흑연도가니 내부로 침투한 액화 아연으로 인해 폐초경 합금 스크랩 수거 시 흑연도가니와의 동반 탈락과 액화 아연과의 반응 후 급속도로 팽창 된 폐초경 합금 스크랩으로 인해 흑연도가니에 인장 응력이 가해져 결국 흑연도가니의 균열 및 파괴 손상이 발생되었다. 따라서, 이러한 문제를 해결코자 흑연도가니 수리 및 손상 방지 페이스트(Paste)를 개발하였고, 현장 적용 결과 높은 빈도의 돌발성 조업 중지 문제, 고가의 흑연도가니 사용으로 인한 생산품 원가 상승 문제, 그리고 재생 폐초경 합금 분말의 생산성 저하와 같은 문제를 해결할 수 있어서 본 개발 내용을 소개 한다.

G7-9 Nozzle Clogging Mechanism in Terms of Interfacial Reaction between Ti-ULC Steel and Refractory in Continuous Casting

Ti 첨가강 연속 주조 시 용강/내화물 계면 반응 관점에서의 노즐 막힘 기구

이주혁[1*], 김성광[2], 강명훈[2], 김장훈[2], 김민수[3], 강윤배[1]. *[1]포항공과대학교, [2]POSCO, [3]한국생산기술연구원*

Nozzle clogging mechanism of Ti-ULC steel is uncertain compared with that of Ti-free grades. Nozzle clogging of the Ti-free steel casting is serious, and most of the clogging material is composed of alumina inclusions. On the other hand, in case of Ti-ULC steel casting, nozzle clogging is much serious, and the clog deposit is mainly frozen steel containing inclusions. From observations of used nozzle in POSCO Gwangyang, complex oxide mainly composed of calcium aluminate with limited amount of TiO_x was identified in the vicinity of inner wall contacting with steel after Ti-ULC steel casting. It should be noted that the complex oxide was adhered with frozen steel on the periphery of nozzle outports, but inclusions in frozen steel consisted of mainly alumina. The presence of TiO_x containing phase in the clog deposit indicates that there must be a source of Ti oxidation. The present authors recently proposed that CO gas generated by a carbothermic reaction of nozzle constituents might be detrimental to the nozzle clogging. The CO gas oxidizes the Ti-ULC steel at the interface between the steel and the nozzle, and forms Fe_xO-Al_2O_3-TiO_x liquid oxide temporarily. The liquid oxide might be act as a binder between frozen steel and refractory due to its wettable characteristics both steel and refractory. Several analyzed results of the used nozzle refractory as well as specimens prepared in the present authors' laboratory are reported, and a likely mechanism for the nozzle clogging of Ti-ULC steel are discussed.

G7-10 Improvement of Strength in Ceramic Mold and Core through Dual Polymers in 3D Printing-based Process

3D 프린팅 공정에서 이중 폴리머 적용을 통한 세라믹 주형 및 중자의 강도 향상

최현희*, 김봉구, 김은희, 정연길. *창원대학교*

본 연구에서는 3D 프린팅 기법과 이중 폴리머를 적용한 유기·무기 바인더 전환공정을 결합한 새로운 공정을 제시한다. 화학적 성질이 다른 두 가지 폴리머를 적용하여 무기 바인더의 함침 양 및 코팅 효율을 증가시켜 강도특성을 향상시켰다. 이를 위해, 출발분말과 비수계 및 수계 폴리머를 혼합하여 슬러리를 제조하여 3D 프린터로 성형체를 제조하였으며, 60°C 물에 5분 동안 담근 후 수계 폴리머를 제거하여 무기 바인더가 코팅될 공간을 확보하였다. 수계 폴리머를 제거한 시험편은 tetraethyl orthosilicate (TEOS, SiO_2 전구체)와 sodium methoxide (NaOMe, Na_2O 전구체)으로 구성된 무기 바인더 전구체 용액에 침지시킨 후, 80°C에서 1 h 건조하였으며, 유기·무기 바인더 전환공정을 위해 1000°C에서 1 h 열처리하였다. 이중 폴리머 적용을 통해 열처리 시 유리질로 전환되는 무기 바인더의 함침 양이 증가되었으며, 우수한 강도특성을 발현하였다. 본 연구를 통해 3D 프린팅 공정에 이중 폴리머를 이용한 유기·무기 바인더 전환공정의 적용함으로써 우수한 강도특성을 갖는 세라믹 주형 및 중자의 제조의 가능성을 확인할 수 있었다.

G7-11 Improvement of Mechanical Properties of Ceramic Core through Composite Starting Materials in 3D Printing Process

3D 프린팅 공정에서 복합 출발물질의 적용을 통한 세라믹 코어의 기계적 특성 향상

박혜영*, 조근호, 김은희, 정연길. *창원대학교*

최근 3D 프린팅 공정과 유기·무기 바인더 전환공정을 결합한 새로운 세라믹 코어 제작공정이 제안되었으나 출발입자의 입도가 큰 경우, 성형밀도 저하 및 무기 바인더 함침 양 감소로 인해 충분한 강도특성이 발현되지 못하였다. 따라서, 본 연구에서는 뮬라이트 비드(평균입도: 250 um)에 상대적으로 입도가 작은 뮬라이트 분말(평균입도: 16 um) 및 지르콘 플라워(평균입도: 43 um)를 혼합하여 출발분말로 적용하였으며, 이를 통해 강도특성(성형강도 및 소성강도)을 향상시키고자 하였다. 또한 무기 바인더가 코팅될 공간을 확보하기 위해(무기 바인더 함침 양의 증가를 위해) 분자량의 차이가 큰 두 가지의 poly vinyl alcohol (PVA) 수용액을 혼합하여 3D 프린터

로 시험편을 제작하였으며, 제작된 성형체에서 저 분자량의 PVA를 250°C에서 4시간 열처리를 통해 제거하였다. 1차 열처리된 시험편은 규산염과 금속 알콕사이드로 구성된 무기 바인더 전구체에 침지한 후 1000°C에서 열처리를 통해 소성강도를 발현시켰다. 출발분말의 복합화를 통한 성형밀도 증가(기공 감소) 및 성형강도 향상과 유리질로 전환되는 무기 바인더의 증가(함침된 무기 바인더 양의 증가)로 소성강도를 향상시켰다. 본 연구를 통해 3D 프린팅 공정으로 우수한 강도특성을 갖는 세라믹 코어 제조에 있어서 출발분말의 복합화와 유기·무기 바인더 전환공정 적용의 유효성을 확인할 수 있었다.

G7-12 Study on Activation Method of Fly Ash and Field Application of EMM

플라이 애쉬의 활성화 기법 및 활성분체의 현장적용에 관한 연구

서성관*, 추용식, 김유. *한국세라믹기술원*

국내 석탄회 발생량은 835만톤/년 수준이며, 약 80%가 플라이애쉬(684만톤), 20%는 바텀애쉬(151만톤)라고 보고되고 있다. 일반적으로 플라이애쉬는 콘크리트 혼합재, 시멘트 부원료 등으로 사용되며, 바텀애쉬는 성토재 등으로 사용되고 있다. 하지만 대부분의 바텀애쉬 및 일부 플라이 애쉬는 재활용되지 못하고 있는 실정으로써, 매립량이 점차 증가하고 있는 추세이다. 따라서 재활용되지 못한 석탄회의 처리문제가 더욱 가시화될 전망이다.

한편 국내 모르타르·콘크리트 공장에서는 플라이 애쉬를 단순 혼합·사용하고 있으며, 분쇄 후 사용하는 경우는 거의 전무한 형편이다. 그러나 미국 및 일부 선진국 등에서는 진동밀 등을 사용하여 애쉬를 분쇄 후 사용하고 있다. 아울러 분쇄 후 사용하는 분체를 EMM (Energetically Modified Material)이라고 언급하고 있으며, 분체 종류에 따라 EFA (Energetically Modified Fly ash), EMC (Energetically Modified Cement) 라고도 명명하고 있다.

본 연구에서는 국내 N社 화력발전소에서 발생한 플라이 애쉬를 입수하여 최적 활성화 기법을 도출하였다. 진동밀 분쇄 메디아의 크기 및 충전율을 각각 10 mm, 70%로 제어한 후 60분간 분쇄할 경우 플라이 애쉬 활성화 효율이 가장 우수하게 나타났다. 아울러 한국세라믹기술원에서 구축한 Pilot plant 규모의 활성화 시스템을 이용하여 EMF, EMC를 제조하였다. 제조된 활성분체를 사용하여 모르타르, 콘크리트 및 특수 제품 생산 현장에 적용하였으며 특성을 평가하였다.

G7-13 A Study on Physical Properties of Inorganic Thermal Insulation Material using Hydrothermal Synthesis

수열합성법을 이용한 무기단열소재의 물리적 특성에 관한 연구

김태연*, 추용식. *한국세라믹기술원*

단열재 시장에서 유기계 단열재의 비중은 70% 차지하고 있으며, 유기계 단열재가 시공된 건축물의 화재 발생 시 빠른 화재 확산 및 유독 가스 생성 등에 의해 재산 및 인명피해가 증가하고 있는 추세이다. 따라서 국민 안전 및 재산보호를 위한 정부 규제 강화와 사회적 인식변화로 무기계 단열재 사용 빈도가 점차 증가하고 있다. 본 연구에서 발명된 미네랄 하이드레이트는 고온·고압의 증기양생 조건에서 시멘트, 생석회, 석고 및 규석 등의 원료를 사용하여 수열합성법으로 제조된 무기계 단열소재이다. 이때 분말원료 및 발포제 사용 조건을 제어하여 균일한 거대기공 구조를 갖는 다공성 소재로 제조하며, 기존 단열재(ALC 제외)와 열전도율이 유사하고 일정강도를 발현할 수 있는 소재이다. 이는 미네랄 하이드레이트의 기공량을 극대화(기공률 90% 이상)하고, 고체부분을 최소화하는 방법을 도입한 것이다. 미네랄 하이드레이트 단열소재는 기존 유·무기 단열재의 단점을 극복하고, 장점들을 결합한 새로운 개념의 무기 단열재라 할 수 있다. 향후 미네랄 하이드레이트 단열소재는 단열재 시장에 큰 비중을 차지할 것으로 예측된다.

G7-14 Analysis of Specific Surface Area and Pore Characteristics of Bottom Ash Aggregate by Nitrogen Gas Adsorption Method

질소 가스 흡착법에 의한 바텀애시 골재의 비표면적과 기공 특성 분석

이재승[1]*, 이원준[2], 이진민[1], 이승헌[1]. [1]*군산대학교*, [2]*가천대학교*

바텀애시 골재는 석탄화력발전소에서 발생되는 부산물 중 보일러 하부로 낙하되는 회를 이용하여 제조한 골재로써 다공성 골재로 알려져 있다. 본 연구에서는 바텀애시 골재를 입도 크기에 따라 0.15 mm 이하, 0.15~0.6 mm, 0.6~1.2 mm, 1.2~2.5 mm, 2.5~5 mm 총 5종으로 분류하였으며, 기공 분석에 널리 이용되고 있는 가스 흡착법을 활용한 BET 비표면적 분석 장비를 사용하여 비표면적 및 기공 특성을 분석하였다.

G7-15 The Mechanism of the Cement Hydration Acceleration of C-S-H hardening acceleration with Nano Particle

C-S-H계 나노입자 함유 조강제의 시멘트 수화 촉진 메커니즘

정용*, 유동우, 이승헌. *군산대학교*

시멘트의 초기 수화 반응을 촉진시키는 응결·경화 촉진제는 고로슬래그나 플라이애시와 같은 혼화재의 초기강도 저하 문제를 개선하고 겨울철의 낮은 기온에서도 콘크리트 타설을 가능하게 한다는 장점이 있어, 현재 여러 가지 응결·경화 촉진제가 사용되고 있다. 그러나, 기존에 사용되고 있는 응결·경화 촉진제들은 한계점이 있다. 그 예로, 초기강도는 증가하나 장기강도가 억제되는 경우, 첨가량에 비해 효과가 적은 경우, 염분이 혼합되는 경우 등이 있다. 이러한 한계점들을 극복하기 위하여, 합성 C-S-H를 시멘트 수화 반응 촉진제로 사용하는 것이 현재 여러 방면으로 연구되고 있다. 본 연구에서는, 액상 반응법으로 제조한 C-S-H계 나노 입자 함유 조강제의 제조 방법에 대해 고찰하였고, 제조한 액상 조강제의 수화 촉진 효과를 평가하였다.

G7-16 Preparation and Hydration Characteristics of Hauyne-belite Cement

Hauyne-belite cement의 제조 및 수화반응 특성

전세훈*, 이웅걸, 김경남, 송명신. *강원대학교*

세계는 지구온난화 및 환경문제의 심각성을 인식함에 따라 CO_2 배출량을 감소시키기 위해 노력을 기울이고 있다. 특히 시멘트 생산은 1450°C의 높은 열량을 필요로 하며 석회석의 탈탄산화 반응으로 인해 엄청난 양의 CO_2를 배출하여 배출량의 약 7%를 차지하고 있는 실정이다. 시멘트 산업은 다양한 방법을 통해 CO_2를 저감하기 위해 노력하고 있다. 하지만 산업부산물의 재활용하는 방향으로 기울이고 있다. 이러한 방안은 많은 노력을 통해 다양한 기술이 개발되어졌으나 그 한계 있는 것으로 판단된다. 이로 인해 본 연구에서는 CO_2 배출을 감소시키고 에너지 절감을 할 수 있는 방법으로 hauyne-belite cement를 개발하였고 소성한 클링커를 분석하였고 수화반응에대해 연구하였다. 그 결과 hauyne의 함량이 강도 기여를 많이 하는 것으로 판단되고 장기적인 연구가 필요할 듯 하다.

G7-17 Hydration Properties and Ion Leaching of Circulating Fluidized Bed Boiler Ash

순환유동층상 보일러 석탄회의 이온 용출에 따른 경화 특성

이웅걸*, 전세훈, 송명신, 김경남. *강원대학교*

최근 화력발전소는 친환경적 순환유동층상 연소 방식을 이용하고 있는 추세이며 일본, 스페인, 오스트리아 등 해외 여러 나라에서 약 600기 이상 가동 중이며 전세계적으로 석탄회의 발생이 증가하는 추세이다. 기존의 미분탄 석탄회와 다르게 f-CaO와 SO_3 함량 높아 이를 콘크리트에 적용 할 경우, 응결 현상 및 슬럼프, 내구성 저하와 같은 문제가 발생하고, 콘크리트의 평창 및 균열의 문제를 발생하여 물성 저하의 원인이 된다. 현재 여러 분야에서 순환유동층상 보일러 석탄회를 사용하기 위한 연구가 이루어지고 있으며, 2016년 2월 순환유동층상 보일러 석탄회를 사용 할 수 있도록 KS가 개정되었다. 하지만 순환유동층상 보일러 석탄회를 단독을 사용은 불가하며 미분탄 석탄회와 혼합하여 사용해야하고, 콘크리트에 사용하기에는 많은 제약이 따른다. 따라서 본 연구에서는 양생 조건에 따른 재령별 이온 용출 및 수화물을 확인하여 순환유동층상 보일러 석탄회의 경화 특성을 확인하였다.

G7-18 Mortar-backbone Construction via Material Extrusion Additive Manufacturing

압출식 적층제조 기술을 이용한 모르타르 수직구조물 시공

최한신[1*], 박진수[1], 김경택[1], 이호재[2]. *[1]한국생산기술연구원, [2]한국건설기술연구원*

Construction industry belongs to regulation-based industries. It means that qualification, certification, and regulatory basis affect industrial adoption of new technology. Nevertheless, additive manufacturing technology is emerging in construction industry and it will reshape architectures themselves and supply-chains as same with other industries. Construction-scale additive manufacturing technology has been extensively explored thank to room-temperature consolidation of cementitious materials and layer-wise building of 3D parts. Among various technologies, material extrusion AM with mortar feedstock and overhead gantry machine is a main process for building 3D backbone structures. As a feasibility assessment stage, this study introduces a overhead gantry system with screw-type extruder and experimental results. Home-defined models are translated into 2D patterns and 3D parts. From the results, extrudability, shape formation ability, bondability, and buildability are derived to assess feedstock materials and processing ability. In addition, overlaying mode definition, adaptable extrusion, in-situ process monitoring, defects-healing feedback process, and data management strategy are discussed from the viewpoint of building part healthiness management.

G7-19 Optimization of Binder Addition for Initial Curing of Granules in AM

적층제조용 과립분말 초기경화를 위한 바인더 혼합비 최적화

전승엽[1*], 정보라[1], 김진우[1], 김태욱[1], 이희수[2], 김홍대[1]. *[1]한국생산기술연구원, [2]부산대학교*

바인더분사 방식의 3D프린팅용 시멘트 과립의 표면 거동을 확인하였다. 시멘트분말 과립화는 혼합편석을 방지하고 유동특성을 개선하며 분말을 다루기 쉬운 장점이 있다. 과립은 분무건조 방식을 사용하여 제조하였다. 분무건조 공정에서, 시멘트 슬러리는 약 50 μm의 좁은 입자 크기 분포를 갖는 과립 분말로 변형된다. 3D프린팅 적층 시 바인더 분사과정에서 과립분말의 초기경화를 알아보기 위해 물방울 관입 실험(water drop penetration time, WDPT)을 통해 표면 거동에 의한 침투 시간을 확인하였다. 표면 흡수 시간과 습윤결합제와 시멘트 과립 혼합물의 습윤겔 형성 특성과의 상관관계를 확인하였다. 과립의 최적 겔화를 위한 수분의 양은 습윤결합제 입자크기와 종류에 따라 결정되었다. 이후, 과립표면의 수분은 과립 내로 침투하여, 시멘트의 수화 및 습윤결합제의 건조에 의해 2차 가교를 형성한다. 2차 가교 형성으로 인한 결정변화를 XRD, FE-SEM 분석으로 확인하였다. 결과적으로 습윤성이 뛰어난 결합제 일수록 과립 내부의 수화로 초기 경화가 뛰어난 것을 확인하였다. 3D프린팅에서 초기 경화에 필요한 습윤결합제의 양과 분사최적조건을 확인하였고, 성형체 제조에 필요한 시간을 단축하였다.

G7-20 Possibility of Fine Dust Removal by Pore Structure of Hardened Body

경화체의 기공구조에 의한 미세먼지 제거 가능성 검토

이승헌*, 이원준, 이재승. *군산대학교*

미세먼지(PM 10)는 입자의 크기가 10 μm 이하인 먼지를 말한다. 1 mm^3 안에 100개가 들어갈 정도로 작은 먼지알갱이로, 크기가 너무 작아 눈에 보이지 않고 코나 기관지에서 걸러지지도 않는다. 입자의 크기가 2.5 μm 이하인 먼지를 초미세먼지(PM 2.5)라고 한다. 미세먼지의 발생원은 인위적 요인과 자연적 요인으로 나뉜다. 인위적 요인에는 고정발생원과 이동발생원이 있는데 고정발생원은 난방, 산업, 발전 등이 있으며 이동발생원은 자동차 매연 및 타이어 마모, 건설기계의 매연 등이 있다. 또한 공사장 비산먼지, 노천소각 등도 인위적 요인에 포함된다. 자연적 요인에는 안개, 화재, 황사, 화산폭발, 토양풍식 등이 있으며 기타 요인으로는 2차 반응에 의한 황산염 및 질산염의 생성이 있다. 대기오염 물질은 일단 배출되면 인위적으로 제거하는 과정이 용이하지 않을 뿐만 아니라 인체, 자연생태계 및 재산상에 다방면으로 피해를 주는 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 미세먼지 흡착에 유리한 경량골재의 기공 크기를 조절한 경량골재 Bar 제조하여 초미세먼지를 흡착하는 시멘트·콘크리트 경화체를 제조하고자 한다.

G7-21 Status of Cement Industry and Technology in North Korea

북한의 시멘트 산업과 기술의 현황

김원기*. *아세아시멘트*

북한의 비핵화와 경제 제재 해제가 타결될 경우, 낙후된 북한 지역의 SOC 투자가 최우선 과제로 떠오르고 있다.

SOC의 건설 뿐만 아니라 도시 개발을 위해서는 막대한 양의 시멘트가 필요하며 현재 북한의 시멘트 생산 능력을 감안한다면 상당량을 외부에서 조달할 수 밖에 없을 것으로 보인다. 남한 시멘트의 공급이나 적용을 위해서는 분단 이후 지금까지 북한 시멘트 산업의 현황과 기술 수준에 대한 조사와 파악, 상호 용어나 표준에 대한 이해가 필요한 실정이다.

현재 국내에서 얻을 수 있는 북한의 산업이나 기술에 대한 자료는 극히 적은 상황에서 각 기관의 조사 자료를 바탕으로 북한 시멘트 산업과 기술을 정리하였다.

G8-1 First-principles based Analyses on Sodium Solid Electrolyte $Na_{11}Sn_2PS_{12}$

나트륨 고체 전해질 $Na_{11}Sn_2PS_{12}$에 대한 제일원리기반 분석

오경배*. *서울대학교*

Very recent efforts to develop highly conductive solid electrolytes have successfully discovered a new sodium superionic conductor $Na_{11}Sn_2PS_{12}$ with the ionic conductivity over 1 mS/cm at room temperature. Interestingly, the new phase was reported almost concurrently by several groups with similar ionic conductivities. However, the claimed reasons for the superionic property and diffusion mechanisms of sodium ions are still controversial, including

the role of characteristic vacant sites and the diffusion paths. Moreover, the detailed chemical stability or compatibility with common electrode materials remain elusive, despite the experimental realization of the exceptionally high ionic conductivity from the material. Here, we present the detailed sodium diffusion mechanisms on this material based on the extensive first-principles investigations. The observed site occupancies and hopping rates of sodium ions demonstrate that superionic conductivity of $Na_{11}Sn_2PS_{12}$ originate from the isotropic nature of diffusion with abundant charge carriers in the equi-potential sites. The effects of various defects and substitutions are also analyzed to figure out important factors affecting the diffusion kinetics, such as sodium-ion vacancy/interstitial and Sn-site substitutions. Moreover, the intrinsic electrochemical stability and interfacial compatibility, which are crucial for practical application of solid electrolytes, are comprehensively examined.

G8-2 Electronic Band Structures of the Infinitely Adaptive Series $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$ by Using the Density Functional Theory Calculations

밀도 범함수 이론 계산을 이용한 $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$ 물질의 전자 밴드 구조 연구

박성진*, 류병기. *한국전기연구원*

We theoretically investigated the infinitely adaptive series $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$, which is Bi-rich Bi_2Te_3 related phase, because it has been known that the mixed stacking of both Bi bilayer and Bi_2Te_3 quintuple layer is stable though not Te layer [1]. The electronic band structures of the $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$ homologous series, derived from stacking hexagonal Bi_2 and Bi_2Te_3 blocks, were calculated by using the first-principle density functional theory as implemented in the Vienna Ab initio simulation package. The PBE and LDA exchange correlation functional with the projector augmented wave method is used for this calculations. The end members of this series are metallic Bi and semiconducting Bi_2Te_3; nine members of the series have been studied: m:n = 3:0, 15:6, 2:1, 3:3, 1:2, 3:9, 2:7, 1:5, and 0:3. The lattice constants and supercell c-axis parameters considered here are from literatures of previous experimental studies. The layer-stacking structures of the homologous series refer to the report of Bos [2]. We focused on investigating low energy electronic structure, especially band edge states, of $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$ such as the theoretical semiconductivity and the type of charge carrier, as well as the values of direct and indirect band gaps.

[1] P. M. Coelho *et al.*, Nano Lett. 13, 4517−4521 (2013)
[2] J. W. G. Bos *et al.*, Phys. Rev. B 75, 195203 (2007)

G8-3 Polymorphic Expressions of Supported Low-dimensional MoO_x on Au(111)

금표면 위에 담지된 저차원 다형체 산화 몰리브데넘 연구

손알로이시우스*, 이태훈, 이윤재, 이기역. *연세대학교*

Ultrathin oxidic layers of Mo (i.e. O/Mo) on the Au(111) substrate are investigated using first-principles density-functional theory calculations. Various polymorphic structural models of these O/Mo layers are proposed and compared with previous experimental results – covering both spectroscopic and microscopic approaches of characterization. We find that, through the control of metal-oxygen coordination in these ultrathin oxidic O/Mo films on Au(111), the oxidation state of Mo atoms in the O/Mo layers can be modulated and reduced without intentional creation of oxygen vacancies. This is also assisted by a charge transfer mechanism from the Au substrate to these oxidic films, providing a direct means to tune the surface electronic properties of ultrathin oxide films on metal substrates.

G8-4 *Ab initio* Calculations of Hall Factor for Thermoelectric Semiconductors

열전재료의 홀 인자 계산

이동규[1]*, 김동희[1], 오민욱[2]. [1] *광주과학기술원(GIST),* [2] *한밭대학교*

Carrier concentration obtained from the Hall measurement is often used to estimate the carrier concentration of a material. The Hall carrier concentration can show a good agreement with the actual carrier density of the material with simple parabolic band structure. However, this simple conversion could not be applicable for the materials whose band structures show complexity such as high degeneracy and/or anisotropy. The Hall factor, the ratio between the Hall carrier concentration and the carrier concentration, can be useful for increasing the accuracy of the conversion. Moreover, the experimentally reported values of the Hall factor are limited. In this study, the Hall factors are obtained with the semi-classical Boltzmann transport equation for several thermoelectric semiconductors; Bi_2Te_3, Sb_2Te_3, PbTe, Mg_2Si, $CoSb_3$, SnSe and Mg_2Si, in which the electronic structures were obtained from *ab initio* calculations within density functional calculations. Using the obtained Hall factor, the Pisarenko's relationships for various materials were newly estimated and then showed much better agreement between experiments and theoretical calculations. In addition, we proposed a simple arithmetic equation for each material, in which the Hall factors can be simply estimated from the experimentally measured Seebeck coefficient.

G8-5 Extension of GKA Superexchange Interactions of Degenerate Orbitals for Ferromagnetic Insulator

강자성 절연체에서의 오비탈 축퇴에 대한 GKA 초교환 상호작용의 적용

Rahman MD Mokhlesur*, 이재찬. *성균관대학교*

Ferromagnetic insulators are believed to be the heart of spintronics devices, but the availability of them in room temperature still distant, where lanthanide oxides could be a remedy with their highly localized *f* electrons. Understanding localized electrons interactions is a long issue, various attempts have been taken to explain them, Goodenough-Kanamori-Anderson (GKA) superexchange interactions (SEI) rules were built to explain localized electrons interactions but mostly for *d*-orbital systems, where crystal filed splits the *d* orbital into t_{2g} and e_g orbitals, employing either ferromagnetic or antiferromagnetic SEI. On the other hand, *f* orbitals stay deep in energy and degree of crystal field splitting is very small resulting in multiple degenerate orbitals which have both orthogonal and non-orthogonal symmetry with ligand"s *p* orbitals. In order to determine the net SEI, we consider multiple SEI, which is the vector summation of all the degenerate occupied orbitals interactions. We studied all seven *f* orbitals interactions based on the orthogonality between cation"s and anion"s orbitals and predicted possible interactions type. We proved this hypothesis with three examples of doped CeO_2 and found that Pr doped CeO_2 exhibits ferromagnetic insulator"s properties. Utilizing this proposed multiple

SEI we show a systematic way to design ferromagnetic insulators by adapting GKA rules in fluorite structure by means of density functional theory using GGA-PBE +*U* scheme.

G8-6 *Ab-initio* Design of Isostructural Metal-insulator Trnasition in VO_2

제일원리 계산을 이용한 VO_2의 구조 변화 없는 금속-절연체 전이의 설계

정봉욱[1*], 이대수[2], 엄창범[3], 이재찬[1]. [1]*성균관대학교*, [2]*서울대학교*, [3]*위스콘신대학교*

In correlated materials, electron and lattice distortion is coupled, therefore metal-insulator transition (MIT) of correlated materials accompanies the structural phase transition (SPT). We focused on the near room temperature phase transition process, i.e. insulating monoclinic to metallic rutile phase transition of the vanadium dioxide (VO_2), a representative correlated materials. By the first principles calculation, we designed the rutile/monoclinic heterogeneous interface that electron-electron interaction of monoclinic VO_2 region is successfully reduced without crystal structure changing.[1] This interface design can stabilize unstable metallic monoclinic phase. The MIT without SPT of VO_2 is also confirmed by combination with experimental approaches like thin-film growth, structural and electrical characterizations. Our results clarify the long-time controversy about origin of phase transition in VO_2 and will be applied by the high speed functional devices which are based on phase transition.

[1] *Science* **362**, 1037 (2018)

G8-7 Finding Energetically Favorable Zr Distribution in $Ce_{1-x}Zr_xO_2$ Grain Boundary Using Genetic Algorithm and Substitution Region Restriction Method

치환 영역 제한 방법과 유전 알고리즘을 이용한 $Ce_{1-x}Zr_xO_2$ 결정립계에서의 에너지적으로 안정한 Zr 분포

김기영*, 김영복, 최인규, 조준영, 김영철. *한국기술교육대학교*

산업에서 사용되는 재료는 대부분 단결정 구조가 아닌 다결정 구조로 다수의 결정립계를 포함하고 있기 때문에, 원자 분포에 결정립계가 어떤 영향을 주는지에 대한 연구는 매우 중요하다. Ce 48개와 O 96개로 이루어진 CeO_2 결정립계 구조에서 Ce 9 개를 Zr으로 치환하여 CeO_2-ZrO_2 고용체를 만들 수 있는 경우의 수는 약 1.7×10^9 개로 모든 경우의 수를 계산하기 위해서는 많은 컴퓨터 자원이 필요하다. Mizoguchi 그룹은 첨가된 원소가 결정립계 주변에 모이는 현상에 기반하여 첨가되는 경우의 수를 혁신적으로 줄이는 방법을 고안하였다[1, 2]. 하지만 첨가되는 원소가 일정 양 이상이 되면 일부는 벌크 영역에도 존재하게되는 문제를 해결하지는 못했다. 우리는 경우의 수를 줄이기 위해 입계에 Zr을 일부 치환하고, 나머지 Zr을 입계와 벌크에 치환하는 치환 영역 제한법을 고안하였다. 또한 수많은 구조 중에서 빠르게 최적 구조를 찾기 위해 유전 알고리즘을 사용하였다.

References

[1] S. Kiyohara and T. Mizoguchi, Physica B, 2018, **532**, 9-14.

[2] S. Kikuchi, H, Oda, S. Kiyohara, and T. Mizoguchi, Physica B, 2018, **532**, 24-28.

G8-8 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 known to exhibit various polymorphic expressions: from the cubic spinel phase to various polytypic layered hexagonal structures, commonly known as the α-, β-, IIa-, and IIb-phases. Recently, layered IIa- and IIb-$ZnIn_2S_4$ 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 IIa-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.

G10-1 Study of Gallium Oxide Thin Films Grown by Mist Chemical Vapor Deposition

미스트 화학기상장치를 이용한 산화갈륨 박막 성장 연구

배시영*. *한국세라믹기술원*

산화갈륨은 넓은 밴드갭(4.9~5.3 eV)로 인해 차세대 전력반도체 소재로 각광 받을 뿐 아니라 가스센서, 광검출소자 등 다양한 광전자 분야에서의 활용이 기대되고 있다. 최근, 일본 타무라社의 베타상 산화갈륨 기판 상용화에 따라 산화갈륨을 이용한 다양한 응용 연구가 진행되고 있다. 그러나, 상용 벌크 기판은 ~3,000달러(2인치 1장 기준)에 육박할 정도의 고가이므로, 이를 대체할 수 있는 이종기판 성장 기술도 동시에 활발히 연구되고 있다. 산화갈륨을 성장시킬 수 있는 성장 장비는 MBE (Molecular beam epitaxy), HVPE (Halide vapor phase epitaxy), PLD (Pulsed laser deposition), Mist CVD (Mist chemical vapor deposition) 등이 대표적인 장비들이며, 이중 Mist CVD는 무진공 구조와 수용액 기반 프리커서를 통해 획기적인 단가 절감을 가져올 수 있다. 본 발표에서는 산화갈륨 연구 동향에 대한 소개와 함께 Mist CVD를 이용한 박막 성장 및 열유동 해석을 통한 박막 두께 제어에 대해서 발표한다. 특히, 커런덤 구조의 산화갈륨 에피 박막에 집중하여 다른 산화갈륨 대비 매우 높은 밴드갭(~5.3 eV)을 갖는 박막 형성에 집중했다. 미스트 화학기상장치는 대구경 박막에서의 균일도를 유지하기가 어려우므로, 다양한 성장변수(성장온도, 미스트 발생조건, 성장시간 등)에 따른 박막 성장을 진행했다.

G10-2 Study on Oxide Ion Conductivity in $(Ba_{0.5-x}Sr_x)La_{0.5}InO_{3-\delta}$ Perovskite Structure by Molecular Dynamics Simulation

분자동력학을 이용한 $(Ba_{0.5-x}Sr_x)La_{0.5}InO_{3-\delta}$ 페롭스카이트 산화물의 산소이온 전도거동 해석

황국진[1*], 신미영[1], 이희수[2], 이명현[1], 정성민[1], 신태호[1]. [1]*한국세라믹기술원*, [2]*부산대학교*

$ABO_{3-\delta}$ perovskite structure has been studied to develop oxygen ion conduction material to be applied to a electrolyte of solid oxide fuel cells. In this study, a computational study employing classical molecular dynamics techniques was conducted to explore the diffusion of

oxygen ions in a perovskite oxide, A-site cation doped $LaInO_3$. In the simulation, Ba and Sr were selected as the dopants substituting La ion since they have similar ionic radius.

The previous studies reported that the ionic conductivity of Ba-doped $LaInO_3$ decreases with increasing numbers of oxygen vacancies, because Ba dopant was proved to form narrow saddle points in the lattice, which could hinder the diffusion of oxygen ion. Furthermore, the ionic conductivity of Ba-doped $LaInO_3$ showed lower than doped $LaGaO_3$. Therefore, the aim of this study is to reveal the mechanism for improvement the ionic conductivity by Ba and Sr ions co-doping on La site in $LaInO_3$ using structural investigation method using molecular dynamics simulation.

G10-3 Single Crystal Growth Mechanism through the Step-bunching Behavior

Step-bunching 현상을 통한 단결정의 성장 매커니즘 이해

신윤지*, 정성민, 배시영, 이명현. *한국세라믹기술원*

In recent years, solution growth method has been considered as a promising approach for growing the high quality silicon carbide (SiC) single crystals. The possibility of large diameters, high growth rates, and the achievement of high quality crystals have been demonstrated by several researchers. However, surface morphological instability at the initial stage of the solution growth is still one of the difficulties to understand and quantitative experimental data in the literature are scarce. In this paper, we will show some fundamental data about the intrinsic properties of the liquid-SiC interface at the initial stage of the growth process with pure Si and Si-Al solvents. We focused on the vicinal (0001) Si-face only because the step bunching is usually much more pronounced on the Si-face than C-face owing to the difference of the surface energy. From the experimental data, we will compare the step morphology under the metastable or stable conditions on 4H-SiC substrate, and also the effect of Al on the liquid-SiC interface properties.

G10-4 Reliability Research Trend in Energy Conversion Ceramic Materials

에너지변환 세라믹소재 분야의 신뢰성 연구 동향

최형석*. *한국세라믹기술원*

4차산업의 도래는 빅데이터 량의 급격한 증가를 촉발하였으며 빅데이터의 저장, 처리를 위한 메모리 반도체의 수요를 폭발적으로 증가시켰다. 빅데이터 센터 하나당 원자력 발전소가 하나 필요하다는 말이 나올 만큼 빅데이터는 많은 전력이 필요한 분야로서 향후 전력 수요는 지금보다 대폭 증가할 것으로 예상되며 이에 따라 에너지의 효율적인 활용을 위해서는 에너지변환소재의 중요성이 더욱 커질 것으로 예상된다. 에너지변환소재는 내부적으로는 열/전기/자기 등의 에너지의 직접적인 흐름을 견뎌내야 하며 외부적으로는 빠른 유동/진동/충격 등의 가혹한 사용 환경에서 사용되는 경우가 대부분이므로 신뢰성 확보의 중요성이 다른 소재보다 매우 중요해진다. 본 발표에서는 열전소자, 전력변환소자 등 에너지변환소재의 고장메커니즘, 가속수명시험, 고장 분석 기법 등 신뢰성 관점에서의 연구 결과와 향후 연구 추세 등에 대해 논하고자 한다.

G10-5 Bulky Mesoporous Structure for Energy Conversion

에너지 변환을 위한 벌크 다공성 구조체

임영수*. *부경대학교*

We report a bulky mesoporous TiO_2 structure fabricated by direct consolidation of mesoporous TiO_2 powder. The mesoporous TiO_2 powder with an interparticular porosity, which synthesized by a surfactant-mediated sol–gel method, was consolidated by spark plasma sintering at 350–600°C. A mesoporous structure in the sintered body was revealed by N_2 adsorption–desorption isotherms, and the maximum surface area of ~131 $m^2\ g^{-1}$ was obtained with a porosity of ~44%. Linear grain growth of the primary TiO_2 particle size was observed in the bulky mesoporous structure, and the effects of open pores on the grain growth kinetics were discussed.

G10-6 High Temperature Thermoelectric Materials for Power Generation Modules

발전 모듈용 열전소재

최순목[1*], 서원선[2]. [1] *한국기술교육대학교*, [2] *한국세라믹기술원*

산화물 열전모듈은 소재의 가격이 저렴하며, 가볍고, 풍부하고, 친환경적이며 고온일수록 열전특성이 우수하다는 장점이 있다. 고온용 열전산화물 소재 중에서 *p*-형 $Ca_3Co_4O_9$, $SmCoO_3$와 *n*-형 ZnO, $CaMnO_3$ 소재들의 열전물성에 대해 고찰하였다. 스커터르 다이트 열전소재는 대표적인 발전용 열전소재로서 연구가 가장 많이 진행되었다. *n*-형 $RxCo_4Sb_{12}$(R= rattler) 계 열전소재와 *p*-형 $R_xCoFe_3Sb_{12}$ (R= rattler) 계 소재들의 열전물성에 대해 고찰하였다. 본 연구에서는 이들 소재 외에 silicide 계telluride 계 등 기존에 연구되던 소재들의 연구결과도 함께 논의 하였으며, 신물질계에 대한 고찰도 일부 포함하였다.

G10-7 Bulk Crystal Growth Technology of Wide Bandgap Semiconductor

와이드밴드갭 반도체 벌크 단결정 성장기술

정성민*. *한국세라믹기술원*

전력전자(Power Electronics) 기술은 현대사회에서 필수적으로 사용되는 전기에너지의 생산, 수송, 저장, 소비 과정 등 에너지 활용의 전반에서 활용되며, 전력반도체(Power semiconductor device) 는 전기에너지의 이용을 위한 전력변환 및 전력제어 과정에 응용되는 반도체 소자로 고내압, 고전류, 고주파 등 다양한 특성을 갖는다. 전력반도체에서 밴드갭 3.0 eV 이상의 SiC, AlN, GaN, Ga_2O_3, Diamond 등 와이드밴드갭 반도체들은 Si의 이론적 물성한계를 극복할 수 있는 소재로 주목을 받고 있다.

최근 상용화가 순조롭게 진행되어 시장이 개화되고 있는 SiC 전력반도체는 Si에 비하여 밴드갭이 크고 절연파괴 강도, 전자포화속도, 열전도도가 훨씬 크므로 고온동작, 고내압, 대전류 등 고성능, 고신뢰성이 요구되는 응용분야에 활용될 수 있다. 본 발표에서는 반도체에 있어 진입장벽이 높은 결정성장기술에 대한 내용을 SiC 단결정을 중심으로 설명하고 최근 국내외의 기술동향과 국내현황에 대하여 소개하도록 한다.

G10-8 Research Trends on Thermoelectric Modules and Applications

열전 모듈 및 응용의 연구동향

이순일*. *창원대학교*

It is natural that thermal energy is absorbed or released from movement of organics and state change of inorganics, indicating that there exist huge thermal resources everywhere. The nature is not a closed system, so every work can be converted into thermal energy, but not reversible according to the second law of thermodynamics.

Therefore, a huge amount of heat/thermal energy is being wasted, such as body heat, equipment/machine generating heat/thermal energy as a secondary energy or using thermal energy as a primary energy source, and so on. Thermoelectric power generation or cooling is a unique technology that can convert the waste heat energy into electrical energy or vice versa by solid-state energy conversion. For the applications, broad aspects in designing and engineering the thermoelectric modules will be discussed.

G10-9 High-functionality Titanium Oxide Material throuth Band Gap Engineering

밴드갭 제어를 통한 고기능성 티타늄 산화물 소재

정대수*, 서원선. *한국세라믹기술원*

Titanium dioxide (TiO_2) has attracted attention owing to its high stability, photocatalytic activity, non-toxicity, and biocompatibility, but is generally active under ultraviolet irradiation because its wide band gap (E_g) ranging from ca. 3.0 to ca. 3.2 eV. TiO_2 has limited applications under visible light irradiation because of its poor light absorption ability and low charge separation e?ciency under normal reaction conditions. Therefore, considerable effort to reduce bandgap (less than typical 3 eV value) has been made to improve the light absorption of TiO_2 for efficient utilization of the solar energy spectrum and electrical conductivity, which is more attractive for photovoltaics, photocatalysis, electronic components, and energy storage-related materials. Several attempts involved adding metal or nonmetal impurities and approaches based on dopant-free. Herein, we introduce the characteristics of band-gap engineered TiO_2 with reduced band gap obtained via one-step crystallization/reduction process or two-step crystallization/reduction-oxidation process. The relationship between the performance in developing applications of TiO_2 in different fields and the excellent physical properties of band gap engineered TiO_2 are also discussed.

This work was supported by Nano-Convergence Foundation funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT, Korea) & the Ministry of Trade, Industry and Energy [Project Name: Skin color matching TiO_2 based high functional sun-block development].

G11-1 Study on Evaluation Method Standardization of Anti-icing Property Using X-ray CT System

엑스선 영상촬영 시스템을 이용한 내한평 평가기술 표준화 연구

김동현[1*], 이정훈[2], 유동인[2], 손병서[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 부경대학교*

4차 산업혁명 시대와 함께 항공우주, 방위산업, 전기전자 등 첨단 신소재 분야의 기술개발이 가속화 되고 있다. 특히, 항공우주 분야의 경우에는 극한환경(초고온, 극저온, 고내식/내마모 환경)에서의 기초 물성이 매우 중요하며, 이를 극복하기 기술개발이 가속화 되고 있다. 그 중에서도, 소재의 Icing 또는 Freezing 특성에 대한 연구적인 성과는 일부 있으나, 이를 평가하기 위한 기술 또는 장비나 표준화 사례는 거의 전무하다. 항공우주 분야 선진국인 미국, 독일에서는 내부적으로 이를 평가하기 위한 기준을 마련하고 있으나, 대외적으로 표준화한 규격은 전혀 없어, 국내에서 자체적으로 항공우주용 부품소재를 개발하기에 어려움이 있다. 실제 항공우주용 부품소재는 경량금속 기반에 기능성 세라믹코팅을 적용하여 내열성, 내한성, 그리고 내식성 등을 향상시키고 있으나, 관련 평가기술이나 국내외 표준은 전무하다. 본 연구에서는 엑스선 단층촬영 시스템(X-ray CT system)을 활용하여 내한성(Anti-icing or -frezzing)을 정량적으로 평가할 수 있는 기술개발과 함께 국제표준(안)을 제시하고자 한다.

G11-2 Measurement of Seebeck Coefficient and Electrical Conductivity of Bulk-type Thermoelectric Materials at High Temperature

벌크형 열전소재의 고온 제벡계수 및 전기전도도 측정에 대한 표준화 연구

이동원[1*], 이상헌[1], 김용남[1], 이규형[2]. *[1] 한국산업기술시험원, [2] 연세대학교*

최근 폐열을 활용하여 전기를 생산하는 열전발전과 전자 냉각 소자로 활용될 수 있는 열전 에너지 변환기술이 크게 주목을 받고 있다. 열전발전은 특히 다른 폐열회수 기술과 비교하여 상온으로부터 1,000°C 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. 향후 상온으로부터 1000°C의 온도 범위에서 제벡계수와 전기전도도를 연속적으로 측정하여 정확도를 높이고 오차를 최소화할 수 있는 평가기술에 대한 표준화 연구를 진행함으로써 이에 대한 국제표준화를 추진할 계획이다.

G11-3 Standardization of the Performance Test Methods of Semiconducting Photocatalytic Materials

광촉매 특성평가 표준화 동향

최기인*. *한국세라믹기술원*

최근 질소산화물, 휘발성 유기물질(VOCs) 등에 의해 야기되는 대기오염, 신종플루, 집단식중독과 같은 세균 및 바이러스의 위협, 아파트, 오피스텔 등 주거 공간에서의 새집증후군 현상 등 다양한 환경오염문제를 해결하기 위한 대안 기술로 광촉매 기술이 새롭게 조명받고 있다. 이러한 친환경, 차세대 분야에서의 광촉매 기술이 연구개발 수준으로 머물지 않고 현장 기술로 거듭나는 한편, 각 분야에 성공적으로 정착되기 위해서는 광촉매 제품에 대한 신뢰성 구축과 소비자 안전을 위한 광촉매 관련 제품의 성능평가방법에 대한 표준화 작업이 요구되며, 표준화된 시험방법에 근거한 체계적인 검증과정을 통해 우수한 광촉매 제품을 인증하는 시스템 구축이 절실히 요구된다. 본 발표에서는 현재 ISO TC206 WG9을 중심으로 진행되고 있는 다양한 촉매 특성평가 관련 표준의 제정현황을 살펴보는 한편, 국내 광촉매 특성평가 기술 표준화 및 광촉매 제품 인증 시스템에 대한 현 상황을 확인해보고자 한다.

G11-4 Development of Accelerated Life Test Method and its Standardization for DSA

이태규*. *(주)나노팩*

Dimensionally stable anodes (DSAs) consisting of mixed metal oxide layers containing TiO_2, and IrO_2 or RuO_2 as core components have

been widely deployed for industrial chlorine production, energy storage into molecular H_2, and high-salinity wastewater treatment processes among many other uses such as highly NH_3-contaminated wastewater treatment. Recently very interestingly, DSAs are being used for "Sustainable non-sewered sanitation Systems.", which is sponsored by Bill & Melinda Gates Foundation for demonstration of hygiene toilet. Drawbacks to long-term application include the high materials cost of Ir and Ru, and their instability relative to conversion to IrO_4^{2-} and RuO_4 under operational anodic potential bias. In order to enhance the stability of DSA it is important to develop reliable accelerated life test method to predict an accurate life time of metal oxide layered DSA, and to explore other mixed metal oxide anodes or composites containing Ta_2O_5, blue TiO_2 nanotube, black TiO_2 nanotube, SnO_2, ZrO_2, CeO_2, and Sb_2O_5.

G11-5 Standardization on Chemical Analysis of Fine Ceramics in ISO/TC 206 and Introduction of Some Related CRMs

Akiharu Hioki*. *Advanced Industrial Science and Technology (AIST)*

The ISO/TC 206 is the technical committee on fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics). The WG 3 is one of 12 working groups of the TC, which deals with chemical analysis of fine ceramics. Four standards have been developed so far in WG 3 as follows: ISO 17942:2014 (ed.1): Methods for chemical analysis of boron nitride powders, (2) ISO 17947:2014 (ed.1): Methods for chemical analysis of fine silicon nitride powders, (3) ISO 21813:2019 (ed.1): Methods for chemical analysis of high purity barium titanate powders, and (4) ISO 21814:2019 (ed.1): Methods for chemical analysis of aluminium nitride powders. One standard is under development in WG 3 as follows: (5) ISO/AWI 23739 (ed.1): Methods for chemical analysis of zirconium oxide powders. In the presentation the activities in WG 3 will be introduced, including the developed standards and developing one and some other topics. To use such standards on chemical analysis, reference materials are essential. The National Metrology Institute of Japan (NMIJ) of AIST has developed several certified reference materials (CRMs) in the field of fine ceramics. Since laboratory accreditation and traceability towards the International System of Units (SI) are important for reliability of measurement results, such CRMs were produced in accordance with ISO/IEC 17025 and ISO Guide 34 (now ISO 17034). In the presentation the CRMs developing activities will be also introduced.

G11-6 Standardized Tests for Antimicrobial Materials

Hitoshi Ishiguro*. *Kanagawa Institute of Industrial Science and Technology*

Many antimicrobial materials are researched and developed in the world. It includes photocatalyst, inorganic, organic and natural materials. Especially, Asian countries are promoting the research and development of antimicrobial materials. In the present, these materials are applied for ceramics, plastic, textile, glass, metal and other materials. However, there were no standardized tests for antimicrobial activity previously. Thus, development of standardized tests is needed and ISO 22196 for plastic (ISO/TC61) was published in 2007. ISO 20743 for textile (ISO/TC38) was also published in 2007. For ceramics materials, TC206/WG9 (Photocatalysis) has been working to make antimicrobial tests by photocatalytic materials. As the results, ISO 27447 for antibacterial activity by photocatalyst was published in 2009. Moreover, there are developed other standardized tests to measure anti-virus activity or other antimicrobial activity by photocatalyst. In this session, ISO testing methods to measure antimicrobial activities by photocatalyst will be mainly explained.

G11-7 글로벌기술표준 전문인력양성사업

이희수*. *부산대학교*

산업통상자원부가 주관하는 2019년 산업전문인력역량강화사업 중 '글로벌기술표준 전문인력양성사업'에 한국표준협회 주관, 고려대, 부산대, 중앙대와 공동지원해 최종 선정되었다. 고려대는 융합표준 개발, 부산대학교는 표준기술개발, 중앙대는 표준전략 수립의 분야별 인재 양성을 통해 학·연·산 인력공급 선순환 네트워크를 구축 및 강화하게 된다. 이에 따라, 부산대는 4차 산업혁명의 기반이 되는 첨단소재 관련 전공과 표준을 연계한 산학 프로젝트 등을 통해 실무 경쟁력을 갖춘 미래표준최고임원을 양성할 계획이다. 참여학생은 재료공학과 일반대학원에 새롭게 신설되는 '4차산업기반 첨단소재분야 미래CSO 양성 교과트랙'을 이수해야 하며, 사내·단체·국가·국제표준화를 위한 산학 프로젝트 참여를 통해 현장형 실무 경험을 쌓고, 아울러 4차 산업기반 첨단소재 분야 기업에 대해 표준기술 지원을 확대해 나갈 예정이다.

G11-8 International Standardization for Test Method of Total Electrical Conductivity for Fine Ceramics

파인세라믹스의 전기전도도 측정법 국제표준화

류지승[1*], 이희수[2], 신태호[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *부산대학교*

A 4-wire method is common and general 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 4-probe method for two commercial $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_{3-\delta}$. This IS standard was proposed with Form 4 in 2017, and then approved as a working draft. We are revising the draft to submit for committee draft stage in this year.

G11-9 Standardization of Polytype Evaluation of Silicon Carbide Single Crystal Using Ultraviolet-induced Photoluminescence Analysis

자외선유도 발광 이미지 분석에 의한 탄화 규소 단결정의 폴리타입 평가의 표준화

최형석*. *한국세라믹기술원*

탄화규소는 뛰어난 물리적 특성과 전자재료 응용에 있어 잠재력을 가진 가장 매력적이고 유망한 와이드 밴드갭 반도체 소재 중 하나이다. 최근 많은 연구에 의하면 SiC 결정성장의 성장공정 동안 상변이에 의한 폴리타입의 발견이 보고되고 있다. 결정의 폴리타입은 온도, 압력, 온도 구배, 종자정의 극성과 종자정의 배향 같은 성장조건의 적절한 선택에 영향을 받아 여러 폴리타입이 혼재되어 생성될 수

있으며, 이러한 다결정화는 SiC의 품질 저하의 주요 원인이 된다. 이러한 폴리타입의 존재를 현장에서 신속하게 판별하는 기법이 자외선유도 발광 이미지 분석이다. 자외선유도 발광 이미지 분석은 자외선 영역의 빛을 단결정에 조사시켜 Valence band의 전자가 Conduction band로 여기된 후 더 낮은 에너지 레벨로 이동하여 열을 발산한 후 다시 Valence band로 돌아갈 때 나타내는 발광 특성을 이용하는 분석방법이다. SiC의 경우 폴리타입에 따라 다른 밴드갭이 형성되어 특유의 발광색을 나타내기 때문에 단순한 UV빔의 조사를 통하여 SiC 결정의 폴리타입 분포를 분석할 수 있게 된다. 그러나 이 방법들은 표준화된 평가기준을 가지고 있지 않아 이를 응용하려는 업계에서는 많은 혼란을 겪고 있으며 이러한 표준화의 부재는 SiC 단결정 개발에 장애가 되고 있는 실정이다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 ISO/TC-206 그룹에서 국제 표준화를 진행하고 있으며 본 발표에서는 일련의 연구내용과 표준화 진행상황에 대해 소개하고자 한다.

G11-10 Test method for Crystalline Quality of Single-crystal Thin Film (Wafer) Using XRD Method with Parallel X-ray Beam
평행 X선 빔을 가진 XRD를 이용한 단결정 박막의 결정성 품질 시험방법 국제표준화

이선홍*, 고인환, 박기태. *한국세라믹기술원*

SiC와 GaN은 차세대 전력반도체용 소재로서 가장 유력하여 고전압, 고전류, 고내열 등 가혹한 조건을 극복할 수 있어 기존 Si를 대체할 수 있다. 이러한 단결정은 디바이스로 제품화가 되기까지 많은 단계를 거치는데, 특히 웨이퍼 단계에서의 결함 정도가 에너지 효율을 결정할만큼 중요하다. 따라서, 단결정 박막의 결함 정도를 재현성과 신뢰성을 가진 시험방법으로 평가하는 것이 매우 중요하다. 결함을 평가하는 방법은 다양한데, 금번 발표에서는 평행 X선 빔을 가진 고분해능 XRD를 이용하여 단결정의 결정성을 분석함으로써 이들 품질을 평가할 수 있는 표준시험방법을 소개한다. 일반 XRD와는 달리 고분해능 XRD의 경우, 다양한 부가장치들과 복잡한 조건들이 있어 이것을 제대로 설정하지 못하면 심한 오차를 유발할 수 있다. 본 발표에서는 대칭과 비대칭 구조를 지닌 SiC 단결정의 rocking curve를 측정 후 반가폭을 도출하는 과정을 소개하며 측정과정에서 오차를 발생할 수 있는 다양한 원인을 조사하여 표준화 방안을 마련한다. 또한, 모든 단결정에도 적용할 수 있도록 몇가지 수식을 소개하고 각 인자를 쉽게 도출할 수 있는 방안도 설명한다.

G12-1 An Overview on the Utilization of Redmud for the Synthesis of Green Cement-A New Functional Cement for 3D Printing (The 4th Industrial Revolution Link Technology)

Ji Whan Ahn* and Thenepalli Thriveni. *Korea Institute of Geosciences and Mineral Resources (KIGAM)*

In this paper, we reported that an overview of the utilization of Redmud comes from alumina processing plants. There are wide possibilities to synthesize calcium sulfoaluminate (CSA), which is worked as a new kind of functional cement for a variety of applications such as aggregates for eco-friendly low carbon city. Particularly, we are interested to utilize this CSA as a construction material for 3D printing. Currently, 3D printing of cement concrete turns into an era of short term-, low-cost construction of buildings. The advantages of this CSA cement is fast crushing, high strength, and eco-friendly properties. The 4th industrial revolution technology supposed to erase the barriers between the new inventors and new markets, because of the new 3D printing technologies. Definitely, 3D printing technology has unlimited potential applications in architectural materials. Our main goal of this paper is to explore the utilization of bauxite residue in various industrial applications.

Acknowledgments: This research was supported by the National Strategic Project-Carbon Mineralization Flagship Center of the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT), the Ministry of Environment (ME) and the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE). (2017M3D8A2084752).

G12-2 The Characterization of Mineral Carbonation reaction on Fly Ash from Solid Refused Fuel Power Plant
고형연료 발전소 비산재에서의 탄소광물화 반응특성

권우택*. *한국세라믹기술원*

탄소광물화 기술은 이산화탄소를 효율적으로 분리시킬 뿐만 아니라, 이산화탄소와 반응한 탄산염 물질을 활용하는 것이 용이한 기술로써 최근 들어 활발한 연구가 진행되고 있다. 탄소광물화 특성은 다양한 인자에 의해서 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 생활폐기물 고형연료 발전소에서 발생하는 비산재를 이용하여 수분함량, 반응시간 및 이산화탄소 농도변화에 대한 탄소광물화 특성변화를 Q-XRD를 이용해서 측정하였다. 실험결과, 수분함량 75%, 반응시간 5분에서 이산화탄소의 광물화 반응이 90% 이상 진행되었음을 확인하였다.

본 연구는 2019년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단 – 탄소자원화 국가전략프로젝트 사업의 지원을 받아 수행함(2017M3D8A2086035).

G12-3 Integration of International Mechanisms for Applying Carbon Mineralization Technology to Other Countries
탄소광물화 기술의 해외 적용을 위한 국제 메커니즘 연계 연구

박동운*, 이종열, 장창선, 신경남. *녹색기술센터 기후기술협력센터*

파리협약 이후 신기후체제 하에서 우리나라는 2030년까지 BAU (Business as usual) 대비 37% (CO_2 3.14억톤)의 온실가스 감축목표를 설정하였으며, 이 중 약 4.5% (CO_2 0.35억톤)를 해외 협력 및 산림부문을 통하여 달성해야 한다. 탄소광물화 기술은 배출되는 이산화탄소를 이용할 뿐만 아니라 시장성이 있는 물질로 활용할 수 있으므로, 해외 협력사업을 통한 온실가스 감축 잠재력이 있다. 국가간 협력을 촉진하기 위하여 UNFCCC 하에 국제 메커니즘(기술 메커니즘, 재정 메커니즘 등)이 설립되었는데, 이를 바탕으로 하는 해외 온실가스 감축 전략이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 탄소광물화 기술을 국제 메커니즘과 연계하여 탄소광물화 기술을 기반으로 하는 해외 협력사업 모델을 제안하고자 한다. 국제 메커니즘 중 기술 메커니즘(Climate Technology Center and Network, CTCN)을 통하여 기술의 현지 타당성을 검토를 수행할 수 있으며, 정부 간 네트워크 구축을 통하여 협력기반 조성 및 공동연구를 추진할 수 있다. 기후기술의 타당성이 검증된 후, 재원 조달을 통한 사업화 지원이 필요하다. 양자협력을 통한 공동 사업개발 및 재정 메커니즘(Green Climate Fund, GCF)을 연계할 수 있다. 이를 통하여 확보할 수 있는 해외 온실가스 감축실적은 국제 탄소시장 메커니즘을 통하여 우리나라의 감축실적으로 연계시키는 방안 또한 병행한다. 이러한 국제 메커니즘 기반 탄소광물화 기술의 해외 진출 모델은 우리나라 온실가스 감축목표 달성에 기여할 것으로 기대된다.

본 연구는 2019년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단 – 탄소자원화 국가전략프로젝트 사업의 지원을 받아 수행함(2017M3D8A2086035).

G12-4 Possibility for Developing the Rare Earth Elements contained in Coal Ashes from Korea Circulating Fluidized Bed Combustion

국내 발전회의 희토류 활용 가능성 검토

김영진[1*], 백철승[1], 서준형[1], 김정윤[2], 조계홍[1]. *[1] 한국석회석신소재연구소, [2] 한국지질자원연구원*

희토류원소(Rare Earth Elements)는 다양한 산업소재로 활용되는 중요자원으로 첨단산업 발전에 따라 수요도 계속 증가하고 있으나, 세계 희토류 공급의 대부분을 중국에서 차지하는 문제점이 있다. 이러한 이유로 희토류 소비가 높은 국가에서는 자원 확보를 위한 전략적 대책으로 폐전자제품의 재활용, 기존 광산의 재개발 및 해저광물로부터 희토류 회수에 관한 연구를 진행하고 있으며, 최근에는 발전회(Coal ashes)로부터 희토류를 확보하기 위한 연구도 진행하고 있다. 발전회는 발전소로부터 발생된 산업부산물로 평균적으로 약 404 ppm의 희토류가 포함되어 있어 물리적, 화학적 공정을 이용하여 희토류를 농축하는 연구를 미국과 같은 주요 선진국에서 실시하고 있다. 국내의 경우, 석탄자원을 이용한 에너지 생산 비중이 높기 때문에 발전회 발생량이 많으며 주로 대량으로 시멘트 관련 분야에 활용되고 있으나, 발전회에 포함된 희토류의 함량, 분포 및 활용에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 국내 순환유동층보일러(Circulating Fluidized Bed Combustion)로부터 확보한 3 종의 발전회에 포함된 희토류 성분의 함량 및 분포특성을 확인하고 이러한 결과를 통해 활용 가능성에 대해 검토하였다. 국내 순환유동층보일러로부터 발생된 발전회의 희토류 함량은 종류에 관계없이 350 ppm 이하로 세계 평균에 비해 낮게 나타났으며, 희토류 회수를 위한 활용 가능성도 부족한 것으로 확인되었다. 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단-탄소자원화 국가전략프로젝트사업의 지원을 받아 수행함(2017M3D8A2085338).

G12-5 Flowability Properties of CLSM Mixtures with Water Reducing Agent

고성능 AE 감수제 첨가에 따른 CLSM 혼합조성물 유동성능 평가

문기연[1*], 김영진[1], 조진상[1*], 최문관[1], 조계홍[1], 안지환[2]. *[1] 한국석회석신소재연구소, [2] 한국지질자원연구원*

CLSM (controlled low strength material)은 채움재로 사용되는 자체충전재료를 의미하는데, 대체로 시멘트 질 원료들이 주요물질로 사용되며 환경 적합성이 검증된 범위 내에서 부산물 및 기타 폐기물 등을 혼합해 사용할 수 있다. 별도의 다짐공정 없이 강도발현이 가능하도록 설계되었으며, ACI commiittee 229R-13에 2.1~8.3 MPa 범위의 강도특성을 나타내도록 설계안이 제시되어 있다. 본 연구에서는 ACI commiittee 229R-13을 토대로 광산채움재용 CLSM 재료설계를 실시하였다. 광산채움재용 CLSM 혼합재료로서 그린시멘트, 저품위석회석, CFBC 발전회 및 고성능 AE 감수제를 활용하였으며, 저품위석회석과 CFBC 발전회 배합비율에 따른 유동성능을 관찰하였다. 채움재료는 타설현장을 고려해 고유동성을 나타내도록 플로우 값을 200~230 mm로 설정하였는데 저품위석회석 및 CFBC 발전회 배합율 증가에 따라 단위수량이 높아지는 경향을 나타내었으며, 단위수량이 높아짐에 따라 재료분리, 블리딩, 내구성저하 등과 같은 문제가 우려되었다. 이에 재료의 유동성은 유지되지만 단위수량을 감소시켜 내구성 저하를 방지할 수 있도록 고성능 AE 감수제를 혼합하였으며, 혼화제 혼합에 따른 유동성능 및 재료특성을 관찰하였다. 실험결과, 고성능 AE 감수제 첨가에 따라 단위수량이 20~32% 감소하였으며, 블리딩 및 재료분리 감소효과가 있는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 일부 배합비에서 작업성이 지나치게 감소되는 경향을 나타내었다. 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단-탄소자원화 국가전략프로젝트사업의 지원을 받아 수행함(2017M3D8A2085338).

G12-6 Evaluation of Physical Properties of Mine Liner and Cover Material Using CSA

CSA를 활용한 광산 차수재 물성 평가

조용광*, 남성영, 김춘식, 조성현. *한일시멘트*

광산차수재(Mine liner and cover material)는 산성배수 및 침출수로 인한 토양오염 등을 억제하기 위해 충전재를 시공하기 전에 차수층을 먼저 설치하여 유해물질이 주변 환경으로부터 이동하는 것을 차수층 두께와 투수속도로 예측되는 기간 동안 억제시키는 역할을 한다. 이러한 차수재의 경우 차수기능 및 구조적 안정성은 매우 중요한 요소로 작용되고 있다. 차수기능의 향상을 위해 수밀성은 매우 중요한 요인으로 알려져 있다. 차수재 원료로 포틀랜트시멘트를 사용할 경우 수화열의 온도응력과 건조수축에 기인하여 쉽게 균열이 발생되어 수밀성을 저하시키는 단점을 가지고 있다. 수밀성을 향상시키는 방안으로는 잠재수경성 반응이 일어나는 슬래그와 시멘트를 혼합하는 방법이 제시되고 있지만 슬래그가 첨가되는 양에 비례하여 초기 수화반응이 늦어져 응결지연 및 초기강도가 저하되는 문제점이 발생되고 있다. 한편 CSA (Calcium sulfo aluminate)는 석회석, 석고 및 알루미나질 원료를 소성하여 제조되는 것으로 침상결정을 가지는 에트링가이트(ettringite, $C_3A{\cdot}3CaSO_4{\cdot}32H_2O$)생성을 활성화 시켜 응결시간 단축 및 팽창기능이 발현되는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 포틀랜트시멘트 및 슬래그에서 발생되는 문제점을 보완하기 위해 CSA를 함량별로 혼입하여 차수재의 특성을 평가하였다.

감사의 글: 본 연구는 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단-탄소자원화 국가전략프로젝트의 지원을 받아 수행함(2017M3D8A2086037).

G12-7 Efficient Phosphorus Removal by Lime Mud Waste

Hong Ha Thi Vu[1*], Mohd Danish Khan[2], Ramakrishna Chilakala[3], Tuan Quang Lai[2], Thriveni Thenepalli[1], Ji Whan Ahn[1]. *[1]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, [2]University of Science and Technology, [3]Chungnam National University*

Pulp and paper industries are producing an enormous amount of pulp annually to meet the ever-growing demand of papers and packaging materials. However, organic and inorganic wastes (dregs and ash) are produced in huge quantity as a byproduct, causing severe ecological and environmental issues. Lime mud is one such byproduct and its estimated outcome accounts for approximately 0.47 m^3 ton^{-1} of pulp produced. Lime mud is produced during the wood chips to pulp conversion process for paper production. In this study, we utilized lime mud waste from paper mills to produce calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) nanoparticles and the prepared nanoparticles were introduced as an absorbent to remove phosphorus from aqueous solution. The calcium hydroxide nanoparticles with hexagonal shape were successfully produced using a precipitation method. The crystal structure and morphologies of the $Ca(OH)_2$ nanoparticles were

analyzed by field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and X-ray diffraction (XRD). The effects of $Ca(OH)_2$ nanoparticle dosage and contact time on removal of phosphorus were also investigated. The results show that the green portlandite nanoparticles can effectively remove phosphorus from aqueous solution. Due to efficient removal results of phosphorus, the nano-portlandite is strongly suggested as an absorbent in phosphorus treatment from domestic and industrial wastewater. Moreover, the green portlandite production from lime mud has tremendous environmental and economic benefits with reduced residue storage.

Acknowledgement: This research was supported by the National Strategic Project-Carbon Mineralization Flagship Center of the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT), the Ministry of Environment (ME) and the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2017M3D8A2084752).

G12-8 Thermodynamics Simulation and Experiment on Waste Sulfuric Acid Reaction with $Ca(OH)_2$ and CO_2 for Removal of SO_4^{2-} and Heavy Metals

Shuai Gu*, Hong ha Thi Vu, Thriveni Thenepalli, Ji whan Ahn. *Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources*

In the recycling process of spent lead-acid battery, waste electrolyte with the main composition being sulfuric acid and some heavy metals was produced. By utilizing matlab, the thermodynamics of reaction between sulfuric acid and calcium hydroxide was first simulated to removal the majority of sulfuric ions and some heavy metals, and then the effect of carbon dioxide was injected into the solution and simulated. The function of carbon dioxide was two folds, first, it can react with excess calcium hydroxide and decrease the pH of the solution to 6~7, second, the reaction product was calcium carbonate which may adsorb some heavy metals. A decrease of pH and a thick precipitation can be observed once the waste sulfuric acid was poured into the lime mud. XRD analysis of the precipitation shows the appearance of $CaSO_4$ and other calcium sulfate hydrates, while when carbon dioxide was injected into the solution certain amount of calcium carbonate can be observed. Also, the results showed that heavy metals can be both removed in the precipitation process (around 50% lead was removed) and carbonization process (around 70% lead was removed). By simulating the reaction and controlling the pH the optimum conditions can be obtained.

Acknowledgement: This research was supported by the National Strategic Project-Carbon Mineralization Flagship Center of the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT), the Ministry of Environment (ME) and the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2017M3D8A2084752).

G12-9 Recycling the Lime Mud Waste from Paper Industries and Re-Utilization for Making Handmade Sheets

Ramakrishna Chilakala[1*], Thriveni Thenepalli[2], Hong Ha Thi Vu[2], Ji Whan Ahn[2]. *[1]Chungnam National University, [2]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources*

Lime mud (LM) waste was generated from Kraft mill industries by the cellulose pulp production process. In these process, solid waste dregs are disposed from the causticization of green liquor in alkali recycling process. These toxic lime mud industrial waste recycling and recovery is expensive and adverse effect is still uncertain, due to high alkalinity of lime mud processing with fine particle size. Calcium carbonate ($CaCO_3$) is the main composition are present in lime mud sample, along with less amount of non-processing elements, and other impurities also present due to these reason, lime mud sample was appears as dark green color. The present study to develop a new method for reducing green color causes impurities and minimize its toxic effect on the environment. The results are providing the information for reducing the green color causes impurities and to improving the powder whiteness with lime mud activity by calcination and hydration process at different temperatures and time durations. In this study lime mud samples were characterized by XRF, XRD and FT-IR analysis and also the purified lime mud powder was reutilization for handmade paper making process for improving the paper brightness was investigated.

Acknowledgement: This research was supported by the National Strategic Project-Carbon Mineralization Flagship Center of the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT), the Ministry of Environment (ME) and the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2017M3D8A2084752).

G12-10 Utilization of Industrial Byproducts for Construction Industry

Dure Mulatu[1], Natnael Shiferaw[2], Lee Namju[1] and Jeongyun Kim[3*]. *[1]University of Science & Technology, [2]Korea Research Institute on Climate Change, [3]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources*

Nowadays, utilization of industrial byproducts in the construction industry is getting attention. Some of the industrial by products include fly ash, CFBC bottom ash, slag and red mud. Bauxite residue also known as red mud is a waste that is generated from the alumina industry. The amount of red mud that is generated from this industry is increasing rapidly. This growth needs urgent solutions in order to minimize the environmental impacts that are caused by these residues. One of the ways to reduce the environmental impacts of this waste is to utilize them in different fields of applications. Different researchers have studied the utilization of red mud in the construction industry. Some of the applications are using this industrial by products for the production of cement clinker. The utilization of red mud with the combination with CFBC bottom ash in the construction sector will be presented.

Acknowledgement: This research was supported by the National Strategic Project-Carbon Mineralization Flagship Center of the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT), the Ministry of Environment (ME) and the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2017M3D8A2084752).

G12-11 Rare Earths Recovery from Bauxite Residue Samples by Accelerated Carbonation

Lai Quang Tuan[1,2], Ji Whan Ahn[3] and Thenepalli Thriveni[3,*]. *[1]University of Science & Technology, [2]Vietnam Institute of Geoscience and Mineral Resources (VIGMR), [3]Korea Institute of Geosciences and Mineral Resources (KIGAM)*

Rare earth elements (REEs) are categorized as critical minerals which are imperative and indispensable for modern and green innovations. The demand for REEs is growing, but the commercial rare earths deposits are becoming depletive. In addition, unsteady supply, environmental impact, and costly mining practices of conventional ores have initiated global hunt in mining REE from alternative non-traditional sources. Bauxite residue (red mud) is considered as a prospective alternative REEs deposit. Annual global production of bauxite residue is approximately 140 million tons. If REEs can be economically extracted from bauxite residue, it not only is the supplement source of REEs but also reduces the negative impact derived by bauxite residue. In this paper, we reported the preliminary investigation of rare earths leaching from bauxite residue by accelerated carbonation. In this, we applied some partial pressure (30 bar), room temperature (25°C) with H_2SO_4 as a leaching reagent. We compared the leaching efficiency of rare earth with normal leaching method. By this accelerated carbonation process, the rare earth oxides may convert as a rare earth carbonates. After the filtration, the solids are characterized by XRF, XRD, SEM and TG-DTA and liquids are analyzed by ICP-OES.

Acknowledgement: This research was supported by the National Strategic Project-Carbon Mineralization Flagship Center of the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT), the Ministry of Environment (ME) and the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2017M3D8A2084752).

G12-12 Potential Reuse of Slag from Kambara Reactor

Lulit Habte[1], Ji Whan Ahn[2], Seong Ho Lee[2*]. *[1]University of Science & Technology, [2]Korea Institute of Geosciences and Mineral Resources (KIGAM)*

Industrialization has witnessed various environmental issues in the society. It has not only brought development and prosperity, but eventually disturbed the ecosystem. Urbanization and industrialization have increased dumping of solid wastes in to the environment. Solid waste management is a global alarming issue causing environmental pollution, global warming, and resource exhaustion. Kambara reactor slag is one of the solid wastes that is generated from steel factory. It is produced in the process of desulfurization of molten iron by a Kambara reactor mechanical stirring process. Like most solid wastes, landfilling of Kambara reactor slag is a common practice causing environmental hazards. Reutilizing of solid waste materials not only preserves the environment but also lowers the cost of the raw materials. CaO and Fe are among the major chemical compositions of kambara reactor slag and CaO is mostly in its unreacted form. Its high content in CaO makes KR slag as a potential substitute of lime which has a wide and versatile applications in diverse fields. It can be utilized as adsorbent for removal of toxic heavy metals in water and wastewater, as pollutant emission control, as sorbent for toxic gases, as a cementitious material and as purifier of hot gases. Therefore, Kambara slag has a potential to be reused in different sectors after some treatment.

Acknowledgement: This research was supported by the National Strategic Project-Carbon Mineralization Flagship Center of the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT), the Ministry of Environment (ME) and the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2017M3D8A2084752).

S1-1 Oxide Semiconductor Gas Sensors for the 4th Industrial Revolution

산화물 반도체형 가스센서와 4차 산업혁명

이종흔*. *고려대학교*

Oxide semiconductor chemiresistors have been widely used to detect harmful, explosive, and toxic gases and their applications are rapidly expanding to air quality monitoring, evaluation of food/fish freshness, and medical diagnosis with the progress of the 4th industrial revolution. Because most of target analyte gases consist of multiple chemical quantities, artificial olfaction is often required for discriminative gas detection. An array of sensors to show different gas sensing patterns to various chemical quantities as well as machine learning algorithm are essential to mimic or overcome human olfaction. Although oxide semiconductor chemiresistors are advantageous for integration into a tiny sensor array with low power consumption, their gas sensing libraries are still insufficient to cover a wide range of different single/complex chemicals and to realize a variety of new applications in the near future. In this talk, several new strategies to design highly sensitive, selective, and discriminative oxide semiconductor gas sensors will be suggested and their impacts on the evolution of chemical sensing will be discussed in relation to the 4th industrial revolution.

S1-2 Energy Transduction by Magnetoelectric Coupling Effect

다강체 결합현상을 이용한 에너지 변환 기술

류정호*. *영남대학교*

The deployment of wireless sensor networks (WSNs) for the internet of things (IoT) and remote monitoring devices has made tremendous progress in the last few years. At the same time, energy harvesters are also being developed to satisfy the power requirement of WSNs and other low power consumption electronics, to increase the device operating time and overcome the limitations of conventional electric power supplies, including batteries. Among various resources for energy transduction devices such as energy harvesters, the stray magnetic noise produced by power transmission infrastructures and associated mechanical vibrations are ubiquitous energy sources that could be converted into electricity by high efficiency energy conversion materials or devices. Electro-magnetic energy transduction systems that operate on the principle of Faraday"s induction law can provide sufficient power from strong magnetic fields. However, under weak magnetic fields with low frequency such as 50/60 Hz, the power generated from an electromagnetic device is disappointingly small. Alternative energy transduction technologies with high power density and small device volume/dimensions are obviously necessary for WSNs of IoT. In this presentation, the current status and prospects of an emerging magnetic energy transduction technology, the so-called

magneto-mechano-electric (MME) generators, are reviewed. MME generators utilize the magnetoelectric (ME) coupling in composites of piezoelectric and magnetostrictive materials and interaction between the proof magnet mass and magnetic field. Since the piezoelectric phase in the composite also responds to mechanical vibration directly, an ME-based energy harvester can harness energy from both mechanical vibrations and magnetic fields simultaneously. This combination is expected to enhance the total power output and conversion efficiency. The MME generator can be a ubiquitous power source for WSNs, low power electronic devices, and wireless charging systems by transducing energy from the tiny magnetic fields present as parasitic magnetic noise in an ambient environment.

S1-3 고출력 백색 LED/LD을 위한 발광체 개발

임원빈*. *한양대학교*

Phosphor-converted white light-emitting diodes (pc-WLEDs) and laser diodes (pc-LDs) are the efficient light source that has multi-farious applications in lighting, high-tech displays, electronic devices, and headlight application. One of the biggest challenge of them is the thermal quenching (TQ), in which phosphor suffers from emission loss with increasing temperature during high-power LED/LD operation and is an inevitable drawback for any existing phosphor. Here, we present robust and none-TQ WLEDs/LDs using various strategies to overcome the TQ and efficiency decrease by means of (1) phosphor-plate with high thermal conductivity by graphene-wrapping, (2) by rotation-wheel using phosphor-plate, and (3) a zero-thermal-quenching phosphor. In particular, for the first time, a new blue-emitting phosphor that doesn't exhibit TQ revealing zero-emission loss even up to 250ºC. This phenomena of a zero-thermal quenching, denoted as self-healing phosphor, portrays the ability of phosphor in resurrecting the emission loss and sustaining the luminescence with increasing temperature. This finding would initiate the exploration of many self-healing phosphors with zero-thermal quenching for high-power LED/LD applications.

S1-4 Photonic Neuromorphic Devices using Oxide Semiconductors

산화물 반도체 기반 광시냅스 소자 기술

김영훈*. *성균관대학교*

In the last decade, oxide semiconductor based electronics have gained a considerable interest in various research areas such as display backplanes, flexible electronics, and stretchable electronics. The oxide semiconductors exhibit relatively high carrier mobility and good operational stability. Also, low-temperature processing and large-area scalability are possible by using conventional manufacturing technology such as sputtering or direct printing. Particularly, in recent, a significant number of researches have been devoted to realize emerging electronics including opto-electronic and neuromorphic devices. In addition, the metal-oxide semiconductors can be hybridized with various nano-materials like graphene nanosheets, reduced graphene oxides, and quantum dots to alter their inherent physical nature and to obtain new functionalities. Here, we introduce our progress on the fabrication of solution-processed oxide materials and their utilization in neuromorphic systems. Specifically, synaptic devices which can be operated by optical stimulus, or so-called, photonic neuromorphic devices were fabricated by using indium-gallium-zinc oxide and important synaptic functions such as short-term memory, long-term memory, and neural facilitation were emulated. Moreover, a new type of photonic n euromorphic device is demonstrated which has the crossbar structure. We discuss the operation mechanism and the emulation of various synaptic functions.

S1-5 Fluorite Structure Ferroelectrics and Antiferroelectrics for Memory and Energy Applications

메모리 및 에너지 소자용 플루오라이트 구조 강유전체 및 반강유전체

박민혁*. *부산대학교*

2011년 독일의 NaMLab과 Fraunhofer 연구소에서 처음 실리콘 도핑된 산화하프늄 박막에서 나타나는 강유전성을 보고한 이후 플루오라이트 구조 기반의 강유전체 및 반강유전체에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.[1,2] 플루오라이트 구조 강유전체는 기존 강유전체에 비해서 메모리 소자의 집적화의 부분에서 훨씬 유리한 특성을 가지며 실리콘이나 CMOS 응용에 적합한 특징으로 유망한 차세대 물질로 많은 관심을 끌고 있다.[2] 또한, 플루오라이트 강유전체의 경우에는 에너지 저장/하베스팅, 고체상태 냉각등의 응용에 유망할 수 있다는 결과가 보고되어 많은 관심을 끌고 있다.[2-4] 또한, 박막의 조성과 두께를 제어함으로써 강유전체와 반강유전체 결정상의 Morphotrophic Phase Boundary (MPB)를 이용하면, 두 결정상과 차별화된 물성을 얻을 수 있다는 결과도 최근 보고되었다.[5] 적당한 조성 제어를 통해서 메모리 및 에너지 소자에 응용할 수 있는 특성을 보이는 점 때문에 플루오라이트 구조 산화물은 IoT 분야 응용에 유망항 물질로 여겨진다. 본 발표에서는 플루오라이트 구조 기반 강유전체, 반강유전체의 IoT 분야 응용을 위한 기초적 물성에 대한 연구 결과들에 대해서 발표하고자 한다.

참고문헌

[1] T. S. Boescke et al. Appl. Phys. Lett. 2011, 99, 102903.
[2] M. H. Park et al. Adv. Mater. 2015, 27, 1811.
[3] M. H. Park et al. Adv. Energy Mater. 2014, 4, 1400610.
[4] M. H. Park et al. Nano Energy 2015, 12, 131.
[5] M. H. Park et al. ACS Appl. Mater. Interfaces 2018, 10, 42666.

S1-6 Hybrid Memristor-based Computing Technology for Edge Application

김경민*. *KAIST*

Analog memristors enable compact neuromorphic computing with low power consumption. One of the issues in the technology is slow speed for precise analog data programming. In this presentation, a novel analog data programming method is proposed utilizing an in-memory logic technique. The method can transfer any resistance values from reference resistors to the target memristor accurately inside a crossbar array by performing an appropriate voltage clocking. We propose an ideal memristor model based on the method and evaluated a Ti-doped NbO_x charge trap memristor as a promising candidate for application. The characteristic error of the Ti-doped NbO_x memristor device was about 5% on average, compared to the ideal memristor, and configuring optimum parallel resistors in the circuit further improved this to 2.95%. We then applied the method to program a memristive neural network and confirmed this error was negligible, and thus, the proposed method is viable. Such hybirid

computing technology allows low power and low cost device suitable for edge applications in the IoT era.

S2-1 Preserving a High Energy Density of the Lithium-Rich Layered Oxides (LLO) and New Lithium Diffusion Model for LLO

강기석*. *서울대학교*

Lithium-rich layered oxides (LLOs) are considered promising cathode materials for lithium-ion batteries because of their high reversible capacity, which is attributed to the exploitation of the novel anionic redox in addition to the conventional cationic redox process. Cobalt-free layered lithium-rich nickel manganese oxides, $Li[Li_xNi_yMn_{1-x-y}]O_2$, are one of the promising positive electrode materials for lithium rechargeable batteries because of their high energy density and low materials cost. However, substantial voltage decay is inevitable upon electrochemical cycling, which makes this class of materials less practical. It has been proposed that undesirable voltage decay is linked to irreversible structural rearrangement involving irreversible oxygen loss and cation migration. In the first part of my talk, we demonstrate that the voltage decay of the electrode is correlated to Mn^{4+}/Mn^{3+} redox activation and subsequent cation disordering, which can be remarkably suppressed via simple compositional tuning to induce the formation of Ni^{3+} in the pristine material. By implementing our new strategy, the Mn^{4+}/Mn^{3+} reduction is subdued by an alternative redox reaction involving the use of pristine Ni^{3+} as a redox buffer, which has been designed to be widened from Ni^{3+}/Ni^{4+} to Ni^{2+}/Ni^{4+}, without compensation for the capacity in principle. Negligible change in the voltage profile of modified LLNMO is observed upon extended cycling, and manganese migration into the lithium layer is significantly suppressed.

In the second part of the talk, I will discuss about transition metal (TM) migration, which is now understood to be the critical factor triggering the anionic redox as well as the phase transition, although the origin is still under debate. A better understanding of the specific TM migration behavior and its effect during charge/discharge would thus enable further development of this class of materials. I will show that the unique TM migration during charge/discharge significantly alters the lithium diffusion mechanism/kinetics of LLO cathodes. I present clear evidence of the much more sluggish lithium diffusion occurring during discharge (lithiation) than during charge (de-lithiation), which contrasts with the traditional lithium diffusion model based on simple topotactic lithium intercalation/deintercalation in the layered framework. The reversible but asymmetric TM migration in the structure, which originates from the non-equivalent local environments around the TM during the charge and discharge processes, is shown to affect the lithium mobility. This correlation between TM migration and lithium mobility led us to propose a new lithium diffusion model for layered structures and suggests the importance of considering TM migration in designing new LLO cathode materials.

S2-2 Metal Halide Perovskite Materials for Solar Cells

석상일*. *울산과학기술원(UNIST)*

Oxide perovskite materials occupy a very important position in the functional materials, which exhibit many excellent properties including ferroelectricity piezoelectric, thermoelectric, antiferromagnetic, giant magnetoresistance, insulation, semiconductor, conduction, and even superconductivity. Similarly, recently, halide perovskite has shown excellent properties in solar cells and is emerging as a promising material in various applications. They are represented by the general formula ABX_3 and have the same crystal structure as calcium titanate ($CaTiO_3$), where A and B sites accept inorganic cations of various valency and ionic radius, and X site accommodates anions (halogen or oxygen). In particular, halide perovskites exhibit beneficial properties for high-performance photovoltaic systems such as a suitable band gap (1.5-1.4 eV), high absorption coefficient (10^4-10^5 cm^{-1}), low exciton binding energy (< 50 meV), and long charge-carrier diffusion length (~175 μm). This excellent property allows the efficiency of perovskite solar cells to reach a level comparable to the efficiency of silicon solar cells studied over a long period of time. In this presentation, I will talk about evolution of perovskite solar cells, based on our results.

S2-3 Stretchable Hetero-nanostructures for Wearable Energy Storage Devices

Sangbaek Park*. *Korea Institute of Science and Technology*

Stretchable energy storage devices that can accommodate large strain while retaining their electrochemical functions are the key components to power elastomeric electronics and make them truly autonomous systems. Many efforts have been made to improve the electrochemical energy performance using various morphologies of nanomaterials as the electrodes. However, a single-component electrode material can hardly obtain the characteristics of high electronic/ionic conductivity, high electrochemical and mechanical stability, simultaneously. Therefore, designing well-arranged hetero-nanostructures that overcome the limitations of different electrochemically active materials and combine the advantages of them is of great significance and still remains a challenge. Herein, we extend hetero-nanostructure strategy to the emerging battery technologies for wearables. It contributes to the development of advanced electrodes, enabling wearable batteries to be high performance as well as multifunctional – transparent, electrochromic, integrated, or self-healing. Therefore, ongoing efforts to explore novel hetero-nanostructures will achieve a breakthrough in soft energy storage system.

S2-4 Complete Pb Recovery and Recycling from Perovskite Solar Cells Using Calcium Phosphate Nanomaterials

Dong Hoe Kim[1,2*], So Yeon Park[3], Ji-Sang Park[4], Byeong Jo Kim[5], Aron Walsh[4,5], Kai Zhu[1], and Hyun Suk Jung[3]. [1]*National Renewable Energy Laboratory, USA,* [2]*Sejong University, Republic of Korea,* [3]*Sungkyunkwan University, Korea,* [4]*Imperial College London, UK,* [5]*Yonsei University, Republic of Korea*

Over the past 5 years, a significant amount of progress in perovskite solar cell field has been accomplished including high-performance, stability and large-area modules. Nevertheless, since Pb is an essential element in PSCs, environment, health, and safety (EHS) effects of materials and processes could be major concerns for PSC commercialization. Restriction of Hazardous Substances Directive (RoHS) considers that the treatment of Pb-contained nonaqueous solution waste occurred during manufacturing and the continuous exposure of

Pb from waste or in the device could potentially cause long-term risks even at the low Pb levels as in the manufacturing process or device. CdTe solar cells have been commercialized, despite the presence of the hazardous element Cd, which is considered as an existing exemption-example of RoHS directive. There, Cd is controlled through a meticulous management and recycling program from production to disposal of CdTe thin-film solar cells. Thus, the development of a Pb removal/separation and recycling technology for Pb-containing nonaqueous polar aprotic solvent waste would address the EHS issues and would open the path to mass-production of PSCs.

Although there have been several approaches to remove Pb from aqueous solution, such as chemical precipitation, membrane filtration, and adsorption using adsorbent particles. Because of precise Pb removal below ppm level, efficient, fast kinetics, the adsorption approach has been considered as one of the best methods to remove Pb ion from aqueous solvent. There are various adsorbent candidates with these required properties, e.g., TiO_2, Fe_2O_3, carbon derivatives, and hydroxyapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, HAP). Among these adsorbents, HAP has an advantage over its competitors like easily controllable particle size and shape, malleable surface charge by dopant, bio- and environmental-friendly and cost-effective earth-abundant components, and regenerative properties for better adsorbent. Moreover, controllable solubility and surface charge of HAP depending on pH makes possible to recycle Pb elements. The simple precipitation of PbI_2 which is the main chemical for perovskite and has a very low solubility in water makes this recycling process feasible.

Here, we report a sustainable Pb management process from the removal/separation of Pb in Pb-containing nonaqueous solvent for recycling of Pb raw materials as PbI_2. The key to this process is the design of Metal-decorated HAP hollow composite (HAP/Metal), which serves two critical functions: (1) assigning magnetism for easy separation of Pb-adsorbed HAP/Metal composite from solvent, and (2) modifying surface charge to enhance Pb adsorption capability. We completed removing Pb from aprotic polar solvents below 15 ppb satisfying the standard from the United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA).

S2-5 Advanced Solid Oxide Cell for Power Generation and Storage

에너지 생산 및 저장을 위한 차세대 고체산화물 셀 기술

이종호*, 양성은, 지호일, 김형철, 윤경중, 손지원, 김병국, 이해원. *한국과학기술연구원*

KIST has carried out wide range of research and development in high-temperature solid oxide cells for energy conversion and storage applications including fuel cells and electrolysis. The ultimate goal of fuel cell research is to develop the high-performance, low-cost, modular, and fuel-flexible solid oxide fuel cells (SOFC) suitable for various power generation applications. We successfully demonstrated 1 kW-class stacks operating at 650°C using CH_4 fuel based on conventional ceramic powder processing technologies. To further reduce the operating temperature without sacrificing the performance, application of thin film technologies such as pulsed laser deposition (PLD) and chemical solution deposition (CSD) are investigated. For energy storage, high-temperature solid oxide electrolysis cells (SOEC), which offer inherent advantages in thermodynamics and kinetics over the low-temperature conventional electrolysis, are being actively investigated for steam electrolysis, with a special focus on the long-term stability. The presentation will discuss the up-to-date progress of related research activities at KIST

S2-6 Sustainable Power Generation from Multifunctional Piezoelectric and Triboelectric Nanogenerators

김상우*. *성균관대학교*

Energy harvesting systems based on piezoelectric and triboelectric nanomaterials are in great demand, as they can provide routes for the development of self-powered devices which are highly flexible, stretchable, mechanically durable, and can be used in a wide range of applications. Our recent research interest mainly focuses on the fabrication of piezoelectric and triboelectric power generators based on various kinds of nanomaterials. Flexible generators exhibit good performances and are easy to integrate which make it the perfect candidate for many applications, and therefore crucial to develop. In this presentation, I firstly introduce the fundamentals and possible device applications of triboelectric power generators, including their basic operation modes. Then the different improvement parameters will be discussed. As main topics, I will present a couple of recent achievements regarding highly stretchable piezoelectric-pyroelectric hybrid nanogenerators (NGs), transparent flexible graphene triboelectric NGs (TENGs), textile-based wearable TENGs, etc. The recent research and design efforts for enhancing power generation performance of generators to realize self powering of portable and wearable sensors and electronics will also be discussed in this talk.

S2-7 Synergistic Interface of Copper-Ceria for C-C Coupling Reactions in Electrocatalytic CO_2 Reduction

이찬우[1,3*], 신승재[2], 정혜진[3], Dang Le Tri Nguyen[3,5], 이시영[3], 이웅희[3], 원다혜[3], 김민규[4], 오형석[3], 장태환[2], 김형준[2], 민병권[3,6], 황윤정[3]. [1]*국민대학교*, [2]*KAIST*, [3]*KIST*, [4]*포항공과대학교*, [5]*Duy Tan University*, [6]*고려대학교*

The electrochemical conversion of CO_2 into high-value C_{2+} chemicals using a renewable energy is a promising strategy for realizing carbon-neutral cycles, while high energetic barrier of C-C coupling reactions limits the product selectivity. Here, we propose that the close coupling of Cu with ceria at the nanometer level creates the synergistic interface for selective C-C coupling, and the Cu/ceria catalyst is demonstrated to achieve the selectivity values of 81.2% and 71.6% for the CO_2 reduction reaction and C_{2+} production, respectively. The relative amount of Cu to Ce controls the density of the interfaces and Cu-Cu diatom sites, thus determining the selectivity of C_{2+} chemicals. The synergistic interface is proposed to weaken the hydrogen binding energy by the modification of electronic structure as well as strengthen C-C bond of the OCCO intermediate by the binding mode change, significantly lowering the reaction energy of the C-C coupling step with a broken scaling relation. This work offers new insights into the role of the metal-oxide interface in the electrochemical reduction of CO_2 to high-value chemicals.

S3-1 Multi-dimensional Nanobuilding Blocks for Selective Molecule Detection

다차원 나노구조체: 선택적 분자 검출 기술

김일두*. *KAIST*
초고감도 가스센서 성능을 구현하기 위해서는 다공성 나노구조체의 합성 및 촉매 기능화가 중요하다. 본 초청강연에서는 1차원, 2차원의 소재로 부터 3차원의 다공성 나노구조 building blocks을 조립하는 다양한 기술들에 대해 소개하고, 휘발성 유기화합물 가스들을 선택적으로 검출하는 방법에 대해 소개하고자 한다. 특히 전기방사 공정을 이용한 나노섬유 구조와 금속유기 구조체(Metal Organic Framework)를 template으로 활용한 다공성 반도체 세라믹 소재를 이용하여 초고감도 가스센서 성능을 구현하는 전략에 대해 토론하고자 한다.

S3-2 Virus: The Next Generation Material

오진우*. *부산대학교*
Evolution by natural selection from the ancient past creates numerous nanomaterials, of which only the best is selected and propagated in generations of proteins and genes. Proteins and genes coordinate the spatial and temporal control of the synthesis of organic and inorganic nanomaterials, and generally form a hierarchical structure with specific functions. Moreover, further modification of the structure to manipulation capability was a key component of evolutionary pressure by natural selection. However, most of the nanostructures in nature are stereostructured and poorly formed, sometimes arranged at low levels, making it difficult to imitate very accurately. Our M13 bacteriophage-based self-assembly approach can be good candidate to overcome those obstacles. M13 bacteriophages are very beneficial for self-assembly. M13 bacteriophage can be mass-replicated with a specific *E. coli* as a host, so that an almost perfectly uniform monomer can be mass-produced easily and inexpensively. In addition, it is possible to express various chemical functional groups on the surface protein of M13 bacteriophage through genetic engineering technology. Due to above-mentioned advantages of the M13 bacteriophage, we are conducting research on application to various sensors, full color pixels and piezoelectric nanogenerators.[1]

Topic 1: In nature, it is possible to observe many organisms with various structural colors which are represented by regular nanostructures on the surface. M13 bacteriophage-based color film developed through self-assembly inspired by changes in skin color of turkeys changed by external stimuli. When an external chemical penetrates into the color film, the M13 bacteriophage nanostructure expands. As a result, the wavelength of the reflected visible light region is red-shifted. On the other hand, if the molecules that have penetrated into the M13 bacteriophage bundle evaporate, the wavelength of the reflected visible light region is blue-shifted as the distance between the nanostructures becomes narrower. With this principle, it is possible to fabricate a sensitive and high selectivity sensor through M13 bacteriophage expressing a peptide capable of specifically binding to a specific molecule. Topic 2: The basic principle of various colors existing in the natural world is largely divided into a method of absorbing a specific wavelength through a pigment, and a method of reflecting a light corresponding to a size or an interval of a protein or collagen structure on a surface. Morpho didius, a kind of butterfly inhabited in Peru, produces colorful blue using both color and structure color principles. In this study, we have fabricated color pixels by simple method which is mimicking both the pigment layer and the three-dimensional optical structure of Morpho didius. Topic 3: The M13 bacteriophage is a long fiber-like virus with a length of 880 nm and a width of 6.6 nm, consisting of 2,700 pairs of surface proteins and 5 pairs of proteins at both ends. Surface proteins have a dipole and produce a permanent polarization in the axial direction. We succeeded in developing a piezoelectric device with improved piezoelectric efficiency by using vertical orientation technology and genetic engineering technology of M13 bacteriophage.

References

Oh et al. *Nature.* 478, 364 (2012), *Nature comm.* 5, 3043 (2014), *Sci Rep.* 5, 13757 (2015), *Energ. Environ. Sci.* 8, 3198 (2015), *Chem. Sci.* 8, 921 (2017), *Sci Rep.* 9, 196 (2019)

S3-3 Tactile Sensing Electronic-skin for Wearable Health Monitoring and Robotic Applications

건강 모니터링 및 로봇에 적용 가능한 전자 피부 기술

Parkstevejeunghoon*. *KAIST*
Herein we propose the use of microporous structures to fabricate 1) highly sensitive, large dynamic range pressure sensors with low hysteresis and 2) strain sensors with no-response to applied pressure. Together, these devices can be used to differentiate between various tactile inputs with high degree of accuracy for vital sign monitoring, and human motion detection. To fabricate the pressure sensors, we present a novel droplet-based microfluidic assisted emulsion technique to generate 3-dimensional microporous structure. Our technique can generate uniformly sized pores assembled in an orderly close-packed manner over a large area, resulting in high spatial uniformity. The size of the pores can easily be tuned, though which the sensitivity and dynamic range can be controlled. To fabricate the pressure insensitive strain sensor, we use microporous structure composed of multi-walled carbon nanotube encapsulated within polydimethylsiloxane matrix. Herein, we utilize the difference in structural change upon the application of compressive and tensile strain. Our pressure and strain sensors can easily be coated onto irregularly shaped 3-dimensional objects, and can be used to differentiate between shear stress and normal pressure.

S3-4 Bioactive Ceramic Nanoparticles for Tissue Regeneration

이정환*. *단국대학교*
Ceramic biomaterials in nanoscale regime often show unexpected capacity in tissue healing and disease curing. Cells sense the nanotopological substrates to enable adhesive process, and to adopt preferential elongation and migration; also, cellular differentiation into mature cells like osteoblasts and myoblasts is highly dynamic under the nanotopological cues. Design of therapeutic molecules has emerged a promising tool to provide biomimetic matrix cues to cells and tissues; at the same time, delivery of the molecules through nanocarriers is an exciting area to enable targeted functions like anti-inflammation, angiogenesis, and osteogenesis. This talk covers the current cutting-edge approaches on nano-biomaterials developed to provide therapeutically relevant cues to repair and regenerate dental tissues.

S3-5 세라믹 골대체재 산업화 20년

유현승*. *㈜시지바이오*

1995년 인공뼈는 교과서에서나 볼 수 있었던 용어였다. 서울의대 정형외과에 co-work을 통해 하이드록시 아파타이트 원료 합성부터 다공성 인공뼈 개발까지 연구를 진행하였다. 기공구조와 기공크기와 같은 물리적 구조와 인산칼슘 화합물 구성성분에 따른 골전도성의 차이를 규명하였다. 그러나 기존 인산칼슘 화합물은 기계적 강도가 현저히 낮기 때문에 응력이 가해지지 않는 골결손부위에 Bone void fiiler로서만 사용될 수 밖에 없다. 따라서 좀더 용도를 넓히기 위해서는 뼈와 잘 결합하면서 기계적 강도, 특히 파괴인성을 크게 개선한 신소재 개발이 필요하였다. 이를 해결하기 위해 Osteoactive glass- ceramics 소재개발에 착수하였고 마침내 하이드록시아파타이트보다 세포의 활성을 자극하고 뼈가 더 잘 결합하며 파괴인성도 3배 이상 높아진 BGS-7 소재 개발에 성공하였다. 이 소재를 활용하여 척추 추간판 유합 보형재 용도로 제품 개발에 나섰고 허가용 인체임상시험을 통해 “Novomax” 제품이 품목허가를 획득하여 출시되었다. 갈수록 인간의 수명은 증가하고 노령화에 따른 퇴행성 척추 질환의 증가는 좀더 강력한 성능의 인공뼈를 요구하게 되었으며 단순히 scaffold의 역할보다는 적극적인 Osteoinduction의 효능을 필요로 하였다. 이에 따라 대표적인 골형성 단백질인 Bone morphogenetic protein-2를 연구하였고 좀더 생산성을 높여 가격적인 부담을 낮추기 위해 대장균 유래 rhBMP-2 생산 기술 개발에 착수하였다. 그 결과 세계 최초 대장균 유래 rhBMP-2을 함유한 인공뼈인 “Novosis”를 치과용도로는 2013년에 품목허가를 획득하고 정형외과용도로는 2016년도에 품목허가를 획득하였다. 세라믹 인공뼈는 다른 세라믹 분야처럼 일본이 가장 앞서 있었으나 한국인의 집요한 도전과 적극적인 세계화로 대한민국 기술이 추월하게 되었고 전세계에 세라믹 인공뼈의 대중화를 가져올 수 있을 것으로 생각한다. 좀더 세라미스트들의 의약바이오분야에 도전할 필요가 있다. 금속과 고분자 재료는 생체친화성에는 한계가 있다. 생체 세라믹을 기반으로 생리활성 물질의 융합화와 금속, 고분자와의 복합화를 통해 단일 재료로서는 충족할 수 없었던 새로운 기능성 제품 개발이 가능해졌다. 특히 3D 프린팅 기술의 발전은 좀더 원하는 대로 균일하게 융복합화를 가져올 수 있고 기존 가공기술로는 만들 수 없는 정밀하고 다양한 구조를 구현할 수 있다. 앞으로 인공뼈 및 조직 재생에 있어서 첨단 소재와 공정 기술의 발전은 수명 증가에도 삶의 질을 유지하는 데 필수불가결한 요소가 될 것이며 부품 교체하듯 인간의 조직도 얼마든지 새롭게 재생시키는 날이 올 것으로 기대된다.

S3-6 Shape- and Function-contol of Bioceramics

바이오세라믹스의 형상 및 기능제어 기술

윤희숙*. *재료연구소*

바이오세라믹스를 효율적으로 임상에서 활용하기 위해서는 응용목적에 맞추어 여러 가지 형상 및 기능을 제어할 수 있는 기술개발이 필요하다. 바이오세라믹스의 형상은 일반적으로 과립형, 섬유형, 패이스트형, 박막형 혹은 블록형으로 적용되고 있으나 최근 3차원 복잡형상 정밀제어가 가능한 3D프린팅 기술의 발전으로 환자맞춤형 3D조형물로써의 활용도 주목되고 있으며 관련된 기술이 활발히 연구되고 있다. 또한, 바이오세라믹스의 기능에 있어서는 고전적으로는 바이오세라믹스의 조성 및 결정성 제어에 따른 생분해성, 생체활성 및 골전도성 제어 등이 연구되어 왔으나 최근에는 약물 등의 기능성 물질 담지 및 방출기능 제어를 통한 기능제어 연구가 보다 활발히 연구되고 있다. 본 강연에 있어서는 현재 재료연구소에서 개발되고 있는 다양한 세라믹 3D프린팅 기술을 이용한 기능성 골이식재 기술과 기능 및 마이크로 크기의 구형입자 제조기술 및 기능에 관하여 소개하고자 한다.

S3-7 Bioactive Nanomaterials for Tissue Regenerative Therapies

김해원*. *단국대학교*

Damaged and diseased tissues often face challenging issues including vasculature formation and inflammation. Bioactive nanomaterials with therapeutically relevant functions, such as inflammatory regulation, angiogenic stimulation and stem cell homing can restore and accelerate the repair and regenerative process. Here I talk about the therapeutic functions of bioactive nanomaterials, with an emphasis on their dynamic interactions with cells and molecules at the extra-/intracellular space. Key strategies are discussed with some relevant in vivo models including skin wound, osteoarthritis, muscle damage and injured nerve.

Refs) Kim HW et al. Biomaterials 142, 62 (2017); Adv Science 1700034 (2017); Biomaterials 116,145 (2017); Mater Horizon 4, 772 (2017); Nano Today 14, 84 (2017); Mater Today 18,573 (2015); Adv Funct Mater 25,193 (2015).

S4-1 Current Status and Prospects of Ceramic Membrane for Water Treatment

수처리를 위한 세라믹 분리막의 현황 및 전망

송인혁*. *재료연구소 (KIMS)*

Ceramic membranes can be applied under extreme operating conditions such as low pH, high pressure and high temperature. Especially, the inherent limitations of conventional polymer membranes can be overcome by adopting ceramic membranes simply to the existing water treatment systems. Moreover, there are a lot of potential applications of ceramic membranes such as distillation, adsorption and extraction in various industrial areas. Therefore, the ceramic membrane technology is not a mere ceramic processing technology, but a highly influential technology to the overall environment technology.

In this study, we focused the current status and prospects of ceramic membrane for water treatment by adopting various kinds of ceramic materials such as alumina, silicon carbide and natural materials. Especially, the ceramic membrane of flat-sheet type fabricated by extrusion process was introduced in various applications such as membrane bioreactor (MBR), industrial wastewater, and pretreatment in desalination. This presentation consists of three parts: (1) Tailoring pore structures of the substrate of ceramic membrane, (2) Functionalizing the coating layer of ceramic membrane, and (3) Extruding the substrate of ceramic membrane.

S4-2 반도체·디스플레이 산업용 세라믹의 개발

이성민*, 오윤석, 김형준. *한국세라믹기술원*

세라믹 소재는 반도체 및 디스플레이 제조장비에 광범위하게 적용되고 있다. 최근에는 메모리반도체, LCD 등의 분야이외에도 비메모리 반도체, OLED 산업에서 또한 세라믹의 중요성이 확대되고 있다. 따라서 식각율 위주의 전통적인 내플라즈마 소재의 개발에서 오염입자의 저감, 시즈닝시간 감소, 정전척, 히터와 같은 능동부품의 수명 향상 등에 영향을 끼치는 세라믹의 개발이 요구되고 있다. 이러한 세라믹의 개발에는 기존의 저식각율, 고밀도 소재의 개발이라는 방향에서 더욱 나아가 소재의 화학조성 및 마이크로 결함의 제어 뿐만 아니라 원자단위의 결함까지 같이 고려하여 소재의 개발이 이루어질 필요가 있다. 본 발표에서는 최근 산업동향 및 소재연구

개발 결과를 바탕으로 반도체·디스플레이 산업용 세라믹의 미래개발 방향에 대하여 토의하고자 한다.

S4-3 원자력 극한환경용 세라믹 복합재료 개발현황 및 전망

김원주*, 신정호, 김대종, 이현근, 박지연. *한국원자력연구원*

탄화규소(SiC) 기반 세라믹스 및 복합재료는 우수한 고온강도, 내부식성, 조사저항성, 낮은 중성자 흡수단면적, 저방사화 등의 특성을 갖고 있어 다양한 원자력시스템의 핵심부품으로 적용이 고려되고 있다. 초고온가스로용 제어봉 구조부품 및 열교환기 부품, 고속증식로용 핵연료 부품 및 구조부품, 핵융합로용 블랭킷 구조재료 뿐만 아니라 최근에는 경수로용 핵연료 피복관 및 구조부품으로의 활용을 위한 연구도 이루어지고 있다. 원자력용 노내 구조소재는 중성자 조사, 기계적 응력, 고온, 냉각재와의 화학반응 등 매우 혹독한 환경 하에서 운전되며 이로 인해 소재 특성의 열화가 나타나게 된다. 이 중에서 냉각재와의 화학적 양립성은 장기가동에 따른 물성 저하와 부품의 수명을 결정하는 중요한 요소 중의 하나이다. SiC 소재의 적용이 고려되고 있는 원자력시스템들은 시스템별로 다양한 냉각재가 활용되고 있어 각각의 환경에서 화학적 양립성에 대한 평가가 실재 적용에 있어 매우 중요한 요소이다. 본 발표에서는 최근 여러 나라에서 연구개발이 활발히 이루어지고 있는 SiC 복합체의 경수로 피복관 적용을 위해 경수로 수화학 환경에서의 SiC 소재의 화학적 양립성과 주요 기술현안 및 최근의 연구결과 등을 소개하고자 한다.

S4-4 소형 세라믹 비드의 제조와 응용

김재육*. *(주)쎄노텍*

최근 소형 지르코니아 비드는 MLCC 원료 공정, 이차전지 활물질 제조, 안료의 나노 분쇄 및 분산에 사용되고 있으며, 전기자동차 시장의 확대와 나노 기술의 성장과 함께 큰 폭으로 성장하고 있다. 쎄노텍은 지난 20여년간 세라믹 비드의 국산화 및 수출에 주력해 왔으며 최근 소형 지르코니아 비드를 상품화 하여 시장에 공급하고 있다.

세라믹 비드의 제조는 프레스, CIP, 졸-겔법 등 다양한 방법으로 제조되고 있으며, 전동조립법이라는 눈사람을 만드는 방법과 유사한 방식으로 제조하는 방법이 양산에 유리한 것으로 알려져 있다, 그러나 비드의 크기가 작아질 수록 비드의 제조는 어렵게 되어 보다 정밀하게 제어될 수 있는 성형방법이 필요해진다. 특히, 100 μm, 50 μm 등의 비드와 제조와 관련해서는 각 회사마다의 고유 기술에 의하여 제조되고 있으며, know-how로 관리하고 있어서 알려진 바가 없어서 쎄노텍 자체 기술을 확립하여 상품화하고 있다.

이러한 소형의 세라믹 비드의 응용 분야로 나노 분쇄 및 분산과 관련하여 몇가지 예를 들고자 한다.

S4-5 투명세라믹스

나용한*. *화인테크*

도자기에서 시작된 세라믹스가 투명세라믹스까지 진화하기 까지 역사를 되돌아보고 투명세라믹스의 개발내용과 지금까지 연구 개발된 내용을 리뷰하였으며 현재와 향후 적용분야에 대하여 살펴보았다. 투명세라믹스 종류별 특성과 이에 대응하는 소재별 경쟁분야를 비교하였다. 아울러 미래시장에 대하여 소재별특성과 제조방법 그리고 상업화를 위한 연구내용를 소개하고 문제점 개선을 위한 내용에 대하여 고찰하였다.

S4-6 Application of Grain Growth Control to Ceramic Materials
세라믹재료에서 입자성장 제어의 응용

문경석[1*], 강석중[2]. *[1]경상대학교, [2]KAIST*

Microstructural control during sintering is one of the most important technique of improving the properties of inorganic materials. When a polycrystal is in chemical equilibrium, the microstructure changes as results of grain growth and densification under the capillary driving force due to the interface curvature among grains. The grain growth rate is expressed as the product of the interface mobility and the driving force. According to grain growth theories, the mobility of the interface governed by diffusion control is constant but interface mobility is nonlinear when the movement of an interface governed by interface reaction. As the growth rate is nonlinear for the regime of interface reaction control, the grain growth is nonstationary with annealing time. In addition, the slower process is dominant in the overall kinetics because the atomic movement process is a series process with interface reaction and diffusion (mixed control). The microstructure can be controlled by changing the growth rate of an individual grain with correlation between maximum driving force (for the largest grain) and the critical driving force for appreciable growth. This presentation shows applications of the principle in fabrication of ceramic materials such as particle shape control of soft magnetic hexaferrite materials and solid-state single crystals growth of lead-free piezoelectric materials.

S4-7 An Issue in Organic-Inorganic Conversion Process of Poly(Carbosilane) to Obtain High Performance SiC Ceramics
폴리카보실란의 유-무기 전환공정에 있어 고품위 SiC 세라믹 제조를 위한 이슈

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 있다는 점이 가장 큰 특징이며, 다양한 원소의 치환, 첨가가 원자 단위에서 조절 가능하다는 장점도 가지고 있다. PDC 기술의 대표적인 예가 SiC 섬유 제조라 할 수 있으나, SiC 출발물질로 사용되는 폴리카보실란은 그 외에도 복합체, 박막, 다공성 세라믹 제조에도 적용될 수 있으며, 형상과 공정에 따라 다른 상태의 세라믹이 형성되므로 유-무기 전환공정에 대한 전반적인 이해가 필요하다. 무엇보다 고품위 SiC 성형체를 얻기 위해서는 SiC의 순도를 비롯하여 결정의 크기와 치밀화 등을 조절하는 것이 중요한데, 폴리카보실란의 경우에는 SiC 결정 형성과 더불어 수반되는 흑연화, 이차열분해 등의 부가 반응이 SiC의 결정성장에 영향을 미치게 된다. 폴리카보실란이 SiC로 전환되는 과정은 경화 – 열분해 – 결정화 단계로 요약할 수 있는데, 각 단계에서 나타나는 특징적인 현상과 Si, C, O 원소의 거동이 SiC 결정의 성장과 치밀화에 미치는 영향을 디스커션 하고자 한다.

SW1-1 Direct Observation of Metal Surface Oxidation and Corresponding Changes in Physical Properties

김윤석*. *성균관대학교*

Oxidation and reduction processes in oxide surfaces have been widely explored by multiple characterization techniques becuase they underpin basic operational principles of multiple applications such as memristors, batteries, and fuel cells. In particular, there have been numerous works done by nanoscale studies based on the atomic force microscopy (AFM). On the other hand, oxidation and reduction

process in metal surfaces are also signficant for understanding corrosion behavior on the metal surface. However, there are not so many works based on the AFM even though the nanoscale studies can provide insight on the understanding of oxidation behavior on the metal surfaces. Here, I will summarize our recent efforts to study metal surface oxidation, e.g. corrosion, at the nanoscale in carbon steels using various AFM modes such as magnetic force microscopy, Kelvin probe force microscopy, conductive AFM, scanning capacitance microscopy, and contact AFM. The phases in the carbon steels and corresponding changes in the physical properties according to the degree of the oxidation have been observed using the above mentioned AFM techniques. Further, I will briefly introduce additional AFM techniques which can be further used for exploring physical properties of carbon steels as well as other materials such as oxides.

SW1-2 A Study on the Temperature Dependent Phase Transition in Fluorite Structure Ferroelectrics

플루오라이트 구조 강유전체의 온도에 따른 상전이에 대한 연구

박민혁*. *부산대학교*

플루오라이트 구조 강유전체에서 발현되는 강유전성은 2011년 독일의 NaMLab과 Fraunhofer 연구소에 의해 발견된 이후 많은 관심을 끌고 있다.[1,2] 벌크 상태의 산화하프늄이나 산화지르코늄의 경우 상평형도에서 강유전성을 띄는 결정상이 존재하지 않지만, 박막 상태의 도핑된 혹은 순수한 산화하프늄, 산화지르코늄에서 강유전성의 발현이 재현성을 가지고 다수의 그룹에서 보고되고 있다.[2] 이 물질의 경우에도 *Pca*2$_1$의 결정상을 가지는 orthorhombic 강유전성 준안전상이 형성되는 것이 강유전성 발현의 원인으로 받아들여지고 있다.[3] 일반적으로 강유전체들은 큐리 온도에서 상전이가 일어나는 현상이 잘 알려져 있고, 플루오라이트 구조의 강유전체도 기존의 강유전체와 마찬가지로 온도에 따른 상전이 현상이 기대된다. 본 발표에서는 Si 도핑된 산화하프늄 박막에서 나타나는 온도에 따른 구조적, 전기적, 자기적 특성의 변화에 대한 연구 결과를 발표하고,[4] 더 나아가 다양한 도펀트가 도핑되었을 때 나타나는 온도에 따른 강유전성 변화의 차이에 대해서 논하고자 한다.[5,6]

참고문헌
[1] T. S. Boescke et al. Appl. Phys. Lett. 2011, 99, 102903.
[2] M. H. Park et al. Adv. Mater. 2015, 27, 1811-1831.
[3] X. Sang et al. Appl. Phys. Lett. 2015, 106, 162905.
[4] M. H. Park et al. Adv. Electron. Mater. 2018, 4, 1700489.
[5] M. H. Park et al. Nano Energy 2015, 12, 131-140.
[6] M. H. Park et al. Nano Energy 2017, 36, 381-389.

SW2-1 Nano Scale Surface Characterization of 2D Materials

이차원 물질의 나노스케일 표면 연구

유영준*. *충남대학교*

The next generation electronics need to not only be smaller but also be more flexible. To meet such demands, van der Waals (vdW) heterostructures using two dimensional (2D) atomic crystals such as graphene, hexagonal boron nitride (h-BN) and transition metal dichalcogenides (TMDCs) have been attracted intensely. Since ultraclean surface of 2D atomic crystals should be guaranteed for high performance of vdW heterostructures devices, the scanning probe microscopy (SPM) leading to a direct characterization for atomic-scale surface of 2D crystals is strongly demanded. In this talk, I will present the topographic, electric and thermal characterization of graphene and 2D semiconductor surface by various SPM methods such as atomic force microscopy (AFM), scanning kelvin probe microscopy (SKPM), scanning gate microscopy (SGM) and scanning thermal microscopy (SThM).

SW2-2 Nanoscale Probing Materials Properties over a Centimeter-scale Area using Atomic Force Microscopy

김윤석*. *성균관대학교*

Atomic force microscopy (AFM) can be utilized for exploring nanoscale electrical, mechanical, and electromechanical properties on the different types of material systems. Because AFM can provide physical information with nanometer-scale range, it can cause misunderstaning that materials properties using AFM can be only obtained over a nanometer-scale area. However, recent AFM techniques allow exploring local materials properties over even a centimeter-scale area. In this presentation, I will summary our recent efforts for probing of various materials properties in multiple material systems such as $Pb(Zr,Ti)O_3$, TiO_3, Li ion conductors and $CH_3NH_3PbI_3$. Further, I will present nanoscale probing of materials properties over a large area using AFM for multiple devices such as displays and inductors.

SW3-1 Ceramic-Polymer Dielectric Nanocomposites for High Energy Density Capacitor Applications

고에너지밀도 캐패시터 적용을 위한 세라믹-폴리머 나노복합유전체

권도균*. *한국항공대학교*

Dielectric energy-storing devices enable faster delivery of energy (i.e. shorter charge or discharge time), and thus can be found promising applications on hybrid electric vehicles and pulse power devices. To design a proper dielectric materials for the energy storage application, three requirements have to be satisfied at the same time: large saturated polarization, small remnant polarization, and high electrical breakdown strength. Approaching methodology, materials synthesis and characterizations in the research activities on this subject are being extensively introduced and discussed with special emphasis on the improved dielectric stability of the newly designed 2-dimensional ceramic nanosheets based nanocomposites.

2D aluminosilicate nanosheets obtained via exfoliation of mica (muscovite) were embedded as nanofillers in PVDF based novel dielectric composite films. The 2D nanofillers in the PVDF based composites took a role to enhance the polarization response under high electric fields. While providing excellent insulation property to the composites, the aluminosilicate nanosheet fillers induced polar phase (b- and g-phases) formations of the PVDF polymers and affected electric field distributions to generate microscopic local polarizations near the filler locations, thus effectively increased dielectric permittivity and resulting energy density of the composites.

SW3-2 Microstructure and Properties of Secondary Phase in Metal Composite Dielectrics

금속 복합 유전체에서 이차상에 의한 미세 구조 및 특성

윤중락*. *삼화콘덴서공업(주)*

Thin film dielectrics and metal electrodes were laminated to study the microstructure and electrical properties. The microstructure of the secondary phase was confirmed by the influence of the composition of

the thin film dielectric and the sintering atmosphere. In this paper, we confirmed the effect on secondary electrical properties and reliability.

SW3-3 Government R&D Situation and Strategy of Materials and Parts

소재부품 R&D 정부과제 지원 현황 및 전략

정봉용*, 양미성. *한국산업기술평가관리원*

소재는 제조업 생산원가의 20% 정도를 차지하지만 부품/모듈/최종 제품의 가치를 결정하는 밸류체인의 근간이다. 소재의 특성에 따라 완제품/시스템의 품질과 가격이 매우 민감하게 변화하며 특히 고부가가치 첨담소재는 새로운 부품과 제품의 태생과 산업 창출에 핵심적인 역할을 맡고 있다. 세계는 이미 첨단소재 개발이라는 전쟁터에서 사투를 벌이고 있다. 왜냐하면 기술 선점과 시장 주도가 바로 국부에 직결되기 때문이다.

우리나라 정부는 최근, 매년 19조원이 넘는 R&D 예산을 집행하고 있으며 올해 2019년은 한동안 벽으로 여겨졌던 20조원을 돌파하는 첫 해가 되었다. 그러나 그 역시 한정된 예산이며 그 이상의 규모로 지원 필요성을 주장하는 수많은 기술 수요에 대하여 어떤 분야의 어떤 기술에 우선 투자해야 하는지에 대한 고민은 매년 반복되고 있다. 소재부품 R&D 정부과제의 최근 지원 현황과 향후 추진 방향과 전략 등을 다각적으로 분석함으로서, 입체적이고 다색적인 정부 R&D 투자의 이모저모를 소개하고자 한다.

SW4-1 Development of Organic-inorganic Hybrid Materials for Memristor by Using First-Principles-based High-throughput Calculation

제일원리 계산기반 고속대량 스크리닝을 이용한 멤리스터용 유무기 하이브리드 소재 개발

이동화*, 김성훈. *포항공과대학교*

멤리스터는 빠른 저항변화와 낮은 에너지 소비, 저발열 그리고 고집적이 가능한 특성때문에 차세대 비휘발성 메모리 소자로써 각광받고 있다. 비록 산화물 기반의 많은 멤리스터 소자들이 연구되었지만, 아직까지 DRAM에 비해서 많이 느린 속도와 높은 소비전력은 멤리스터가 차세대 메모리로써 활용될 수 있는 기회를 제한하고 있다. 하지만, 최근에 제안된 $MAPbI_3$ 기반 멤리스터는 기존 산화물 기반 멤리스터의 한계를 극복할 수 있는 가능성을 제시하였다. 특히, 낮은 구동전압과 빠른 구동속도, 그리고 높은 on/off 간의 저항변화는 유무기 하이브리드 기반 멤리스터를 차세대 저항메모리로써 활용할 수 있는 가능성을 열어주었다. 하지만 유무기 하이브리드 소재의 낮은 안정성은 endurance 저하를 불러왔고 따라서 새로운 하이브리드 소재의 개발을 필요로 하였다. 따라서, 이 연구에서는 제일원리 기반 고속대량 스크리닝을 이용하여 새로운 유무기 하이브리드 소재의 개발을 진행하였다. 우리는 계산 결과를 바탕으로 몇 종의 멤리스터용 유무기 하이브리드 소재를 제안하였다. 또한, 기존의 특정 중요인자기반 고속대량 스크리닝의 한계를 극복하기 위한 방법론에 대해서도 간략히 소개하고자 한다.

SW4-2 First-principles Study on 2D Hetero-structure Electrode Materials for Rechargeable Batteries

이차전지 전극용 2차원 이종구조에 대한 제일원리 연구

임강훈[1*], 이찬우[1], Rizcky Tamanary[1], 김향선[2], 윤하나[1], 유충열[1]. [1] *한국에너지기술연구원*, [2] *충남대학교*

The importance of rechargeable battery is dramatically increasing since secondary batteries are essential in most of the current and upcoming technologies such as electric vehicle, mobile devices, IoT, renewable energies, etc. However, since the performance of conventional Li-ion battery has been saturated, next-generation battery is required that has higher capacity and efficiency. A further enhancement for rechargeable battery requires the introduction of new intercalation ions or new electrode materials. In addition, high cost and low abundance of Lithium are another reason to develop a new battery system. For example, an Al-ion battery using graphite electrode shows an excellent coulombic efficiency which ensures several times longer cycle life than Li-ion battery. On the other hand, utilization of Al-ion battery is still limited since the capacity and power density of Al-ion battery are lower than Li-ion battery. Currently, graphene-based materials are the most widely used for cathode materials in various secondary batteries. To improve the performance of post-Li-ion rechargeable batteries, new electrode materials should be studied. Recently, MoS_2/graphene hetero-structure electrode has achieved impressive improvement in both performance and stability. In this talk, we discuss a first-principles study of 2D-hetero structures to search the new candidate electrode materials that could have higher performance as cathode materials.

SW4-3 Computational Discovery of Indirect-gap Semiconductors for Photovoltaics

강영호*. *재료연구소*

Photo absorbers are key components of solar cells used to convert solar energy into electricity. In this work, a high-throughput computational screening is carried out to discover potential absorbers. While direct-gap semiconductors are given a priority as absorbers for solar cells, herein, we pay attention to indirect-gap semiconductors that could exhibit a long lifetime of photocarriers because of low probability of band-to-band recombination, enabling high power conversion efficiency (PCE) of solar cells. From the Materials Project database, we explore semiconductors considering the direct band gap, the difference between the direct and indirect band gaps, and the effective mass of carriers as selection metrics. Taking low costs and earth abundance of constituent elements into account, we propose $GeAs_2$, $SiAs_2$, and $NaSbS_2$ as particularly promising indirect-gap semiconductors. Their absorption and defect properties are examined in detail using first-principles calculations, providing a route to engineering materials with plausible PCE.

SW5-1 Introduction of Research Activity on the Transparent Ceramics at KIMS and Discussion on the Planning of TCS (Transparent Ceramics Study)

재료연구소의 투명세라믹 연구 소개 및 투명세라믹연구회 활동 계획 협의

박영조*, 김하늘, 김미주, 고재웅. *재료연구소*

재료연구소의 엔지니어링세라믹연구실은 산자부 핵심방산소재기술개발사업(2013-2018)의 지원에 의해 우리나라에서도 대형 국책과제 형태로 투명 세라믹스에 관한 연구를 본격적으로 시작하였다. 동 과제에서는 강도와 경도가 우수하여 투명방탄 소재로 활용이 가능한 스피넬($MgAl_2O_4$)과 중적외선 투과능이 우수하여 센서의 윈도우 소재로 각광받고 있는 이트리아(Y_2O_3)를 성공적으로 개발하였다. 이와 같은 수동형 투명세라믹 소재 개발의 경험을 바탕으로, 현재는 재료연구소 연구운영비지원사업(2018-2020) 하에서 기존의 엔지니어링세라믹연구실은 물론 기능세라믹연구실의 연구원들도

참여하여 레이저 발진과 압전 등 능동형 투명세라믹 소재를 개발하는 과제를 진행하고 있다. 상기의 과제들을 수행함에 있어 국내의 산학연 기관들과 유기적인 협업을 이루어온 것을 바탕으로 국내에도 투명 세라믹스 분야에 있어서 다소간의 연구 저변이 형성 가능하였다. 나아가서 투명세라믹기술은 4차 산업혁명을 위시한 미래기술의 기반기술로 인식하고 있는 바, 향후 우리나라 세라믹 연구의 주요한 한 분야로 키워나가야 할 것으로 판단이 된다. 이러한 요구를 바탕으로 세라믹학회에서 지원하는 소규모연구회사업에 선정이 되었는데, 금번 춘계세라믹학회에서는 연구회의 멤버 및 관심을 가져 주시는 학회 회원이면 누구라도 참석하여 동 연구회의 활동 계획을 함께 수립하고, 이러한 연구회의 활동을 시발점으로 하여 우리나라의 투명세라믹 연구가 새롭게 도약하는 계기를 만들고자 한다.

SW5-2 광학 렌즈용 다결정 투명세라믹

이선규*, 박기영, 박상영, 윤창준, 정용석. *한화시스템*

기존에 광학용 렌즈 시스템에서는 가시광 파장대역과 열상 파장대역, 그리고 레이저 파장대역을 각각 설계하여 별도의 모듈로 구성되어지는 전자광학 시스템을 구성하였다. 현재는 각각의 파장대역을 하나의 광학계로 구성하고자 하는 노력이 한창 연구소에서 진행되어가고 있다. 그 중 한 가지는 미러를 이용한 광학계 구성이다. 하지만, 이 방식은 미러의 제안적 광학 구성이 있어 또 한단계 발전한 굴절형 공통광학계 개발이 한창이다. 굴절형 공통광학계 개발에서 가장 중요한 부분중 하나는 모든 파장이 통과하는 재질 개발이다. 이에 투명 세라믹을 이용한 굴절형 공통광학계가 어떠한 개발 과정으로 진행되며 이에 대한 시험평가 기준은 어떠한지 설명하고자 이 논문을 발표하게 되었다.

SW5-3 Hybrid Ceramic Heater based on TCO Thin Film Technology

투명산화물박막기술에 기반한 하이브리드 세라믹히터

류도형[1*], 이정욱[2], 양선규[1], 조영식[1], 김학범[2], 김관형[2]. *[1]서울과학기술대학교, [2]세온*

Transparent conducting oxide (TCO) films have been widely used as electrodes for display and solar cell. So, most of the transparent conducting oxide have been developed in the direction of raising transparency and its conductivity together. Recently, thin film types of heaters are slowly developing and starting to be used in several industries including automobile, semiconductor and other industries. The combination of thin film heater and the load bearing strong ceramic substrate can be an adequate strategy for alternative to the conventional sintered ceramic heaters. High degree of transparency may still be needed in case the apparatus is used for the surveillance performance while it is heated. However, when it comes to the heater applications, we have to consider the thermomechanical properties of the TCO thin film and the substrate materials. So, we need to optimize the optical properties and thermal properties together. In this study, we discuss the heater performance tin oxide thin films on various ceramic substrates. The possibility and limit of the thin film oxide heaters are also discussed, which will include the variation of temperature coefficient of resistance (TCR) of the heater and high temperature stabilities. We propose several applications of this type of hybrid ceramic heater based on TCO thin film technology for various applications including next generation 3D packaging apparatus.

SW6-1 Multidisciplinary Research from Bio-convergence Ceramics

바이오융합 세라믹스로부터의 다학제간 연구

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.

SW6-2 Effect of Adipose-derived Stem Cell Sheets on Wound Healing

시트형 지방유래 줄기세포의 창상 치유 효과

양채은*. *연세대학교*

Human adipose-derived stem cells (*h*ASCs), an attractive mesenchymal stem cell source, can accelerate cutaneous wound healing due to their plasticity and paracrine activities. To maximize therapeutic efficacy, highly-concentrated cells should be properly delivered to the wound. Traditionally, cultured stem cells are separated using proteolytic enzymes before re-suspension, which can deteriorate cell functions. Here, *h*ASCs were harvested as sheets through a non-invasive photothermal technique, and their effect on wound healing was compared with that of conventional cell delivery.

In vivo, dorsal full-thickness wounds were created on SKH-1 hairless mice. Compared to conventional methods, *h*ASC sheets application resulted in earlier and faster re-epithelialization based on the gross photography and H&E staining. Immunohistochemistry showed higher CD31 and VEGF expression in sheet-transplanted wounds.

Unlike conventional methods, since enzymes are not used, cell surface proteins and cellular contacts are preserved, and thus, stem cells secrete more growth factors and effectively engraft to the wound. In conclusion, improved wound healing might be expected by applying *h*ASC sheets obtained via non-invasive photothermal cell harvesting.

SW6-3 Functional Nanomaterials for Disease Imaging Based on Magnetic Interaction

자성간섭현상을 이용한 신개념 질병 이미징 프로브

최진실*. *한밭대학교*

질병에 대한 인식이 사후 치료에서 사전 예방으로 변화하면서 질병의 초기 발견을 가능하게 하는 이미징 기술의 개발이 다양하게 이루어지고 있다. 한 예로 자성 나노 입자는 MRI 프로브로 사용이 가능한데 다른 진단 프로브와 비교하여 체내 깊은 곳의 질병의 진단에 제한이 없다는 장점이 있으며 이들의 성질을 향상시킴으로써 질

병의 초기 진단 가능성을 보여주었다. 하지만 기존에 개발된 자성 나노 입자 프로브들은 항상 “ON” 신호를 보여주어 질병 부위 주변 조직에 나노 프로브가 비선택적으로 존재할 경우 배경 신호가 높아 질병의 신호 감도가 떨어질 수 있다. 이를 개선하기 위하여 질병 부위의 생물학적 환경에 따라 신호가 선택적으로 “ON/OFF” 될 수 있는 스마트 자성 나노 램프 시스템을 개발하였다. 두 가지 자성 물질 사이의 쌍극자 결합작용이 존재하며 그 결합 크기는 거리에 따라 다른데 이로 인해 두 물질 간의 거리에 따라 MRI 신호가 변화하는 Magnetic REsonance Tuning (MRET) 현상을 보여준다. 두 자성 물질 사이에 질병 주변 환경에 감응할 수 있는 링커와 연결하면 질병 부위에서 선택적으로 신호를 나타내는 MRET 센서로 개발될 수 있다. 한 예로 암 진단을 위해 MRET을 이용한 종양 전이를 유도할 수 있는 효소, MMP-2 (matrix metalloproteinase 2)의 존재를 검출했다. MMP-2가 없을 때는 MRET 센서 내의 자성 물질이 링커에 의해 서로 가까이 존재하여 MRI 신호는 “OFF” 상태이나 암 부위에서는 MMP-2에 의해 MRET 센서의 링커가 쪼개지면서 MRI 신호가 “ON” 되어 암부위에서 램프처럼 밝은 신호를 나타내었다. 이 MRET 센서는 MMP-2 뿐 아니라 pH, 활성 산소, DNA 등 다양한 환경 혹은 자극에 의해 감응할 수 있어 다양한 질병의 진단에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

SW6-4 Surface-modified Magnetic Oxide Nanoparticles for Systems Molecular Imaging

표면개질된 산화 마그네틱 나노입자 기반 시스템즈 분자 영상

양재문*. *연세대학교*

The aim of this presentation is the development of nucleic acid-modified T2 contrast agents based on magnetic oxide nanoparticles having high-specificity on HER2-expressing cancer cell. The surface of magnetic oxides nanoparticles (MONs) was modified by using the maleimidyl polysorbates as a magnetic nanoplatform for the increase of water-solubility and the conjugation of biomarker-specific nucleic acids. The *in vitro* targeting efficacy of MONs was confirmed by filter binding assay using a target protein and fluorescence-dark field microscopy using breast cancer cell lines. For the *in vivo* MR imaging, tumor-bearing mouse model was prepared by injection of cancer cells (2.0×10^6 cells/mouse) into the brain or subcutaneous tissue of thigh of BALB/c nude mice. After a week, tumor-targeted MR imaging was carried out on the tumor-formed mice at 3T clinical MRI instrument with the intravenous injection of nucleic acid-modified MONs. The control experiment was carried out using non-labeled T2 contrast agent (MONs). By a fluorescence/dark field microscopy analysis, MONs was more bound to HER2-overexpressing cells than control cells. *In vivo* targeting ability of MONs was also verified by MR imaging, a lot of MONs was accumulated at tumor region of cancer cell-implanted mice more than bare MONs. In conclusion, the result of this work will be a promising strategy for diagnosis of HER2-expressing cancer and treatment for patients.

SW6-5 Super-resolution Microscopy via Tissue Expansion

초미세 광학현미경 분석학

장재범*. *KAIST (한국과학기술원)*

Understanding the organ-wide molecular architectures of biomolecules is essential to dissecting the mechanisms of diseases, such as brain disorders and cancers. Recently, various optical microscopy techniques have been implemented to visualize such molecular profiles, but their resolution has been insufficient to precisely measure nanoscale changes in the distribution and expression levels of biomolecules. In 2015, a new super-resolution imaging technique, called expansion microscopy (ExM) was developed. This technique improves the resolution of conventional diffraction limited microscopy 3- to 4-fold, by physically expanding biological specimens via a swellable hydrogel. Here, we demonstrate the application of ExM to various systems and also demonstrate even better resolution by expanding biological specimens more than 4.5-fold, a process we call ‘iterative expansion microscopy (iExM)’. In iExM, biological specimens are expanded more than 20-fold and 20-nm spatial resolution is achieved with confocal microscopy. By scanning such expanded specimens with a high-throughput microscopy system, large-volume super-resolution imaging can be easily achieved. We demonstrate the super-resolution imaging of various cellular structures, including cytoskeletons, nuclei, and mitochondria of cultured cells. We also demonstrate the super-resolution large-volume imaging of various cell types in a brain, as well as the single-molecule resolution imaging of mRNA molecules in a brain via ExM.

SW7-1 Strategies for Commercialization of Power Generation Facilities using NaTEC Technology

소듐열전지 기술을 이용한 발전설비의 사업화 전략

김선화*. *(주) 한국에너지기술단*

소듐을 이용한 열전기변환장치(Natrium Thermal-to-electric Converter)는 열을 전기로 직접 변환하는 기술이다. NaTEC 기술은 기존 에너지기술 대비 고효율성과 고밀도성을 지니는 정적 에너지 변환 장치로서 이론 발전효율이 40%로 높고 단위발전량이 500 W/kg, 2.01 W/cm^{2}로 우수하다. 본 기고는 NaTEC기술을 이용한 사업성 기반이 확보된 사업모델을 도출하기 위해 새로운 개념의 발전플랜트 개념을 제시하였다. 즉, 전기와 열에너지 동시 생산이 가능한 열병합 설비나, 기존 발전기술과의 융복합화를 통한 발전기술을 개선하거나 혹은 생산된 전기를 이용하여 수소제조 기술로 도약 등을 위해 단순화된 경제성 분석을 통해 구체적인 실천방안을 도출하였다. 연료비를 절감하기 위해 단독기술의 효율을 개선하는 방안과 ORC, 복합화를 통한 발전효율 및 종합효율을 제고하는 방안을 제시하였다. 또한, 제조단가 절감, 설계수명확보, 이용률 제고 등을 통해 고정비용의 절감을 제안하였다. RPS, 요금제도, 열수요 시장 개선을 위한 노력방안을 제안하였다. 이를 위해 발전기술을 이용한 플랜트 설계 운영을 위한 요소기술개발, 설계 및 실증과제, 고온 운전을 위한 운전 모드 최적화 등 추가적인 연구개발이 요구된다.

SW7-2 Thermally Regenerative Technology for Direct Conversion Thermal Energy to Electricity

열전기 직접변환 열재생기술

서민수[1*], 강보식[2], 백승욱[3]. *[1] 한국에너지기술연구원, [2] 한국기계연구원, [3] 한국표준과학연구원*

Thermally regenerative electrochemical system (TRES) is a kind of heat engine that convert thermal energy into electricity by electrochemical reaction. The engine is based on pressure differences of the working electroactive fluid across an isothermal solid electrolyte. The pressure difference is maintained by using the changes in the vapor pressure with the temperature of the working electroactive fluid. The work performed is equivalent to the isothermal expansion of the working electroactive fluid from the high to the low pressure zone at

T_2 to T_1 through the electrolyte and its interfaces. Core material of this engine is kind of ceramic called beta double-prime aluminum oxide (β"-Al_2O_3) solid electrolyte (BASE). Na-BASE ($Na_{5/3}Li_{1/3}Al_{32/3}O_{17}$) conduct Na cation through a conduction plane between the spinel blocks. After expansion, the working fluid is condensed in a cold reservoir and can be recycled to the high temperature, high pressure zone of the cell by means of a pump. Scientific principle of the cell is thermogalvanic cell, a concentration cell in specific. Due mainly to the followings; working fluid does not undergo chemical changes, no regeneration and separation steps are necessary.

In case of NaTEC (Sodium Thermal-to-Electric Convertor), sodium vapor expanded through isothermal BASE at temperature of T_1 200–300°C, T_2 ~ 600–900°C. The highest power outputs in thermally regenerative electrochemical systems to date have been obtained with this type of engine. Superionic conductors is necessary for these systems, however non-availability limits the extension of this concept to their practical energy converters. This study discuss the success of science and engineering of TRES in the long-range to achieve the benefit of advanced technology.

SW7-3 Development of Ceramic based High-temperature Electrode/Electrolyte Materials and Ceramic Processing

세라믹 기반 고온 전극/전해질 소재 및 공정 개발

명재하*. *인천대학교*

고온 에너지 변화/저장 시스템의 안정성과 성능은 소재의 상 안정성, 반응성과 연관 되어 있다. AMTEC, SOFC 등과 같이 고온에서 작동되는 시스템들은 안정성을 고려하여 액체/기체가 아닌 고체 상태의 전극 및 전해질 물질을 일반적으로 사용하고 있다. 그 중 금속은 우수한 촉매 반응으로 인해 전극 물질로 주로 사용되고 있으며, 세라믹은 우수한 이온전도성과 높은 상 안정성으로 주로 전해질로 사용되고 있다. 상대적으로 내산화성이 약한 금속은 고온에서의 응집, 부식에 의해 시스템 성능 열화의 주요 원인이 되고 있는데, 이를 해결하기 위해 세라믹 전극 개발이 활발히 이루어지고 있다. 하지만, 세라믹은 높은 내산화성과 피독 저항력에도 불구하고 금속에 비해 낮은 촉매능에 의해 기존의 금속 전극을 대체하기에는 한계가 있다. 위와 같은 문제점을 해결하고 "열재생 기술 관련 소규모 연구회"에 기여하고자 본 연구팀에서 연구하고 있는 고온에서도 내구성이 우수하고 촉매능이 우수한 나노 구조의 세라믹-금속 복합 전극 소재하고자 한다. 또한, 전극 및 전해질을 제작 할 수 있는 다양한 세라믹 공정 기술 및 노하우를 소개하고자 한다.

SW8-1 Dissolution Stability of Spark Plasma Sintered Hydroxyapatite

이종국[1*], Zhao Jingming[2], 황규홍[3], 한영환[4]. *[1]조선대학교, [2]Liaoning Institure of Science and Technology, [3]경상대학교, [4]Wuhan University of Technology*

Nano size defect formation at grain boundary during the dissolution of hydroxyapatite in water was evaluated after spark plasma sintering for densification enhancement. In the case of sintered pure hydroxyapatite, significant dissolution occurred after immersion in distilled water or in simulated body fluid. The dissolution initiated at the grain boundaries creating nano-size defects like small pores that afterwards grew up to micro scale by increasing immersion time. This dissolution resulted in grain separation at the surfaces and finally in fracture. The dissolution concentrated on the grains adjacent to pores rather than those in the dense region. So more densified hydroxyapatite ceramics even at grain boundaries were prepared to prevent the dissolution by spark plasma sintering. Glass phase was incorporated into hydroxyapatite to act as the sintering aid followed by crystallization in order to improve the mechanical properties without reducing biocompatibility. Dissolution tests, as well as X-ray diffraction and SEM showed little decomposition of hydroxyapatite to secondary phases and the fracture toughness increased compared to pure hydroxyapatite.

SW8-2 Preparation of Hydroxyapatite Sintered Body by Flash Sintering

플래시 소결법을 이용한 수산화아파타이트 소결체 제조

윤존도[1*], 김석영[2], 황창훈[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 현상이 발생하면 수 초만에 수 백도의 온도상승 효과를 가지며 이후, 적절한 전류로 현상을 제어하여 짧은 시간에 소결을 완료한다. 플래시 소결에서 플래시 발생조건과 플래시 현상의 안정화는 중요한 공정요건인데, 1) 플래시 발생은 온도와 전압의 관계에 따르며, 2) 플래시 현상 안정화는 전압 및 전류에 따른다. 하지만, 여러 조건에 따라 발생조건은 달라지므로 넓은 분야에서의 연구가 필요로 하다.

본 연구에서는 플래시 소결법을 이용하여 수산화아파타이트(Hydroxyapatite : HAp)의 플래시 발생 조건 및 플래시 안정화 조건을 연구하였다. 온도와 전압조건을 설계하여 플래시 발생 조건을 조사한 결과 전압이 높을 수록 발생 온도는 낮아졌으며, 2000 V를 인가할 때 934°C였고, 750 V를 인가하면 1150°C에서 발생하였다. 전류조건이 높을 수록 약 100~200°C의 온도상승효과가 있었으나, 부분적으로 용융현상이 발생하였고, 이에 대하여 플래시 안정화 조건을 조사한 결과, 0.005 A일 때 가장 안정적이었고, 약 10초의 짧은 시간에도 치밀한 소결체를 제조할 수 있었다. 공기중 조건과 동일하게 진공중에서 플래시 소결한 결과 전류가 발생하였으나 플래시 현상은 나타나지 않았다. 동일한 전압/온도 조건이라도 기체분위기에 따라 다른 소결현상이 나타났으며, 이는 기체분위기에 따른 산화(공기중)/환원(진공중)반응으로 인해 재료 자체의 결함과 전도 메커니즘 차이가 발생하기 때문으로 판단하였으며 미세구조 분석을 통하여 현상을 고찰하였다.

SW8-3 Effects of Oxide Layer on the Bonding Strength of Dental Alloys with Porcelain Ceramics

황규홍[1*], 이종국[2], 권기훈[1]. *[1]경상대학교, [2]조선대학교*

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.

SW8-4 Recent Bio-Materials Consolidated by Electric Field Assisted Sintering

통전 소결 기술(Spark Pasma Sintering, Flash Sintering)에 의한 생체재료 연구 근황

한영환*. *Wuhan University of Technology*

The presentation covers recent progress on CNT-/GNP- HA and alumina systems, including their mechanical properties, tribological behavior, processing conditions, and the strengthening mechanisms. Low fracture toughness and poor wear resistance have limited the application of engineered hydroxyapatite (HA) in orthopedic implants. The high brittleness and low fracture toughness of alumina ceramics have severely restricted their application in bone repair. Recently, low-dimensional carbon nanomaterials, including carbon nanotubes (CNTs) and graphene nanoplatelets (GNP) have gained increasing attention as reinforcements due to their providing superior mechanical properties, favorable biocompatibility, and large specific surface area., which were consolidated by SPS and Flashing Sintering (FS). Biocompatibility of these ceramic composite materials, which is of extreme importance for orthopedic applications, is also highlighted.

SW8-5 Effect of Flash Sintering Temperature and Atmosphere on the Densification of Hydroxyapatite

플래쉬 소결 온도와 분위기가 수산화아파타이트의 치밀화에 미치는 영향

김석영*, 김주성. *영남대학교*

The flash sintering technique densifies the ceramics in just a few seconds even in the pressure-less condition. Additionally, this method effectively lowers the sintering temperature and holding time to obtain the fully densified ceramics. In the current study, bar-shaped hydroxyapatite (HA) specimens were hanged between two Pt electrodes and consolidated by applying direct electric field (from 0 to 2000 V) at 1000, 1100 and 1200°C in air, oxygen, vacuum, argon and helium, respectively. The hardness, density, grain size and phases of the densified HA samples by flash and conventional sintering methods were compared in terms of the applied voltages, temperatures and atmospheres.

SW8-6 *In Vitro* Biocompatibility of Graphene Nanoplatelet Reinforced Alumina

한영환[1*], 황규홍[2], Zhao Jingming[3]. [1]*Wuhan University of Technology,* [2]*경상대학교,* [3]*Liaoning Institure of Science and Technology*

Graphene nanoplatelets are added as reinforcement to alumina ceramics in order to enhance microscale tribological behavior, which would be beneficial for ceramic-onceramic 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 leads to improvements in fracture toughness and wear (scratch) resistance of 21% and 39%, respectively. The improved wear resistance is attributed to GNP-induced toughening, which generates fine (~100 nm) microcracks on the scratch surface. In addition, active participation of GNPs is 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 is assessed to evaluate any possible cytotoxic effects induced by GNPs. Osteoblast cells are observed to survive and proliferate robustly in GNP-reinforced samples, particularly those with high (10-15 vol.%) GNP content.

SW9-1 Development and Commercialization of Fly Ash-based Lightweight Inorganic Binder for Replacement of Portland Cement in Construction Concrete

건설용 콘크리트 제조에서 포틀랜드 시멘트 대체를 위한 플라이애시 기반 경량 무기결합재의 개발 및 기술사업화

오재은*. *울산과학기술원 (UNIST)*

포틀랜드 시멘트(이하 시멘트)는 제조 과정에서 1톤의 시멘트를 제조할 때 대략 1톤의 CO_2를 발생시킨다. 현재 시멘트의 국내 생산량은 대략 연간 5,000만톤 규모로서, 이는 국내에서 배출하는 총 연간 CO_2량 중 7-8%를 차지하는 막대한 수준이다. 따라서 시멘트를 대체할 수 있는 저탄소 배출형 건설용 무기 결합재(inorganic binder) 개발이 국내 뿐만 아니라 세계적으로도 활발히 진행 중이다. 그러나 국내 시멘트 가격은 1 kg 당 67원 수준으로 세계에서 가장 저렴한 상황이며, 국내 건설사들은 성능이 좋은 대체 무기결합재가 개발되더라도 1 kg당 67원보다 저렴하지 않으면 구매 의사가 없어, 개발과정에서 성능 뿐만 아니라 높은 가격경쟁력이 보유 되도록 개발하여야 한다.

본 발표에서는 연구를 통해 개발된 다음과 같은 특징을 가진 새로운 무기결합재 기술을 소개한다. (1) 시멘트 함유량 0%, (2) 석탄회(fly ash)와 몇 가지 화학활성화제들만으로 단순 구성됨, (3) 제품 최종 가격이 시멘트보다 저렴, (4) 시멘트에 비등한 강도 성능 발현, (5) 가격경쟁력이 매우 높은 건설용인공경량골재 제조용으로 응용 개발됨, (6) 제조과정에서 CO_2 발생량은 포틀랜드 시멘트의 10% 이내임, (7) 기술이전 완료 및 사업화 진행중임.

SW9-2 SiC Honeycomb, Never-ending Challenge

SiC Honeycomb, 계속되는 도전

서기식[1*], 공영민[2]. [1]*진세라,* [2]*울산대학교*

본 발표에서는, SiC honeycomb 구조체를 이용한 diesel particulate filter의 개발과 사업화 경험을 소개하고, 최근까지 이어지고 있는 SiC honeycomb 발열체 개발에 대해 간략히 소개하며, 이 과정에서 느낀, 엔지니어 또한 사업가로서 염두에 두어야 할 점들을 공유할 예정이다.

포스터 발표 I

2019년 4월 10일(수)

P1-G1-1 Electrical Performance of Amorphous Thin Film Transistors with Gate Dielectric Multilayers Sandwiching High-k $CaCu_3Ti_4O_{12}$

$CaCu_3Ti_4O_{12}$ 다층층을 이용한 무정형 박막 트랜지스터의 전기적 성능

정예슬*, 한찬수, 최홍제, 박재우, 조용수. *연세대학교*

This work introduces unprecedented integration of ultrahigh-k dielectric $CaCu_3Ti_4O_{12}$ yielding significant enhancements in the performance of amorphous InGaZnO TFTs. A multilayer dielectric layer was fabricated by placing conventional Al_2O_3 gate dielectric with favorable band offset at both ends and high-k dielectric CCTO in the middle. Using a multilayer structured amorphous Al_2O_3/$CaCu_3Ti_4O_{12}$/Al_2O_3 dielectric configuration, we have successfully overcome the shortcomings of high leakage current caused by a low-bandgap CCTO. The highlights of the substantial improvements are high saturation mobility (>10 cm^2/V.s), high on/off current ratio (3.8×10^7), low threshold voltage (~ 0.51 V), and low subthreshold swing (~ 0.45 V/decade), which were obtained from the IGZO TFTs. The balanced performance enhancements are attributed to the lower density of interfacial/bulk trap states and sufficient band offsets using room-temperature-processed all-amorphous multilayer dielectrics.

P1-G1-2 Single Crystal Perovskite Nanomembranes

단결정 페로브스카이트 나노맴브레인

김신익*, 백승협. *한국과학기술연구원*

Complex oxide heterostructures have been emerged as one of the most fascinating fields in condensed matter physics. Especially, two dimensional electron gas (2DEG) at the interface between two insulating oxides, $LaAlO_3$ and $SrTiO_3$ has drawn a great attention due to its multi-functionality such as superconductivity, ferromagnetism, and nanoscale control. Due to a few nanometer-thick confinement of 2DEG, an external electric field allows a large modulation of the 2DEG carrier concentration through depletion and accumulation. The prerequisite for developing these new technologies is integration with existing semiconductor electronics platforms. The synthesis of these oxides on silicon is still challenging due to the underlying crystal chemistry and mechanical incompatibility of other interfaces. Here, we report how to incorporate single crystal films, LAO/STO heterostructures onto a silicon substrate using epitaxial transfer methods at room temperature. We confirmed room-temperature resistance of 2DEG at atomically sharp LAO/STO membrane transferred directly on Silicon substrates. The electrical transport properties of LAO/STO heterostructures on Si are comparable with those formed from a bulk $SrTiO_3$ single crystal. The integrating high-quality epitaxial oxide films into silicon or other materials is suitable for fabricating new devices based on functional oxides combined with traditional Si-based technologies.

P1-G1-3 Ta-doped HfO_2 High-k Dielectrics for Metal-Insulator-Metal Capacitor

김다미*, 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. Among them, HfO_2 and ZrO_2 were currently applied to MIM capacitor with k values of ~ 15 and 40, respectively. 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 at 0.8 V. 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 doped 10 at% Ta into the HfO_2 dielectrics to examine the doping effect on the dielectric properties and glass-forming ability. The amorphous Ta-doped HfO_2 thin film was deposited by Pulsed laser deposition on the Si/SiO_2 substrates using 2.5 J/cm^2 laser power in various DTS, oxygen pressure and deposition temperature in the range of RT to 500°C. The 10 at% 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.

P1-G1-4 Effect of Graphene Intervention on Bending Fracture Behavior of Flexible Oxide Thin Films

유연 산화물 박막의 굽힘 변형 거동에 대한 그래핀의 효과

김다빈*, 최홍제, 조용수. *연세대학교*

The use of transparent conductive oxides for flexible applications is limited by their brittleness. This work demonstrates the improved crack resistance characteristics of Al-doped ZnO (AZO) thin films with the intervention of monolayer graphene and varying thicknesses. 50, 100 and 200 nm thick-AZO thin films were directly deposited on the large scale graphene transferred polyethylene terephthalate (PET) substrates using RF magnetron sputtering technique. The crack initiation and propagation were observed by bending the AZO film. Quantitative analysis of mechanical parameters such as the fracture energy, fracture toughness and film strength defined the effect of graphene interfacial sliding effects on bending fracture behavior of flexible AZO thin films. The enhanced mechanical properties were obtained with the values of 1.75% crack-initiating strain and 445.5 Jm^{-2} fracture energy for the graphene-intervened 50 nm-thick AZO films, which correspond to the improvemnets of ~ 37% and ~ 108%, respectively, compared to the reference sample.

P1-G1-5 IGZO Field Effect Transistor Using Liquid Crystal as Gate Dielectric

액정을 게이트 유전체로 사용한 IGZO 전계효과 트랜지스터의 동작 특성

김명언*, 김도겸, 박병진, 김정주, 허영우, 이준형. *경북대학교*

Indium Gallium Zinc Oxide (IGZO)는 비정질 실리콘에 비해 수 십 배 높은 전자 이동도를 가지는 반도체 소재로 디스플레이의 박막트랜지스터(TFT)에 많이 활용되고 있다. 최근에는 플렉시블 디스플레이 등 다양한 응용을 위해 유기 소재와의 접목 또한 활발하게 연구되고있다. 유기 게이트 유전물질로는 고분자 물질, 고분자 전해질, 이온성 액체 및 이온 젤 등이 보고되고 있다. 유기 게이트 유전체는 낮은 구동전압, 유연성, 소자 제작 편이성, 투명성, 열적/화학적 안정성 등이 장점으로 보고되며 특히, 이온성 액체와 같은 액체

상의 게이트 유전체에서는, 균열 및 절연파괴로 인한 소자 손상 특성이 없는 장점이 있다.

이 연구에서는 IGZO를 사용하는 전계효과 트랜지스터(FET)에서 게이트 유전체 재료에 액정 (LC)을 사용하는 것을 제안한다. 액정은 유전 상수가 상당히 높고 유연 전자소자에 대한 응용 가능성을 가지고 있음에도 불구하고 게이트 유전체로 사용이 거의 보고되지 않았다. 이 연구에서는 FET 소자의 구조는 한 평면 위에 모든 전극이 배치된 사이드 게이트 구조로 제작되었다. 소스, 드레인 및 게이트 전극에는 Indium Tin Oxide (ITO)를 사용하였고, active layer 반도체 소재로는 Indium Gallium Zinc Oxide (IGZO)를 사용하였다. 게이트 유전체 재료인 네마틱상의 5CB 액정을 게이트 전극과 반도체층에 도포하여 게이트 전압 전달되게 하였다.

LC-gated FET의 transfer 특성과 output 특성을 조사했으며, LC-gated FET의 threshold voltage, saturation field-effect mobility 및 subthreshold slop은 각각 0.74 V, 15.75 cm^2/Vs 및 0.14 V/decade였다. 온/오프 전류값의 비율은 약 10^7, gate leakage current < nA 이었다. 또한 LC-gated FET 동작의 히스테리시스를 분석하였다.

P1-G1-6 Refinement of Gd_2O_3 Trapped in the $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Films Fabricated by the RCE-DR Process

박인성[1*], 오원재[1], 이재훈[2], 문승현[2], 유상임[1]. [1]*서울대학교*, [2]*(주)서남*

To improve in-field critical current densities (Jc) of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (GdBCO) coated conductors (CCs) fabricated by the reactive co-evaporation by deposition and reaction (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 these second phases in the liquid phase before crystallization of GdBCO. For this purpose, we carefully selected the processing conditions from the GdBCO stability phase diagram experimentally determined for the nominal composition of Gd:Ba:cu=1:1:2.5. By lowering the growth temperature of Gd_2O_3 in the liquid, we could refine the average particle size of Gd_2O_3 particles trapped in the GdBCO matrix. Details will be presented for a discussion.

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20131010501800). And Part of this study has been performed using facilities at IBS Center for Correlated Electron Systems, Seoul National University.

P1-G1-7 Effect of Dopant on Phase Synthesis and ion Conductivity of Sintered K-β" Alumina Ion Conductor Prepared by Hot Press Method

도펀트가 K-β" 알루미나 이온전도체의 상합성 및 Hot press법으로 제조한 소결체의 이온전도도에 미치는 영향

김도겸*, 허영우, 김정주, 이준형. *경북대학교*

최근 세계적으로 에너지저장시스템 (Energy Storage System, ESS)의 시장가치성을 높이 평가하여 고효율 ESS에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 현재 Na 이온전도체인 Na-β" 알루미나를 이용한 NaS (Sodium-Sulfur)배터리로 이미 ESS 사업화가 진행되고 있다. 그러나 NaS 배터리는 약 1.7-2.0 V 정도의 낮은 출력 전압과 작동온도가 300-350°C 정도로 높다는 단점이 있다. Na 대신 K을 이용한 K-β" 알루미나를 이용하여 KS전지 또는 KBr 전지 (K^{1+}/$2Br_2$ – KBr (aq), 출력전압 4 V, 작동온도 상온)를 개발한다면 앞선 단점들을 극복할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 K-β" 알루미나는 계면에너지의 이방성이 커 아직까지 일반적인 소결방법으로 치밀한 K-β" 알루미나를 제조한 연구 결과는 없는 실정이다.

본 연구에서는 K-β" 알루미나에 도펀트 종류에 따른 상합성과 Hot press법으로 제조한 소결체의 이온전도도에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. K-β" 알루미나의 스피넬 결정구조에 Ti^{4+}, Mg^{2+} 또는 Ga^{3+}를 도핑 혹은 치환하고 이들의 상합성 및 고용한계 등을 조사하였다. 아울러 이들 도핑과 치환에 따른 K-β" 알루미나의 전기전도도 변화를 조사하였다.

P1-G1-8 Effect of Post-Annealing on the Superconducting Properties of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Coated Conductors by the RCE-DR Process

후열처리 공정이 RCE-DR 공정으로 제조된 $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ coated conductors의 초전도 특성에 미치는 영향

오원재[1*], 박인성[1], 이재훈[2], 문승현[2], 정국채[3], 유상임[1]. [1]*서울대학교*, [2]*(주)서남*, [3]*재료연구소*

We report the improved superconducting properties of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (GdBCO) coated conductors (CCs) by a post-annealing process. On the basis of the stability phase diagram of GdBCO, the GdBCO CCs fabricated by a reactive co-evaporation deposition & reaction (RCE-DR) process were post-annealed at the temperatures of 500 and 750°C in the PO_2 of 300 mTorr. The pinning properties of annealed GdBCO samples were sensitive to the annealing conditions, including oxygen pressure, temperature, and time. Interestingly, the Gd124 phase was observable in the samples annealed at 500°C in the PO_2 of 300 mTorr for 1 h while the density of stacking faults (SFs) was decreased in the samples annealed at 750°C in the PO_2 of 300 mTorr for 5min. In comparison with as-prepared sample, the minimum J_c values of GdBCO CCs annealed at 750°C in the PO_2 of 300 mTorr for 5 min could be improved with increasing magnetic fields. It was found that the microstructure and superconducting properties of GdBCO CCs strongly depend on the post-annealing condition. In this presentation, details of the relationship among the post-annealing conditions, microstructure, and superconducting properties of GdBCO CCs are discussed.

P1-G1-9 Promoting Energy Storage and Thermal Stability of Quasi-Relaxor PLZT Thick Films Through Aerosol Deposition and Adding BZN

에어로졸 증착법과 BZN첨가를 통한 준릴렉서 PLZT 후막의 온도 안정성과 에너지 저장 능력 촉진

정한보*, 정대용. *인하대학교*

PLZT is one of the most celebrated relaxer ferroelectrics to give rise to high energy storage due to deliberately induced slim hysteresis. But it still hasn't realized satisfactory energy storage and it has a shortcoming such as deteriorated dielectric properties depending on temperature. Herein, by adding BZN (Bi ($Zn_{2/3}Nb_{3/1}$)O_3) Corresponding to 0, 5, 10 at%, respectively, PLZT, PLZT-BZN5, and PLZT-BZN10 thick films were fabricated through aerosol deposition. 0,95 ($Pb_{0.92}La_{0.08}Zr_{0.52}Ti_{0.48}O_3$) -0.05Bi ($Zn_{0.66}Nb_{0.33}O_3$) PLZT-BZN5 thick films (~ 4 μm) demonstrating superior energy storage performance were successfully made. The 550°C annealed PLZT film achieved a high recoverable energy density 13.3 J/cm^3 under electric field 1200 kV/cm. Thanks to 5 at% BZN into the PLZT film, the breakdown

strength of it was elevated up to 1400 kV/cm bringing about remarkable energy density of 14.7 J/cm^3. The electrical properties of the films were also measured by changing temperature until 300°C. Among them, PLZT-BZN5 film exhibited predominantly low dielectric loss, which means it's not vulnerable to temperature. Through both AD process and modifying chemical compositions, the relaxor properties of the films were enhanced, which gave a result of excellent recoverable energy storage and thermal stability.

Keywords: relaxor ferroelectrics, recoverable energy storage, thermal stability, thick film

P1-G1-10 Inhomogeneous Sn Distribution in ITO and Reevaluation of Sn Solubility

ITO 소결체 내 Sn의 불균일한 분포와 Sn 고용량의 재해석

오성욱*, 김도겸, 허영우, 김정주, 이준형. *경북대학교*

Sn doped In_2O_3 (ITO) ceramic은 transparent conducting oxides (TCOs)의 대표적인 물질로 잘 알려져 있다. ITO 필름은 낮은 비저항과 높은 투과성을 가져 LCD 및 터치패널, OLED panel, solar cell 등에 사용된다.

ITO film 제조는 CVD, spray pyro-hydrolysis, reactive evaporation, metal target을 이용한 reactive sputtering, mixed oxides target을 이용한 sputtering 방식 등으로 제조되어진다. 그중 mixed oxide target을 이용한 sputtering 방식이 가장 널리 사용되어지고 있다.

ITO film의 전기적, 광학적 연구에 비해 ITO ceramic에 관한 연구는 비교적 늦게 시작되었으며, 발표되는 논문들에서 Sn의 고용한계와 $In_4Sn_3O_{12}$의 2차상 생성 온도에 관해서는 약간의 차이를 보이고 있다.

본 연구에서는 온도에 따른 Sn의 고용량 변화에 따른 homogeneous nucleation 생성과 그에 따른 소결체 내부의 Sn의 불균일한 분포에 관해 조사하였다. 또한 열처리를 통해 Sn-cluster의 크기 및 분포 변화를 관찰하였다. 미세구조 분석은 TEM, SEM 등을 통해 분석을 진행 하였으며, 조성분석은 TEM-EDS를 통해 분석하였다.

P1-G1-11 Suppression of Dielectric Loss at High Temperature in $(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO_3$ Ceramic

고온 캐패시터 응용을 위한 $(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO_3$ 세라믹의 유전손실 개선

이주현*, 이건주, 조욱. *울산과학기술원*

Nowadays, the 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 a new system. 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.

P1-G1-12 Properties of Hybrid Passivation Film Layers Prepared by Spray Coating Method

스프레이코팅방법에 의한 유·무기 복합 보호막의 특성

이상희*, 장호정. *단국대학교*

휨성(flexible)을 갖는 디스플레이 디바이스의 보호막(passivation)은 필름 형태의 보호막 즉, EVA (etylene vinyl acetate) 필름을 주로 사용하고 있다. 이는 EVA 필름을 여러 장 합착하는 라미네이션공정으로 이때 발생하는 시간 및 비용 그리고 인력에 따라 공정 단가 상승의 원인이 된다. 따라서 본 연구는 EVA 필름의 보호막 특성을 분석 및 평가하여 EVA필름 대신 보호막 역할을 충분히 하는 대체 가능한 유기 및 무기 복합 보호막 용액을 제조하여 간단한 용액공정 즉, 스프레이코팅(spray coating)공정을 확립하였다. 이때 유기물은 PVA(poly vinyl alcohol)과 SA(sodium alginate)를 40 wt% 로 혼합하였으며 무기물은 SiO_2와 Al_2O_3의 분산액을 각각 첨가하였다. 이를 비교 및 평가를 통해 가장 우수한 질량비를 확립하였다. 평가방법으로는 디스플레이 디바이스의 보호막 특성 중에 수분 투습율(water vapor transmission rate)과 광 투과율 (optical transmittance rate) 등이 있다.

P1-G1-13 Fabrication of Dense 0.985KNN-0.015BCuN Single Crystal Film Through Aerosol Deposition and Solid-state Single Crystal Growth

고상결정성장법과 에어로졸 데포지션을 통한 치밀한 0.985KNN-0.015BCuN 단결정막 증착

김기현[1]*, 임지호[1], 정대용[1], 박춘길[1], 공영민[2]. [1] *인하대학교*, [2] *울산대학교*

Solid-state crystal growth (SSCG) was used for fabricating single crystal of lead-free piezoelectric, $0.985(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-0.015Ba$(Cu_{1/3}Nb_{2/3})O_3$(KNN-BCN). In conventional SSCG method, the pores which trapped in single crystal deteriorate piezoelectric property. To solve this problem, Aerosol deposition (AD) was fabricated on $KTaO_3$ seed crystal substrate to form dense microstructure of KNN-BCN films. It was observed that the single crystal growth occurred at seed crystal without large pores by using AD after post annealing. Also, Transient liquid phase fabricated by Cu ion enhance single crystal growth by lowering melting temperature of it. As a result, the KNN-BCuN films fabricated by using AD and SSCG were formed with dense and less porosity microstructure. Therefore, it is assumed that aerosol deposition method may be capable of improving porosity problem of SSCG.

P1-G1-14 Outstanding Chemical Sensing Characteristics of Vertically Self-Formed 2D SnS_2 Channel Device

수직적으로 자가 성장된 2D SnS_2 채널 소자를 기반으로 한 우수한 화학적 감지 특성

김태현[1]*, 김채은[2], 박준철[2], 안지훈[2], 조병진[1]. [1] *충북대학교*, [2] *한국해양대학교*

Two-dimensional (2D) layered materials with sensitive surfaces are promising for chemical sensing devices owing to their extremely large surface-to-volume ratios. [1, 2] However, most 2D materials based chemical sensors have been used in the platform with laterally defined active channels which restrict active surface area.

Herein, we suggest a novel approach for fabricating self-formed active-2D semiconducting channel devices with very large surface areas, leading to superior gas sensing capability. We observe the vertical growth phenomenon of SnS_2 nanocrystals with large surface area through metal-assisted growth using pre-patterned metal electrodes and then demonstrate self-formed active-channel devices without additional pattering process through the selective synthesis of 2D SnS_2 nanosheets on pre-patterned metal electrodes. The self-formed active-channel device shows extraordinarily superb NO_2 selectivity as well as high response values (> 2000% at 10 ppm) for NO_2. Furthermore, the NO_2 gas response of our gas sensing device with perpendicularly self-formed SnS_2 nanosheets is more than two orders of magnitude higher than that of an exfoliated SnS_2-based device. Such a facile device fabrication would be applicable to various systems in which surface area plays an important role in function.

P1-G1-15 Thickness Dependence of Electrical Properties in $Pb(Zr_{0.4}Ti_{0.6})O_3$ by Pulsed Laser Deposition
PZT에서 전기적 특성의 두께 의존성 연구
조아영*, 최택집, 이호진, 이준봉. *세종대학교*
In the current age of Internet of Things (IoT), as the importance of information storage is rapidly increasing, interest in research on electronic devices is also growing. Ferroelectric materials have opened promising applications in a wide range of research fields from diodes to memristor devices due to their high read and write speed. Especially, $Pb(Zr_{0.4}Ti_{0.6})O_3$ (PZT) is an attractive candidate as it has a low leakage current, high remnant polarization. In this study, we fabricate a PZT film on $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_3$ (LSMO)/$SrTiO_3$ (STO) (001) substrate using pulsed laser deposition. We controlled the thickness of PZT film to investigate how the electrical properties and ferroelectric properties of single crystal-PZT vary with ferroelectric barrier width. It is well known that asymmetric diode switching occurs due to Schottky barrier in bulk ferroelectrics. However, when the film is thin enough to cause tunneling, depletion layer width of semiconductor interface adjacent PZT dominates the resistance ON/OFF phenomenon. Here, we studied resistive switching mechanism in ferroelectric by thickness and electric resistance in Pt/PZT/LSMO/STO heterostructure. These results are important to study for the advance design of non-volatile memory and switchable devices.

P1-G1-16 Enhanced Dielectric Properties of 2-D Mica Nanosheets/P(VDF-TrFE-CFE) Nanocomposites for Pulsed Power Capacitors Fabricated by Tape Casting and Hot Press Method
테이프 캐스팅과 핫프레스 법을 적용한 펄스 파워 캐패시터용 2-D 마이카 나노시트/P(VDF-TrFE-CTE) 나노복합체의 유전 물성
고유민*, 권도균, 신회섭, 송태영, 장현배. *한국항공대학교*
2-d ceramic nanofillers/PVDF based polymer nanocomposites have been attracted great interests for pulsed power capacitors. Dielectric breakdown strength of nanocomposites can be improved since 2-d ceramic nanofillers in polymer matrix distribute the electric field homogeneously. To enhance formation of polar phases like b-phase or g-phase, silicates nanofillers which can bond with PVDF based matrix are used. In this study, the nanocomposite thin films were synthesized by tape casting and hot press method with solution of exfoliated mica nanosheet and P(VDF-TrFE-CFE). The enhanced formation of polar phases was observed by X-ray diffraction spectroscopy (XRD) and fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR). The dielectric permittivity, leakage current, P-E loops and breakdown strength of the nanocomposites were measured in wide frequency range.

P1-G1-17 Polymorphic Phase Transition in $BaTiO_3$ by Ni doping
Ni 도핑에 의한 $BaTiO_3$의 상전이 현상
Duong[1*], 배종성[2], 전종철[3], 임소연[4], 오수한[5], Muhammad Sheeraz[1], 최진산[1], 고재현[5], 양상모[4], 김규현[3], 김일원[1], 안창원[1], 김태헌[1]. *[1]울산대학교, [2]KBSI, [3]한국생산기술연구원, [4]숙명여자대학교, [5]한림대학교*
We demonstrate a phase transition between $BaTiO_3$ polymorphs induced by Ni substitution experimentally. The structural evolution of tetragonal-to-hexagonal polymorph in Ni-doped $BaTiO_3$ ceramics is observed by x-ray diffraction and Raman spectroscopy measurements macroscopically and then, visualized by high-resolution transmission electron microscopy in an atomic scale. Under this structural transition, the long-range ferroelectric ordering in the undoped $BaTiO_3$ with tetragonal symmetry is suppressed and eventually, vanishes in the heavily Ni-doped $BaTiO_3$ with hexagonal symmetry and dielectricity. An oxygen vacancy defect in doped $BaTiO_3$ is created at a local Ni doping site with a decrease in the charge valence state from Ti^{4+} ($3d^0$) to Ti^{3+} ($3d^1$). Accordingly, the reduction of the Ti^{4+} oxidation state can make the polar Ti-O ionic displacement in the tetragonal $BaTiO_3$ degenerated and thereby, the short-range Coulomb repulsion may be restored in the hexagonal $BaTiO_3$ resulting in a polymorphic phase transition. Our work is of potential interest for artificial realization of an exotic phase, which does not exist in nature, in complex oxide materials by doping.

P1-G1-18 Stress-Induced Electrostrain in Bismuth Based Relaxor-Ferroelectric Composites at Low Driving Field
비스무스계 완화형/강유전 복합소재의 저전계에서 변형 특성
Muhammad Sheeraz*, Abdul Khaliq, 김태헌, 김일원, 안창원. *울산대학교*
The $(1-x)Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO_3$-$xSrTiO_3$ ($x = 0.28$) (BNT–28ST) ceramics has showed large normalized strain (S_{max}/E_{max} = 488 pm/V at 6 kV/mm) [1]; however, the major obstacle is to generate the strain at high driving field (6 kV/mm). To operate the bismuth based materials at low driving field, we use a strategy to reduce the poling field (E_{pol}) of the relaxor BNT–28ST by introducing 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.%). An obvious decrease in E_{pol} was occurred with increasing volume ratios of ferroelectric particles accompanied by the phase transformation from relaxor to ferroelectric phase. Consequently, BNT–28ST/BNKT (relaxor/ferroelectric) composite of 10 Vol.% presented large normalized strain (S_{max}/E_{max} = 650 pm/V) under low applied field of 2.5 kV/mm due to the stress at the relaxor ferroelectric boundary or strain coupling mechanism. Our findings provide a pathway in reducing the poling field in BNT-based incipient piezoelectric ceramics.
[1] Y. Hiruma, Y. Imai, Y. Watanabe, H. Nagata, and T. Takenaka, Appl. Phys. Lett. **92**, 262904 (2008).

P1-G1-19 Piezoelectric Properties of Textured PMN-PT for Energy Harvesting Materials

에너지 하베스팅응용을 위한 PMN-PT의 배향 압전 효과

강우석[1*], 이태곤[2], 강주희[3], 이주현[1], 김선우[2], 최강호[1], 남산[2], 조욱[1]. *[1]울산과학기술원, [2]고려대학교, [3]재료연구소*

Piezoelectric materials have possibility to apply for various area due to their characteristic of transform from mechanical energy to electric energy and vice versa. Because of their properties, piezoelectric energy harvesting has a huge potential to achieve long-lifetime, self-power generation. It can be applied for wireless sensors, wearable devices, pacemaker, medical implants and so on. But there was some trouble to use them in practice. One of the problems is that excellent properties were showed at single crystal not the poly crystal. So, we need to single crystal, but it is expensive to manufacture. For this reason, many researchers have been looking for way to increasing piezoelectric properties. But here is more efficiency method to improve the piezoelectric properties. It is Template Grain Growth (TGG).

This method allows to growth of the matrix with same direction of the template. The matrix crystal can be well-aligned better than conventional ceramics. Therefore, TGG lead to improvement of piezoelectric properties. Especially, d_{33}, k_p which is important parameters for energy harvesting can be improved extremally by using TGG method. So, in this work, we TGG process to obtain large d_{33} and high k_p. The textured $0.675Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$0.325PbTiO_3$ (PMN-PT) ceramics were studied with various condition to investigate optimized condition for piezoelectric energy harvesting. The texturing effect for energy harvesting in textured PMN-PT ceramics will be discussed in this paper.

P1-G1-20 Highly Sensitive and Stretchable Strain Sensor Based on Three-Dimensional Continuous Conductive Nanonetwork

3차원 전도성 나노구조체를 이용한 신축성 인장 센서 응용

조동휘[1*], 심영석[2], 김기선[1], 남상현[1], 현가예[1], 함영진[1], 전석우[1]. *[1]한국과학기술원, [2]한국과학기술연구원*

The demand for wearable strain sensors that can detect dynamic human motions is growing in the area of healthcare technology. However, the realization of efficient sensing materials for effective detection of human motions in daily life is technically challenging due to the absence of the optimally designed electrode. Here, we newly propose a novel concept for overcoming the intrinsic limits of conventional strain sensors based on 2D planar electrodes by developing highly periodic and three-dimensional (3D) bicontinuous nanoporous electrodes. We create a 3D bicontinuous porous electrode by constructing conductive percolation networks along the surface of porous 3D nanostructured poly(dimethylsiloxane) with single-walled carbon nanotubes. The 3D structural platform allows fabrication of a strain sensor with robust properties such as a gauge factor of up to 134 at a tensile strain of 40%, a widened detection range of up to 160%, and a cyclic property of over 1000 cycles. Collectively, this study provides new design opportunities for a highly efficient sensing system that finely captures human motions, including phonations and joint movements.

P1-G1-21 Inducing Multiferroic Properties at Room Temperature in Pseudo-Cubic System Through a Forced Local Distortion

국부 결함을 통한 상온 다강체 특성 유도

조재현[1*], 송경[2], 류정호[3], 조욱[1]. *[1]울산과학기술원, [2]재료연구소, [3]영남대학교*

A single phase multiferroic is defined as a single layer materials that have two or three ferroic- properties such as ferromagnetism, ferroelectricity and ferroelasticity. Due to possibilities of application using single phase multiferroic such as data storage with outstanding property comparing to existing device, there are many efforts to find the other single phase multiferroic materials with ferromagnetism and ferroelectricity at room temperature while a commercially viable material excepting $BiFeO_3$ is not yet reported.

As one of the prototypical magnetic materials, spinel structure can be a good candidate for advanced application because of possibility of spintronics and magnetic properties. The nickel ferrite system has basically an inverse spinel structure, in which the magnetic moment of Fe^{3+} ions residing in the tetrahedral sites is canceled out completely by that of the Fe^{3+} of the equal amount in the octahedral sites. This means that the magnetic moment of nickel ferrite systems comes solely from Ni^{2+} ions in the octahedral sites.

Here, we show not only that the magnetic moment is improved by this intentional treatment but also that these compositional designed spinel systems with metrically cubic structure have a meaningful magnetoelectric effect (ME) at room temperature, indicative of a multiferroicity induced possibly due to a localized non-cubic distortion.

P1-G1-22 Optimization of Chemical Mechanical Polishing Process for Bulk AlN Single Crystal Substrate Grown by PVT Method

PVT법으로 성장된 bulk AlN 기판의 CMP 공정 최적화에 관한 연구

강효상[1*], 이주형[1], 박재화[2], 박철우[1], 이희애[1], 인준형[1], 이승훈[1], 강승민[3], 심광보[1]. *[1]한양대학교, [2]에임즈마이크론(주), [3]한서대학교*

In order to optimize the conditions of chemical mechanical polishing (CMP) process for bulk AlN single crystal grown by physical transport vapor (PVT) method, the CMP process for 2-inch bulk AlN single crystal (c-plane) was carried out with commercial silica colloidal slurry (pH 9). Currently, as device technology demands high efficient polishing rate and surface quality, it is hard to meet CMP conditions both high efficient polishing process and final epi-ready surface (RMS $\leq$ 0.5 nm) quality in terms of substrates technology. When the CMP process was performed with increasing time, the damaged layer in prior MP process had been removing but some micro defects used to be generated on substrate surface due to extrinsic variables which could cause other defects. To deduce undamaged surface and minimize polishing time in CMP process, hence, optimizing polishing time were required significantly. To determine the optimizing conditions, the CMP process according to the polishing time under the same other conditions was proceeded. The surface roughness and morphology was observed via atomic force microscopy (AFM) and material removal rate (MRR) was assessed. Through those characterizations, the undamaged ultra smooth surface and the optimum time in the CMP process were obtained. Lastly, in order to analyze chemically polished surface,

surface chemistry after the CMP process was characterized via X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).

P1-G1-23 Study on the Variation of Surface Morphology and Residual Stress after Various Thermal Annealing Condition of Grown GaN Substrate by HVPE

HVPE에 의해 성장된 GaN 기판의 다양한 열처리 조건 후 표면 형태와 잔류 응력의 변화에 대한 연구

이희애[1*], 박재화[2], 이주형[1], 인준형[1], 이승훈[1], 강효상[1], 심광보[1]. [1] *한양대학교*, [2] *에임즈마이크론(주)*

At present, GaN devices are mainly fabricated by epitaxy growth on hetero-substrates such as sapphire, silicon carbide, silicon etc. However, there are inevitable differences such as the lattice constant and thermal expansion coefficient between the substrate and the growing GaN epifilm. These cause internal defects and residual stresses and profoundly affect the physical properties of GaN single crystals. Such defects and residual stress have been reported to generate a serious effects on the efficiency, lifetime, and performance of the manufactured devices. In this paper, we studied the variation on surface and residual stress after with different time and temperature annealing condition of GaN single crystals grown on sapphire substrates. 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. Variation characterization tools were carried out to investigate annealing effect in a GaN single crystal. We confirmed the surface morphologies and roughness via AFM. The energy dispersive spectrometer (EDS) was used to confirm generated substance on surface after annealing. The X-ray rocking curve (XRC) and Raman spectroscopy were employed for characterizing the crystal quality and residual strains, respectively. As a result, the residual stress had the lowest value at 900°C for 3 hours in annealing condition and smooth surface was also obtained compared with other specimens.

P1-G1-24 Optimization of Refinement Conditions for Nano Size Nickel Powder for Internal Electrodes of Multi-layer Ceramic Chip Capacitor

적층 세라믹 칩 콘덴서 내부 전극용 나노 사이즈 니켈 분말 제조를 위한 미립화 조건 최적화 연구

임태협[1*], 김효준[1], 한혜진[2], 표정석[1,3], 이재성[1], 이선영[1]. [1] *한양대학교*, [2] *(주)솔루에타*, [3] *(주)휴켐*

최근 전자기기의 소형화와 고특성, 고집적화가 이루어 짐에 따라 반도체 소자를 이루는 재료에 대한 미세화 연구의 중요성은 점점 더 커지고 있다. 특히 스마트폰의 고주파 필터링 회로, 디지털 가전용 회로, 전원 안정화용, 자동차(내연, 전기, 수소) 전원 회로 등에 필수적으로 사용되는 적층 세라믹 칩 콘덴서(Multi-layer Ceramic Chip Capacitor, MLCC)는 작은 부피에 비해 큰 용량을 가질 수 있다는 장점이 있어 사용량이 크게 증가되고 있다. 이러한 산업 전반의 전자부품의 소형화를 위해 소재의 나노 사이즈 입도 제어의 필요성이 크게 대두되고 있다. 특히 MLCC 제조 시 원가 경쟁력과 신뢰성 측면에서 우수한 금속 Ni 분말은 내부 전극으로 쓰이는 핵심 재료로 연구자들 간의 관심이 더욱 커지고 있다.

본 연구는 MLCC의 내부 전극으로 사용되는 나노 사이즈 금속 Ni 분말의 입도 제어에 중점을 두었다. 나노 사이즈 금속 Ni 분말 제조에는 수열합성법, 용액환원법, 프라즈마 방식 등 여러 가지 방법들이 있는데 기계적 밀링 후 수소환원에 의한 금속 분말 제조 공정은 다른 공정에 비해 제조가 용이하고 원하는 사이즈 제어가 가능하며 수율이 높은 장점을 가지고 있다. 금속 Ni 분말 제조를 위해 Planetary mill을 이용하였고 NiO파우더 입도 제어의 주요인인 밀링 속도(RPM), 밀링 시간 그리고 milling media의 충전율을 변화시켜 각각의 조건에 따른 입도와 형상의 변화를 연구하였다. SEM 이미지와 'image J' 프로그램을 이용하여 평균 입도와 입도 범위에 대한 값을 얻었으며, 추후 연구를 위한 XRD, 비표면적과 기공량(BET), 진비중 측정을 진행하였다. 이러한 과정을 통한 연구의 결과, 저가의 NiO 분말을 평균 입도 및 입도 범위 제어를 통해 고부가 가치를 갖는 나노 사이즈 금속 Ni 분말을 제조하는데 성공하였다.

P1-G1-25 Enhanced Exchange Bias Effect by Modulating Relative Ratio of Magnetic Ions in $Y_2Co_{2-x}Mn_xO_6$ (x = 1.0-1.9)

자성 이온의 비율 변화에 따른 $Y_2Co_{2-x}Mn_xO_6$ (x = 1.0-1.9) 물질의 향상된 교환 바이어스 효과

오동건*, 오상협. *연세대학교*

It has recently been reported that the exchange bias (EB) phenomenon in double-perovskite Y_2CoMnO_6 ceramic arises from additional antiferromagnetic (AFM) clusters formed by the anti-sites of ionic disorders in the dominant ferromagnetic (FM) phase. To extensively examine the role of ionic orders and versatile magnetic interactions, we have measured the magnetic properties of $Y_2Co_{2-x}Mn_xO_6$ (x = 1.0–1.9) compounds with different relative ratios of the magnetic ions. Upon increasing the ratio of Mn ions, the FM transition temperature is gradually lowered with a greatly enhanced EB effect for $x \geq 1.4$. The measurement of heat capacity and AC magnetic susceptibility in the compound with x = 1.5 suggests the formation of magnetic cluster-glass state from short-range FM order with comparable AFM clusters generated by the formation of Mn^{3+}-O^{2-}-Mn^{3+} bonds. The dependence of the EB effect on the cooling field reveals the maximum EB field at 2 K to be H_{EB} = 3.19 kOe. The large EB effect originates from the adjusted proportions of FM and AFM phases and the improved interfacial pinning of exchange coupling in the cluster-glass state. Our results, based on intricate magnetic correlations and phases, provide essential clues for exploring suitable ceramic compounds for magnetic functional applications.

P1-G1-26 Nonlinear Magnetodielectric Effect of Disordered perovskite $HoCr_{0.5}Fe_{0.5}O_3$: Role of Magnetic Rare-earth Ions

무질서한 페로브스카이트 $HoCr_{0.5}Fe_{0.5}O_3$에서의 비선형 자기유전 효과

신현준*. *연세대학교*

We investigated the magnetic and dielectric properties of perovskite $HoCr_{0.5}Fe_{0.5}O_3$. The coexistence of various magnetic interactions resulting from disordered transition-metal ions leads to an intricate temperature dependence of the magnetic properties. From the examination of the temperature dependence of magnetic susceptibility and heat capacity, an antiferromagnetic order of Cr^{3+}/Fe^{3+} moments arises below T_N = 304 K and a spin reorientation transition occur at T_{SR} = 170 K. In addition, an antiferromagnetic order of Ho^{3+} spins emerges at T_{Ho} = 18 K. Based on the sufficiently low dielectric loss below 150 K, excluding the influence of extrinsic effects, a highly nonlinear variation in the isothermal dielectric constant, with a similar hysteretic behavior of the magnetic-field derivative of magnetization,

is observed. In comparison to the lack of a noticeable magneto-dielectric effect in $YCr_{0.5}Fe_{0.5}O_3$, the strong correlation between magnetic and dielectric order parameters in $HoCr_{0.5}Fe_{0.5}O_3$ suggest the important role of magnetic rare-earth Ho^{3+} ions. Our results accompanied by intricate magnetic correlations in the disordered $HoCr_{0.5}Fe_{0.5}O_3$ are expected to trigger fundamental and applied research on magnetic materials through the scope of specific magnetic characteristics in disordered perovskites

P1-G1-27 Chronoamperometry-based Redox Cycling for Application to Immunoassays

면역 측정법에 적용하기 위한 Chromoamperometry 기반 redox cycling

박준희*, Song Zhiquan, 이가연, 변재철. *연세대학교*

In this work, the chronoamperometry-based redox cycling of 3,3′,5,5′-tetramethylbenzidine (TMB) was performed by using interdigitated electrode (IDE). The signal was obtained from two sequential chronoamperometric profiles: (1) with the generator at the oxidative potential of TMB and the collector at the reductive potential of TMB, and (2) with the generator at the reductive potential of TMB and the collector at the oxidative potential of TMB. The chronoamperometry-based redox cycling (dual mode) showed a sensitivity of 1.49 μA/OD, and the redox cycling efficiency was estimated to be 94% (n = 10). The sensitivities of conventional redox cycling with the same interdigitated electrode and chronoamperometry using a single working electrode (single mode) were estimated to be 0.67 μA/OD and 0.18 μA/OD, respectively. These results showed that the chronoamperometry-based redox cycling (dual mode) could be more effectively used to quantify the oxidized TMB than other amperometric methods. The chronoamperometry-based redox cycling (dual mode) was applied to immunoassays using a commercial ELISA kit for medical diagnosis of the human hepatitis B virus surface antigen (hHBsAg). Finally, the chronoamperometry-based redox cycling (dual mode) provided more than a 10-fold higher sensitivity than conventional chronoamperometry using a single working electrode (single mode) when applied to a commercial ELISA kit for medical diagnosis of hHBsAg.

P1-G1-28 Characterization of Orientation Controlled 1D-Barium Titanate Nanorod

1차원 티탄산바륨 나노입자의 배열방위 제어에따른 특성평가

이승용*, 왕지은, 김도경. *한국과학기술원*

As the need for future electronic device gets more challenging every year, understanding of material's dielectric property comes significant. Barium titanate (BT) is one of well known candidates for wide application in ceramic based electronics including multi-layer ceramic capacitor (MLCC) due to its outstanding dielectric properties. Many of the studies have been reported to achieve higher tetragonality and density along with its reliability of the device by using various sizes of spherical BT particles. However, because of its morphology, spherical particles cannot satisfy both high reliability as well as tetragonality. Here, we used hydrothermally synthesized 1-dimensional BT nanorod to overcome the limitations of spherical BT particles. We tried to align nano-rods along the c-axis by applying shear stress and sintered with high heating rate. We expect this orientation controlled sintering will reach higher density with better dielectric performance. Rod alignment of the sintered body have been quantified through X-ray diffraction (XRD) analysis and its fracture plane and microstructures have been observed through scanning electron microscopy (SEM).

P1-G1-29 Investigating Dielectric Properties of Single-layer Dielectric Nanosheet

유전체 나노시트 단층막의 유전 특성평가

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. However, there are no reports about the single-layer properties. Therefore, we synthesis dielectric nanosheets with formula of $Sr_2Nb_3O_{10}$ and deposited monolayer by Langmuir-Blodgett deposition method. We measured dielectric and electrical properties of single-layer of $Sr_2Nb_3O_{10}$ 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).

P1-G1-30 Ultraselective and Sensitive Xylene Sensor Using Pt-doped $CoCr_2O_4$ Hollow Sphere for Monitoring Indoor Air Quality

Pt 촉매가 도핑된 $CoCr_2O_4$ 중공구조 입자를 이용한 고감도, 고선택적 자일렌 센서

이건호*, 김보영, 윤지욱, 이종흔. *고려대학교*

Xylene, one of the harmful gases detected indoor air, has a high toxicity that can cause the diseases on kidney, lung, heart, and nervous system. For instance, the exposure to xylene at concentrations as low as 50 ppb is known to affect the human body and thus the accurate detection of xylene is of crucial importance. In this study, we synthesized Pt-doped $CoCr_2O_4$ hollow spheres through a simple, single-step ultrasonic spray pyrolysis process to fabricate the sensor that can detect very low concentration of xylene. The sensor using Pt-doped $CoCr_2O_4$ hollow spheres exhibited unprecedentedly high gas response (resistance ratio = 559) to 5 ppm xylene at 275°C and excellent gas selectivity for other indoor pollutants. The detection limit for xylene was as low as 18.7 ppb, which is a very low concentration enough to monitor indoor xylene. These results demonstrate the promising potential of highly miniaturized indoor air quality monitoring devices with high response and selectivity to xylene.

P1-G1-31 Sensor Arrays Consisting of Pure and Fe-doped In_2O_3 Nanofibers for Discriminative Detection of Indoor Volatile Organic Compounds

실내 휘발성 유기화합물 가스의 차별적 검지를 위한 Fe-doped In_2O_3 나노섬유 센서 어레이 설계

박성현*, 이철순, 김보영, 조영무, 이종흔. *고려대학교*

Volatile organic compounds (VOCs) are known to have negative effect on human health. Since the health impacts of various VOCs differ significantly from each other, the detection or discrimination of indoor VOCs using a single selective sensor or an array of sensors is essential. In this study, sensor arrays consisting of pure and 0.05, 0.1, 0.3, 0.5 at% Fe-doped In_2O_3 nanofibers were fabricated by electrospinning for discriminative detection of five key indoor VOCs (benzene, xylene, toluene, formaldehyde and ethanol). The doping of 0.05 and 0.1 at% Fe decreased the temperatures to show the maximum responses to aromatic gases, and reduced the responses to non-aromatics gases. However, in 0.5 at% Fe-doped In_2O_3 nanofibers, the temperature-dependent gas sensing characteristics tended to become similar. Significantly different gas sensing patterns of each sensor could be used to discriminate between the five different VOCs and which was attributed to the catalytic activity, morphology, oxygen adsorption, and charge carrier concentration.

P1-G1-32 Room-temperature Gas Sensors through Ionic-activated Sensing Mechanism

이온화 전도 메커니즘을 이용한 상온 구동 가스센서

송영근[1,3*], 이승엽[2], 김광수[3], 주병권[3], 강종윤[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]KU-KIST융합대학원, [3]고려대학교*

Semiconducting gas sensors require a high operating temperature of 150–400°C for adsorption and desorption of target molecules. However, high temperature reduces sensor stability and life time because of thermally induced growth of grains, and can lead to risks of ignition when detecting flammable or explosive analytes. Moreover, it can also affect interconnected electronics and requires high power consumption. Hence, one of the most important challenge and issue in gas sensor society is to make a high-performance gas sensor that operates at room temperature for high stability and low-power consumption. Herein, we suggest a new strategy for a room temperature gas sensor using the ionic-activated sensing mechanism. Glancing angle deposition (GLAD) method was used to fabricate highly porous SnO_2 nanorods. The ionic conduction induced by humidity was confirmed using impedance spectroscopy, I-V characteristic and XPS analysis. The relation between the sensing properties and relative humidity was systematically investigated. Also, it is observed that the response rate and recovery rate are accelerated as relative humidity increases. The gas sensing mechanism was demonstrated as a cascade process based on ionic conduction. We believe that the ionic conduction based SnO_2 nanorods open a new direction for developing the room temperature gas sensor.

P1-G1-33 Measurement and Digital Data Acquisition System for Energy Conversion Materials with IoT Sensors in KIMS

IoT 센서를 이용한 에너지 변환 세라믹 소재의 물성 측정과 저장 시스템 구축

이학성[1*], 이석록[1], 김은아[1], 이채영[2], 정승훈[2], 문경석[2]. *[1]재료연구소, [2]경상대학교*

인공지능의 발달과 IoT (Internet of Things)의 보편화를 통해서 4차 산업혁명은 다양한 분야에서 순차적으로 진행되고 있다. 공개 소프트웨어의 다양성과 자율 측정 장비의 완성도는 개발을 위해서 오랜 시간과 많은 비용이 들었던 연구실 장비에 대해서도 빠르게 대처해 갈 수 있을 것으로 기대된다. 과학, 공학 분야와 같이 높은 정밀도가 요구되는 분야에서도 기존 측정 장비와 연계하거나 저가의 센서를 이용한 스크리닝 기술을 통해서 소재 정보를 빠르게 대량으로 수집하고 기계학습을 통한 소재의 개발이나 공정의 개선 등에 적극적으로 접근하고 있다.

본 발표에서는 재료연구소에서 수행하고 있는 에너지 변환소재에 대한 단순한 자동 측정 시스템을 전시하고, 향후 발전 방향에 대해서 토론하고자 한다. 특히, BBC가 제작하여 교육용으로 보급하고 있는 Microbit을 비롯한 다양한 IoT 프로세서에 활용방법을 소개하고 재료개발이나 스마트 팩토리 구축에 있어 재료연구소에서 어떻게 활용할 수 있는지 살펴보고자한다.

P1-G1-34 Study on Oxidation Behavior of Li Metal Protected by ALD Process Using Real-Time Optical Inspection

실시간 광학 검사법을 이용한 ALD 공정으로 보호된 Li 금속의 산화 거동 연구

이규현*, 김보람, 우상길, 유지상, 김형근. *전자부품연구원*

최근 들어 전기자동차를 비롯한 많은 어플리케이션에서 수명이 길고 용량이 크며 안전 문제가 적은 배터리를 필요로 한다. 이에 무게가 가볍고 높은 에너지 밀도를 갖는 Li 금속이 이상적인 양극재료로 고려되어 왔고 차세대전지로는 Li-S, Li-Air 전지가 각광받고 있다. 하지만 이는 Li 금속과 전해질의 상호 작용에 의한 덴드라이트 구조의 형성으로 배터리 수명의 단축 뿐만 아니라 가스 발생 및 발화의 위험을 야기하는 안정성 문제로 인해 상용화가 제한되고 있다. 따라서 본 연구에서는 표면 반응성을 제어하기 위해 Li metal 위 ALD를 증착하여 보호층을 형성하였고 이에 따른 복합체의 대기 안정성을 확인하였다. 보호층의 경우 Li 금속과 상호작용이 적은 Al_2O_3를 사용하였으며 SEM을 통해 Li 금속 위 공정 온도에 따른 증착 경향을 분석하였다. 막의 두께 및 온도 가변에 따른 Li 금속의 산화 거동은 in-situ OM을 통해 실시간으로 분석하였고 이에 따른 Li 금속 반응 부산물의 수와 크기 분석을 통해 최적화된 ALD 박막의 두께를 확보하였다.

P1-G1-35 The Electrical Characteristics of Ni-$BaTiO_3$ based MLCC with Operating Temperature

사용온도에 따른 Ni-$BaTiO_3$ MLCC 전기적 특성

서석노*, 최재원, 김민기, 윤중락. *삼화콘덴서*

Recently, multilayer ceramic capacitor (MLCC) has been in increasing demand at the automotive market, and high temperature reliability is required at these environments. The high temperature reliability could be dependent on the additive composition, content and sintering conditions of the dielectric materials, and it has a relationship with temperature coefficient of capacitance (TCC). In this study, the dielectric properties and high temperature reliability of MLCC were investigated with the temperature characteristics such as X5R, X7R & X8R. The specimens were prepared with 3.2 mm × 1.6 mm size and 1.0 uF capacitance of MLCC chips, and the dielectric sheet thickness and layer number were designed with the dielectric constant of each composition. At room temperature the dielectric constant and BDV of X5R MLCC was larger than others, but the high temperature reliability was shown the highest stability at X8R MLCC. This result could be due to the excellent DC-bias and I-V properties of the X8R MLCC at high temperatures. The frequency, ripple and aging characteristics were also compared with the TCC of MLCC.

P1-G1-36 Study of Temperature and Plasmon Dependent Ho^{3+}, Yb^{3+}-doped Yttrium Oxyfluoride Phosphors

Ho^{3+}, Yb^{3+} 이온이 치환된 Yttrium Oxyfluoride 형광체의 온도와 플라즈몬 의존현상 연구

박창일*, 박상문. *신라대학교*

Ho^{3+}, Yb^{3+}가 치환된 비 화학양론적 $Y_6O_5F_8$ 형광체를 온도와 NH_4F 플럭스의 농도를 조절하여 고상법으로 합성하였다. 합성된 형광체는 X-선 회절을 이용하여 단일 상으로 합성됨을 확인하였다. 비 화학양론적 $Y_6O_5F_8$와 화학양론적 YOF 형광체의 구조적 특성과 발광 스펙트럼을 관찰하여 비 화학양론적 $Y_6O_5F_8$ 형광체의 더 높은 발광 효율을 확인할 수 있었다. 980 nm 레이저를 세기에 따라 조사하여 $Y_{5.67}Ho_{0.03}Yb_{0.3}O_5F_8$ 형광체의 발광스펙트럼을 측정하였으며 효율적인 multi-photon process를 관찰하였으며 온도에 따른 발광스펙트럼의 변화에 따라 온도센서의 적용 가능성을 확인하였다. $Y_{5.7-x}Ho_xYb_{0.3}O_5F_8$ (x = 0.006–0.06)형광체의 Ho의 농도가 증가함에 따라 색좌표의 CIE값이 녹색에서 황색 영역으로의 이동을 확인하였다. Au 나노입자를 도포한 $Y_{5.67}Ho_{0.03}Yb_{0.3}O_5F_8$ 형광체는 표면 플라즈몬 현상을 통한 발광효율의 증가를 관찰할 수 있었다.

P1-G1-37 Site-selective Photoluminescence of Ce^{3+} Doped Orthosilicate Phosphors Based on the Crystal Structure

Ce^{3+} 치환된 오르소실리케이트계 형광체의 구조에 따른 선택적 발광 특성 연구

양성준*, 신승용, 박상문. *신라대학교*

Na^+, Ce^{3+}가 치환된 $Ba_6Ca_3YAlSi_6O_{24}$ 오르소실리케이트계 형광체를 고상법을 통하여 합성하였다. $Ba_6Ca_3YAlSi_6O_{24}$ 모체를 synchrotron X-선 회절을 사용하여 구조적 특성을 확인하였으며, 양이온 자리에 따른 Ce^{3+} 발광을 관찰하였다. Ce^{3+} 치환된 $Ba_6Ca_3YAlSi_6O_{24}$ 형광체는 양이온 자리에 따라 선택적으로 발광스펙트럼이 관찰되었으며 $Ba_{6-2x}Ce_xNa_xCa_3YAlSi_6O_{24}$ 및 $Ba_6Ca_{3-2x}Ce_xNa_xYAlSi_6O_{24}$ (x = 0.01-0.4)에서의 농도소광 현상이 높은 농도에서 명확하게 구별되어 관찰되었다. Gaussian fitting을 통하여 모체격자 내에 Ce^{3+} 치환 자리를 관찰하였으며 $Ba_{6-2x}Ce_xNa_xCa_3YAlSi_6O_{24}$ 및 $Ba_6Ca_{3-2x}Ce_xNa_xYAlSi_6O_{24}$ 형광체에 대하여 활성제 치환의 발광 중심을 확인하였다. $Ba_6Ca_{3-2x}Ce_xNa_xYAlSi_6O_{24}$ 조성의 발광 중심의 위치를 $(BaCa)_{9-2x}Ce_xNa_xYAlSi_6O_{24}$로 조율 할 수 있었다.

P1-G1-38 Piezoelectric Energy Harvesting Characteristics of Carbon Nanotube-Embedded Nanofibers

탄소나노튜브가 내장된 나노섬유 압전 에너지 하베스팅 특성

김지호*, 김승원, 조용수. *연세대학교*

Piezoelectric nanofibers with piezoelectric polymer, poly(vinylidene fluoride–trifluoroethylene) (P[VDF-TrFE]) are studied to investigate the output performance of energy harvester. Multi-walled carbon nanotube (MWCNT) with ~ 150 nm is used as a filler to enhance the b-phase of P(VDF-TrFE). Different contents range from 0 to 0.72 wt% of MWCNT were embedded into P(VDF-TrFE) to correlate the effect of content with the resultant harvesting characteristics in the MWCNT/P(VDF-TrFE) composite nanofibers. The flexible energy harvesters were fabricated with nanofiber mat produced by single-jet electrospinning. The harvesters demonstrated different results depending on the content of MWCNT and showed the highest output performances of ~ 21.2 V output voltage and ~ 812 nA output current when the content of MWCNT was 0.72 wt%.

P1-G1-39 Plasmonic-Enhanced Luminescence Characteristics of Printed Phosphor Nanostructures

플라즈모닉 나노구조체를 이용한 형광체층의 발광 특성 평가

권오현*, 장진우, 정예슬, 박관현. *연세대학교*

A novel remote phosphor approach is introduced here to enhance luminescence properties by combining a waveguiding ZnO-based nanostructure with plasmonic Au nanoparticles. The system is based on a micro-scale yellow phosphor layer applied by simple printing onto an Au nanoparticle-dispersed ZnO nanorod array. The combination of wave-guiding ZnO nanorods with dispersed plasmonic Au nanoparticles induces a significant improvement in luminous efficacy. This structure induces a substantial enhancement in luminous efficacy of ~ 18% due to a combination of waveguide effects from the nanorod structure and plasmonic effects from the Au nanoparticles. The length of the Zn nanorods and the concentration of Au varied for optimal luminescence performance. A promising efficiency of ~ 84.26 lm/W was achieved for a silicate phosphor-converted LED consisting of long ZnO nanorods with a proper concentration of Au nanoparticles. The finite-difference time-domain (FDTD) method was successfully used to verify the luminous efficacy improvements in the Au nanoparticle-intervened nano-structures via the wave-guiding and plasmonic effects.

P1-G1-40 $WO_3/BiVO_4$ Core-shell Nanostructure Photoanodes with High Stability by All-solution Process for Solar Water Splitting

전용액 공정을 통한 고성능·고신뢰성 $WO_3/BiVO_4$ 코어쉘 나노구조 물분해 광전극 개발

이보름*, 이미경, 박훈기, 이솔아, 이태형, 장호원. *서울대학교*

$WO_3/BiVO_4$ heterojunction has been developed as a promising photoelectrochemical water splitting anode owing to their appropriate band edge positions and ability to absorb visible light. Although WO_3 has moderate hole diffusion length and good electron transfer property within the material, WO_3 alone as photoanodes has limitations of poor charge separation and less utilization of solar irradiation. This limitation can be overcome by forming type II heterojunction with a small band gap material such as $BiVO_4$. Here we report facile fabrication of nanostructured $WO_3/BiVO_4$ heterojunction photoanodes by all-solution process. To fabricate this photoelectrodes in eco-friendly way, we synthesized WO_3 by hydrothermal method without seed layer and $BiVO_4$ by pulsed electrodeposition. WO_3 nanorods were synthesized uniformly on FTO substrate and $BiVO_4$ covered the entire surface of WO_3. The current density of $WO_3/BiVO_4$ heterojunction anodes was double that of pristine WO_3 nanorod arrays and the stability was also enhanced. This all-solution process enables the real eco-friendly technology to fabricate efficient solar water splitting anodes for sustainable energy production.

P1-G1-41 Giant Dielectric Constant and Tunable Phase-Transition Characteristics of ZnF_2/BaF_2-Modified $BaTiO_3$ Thick Films

ZnF_2/BaF_2이 첨가된 $BaTiO_3$ 후막의 높은 유전 특성 및 상 변화 관찰

오효찬*, 박선재, 조용수. *연세대학교*

Abnormal dielectric properties of $BaTiO_3$-based thick films modified with various fluorides studied here. For example, dense $95BaTiO_3$-$xZnF_2$-$(2-x)BaF_2$-3glass (x = 0.5, 1.0 and 1.5) thick films were prepared on Cu foils by regular screen-printing and then firing at 950 °C in inert

atmosphere. The double fluorides of ZnF_2/BaF_2 determined the transition temperature of the paraelectric-ferroelectric phase with an accompanying broadening effect of dielectric constant at peak temperature. Surprisingly, the double substitutions resulted in a large enhancement of dielectric constant of > 1,400 at room temperature while keeping dielectric loss competitively low. As an example, thick film compositions modified with $1.0ZnF_2/1.0BaF_2$ exhibited a dielectric constant of ~ 1,903 and a dielectric loss of ~ 0.04 at room temperature. Dependency of the relative contents of other fluorides is also investigated in regard to microstructure and dielectric properties.

P1-G1-42 Epitaxial Growth of β-Ga_2O_3 Thin Films for Power Semiconductor Device by Pulsed Laser Deposition

PLD 공정을 이용한 β-Ga_2O_3 박막의 에피택셜 성장

최형진*, 김신익, 백승협. *한국과학기술연구원*

Ga_2O_3 (Gallium oxide) is a compound semiconductor material with wide band gap of 4.9-5.3 eV. There are various crystalline phases in Ga_2O_3, among which α-, β-, γ-, δ-, and ε- are well known. Recent trends on the evolution of ultrawide-band-gap semiconductor materials acknowledge Ga_2O_3 as one of the most promising candidates for supporting future power devices. β-Ga_2O_3 is have an advantaged of likely to be produce crystals at lower cost than the commonly used for the growth of SiC or GaN. In this reason, research on devices with monoclinic structured β-Ga_2O_3 thin films has been accelerating owing to its single crystal substrates and heteroepitaxy growth process. But, many studied focusing on such as metal organic vapor phase epitaxy (MOVPE), halide vapor phase epitaxy (HVPE), and molecular beam epitaxy (MBE) process for high quality thin films. In this study, β-Ga_2O_3 thin films deposited by PLD (Pulsed Laser Deposition) method onto various crystal substrate. And we investigated physical and electrical properties of the Ga_2O_3 thin films applied to power device.

P1-G1-43 In Situ Stress-Driven Optical Modulations in Flexible Narrow Bandgap Semiconductor Films

플렉시블 좁은 밴드갭 반도체 막의 in-situ 응력 적용에 따른 광학적 조절

장진우*, 김다빈, 이승민, 장우선, 손알로이시우스, 조용수. *연세대학교*

Flexible semiconducting thin films have drawn significant interest due to its electronic and optoelectronic application. Though strain engineering in flexible systems has been considered to tune optical properties, there are very limited reports which demonstrate experimentally the changes in material properties when an external stress is applied to thin films. Here, we present in situ stress driven optical modulations in flexible narrow bandgap p-type semiconductor of PbS thin films. We experimentally and theoretically proved in situ stress dependence of the optical bandgap and the resulting photoresponse of flexible metal-semiconductor-metal devices. Optical bandgap was changed from 1.43 eV to 1.73 eV in the strain range of - 0.88 to +0.88 %. A metal-semiconductor-metal device with compressive strain-induced PbS thin films exhibited a higher photoresponse compared to the unstrained ones, resulting from favorable band edge positions and generation of a higher number of electron-hole pairs due to its lower bandgap.

P1-G1-44 Effect of Alkali-element Content Control on Sintering Behavior of $0.95(K_{0.5-x}Na_{0.5-x})NbO_3$-$0.05BaTiO_3$ Piezoelectric Ceramics

알칼리원소 함량 제어가 $0.95(K_{0.5-x}Na_{0.5-x})NbO_3$-$0.05BaTiO_3$ 압전세라믹의 소결거동에 미치는 영향

정재훈*, 유일열, 하수진, 조경훈. *금오공과대학교*

최근 $Pb(Zr,Ti)O_3$ (PZT) 계열 압전세라믹의 환경적 문제가 대두되면서 비납계 압전세라믹에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 높은 상전이 온도와 준수한 압전특성을 갖는 $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ (KNN) 계열 압전세라믹에 대한 많은 연구 결과들이 보고되고 있다. 그러나 기존에 보고된 KNN 계열 압전세라믹 조성들은 원료물질인 알칼리탄산염 분말들의 높은 흡습성으로 인해 압전특성의 재현성이 낮은 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 완전히 탈수화된 원료분말을 이용하여 $0.95(K_{0.5-x}Na_{0.5-x})NbO_3$-$0.05BaTiO_3$ (x = 0 ~ 0.025) 조성들을 합성하고 소결 온도 및 시간 제어에 따른 미세구조 변화를 관찰하였다. 알칼리원소를 제어하지 않은 조성(x = 0)에서는 넓은 소결 온도 범위에서 결정립 성장이 일어나지 않았으며, x 제어 양에 따라 특정 소결 온도에서 결정립 성장이 관찰되었다. 또한 소결 시간을 제어한 결과 소결 시간이 증가할수록 결정립 성장이 일어나지 않던 x = 0 조성에서도 결정립의 성장이 관찰되었고, x 제어 양이 증가할수록 결정립 성장에 필요한 소결 시간이 감소하였다. 이러한 결과를 기반으로 KNN 계열 압전세라믹의 소결 거동에 대해서 논하고자 한다.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government [NRF-2016R1D1A1B03935024], [NRF-2018R1A6A1A03025761] and Fundamental Research Program of the Korean Institute of Materials Science (KIMS).

P1-G1-45 Prestress-Driven Optical Modulations of Flexible Zinc Oxide Thin Films

유연 ZnO 박막의 prestress 기반 광학적 특성 제어

최홍제*, 장우선, 정예슬, 조용수. *연세대학교*

Experimental verification of strain-driven optical modulation has not been easily available in flexible systems so far. Here, we propose an innovative approach to induce homogeneous strain to flexible ZnO thin films in a controllable manner, in order to alter band structure and optical properties. The intentionally induced stress, leading to structural distortion of the contraction along the *a*-axis and the extension along the *c*-axis, was effectively adjusted. The optical band gap was found to decrease by ~ 150 meV with a pre-stretching strain of 4.87%. The band gap narrowing was found to occur from the evolution in the band structure including downward shift of the conduction band maximum and upward shift of valence band minimum under the applied stress. Theoretical calculations fully supported our experimental evidences using density functional theory and they suggested that the reduced strong interaction between Zn d and O p orbitals may be responsible for the band gap narrowing.

P1-G1-46 Photoluminescence Properties of $CH_3NH_3(Sn_xPb_{1-x})Br_3$ Halide Perovskite

$CH_3NH_3(Sn_xPb_{1-x})Br_3$ 할라이드 페로브스카이트 발광 특성

하휘헌[1]*, 이시홍[1], 채원식[2], 이상욱[1], 김정주[1], 이준형[1], 허영우[1]. [1] *경북대학교*, [2] *대구 KBSI*

Halide perovskites has been in the spotlight as a strong candidate for novel photovoltaic device materials. Halide perovskites, represented by $CH_3NH_3PbI_3$, have the advantage of cheap raw materials, easy synthesis and high absorption coefficient. But, Pb can cause environmental problems. Therefore, replacing Pb in halide perovskites is an important issue and Sn is a good alternative. It is necessary to understand the effect of Sn as an intermediate step before the conversion to Sn.

In this study, we investigated photoluminescence properties of mixed Sn-Pb halide perovskites. We synthesize $CH_3NH_3Sn_xPb_{1-x}Br_3$ powder and measured XRD, PL spectra and TRPL. We obtained PL spectra using excitation source with 470 and 266 nm. We confirm that d-spacing decreases linearly with increasing x. When mixed composition than single composition, PL emits light with higher energy. The carrier recombination time decreased linearly with increasing x. And also, Time-resolved Fluorescence Confocal Microscopy was used to observe the light stability and luminescence dynamic study of Sn-Pb halide perovskites.

P1-G1-47 Highly Selective and Sensitive at Room Temperature of SnO_2 Nanowire Sensors for Detection of NO_2 Gas under Violet Illumination

상온에서 바이올렛 조명 하에 고성능 선택성, 민감성을 가진 NO_2 가스탐지 SnO_2 나노 와이어 센서

팜티엔홍*, 풍딘호앗, 이상욱, 이준형, 김정주, 허영우. *경북대학교*

Nowadays, gas sensors are very important in environmental monitoring, chemical control and home safety. An ideal sensor should having a sensitive, a long term stability, a detection of low target gas concentrations and working at room temperature. Therefore, in the gas sensor field, current research has been focused on the development of sensors for monitoring of toxic, hazardous and flammable gases having the characteristics of rapid response, high response, good selectivity and room temperature operation. Herein we report on the growth of SnO_2 nanowire on the SiO_2/Si substrate by using a chemical vapor deposition (CVD) system through a support of gold and their NO_2 sensing properties under violet illumination. SnO_2 nanowires is over hundreds of micrometers in length and 20 - 30 nm in diameter, have been synthesized through one-step process. Their photo-induced sensing response for 20 ppm NO_2 and the response/recovery time are approximately ~4.5% and 222/367 s, respectively. The limit of detection (LOD) of NO_2 for the SnO_2 nanowire sensor is 1 ppm. A possible light-induced gas-sensing mechanism was proposed for the SnO_2 nanowire and was investigated in detail.

P1-G1-48 High-performance Gas Sensors based on Vertically Growth 2D-SnS_2 Nanoflake Deposited by ALD

ALD에 의해 증착 된 수직 성장 2D-SnS_2 나노 플레이크를 기반으로 하는 고성능 가스 센서

김광수[1*], 송영근[1,2], 편정준[1,2], 이승엽[1], 김성근[1], 강종윤[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교*

Semiconducting gas sensors are widely used for medical diagnosis, fire detection and environmental monitoring, because they offer continuous information. Generally, high operating temperature (over 150°C) is required to achieve high sensitivity and repetitive operation. However, the high temperature reduces sensor stability and life time. In addition, it leads to high power consumption. Therefore, room temperature operations have been extensively studied using two-dimensional (2D) materials through high surface-to-volume ratio.

It is reported that sensing properties are improved when sensing material edge is connected each other. We fabricated the vertically growing SnS_2 nanoflake on the (atomic layer deposition) ALD process. However, in small number of ALD cycles, SnS_2 grown vertically was not properly connected between the electrodes. And in large number of ALD cycles, connections were made in thin-film SnS_2 under the vertically grown SnS_2. In this study, we have grown vertically growth SnS_2 nanoflake on high porous SiO_2 nanorod flatform. Fabricated SnS_2 nanoflake has high porosity and large surface areas as they between SiO_2 nanorods. When exposed to 1ppm NO_2− gas at room temperature, the SnS_2 nanoflake on SiO_2 nanorod exhibited excellent sensitivity as high as 100 (Rg/Ra-1).

P1-G1-49 Synergistic Effects on p-n Heterojunction of W-decorated NiO Nanowires to Detect NO_2

텅스텐과 니켈산화물의 p-n 이종접합 상승 효과를 이용한 NO_2 가스 검출

이승엽[1*], 송영근[2,3], 김광수[1], 강종윤[3]. *[1]KU-KIST융합대학원, [2]고려대학교, [3]한국과학기술연구원*

Over the past decades, the use of fossil fuels has steadily increased, leading to deterioration of air quality. Especially, NO_2 is well known as one of the most toxic gases emitted from stoves, heater, automobile smoke, and so on. In addition, it can seriously induce bronchial diseases and irritant affecting the mucosa of eyes and nose. The heterojunction can effectively improve the gas sensing performance for detecting toxic gases by electronic and chemical sensitization. In the heterojunction, the host-material acts as a current channel and mainly attributes to water tolerance and long-term stability of the sensor. Moreover, the decorated material influences on the catalytic effect and electronic coupling with the host material. In this respect, p-type NiO is a promising candidate for the host-material, and n-type WO_3 has been reported as an effective catalyst for NO_2. In this study, Our results show that the highly ordered W-decorated NiO nanoigloos have superior sensing properties to NO_2 as opposite to any other gas due to their crystal orientation, polarity of the surface and catalytic effect. We confidence that the W-decorated NiO nanoigloos stands as effective high-performance NO_2 sensors.sensing mechanism was demonstrated by synergetic effect of the crystal orientation, surface polarity and catalytic effect. We confidence that the WO_3 decorated NiO nano-hemisphere stands as effective high-performance NO_2 sensors.

P1-G1-50 Microwave Dielectric Properties of $Zn_{1.9-x}Mg_xSiO_{3.9}$ ($0 \leq x \leq 0.1$) Ceramics

$Zn_{1.9-x}Mg_xSiO_{3.9}$($0 \leq x \leq 0.1$) 세라믹스의 마이크로파 유전특성

정종석*, 김응수. *경기대학교*

Microwave dielectric properties of $Zn_{1.9-x}Mg_xSiO_{3.9}$ ($0 \leq x \leq 0.1$) ceramics were investigated at 11~12 GHz. For the specimens sintered at 1350°C for 3 h, a single phase with willemite structure was observed through the entire range of compositions. With increasing Mg content, the *Qf* value of specimens increased from 95,200 GHz to 156,100 GHz. These improvement of *Qf* is due to the large grain size,

which could be attributed to the liquid phase formation with small deficiency of ZnO from stoichiometric composition, $Zn_{1.9}SiO_{3.9}$. Also, the increase of *Qf* with Mg^{2+} substitution for Zn^{2+} of $Zn_{1.9}SiO_{3.9}$ could be explained by the increase of Zn-site bond valence of $Zn_{1.9}SiO_{3.9}$. Dielectric constant (*K*) of the specimens decreased with Mg^{2+} substitution for Zn^{2+} of $Zn_{1.9}SiO_{3.9}$ due to the smaller dielectric polarizabilty of Mg^{2+} (1.32 Å^3) than that of Zn^{2+} (2.04 Å^3). Good microwave dielectric properties was obtained for $Zn_{1.8}Mg_{0.1}SiO_{3.9}$; *K* = 6.36 , *Qf* = 156,100 GHz.

P1-G1-51 Microwave Dielectric Properties of $CaW_{1-x}(Mo_{1/2}Te_{1/2})_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.09$) Ceramics

$CaW_{1-x}(Mo_{1/2}Te_{1/2})_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.09$) 세라믹스의 마이크로파 유전특성

김주현*, 김응수. *경기대학교*

Microwave dielectric properties of $CaW_{1-x}(Mo_{1/2}Te_{1/2})_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.09$) ceramics were investigated. For the specimens sintered at 850-1000°C for 3 h, a single phase with scheelite structure was observed through the entire range of compositions. With an increase of $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ content, the *Qf* value of specimens was increased up to $x = 0.05$ and then decreased. The tendency of *Qf* value could be attributed to not only relative density, but also intrinsic factor such as bond valence. The dielectric constant (*K*) of the specimens was increased with increasing $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ substitution due to the higher polarizability of $(Mo_{1/2}Te_{1/2})^{6+}$ (3.49 Å^3) compared to W^{6+} (3.2 Å^3). The optimum dielectric properties were obtained for the specimens with $x = 0.05$: *Qf* = 105,100 GHz, *K* = 10.08.

P1-G1-52 Development of $Zr_{0.8}Sn_{0.2}TiO_4$ Ceramics Substrate Filter by No-calcination process

무하소 공정으로 제조 된 $Zr_{0.8}Sn_{0.2}TiO_4$ 세라믹 기판 필터 개발

박윤식[1*], 김응수[1], 노승현[2]. [1]*경기대학교*, [2]*(주) 알에프엠엔씨*

Recently, much attention has been paid to the microwave dielectric materials for the various applications of 5G communication systems Dielectric properties of $Zr_{0.8}Sn_{0.2}TiO_4$ ceramics prepared by no-calcination process were investigated. For $Zr_{0.8}Sn_{0.2}TiO_4$ sintered at 1450°C for 4h with no-calcination process, single phase of α-PbO_2 structure with space group *pbcn* was confirmed and high relative density above 95% was obtained with no secondary phase. Comparing to the specimens prepared by calcination process, the specimens prepared by no-calcination process showed similar high dielectric permittivity (K), high quality factor (*Qf*) and small temperature coefficient of resonant frequency (TCF). Also the ceramics substrate filters of the $Zr_{0.8}Sn_{0.2}TiO_4$ prepared by no-calcination process showed good filter characteristics of band width (3,100 ~ 3,500 HMz), insert loss (< 1.5 dB) and return loss (>12 dB).

P1-G1-53 Microwave Dielectric Properties of $Mg_{2-x}Co_xSiO_4$ ($0 \leq x \leq 0.05$) Ceramics

$Mg_{2-x}Co_xSiO_4$ ($0 \leq x \leq 0.05$) 세라믹스의 마이크로파 유전특성

박윤식*, 조현우, 김응수. *경기대학교*

Microwave dielectric properties of $Mg_{2.05-x}Co_xSiO_4$ ($0 \leq x \leq 0.05$) ceramics were investigated. For the specimens sintered at 1600°C for 4 h, a single phase with orthorhombic forsterite structure was observed through the entire range of compositions. With increasing of Co contents, the *Qf* value of specimens increased up to $x = 0.01$, then decreased. The maximum *Qf* value ~ 174,000 GHz could be attributed to high density and bond characteristics between divalent cation and oxygen bonds in oxygen octahedra. These could be explained 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 substitutions.

P1-G1-54 All Solid State Li thin Film Battery with Li $(Mn_{x-0.1}Ni_{1-x}Co_{0.1})O_2$ Cathode Explored by CCS-sputtering

연속조성확산법을 이용한 Li$(Mn_{x-0.1}Ni_{1-x}Co_{0.1})O_2$ 박막의 최적조성 탐색

최지원*. *한국과학기술연구원*

Continuous composition spread (CCS) method is used for an exploration of compositions with two or more than different elements; its advantage is a search for several dozens of compositions as well as some hundreds of ones at a time compared to the conventional solid state synthesis. Finding a new and promising composition is a main topic because of the overall effects on electrochemical performance of batteries. Li(Ni, Mn, Co)O_2 composition is an extremely fascinating cathode material due to a diversity and possibilities of selection regarding to each application. Depending on a purpose of a usage, the importance of high capacities or a long cyclability gets changed. In other words, a large amount of Ni is required to get higher capacities while Mn is more necessary for a long cyclability.

In this study, we show a wide range composition gradient to choose electrochemical performance changing ratios of Ni to Mn at the fixed 0.1 at% of Co by using a CCS-sputtering on the both sides of $LiMn_{0.9}Co_{0.1}O_2$ and $LiNi_{0.9}Co_{0.1}O_2$ targets. In addition, a target is synthesized with the certain composition demanded for our need after exploring compositions. The electrochemical performance of the certain composition is measured in a full cell with a solid state electrolyte at a couple of c-rates by WBCS 3000. The accurate compositions explored by CCS-RF sputtering system are investigated by Rutherford backscattering spectroscopy (RBS) and X-ray diffraction (XRD).

P1-G1-55 Study of Semi-transparent CIGS Solar Cells Fabricated by Single-stage Co-evaporation

단일단계 동시증발공정법을 이용한 CIGS 기반의 반투광형 태양전지 연구

신민정*, 조아라, 김기한, 안승규, 박주영, 유진수, 정인영, 윤재호, 곽지혜, 조준식. *한국에너지기술연구원*

단일단계 동시증발법은 기존 CIGS 박막 증착에 광범위하게 사용되는 3단계 동시증발법에 비하여 상대적으로 공정시간이 짧고 증착 공정이 단순한 장점을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 단일단계 동시증발공정법으로 증착된 흡수층을 적용한 반투광형 CIGS 태양전지를 제작하였다. 반투광형 태양전지를 제작하기 위해 투명전극인 FTO를 후면 전극으로 사용하였고, 흡수층인 CIGS 박막은 550 °C의 공정온도에서 약 350 nm 두께로 조절하여 증착하였다. 태양전지의 특성 향상을 위해 NaF 후증착 처리 공정을 진행하였고, 이때 NaF 도핑 시간을 조절하여 태양전지의 특성 변화를 연구하였다. NaF 도핑 시간이 증가할수록 흡수층 내에서의 Na 농도가 증가함을

SIMS 분석을 통해 확인하였다. 최적화된 알칼리 도핑 농도를 갖는 태양전지에서 효율 9.76%, 충진율 74.09%, 단락전류 20.92 mA/Cm^2, 개방전압 0.63 V의 값을 얻을 수 있었다. 반면, 420-720 nm의 가시광 영역에서 태양전지의 광 투과도는 NaF 도핑의 영향없이 8-9%로 거의 일정하게 나타났다.

P1-G1-56 Synthesis and Optical Properties of Spherical YAG:Ce^{3+} Phosphor Powders by Polymer Solution Route and Atmospheric Plasma Spray

PVA폴리머 용액법-대기 플라즈마 용사법을 이용한 구형의 YAG:Ce^{3+} 형광체 분말의 합성과 발광특성

김용현*, 이상진. *목포대학교*

LED 제품의 성능을 향상시키고 가격을 절감하기 위하여 형광체 개발의 다양한 접근 방법이 연구되고 있다. 형광체의 발광효율은 형광체의 결정성과 표면 결함에서 많은 영향을 받게 된다. 또한 최적의 발광효율을 보이기 위해서는 표면의 구조 및 입자의 크기 제어가 필수적으로 동반되어야 한다. 외부의 에너지가 모체 및 활성제에 전달됨에 있어 적당한 침투 깊이를 가져야 하며, 단위면적당 흡수하는 에너지가 커야 한다. LED제작 공정에 있어서 입자는 10 μm 이하의 크기를 지녀야 하며, 치밀한 구조를 갖는 구형의 입자는 이상적인 광특성을 갖는 구조이다. 본 연구에서는 PVA폴리머 용액법을 이용하여 YAG전구체를 혼합하고, 대기 플라즈마 용사 공정(APS, atmospheric plasma spray)으로 YAG:Ce^{3+} 형광체를 합성하는 새로운 방법을 시도하였다. 과립형의 전구체 분말은 강도를 갖기 위하여 1100°C에서 열처리하였다. 과립 전구체 분말의 평균 입자 크기는 30 μm로서 용사용 분말로 적용하기에 적절한 크기를 보였다. 합성된 형광체 분말은 안정된 YAG상을 보였으며, 상용 형광체 분말에 비하여 우수한 115%의 형광특성을 보였다. 형광체 분말의 미세구조는 완전한 구형의 형상과 평균 50 μm 내외의 크기를 보였다. 형광체 분말의 PKG 테스트 결과, 상용 형광체 분말에 비하여 115%로 우수한 광도를 보였으며, 중심파장은 531 nm에서 관찰되었다. 새로운 합성법을 시도하여 얻어진 YAG형광체는 입자의 크기와 형상 그리고 결정화가 중요한 변수로 여겨진다.

P1-G1-57 Effect of Binder Burn-out Oxygen Partial Pressure on Co-firing of Multilayer Piezoelectric Actuator

적층 압전 액츄에이터의 Binder burn-out 산소 분압이 동시 소성에 미치는 영향

김재혁[1*], 김시연[2], 여동훈[2], 신효순[2], 남산[1]. [1]*고려대학교*, [2]*한국세라믹기술원*

압전 액츄에이터는 전기적 에너지를 기계적인 변위로 변환시키는 장치로써 고 신뢰성을 요구하는 초음파센서, 인젝터 밸브 등 다양한 분야에서의 적용이 크게 증가하고 있는 추세이다. Tape casting 공정을 이용한 시트 제작 과정에서 첨가된 바인더는 소성 과정에서 완전히 제거해야 한다. 탈지 공정이 제대로 이루어지지 않으면 잔류 카본에 의한 특성 저하로 액츄에이터 구현이 어렵다. 또한 Cu 내부 전극의 산화와 PbO 세라믹의 환원을 방지하기 위한 산소 분압의 제어 범위가 좁아 동시 소성 조건 확보가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 탈지 공정 구간에서 산소 분압 제어를 통한 Cu 내부 전극의 산화 반응을 억제하고 바인더를 완전히 제거하여 환원 분위기 동시 소성을 진행하였다. 그 결과 burn-out 구간에서의 $PO_2 = 10^{-3}$ 이하일 경우 잔류 carbon이 존재하여 소결 밀도가 낮아지며, $PO_2 = 10^{-1}$ 이상에서는 Cu의 산화 반응에 의한 세라믹 층 내부의 Cu 확산이 부분적으로 진행되어 2.3 Ω의 높은 저항 값을 나타내었다. $PO_2 = 10^{-2}$에서 burn-out 진행 후 소결 온도 1000°C에서 $PO_2 = 10^{-5}$ 일 때 소결 밀도가 가장 높았으며, 낮은 저항 값 0.4 Ω을 나타내었다.

P1-G1-58 Effect of Electric Field on Electro-caloric Effect in (Bi,Na)TiO_3-$SrTiO_3$ Ceramics

전기장의 크기가 (Bi,Na)TiO_3-$SrTiO_3$ 세라믹스의 전기열량효과에 미치는 영향

김빛찬*, 허진혁, 김정석, 천채일. *호서대학교*

최근, 강유전 재료의 전기 열량 효과(Electro Caloric Effect, ECE)를 이용하여 고체 냉각 소자를 개발하려는 연구가 시도되고 있다. (강)유전 재료에 전기장을 인가(또는 제거)하면, 쌍극자 엔트로피의 변화가 발생하며, 이로 인한 단열 조건에서의 온도 변화(또는 등온조건에서의 열 엔트로피 변화)를 전기 열량 효과라고 한다. 완화형 강유전체(Relaxor Ferroelectrics)는 넓은 온도 범위에서 상전이가 일어나며, 전계 유도 상전이에 의하여 분극의 변화가 커서 고체 냉각 소자용 전기열량 소재로 적합하다고 알려져 있다. 현재까지는 주로 $Pb(Mg,Nb)O_3$-$PbTiO_3$ 등 납계 완화형 강유전 재료의 전기 열량 효과에 대하여 연구되고 있다. 한편, 전기 열량 효과에 대한 연구는 열역학적 이론에 기반한 간접적인 계산 방법을 이용한 경우가 대부분이며, 일부 재료에서는 전기 열량 효과를 직접적으로 측정 값과 간접법으로 구한 값 사이에 큰 차이를 보인다. 최근 간접법에 의한 측정 결과에 따르면, $(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO_3$-$SrTiO_3$ (BNT-ST) 무연 완화형 강유전체는 상온 근처에서 매우 큰 전기 열량 효과를 보이며, 친환경 전기 열량 소재로 응용 가능성이 매우 크다. 따라서 BNT-ST 에서의 전기 열량 효과를 직접법으로 측정하여 확인할 필요가 있다.

본 연구에서는 상경계 근처 조성을 가진 BNT-ST 완화형 강유전체 전기 열량 효과를 직접법으로 측정하였으며, 이를 간접법에 의한 측정 결과와 비교하였다. 또한, 인가한 전기장의 크기에 따른 전기 열량 효과의 변화를 측정하였으며, 이를 토대로 탈분극 온도 이상에서 전계 유도 상전이, 극성 나노 영역(polar nano-region, PNR) 등이 전기 열량 효과에 미치는 영향을 조사하였다.

P1-G1-59 Novel Carrier Accumulation Strategy: Carrier Injection Llight Emitting Quantum well Devices for Generation of Trion at Room Temperature

상온 트라이온 발광을 위한 2차원 물질 기반 헤테로구조 발광 소자

류희제[1*], 권준영[1], 이관형[2]. [1]*연세대학교*, [2]*서울대학교*

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-G1-60 Development of Reduced Graphene Oxide Electrode for EDLC by 2-step Process

2단계 공정을 통한 EDLC용 rGO 전극 개발

장현배*, 권도균, 신회섭, 고유민, 송태영. *한국항공대학교*

The electric double layer capacitor (EDLC) is an electrochemical capacitor storing electrical energy by charging the electric double layer on a nanoporous carbon electrode such as activated carbon. Graphene is often suggested as a replacement for activated carbon in EDLC, in part due to its high relative surface area. In addition, graphene-based capacitors are expected to have high ionic conductivity, good thermal stability, good mechanical strength and excellent chemical stability. However, since graphene is difficult to produce and handle, rGO, which can be treated with a solution, is being studied as a substitute. Recently, many researches on the hybridization of rGO and Ni foam, which is a conventional electrode material, to EDLC electrodes have been carried out. This research introduces a method for manufacturing rGO / Ni composite materials for EDLC electrode by hydrothermal synthesis and electrospray deposition. In this experiment, the microstructure and specific surface area of composite materials were controlled by using temperature and time as parameters. Additiaonly, rGO structure was improved by using solution which contain nano scale Ni particle for ESD. Accordingly, the increase of EDLC performance made of the nickel and rGO structure is confirmed by I-V curve analysis, capacitance.

P1-G1-61 Organically Modified Silica Aerogels Bridged With Dioxybenzene Linker with Iimproved Texture and Mechanical Properties

구조적, 기계적 특성 향상을 위한 dioxybenzene linker 가교 유기물 개질 실리카 에어로겔

이규연*, Qi Wang, D. B. Mahadik, 박형호. *연세대학교*

Constructing organic-inorganic molecular hybrid is a simpler and efficient way to modulate the mechanical strength of silica aerogels. Organic-inorganic hybrid materials have been extensively studied in the past few decades due to their unique properties. This method directly and covalently bonds the organic groups to Si atoms at the molecular level and the aerogels can be made by the sol-gel process. The effects of bridging groups on the physical properties and formation of silica aerogels are still difficult. In this work, a simple efficient sol-gel method is employed to develop porous silica aerogel with excellent mechanical properties using dihydroxybenzene and tetraethyl orthosilicate. The prepared hybrid SiO_2 aerogel has uniform network structure. Addition of benzene ring increases the mechanical properties of silica aerogel. Prepared aerogels exhibit excellent specific surface area. All aerogels show hydrophobicity (contact angle around 148°). Further, the sample can maintain its hydrophobicity for a long period of time.

Acknowledgement: This work was supported by Samsung Research Funding & Incubation Center of Samsung Electronics under Project Number SRFC-TA1703-04.

P1-G1-62 Characterization of Halogen Anion (fluorine) Doped ZnO films Based on Atomic Layer Deposition

원자층 증착법 기반 할로겐 음이온(플루오린) 도핑된 산화아연 박막의 특성 연구

김민재*, 강경문, Yue Wang, 박형호. *연세대학교*

ZnO is promising as an indium-free transparent conducting oxide material capable of controlling electrical properties through doping of various dopants. Halogen elements (F, Cl) are the most effective dopants for oxide semiconductors among various dopant candidates because oxide semiconductors inherently have O-related defects such as oxygen defects. Atomic layer deposition (ALD) technology is a highly advanced deposition process for low temperature processing and high uniformity of films. In this study, the properties of F-doped ZnO thin films deposited by ALD were investigated. The direction of grain growth was found to vary significantly as the fluorine concentration increased due to the nature of fluorine doping at the oxygen sites of ZnO. This phenomenon can be explained by the perturbation and passivation effects caused by the fluorine doping mechanism along with the fluorine anion filling the oxygen related defects of 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”.

P1-G1-63 Fabrication of $Ag@Ga_2O_3$ Hybrid Type Wide Band Gap Photocatalyst for Enhanced Decomposing VOCs

VOCs 분해 향상을 위한 $Ag@Ga_2O_3$ hybrid형 넓은 밴드갭 광촉매 제조

송태영*, 권도균, 고유민, 신회섭, 장현배. *한국항공대학교*

These day, organic compounds classified as Volatile Organic Compounds (VOCs) are present in the atmosphere in various forms, causing serious environmental problems. Environmental problems emerge as a major priority issue for human beings, and movements to treat these organic substances friendly to the environment using Semiconductor metal oxides as photocatalysts are actively occurring. Recently, the field of photocatalyst utilizing Ga_2O_3 attracts attention. The performance is also environmentally friendly and economically superior to environmental treatment methods such as traditional activated carbon adsorption, Chemical treatment, air stripping, Ozonization and incineration.

So, in this work, we fabricated porous semiconductors with wide band gap through hydrothermal process or polymer assisted wet chemical Method followed by chemical reduction of silver nanoparticle at the semiconductor surface. Based on the comparison of phtocatalytic activity, the composite photocatalysts can exhibit an improved Significantly photocatalytic activity for VOCs under violet light irradiation, which can be attributed to the retarding of the charge recombination and accelerating the electron transfer from the semiconductor with wide band gap to silver nanoparticle.

P1-G1-64 An Evaluation of Densification of Nanocrystal Thin Films by UV Treatment

자외선 처리를 통한 나노결정 박막 치밀화 연구

김태희*, 한우제, 박형호. *연세대학교*

The capping ligand of nanocrystals is both essential and disadvantageous. The capping ligand materials is necessary for the control of nanoscale oxide materials. On the other hand, ligands of nanocrystals can degrade the intrinsic properties of materials. Ultraviolet treatment was suggested to overcome defect of excess ligands. Ultraviolet irradiation can be used to remove ligands of nanocrystals. In this study, a synthesis of ZnO nanocrystals was performed using modified sol-gel method. After synthesis of nanocrystals, the ultraviolet treatment was performed. The prepared nanocrystal thin films were characterized using Fourier transform infrared spectroscopy, scanning electron microscopy, X-ray diffraction, photoluminescence spectroscopy and atomic force microscopy in order to investigate their structural, electrical and electrochemical properties. Through these analyses, the effect of excess ligand and ultraviolet treatment on the geometrical and optical characteristics was established.

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-G1-65 High Energy-storage Density of $Bi_{0.5}(Na_{0.82}K_{0.18})TiO_3$ – based Thin Films

$Bi_{0.5}(Na_{0.82}K_{0.18})TiO_3$ 계 박막의 높은 전기에너지 저장 특성

Nguyen Bich Thuy*, 채송아, 김일원, 안창원, 조신욱, 김태헌. *울산대학교*

Dielectric materials with high energy-storage density, low loss, and good temperature stability are desired for advanced pulsed capacitors in the power electronics. Based on the physical principle, the materials with high saturated polarization, smaller remnant polarization, and higher electrical breakdown field are the most promising candidates. Relaxor ferroelectrics with slim type *P-E* hysteresis loops are the promising candidates due to their diffused phase transition. We have grown a lead-free $Bi_{0.5}(Na_{0.82}K_{0.18})_{0.5}TiO_3$ (BNKT)-based ferroelectric thin films on Pt/Ti/SiO2/Si substrate by using chemical solution deposition. The physical properties of BNKT thin films were investigated by measuring SEM, XRD, *P-E* hysteresis loop, fatigue and power density. High energy-storage density and efficiency of thin films were investigated as a function of applied electric field. The energy storage density and efficiency of Zr doped BNKT thin film showed high energy storage density with good temperature stability which is promising candidate material for high power electric applications.

P1-G1-66 Development and Evaluation of Energy Harvester in Wireless Vibration Sensor Node for Diagnosis of Conveyor Belt System in Thermal Power

화력발전소 컨베이어 벨트 진단을 위한 무선 진동 센서 노드용 에너지 하베스터 개발 및 평가

김창일*, 권태형, 여서영, 정영훈, 백종후. *한국세라믹기술원*

Expensive equipment has sensors attached for monitoring its real-time operation, but it is not economically feasible to install such sensors in every device. For this reason, a self-powered sensor node was constructed, powered by electrical energy converted from the vibration energy of the conveyor belt system in thermal power. Various sensors are being installed on the machinery and structures for structural safety diagnosis. To connect the power line as long as the number of sensors, high costs are incurred. And if batteries are used, costs for periodic battery replacement arise. Thus, it is necessary to conduct a study on the energy harvesting to apply the power required to operate wireless vibration sensor node for diagnosis of electric power system through power generation. Vibration frequency of conveyor belt system is 29.5 Hz. Output of energy harvester was 8.242 mW(@29 Hz, 1.0 g(1 g = 9.8 m/sec^2)). This paper was showed the results of making and evaluating a unit module of piezoelectric energy harvesters and wireless vibration sensor node for diagnosis of Conveyor Belt System in Thermal Power.

P1-G1-67 Sintering and Electrical Properties of ZnO - Zn_2BiVO_6 Varistor According to Sb_2O_3 Contents

Sb_2O_3 함량이 ZnO - Zn_2BiVO_6계 바리스터의 소결과 전기적 특성에 미치는 영향

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 diode와 시장을 공유하고 있어 제품의 특성을 향상시키는 연구가 계속 진행 중이다. 많은 연구자들이 전자 세라믹스의 특성 향상을 위해 많은 연구를 하고 있다. 본 연구진도 ZnO - Zn_2BiVO_6 계 세라믹스의 입성장 제어와 소결온도 제어를 통해 전기적 특성 향상을 기대하고 있다.

본 연구진이 개발한 액상소결조제인 Zn_2BiVO_6를 이용한 새로운 ZnO 바리스터 조성관련 연구개발이 진행 중에 있다.

따라서 본 연구에서는 ZnO와 액상소결조제 Zn_2BiVO_6에 첨가물을 혼합한 조성을 이용하여 Sb_2O_3 함량에 따른 ZnO 입성장 제어효과와 전기적 특성의 변화를 관찰하여 바리스터 특성을 제어할 수 있는 Sb_2O_3 첨가효과를 살펴보았다. 이를 위하여 Sb_2O_3 함량을 0.5, 1, 2, 3 at%로 하고 이렇게 혼합된 분말을 이용하여 1100, 1200°C에서의 소결특성과 전기적 특성을 살펴보았다.

Sb_2O_3 함량에 따른 ZnO의 입성장 제어효과를 볼 수 있었으며, 전기적 특성은 1100°C에서 Sb_2O_3 함량이 증가함에 따라 바리스터 전압(V_n)은 증가하였고, 비선형 계수(α)는 크게 감소하였다. 1200°C에서는 Sb_2O_3 함량이 증가함에 따라 바리스터 전압(V_n)은 증가했지만, 비선형계수(α)는 큰 변화가 없었다. 이러한 특성변화를 고찰하여 최적의 Sb_2O_3 함량조건을 도출하였다.

P1-G1-68 Effect of Manganese Oxide Addition on Piezoelectric Properties and Energy Harvesting Characteristics in PZT-PZNN Ceramics

망간산화물의 첨가가 PZT-PZNN 세라믹스의 압전 및 발전 특성에 미치는 영향

고수환[1*], 한승호[2], 강형원[2], 김정석[1], 천채일[1]. *[1]호서대학교, [2]전자부품연구원*

$Pb(Zr, Ti)O_3$ - $Pb(Zn_{1/6}, Ni_{1/6}, Nb_{2/3})O_3$ (PZT-PZNN) 세라믹 재료는 우수한 압전 특성과 낮은 소결 온도 등으로 인하여 압전 엑츄에이

터, 센서, 트랜스듀서 등 다양한 분야에 응용되고 있다. 또한, PZT-PZNN 세라믹스는 압전 에너지 하베스터 (piezoelectric energy harvester, PEH)에 대한 높은 성능지수, d_{ij}•g_{ij} 를 보인다고 보고되고 있다. 주위의 진동에너지를 전기에너지로 전환시켜 에너지원으로 사용하는 PEH의 성능은 비공진 영역에서는 압전 재료의 d_{ij}•g_{ij} 값에 비례하므로 이 값이 PEH의 성능지수로 주로 사용되고 있다. 하지만, PEH는 최대의 발전량을 얻을 수 있는 공진주파수 근처에서 사용하므로, 공진 영역에서 압전 소재의 에너지 변환 효율을 나타내는 k_{ij}^2•Q_m이 PEH용 압전 재료의 성능지수로 중요하다고 알려져 있다.

이 연구에서는 상경계(MPB) 근처 조성의 PZT-PZNN을 고상반응법으로 제조하였으며, 압전 특성 및 PEH 성능지수를 제어하기 위하여 Mn_2O_3를 0 ~ 0.8 wt % 첨가하였다. Mn_2O_3의 첨가에 따른 물리적 성질과 유전 및 압전 특성의 변화를 측정하였으며, 이를 토대로 공진 및 비공진 영역에서의 PEH 성능 지수를 계산하여 비교하였다.

P1-G1-69 SnO_2 Nanovolcanos for Diagnosis of Colorectal Cancer with Extreme Selectivity to Methyl Mercaptan in Flatus

메틸메르캅탄 선택적 감지와 대장암 진단 위한 주석산화물 나노구조체

심영석[1*], 강종윤[1], 장호원[2], 전석우[3]. [1]*한국과학기술연구원*, [2]*서울대학교*, [3]*한국과학기술원*

During the past decades, emitted gases from human's body consist of many different molecular species and their composition gives valuable information about biochemical processes in the body. Also, they have proved to be successful in diagnosing diseases, like cancer (lung, breast, and colorectal), Helicobacter pylori infection and airway inflammations. Hence, various sensors have been studied as non-invasive testing alternatives for numerous traditional disease diagnoses by detecting emitted gases from the human's body (biomarkers). Among the various cancers, it has been reported that survival rate of colorectal cancer is significantly high when it is found at early stage of detection. However, when cancer has spread outside the colon, survival rates are drastically lower.

In this study, we present an effective strategy for highly ordered volcano-like nanostructures, namely Au-functionalized SnO_2 nanovolcanos, for early diagnosis of colorectal cancer with extreme selectivity to methyl mercaptan (CH_3SH) using a soft-template method with excimer laser annealing. Various SnO_2 nanostructures are designed by controlling intensity of the laser. Upon exposure to various gases, Au-functionalized SnO_2 nanowells exhibit high selectivity to CH_3SH and their theoretical detection limit is 0.037 ppt for CH_3SH.

P1-G1-70 Piezoelectric Properties of $0.77Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.23S(Ti_{1-x}Al_x)O_3$ Lead-free Piezoelectric Ceramics

$0.77Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.23Sr(Ti_{1-x}Al_x)O_3$ 비납계 압전 세라믹스의 압전 특성

김성원*. *한국세라믹기술원*

Effect of non-stoichiometric substitution on the piezoelectric properties of $0.77(Bi_{0.5}Na_{0.5})TiO_3$-$0.23Sr(Ti_{1-x}Al_x)O_3$ (x = 0, 0.02, 0.04) lead free ceramics was investigated. From the X-ray diffraction patterns, it was confirmed that all compositions have a single perovskite structure without any secondary phases. SEM analysis revealed that the grain size of the sintered specimens decreased with increasing Al_2O_3 content. And it confirmed that Curie Temperature decreased with increasing Al_2O_3 content through the dielectric constant at each temperature. With increasing Al_2O_3 content, the remanent polarization of the sintered specimens decreased, while the electric-field-induced strain increased. The unipolar strain show that the ferroelectric order of the $(1-x)Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$xSrTiO_3$(BNT-ST) ceramics was disrupted by the addition of Al_2O_3, leading to enhancement of electric field induced strain.

P1-G1-71 Investigating High-power Lithium Micro-battery by Interface Modification with 2-D Dielectric Nanosheets

2차원 유전체 나노시트를 이용한 고출력 리튬 마이크로 전지의 제작

임해나*, 최지원. *한국과학기술연구원*

Development of all-solid-state lithium micro-batteries have received attention as energy storage sources for wearable electronics, micro-sensors, and micro-robot because of its great energy output from dense electrode film, small self-discharges, no explosion hazard, and a reduction in the net volume of the devices. However, it is difficult to use for practical application due to the poor electrochemical performance because of the huge charge transfer resistance at the solid electrolyte/electrode interface. Therefore, in order to modify the electrolyte/electrode interface, we deposited $Sr_2Nb_3O_{10}$ dielectric nanosheets on the electrode surface. We successfully fabricated all-solid-state $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$/dielectric nanosheet/LiPON/Li structure batteries by RF magnetron sputtering on polyimide substrate. The electric dipoles in dielectric layer are arranged and affect to Li^+ ions distribution. Structural properties and electrochemical properties were investigated by XRD, SEM and WBC3000 battery cycler in voltage range of 3.0 to 4.9 V with different C-rates.

P1-G1-72 Geometrically-induced Anisotropic Poisson''s Ratios in $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ Single Crystals

$Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ 단결정 성장 방향에 의한 이방성 푸아송 비

김황필[1*], 이호용[2], 조욱[1]. [1]*울산과학기술원*, [2]*선문대학교*

Relaxor-PT single crystals have been utilized in various fields due to their outstanding electromechanical properties. The origins of the ultrahigh properties have been interpreted by several models like field-induced phase transformations, the intrinsic properties of monoclinic phases, or the formations of ferroelectric nano-domains. However, until now, obvious hypothesis is not suggested and the reasons for enhanced physical properties near morphotropic phase boundary (MPB) are critically under discussion. In this work, field-induced volume changes by measuring axial and radial strains are examined for (001) and (110)- oriented $0.71Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$0.29PbTiO_3$ (PMN-29PT) single crystals, which is not still reported yet. Comparative experiments will be studied. Especially, anisotropic poisson's ratios which involve the dynamics of polarizations when an electric field is applied are observed in (110)- oriented PMN-PT single crystals. This work helps to understand the origins of the large strains near MPB.

P1-G1-73 Synthesis and Dielelctric Properties of $KSr_{2(1-x)}A_{2x}B_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$ Ceramics for Nanosheets

나노시트를 위한 $KSr_{2(1-x)}A_{2x}B_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$ 물질의 합성과 유전성질

류소연[1,2*], 남산[2], 최지원[1]. [1]*한국과학기술연구원*, [2]*고려대학교*

Two-dimensional (2D) nanosheets with atomic or molecular thickness and infinite planar lengths have been emerging as important new materials. 2D materials have been attracting attention due to their extraordinary properties. 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 perovskite nanosheets are strongly influenced by composition.

$KCa_2Na_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$ (n=3–6) 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. Furthermore, A-site modification of $Ca_2Nb_3O_{10}$ nanosheets using Sr^{2+} ions was reported to increase the ε_r value of the thin film.

In this study, we synthesized $KSr_{2(1-x)}A_{2x}Na_{n-3}Nb_nO_{3n+1}$ (KSABNO x=0~0.1, n=3~5) and acid–treated KSABNO (HSABNO). We also investigated dielectric properties and characteristics and analyzed the compositional dependence behavior of KSABNO and HSABNO through X-ray diffraction (XRD), atomic force microscopy (AFM), scanning electron microscopy (SEM).

P1-G1-74 Piezoelectric Chracteristics and Structural Analysis of Bi-based Lead-free Piezoelectirc Ceramics for Actuator

액추에이터용 Bi계 무연 압전 세라믹스의 압전 특성 및 구조 분석

정승재*, 김성원, 정영훈, 백종후, 조정호. *한국세라믹기술원*

Since july 2006, RoHs (Restriction of the use of Hazardous Substances in EEE) have been proceed. Especially, various electronic devices using lead-based ceramic piezoelectric ceramics must to replace electrical components contain lead gradually. The Bi based piezoelectric ceramics are studied for replace the lead piezoelectric actuator. Bi based ceramics represent giant strain properties above the specific driving electric field. Especially, $Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$–$SrTiO_3$ formation presents this phenomenon due to the coexistence of ferroelectric phase and ergodic relaxer phase formed by inhomogeneous diffusion of $SrTiO_3$ to $Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$. Until now, numerous researches have been performed to reduce the driving electric field or to increase strain. In this study, $0.77Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$–$0.23SrTiO_3$(0.77BNT-0.23ST) piezoceramics were synthesized by the solid state reaction method and the modified columbite method. A single phase with perovskite structure of 0.77BNT-0.23ST was confirmed by X-ray diffraction analysis. Piezoelectric properties characterized by ferroelectric hysteresis loop and strain curve were investigated. Domain and core-shell structures observed by TEM analysis were also discussed.

P1-G1-75 Optimization of Grinding Process for bulk AlN Wafer Grown by PVT

PVT법으로 성장된 벌크 질화알루미늄에 대한 그라인딩 공정 최적화

이주형[1*], 박재화[2], 박철우[1], 강효상[1,2], 이희애[1], 인준형[1], 이승훈[1], 심광보[1]. [1]*한양대학교*, [2]*에임즈마이크론(주)*

The grinding process using the grinding wheel in 270 and 800 mesh was performed orderly to shorten the whole machining process steps for bulk AlN wafer. The conventional bulk AlN wafer machining process had many mechanical polishing steps from 6 μm to 0.5 μm including grinding process. While mechanical polishing steps was proceeding, those process steps needed to use much diamond slurry according to a number of steps to remove damaged layer occurred from prior step. That occurred much expense when it proceeded in commercial wafer polishing process. In order to shorten the time required for the machining process, thus, it was necessary to reduce polishing process steps. Alternatively, two step grinding process was suggested in this study. The process using only 270 mesh grinding wheel was changed to the two steps process using grinding wheels in 270 and 800 mesh orderly. We confirmed the damaged layer from 270 mesh process could decrease exponentially by adding grinding process in 800 mesh via surface observation and characterization of inner crystal. As grinding process in 800 mesh could replace the 6 μm polishing step perfectly, 6 μm polishing step could be omitted and whole machining process steps could decrease.

P1-G1-76 Effect of In_2O_3 Nanoparticles Synthesized at Different Reaction time on CO Gas Sensing Properties

황진아[1*], 전명표[2], 주병권[1]. [1]*고려대학교*, [2]*한국세라믹기술원*

In_2O_3 nanoparticles decorated with Au catalysts were synthesized by thermal decomposition. Their gas sensing properties to CO gas and morphologies were investigated with a gas sensing equipment, X-ray diffractometer (XRD), SEM and transmission electron microscopy (TEM). Previously prepared $In(NO_3)_3$ aqueous solution is heated to 100°C and then HMTA (Hexamethylenetetramine) is added into this solution and reacted for 2, 5 and 10 hours. After that, the solution was cooled down to room temperature, centrifuged, washed with ethanol and dried at 100°C, which led to intermediate phase $In(OH)_3$. It was dispersed in Deionized water in Ice bath, in which $HAuCl_4$ and $NaBH_4$ was added, and then maintained there for 2 hours. Just as $HAuCl_4$ and $NaBH_4$ was added, the color of the solution changed brown immediately. Final products were centrifuged, washed with ethanol, dried at 100°C and calcined at 300°C for 2 h in order to obtain Au/In_2O_3 nanoparticles. An optimum reaction time (5 hours), not longer or shorter, in synthesizing In_2O_3 nanoparticles shown a better sensing performance to CO gas that its sensitivity to 50 ppm CO gas was about 10, and response time and recovery time were shorter, which seems to be related with surface morphology and/or surface oxygen adsorption characteristics of the In_2O_3 nanoparticles decorated Au catalysts. The In_2O_3 nanoparticles were nearly round in shapes with their diameters 20 nm in FE-SEM images.

P1-G1-77 Test and Evaluation of Electronic Ceramics Components for Application to Satellite

인공위성용 세라믹스 전자부품의 시험평가

전민석*, 이재훈, 김경희, 임태준. *한국산업기술시험원*

According to space specification requirements, various electronic ceramic component which is called EEE (electronic, electrical, electromechanical) part had to pass serious test procedures including many discrete series testing. Every EEE parts for space applications are monitored in variety of areas such as starting materials, process

controls, electrical or electromechanical performance characteristics and periodic inspections of some characteristics of finished product. Despite these requirements, defects that cause early-life failures can be randomly built into a product. The screening tests are designed to be desructive to parts with particular defects but nondestructive to good parts. Without screening, there could be latent failure mechanisms that could cause flight delays and/or failures. Electronic ceramic components have more reliable performance than plastic package components. Nowadays it is curious that all screening procedure must be performed to this very reliable ceramic components. New and different approaches should be considered to electronic ceramic components. In this presentation, general screenig procedures are described in terms of space programs. And some modifications of screening test are explained considering recent trends of space industry like very small satellite (cube satellite).

P1-G1-78 SiNx thin Film Anode for Transparent Lithium Ion Batteries

투명 리튬이온전지를 위한 실리콘질화물 박막

이현석[1*], 김광범[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).

P1-G1-79 Liquid Exfoliated MoS_2 Nanosheet Thin Films For Enhanced Electronic Properties

전기적 특성 향상을 위한 액상 박리된 MoS_2 나노시트의 박막 제조

류아롬[*], 최지원. *한국과학기술연구원*

The two-dimensional (2D) materials have progressively attracted interest, owing to their miniature dimensions along within a unique electronic. Chalcogenied thin films have the potential as the semiconducting layer in next-generation transistors and the electrode layer for various type of batteries. Especially the tin sulfides materials shown significant potential as a channel layer for transistor due to the large current densities and great mobility. However, the current deposition processing requires the high growth temperatures and vacuum system. Thus, the key challenge facing MoS_2 thin film is to develop reliable growth methods so that can be deposited on various substrate including polymer substrate.

Here, we realize the MoS_2 thin film by solution-processed method. When bulk MoS_2 was soaked in butyllithuim, it forms solutions containing hydrolysis of lithiated MoS_2 ($LiMoS_2$). And We have changed the time of stirring in this process. Rapid hydrolysis and sonication of $LiMoS_2$ in DI water resulted in the formation of exfoliated MoS_2 layers. Then, the synthesized nanosheets are deposited on Si substrate by Langmuir-Blodgett method. The electrical resistivity, carrier concentration, and mobility are measured by Hall measurement. The solution-processed MoS_2 nanosheets thin films exhibit great mobility. This result suggested on the potential application of MoS_2 or other transition-metal chalcogenides as a high-performance channel layers of nano-scale transistor.

P1-G1-80 Effects of the Additives in Low Temperature Sintering of PZT-PZNN

PZT-PZNN 조성의 저온 소결에 대한 첨가제의 영향

최정식[1*], 이창현[2], 신효순[1], 여동훈[1], 이준형[3]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 고려대학교, [3] 경북대학교*

다층의 압전 세라믹 시트로 구성된 MLCA (Multi-Layer Ceramic Actuator)는 전 산업 부분에서 핵심적인 부품으로 다양하게 사용되고 있다. 최근 MLCA는 가격 경쟁력을 높이기 위해서, Ag-Pd 계의 귀 금속류 내부전극이 아닌 Cu, Ni과같은 저가의 내부 전극을 적용하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 MLCA에서 적용되는 조성과 내부전극의 소결 온도 차이 때문에 세라믹 소재와 전극의 동시 소성이 어렵다는 단점이 있다. 그러므로 PZT 세라믹의 소결 온도를 내부 전극과 비슷한 온도로 낮추는 연구가 우선되어야 한다. PZT 세라믹의 저온 소성은 Hot press법, 급속 소결법, 미세분말 소결법 등 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이들 공정은 상용화하기에 적합하지 않거나, 압전 특성이 크게 저하되는 것으로 알려져 있다. 한편, 저온 소성 첨가제 첨가는 입자 표면에 액상을 유도하여, 소결 온도를 저하시키는 방법으로 상용화하기에도 적합할 뿐 아니라 많은 기대되는 경우의 수가 존재한다.

따라서 본 연구에서는 MLCA에 적용되는 PZT-PZNN 조성에서 소결 온도를 900~950°C로 형성 시키기 위하여, 첨가제로써 CuO, ZnO 등을 선정하여 이들의 함량 변화에 따른 소결 온도 변화를 알아보고자 하였다. 이때, d_{33} 및 k_p가 400 (pC/N), 50 (%) 이상 그리고 높은 큐리 온도를 갖는 우수한 특성의 조성을 얻고자 하였다.

P1-G1-81 Optimization of Screen Printing Process for The Embedded Ceramic Heater

Embedded heater 적용을 위한 인쇄 공정 최적화

이나영[*], 김성후, 여동훈, 신효순. *한국세라믹기술원*

최근 세라믹 히터는 일반 가정용 전기제품의 가열용 히터, 반도체 공정장비용 히터, 자동차용 기화용 히터 및 가열용 히터 등 많은 분야에 사용되고 있는 추세이다. 특히, 판상의 고출력 heater와 정밀한 온도 제어가 가능한 고성능 heater 세라믹 개발이 주목받고 있다. 판상형 세라믹 히터는 세라믹 그린시트에 프린팅 기법을 사용하여 내부 전극을 일정한 두께로 인쇄하여 세라믹시트를 적층 및 동시 소결하여 제조한다. 이때, 인쇄된 전극 두께의 균일도에 따라 가열 면 전역의 발열량, 온도 분포 및 저항 값이 달라진다. 도포된 전극 두께의 균일도 및 해상도는 전극 인쇄 공정 상에서 페이스트의 점도, 전극 분말의 크기 등 다양한 변수에 의해 결정된다. 인쇄된 전극의 두께가 불균일 하면 소결 과정에서 heater의 휨 현상이 발생하고 사용 중에 아크가 발생하는 등 결함의 원인이 된다. 또한, heater 발열시에도 부분적인 온도의 불균일이 일어날 수 있다. 그러나 최근까지

도 heater 내장을 위한 균일 전극 인쇄 기술에 대한 체계적이고 정량적인 연구는 매우 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 내부 전극용 W 페이스트에 용매 함량 변화를 통하여 점도를 제어하고 다양한 점도 변화와 인쇄 공정 조건 및 건조 조건 변화에 따른 전극 패턴의 선 폭 및 두께의 균일도와 해상도를 Roughness 측정기와 전자현미경을 이용하여 정량적으로 비교 평가하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 균일한 Embedded heater 인쇄 조건을 제안하고자 하였다.

P1-G1-82 Impact of Milling Time on Structure and Magnetic Properties of Fe-Si Alloy Prepared by Planetary Ball Milling

유성 볼 밀로 제조된 Fe-Si 합금의 구조적 및 자기적 특성에 미치는 밀링 시간의 영향

이지은*, 허석환, 구본흔. *창원대학교*

Alloy powder is an essential materials for various industries. It is widely used not only for various machine parts but also as a basic material for various fields. One lately proposed method is the mechanical alloying which is a solid state powder processing technique involving repeated welding, fracturing and re-welding of powder particles in a planetary ball-mill. In this process, The powder is repeatedly subjected to cold pressing and fracture, and the particles are finely and uniformly dispersed, and the elemental powder can be alloyed at room temperature. In this study powder alloy is synthesized using the planetary ball mill and we thoroughly investigated the effect of ball milling time on the structural and magnetic properties of Fe-Si samples. The ball milling speed was fixed at 500 rpm and the ball milling time was changed from 10 hours to 40 hours. As milling time increases, the saturation magnetization is observed to increase.

P1-G1-83 The Investigation of Electrical, Optical Properties and Chemical Stability in oxide/Ag-based alloy/oxide Multilayer for TCO Applications

투명 전도성 산화물인 산화물/은 기반 합금/산화물의 전기적, 광학적 특성 및 화학정 안정성 연구

장주희*, 최지원. *한국과학기술연구원*

Flexible transparent conductive electrode is important element in optoelectronic devices such as touch panels, flexible solar cells and wearable electronics. The advanced devices require new electrodes with lower resistivity, higher transmittance and flexibility. The oxide-metal-oxide (OMO) multilayer structure 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 lowest electrical resistivity and optical loss in the visible spectral range among known metal. However, for metal thin film (Ag), the transmittance and resistivity is rapidly changed with layer thickness because Ag is grown as distinct island below a critical film thickness follows the Volmer-Weber growth mode. In addition, Ag is aggregated at high temperature and oxidized at humid atmosphere. These causes deteriorating properties of OMO multilayer electrode. 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 composition as metal layer using continuous composition spread method for OMO multilayer. The electrical and optical properties of doped SnO_2/Ag-based alloy/doped Sn O_2 deposited on PET were measured by four-point probe and UV-Visible-spectrometer, respectively.

P1-G1-84 Development of a Piezoelectric Self-Powered based LED Alarm Module for Real-Time Movement Status Monitoring of Machine

기계의 실시간 동작 상태 모니터링을 위한 압전 자가 발전 기반 LED 알람 모듈 개발

김창일[1]*, 권태형[1], 여서영[1], 정영훈[1], 최범진[2], 한지광[3], 백종후[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 센불, [3](주)진우소프트이노베이션*

산업 현장에는 다수의 기계류를 사용하고 있다. 기계 설비의 정상 작동 상황이나 이상 징후 등을 파악하기 위해 기계류에 각종 센서를 설치하여 실시간 모니터링을 하거나 이상 징후 발생 시 알람을 통하여 작업자가 조치를 취할 수 있도록 하고 있다. 고가의 장비에는 작동상태를 실시간 관찰하기 위한 센서가 부착되어있지만, 다수의 모든 장비에 설치하기에는 경제적 어려움이 있다. 이에 순찰자가 직접 기계류의 소리, 진동, 열 등의 상태를 간단히 점검하여 안전사고 발생을 사전에 예방하고자 노력하지만 확인하는 과정에서 주변 소음이나 어두운 환경에서 순찰자는 기계를 직접 만져서 작동 여부를 확인한다. 이때 이상 전류나 고온의 표면에 의해 순찰자가 사고 위험에 노출될 가능성이 크다. 이에 기계류의 진동 에너지를 전기 에너지로 변환하여 자가발전하는 센서 노드를 제작하였다. 자가발전 센서 노드는 자가발전을 위한 압전 하베스터와 교류 신호를 정류할 정류회로 그리고 진동 주파수를 계측하기 위한 센서부, LED 점등을 제어할 회로부로 구성하였다. 압전 캔틸레버 형태의 진동 주파수 센서를 사용하여 진동원의 주파수를 계측하여 주파수 범위에 따라 LED의 색을 달리하여 순찰자가 확인할 수 있도록 설계, 제작하였다. 진동 가속도 1.2 g (1 g = 9.8 m/sec^2), 진동 주파수 117 Hz에서 123 Hz 구간에서 모두 3.061 mW 이상의 발전량을 얻었으며 특히 122 Hz에서 4.099 mW의 발전량을 얻었다. 이로부터 본 연구에서 제작한 자가발전 기반 LED 알람 모듈을 기계류에 부착하여 기계류의 상태 감시 모듈로 응용할 수 있음을 확인하였다.

P1-G1-85 Grain Growth Behavior in $BaTiO_3$ Ceramics

$BaTiO_3$ 세라믹에서의 입성장 거동

이창주*. *삼성전기*

페롭스카이트계 $BaTiO_3$(BT)를 주원료로 사용하는 MLCC (MultiLayer Ceramic Capacitors)는 BT 입자의 구조에 의해 기계적 물성을 포함, 용량, DF, BDV, DC-Bais, Aging 등의 전기적 특성이 매우 큰 영향을 받게 된다. 일반적으로 BT에 여러 가지 원소의 첨가제를 적용, 소결할 경우 core-shell 형태의 grain 구조를 가지는데 core와 shell이 차지하는 부피 비는 MLCC 특성 발현에 특히 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 MLCC 제조 과정중 BT 입성장에 미치는 원료 파우더 크기, 소성온도, 방법 및 분위기, BT의 A/B ratio에 따른 입성장 거동을 관찰하고 전기적 특성과의 상관관계를 고찰하고자 한다.

P1-G1-86 Manufacturing Method of Zinc Oxide Nanopods using Microwave

마이크로웨이브를 이용한 산화아연 나노포드 제조방법

이종혁[1]*, 전명표[1], 주제욱[2]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 영일프레시전*

ZnO (Zinc Oxide) nanopods were prepared by microwave heat treatment using Zn particles. Zn particles are made of ZnO nanoparticles to reduce density and increase specific surface area. It is

necessary to heat Zn Particles to a predetermined temperature and to keep them in that temperature for a sufficient time in order to fabricate ZnO nanopods. First, some amount of Zn particles were placed into Boron crucibles and then were heat treated with a microwave furnace in a dry air atmosphere. In order to observe the variation of the microstructures of ZnO nanopods according to the annealing temperature, heat treatment was performed at 600°C, 650°C, 700°C, 750°C and 800°C. Also, growth process of ZnO nanopods were investigated at 675°C for 30 min, 1 hour, 1 hour 30 min, 2 hours and 2 hours 30 min. Temperature profile for making ZnO nanopods are to heat Zn particles to the target temperature at the rate of 50°C/min and keep there for determined time and then cool down to the room temperature at the rate of 10°C/min with 400 cc/min of dry air being injected to the microwave furnance to maintain the atmosphere for the whole heat treatment process. The prepared ZnO nanopods were investigated by SEM and XRD. We noticed that the microstructure of nanopods, especially in diameter of their branches, is significantly dependent on the temperature and time of thermal treatment.

P1-G1-87 Synthesis of (Bi,Na)TiO_3-based Ceramics and Their Piezoelectric Properties

(Bi,Na)TiO_3-기본 세라믹 시료 제작 및 압전 특성

부상돈*, 김은영. *전북대학교*

Recently, the deleterious environmental issue of the lead used in many ferroelectrics and piezoelectric materials has stimulated research into lead-free alternatives with comparable properties. In lead-free materials, (Bi,Na)TiO_3 (BNT)-based materials has a great attention as a candidate to alternative for lead-based ferroelectrics owing to excellent electromechanical and piezoelectric properties. In this work we have synthesized and studied (1-x)($Bi_{0.5}Na_{0.5}$)TiO_3–x($Bi_{0.5}K_{0.5}$)TiO_3 (BNT-BKT) ceramics, which have a great attentions due to their excellent ferroelectric and piezoelectric properties at morphotropic phase boundary (MPB) region. Ceramic samples were fabricated by using a traditional solid-state reaction method. We observed that their structure by XRD and their piezoelectric and ferroelectric properties by Piezoelectric Evaluation System (PES) system. The saturation polarization (P_s), remnant polarization (P_r) and inverse piezoelectric constant (d_{33}^*) are 36.4 μC/cm^2, 8.1 μC/cm^2 and 336 pm/V for x = 0.2, respectively. The piezoelectric response was improved about 6.6 times compared with that of x = 0.1 (d_{33}^* = 51 pm/V).

P1-G1-88 Energy Generation by Vertically Aligned Piezoelectric Perovskite Nanowire Array on Flexible Conducting Substrate

수직 배열된 페로브스카이트 결정구조의 압전나노선 어레이를 이용한 에너지 생성

권유정*, 이재훈, 마희승, 박귀일. *경북대학교*

One-dimensional (1D) piezoelectric nanomaterials have been intensively studied for application in flexible energy harvesters and sensors because of their unusual properties originating from large surface area/high aspect ratio and inherently excellent piezoelectric properties. Among 1D piezoelectric nanomaterials, vertically well-aligned nanowire (NW) arrays on a conducting substrate are more suitable for achieving high-output PEHs due to their beneficial morphology compared to lateral NWs on substrates and randomly distributed NWs inside an elastomer.

P1-G1-89 Piezoelectric Self-powered Module for Diagnosis of Factory Facility

공장 설비 진단용 압전 자가 발전 모듈

조유리[1]*, 강형원[1], 한승호[1], 김대수[1], 조경훈[2]. [1] *전자부품연구원*, [2] *금오공과대학교*

IoT 기술의 발전에 따라 공장 내에 위치하는 다양한 설비의 상태값을 센싱하여 중앙 제어부로 데이터를 전송하면 데이터 처리를 통하여 설비의 상태를 진단할 수 있는 시스템이 보편화되고 있다. 설비에 부착된 센서가 사람이 접근하기 어려운 곳 또는 넓은 지역에 분포되어 있다면 센서의 전원을 주변으로 부터 자가 발전하여 공급받는 것이 효율적이다. 본 발표에서는 센서용 전원으로 사용되기 위한 압전 자가발전 모듈을 제안하였다. 압전 자가발전 모듈은 4개의 캔틸레버형 압전 소자를 사용하여 1 g 이하의 진동가속도에서 4 mW의 전원을 공급하도록 설계하였다.

P1-G1-90 Microstructure Variation of Nonstoichiometric $Bi_{1\pm x}FeO_{3\pm\delta}$ and Ti-doped $BiFeO_3$ Ceramics under Various Sintering Conditions

비화학양론적 $Bi_{1\pm x}FeO_{3\pm\delta}$와 Ti가 첨가된 $BiFeO_3$의 소결조건에 따른 미세구조 변화

배지희*, 박진모, 김준찬, 김명호, 이순일. *창원대학교*

Perovskite 구조를 가지는 비스무스 페라이트($BiFeO_3$)는 rhombohedral구조이며, 강유전성과 반강자성의 특성을 동시에 가지는 다강체 물질로써 잘 알려져 있다. 하지만 Bi의 휘발성으로 높은 소결밀도를 가지기 어려워 응용하는데 어려움이 있다. 본 연구에서는 소결조건에 따른 소결거동을 알아보고 최적의 소결조건을 찾기 위해 비화학양론적 $Bi_{1\pm x}FeO_{3\pm\delta}$ 세라믹과 Ti가 첨가된 $Bi_{1.03}Fe_{(1-x)}Ti_{(x)}O_{3\pm\delta}$ 세라믹을 고상반응법으로 합성 및 제작하였으며, 다강체 $BiFeO_3$의 결함 화학식에 기반을 두고 고온에서의 전하 이동특성 등을 미세구조 변화 관찰을 통해 분석하였다. 소결 시 여러 조성을 다양한 소결온도와 시간으로 평가하였다. 본 연구에서의 미세구조 변화는 소결온도와 시간에 급격하게 변하였으며, 이는 비화학양론성 또는 Ti 도핑 등의 조성 변화에 따른 결함의 농도와 직접적으로 관련이 있는 것으로 관찰되었다.

P1-G1-91 Effects of Te^{6+} Substitution on the Microwave Dielectric Properties of $CaMo_{1-x}Te_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.09$) Ceramics

$CaMo_{1-x}Te_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.09$) 세라믹스의 마이크로파 유전특성에 미치는 Te^{6+} 치환효과

김주현*, 김응수. *경기대학교*

Microwave dielectric properties of $CaMo_{1-x}Te_xO_4$ ($0.01 \leq x \leq 0.09$) ceramics were investigated. For the specimens sintered at 850-950°C for 2 h, a single phase scheelite was confirmed up to x = 0.05, and then secondary phase was observed upon further substitution. With an increase of Te^{6+} content, the Qf value of specimens was increased up to x = 0.05 and then decreased. Degradation of Qf could be attributed to the extrinsic factor such as the decrease of relative density and the formation of secondary phase. Although the dielectric polarizability of Te^{6+} (3.7 Å^3) was larger than that of Mo^{6+} (3.28 Å^3), the dielectric constant (K) of the specimens was decreased with increasing x. This result could be attributed that the effect of relative density on the K is larger than that of ionic polarizability. A good microwave dielectric properties (Qf = 128,200 GHz, K = 10.71) were obtained for $CaMo_{0.95}Te_{0.05}O_4$ ceramics which adequate to microwave telecommunication.

P1-G1-92 Microwave Dielectric Properties of $Zn_{1.9-x}Co_xSiO_{3.9}$ ($0 \leq x \leq 0.1$) Ceramics

$Zn_{1.9-x}Co_xSiO_{3.9}$($0 \leq x \leq 0.1$) Ceramics 세라믹스의 마이크로파 유전특성

정종석*, 김응수. *경기대학교*

Microwave dielectric properties of $Zn_{1.9-x}Co_xSiO_{3.9}$ ($0 \leq x \leq 0.1$) ceramics were investigated at 10~11 GHz. For the specimens sintered at 1350°C for 3 h, a single phase with willemite structure was observed through the entire range of compositions. With increasing Co content, the *Qf* value of specimens decreased from 92,740 GHz to 82,520 GHz. These decrease of *Qf* is due to abnormal large grain size, which could be attributed to the liquid phase formation with small deficiency of ZnO from stoichiometric composition, $Zn_{1.9}SiO_{3.9}$. Also, the decrease of *Qf* with Co^{2+} substitution for Zn^{2+} of $Zn_{1.9}SiO_{3.9}$ could be explained by the decrease of Zn-site bond valence of $Zn_{1.9}SiO_{3.9}$. Dielectric constant (*K*) of the specimens increased with Mg^{2+} substitution for Co^{2+} of $Zn_{1.9}SiO_{3.9}$. Good microwave dielectric properties was obtained for $Zn_{1.8}Mg_{0.1}SiO_{3.9}$; *K* = 6.50 , *Qf* = 92,740 GHz.

P1-G1-93 The Effect of Silica Nanoparticles on Photo-curable Resins for 3D Printing

실리카 나노입자를 포함하는 광경화성 고분자 복합체의 물성

정과정*, 양현승, 박성대, 이우성. *전자부품연구원*

Photo-curable polymers are widely used in 3D printing techniques for fabricating 3D-printed objects with high resolution. Particularly, flexible photo-curable polymer resin is of great interest because of its distinctive mechanical properties. Herein, the effect of silica nanoparticles on the mechanical property of polymer composite was studied. First, pre-polymer was functionalized through introducing methacrylate groups at the end of the chains. The structure of photo-curable polymer was investigated by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). After the preparation of pre-polymer, we introduced silica nanoparticles to pre-polymer matrix. To identify the effect of silica nanoparticles, Shore hardness, photo-curing behavior and mechanical properties were determined by Shore durometer, photo-DSC and universal testing machine, respectively. This study aims to demonstrate the effect of silica nanoparticles on the mechanical properties of photo-curable resins.

P1-G1-94 Study on Manufacturing of Transparent Electrode and Flexible Encapsulation Film with ALD-Sputter Lamination Process

ALD-Sputter 적층 공정을 통한 투명 전극 및 봉지 일체형 유연 필름 제조 연구

김보람*, 이규현, 장세홍, 김형근. *전자부품연구원*

최근 indium의 가격 상승으로 인해 ITO (Indium Tin Oxide)를 대체할 수 있는 Indium-free TCO (AZO, IZO, GZO, etc) 박막 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 AZO의 경우 ZnO에 도핑 된 Al^{3+}의 영향으로 높은 전하밀도를 가지고 있기 때문에, 전기 전도도가 우수하며 저온 공정으로 인한 유연 기판에 박막 형성이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는, 투명전극으로 최근 주목받고 있는 OMO (Metal Oxide-Metal-Metal Oxide) 구조의 ALD-Sputter 적층 공정 기반 투명전극 및 봉지 일체형 유연 필름 제조 기술을 제안하였다. OMO 박막은 DC-Sputter 일괄 공정을 통해 PET 기판 위에 적층하였으며, 후속으로 ALD 공정을 통해 AZO 박막을 제작하였다. 공정 변수로는 두께, 증착온도, Al:Zn 조성비 이며, 복합 박막의 광·전 물성과 봉지 물성 개선을 통해 개발 적층 구조의 유효성을 검증하였다.

P1-G1-95 Fabrication of 3d Printing Resin with Controlled Photo-curing Reaction

광경화 거동이 제어된 3D 프린팅 레진 제작 및 복합

윤재영*, 양현승, 박성대, 이우성. *전자부품연구원*

광경화 방식의 3D 프린팅은 경화 매개체로서 빛을 이용하기 때문에 원하는 디자인의 선택적 경화와 인쇄 면적이 매우 작은 미세한 구조를 구현하는 것에 뛰어난 성능을 발휘한다. 또, 자유로운 형상 제작 방식과 더불어 기존 공정체제와 비교해 상대적으로 신속한 작업이 가능하다. 따라서, 3D프린터와 산업의 접목은 큰 가치를 창출할 것이라고 기대되기에 제조업을 포함한 여러 산업분야에서 주목받고 있다.

3D 프린팅이 다른 산업분야 특히 microfluidics와 같이 정밀함이 요구되는 분야에 적용되기 위해서는 우선적으로 디자인한 도안과 성형물 사이의 치수 오차가 없어야 한다. 본 연구에서는 일반적인 상용 3D 프린터를 사용하여 미세한 구조를 성형하는 것을 목표로 두었으며, 흡광도를 조절하는 필러를 광경화 소재에 적용하고 종류 및 함량을 변수로 흡광도 차이(UV-vis)와 그에 따른 경화거동의 변화(Depth profile)를 확인하였다.

P1-G1-96 Hybrid Flexible Nanocomposite made of Perovskite Nanostructures and Piezopolymer for Energy Harvesting Application

페로브스카이트 압전나노구조체와 압전폴리머로 제조된 하이브리드 유연 압전복합체 제조를 이용한 에너지 생성 연구

함성수*, 현동열, 마희승, 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.

P1-G1-97 Microwave Dielectric Properties and Crystal Structure of $ZrTiO_4$ Ceramics Based on Cooling rate of Sintering Process

소결공정의 냉각속도에 따른 $ZrTiO_4$ 세라믹스의 결정구조와 마이크로파 유전 특성

조현우*, 김응수. *경기대학교*

Dependence of microwave dielectric properties and crystal structure of $ZrTiO_4$ ceramics on the cooling rate of sintering process were investigated. The specimens sintered at 1450°C for 4 h, three conditions of cooling rates (-3°C/h, -30°C/h, -300°C/h) of the sintering process were applied to the temperature range from 1200°C to 1100°C. High sintered density than 95% of theoretical value was obtained and single phase with α-PbO_2 structure was observed through the entire cooling conditions. The structural characteristics of $ZrTiO_4$ ceramics were quantitatively evaluated by Rietveld refinement method from the X-ray diffraction data. With decreasing of cooling rates, the ordering of the Zr^{4+}-Ti^{4+} distribution of $ZrTiO_4$ ceramics were increased, which was confirmed by the Raman spectroscopy analysis. These results could be attributed to Zr^{4+}-Ti^{4+} ordering transformation on octahedral site of unit cell which occurs below 1200°C. However the quality factor of the specimens with Zr^{4+}-Ti^{4+} long range ordering was decreased gradually with decreasing cooling rate of sintering process. Dielectric constant (K) was not changed remarkably by cooling rate. The relationships between cooling rate and crystal structure characteristics were also discussed.

P1-G1-98 Effect of Non-stoichiometric Composition on Microwave Dielectric Properties of $Mg_{2+x}Ti_{0.95}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}O_4$ ($-0.02 \le x \le 0.14$) Ceramics

비화학양론 조성의 $Mg_{2+x}Ti_{0.95}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}O_4$ ($-0.02 \le x \le 0.14$) 세라믹스의 마이크로파 유전특성에 미치는 영향

박윤식*, 김응수. *경기대학교*

Effect of non-stoichiometric composition on microwave dielectric properties of $Mg_{2+x}Ti_{0.95}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}O_4$ ($-0.02 \le x \le 0.14$) ceramics were investigated. All of the specimens sintered at 1450°C for 4h, showed a single phase with inverse-spinel structure through the entire range of compositions. With increasing *x*, the SEM micrographs showed more uniform microstructure and small grain size. For the specimens with Mg-excess, the *Qf* value of specimens increased linearly up to $x = 0.1$, and then decreased, while that with Mg-deficiency were decreased. The tendency of *Qf* value with composition is dependent on the relative density of the specimens as well as packing fraction and the degree of cation ordering of unit cell. These indicate that the *Qf* value of non-stoichiometric composition were much affected by the intrinsic factors than extrinsic factors. Dielectric constant (*K*) and temperature coefficient of resonant frequency (*TCF*) of the specimens were not changed significantly with non-stoichiometric Mg contents.

P1-G4-1 A study on Adsorption Property of CN^- and ($[Ni(CN)_4]^{2-}$) of MgAl Layered Double Hydroxides from Aqueous Solution

수용액에서 MgAl 층상이중수산화물의 CN^- 및 $[Ni(CN)_4]^{2-}$ 흡착 특성에 관한 연구

유수빈*, 박지영 , 조홍백, 좌용호. *한양대학교*

The layered double hydroxides (LDHs) are anionic clays with positively-charged host layers and counter-anions found in the interlayer space. The excellent intercalation and anion-exchange properties of LDHs are promising materials for a large number of practical applications in catalysis, anion adsorption, pharmaceutics, photochemistry, electrochemistry and other areas. Among, cyanide (CN^-) and tetracyanonickelate ($[Ni(CN)_4]^{2-}$) anion of wastewater are known as a primary toxic agent. These toxic anions can be easily removed through the anion exchange capacity of MgAl LDHs.

In this study, we will focus on the description CN^- and $[Ni(CN)_4]^{2-}$ ion removal of expanded-MgAl LDHs under different heat treatment condition. To enhance adsorption capacity, an expanded MgAl LDHs having a specific surface area three times higher than that of the pristine MgAl LDHs was used.Based on results from sorbent optimization experiments, the optimal performance for CN- and $[Ni(CN)_4]^{2-}$ ion removal was found in expanded MgAl LDHs. The adsorption property of expanded-MgAl LDHs material was verified by IC, XRD, SEM, FT-IR and TEM analysis.

P1-G4-2 Fabrication of Large Scale Woodpile Photonic Crystal Using Multilevel Phase Mask

다층형 위상마스크를 활용한 대면적 장작더미 광결정 구조 제작

남상현[1]*, 박준용[2], 전석우[1]. [1] *한국과학기술원*, [2] *금오공과대학교*

Light propagation is prohibited and modulated in the medium of periodic refractive index distribution. This photonic crystals reserve both energy and information of incident light, which enable to apply them as optical components and sensors. Among many symmetries, diamond-like one is promising candidate for its maintenance of photonic bandgap in variation of unit cell aspect ratio, refractive index contrast, and consisting basis. Woodpile photonic crystal is representative structure with alternatively and orthogonally stacked rods. Fabrication of this structure operating in visible region with cost-efficiency and large scale has been challenging. In this work, we propose proximity field-nanopatterning (PnP) technique as a scalable and reproducible means for fabrication of woodpile photonic crystal. Key component of this process is phase mask which diffract an incident light into multiple beams and each beams interferes to generate 3D hologram pattern in photoresist. We designed multilevel phase mask and its fabrication process to make inch scale woodpile structure with lateral periods of 300 nm. Its unit cell heights were confirmed to have about 300 ~ 600 nm which contains exact aspect ratio for woodpile structure. This research presents optical design of multilevel phase mask and characterization of woodpile photonic crystal operating in visible region.

P1-G4-3 Band Convergence in *n*-type $Cu_{0.008}Bi_2Te_{3-x}Se_x$

***n*-type $Cu_{0.008}Bi_2Te_{3-x}Se_x$ 의 band convergence**

추성실[1]*, 김현식[2], 김상일[1]. [1] *서울시립대학교*, [2] *홍익대학교*

In this work, the evidence of band convergence in *n*-type $Cu_{0.008}Bi_2Te_{3-x}Se_x$ observed at x = 0.3 – 0.4 is reported. The sharp increase of density-of-states effective mass to 0.94 m_0 was observed at x = 0.3 and 0.4, despite of the gradual change in mobility and band gap with changing x. This suggests that the band convergence occurs in the wide range of x between 0.3 to 0.4 with carrier doping with 0.008 Cu addition to $Bi_2(Te,Se)_3$. Consequently, the enhanced zT of 0.69 at 300 K was seen at x=0.3 as consequence of the band convergence.

P1-G4-4 Electrical and Thermal Transport Properties of S- and Te- doped InSe alloys

S와 Te를 도핑한 인듐셀레나이드 합금의 전기적 그리고 열 전달 특성

김지일[1*], 김현식[2], 김상일[1]. [1]*서울시립대학교*, [2]*홍익대학교*

Metal chalcogenide materials, including indium selenide (InSe), have attracted attention as potential thermoelectric materials due to their intrinsically low thermal conductivity, which is due to their layered structure with weak atomic bonding. However, their low electrical conductivity should be increased for application as thermoelectric materials. In this study, we examined the electrical and thermal transport properties of 7%S- or Te-doped InSe polycrystalline alloys ($InSe_{0.93}S_{0.07}$ and $InSe_{0.93}Te_{0.07}$). These anion substitutions increased the electrical conductivity of InSe. while the enhancement was larger for the Te-doped InSe with a smaller bandgap. The negative Seebeck coefficient did not change significantly upon doping, resulting in enhancement of the power factor. Doping caused a relatively large reduction of thermal conductivity due to additional point defect phonon scattering. Consequently, the thermoelectric figure of merit (*zT*)increased by 62% and 230% to a maximum of 0.13 and 0.28 at 735 K for $InSe_{0.93}S_{0.07}$ a nd $InSe_{0.93}Te_{0.07}$, respectively, which offers the possibility of InSe-based thermoelectric materials. Cation doping could increase the *zT* of S/Te-doped InSe further.

P1-G4-5 WSe_2 Nanosheets for Hydrogen Evolution Reactions by a Low Temperature Sputtering Technique

저온 스퍼터링 기반의 수소 발생 반응을 위한 WSe_2 나노 시트

남재현[1*], 장혜연[1], 최승목[2], 조병진[1]. [1]*충북대학교*, [2]*재료연구소*

Effective evolution of hydrogen through electrocatalysis demonstrates remarkable potential for clean energy. There is an enormous demand to develop effective and low-cost catalysts for the hydrogen evolution reaction (HER). Nanostructures of two-dimensional transition metal dichalcogenides (2D-TMDs) show promising electrocatalytic activity towards the hydrogen evolution reaction.

Here, we used RF magnetron sputtering that is simple and low-temperature process, so WSe_2 nanosheets can be directly deposited on carbon paper. The effects of the sputtering power and time in the sputtering process on the HER performance have been studied in detail. Scanning electron microscopy, Raman spectroscopy, X-ray diffraction, and X-ray photoelectron spectroscopy indicated the WSe_2 nanosheets. The sputtered WSe_2 nanosheets show electrocatalytic activity for the HER with low on-set potential and Tafel slope. Our results show that the sputtered WSe_2 nanosheet has the potential of the HER catalyst.

P1-G4-6 High-resolution Multi-material Pattern-formation Method Via Nanotransfer Printing

나노 패턴전사 프린팅을 통한 고해상도 다중 소재의 패턴 형성 방법

박태완[*], 박운익. *한국세라믹기술원*

High-resolution nanopattern formation technologies are necessary for next-generation device applications such as transistors, sensors, memories, and optical devices. Because well-ordered nanopatterns can provide a good working performance of electronic devices. Among various of nanofabrication methods, nanotransfer printing (nTP) has attracted attention due to its simple process and cost-effectiveness. Also, nTP process can create various shapes of pattern consist of metal, metal oxide, and semiconductor materials. However, there are still remaining challenges to be determined to achieve more facile and faster formation of multi-material patterns. In this talk, we introduce a useful nTP process to generate sub-20 nm three-dimensional (3D) hierarchical multi-material nanostructures formed of several metals and metal oxides by shadowing and depositing on the poly(methyl methacrylate) (PMMA) replica pattern. Moreover, we present how to produce multiple harmful gas detecting gas sensor device. Based on this new approach, we expect that this pattern formation method will be extendable to other nanopatterning research fields and future device applications.

P1-G4-7 Fabrication of Piezoelectric Pressure Sensors Using Solution-Processable Nanoparticle Inks

용액 공정이 가능한 PZT 나노입자 잉크를 이용한 압력센서 제조

정숙인[*], 이은정, 조예진, 정성묵, 이수연, 최영민, 정선호. *한국화학연구원*

For implementation of IoTs (Internet of Things) Ecosystem, the sensor devices have been studied for obtaining real-time information from the surrounding environment. Especially, the pressure sensor based on the piezoelectric effect converts the mechanical movement into electrical signial, with advantages of miniaturization, high performance, low-power consumption, and versatility. In this study, the surface of $PbZr_xTi_{1-x}O_3$ nano particles was modified by a designated chemical method. In order to overcome the intrinsic brittle property which is the critical disadvantage of conventional ceramic piezoelectric devices, we have tried to improve the performance of pressure sensor by mixing with elastic polymers. The pressure sensor was fabricated through a bar-coating process as a non-vacuum, solution-process. As a results of piezoelectric device properties, the highly-sensitive ceramic-polymer composite material showed the high performance as a piezoelectric pressure sensor.

P1-G4-8 Implementation of Self-Driven 2D MoS_2/Si Heterojunction Photodetector Using a Reactive RF Sputtering

반응성 RF 스퍼터링을 이용한 자가 구동형 2D MoS_2/Si 헤테로 접합 광 센서의 구현

장혜연[*], 남재현, 조병진. *충북대학교*

Two-dimensional (2D) materials have received considerable attention as their unique structural, electronic, and catalytic properties in device applications. To realize practical technologies based on these 2D materials, it is essential to achieve high quality and uniform wafer-scale growth. Recently, sputtering synthesis approaches for 2D transition metal dichalcogenides (TMDs) synthesis were proposed. Conventional sputtering method limits the perfect stoichiometry of transition metal to chalcogen atom. For example, it is so difficult to achieve the atomic ratio of 1:2 in 2D MoS_2 layered nanomaterials. Therefore, it requires additional process of post sulfurization.

Herein, we demonstrated self-driven 2D-3D heterojunction devices using H_2S gas. The as-fabricated MoS_2/Si heterojunctions exhibited large and fast photocurrent responses under illumination condition with visible range wavelength. Raman spectroscopy, XPS and XRD confirmed high quality MoS_2. All the results demonstrated that our sputtering method could produce high-quality TMD/Si 2D–3D heterojunctions for optoelectronic applications.

P1-G4-9 3D-Printed Electrical Circuits and Origami Electronics Using Percolative Metallic Doughs

퍼콜레이션 기반 금속 페이스트를 사용한 3차원 인쇄 전기 회로 및 종이 접기 전자기기

조예진[1,2*], 정성묵[1], 최영민[1], 정선호[1]. [1] *한국화학연구원*, [2] *UST*

Over the last few decades, three-dimensional printing has garnered tremendous amounts of attention in various applications by a virtue of the heretofore unachievable capability of forming versatile structures. In particular, exploiting highly functional materials for the active creation of new devices is of paramount importance to herald new possibilities in the area of 3D-printed electronics. In this study, we demonstrate the fabrication of 3D-printed electrical circuitry consisting of embedded electrical components and conformal-printed electrode features on the surfaces of pre-formed 3D polymer and paper structures, through a printing process involving metallic percolative doughs. The structural factors processable with the conductive dough are investigated by comparatively monitoring the 3D printability of percolative doughs with different rheological properties (storage modulus, loss modulus and yield stress). It is also suggested that 3D-printed origami structures are achievable via the formation of 3D-shaped electrodes inside paper structures owing to the intrinsic deformation stability of electrodes printed from the conductive doughs.

P1-G4-10 High-Performance Auxetic Structured Stretchable Conductor Based on Ag Composites

은 복합체 기반의 auxetic 구조를 가진 고성능의 스트레처블 전극 개발

한설희*, 최영민, 이수연, 정성묵, 정선호. *한국화학연구원*

Stretchable electronics, as an emerging research field, have brought great interest to the issue of how to realize stretchable electronic materials that offer both durability and high conductivity at strained states. Although advanced approaches using elastomers with metal or geometric engineering have been investigated, a practical limit such as multidirectional stretching, complexity in fabrication, and difficulty in the control of the system still remain challenges. Here, we present a facile method to fabricate bi-axially stretchable and highly conductive Ag/Polymer composite film with hierarchical auxetic structure. Thorough controlling the hierarchical level and constituent material properties and comparing the corresponding properties, we optimized high-performance conductors with exceptional mechanical stretchability and stable conductivity compared to unstructured conductors. The optimized stretchable conductor exhibited both superior conductivity as high as 7,600 Scm^{-1} and stable electrical resistance ($DR/R_0 < 0.2$) under biaxial stretching. Furthermore, we demonstrate stretchable electronics application where a highly stretchable LED circuit and the bridge-island-structured conductors for stretchable electronics are demonstrated without any mechanical or electrical damage.

P1-G4-11 Mg_2Si-based Thermoelectric Ceramics with Enhanced Fracture Toughness by Introduction of Dual Nanoinclusions

다중 나노인클루젼 도입을 통한 마그네슘 실리사이드 열전 세라믹 파괴인성 증대

김관식*, 임현준, 이규형, 이우영. *연세대학교*

Dual nanoinclusions of reduced graphene oxides (rGOs) and metal nanoparticles were introduced into Al and Bi co-doped Mg_2Si thermoelectric ceramics to enhance the fracture toughness (~ 0.82 MPa $m^{1/2}$ for pristine $Mg_{1.96}Al_{0.04}Si_{0.97}Bi_{0.03}$). The thermoelectric performance of $Mg_{1.96}Al_{0.04}Si_{0.97}Bi_{0.03}$ was decreased by introduction of nano-scale inclusions mainly due to the deterioration of electronic transport properties originated from increased electron scattering. However, a significantly enhanced fracture toughness of 2.26 MPa $m^{1/2}$ was obtained by introduction of 3 vol.% rGOs (~ 5 nm thick and ~ 3 μm wide) and 0.6 vol.% Sn nanoparticles (50 – 150 nm) due to the simultaneous activation of three different inhibition mechanisms for crack propagation; bridging of crack, sheet pull-out within the crack, and deflection of crack propagation.

P1-G4-12 Gold-Nanoparticle-Coated Magnetic Beads for Sample Concentration and Lonization for Laser Desorption/Ionization (LDI) Mass SpectromEtry

시료 농축 및 이온화를 위한 금 나노입자가 표면 코팅된 자성 비드

김문주*,박종민, 노주윤, 윤태경, 변재철. *연세대학교*

Magnetic particles coated with Au nanoparticles (Au-MAGs) were developed and used for sample concentration and as the solid matrix for LDI-ToF MS. 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). 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-G4-13 Enhancement of Thermoelectric Performance of Bi-Te-based Alloys by Hot Extrusion

열간 압출 공정을 통한 Bi-Te 계 열전소재 성능 증대

김희림[1*], 이규형[1], 김용남[2], 김성웅[3]. [1] *연세대학교*, [2] *한국산업기술시험원*, [3] *성균관대학교*

Bi-Te 계 열전소재는 열전냉각 및 저온 열전발전에 응용되고 있는 상용 소재로, 일반적으로 일방향 응고 공정을 이용하여 잉곳 형태로 제조하고 있다. 잉곳 형태의 소재는 결합력이 강한 공유/이온 결합 면이 정렬되어 있어 높은 열전성능을 나타내지만, 매우 약한 반데르발스 결합 방향으로 정렬된 결정면도 포함하기 때문에 기계적 강도가 낮은 문제가 있다. 본 연구에서는 높은 열전성능을 나타냄과 동시에 높은 기계적 강도를 발현할 수 있는 배향성 다결정 제조기술인 열간 압출 공정을 이용하여 p형 Bi-Sb-Te 계 소재를 제조하였다. 상용 소재의 성능과 유사한 수준의 높은 열전성능을 구현하였고, 또한 열전 모듈에 적용되는 열전소자의 단면적으로 압출체를 제조하여 열전소자의 수율을 크게 증대하였다.

P1-G4-14 Measurement of Temperature Dependent Electrical Conductivity and Seebeck Coefficient

전기전도도 및 제벡계수 온도 의존성 측정

김민영[1*], 이규형[1], 김용남[2], 이동원[2]. *[1]연세대학교, [2]한국산업기술시험원*

열전발전 시스템을 위한 중요한 요소 중 하나는 효율적인 시스템 설계이다. 이를 위해서는 신뢰성 있는 열전소재의 물성 측정기술이 필요하다. 특히 중고온용 벌크 소재의 특성을 고온까지 측정할 수 있는 기술이 매우 중요하다. 하지만 아직까지 국제표준, 국가표준 등은 전무한 실정이다. 본 연구에서는 4탐침법을 사용하여 제벡계수와 전기전도도를 동일한 측정 시스템에서 동시에 측정하기위한 측정 환경 및 변수에 대한 연구를 진행하였다. 이 기술은 열전소재의 성능 측정뿐 아니라 중고온 열전발전 시스템 개발 및 제품화와 직접 연계된 핵심 기술 중 하나로 활용될 것이다.

P1-G4-15 Upconversion Nanoparticle/Siloxane Hybrid Composite with Highly Stable Photoluminescence Againt Heat and Moisture

열과 수분에 매우 안정한 업컨버젼 나노입자/실록산 하이브리드 복합체

장준호*, 국수근, 박찬범, 배병수. *한국과학기술원*

Herein, we report a siloxane-encapsulated upconversion nanoparticle ($NaYF_4$: Yb, Er or Tm) hybrid composite (SE-UCNP) which exhibits excellent photoluminescence (PL) stability for over 40 days even at elevated temperature, in high humidity, and in harsh chemicals. The SE-UCNP is synthesized via UV-induced free-radical addition reaction of UCNP dispersed oligosiloxane (UCNP-Oligosiloxane) resin obtained from the in-situ sol-gel condensation reaction of silane precursors in the presence of UCNPs. The siloxane matrix with random network structure by Si-O-Si bonds successfully encapsulates the UCNPs with chemical linkages between the siloxane matrix and organic ligands on UCNPs. This encapsulation results in surface passivation retaining intrinsic fluorescent properties of UCNPs under severe conditions (e.g., 85°C, 85% relative humidity) and a wide range of pH (from 1 to 14). As an application example, we fabricate a two-color binary micro-barcode based on SE-UCNP via a low-cost transfer printing process. Under near-infrared irradiation, the binary-sequences in our barcode are readable enough to identify objects using a mobile phone camera. The hybridization of UCNPs with a siloxane matrix provides the capacity for highly stable UCNP-based applications in real environments

P1-G4-16 Nanoporous Copper Oxide Fabricated by High-pressure Thermal Evaporation

고압 열 증착법을 이용한 구리 산화물 나노 기공 구조 제조

이은지*, 민준기, 정동욱, 권정규, 유상우. *경기대학교*

높은 표면적 때문에 nanoporous 물질은 촉매, 센서, 연료전지, actuator 등과 같은 넓은 분야에서 많은 관심을 받아왔다. 그 중 Cu_2O는 가시광선 영역에서 물의 광화학적 분해를 위한 광촉매로서 매우 우수한 안정성을 가지고 있다. 본 연구에서는 high pressure thermal evaporation 방법을 이용하여 구리의 nanoporous 구조를 형성한 후 이를 furnace에서 열처리하여 기공률이 유지된 구리 산화물 나노 기공 구조를 만들 수 있었다. 형성된 순수한 구리의 나노 기공 구조는 수십 나노미터 크기의 particle aggregates가 모여 있는 형태이며 visible-near IR 영역의 빛을 흡수하였다. 압력, 기판의 온도 등 다양한 변수 조절에 따른 나노 구조 형성의 차이, 나아가 열처리 온도 및 열처리 분위기 등에 따른 구리 산화물 나노 기공 구조의 차이, 기공률의 변화, 구리의 산화 상태 변화 등을 연구하였다. 5%-H_2 forming gas를 이용하여 환원 분위기에서 열처리할 경우 CuO (200°C), Cu_2O (400°C) 등으로만 이루진 구리 산화물 나노 기공 구조를 얻을 수 있었다. 본 연구에서 진행된 구리 및 구리 산화물 나노 기공 구조들은 촉매, 센서 및 visible-near IR 흡수체로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

P1-G4-17 Unique EL Device with Heterogeneous Emitting Layers

서로 다른 물질로 구성된 발광층을 갖는 독특한 전계 발광 소자

오성근*, 김지완, 김문본. *경기대학교*

양자점은 빛을 내는 나노미터 크기의 반도체이며, 반도체인 양자점이 방출하는 색상은 결정의 크기에 의해 달라지는 에너지 밴드 갭의 크기를 제어하여 원하는 대로 구현할 수 있다. 광학적 특성을 지닌 양자점에는 용액 공정을 할 수 있다는 점에서 비용과 시간적인 면에서 효율적이다. Quantum Dots light-emitting diodes (QLEDs)는 높은 색 순도를 가지고Organic light-emitting diodes (OLEDs)와 비교할 만한 우수한 발광 특성을 갖는다. 우리의 새로운 hybrid structure는 inverted 구조를 기반으로 하며 이는 2가지 색상을 방출시키는 양자점과 유기 인광 분자를 결합한 다층 발광층으로 구성되어 있다. 먼저 Spin coating방법으로electron transport layer인 ZnO, 양자점 발광층을 ITO가 증착된 유리 기판 위에 차례로 올린다. 그 다음host와 dopant로 이루어진 유기 인광 발광층과 hole transport layer인 CBP, 그리고 전극인 Al을 thermal evaporation 방법으로 증착한다. 첫 번째 발광층으로 양자점이, 두 번째 발광층으로 유기 인광 물질이 사용되어 물질마다 서로 다른 색을 방출시킨다. 새롭게 제작된 hybrid structure에 전압을 가해주면 양자점과 유기 인광 물질의 3개의 peak가 동시에 나타나 백색광을 방출하는 것을 볼 수 있다. 또한 CIE그래프에서는 전압에 따른 색 좌표가 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

P1-G4-18 High Responsivity Phototransistors With Large Area CVD-graphene on SiO_2/Si

SiO_2/Si 기판에 CVD 성장시킨 그래핀을 활용하여 높은 광반응성을 가지는 포토트랜지스터 제작

이정상[1*], 인재현[1], 주현수[1], 김상식[2], 이전국[1]. *[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교*

Two-dimensional materials have attracted strong interest for their fascinating electronic properties and have shown many advantages in optoelectronic applications. Among two-dimensional materials, graphene has demonstrated promising applications in various types of photodetectors from terahertz to ultraviolet, due to light absorption in broad wavelength range and their ultrahigh carrier mobility. However, graphene's semimetallic nature would give rise to a large dark current (up to 50–100 uA) and low on–off ratio (less than 2). Here, we demonstrate a new method to enhance the on-off ratio of graphene photodetector with metal-graphene-metal structure. In this photo-ransistor, an asymmetric metal contact (Titanium and Platinum) design is adopted to provide a strong internal electric-field in the phototransistor channel. Optical microscopy, Raman spectroscopy and atomic force microscopy (AFM) were used to determine optimal etching conditions and observe residues after thermal treatment.

The device offers a high on-off, broad spectral bandwidth and compatibility with CMOS technologies.

P1-G4-19 Highly Luminescent and Stable In(Zn,Ga)P/ZnSeS/ZnS Quantum Dots

고효율 및 높은 안정성의 In(Zn,Ga)P/ZnSeS/ZnS 양자점

손민지[1*], 방지원[2], 이윤기[1]. [1]*경상대학교*, [2]*한국세라믹기술원*

양자점은 넓은 대역의 빛을 효과적으로 흡수하고, 뛰어난 발광 및 매우 좁은 발광반치폭을 가져 태양전지, 광감응소자, 조명 및 디스플레이 소자로의 응용이 가능하다. 지난 몇십년간 양자점 소재의 연구는 뛰어난 광특성과 안정성을 보이는 Cd 기반의 양자점에 대해 이루어져 왔으나, 환경과 인체에 유독한 Cd을 포함하고 있어 상용화에 한계가 있어, 이를 대체할 InP 기반의 친환경 양자점 소재가 연구되고 있지만, 아직까지 이들의 광특성 및 안정성이 Cd기반의 양자점에 미치지 못한다. 본 연구에서는 Zn 또는 Ga이 도핑된 InP 핵 양자점을 합성하고, 도펀트에 의한 결정성 및 광학특성을 확인하였다. InP 핵 양자점의 발광 특성 및 안정성을 향상시키기 위해 ZnSe 및 ZnS 껍질 양자점을 성장시켰으며, 이때 반응조건을 제어하여 균일한 껍질 성장을 유도하여 70% 이상의 발광효율 및 45 nm 이하의 발광반치폭을 가지는 고 발광특성을 가지는 InP기반 양자점을 수득하였으며, 두꺼운 껍질층으로 인해 150도 온도에서도 안정적인 양자점의 형광을 확인하였다. 이와 같은 고효율 고안정성의 친환경 InP 기반 발광소재는 고화질 디스플레이 소자에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

P1-G4-20 A Study on the Interface of the Hybrid EL Devices with QDs and Phosphorescent Dopants

퀀텀닷과 인광 도펀트를 이용한 하이브리드 자발광 소자에 대한 연구

주소은[*], 김지완, 문아람. *경기대학교*

지난 몇십년 동안 quantum dots을 이용한 EL device에 대한 연구가 활발히 진행되었다. quantum dots은 좁은 반치폭을 가지고 있어 높은 색순도로 많은 색을 조절할 수 있다. 또한 용액공정이 가능하기 때문에 가격적인 면과 시간적인 면에서 공정이 간단 하여 미래 디스플레이 산업에서 기대되는 소자로 주목받고 있다. quantum dot light emitting diode (QLED)는 일반적으로 charge injection으로 exciton을 형성하고 발광하는 메커니즘이 지배적이지만 energy transfer 메커니즘 또한 존재한다.

이에 우리는 QD 발광층 위에 organic layer 을 올려 하이브리드 소자를 제작하였다. Blue QD와 red phosphorescent dopant로 이루어진 multilayered 두개의 발광층을 가진다. HTL물질과 발광층을 용액공정으로 올리고 이후 organic layer와 음극인 알루미늄을 evaporation으로 올려서 제작하였다. 결과적으로 에너지를 QDs에서 organic layer로 전달하는 에너지 트랜스퍼 메커니즘이 관찰되었다. 발광층 계면사이에서 일어나는 현상을 연구하고 에너지 트랜스퍼를 통해 소자의 성능 향상 될 것으로 기대된다.

P1-G4-21 Luminescent Properties of Red Emitting $Ca_3ZrSi_2O_9:Eu^{3+}$ Phosphor Synthesized by Microwave Irradiation

마이크로파 조사로 합성한 $Ca_3ZrSi_2O_9:Eu^{3+}$ 적색 형광체의 형광특성 분석

홍우태[1*], 정종원[1], 양현경[1], 문병기[1], 제재용[2]. [1]*부경대학교*, [2]*동의과학대학교*

Commercial white light-emitting diodes (WLEDs), combined with blue LED chips and yellow phosphor, exhibits a low color rendering owing to the poor red emission. To solve these problem, developing an efficient red phosphor is the one of solutions for high color rendering WLEDs.

In past study, the $Ca_3ZrSi_2O_9:Eu^{3+}$ phosphors synthesized by high temperature solid-state reaction, exhibits a strong red emission at 610 nm and noble thermal stability, those are suitable properties as red phosphor in white LEDs. However, using a solid-state reaction can occur a time consumption, demand of high synthetic temperature and irregular morphology.

In this study, the $Ca_3ZrSi_2O_9:Eu^{3+}$ phosphors were synthesized by using a microwave irradiation. Compared with solid-state reaction, using a microwave irradiation provide a facile process and less defect generation in synthetic process because of its fast heating, energy saving, high efficiency and easy control. The morphological and luminescent properties of $Ca_3ZrSi_2O_9:Eu^{3+}$ phosphors were analyzed.

P1-G4-22 Monolayer Assembly Enabling Uniformly Stacked Multilayers for Supercapacitors

슈퍼캐패시터용 다층구조로 적층된 단층조립에 관한 연구

박영근[*], 서호준, 문건대. *한국생산기술연구원*

Colloidal assembly has been successfully demonstrated through capillary deposition, spin-coating, electrophoretic assembly, convective assembly and vertical deposition. Above all, monolayer assembly at air-water interface was proven to show quick process and ability to form large-area film. Herein, we report on assembled monolayers of various nanomaterials with different dimensional morphologies (0, 1, 2D). Especially, layered assembly of hollow TiO_2 shells were fabricated to obtain TiN monolayer for supercapacitor through nitridation. The nitridated hollow shell monolayer film can be a good binder-free electrode for supercapacitor via facile 2D self-assembly of these shells, which, further, enables the creation of a robust multilayer film by repeating transfer. In addition, the monolayers of reduced graphene oxide (rGO) and carbon nanotube (CNT) were alternatingly transferred to form a repeating layer of rGO/CNT/rGo/CNT, which was used as a large-sized ultrathin supercapacitor.

P1-G4-23 Synthesis of Superparamagnetic Fe_3O_4@SiO_2@Polydopamine Spheres Through Solvothermal Method

구형의 초상자성 Fe_3O_4@SiO_2@Polydopamine 용매열 합성법

정은진[*], 임은미, 문건대. *한국생산기술연구원*

Superparamagnetic colloids can be designed for applications including drug carrier, catalysis and biological imaging. Highly stable superparamagnetic colloids can be used for targeted drug delivery. Herein, we report the synthetic method for superparamagnetic Fe_3O_4@SiO_2@polydopamine (PDA) nanocomposites based on solvothermal process. The water-soluble superparamagnetic Fe_3O_4 colloidal nanocrystal cluster with average diameter of 200 nm were synthesized. SiO_2 can be coated on magnetite colloidal nanocrystals clusters to protect the superparamagnetic nature of magnetite nanocrystals from phase change. The mussel-inspired material PDA is a promising shell layer for drug carrier due to its chemical structure that is rich in functional groups, strong adhesion ability and biocompatibility.

P1-G4-25 Engineering of Graphene by Epitaxial Growth of MoO_3

MoO_3 에피성장을 통한 그래핀의 특성제어

김한결[1*], 김종훈[1], 이관형[2]. [1]*연세대학교*, [2]*서울대학교*

Two-dimensional (2D) materials and graphene have attractive properties, such as high carrier mobility, flexibility, and transparency. Despite explosive researches of 2D materials, 2D oxides have not been widely studied. Molybdenum trioxide (α-MoO_3) is a layered oxide material of which layers are stacked along with weak van der Waals force. MoO_3 has been utilized as hole transport layer due to its high work function. In addition, MoO_3 is a candidate of new-dielectric material, because of high bandgap (> 3 eV) and dielectric constant (~ 10) with extremely thin thickness (~ 0.7 nm).

Here we demonstrated engineering of graphene by epitaxial growth of MoO_3. MoO_3 is produced on graphene templates by evaporation of Mo thin film in ambient condition. Strong Interaction between graphene and the grown MoO_3 is observed because graphene/MoO_3 interface forms an ultraclean heterointerface with a crystalline correlation. When few-layered MoO_3 is grown on monolayer graphene, graphene is compressed by ~ 0.2% due to large lattice mismatch of graphene and MoO_3. In addition, graphene is p-doped up to 2.0×10^{23} cm^{-2} due to extraction of electrons to large work function MoO_3. More interestingly, we observed asymmetric doping level between top and bottom layers of MoO_3-deposited multilayer graphene, which is probably originated from screening effect of graphene. Our work shows a possibility of graphene engineering by using epitaxial growth of 2D oxides, including strain modulation and permanent & non-destructive doping control.

P1-G4-26 Study on Physical Properties of Electroless Ni-P Composite Plating of Metal Mold

금형 무전해 Ni-P 복합도금의 물리적 특성 연구

변영민[1*], 윤진두[2], 서선교[3]. [1] *한국건설생활환경시험연구원*, [2] *동진금속*, [3] *유림티앤시*

무전해 Ni-P 도금을 기본으로 이종금속과의 다원합금 도금 피막이나 이종재료와의 복합 도금 피막 등도 여러 분야에서 이용되고 있다. 무전해 도금은 도금 시 외부전원의 불필요, 균일한 두께 가능, 대량 생산 용이, 부도체 및 특수목적 도금 등의 장점이 있으나 고비용, 도금액 노화 등의 단점이 있다.

무전해 Ni-P 복합도금은 세라믹 입자를 공석 시켜 도금층을 형성시키는 기술이다. 이러한 기술은 종래의 크롬도금을 대체할 수 있는 친환경 도금기술로서 치수 정밀성과 내열성과 내마모성, 내식성이 요구되는 성형용 금형에 사용되고 있다. 도금층의 경도 및 내식성 향상을 위한 복합도금에 사용되는 입자로는 SiC, TiO_2, SiO_2, Al_2O_3, WC, CNT, diamond 등이 있다.

본 연구에서는 무전해 Ni-P 복합도금을 통한 물리적 특성에 대한 표면 Morphology 및 공석량에 대한 상관관계를 통한 물리적 특성을 연구하였다.

P1-G4-27 Highly flexible Graphene-polydimethylsiloxane Pressure-strain Sensors with Proximity-sensing Capability

압력, 신장과 근접 센싱이 가능한 그래핀-PDMS 유연 센서

김민정[1*], 이관형[2]. [1] *연세대학교*, [2] *서울대학교*

Flexible strain sensors are necessary for providing electronic skins with the ability to detect motions and pressure toenabling their use in health applications and robotics. In this context, strain sensors should simultaneously guarantee a high sensitivity and flexibility, with a fast response when applied to the detection of various human motions. Here, we demonstrate a flexible strain sensor composed of graphene flakes encapsulated by elastomer films with a high sensitivity and stretchability. The liquid-exfoliated graphene flakes were coated by spray on the first elastomer film and then encapsulated by the second elastomer film. The encapsulated graphene sensor exhibited a high gauge factor, fast responsivity, and high durability. It is stretchable up to 290% and highly bendable. As an additional key feature, proximity sensing to detect remote motions of a distant object was demonstrated, owing to the unique characteristic of graphene, i.e., variations in the electrostatic doping of graphene in response to the interaction between the surface charges of the elastomer and the electrostatic charges of the remote object. Our work introduces a novel route for the fabrication of flexible graphene sensors with the proximity-sensing capability, which are useful for wearable smart devices and human motion detection.

P1-G4-28 Synthesis of Visible-to-near Infrared Emitting Cu–In–S Quantum Dots and Their Surface Passivation

가시광-근적외선 발광 Cu–In–S 양자점 합성 및 표면 패시베이션 연구

김종훈*, 윤석영, 조대연, 조정호, 이선형, 양희선. *홍익대학교*

양자점은 차세대 디스플레이 재료로 많은 연구가 진행되고 있으며, 그 중에서 독성이 없는 다성분계 I–III–VI족 계열 양자점은 II–VI 및 III–V족 양자점과 다른 defect에 의한 발광 매커니즘으로 넓은 반치폭을 가지는 특성을 이용하여 light-emitting-diode의 색 변환 소재로 많은 연구가 진행되었다. 하지만 luminescent solar concentrator와 bioimaging에 주로 사용되는 near infrared (NIR) 발광 영역에서 높은 효율에 대한 연구는 아직 상대적으로 미비한 편이다. 본 연구에서는 3성분계 Cu–In–S (CIS) 양자점의 발광파장의 폭넓은 제어를 위해 Cu/In 비율, 코어 성장 조건, CIS 코어 합성 후 Ag alloying 그리고 In 전구체 변경 등의 다양한 코어 합성 변수를 제어하여 534 nm에서 868 nm까지의 발광파장을 구현하였으며, 연속적인 ZnS 쉘 공정을 통해 가시광 영역에서는 71-85%, NIR 영역에서는 79-93%의 매우 우수한 양자효율을 보였다. 또한 양자점의 안정성 향상 연구 일환으로 ZnS 쉘 내에 Al 도핑에 의한 패시베이션 연구가 수행되었으며, 이를 통해 장시간 광 조사에도 매우 우수한 광 안정특성을 갖는 양자점을 확보할 수 있었다.

P1-G4-29 Tunable Zn-Cu-Ga-S Quantum Dots by Mn Doping and Their Electroluminescent Device

Mn 도핑을 통한 Zn-Cu-Ga-S 양자점 발광 특성 제어 및 전계발광 소자 제작

김종훈*, 김경혜, 한창열, 장은표, 양희선. *홍익대학교*

Chalcopyrite 구조의 I–III–VI계 양자점은 흡수 파장과 발광 파장 사이의 큰 Stokes-shift으로 인하여 양자점 간의 재흡수 현상 최소화가 가능하며, 넓은 발광 반치폭과 우수한 발광효율 특성을 기반으로 white lighting device, solar luminescent concentrator, bio-imaging으로의 응용 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 청색 Zn-Cu-Ga-S 양자점 조성을 기반으로 보다 넓은 발광 스펙트럼을 구현하기 위해 Mn 도핑 연구를 수행하였다. 먼저, 코어 표면에 Mn 이온을 흡착시킨 뒤 ZnS 쉘 공정을 적용하여 surface adsorption-lattice diffusion 기반의 합성 연구를 수행하였으며, Mn 주입량이 증가함에 따라서 적색 영역의 발광 스펙트럼이 강조되는 것을 확인하였다. 이는 양자점의 excitonic energy가 국부적인 Mn 이온으로 전달되어 Mn d 오비탈의 내부 전자 전이(4T1–6A1)에 의한 결과로, 이를 통해 청색과 적색 가시광 영역을 포괄하는 스펙트럼 구현이 가능하였

다. 이후 Mn 이온의 도핑 유무의 따른 Zn-Cu-Ga-S 양자점을 기반으로 전계발광 소자를 제작하였으며 그 특성을 비교 및 분석하였다.

P1-G4-30 Effect of Purification Process for Inorganic ZrO_2-nanoparticle Electron Transport Layer on Quantum Dot Light Emitting Diode

양자점 발광소자의 전자수송층용 ZrO_2 나노입자 정제 공정의 효과

오민석[1*], 양태경[1,3], 김윤수[1,2], 김지완[3]. [1]*전자부품연구원,* [2]*고려대학교,* [3]*경기대학교*

We report on the effect of purification process for ZrO_2 nanoparticles as electron transport layer (ETL) on quantum dot light emitting diode (QD-LED). ZrO_2 nanoparticles have surface ligands like colloidal QDs for stable dispersion in solvent and also have excess ligands which don't contribute to electrical and optical properties of QD-LED. Therefore, to apply these inorganic nanoparticles as charge transport layer to electroluminescence luminescence (EL) device, we investigated purification process of inorganic charge transport layer.

To improve the properties of QD-LED, we optimized purification process for inorganic ZrO_2 nanoparticles. When ZrO_2 nanoparticles in solvent were purified by hexane and then annealed under N_2 ambient of 760 Torr for 10 min, QD-LED showed improved luminescence characteristics. Finally, we fabricated QD-LED devices with luminescence of 14,955 cd/m^2 and luminous efficiency of 5.7 cd/A without roll-off at high current density.

P1-G4-31 Development of Fluorinated High-k Dielectric Material for Printed Thin Film Transistor

용액 공정형 소자 향 불소계 고유전율 소재 개발

오민석*, 유병욱, 김성집. *전자부품연구원*

Printed electronics have been attracted due to low process temperature, mechanical flexibility and implementability without vacuum process and etc. Gate dielectric layer plays a key role to reduce the driving voltage of thin film transistor and solution based dielectric is almost always polymeric materials. However, the dielectric constant of polymer is relatively low (k = 2-4). The chemical compatibility issue between organic materials of other layer in TFTs and organic solvent for making dielectric polymer solution should be also concerned to fabricate multilayer based devices. To solve these problems, we synthesized high k inorganic nanoparticles and applied fluorinated ligands to nanoparticles by ligand exchange to develop the high k dielectric materials dissolving in fluorinated solvents that are poor solvents for non-fluorinated organic materials. These materials can be dispersed excellently in fluorinated solvent and these solutions have enough coating properties to make thin films suitable for gate insulators. In this presentation, we show characteristics of device using these materials.

P1-G4-32 Nanocrystal Based Visible Broadband Perfect Absorber Fabrication

나노결정기반 가시광 광대역 흡수체 제조 연구

홍성훈*. *한국전자통신연구원*

최근 기존 물질의 한계를 뛰어넘을 수 있는 새로운 안공물질에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중 메타물질은 구조에 따라 특성을 자유자재로 조절할 수 있는 물질로 그 구조나 배열을 조절하여 원하는 특성을 구현할 수 있게 된다. 메타물질의 응용 분야로 고해상도 디스플레이, 고효율 태양전지, 홀로그램, 고성능 센서 등이 있고, 특히 마이크론급 이하의 해상도를 구현할 수 있는 디스플레이 분야에서 관심이 높은 상황이다.

본 연구에서는 나노입자기반의 광대역 메타물질 흡수체를 제작하여 가시광 대역에서 높은 효율과 선명한 색상을 구현할 수 있는 컬러 픽셀을 구현하였다. 나노임프린트 공정을 통하여 수백나노 이하의 세라믹 패턴을 성공적으로 제작하였고, 나노입자기반의 메타물질을 이용하여 넓은 흡수대역을 가져 좁은 반사 스펙트럼을 가지는 선명한 색상과, 높은 반사효율을 가지는 반사형 픽셀을 성공적으로 구현하였다.

P1-G4-33 Image Sensor Array for Digital X-ray Imaging System

디지털 엑스선 영상 진단 시스템 구현을 위한 이미지 센서 어레이

오민석[1*], 김현재[1,2], 박희진[1], 정주리[1], 유병욱[1]. [1]*전자부품연구원,* [2]*고려대학교*

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-G4-34 Threshold Voltage Tuning in Multilayer MoS_2 Transistors Via Fluorine-based Plasma Treatment

불소계 기반 플라즈마 처리를 통한 다층 MoS_2 트랜지스터의 문턱접압 조절

오민석[1*], 유건욱[2]. [1]*전자부품연구원,* [2]*숭실대학교*

Inherent n-type transport behaviors in molybdenum disulfide (MoS_2) have been a challenge for power-efficient nanoelectronic devices. Here, we report on threshold voltage tuning of multilayer MoS_2 transistors induced by counter-doping effects of fluorine-based plasma treatment. The incorporated fluorine ions (F^-) with relatively strong electronegativity effectively attract the excess carriers, electrons in MoS_2 layers. In order to directly observe and compare the effects of counter-doping, we fabricate bottom-gated multilayer MoS_2 transistors using a conventional mechanical exfoliation method. The MoS_2 transistors treated with CF_4 plasma exhibit positive V_{TH} of 6.5 ± 3.8 V and inverse proportionality to the MoS_2 channel thickness. In comparison to molecular chemisorption doping, the plasma doping method, which is facile, controllable, and CMOS-process compatible, can be more universal approach for wafer-scale TMDs through further process optimization.

P1-G4-35 Si Nanosheets-carbon Textile Composite Electrode for Foldable Li-ion Batteries

유연한 리튬이온 배터리를 위한 실리콘 나노시트와 탄소 섬유 전극

박상원[1*], 하정훈[2], 조병원[2], 최헌진[1]. [1]*연세대학교*, [2]*KIST*

With the growing interest of the flexible properties in energy storages, lithium ion batteries (LIBs) have been worked as main energy storages in a form of lithium (Li) polymer and carbon composites with additives. However, it is limited in terms of capacity for many electronics and electric vehicles in the future and thus alternative both flexibility and high capacity of LIBs should be developed. Meanwhile, silicon (Si) has been considered as attractive anode materials for LIBs due to the high theoretical capacity of 4,200 mA g^{-1}. However, bulk Si is brittle and has a large volume changes about 400% during Li intercalation into Si that significantly degrades the capacity after cycles. In terms of these problems, silicon nanosheets (thickness and diameter of < 8 nm and > 12 μm) are the ideal framework for fast lithium storage since it can provide high specific surface area and stress relaxation. Also, carbon textile has been used because of cost-effectiveness, reasonable chemical stability, high electrical conductivity, and mechanical flexibility. Herein, we have investigated foldable LIBs using Si nanosheets (SiNS)-carbon textile composites electrode by chemical vapor deposition and electrospray deposition process which showed the high areal capacity about 2.6 mAh cm^{-2} and capacity retention of 99% even after 200th cycles. It also showed excellent stability for repeatable bending during 100th cycles. It means that findings can be contributed to flexible LIBs with stable capacity retention and flexibility.

P1-G4-36 CVD Synthesis and Characterization of 2Dimensional Monolayer GeS Nanosheet

화학 기상 증착법을 이용한 2차원 단일층 황화게르마늄 나노시트의 합성과 분석

유재현*, 이재준, 박상원, 최헌진. *연세대학교*

그래핀의 발명으로 2D 나노구조 특유의 우수성이 밝혀져 새로운 연구분야가 개척되었다. 그러나 그래핀은 밴드갭이 없는 메탈릭한 성질을 띄고 있어 센서, LED, FET 등의 반도체 디바이스에 활용하기 어렵기 때문에 밴드갭을 가지는 2D 물질을 찾기 위한 연구가 진행되어 왔다. 그 후보군으로 TMDC (Transition metal Dichalcogenide)가 가장 활발하게 연구되었고 여러 우수성이 입증되었다. 하지만 TMDC는 캐리어 모빌리티가 낮다는 단점이 있어 소자에 활용되는데 제한이 있다. 모노칼코게나이드군 역시 이 후보군 중 하나로 시뮬레이션 결과 가시광선 영역의 밴드갭을 나타내고, 캐리어 모빌리티가 높고, 압전 효과가 다른 2D물질에 비해 10~100배 이상 높은 등 여러 장점이 있어 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이는 모노레이어에서 두드러지게 나타나는 성질인데 현재까지 GeS의 경우 모노레이어 합성에 성공한 사례가 없고 나노리본, 나노 플라워 형태로 최소 20나노미터 두께까지 합성된 결과 보고되고 있다. 이번 연구에서 기판과 평행한 2D형태의 단일층 GeS 나노시트를 합성에 성공하였고 합성 메커니즘에 대해 밝혀내었다. 이를 다양한 분석 장비로 분석하여 특성을 확인하였다. GeS 나노시트는 진공관에서 파우더를 이용한 CVD 방식으로 합성되었다. 자세한 설명은 본문에서 한다.

P1-G4-37 Improvement in Performance of IGZO-Based TFT on Flexible Polyimide Substrate by Using Electron-Beam-Irradiation

전자빔 조사 공정을 통한 Polyimide 기판 상 IGZO TFT의 성능 향상

김봉호[1*], 권순형[1], 김동욱[1], 곽준섭[2], 김용환[3], 윤영준[1]. [1]*한국세라믹기술원*, [2]*순천대학교*, [3]*(주)인포비온*

Recently, polyimide (PI) have been widely applied for various flexible devices since PI is the most stable flexible substrate in high temperature. However, PI can also maintain its properties below 400°C, relative lower temperature than rigid materials. Therefore, conventional annealing process cannot be applied to PI substrate, growth of crystalline transparent conductive oxides (TCOs) on PI is difficult. Because defects and oxygen vacancy in amorphous TCOs grown at low temperature cause low electric conductivity and instability, crystallization of TCOs are required to obtain high electric conductivity and stability.

In this poster, we investigated the improvement in performance of IGZO-based thin film transistors (TFTs) on PI substrate. Since pristine PI has hydrophobic surface, ion beam treatment and buffer layer deposition were performed to convert PI surface from hydrophobic to hydrophilic. To confirm the conversion, contact angle was measured after surface modification under various conditions. Then, IGZO films were deposited by sputtering and electron-beam-irradiation (EBI) was conducted on as-deposited IGZO films in the same chamber of sputtering system. Because EBI is low temperature process, PI substrate could maintain its properties. Finally, we evaluated electrical performances of IGZO-based TFTs with various EBI conditions.

P1-G4-38 Analysis of Thin Film Using In-situ UV-Raman Spectroscopy in CVD Process

CVD 박막공정에서 UV-Raman spectroscopy를 이용한 in-situ분석

유은성[1*], 전재성[1], 김재훈[1], 박춘근[1], 심광보[2], 허훈[1]. [1]*한국생산기술연구원*, [2]*한양대학교*

우리나라 최대 첨단산업으로는 반도체, 디스플레이, 태양전지 등이 있으며, 이러한 분야에서의 공통핵심기술 중에는 박막기술이 있다. 이러한 박막기술중 현재 개발 방향에 있어서 첨단 소형 디바이스들의 개발에는 차세대 박막의 개발을 위한 공통되는 박막 분석 기술이 필수적으로 필요하다.

그러나 박막 직접 분석 기술은 공정 챔버에 적용하여 In-situ로 분석하기에 부족한 점이 있고, 기술적 난점을 해결하여야 하는 문제점이 있다. 본 연구에서는 CVD를 이용하여 SiOCH박막 성장과정을 CVD공정 챔버 내의 환경을 최대한 보존한 상태에서 라만광분석기를 이용하여 박막 형성 공정 중 손상을 동반하지 않고, in-situ 분석을 통해 박막의 성분이나, 분자의 결정성 등을 분석을 하고자 한다. 또한 성장된 SiOCH박막에 대해 XPS, SEM분석을 진행하여 비교 분석하였으며, 이를 통해 In-situ 분석의 검증을 진행하였다.

P1-G4-39 Phosphine Electrochemical Sensor Using Colloid Gold Nanoparticles

콜로이드 금 나노입자를 활용한 포스핀 전기화학센서

김창열*, 이효희. *한국세라믹기술원*

포스핀 (PH3, phosphine) 가스는 반도체 공정에 사용하는 도핑 물질로 인체에는 매우 해로운 물질이다. PH3와 AsH3의 문턱 임계수치 (Threshhold Limit Value)는 0.3 ppm과 0.05 ppm이다. 이러한 독성가스를 이러한 저농도에서 검출할 수 있는 검지기술이 필요하다. 포스핀과 같은 독성가스를 검출하는 전극소재로는 보통 Au나 Pt가 많

이 사용되는데, Pt의 경우는 가스에 대한 반응성은 좋지만 다른 가스에 대해서도 반응성이 좋기 때문에 가스에 대한 선택성(Selectivity)을 좋게 하기 위해서는 Au가 많이 사용된다. 보통 다음과 같은 반응식에 의하여 가스가 검출되는 것으로 알려지고 있다.

본 연구에서는 이 포스핀 가스를 검출하기 위하여 금염화화합물(Tetracholoro auric acid, $HAuCl_4$ $3H_2O$)를 5-50 mM 농도로 용해한 후, 수용액 중에서 $NaBH_4$로 환원하여 금 나노입자를 합성하고 이 용액에 아세톤과 헥산 중에 도데칸싸이올(Dodecanethiol)과 같은 표면개질재를 사용하여 금나노입자를 싸이올기로 개질하여 헥산에 분산한 콜로이드 용액을 제조하였다. 이를 테플론 멤브레인 위에 코팅하고 진공오븐에서 건조하여 작업전극 및 기준전극을 제작하였고, 대전극은 Pt/C가 코팅된 전극을 사용하였다. 기준전극과 작업전극의 저항은 대략적으로 10-20 Ohm의 저항을 나타내었다. 이 전극 사이에 유리섬유멤브레인에 5M 황산을 적신 후 임베딩하여 전기화학 센서를 제작하였으며, 이 센서의 포스핀 가스농도에 따른 전류값을 읽어서 가스센서 특성을 평가하였다. 이 금나노입자를 사용한 센서는 0.1-1 ppm의 포스핀을 아주 잘 검출할 수 있음을 확인하였다.

P1-G4-40 Li-ion Conduction in α-Li_3PS_4 Using *ab-initio* Molecular Dynamics Calculation

***ab-initio* 분자동력학을 이용한 α-Li_3PS_4의 리튬이온 전도 연구**

김지수*, 정으뜸, 최성준, 손지원, 김병국, 이종호, 김형철. *한국과학기술연구원*

본 연구는 Li_3PS_4의 고온상인 α-Li_3PS_4의 구조와 리튬이온 전도 특성의 상관관계를 *ab-initio* molecular dynamics (AIMD) 계산을 이용해 분석한 것이다. 고온 AIMD 계산을 통하여 실험적으로 보고된 리튬 자리점유율과 결정구조의 특성을 재현하였다. 리튬 이온 경로 분석을 통해 α-Li_3PS_4의 리튬 이온 전도기구를확인하였으며, 예측된 α-Li_3PS_4의 상온 활성화 에너지와 리튬 이온 전도도는 각각 약 0.18 eV와 80 mS cm^{-1}이다. 이는 α-Li_3PS_4가 빠른 리튬 이온 전도체 중 하나임을 의미한다. α-Li_3PS_4의 빠른 리튬이온 전도는리튬 전도에 유리한 황 부격자인 체심입방체(body centered cubic)이기 때문이며, 리튬 이온 전도에유리한 황 사면체 경로를 제공한다. 체심입방체(BCC) 황 부격자로 구성된 α-Li_3PS_4는 효과적인 리튬 이온전도체로 활용 될 수 있다.

P1-G4-41 Electrically Conducting and Mechanically Strong Graphene-Polylactic Acid Composites for 3D Printing

전도성을 띄고 기계적으로 우수한, 3D 출력 가능한 그래핀-PLA 복합체

정재환*, 김미래. *연세대학교*

The advent of 3D printing has had a disruptive impact in manufacturing industry. Polylactic acid (PLA) is among the most promising thermoplastic polymers used for 3D printing, owing to its low cost, bio-degradability, and non-toxicity. However, PLA is electrically insulating and mechanically weak; this limits its use in a variety of 3D-printing applications. This study demonstrates a straightforward and environment-friendly method to fabricate conductive and mechanically reinforced PLA composites by incorporating graphene nanoplatelets (GNPs). The superior electrical and mechanical properties of graphene utilized by combine liquid-exfoliated GNPs without the addition of any surfactant with PLA dissolved in chloroform. The GNP-PLA composites exhibit improvement in tensile strength by 44% and maximum strain by 57% even at a low GNP concentration of 2 wt%, with electrical conductivity of over 1 mS/cm at > 1.2 wt%. The GNP-PLA composites can be 3D-printed into various features with electrical conductivity and mechanical flexibility.

P1-G4-42 WSe_2 Light-emitting Field-effect Transistors with Multi-operation Modes

다중 작동 모드를 가지는 WSe_2 전계제어 발광 트랜지스터

권준영[1*], 신준철[2], 류희제[2], 이재윤[3], 이철호[3], 이관형[2]. [1]*연세대학교*, [2]*서울대학교*, [3]*고려대학교*

Two dimensional (2D) materials and their heterostructures hold great promises in various applications due to their unique properties and newly discovered physics. Especially, direct band gap, high exciton binding energy and emergence of trions have shown that opto-electronic applications based on 2D semiconductors are promising. Hence, development of novel optoelectronic devices is still required to fully utilize unique properties of 2D materials. Here we demonstrate 2D filed-effect light emitting transistors (2D-FELET) consisting of monolayer WSe_2 and graphene contacts. To selectively inject different types of charge at two graphene contacts, two separate top gates on top of WSe_2-graphene overlap regions were fabricated. By independent modulation of two top gates, Schottky barrier heights for electrons and holes can be tuned, which enables the selective charge injections. When two top gates are oppositely biased, electrons can be injected from one end of WSe_2 channel and holes can be injected from the other end. These opposite charges are recombined at the middle of WSe_2 channel, leading to strong light emission. The performance of the 2D-FELETs is tunable by additional electrical field from back gate. Our study shows great potential of 2D-FELETs toward future optoelectronic applications, which request ultra-thinness, transparency, flexibility, high efficiency, multi-functions, and high integration.

P1-G4-43 Functionalized Ce^{3+}-doped Oxyfluoride Ceramic Phosphor luminescence Properties by Various Ce^{3+} Ion Concentrations

Ce^{3+} 이온의 농도변화에 따른 oxyfluoride 세라믹 형광체의 형광특성 분석

정종원*, 박진영, 박성준, 양현경. *부경대학교*

Recently, much more attention in advanced phosphor has been researched to replace YAG:Ce phosphor for white light emitting diodes (WLEDs) application, such as backlights, automotive headlights, outdoor and residential lights. Their advantages of WLEDs include long durability, reduced energy consumption, enhanced brightness and small size. Due to these advantages, most of the traditional lighting are being replaced by white LEDs. Therefore, the development of advanced phosphor that replace YAG:Ce phosphor is necessary.

In this study, the functionalized Ce^{3+}-doped oxyfluoride phosphor ceramics were fabricated by the solvothermal synthesis. These phosphors exhibit efficient emission, with the color tunability by varying both the doping concentration and excitation wavelength. And the characterizations of Ce^{3+}-doped oxyfluoride phosphor ceramics were performed by using photoluminescence (PL), field emission scanning electron microscope (FE-SEM), elemental mapping, and X-ray diffraction (XRD). And a proof of WLED application

was constructed using a blue LED chip with an oxyfluoride phosphor ceramics.

P1-G4-44 Fabrication of 3-Dimensional Percolated h-BN/PMMA Comopsoite and Their Heat Dissipation Property

3 차원 퍼커레이션 구조의 h-BN/PMMA comopsoite 제조와 그 방열 특성

류승한*, 조홍백, 좌용호. *한양대학교*

An isotropic, thermally conductive, h-BN/PMMA composite was prepared using a novel double filler-to-polymer percolated structure approach. The 3-D polygonal core-shell network, *a single filler percolation* of PMMA beads (cores) and h-BN particles (shell), was first generated as a composite. Using facile hot-pressing technology, a secondary polymer-assisted filler percolation, *the double filler-to-polymer percolation*, was then generated by the additional application of a PMMA resin with a different solubility. The 3-D thermal percolation routes generated both in-plane & out-of-plane percolations of the polymer nanocomposites with thermal isotropic property. Compared to a bare PMMA sheet, the composites showed 4528% enhancement of out-of-plane thermal conductivity (6.34 W/mK) and 5242% enhancement of in-plane thermal conductivity (7.34 W/mK) with 50 vol% h-BN filler loading. Thermal percolation threshold over the generation of *double filler-to-polymer percolation* networks are revealed combined with infrared camera and COMSOL thermal conducting simulation and infrared microscopy.

P1-G4-45 Highly Ordered Silica Nanoparticles in Sub-20 nm Nanomesh Structure

Sub-20 nm 나노메쉬 내 고정렬성의 나노스케일 실리카 닷 구조물 형성

박운익*. *한국세라믹기술원*

Well-defined pattern creation of block copolymers (BCPs) with a high-χ parameter is very critical for simple nanofabrication of various devices. Here, we introduce an effective nanotechnology of nano-transfer printing (nTP) and BCP self-assembly to simply locate the self-organized SiO_x nanoparticles in the printed metal mesh nanotemplate by nTP process. By controlling of the film thickness of BCPs, we successfully obtained a squared sub-20 nm SiO_x nanodots in the guiding cross-bar metal structure in a very short annealing time (< 5 sec). The self-consistent field theory (SCTF) simulation results theoretically explain how the self-assembled oxidized PDMS spheres can be positioned in the individual nanospace of the metal nanomesh, showing the self-guided one-to-one accommodation of SiO_x dots. This simple approach can be extendable to various BCP materials to diversify the geometrical shapes of self-aligned BCP and/or pattern-transfer nanopatterns. Furthermore, the manipulated designation of various inorganic and organic nanoscale structures with a functionality into the desirable sites can also be suggested as a new way to obtain various geometrical nanostructures for the semiconducting nanodevice applications.

P1-G4-46 Development of Oxide Thin Film Transistors by Intensive Pulsed Light (IPL) Process

Intensive Pulsed Light (IPL) 공정을 적용한 산화물 박막 트랜지스터 소자 구현 기술 개발

오민석[1*], 김현재[1,2], 박희진[1], 정주리[1], 양태경[1,3], 김윤수[1,2], 주병권[2]. *[1]전자부품연구원, [2]고려대학교, [3]경기대학교*

산화물 반도체를 이용한 박막 트랜지스터 어레이 기술은 최근 다양한 디스플레이 구동 백플레인 기술로 개발되어지고 있고, 사업화도 이루어지고 있다. 이러한 산화물 박막 트랜지스터의 경우에는 일반적으로 진공 스퍼터링 공정을 이용하여 공정이 진행되고 있으나, 이러한 경우 300도가 넘는 공정 온도로 인하여 유연 기판 적용이 쉽지 않은 상황이다. 최근 이러한 단점을 해결하기 위해서 용액형 산화물 소재 및 극자외선을 이용한 공정을 통하여 150도 이하의 저온 공정 개발에 성공하였으나, 2시간에 가까운 긴 공정 시간의 단축이 필요한 상황이 되었다. 이러한 이유로 최근 전극 인쇄 공정으로도 많이 개발되어지고 있는 Intensive Pulsed Light (IPL) 공정을 이용한 산화물 반도체 형성 및 이를 적용한 산화물 박막 트랜지스터 소자 구현 기술에 대해서 발표하고, 공정 조건에 따른 소자의 특성 및 균일도 관련 결과를 발표할 예정이다.

P1-G4-47 Electrostatically Assembled Silicon-Carbon Composites Employing Amine-Functionalized Carbon Intra-Interconnection for Li-Ion Battery Anodes

아민 치환된 탄소나노튜브를 이용한 정전기적으로 계층화된 실리콘-탄소 복합소재 제조를 통한 리튬 이온 전지 음극소재 개발

채창주*, 최영민, 김도엽, 정선호. *한국화학연구원*

Recently, the development of silicon-based anodes for lithium-ion batteries has attracted tremendous attention for overcoming the disadvantages of commercial graphite-based anodes. In this paper, we suggest a chemical methodology of synthesizing silicon–carbon composite anodes, with capacity values of 763 and 182 mAh/g at current densities of 0.1 and 5 A/g, respectively. An electrostatic assembly technique is designed to be triggered by a cationic polyelectrolyte, polyethylene imine, for negatively-charged silicon nanoparticles and graphene oxides. Amine-functionalized carbon nanotubes are synthesized in a non-destructive fashion and incorporated additionally to provide intra-connected conductive pathways between neighboring composite materials. It is revealed that the electrochemical performance of intra-connected composite materials is determined by the chemical/physical factors of constituent compartments. The applicability toward all-solid-state batteries is also suggested with the usage of a solid polymer electrolyte synthesized from a mixture of bisphenol A ethoxylate diacrylate, polyethylene glycol dimethyl ether, *t*-butyl peroxypivalate and bis(trifluoromethane)sulfonimide lithium salt.

P1-G4-48 Synthesis of Atomically Thin Titanium-oxide Nanosheet and Its Optical Property as an Ultraviolet Protector

나노미터 두께를 갖는 산화티타늄 나노시트의 합성과 자외선 차단제를 위한 이의 광학적 특성

이상은[1*], 오재명[1], 박지영[2], 박희정[1]. *[1]대전대학교, [2]LG 화학 중앙연구소*

3차원 그래파이트(graphite)에서 보이지 않던 독특한 물리화학적 특성이 그래핀(graphene)에서 구현되면서 저차원 나노소재 특히 2차원(2-dimensional, 2D) 구조소재에 대한 관심이 크게 증대되었다. 본 연구에서는 화학적 박리법을 이용하여 2D 구조를 갖는 산화티타늄 나노시트를 합성하고 이를 이용하여 자외선(ultraviolet, UV) 차단특성을 연구하였다. XRD(X-선회절), SEM(전자현미경), AFM(원자힘현미경) 및 TG(열중량) 분석을 이용하여 나노시트의 결정구조,

화학조성 및 미세구조를 이해할 수 있었다. 물성 이해 후 layer-by-layer 코팅법을 이용하여 다양한 두께를 갖는 나노시트 필름을 제조하고 이들의 광학 특성을 필름 두께의 함수로 조사하였다. 기존 유사조성의 UV차단제 대비 우수한 자외선 차단효과를 보였다.

P1-G4-49 Fabrication of Smart Curtain Having Transparency Control and Light-Emitting Function

투과도 및 조명 기능 부가된 스마트 커튼 시스템 제조

김은미*, 임대윤, 허기석. *한국생산기술연구원*

전기 신호 기반으로 투과율을 조절기능이 가능한 스마트 유리 기술은 PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal), LC (Liquid Crystal), ECD (ElectroChromic Device) 등의 기술이 있다. 이 중 LC 방식은 전압을 인가시켜 구동시키는 방식을 사용하며, 다른 스마트 유리 기술에 비해 구동 전압이 낮고 구동속도(응답속도)가 빠르다, 또한 투과율을 능동적으로 제어하기가 용이하여 스마트 유리로써 연구가 많이 되고 있다.

본 연구에서는 LC형 스마트 유리, 아누이노 보드 및 센서, 태양전지, Electroluminescence (EL) 조명를 활용하여 에너지 하베스팅이 적용된 건물일체형 태양광시스템(BIPV, Building Integrated Photovoltaics)을 제작하고자 한다. 주 기능은 LC형 스마트 유리이며, 투과율 능동제어 및 외부 밝기에 따라 자동 제어되는 기능이다. EL 조명 등의 부가기능을 제어하기 위해 ATmega328 마이크로컨트롤러를 사용한 아두이노 우노보드를 사용하였다. 이 보드를 통해 조작 및 제어를 시스템을 제작하였으며 조작부에서는 원하는 모드에 관한 신호를 송신해주고 제어부에서는 모드신호를 수신하여 선택된 모드에 대해 제어가 진행되게 된다. 또한 제어부에서는 조도센서 데이터를 통해 스마트유리의 투과도를 조절하고자 한다.

P1-G4-50 Control of Transparency and Illumination for Polymer Dispersed Liquid Crystal-based Smart Window

투과도 및 발광 기능 제어 고분자분산액정 스마트 윈도우 제조 및 평가

김은미*, 하태원, 허기석. *한국생산기술연구원*

최근 연구 되고 있는 스마트 윈도우는 구동 방식에 따라 구분될 수 있고, 그 종류는 헤드업 디스플레이 방식, 분극 입자 방식, 고분자/액정 방식과 빛의 파장, 외부의 전압, 온도 변화에 따라 가역적으로 색변환이 되는 변색 방식이 있다. 그 중 고분자/액정 방식인 PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal)는 빠른 응답속도와 프라이버시 보호, 편리성, 에너지절약이 용이하며 대면적 제작이 가능하고 제조법이 간단한 특징을 갖고 있다. 그리고 Electroluminescence (EL) display는 전위차를 이용한 발광소자이다. 기존의 EL display는 면발광이 가능하며 저전력 구동이 가능한 특징을 갖고 있으나 일반적으로 불투명하다. 이 연구에서는 이중 발광층에 사용되는 ZnS 기반 무기형광체를 PDLC와 결합하여 투과율 조절이 가능하고 동시에 발광 기능이 있는 스마트 윈도우를 제작하고자 한다. 제작된 발광 기능이 부여된 PDLC 형 스마트 윈도우는 Spectrophotometer를 사용하여 광학적 특성과 AC power supply를 사용하여 구동 전압에 따른 전기 광학적 특성을 분석하였다.

P1-G4-51 Fabrication of $MoSe_2$ Thin Film via Sputtering and Structural Analysis

스퍼터링을 이용한 $MoSe_2$ 박막 제조 및 구조 분석

김석준*, 박호준, 이준호, 민병욱. *한국기술교육대학교*

2차원 전이금속 칼코겐화합물 중 하나인 $MoSe_2$는 화학기상증착법 (CVD)로 제조되어 많은 연구가 진행되었다. 이 연구에서는 물리적 기상증착법 (PVD)인 스퍼터링 공법을 이용하여 $MoSe_2$를 제조하고 결정구조 특성을 평가하였다. 스퍼터링 장치를 이용하여 Co-sputtering과 Compound sputterin, 두 가지의 방법으로 박막증착을 실시하고 그 후 박막물성을 비교하였다. 즉, Mo(DC)와 Se(RF) Target을 이용해 동시에 스퍼터링(Co-sputtering)을 함으로써 박막을 제조하였다. 두번째로 Mo-Se 상태도에 근거하여 $MoSe_2$ compound Target을 제조하였고, RF power로 스퍼터링(Compound sputtering)을 함으로써 박막을 제조하였다. Mo:Se=1:2의 atomic ratio의 박막을 얻기위해 스퍼터링의 Power, 시간, 기판 온도를 제어하였다. Compound Sputtering을 통해 제작된 박막 결정 구조는 $MoSe_2$, 01-087-2419로 확인되었다. 또한 $MoSe_2$ 박막이 Mo:Se=1:2 조성으로 증착 된 것을 XPS 분석을 통해 확인하였다. 하지만 co-sputtering 방식에서는 $MoSe_2$ 상이 확보되지 않았다.

그 결과, Co-sputtering과 Compound sputtering의 두 가지 증착 방법 비교 실험 및 물성분석을 통하여, Compound sputtering을 이용하여 $MoSe_2$ 박막을 얻는 것이 효과적임을 확인하였다.

P1-G4-52 Properties of $Y_2O_3:Er^{3+},Yb^{3+}$ Nanoparticles Prepared by Laser Ablation in Liquid Ethanol

에탄올 액체를 이용한 레이저 어블레이션으로 형성된 $Y_2O_3:Er^{3+}$, Yb^{3+} 나노입자의 특성

인준형[1*], 박철우[1], 강석현[1,2], 박재화[3], 강효상[1,3], 이희애[1], 이주형[1], 이승훈[1], 심광보[1]. *[1]한양대학교, [2]한국생산기술연구원, [3]에임즈마이크론(주)*

Upconversion process, emitting high-energy photons by absorbing low-energy photons, is one of the most interesting properties. Upconversion materials are widely used to optical communication, laser application, and so on. Especially, infrared to visible process is being focused for solar cell and biomedical application. Yttrium oxide (Y_2O_3) is a good material for upconversion phosphor, possessing great chemical and thermal stability, low phonon energy, and high refractive index. Fabricating nanoparticles will allow it for additional applications, such as display technologies. Laser ablation is the method fabricating nanoparticles easily and efficiently. In this study, we prepared Y_2O_3E r^{3+},Yb^{3+} nanoparticles by laser ablation in liquid ethanol, varying Yb^{3+} concentration. Properties of microstructure, particle size distribution, and photoluminescence about bulk laser target and ablated particles are investigated, and all results proved well-crystallized nanoparticles are fabricated and showed its excellent luminescence properties.

P1-G4-53 Mechanical Properties of Nano-sized Glass-ceramic with SiO_2-ZrO_2-ZnO-CaO

SiO_2-ZrO_2-ZnO-CaO계 나노 결정화유리의 기계적 특성 연구

노유림[1*], 강승구[1], 김진호[2], 김강덕[1]. *[1]경기대학교, [2]한국세라믹기술원*

In this paper, SiO_2-ZrO_2-ZnO-CaO system was used to high-hardness glass-ceramics applicable to low temperature co-fired ceramics (LTCC). The glass-ceramic was prepared by substituting 0~20 wt% of TiO_2, which is a nucleating agent. From the DTA analysis, it was confirmed that the maximum crystal growth temperature (T_P) increased with increasing TiO_2 substitution amount. As the result of XRD analysis, the relative intensity of the zircon crystal peak of glass-ceramic, which has the highest TiO_2 substitution, was relatively higher than those of other glass-ceramics, and different phases occurred

depending on the TiO_2 substitution amount and the heat treatment temperature. As the result of the microstructure analysis using SEM, two types of nano-sized crystalline phases observed, and the crystalline phases increased with increasing TiO_2 substitution. The Vickers hardness increased with increasing TiO_2 substituent and the highest hardness of 6.7 GPa was obtained 20 wt% TiO_2 substitution. Therefore, nano-sized glass-ceramic with high hardness and applicable to LTCC was possible by the addition of TiO_2 nucleating agent.

P1-G4-54 Fabrication of Hybrid Carbon Structure Using Dry Spinning of Carbon Nanotube and Graphene and Application for Transparent Flexible Heater

탄소나노튜브의 건식방사 및 그래핀을 이용한 하이브리드 탄소구조체 제조 및 투명 유연 히터 응용

홍순규*, 우채영, Mengdi Tian, 이형우, Li luhe, 김성민. *부산대학교*

본 연구에서는 그래핀(Graphene)과 탄소나노튜브(Carbon Nanotube, CNT) 필름을 함께 사용한 하이브리드 플랫폼(Hybrid platform)을 이용해 고성능, 유연 투명 히터(Heater)를 제작하였다. 탄소나노튜브와 그래핀은 화학기상증착법(CVD)를 이용하여 합성하였으며, 수직 정렬 된 탄소나노튜브(VA-CNT)로부터 건식방사 공정을 이용하여 탄소나노튜브 필름을 제조하고, 그래핀은 습식 전사(Wet transfer)방법으로 전사하여 하이브리드 플랫폼을 제조하였다. 시간 경과에 따른 온도 변화 결과에 따르면 하이브리드 플랫폼 기반의 히터가 탄소나노튜브 필름 기반의 히터보다 뛰어난 특성을 나타냈으며, 단일 층 탄소나노튜브 필름 히터와 이중 층 탄소나노튜브 필름 히터의 최대 온도는 각각 48°C와 64°C에 도달하였고, 550 nm의 파장에서 각각 73%와 64%의 투과율을 나타내었다. 그러나 하이브리드 플랫폼 히터인 탄소나노튜브 필름/그래핀/PET 히터와 그래핀/탄소나노튜브 필름/PET 히터는 각각 81°C, 85°C로 단일층 탄소나노튜브 필름히터보다 뛰어난 성능을 보였으며, 각각 71%와 68%의 투과율을 나타내었다. 또한 하이브리드 플랫폼의 히터는 1000 회의 벤딩(Bending) 테스트 후 히터 성능 결과는 온도변화가 큰 변화없이 안정적으로 성능을 유지하였다.

P1-G4-55 Combi-matrix of CHCA and Graphene for The Improved Analysis of L-Thyroxine (T4)

CHCA/그래핀 콤비 매트릭스를 이용한 티록신 호르몬 질량 분석

노주윤*, 김태헌, 변재철. *연세대학교*

Combi-matrix of CHCA and graphene is introduced as a new type of solid matrix in MALDI-TOF mass spectrometry for improved analysis of T4 (L-Thyroxine). T4 is a hormone secreted from thymus and it is related to congenital hypothyroidism. Cut-off value of medical diagnosis of congenital hypothyroidism is known to be around 50 ng/mL. For the quantitative analysis of T4 at this concentration range, combi-matrix was composed of the conventional organic matrix of CHCA and solid matrix of graphene, which can effectively absorb the laser radiation. Ionization efficiency of combi-matrix were analyzed and the quantitative mass analysis of T4 standard sample and T4-spiked serum was carried out. Optical and thermal properties of combi-matrix were characterized by UV-VIS spectrometer and differential scanning calorimetry to show the changes in heat capacity and enthalpy. Based on such properties, mixed-component matrix results in enhanced signal-to-noise ratio, lower limits of detection and linear detection response of T4 compared to the conventional matrix in MALDI-TOF mass spectrometric analysis. MALDI-TOF mass spectrometry using combi-matrix presents the improved detection of T4 and demonstrates the applicability to clinical diagnosis of congenital hypothyroidism.

P1-G4-56 Preparation of Monodisperse Nanoparticles by Chemical Vapor Synthesis

기상화학합성법을 이용한 단분산 나노입자 합성공정

조용수[1]*, 양승민[2], 이희중[3], 박형기[2], 박광석[2]. *[1] 고려대학교, [2] 한국생산기술연구원, [3] 강릉원주대학교*

적층세라믹콘덴서의 내부전극으로 사용되는 니켈 나노입자는 일반적으로 열플라즈마법과 기상화학합성법과 같은 고온공정으로 제조되어 입자들의 응집 및 소결에 의한 연결입자(Aggregate)가 발생되고 입도분포가 넓어 수율이 낮은 문제가 발생한다.

본 연구에서는 금속염화물을 휘발 후 수소로 환원시키는 기상화학합성법(Chemical Vapor Synthesis; CVS)을 이용해 니켈 나노입자 합성 공정 중 발생하는 연결 입자의 형성을 억제하기 위한 공정을 개발하였다.

개선된 공정을 이용해 합성된 분말을 FE-SEM으로 관찰한 결과, 평균입도 80.91, 103.59 nm, 각 기하표준편차 1.098, 1.13의 단분산의 니켈 나노입자가 합성된 것을 확인하였고, TEM 분석결과 합성된 분말은 순수 니켈로 확인되었다.

P1-G4-57 Analysis of Fluorinated Graphene Surface by Gold Deposition

플루오린화 그랜핀에 금 증착을 통한 표면 분석

지은지[1]*, 이관형[2]. *[1] 연세대학교, [2] 서울대학교*

Fluorinated graphene is a two-dimensional layer structure that has different properties from graphene. A wide bandgap and high stability have significant attraction because of its unique bonding structure (sp^3 bonding structure between Carbon and Fluorine atom). Fluorinated graphene exhibits various types of C–F bonds (covalent, semi-ionic, and ionic bonds), and F/C ratio can be tuned according to different treatment condition of XeF_2 gas. Here, we analyze the properties of fluorinated graphene which have different C/F ratio by gold (Au) evaporation method. We analyze the Au deposited graphene surface with Raman spectroscopy, AFM, TEM. According to different C/F ratio, Au depositions have different shapes on the fluorinated graphene surface. This analysis method will provide guidance to apply for application of fluorinated graphene.

P1-G4-58 Effect of Crystallinity of Boron Nanoparticles on Growth Behavior of Boron Nitride Nanotubes

붕소 나노입자의 결정성이 질화붕소나노튜브의 성장에 미치는 영향

정희정*, 이용범, 김재훈, 박은광, 서덕봉, 김재우. *내일테크놀로지(주)*

Boron Nitride Nanotube (BNNT) presents excellent thermal/chemical stabilities, biocompatibility, electric insulating, and thermal neutron absorbing properties. Since these superior properties, BNNT is currently under exploration in many areas of IT, space/nuclear, biomedical, and energy. But, it is not applying on the industry due to the difficulty of mass production. Therefore, many researchers have effort manufacturing large quantities of BNNT.

A typical annealing processes among the BNNT synthesis methods proceed at lower temperatures than other techniques, but they are heavily influenced by the crystallinity of raw materials. However, the

study of the crystallinity effect of raw materials on the synthesis of BNNT has not enough been studied yet.

In this work, we selected commercially available two types of amorphous boron powder which have different X-ray diffraction peaks. Boron with remaining crystallinity (c-boron) and boron with less crystallinity (a-boron) were used for the synthesis of BNNTs by our own annealing method. When BNNTs were classified through our own visual inspection, the yield of BNNT was doubled using a-boron than c-boron. According to Scanning Electron Microscope results, the tube was stretched in a random direction in the c-boron, and a tube having a middle curved shape was grown. While in a-boron, uniform thickness and straight stretched BNNT were synthesized.

P1-G4-59 Chemical Vapor Deposition Growth of Tungsten Diselenide Using NaCl as a Promoter

염화 나트륨 촉진제를 이용한 텅스텐 다이셀레나이드의 화학기상증착 성장

신용준[1*], 정연준[1], 이관형[2]. *[1]연세대학교, [2]서울대학교*

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. To overcome the limit of mechanical exfoliation in mass production which is critical for industrial applications, various studies have been conducted to find alternative techniques 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. The synthesized WSe_2 in this work showed optical and electrical characteristics that are comparable to those of exfoliated ones. Also, by controlling the growth factor of H_2 gas flow, we can grow a continuous WSe_2 film. Our works contributes to high quality large scale growth of WSe_2 which open up the possibility of 2D materials in industrial application.

P1-G4-60 Preparation and Luminescent Property of Core-Shell Structured Green Phosphor Pigment

코어-쉘 구조의 녹색 형광 안료 제조 및 형광특성

반세민[1*], 김희정[1], 최병기[2], 강광중[2], 정경열[3], 김대성[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]씨큐브주식회사, [3]공주대학교*

Inorganic phosphors have received great attention in a wide range of research fields such as display devices, biological diagnostics, optical devices, etc. Recently, phosphors are considered as a security pigment to prevent forgery. Particle coating is used to produce new materials which have a functionality or improve physicochemical properties by the interaction between different powers. Herein, we tried to prepare the special pigment that can be easily recognized under portable equipment and can give differentiation even under advanced level of security. In this study, Tb^{3+} doped gadolium hydroxide coated on Mica (Gd-M) as a green phosphor was prepared by the sol-gel coating. Especially, to enhance the luminescent property by Gd-M, Tb^{3+} doped gadolium hydroxide particles was coated on Mica in accordance with the increase its coating amount and thermal treatment. The coating and luminescent properties of Gd-M were characterized by X-ray diffraction, FE-SEM, zeta potential, and a Fluorescence spectrometer.

P1-G4-61 Effect of Processing Parameters on the Surface Roughness Enhancement of Zirconia Substrate in Room Temperature Spray Processing

상온분사공정 시 공정변수에 따른 지르코니아 기판의 표면조도 향상 효과

김정준*, 이종국. *조선대학교*

지르코니아 임플란트는 생체활성이 낮기 때문에 골결합성 및 세포 반응성을 높여야만 되는데, 이를 위해서는 표면조도를 높이는 것이 매우 중요하다. 표면 거칠기가 높은 임플란트는 고정체와 골 세포와의 결합성이 증가하여 잇몸에 이식될 경우 장기간 안정되어 임플란트의 탈착 및 이탈 확률이 크게 낮아져 신뢰성이 증가하게 된다. 본 연구에서는 표면조도가 낮은 지르코니아 기판 위에 상온분사공정으로 표면조도가 높은 코팅층을 형성시켜 지르코니아 기판의 표면물성을 향상시키고자 하였다. 출발원료로는 15 μm의 크기의 지르코니아 분말을 사용하였는데, 상온분사공정에 적합하도록 하소 및 분쇄공정으로 분말의 입도 및 응집입자의 강도를 조절하였다. 지르코니아 코팅층의 미세구조, 코팅층 두께, 표면조도는 분말의 특성과 코팅층과 기판 간의 거리 및 코팅 횟수에 따라 변화하였다. 전체적으로 상온분사공정으로 형성된 지르코니아 코팅층은 치밀하면서도 일정한 두께로 형성되었으며, 코팅층 내 미세구조가 비교적 균질하였다. 반면에 응집입자의 강도에 따라 코팅층 표면 미세구조 및 거칠기가 변하였는데, 이는 기판에 입자가 충돌할 때 파단의 양상이 다르기 때문이었다.

P1-G4-62 A Graphene on SiO_2/Si Photodetector with Bandgap Opening Using Gate Control

ITO 게이트 제어를 사용하여 밴드 갭 개구가있는 그래 핀 광 검출기

인재현[1*], 이정상[2], 정재승[3], 주현수[2], 주병권[1], 이전국[2]. *[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원, [3]UST*

Graphene is expected to be suitable for use as an optical device because of its wide bandwidth approaching 500 GHz, high cutoff frequency of ~60 GHz, and mobility of ~10^5 cm^2/Vs. Despite the excellent performance of the graphene, it is difficult to use the graphene in the optical device due to the gapless band structure. The photodetector of this study is a FET structure using graphene as an active layer and a metal back electrode as a metal electrode, a local top gate, a source and a drain. Graphene synthesized by CVD method transferred to Si wafer and used as active layer and, heavily p-doped Si used global back gate. Local top gate were defined by e-beam lithography and deposited by Ti/Au thermal evaporation. When a bias is applied to the top gate to invert the carrier type of the active layer, a p-n junction where generated photocurrent is formed at the gate edge. To solve gapless of graphene, method graphene nanoribbon and making defect at graphene is not perfect yet because of which may degrade carrier mobility of graphene. Accordingly we adopted method can handle problem to gapless of graphene. The research solve gapless of graphene and do not degrade high carrier mobility merit of graphene thus can be applied to high speed photodetector for optical computing, optical communication, etc.

P1-G4-63 Characterization of Silica Aerogel Powders Prepared by Using Various Species of Inorganic Acids

다양한 무기산을 이용하여 제조된 실리카 에어로겔 분말의 특성

허소연[1*], 안영수[1], 이진석[1], 홍창국[2], 황종필[3], 김호준[3]. [1] *한국에너지기술연구원,* [2] *전남대학교,* [3] *대협테크(주)*

일반적으로 물유리나 실리콘 알콕사이드를 출발물질로 하여 실리카 에어로겔 분말을 합성하는 경우, 졸-겔 공정시 염기성 촉매를 이용하여 겔화 반응을 일으킨다. 본 연구에서는 물유리에 무기산을 첨가해 실리카 졸을 만들고 암모니아 용액 같은 염기성 촉매 대신 알코올을 사용해 겔화 반응을 일으켜 습윤겔을 얻었다. 이후 습윤겔에 표면개질 및 용매치환 과정을 동시에 수행하여 일정시간 경과 후 소수화겔을 얻고 이를 상압 건조해 실리카 에어로겔 분말을 제조하였다. 이 제조 공정으로 매우 간단하고 우수한 특성을 갖는 실리카 에어로겔 분말을 제조할 수 있었다. 에어로겔 분말 합성 실험을 할 때 무기산의 종류와 치환 용매의 양에 변화를 시켰고, 그에 따른 특성을 확인하기 위하여 비표면적, 기공 크기 및 용적, 탭밀도, 입자 형상 등을 측정하고 분석하였다.

P1-G4-64 Enhanced Thermal and Mechanical Properties of Aluminum/Graphene Composites via Self-assemble Process

자가 반응 공정을 통한 기계적 특성과 열적 특성이 향상된 알루미늄/그래핀 복합체

황진욱[1*],도환수[2],탁우성[3],이수연[2],남상용[1],김우식[2]. [1] *경상대학교,* [2] *한국세라믹기술원,* [3] *부산대학교*

Aluminum (Al) has been applied various heat dissipation industries due to its good economic efficiency, light weight and high thermal properties. And, to improve the existing properties of Al, aluminum matrix composites (AMC) also have been studied steadily. Nano carbon is extraordinary additive materials for various composites system due to their excellent properties such as very high electron mobility, thermal transfer and mechanical properties. However, which is difficult to increase thermal properties when used in fillers at AMC because of low wettability, coupling and interfacial reaction with Al without surface functionalization. Therefore, we studied uniform distribution and decreasing of interfacial reaction between nano carbon filler and the surface of Al using the functionalization of materials. We prepared graphene coated Al hybrid materials by self-assemble process. And, we fabricated AMC using the prepared hybrid materials by sintering process. The surface morphology of hybrid materials and AMC were analyzed, and we measured density, hardness, specific heat and thermal conductivity of samples.

P1-G4-65 Montmorillonite Synthesized from Natural Bentonit

천연 벤토나이트로부터 몬모릴로나이트 합성

서성만[1*], 김대영[2], 강일모[1], 노기민[1]. [1] *한국지질자원연구원,* [2] *과학기술연합대학원대학교*

Montmorillonite, which is a natural phyllosilicate mineral to organize bentonite, is a typical member of dioctahedral smectites composed of an aluminum octahedral sheet sandwiched by two tetrahedral sheets of silica and has vast applications in swelling, catalysis, ion-exchange, and adsorption. Recently, due to its specific properties this layered silicate solid is extensively studied for applying in pharmaceutical, cosmetic, and cosmeceutical industries. In present study, montmorillonite has been synthesized from bentonite with acidic activation treatment via hydrothermal method at 368 K for 24 h. X-ray diffraction pattern revealed that high purity montmorillonite was crystallized. The synthesized material has a specific surface area of *ca.* 125 cm^2/g, which is higher than natural purified montmorillonite, *ca.* 100 cm^2/g. This study showed that montmorillonite crystallization by using natural bentonite as a starting material depends absolutely on the alkali concentration and pH of the synthesized gel.

P1-G4-66 Fabrication of TiO_2/ZnO Composite Nanofibers Using Electrospinning and Analysis of Microstructure

전기방사법을 이용한 TiO_2/ZnO 복합 나노 섬유의 제조 및 미세구조 제어

이창규*, 김완태, 나경한, 최원열. *강릉원주대학교*

나노 재료는 다양한 구조와 기공분포를 갖고 있어 물리적 화학적으로 독특한 성질을 갖는다. 이러한 나노 재료 중 1차원 나노 재료는 화학센서, 광 전기 화학 전지, 광학 필터에서의 응용되어지고 향상된 촉매 활성으로 다양한 분야에서 연구되어지고 있다. 1차원 나노 재료를 제조하기 위한 다양한 제조 기술이 제시되어 있다. 그 중에서 전기방사 기술은 1차원 나노 재료인 나노 섬유를 효율적이고, 저렴한 비용으로 생산할 수 있는 실용적인 기술이다. TiO_2 나노 섬유는 높은 화학적 안정성을 갖으며 큰 광촉매 활성도를 갖고 있어 공기 오염 센서 및 오염 물지 제거 필터 등에 적용되어 지고 있다. 이러한 1차원 나노 소재의 특성을 높이기 위해 흡착도를 매우 높이는 ZnO를 전구체에 첨가하여 복합적인 형태의 나노 구조체를 만들었다. TiO_2/ZnO 나노 섬유를 만들기 위해 zinc nitrate hexahydrate/polyvinyl acetate/titanium isopropoxide를 이용하여 방사 용액을 만들었다. 제조된 전구체를 전기방사를 이용하여 나노 섬유를 제조하였고, 600도에서 열처리하여 균일한 TiO_2/ZnO 복합 나노 섬유를 제조하였다. 제조된 TiO_2/ZnO 복합 나노 섬유를 field emission scanning electron microscope (FE-SEM) and X-ray diffraction (XRD)를 이용하여 분석하였다. 제조된 TiO_2/ZnO 나노 섬유는 500~800 nm의 직경을 갖는다. 또한 XRD 분석 결과 TiO_2/ZnO 나노 섬유는 ZnO 피크와 TiO_2 Rutile구조를 갖는 것을 분석하였고 또한 $ZnTiO_3$의 피크를 나타나는 것으로 TiO_2의 표면에 ZnO 나노 결정이 코팅되고 이후 높은 온도에 의해 $ZnTiO_3$가 형성되어진 것으로 보인다.

P1-G4-67 Fabrication and Magnetic Properties of $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ Nanofibers via Electrospinning Method

전기방사법을 이용한 $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ 나노 섬유의 합성 및 자기적 특성

나경한*, 유선호, 남상아, 김완태, 최원열. *강릉원주대학교*

소재의 크기가 점점 축소됨에 따라서, 재료는 일반적인 벌크 상태일 때에 비하여 사뭇 다른 물리적 특성들을 나타내게 된다. 자성체 역시 전체 체적대비 표면상태 분율이 높아짐에 따라서 열적 요동에 의한 비정렬 자구, 표면 분극 등의 이유로 점진적으로 다른 자기적 특성을 띠게 된다. 특정 분야에서 우수한 성질을 가진다고 여겨지는 화학적 조성을 변경하지 않고 사이즈 조절만으로 물성을 변경할 수 있기 때문에, 이를 산업적, 학술적으로 활용하기 위한 다수의 연구가 수행되어지고 있다. 본 연구에서는 $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ 나노 섬유를 만들기 위해 간단한 장비로 균일한 1차원 나노 구조를 만들 수 있는 전기방사 공정을 선택하였다. 스피넬 구조의 연자성체인 NiZn 페라이트는 전자기파 흡수소재로서 우수한 자기특성을 가졌다고 여겨지며 도료 필러로의 적용을 위한 나노 섬유 분체 형태로 합성되었다. 균일한 나노 섬유의 합성을 위해 전기방사의 공정 조건 및 용액 조성을 확인하고 직경 변화에 따른 자기적 특성 변화를 측정하였다. 224-265 nm의 섬유 평균 직경은 전계 방출형 주사 전자 현

미경(FE-SEM) 이미지 분석결과를 통하여, 스피넬 단일 결정상 구조는 X선 회절법에 의하여 각각 확인되었다. NiZn페라이트 나노 섬유의 자기적 특성변화는 시료진동형자력계(VSM)을 이용하여 측정되었다. 직경조절을 이용한 자기적 특성변화는 EMP 차폐분야에서 잠재적 응용가치를 갖는다.

P1-G4-68 Fabrication of Vertically Ordered TiO_2 Photonic Crystal by Waved Anodic Oxidation and Their Optical Properties Analysi

파동형 양극산화법에 의한 수직 정렬한 TiO_2 광결정 제조 및 광학적 특성 분석

김완태*, 유호림, 최재형, 조명원, 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 150 nm의 노드 길이를 갖는 TiO_2 광결정을 제조하였다.

P1-G4-69 Mechanical Properties of Graphene Platelet Reinforced Alumina Ceramic Composites

그래핀 플레이트렛으로 강화된 알루미나 세라믹 복합체의 기계적 특성

백정현[1*], 전명표[1], 이성갑[2]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *경상대학교*

In order to strengthen the mechanical properties of α-alumina, composites with graphene platelet (GP) were prepared by sintering in an electric furnace. Poly Ethylene glycol (200, 400, 600 mol wt.%) was used as a surfactant for dispersing GP (0.5, 1.0 wt.%) and dispersed in ethanol solvent using ultra sonication. Then, α-alumina was added to the GP dispersion solution and dispersed by ultra sonication. The dispersed solution was ball milled for 12 hours and then was dried for one day. After that, the dried powder was uniaxially compacted in 10 Φ mold for 1 minute at a pressure of 1 ton to prepare a disk sample. Sintering atmosphere is important to restrict the evaporation of graphene platelet during firing, so that the green samples were sintered in an atmosphere and nitrogen of atmosphere at 1400, 1500, 1600°C for 2 hours using an electric furnace to prepare a sample for final measurement, in that heating rate was 5°C/min and colling was natural. Density and porosity were then measured by Archimedes method using sintered disk samples. We also observed the microstructure using Scanning Electron Microscope (SEM) equipment. Vickers hardness (HV) was measured by indentation using a Micro Vickers Hardness tester and the fracture toughness was calculated using HV value, crack length and crack diagonal length. It was confirmed that Vickers hardness and fracture toughness were increased in α-alumina composites with GP added compared to pure α-alumina.

P1-G4-70 Defect-related Photo Luminescence of Hexagonal Boron Nitride

육방정계 질화붕소의 결함에 의한 광발광 특성

나윤성[1*], 이관형[2]. [1] *연세대학교*, [2] *서울대학교*

Two-dimensional materials using a defects attracts significant attention in nanophotonics, quantum information science. Especially h-BN has be in the limelight as an intriguing material for photonic device. Transition metal chalcogenides h BN has a wide band gap energy and is useful for making optical devices using point defects. Defects in h BN are known to emit from visible light to ultra violet. In the work, we demonstrate that oxygen plasma and thermal annealing methods for formation of defects in h BN lattice. Defects in h BN were generated by using method of thermal annealing in H_2 and thermal annealing in vacuum after plasma treatment. The two process generates broad photoluminescence peak that occurs from defects in h BN. The thermal annealing treatment in H_2 and after plasma treatment thermal annealing in vacuum enhance photoluminence peak 2.08 eV, 1.93 eV, 1.75 eV. This corresponds to 596 nm 635 nm and 708 nm, respectively. Our findings are expected to make it an optical device that can emit light of a desired wavelength in simple methods.

P1-G4-71 Cancrinite Synthesized from Montmoillonite using Hydrothemoal Method

수열합성법을 이용한 몬모릴로나이트로부터 칸크리나이트 합성

김대영[1*], 서성만[2], 김다니엘[2], 김재환[2], 노기민[2], 강일모[2]. [1] *과학기술연합대학원대학교*, [2] *한국지질자원연구원*

A nearly pure, spherical, nitrate cancrinite (CAN) zeolite was successfully synthesized from montmorillonite as starting material with acidic activation treatment via hydrothermal method at 368 K for 24 h. The effect of different NaOH concentrations was investigated. From powder XRD pattern, four strong peaks around 2θ = 13.9, 18.8, 24.2, and 27.4° respective to the (110), (101), (300), and (211) reflections of the CAN structure revealed the corresponding material. The calculated cell parameters are a = 12.661(2) Å and c = 5.1853(10) Å in the hexagonal space group P63/mmc (#194), which are in agreement with previously reported values of a = 12.668(2) Å and c = 5.166(1) Å for nitrate cancrinite determined by single-crystal X-ray technique and a = 12.6802(7) Å and c = 5.1872(3) Å for nitrate cancrinite determined by Rietveld analysis, respectively. While the Si/Al ratio of ideal cancrinite is 1.0, the Si/Al ratio of the product framework is approximately 1.76 analysed by energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry, apart from trace components. Unique single nitrate band was observed in both IR and thermogravimetric measurements, indicating that pure cancrinite was synthesized. This study showed that pure nitrate cancrinite was obtained with NaOH concentrations from 8 to 12 M, independent of NaOH contents on crystallization. Through this study, we proposed a simple synthesis method for pure nitrate cancrinite from montmorillonite for the purpose of recycling natural clay minerals.

P1-G4-72 Formation of MoS_2/MoO_x Heterostructure by Using Oxygen Plasma Treatment

강소정[1*], 권준영[1], 정재환[1], Jianwu Shi[2], 이관형[3]. [1]*연세대학교,* [2]*Henan University,* [3]*서울대학교*

After graphene have emerged as promising next-generation material for future application at 2004, other two-dimensional (2D) materials such as BP, hBN and transition metal dichalcogenides (TMDs) have also studied. Among these 2D materials with metallic, semiconducting or insulating properties, TMDs with three-atomic thick layers have attracted huge attention owing to their superior properties along with high mobilities, transparency, and flexibility. Especially, TMDs such as MoS_2 and WSe_2 have unique optical and electrical properties – different band structure depending on the number of layers, making the control of the number of layer a very important issue for various applications. In this research, we developed a customized O_2 plasma system to either etch or oxidize layer-by-layer down to monolayer MoS_2. Especially in oxidation mode, only top layers of multilayer MoS_2 are oxidized to MoO_x, leaving the bottom layer intact, i.e., forming MoS_2/MoO_x heterostructure. The monolayer MoS_2 covered by MoO_x shows high photoluminescence intensity corresponding to that of pristine monolayer MoS_2. Further, by stacking heterostructure, quantum well structure can be achieved in nanometer scale structures. Our work provides an effective way for the formation of monolayer MoS_2 from a multilayer flake, which is essential for fundamental studies and engineering of 2D materials.

P1-G4-73 Comparison of Photocatalytic Activities of TiO_2 Nanotubes Doped with Metal Ions (M=Er, Nb, Al)

금속이온이 도핑된 산화티탄 나노튜브의 광촉매 특성 비교

이득용[1*], 신지연[1], 김소정[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 3.3×10^{-2} min^{-1}, respectively.

P1-G4-74 Investigation of Transmittance and Photoluminesence Properties of TiO_2 as a Nucleating Agent of Glass-Ceramics

결정화유리의 핵형성제로 TiO_2 첨가에 따른 투과율 및 형광 특성 고찰

강병국*, 강승구. *경기대학교*

In this study, glass-ceramics with high transmittance and photoluminescence were prepared through nanocrystallization for advanced optical material. First, DTA was measured by 5~20°C/min. Avrami"s constant and crystallization behavior were obtained based on the DTA. Composition of internal crystallization behavior glass was heat treated to produce nanometer crystals inside. A crystallized glass having a size of 100 nm or less and capable of transmitting light of a visible light wavelength band was prepared. The composition and the heat treatment condition were maintained and the type and amount of the dopant were experimentally measured. Diopside crystal phase was observed by XRD analysis and crystal size and phase separation were observed by SEM analysis. The transparency of the glass prepared by using the spectrophotometer was observed in the range of visible light. Fluorescence properties were observed through PL. As a result, a glass-ceramics exhibiting excellent nonlinear optical properties applicable to optical sensors was produced.

P1-G4-75 Characteristics Evaluation of Single Phase Ti_3AlC_2 Fabricated by Spark Plasma Sintering

방전플라즈마소결에 의한 단일상 Ti_3AlC_2 제조 및 특성평가

박성환*, 이명원, 오화봉, 반신혜, 강명창. *부산대학교*

Ti_3AlC_2는 HF로 Al을 에칭 한 후 초음파처리를 하여 $Ti_3C_2T_x$ 형태의 MXene을 제작할 수 있고 MXene은 최근 베터리, 수퍼커페시터등 에너지 저장 장치의 유망한 전극 후보로 손꼽히고 있다. 더욱 성능이 좋은 MXene을 제작하기 위하여 Al의 조성비, 혼합, 소결온도, 등의 실험 조건을 달리하여 순수한 단일 상의 Ti_3AlC_2를 제작하고자 한다. 따라서 본 실험에서 Ti_3AlC_2 소결체 제조를 위하여 원료 분말 물질 Ti (99.5%, 43 μm), Al (99.6%, 30 μm), TiC (99.5%, 3 μm)을 사용하였고 3차원 혼합기(3-D. mixer, Korea material development, Korea)에서 12시간 동안 200 RPM으로 혼합한 뒤 방전 플라즈마 소결(SPS-825, SPS syntax Inc.) 장치를 이용하여 1000°C 이상의 고온 고압으로 Ti_3AlC_2를 소결한 뒤 XRD 측정을 하여 불순물의 함유 여부를 확인하였다. 실험 결과로는 금속과 세라믹의 우수한 특성을 동시에 갖는 Ti_3AlC_2 단일상 소결체는 다른 불순물이 포함된 Ti_3AlC_2 소결체 보다 상대적으로 재료의 밀도, 경도 등이 더욱 우수함을 확인하였다.

이 성과는 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. N RF-2018R1D1A1B07051302).

P1-G5-1 Comparison Study of Methods for Synthesizing Mesoporous Silica Particles from Rice Husk

왕겨를 이용한 메조다공성 실리카 합성 방법 비교 연구

구양모[1*], 천진녕[1], 변하람[1], 박선영[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1]. [1]*한국세라믹기술원,* [2]*한양대학교*

왕겨는 국내에서 연간 건조중량 기준 약 160만 톤이 발생하고 있으며, 이 중 7.3%는 현재 농가에서 정미소에 두고 활용하지 않고 있으며 82.9%는 퇴비로 활용하고 있다. 하지만 퇴비는 볏짚을 통해서도 충분히 공급이 되고 있기 때문에 고부가가치 활용 방안을 위하여 왕겨를 이용한 실리카 추출 및 합성에 대한 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 국내산 왕겨를 이용한 실리카 추출/합성 기술개발 연구를 실시하였다. 왕겨에서 실리카를 추출하기 위해 citric acid, sulfuric acid를 이용하여 왕겨 내 존재하는 금속 양이온 불순물을 제거하였고, 추출된 고순도 실리카에 고분자를 사용하여 다공성 실리카를 합성 후 비교 분석하였다. 공인시험방법인 미국의 NREL 시험방법을 사용하여 왕겨의 성분을 분석하고 ICP 분석을 통해 실리카의 순도를 확인하였다. 또한 SEM 분석을 통해 전처리 전/후의 시료의 미세구조를 관찰하고 TEM 분석을 통해 실리카의 기공 형태,크기를 분석하였다. BET분석을 통해 실리카의 표면적을 측정하여 합

성 방법에 따른 차이를 분석하였다. XRD 분석을 통해 합성된 실리카가 무정형(amorphous)인 것을 확인하였다.

P1-G5-2 Fabrication of Tubular Filament through Photo-curable Ceramic Slurry based Core-shell 3d Plotting Technique
광경화성 세라믹 슬러리 기반 코어-쉘 3d 플라팅 기술을 이용한 튜브형 필라멘트 제작

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, dispersant 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.

P1-G5-3 Photo-curable Ceramic Slurry Manufacturing Technique Containing Pore-agent at Room Temperature for Microporous Complex Structure with DLP Method
미세기공 구조를 가지는 3차원 복잡형상 프린팅을 위한 상온에서 제조 가능한 광경화성 세라믹 슬러리 제조 기술

최규빈*, 고영학, 이정빈, 맹우열, 이윤희, 김종현. *고려대학교*

3차원의 복잡형상을 보다 빠르고 정밀하게 구현하기 위한 3D 프린팅 기술들이 지속적으로 발전되어 왔으며, 광경화성 소재를 이용한 SLA (Stereo-lithography)와 DLP (Digital Light Processing) 기술은 층을 쌓아가며 정밀하고 정확한 프린팅이 가능해 복잡 형상 제조에 있어 큰 이점을 가진다. 최근에는 이러한 복잡형상과 더불어 구조체 내의 미세구조까지 제어하기 위한 프린팅 기술이 제안되고 있으며, 그 중 구조물의 특정 기능의 요구를 만족시키기 위해 미세기공을 가지는 구조물을 제작하는 기술이 주목을 받고 있다.

층을 쌓아 올리기 위한 Tape-casting 공정과 이에 적용 가능한 광경화기반의 세라믹 슬러리 제조, 그리고 미세구조를 부여하기 위한 기공제가 함유된 세라믹 슬러리를 만드는 과정이 서로 긴밀하게 연계되어야 한다.

구조체 내 기공구조를 얻기 위하여 특정 온도 조건을 조절해 슬러리를 제조하고 프린팅을 하는 방식이 현재까지 소개되어 왔지만, 본 실험에서는 상온에서 제조 가능한 세라믹 슬러리의 조성 및 프린팅 조건의 최적화를 통해 기존 방법과 비교해 빠르고 효율적인 공정시스템을 구축하기 위한 기초 자료로 활용하고자 한다. 향후 구조 제어를 위한 기공제의 종류 및 함량에 따른 연구 및 기공구조를 조절할 수 있는 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다.

P1-G5-4 Fabrication of Tunable Gyroid Structure by Lithography-based Ceramic 3D printing Technique using Camphor as Diluent
캠퍼를 희석제로 포함한 세라믹 슬러리를 이용한 리소그래피 기반의 3D 프린팅을 통한 자이로이드의 제조법

이윤희*, 고영학, 이지원. *고려대학교*

This study demonstrates the fabrication of versatile gyroid structures by using the camphor as a novel type of diluents for the preparation of photocurable ceramic slurries, which can have sufficiently low viscosities with high solid loadings (e.g. 48 vol.%). These characteristics enables the use of conventional lithography-based additive manufacturing (AM) techniques without specifically designed feeding and recoating systems. To demonstrate this, calcium phosphate (CaP) ceramic objects and scaffolds were produced using various CaP slurries with different CaP contents (35 vol.%, 40 vol.%, 45 vol.%, and 48 vol.%). In order to achieve tightly controlled ceramic structures, 48 vol.% ceramic slurry was subject to test for its mechanical properties and curing behaviors (e.g., curing kinetics, curing depth and curing width). The results suggest that camphor can be effectively used as the diluent, which can allow for the preparation of ceramic slurries with reasonably low viscosities, and thus ceramic scaffolds with tailored porous structure can be produced, and moreover, this technique can be applied to fabricate the tailored gyroid structures according to their specific needs, by using conventional lithography-based AM machine.

P1-G5-5 Production and Characterization of Zirconia Ceramics with High Strength and Transmittance for Artificial Teeth Using Lithography-based Additive Manufacturing Techniques
고강도와 투과율을 가진 인공 치아를 제조하기 위한 지르코니아 슬러리 기반 광경화 3D프린팅 기술

김종현*, 고영학, 맹우열, 최규빈, 김규남. *고려대학교*

3D 프린팅 기술이 급격하게 발전함에 따라 환자 맞춤형 인공치아를 3D 프린터로 제작하고자 하는 연구가 제시되고 있다. 특히 광경화성 3D 프린팅 기술의 경우 빠른 프린팅 속도와 높은 형상 재현 능력으로 현재까지 인공치아 제조를 위한 기술에 가장 적합한 3D 프린팅 기술로 보이고 있다. 하지만 인공치아의 주재료인 지르코니아의 경우 광경화 조건이 매우 까다로워 이를 활용한 기술은 한계에 직면하고 있다.

본 실험은 지르코니아 슬러리 기반 광경화성 3D 프린팅에 관련된 것으로, 광경화성 3D 프린팅에 적합한 점도값을 가지는 지르코니아 슬러리 제조 공정, 적층두께에 적합한 광경화 조건 확립, 탈지 및 소결에 이르는 기술을 제공하고자 한다. 특히, 인공치아의 경우 교합압에 버틸 수 있는 굴곡 강도와 보다 생체모방이 가능하도록 투명도를 제공할 수 있어야 하기에 특정 성분이 첨가된 지르코니아 분말이 시작분말로 선택되었다. 지르코니아 슬러리 제조를 위한 바인더, 희석제, 분산제와 광경화 게시제를 균일하게 분산시키는 슬러리 제조 기술을 확립하고, 광경화 조건을 분석했다. 또한, 복잡형상 구현을 위한 적절한 적층 기술 및 탈지와 소결 기술을 통해 높은 물성과 투광도를 가지는 지르코니아 소결체를 확보하였다.

본 연구는 지르코니아 슬러리 기반 광경화성 3D 프린팅 기술을 제시하고, 향후 자연치 색조모방과 환자 맞춤형 인공치아 제조기술을 개발하기 위한 기초데이터로서 활용되고자 한다.

P1-G5-6 Porous Ceramic Filament Manufacturing Technique by In situ Photo-polymerized Using Freeze-cast Ceramic Feedrod for Hierachical Structure

캠핀/세라믹 피드로드의 압출-광경화를 통한 다공성 세라믹 필라멘트 제조기술

맹우열*, 고영학, 이정빈. *고려대학교*

세라믹 소재의 3D 프린팅 기법 중 하나로 광경화성 모노머에 적절할게 세라믹 분말을 혼합시켜 슬러리를 제조하고, 이를 원하는 형태로 경화 시켜 성형체(greenbody)를 제조한 후 고온의 열처리를 통해 디바인딩과 소결과정을 거치는 일련의 공정들이 지속적으로 발전하고 있다. 일반적으로 높은 소결체 밀도를 위한 탈지공정 최적화 및 최종 열처리를 통해 높은 기계적, 물리화학적 특성을 요구하는 한편 본 연구에서는, 이와는 반대로 세라믹 소결체 내 기공구조를 부여함으로써 표면적의 극대화를 통해 생체내 조직과의 결합력을 빠르고 강하게 유도시키기 위한 세라믹 소결체의 제조기술을 소개하고자 한다. 동결건조 기법을 이용하기 위해 기공제인 camphene을 함유하는 광경화성 세라믹 슬러리를 제조하고, 이를 시린지에 담고 압출을 통해 필라멘트를 제조한 다음 이를 UV를 통해 즉시 광경화 시킴으로써 세라믹 성형체를 제조할 수 있다. 이후 기압과 온도를 제어해 동결건조를 시켜 기공제(camphene)을 승화 시키고 고온의 열처리를 통해, 기공을 포함하는 세라믹 소결체를 제조할 수 있는 기술을 확립하였다. 제조된 소결체의 미세구조 및 기공율 분석, 기계적 강도를 측정하였으며, 기공제의 조성에 따라 기공크기 및 기공율을 제어할 수 있음을 확인할 수 있었다. 본 필라멘트 제조 기술을 토대로, 3차원 플라팅 기술에 접목해 3차원 복잡형상의 구조물 제조에 응용하고자 한다.

P1-G5-7 Biocompatibility of 13-93 Bioactive Glass - SiC Fabric Composites

13-93 생체활성유리- SiC 패브릭 복합체의 생체적합성

박제원[1*], 나혜인[1], 최성철[2], 김형준[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 한양대학교*

Bioactive glass (BG) is limited to be used as a bone replacement material due to its low mechanical properties. In order to solve this problem, the micro sized 13-93 BG was made a fabric composite with SiC microfiber and its mechanical properties and biocompatibility were studied.

The diameter of the 13-93 BG fiber has a quadratic function and a negative linear relationship with respect to the winding force and the number of rotations, respectively. The tensile strength of BG-SiC fiber composites increased in proportion to the number of SiC fibers. In the early stage of the In-vitro test, a silica-rich layer was formed on the surface of 13-93 BG fibers. Later, the calcium phosphate compound was grown on a silica-rich layer and the BG fibers were delaminated. On the other hand, there is no products on SiC fiber for seven days, so, SiC fibers are expected to maintain strength even after transplantation into the body.

P1-G5-8 Innovative in situ 3D Plotting Technique with High Shape Retention Using Photo-curable Ceramic Slurries

광경화성 세라믹 슬러리 기반의 in situ 광경화 기술을 이용한 3차원 플라팅 기술

맹우열*, 고영학, 이정빈. *고려대학교*

We herein propose a novel type of additive manufacturing (AM) technique, denoted as “in situ photocuring-assisted 3D plotting”, which can rapidly solidify extruded green filaments comprised of ceramic powders and photocurable monomers using UV light during 3D plotting. To accomplish this, the rheological properties and photocuring behavior of the ceramic slurry were carefully tailored, particularly by using a mixture of diruethane dimethacrylate (UDMA) and triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA) monomers as the photocurable vehicle. This innovative approach enabled the favorable extrusion of the ceramic slurry through a fine nozzle with high green strength after photocuring, and thus complex-shaped ceramic architectures with high shape retention could be constructed. As an example, a free-standing helical structure with a circular cross-section was successfully produced even without the use of any supporting materials. In addition, a porous ceramic scaffold with a tightly controlled porous structure could be produced.

P1-G5-9 Synthesis of Porous PLGA Nanoparticles for Intracellular Drug Delivery

다공성 PLGA 나노입자를 이용한 세포 내 약물 전달

류한중*, 김윤혁, 이재승. *고려대학교*

Poly(lactic-co-glycolic acid) (PLGA)는 lactic acid와 glycolic acid가 block copolymer를 이루고 있는 고분자로 주로 약물 전달을 위한 나노구조체 형성에 가장 많이 쓰이는 물질 중 하나이다. 체온에서도 쉽게 가수분해가 되고 전혀 해롭지 않은 물질로 분해된 다는 성질을 지니고 있을 뿐만 아니라 다루기가 쉬워 약물 방출을 조절할 수 있다는 점 때문에 지금까지도 활발한 연구가 진행되어지고 있다. 최근에는 쉽게 분해되고 다루기가 쉬운 덕분에 PLGA 나노입자를 template로 한 나노 껍질 구조의 합성 연구에도 활용되고 있다. 이러한 PLGA의 특별한 성질들을 바탕으로 우리는 PLGA 나노입자를 합성에 첨가물을 통해서 다공성 구조를 만들어내고 이를 활용한 다공성 나노 껍질 구조의 합성을 연구 중에 있다. 첨가물로 인해 PLGA 나노입자의 표면 전하 변화를 통해 precursor를 표면위에서 바로 환원시켜서 쉽게 다공성 나노 껍질 구조를 만들어 낼 수 있는데 첨가물과 precursor의 양을 통해 다공성의 정도를 조절할 수 있다. 이렇게 합성한 입자를 이용하여 항암제인 독소루비신을 모델로 한 약물 전달 시스템을 구현하였다.

P1-G5-10 Diagnosis of Gout and Pseudogout Using Inorganic TiO_2 Matrices for LDI-ToF Mass Spectrometry

무기 TiO_2 매트릭스를 이용한 통풍 및 가성통풍의 진단

김문주*, 박종민, 노주윤, 윤태경, 김지연, 변재철. *연세대학교*

Gout and pseudogout are two types of crystal-induced arthropathies. Because they share similar symptoms, it’s very difficult to differentiate these two diseases from the observation of superficial symptoms. Therefore, the accurate diagnosis of gout and pseudogout is critical for the appropriate treatment of these two diseases. Although finding crystals in synovial fluid by polarized light microscopy has been the gold standard for the diagnosis of these two disorders, it contains several problems such as time-consuming analysis and high false negative results and requirement of specially trained technicians. In this work, TiO_2 nanowires developed by wet-corrosion process and TiO_2 nanoparticles were used as solid matrices for the diagnosis of gout and pseudogout using LDI-ToF MS. Quantitative as well as qualitative analyses of MSU and CPPD crystals were presented and the feasibility for the diagnosis of gout and pseudogout was also demonstrated.

P1-G5-11 Parylene Passivation Layer Coating and Chemiluminescent Immunoassay Application of in-situ Synthesized Cadmium

Sulfide Nanowires Photosensor

카드뮴설파이드 나노와이어 광센서의 파릴렌 보호막 코팅 및 화학발광 면역 분석법 응용

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).

P1-G5-12 From a Precursor to an Etchant: Spontaneous Inversion of the Role of Au(III) Chloride for One-pot Synthesis of Smooth and Spherical Gold Nanoparticles

금 전구체의 자발적 역할변환을 이용한 완벽한 구형의 금나노입자 합성

윤석영*. *성균관대학교*

We report the inversion of the role of Au(III) chloride, from a gold precursor to an etchant, for the synthesis of smooth and spherical gold nanoparticles with nanoscale size tenability in one-pot system. Inversion of the role of Au(III) chloride was achieved by regulating the ratio between reducing agent and Au(III) chloride.

P1-G5-13 Graphene Oxide Quantum Dots Derived from Coal for Bioimaging : Facile and Green Approach

바이오 이미징 어플리케이션으로 활용하기 위한 손쉽고 친환경적인 방법을 이용한 Graphene Oxide Quantum dot 제작

강석현*, 정경환, 이강표, 이호준, 김강민. *한국생산기술연구원*

Graphene quantum dots (GOQDs) have attractive properties and potential applications. However, their various applications are limited by a current synthetic method which requires expensive carbon precursors and strong acidic condition. Here, we first develop a facile pulsed laser ablation in liquid (PLAL) technique for preparing GOQDs using earth-abundant and low-cost coal as a precursor. Only ethanol and coal are used to produce high quality of GOQDs. The prepared GOQDs exhibit excellent optoelectronic properties which can be successfully utilized in bioimaging applications. We expect that the proposed method in this work will significantly reduce cost and time for the formation of the high quality GOQDs with excellent optical properties. In addition, prepared GQODs exhibit excellent biocompatibility properties which can be successfully utilized in bioimaging applications.

P1-G5-14 Analysis of Structural and Chemical States of Iron-doped Tricalcium Phosphate

철 이온 치환 삼인산칼슘의 구조 및 화학적 상태 분석

유경현*, 김현진, 김용준, 선우경, 윤석영. *부산대학교*

Beta-tricalcium phosphate (β-TCP) has been known as biodegradable material for temporary medical devices. Recent studies have shown that substituting Fe ions in TCP can have magnetic properties, improved mechanical properties, and better cell adsorption. However, the analysis of Fe substitution mechanism is insufficient. In this study, the mechanism of substitution is analyzed through structural analysis according to Fe ion substitution amount and heat treatment temperature. The Fe- doped TCP powder was synthesized by co-precipitation method and the heat treatment temperature was set at 925 and 1100°C. The chemical state was confirmed by XPS analysis and the structure analysis was performed by rietveld refinement based on XRD results. It was confirmed that Fe ions exist in Fe^{2+} and Fe^{3+} states and Ca (4) and Ca (5) sites of β-TCP can exist. Also, it was confirmed that Fe^{3+} ions were increased when the heat treatment temperature was increased. Based on this, it is expected that various characteristics can be controlled by controlling the substitution amount and the heat treatment temperature.

P1-G5-15 Analysis of Antimicrobial Plant Extracts for its Further Applications

박선영[1]*, 구양모[1], 변하람[1], 박지연[1], 상병인[2], 이진형[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교*

In this study, antimicrobial activities were investigated by selecting plant extracts that could replace antimicrobial chemicals. The natural products were used Teatree oil, Rosemary, Garlic and Geranium extracts. Selected natural products are commercially available and many studies are currently underway. Two bacterial strains were chosen for study: Gram-positive; *Micrococcus luteus*, Gram-negative; *Escherichia coli*. Growth inhibition by teatree oil extract was found in Prescreening test according to the concentration of each plant extracts. In particular, the teatree oil extracts showed that growth was inhibited even at low concentration. Rosemary, Garlic and Geranium extracts did not show growth inhibitions in the prescreening test. Finally, in the main test using growth curve, we obtained a growth curve that is inhibited by each concentration of teatree oil extract. In the case of Rosemary and Garlic extracts, growth inhibition did not appear in the prescreening test, but in the main test, a growth curve with growth inhibition was observed by each concentration and the MIC (minimum Inhibitory Concentration) was analyzed.

P1-G5-16 Preparation and Evaluation of Master Batch and Packaging Film Using Composite of Vermiculite and Polyethylene for Improving Oxygen Permeability and Moisture Permeability

산소투과도와 수분투습도의 향상을 위한 질석과 폴리에틸렌의 복합재료를 사용한 마스터 배치 및 포장용 필름의 제조 및 평가

조선복[1]*, 이혜선[2], 장정호[2]. *[1]인하대학교, [2]한국세라믹기술원*

In this study, we report a new process route for synthesizing ceramic hybrid films and masterbatches in packaging applications such as

improved oxygen permeability and moisture permeability. In this process, submicron sized ceramic particles, vermiculite and acid treatment vermiculite, are mixed with a polymer matrix layer having a high packing density. In this process, 14% vermiculite and 86% polyethylene are synthesized. In the warm compaction process, vermiculite of micron size together with polyethylene is added to the pore volume of μm size particles to form a uniform isotropic composite structure, resulting in high packing density of ceramic particles. The mass fraction of each component can be adjusted independently. The film was synthesized with 10% masterbatch and 90% polyethylene. TGA, SEM, FT-IR, oxygen permeability and moisture permeability were analyzed.

P1-G5-17 Encapsulation of Cationic Durg into Anionic Polymer Modified Layered Double Hydroxide

음이온성 고분자가 도입된 금속이중층수화물(layered double hydroxide)을 이용한 양이온성 약물의 캡슐화

정도각*, 김형준. *동국대학교*

독소루비신(DOX)은 널리 이용되는 항암제 중 하나지만, 심장독성과 같은 문제점이 제기되고 있다. 이러한 문제점을 극복과 동시에 약물의 효과 증대를 위해 본 연구에서는 암세포 특이적 약물전달체인 금속이중층수화물(LDH) 층간에 DOX를 캡슐화하는 방법을 도입했다. DOX와 LDH는 모두 양의 표면전하를 가지고 있기 때문에 이온교환을 통해 음이온성 고분자인 Poly(acrylic acid); PAA를 도입하여 층 사이를 개질 후DOX를 캡슐화하였다. X-선 회절 분석결과 PAA와 DOX단계적으로 도입됨에 따라 층간 거리가 증가함을 확인했다. 또한 적외선분석과 원소분석을 통해 31.95 wt/wt%의 DOX가 LDH층간에 담지되어 있음을 확인하였다. 동적광산란 분석 결과 DOX-PAA-LDH의 유체역학적 반경은 ~174.3 nm으로, LDH의 clathrin매개 내포작용에 이점을 가지는 크기임을 확인하였다. DOX-PAA-LDH의 항암활성을 평가하기 위해, 인간 폐암 세포주(A549)와 인간 골육종 세포주(MG-63)를 이용하였다. LDH와 PAA-LDH는 각 세포주에 대해 독성이 나타나지 않았고, DOX와 DOX-PAA-LDH 각각 A549에 대해 0.53, 0.17 μg-Dox/mL, MG-63에 대해서 0.91, 0.33 μg-Dox/mL를 IC50에 해당되는 농도를 나타내며, 두 세포주에서 모두 약물 자체를 사용하는 경우보다 캡슐화를 한 경우 높은 항암활성을 보임을 확인하였다.

P1-G5-18 Fabrication of Dense/Porous Laminate Structure Using Extrusion for Enhanced Toughness

김종우*, 고영학. *고려대학교*

Dense/porous laminates ceramic composite structures were fabricated using extrusion technique. Biphasic calcium phosphate (BCP) powder was used to fabricate dense and porous layers. As you know BCP powder which is composed of HA and TCP, has good bio-compatibility and bioactivity.

Dense/porous laminates structures have attracted attention as they are effective in improving toughness. Both experimental and theoretical works reported in the literature have indicated that the ability to deflect crack depends on the fracture energy ratio of the interlayers and the laminae in the layered systems.

We fabricated a dense/porous laminate structure using extrusion of ceramic/camphene slurry with two different contents of 20 vol% and 40 vol%. first, the laminate with 40 vol% was frozen uni-directionally in a 20 mm diameter mold which was then extruded through a gradually reducing path diameter with a cross section of 1 mm (diameter) at room temperature. The same procedure was repeated to extrude for the laminate with 20 vol%.

Laminating dense (40 vol%) and porous (20 vol%) layers in sequence to same procedure was repeated to extrude for the laminate.

Following this experimental procedure, we can produce BCP dense/porous laminate structures successfully.

P1-G5-19 Herceptin Antibody Conjugated Chitosan/Iron Oxide Nanoparticles for Theragnostic Effect on Breast Cancer

유방암 진단 및 치료가 동시에 가능한 허셉틴 항체가 결합된 키토산/산화철 나노입자

최원일*. *한국세라믹기술원*

Trastuzumab (Herceptin®) is a humanized monoclonal antibody for targeting the human epidermal growth factor 2 (HER2), which is overexpressed in human breast cancer (20 ~ 30% incidence). In this study, we developed iron oxide nanoparticle and doxorubicin-loaded multifunctional chitosan nano-carrier (IONP/DOX-MFNC), capable of simultaneous cancer targeting via a herceptin monoclonal antibody, controlled anticancer drug delivery, as well as imaging modalities of magnetic resonance imaging and near-infrared fluorescence imaging. IONP and DOX were efficiently loaded into the nano-carrier, and a desirable pH-responsive release of DOX was achieved by MFNC. The nano-carrier showed much higher cellular uptake and stronger cytotoxicity to HER2 overexpressed SK-BR-3 (human breast cancer cells) than MCF-7, a negative control cell, suggesting specific cancer targeting via HER2 receptor. In an in vivo tumor xenograft model, IONP/DOX-MFNC showed higher tumor uptake and significantly enhanced tumor regression than the nano-carrier without the antibody.

P1-G5-20 Comparison of Sintered Properties of All-ceramic Zirconia Implant Prepared by Slip Casting and CAD/CAM Machining

주입 성형 제작 및 CAD/CAM 가공 지르코니아 임플란트 소결물성 비교

윤유현*, 김대성, 이종국. *조선대학교*

치과에서 사용되는 올세라믹 지르코니아 임플란트는 고정체와 지주대를 일체형으로 제작된다. 올세라믹 지르코니아 임플란트는 기존 임플란트에 비하여 시술 후 나사 풀림 현상이 발생하지 않고, 생체 친화적이며, 심미적으로 우수한 물성을 지니고 있다. 대부분의 올세라믹 지르코니아 임플란트는 지르코니아 블록을 CAD/CAM으로 정밀 선반가공하여 제작되는데, 이러한 임플란트에는 가공 중 성형체 표면에 많은 미세균열이 발생하여 임플란트의 기계적 성능 및 신뢰성이 저하된다. 또한 가공 및 고온 소결에 의한 표면 조도가 낮아 골 유착성이 일부 낮아지고, 고가의 장비가 사용된다는 단점이 있다. 본 연구에서는 표면에 미세 균열이 없으면서도 우수한 표면 거칠기를 갖는 올세라믹 지르코니아 임플란트를 주입성형 및 소결 공정으로 제조한 다음, CAD/CAM으로 정밀선반으로 가공한 임플란트와 물성을 비교하였다. CAD/CAM 정밀선반 가공으로 제조된 지르코니아 임플란트는 상 조성 분석 결과, 정방정상과 소량의 단사정상이 관찰되었으며, 소결 밀도 6.05 g/cm^3, 500 nm 크기의 입자와 0.68 μm의 표면 거칠기가 나타내었다. 반면에 주입성형 및 소결 공정으로 제작된 지르코니아 임플란트는 상 조성 분석 결과, 모두 정방정상으로 관찰되었으며 높은 소결 밀도(6.07 g/cm^3), 작은 입자 크기(230 nm) 및 우수한 표면 거칠기(1.78 μm)를 나타내었다.

P1-G5-21 Physical Properties of All-ceramic Zirconia Implant Fabricated by Slip Casting

주입 성형 제작 올세라믹 지르코니아 임플란트 물성

김대성[1*], 황규홍[2], 이종국[1]. [1]*조선대학교*, [2]*경상대학교*

치과용 지르코니아 임플란트는 대부분 지르코니아 블록 제작 후 선반가공으로 형태가 완성된다. 그러나 선반가공 과정에서 성형체 표면에 많은 균열이 발생하게 되고, 발생 된 표면 균열은 소결 시 치밀화 과정 중 일부가 제거되지만, 일부 잔류 균열로 인하여 임플란트의 기계적 물성 및 신뢰성이 낮아지게 된다. 본 연구에서는 복잡한 성형체 제작이 가능하고 표면가공이 없는 주입성형을 이용하여 고밀도 올세라믹 지르코니아 임플란트를 제조하였다. 주입성형에 사용된 슬러리는 3Y-TZP 지르코니아 분말과 증류수, 그리고 점도 조절용 분산제(Darvan C)를 혼합하여 제조하였으며, 증류수는 암모니아수를 이용하여 슬러리의 점도가 가장 낮게 유지되는 pH 12로 제어하였다. 제조된 슬러리는 석고몰드에 주입하여 성형체를 제조한 다음, 성형밀도를 높이기 위해 정수압성형을 행하였으며, 900°C에서 1차 열처리한 후, 1450°C에서 2시간 소결하여 치밀체를 제작하였다. 제조된 올세라믹 지르코니아 임플란트 성형체와 소결체의 물성을 관찰한 결과, 올 세라믹 지르코니아 임플란트는 정수압 성형 및 소결에 의하여, 길이 29.3%, 직경 26.1%로 수축하였다. 최종적으로 얻어진 지르코니아 임플란트의 상조성은 정방정 단일상을 나타내었으며, 소결밀도는 6.07 g/cm^3 (99.5%)로 우수한 값을 나타내었다. 연마면과 파단면의 미세구조를 관찰한 결과, 약 230 nm의 작은 입자크기와 균일한 미세구조가 관찰되었으며, 소결체의 표면 거칠기는 3D OP를 통해 측정한 결과 1.74 μm로 분석되었다.

P1-G5-22 Fabrication and Characterization of Porous Bioceramics with Three-dimensional Interconnected Microporous Structures using Lithography-based Ceramic 3D Printing Technique

동결매체를 포함하는 광경화성 세라믹 슬러리를 통해 제조된 3차원적으로 연결된 미세기공을 가지는 생체세라믹 다공체

이정빈*, 고영학, 맹우열, 이윤희. *고려대학교*

Porous bioceramics with three-dimensionally interconnected micro pore channels have been widely studied in bone tissue engineering field since they provide proper environment for bone cells to attach and excellent bone regeneration. In this study, porous CaP scaffold with macro/micro pore structures were fabricated by hybrid process combined with lithography-based 3D printing technique and freeze casting. The freezing vehicles in the photo-curable thin ceramic layer solidified, and then the liquid monomer in the interdendritic space was photo cured. Finally, the frozen vehicles removed completely by freeze drying and the spaces remained as micro pore structures. CaP structures were produced using photo-curable CaP slurries with different initial freezing vehicles contents (40, 50, 60 vol%) and sintered at 1250°C. As a result of observing the microstructure using scanning electron microscope, all of the sintered bodies showed similar 3D interconnected pore morphologies and excellent densification with negligible pores were observed for CaP frameworks of a sintered body. In addition, as a result of mercury porosimetry, porosities and pore size increased according to initial contents of freezing vehicles from 26 to 53 vol.% and its corresponded with microstructure images using SEM. On the other hand, the flexural strength decreased considerably from 32.4 ± 2 to 10.4 ± 0.8 MPa, respectively, due to the increase in the porosity of the samples.

P1-G5-23 Characterization of Anti-pollution Cosmetics with Surface Modified Ceramic Composites

표면 개질을 통한 세라믹 복합 안티폴루션 화장품의 특성화

박중규*, 이혜선, 장정호. *한국세라믹기술원*

This study discusses of the characterization of fine dust protection using surface modified ceramic composites for antipollution cosmetic applications. to counteract the recent increasing fine dust, this work suggested to analysis method to protection rate of carbon black which accounts for most of the fine dust by adjusting the zeta potential of the ceramic surface. various type of silane was coated the platy TiO_2 to control the surface charge and were made of moisturizing cream that can be applied using glycerol. To analyze the absorption and protection rates characterization, a novel analysis device which has 6 fine-dust detectors was developed. also to analyze the silane content and zeta potential, thermogravimetric analysis (TGA) and zetasizer were used.

P1-G5-24 Enhancement of Oxygen Permeability with Illite Hybrid Polyethylene Film

산소투과도가 향상된 일라이트 복합 폴리에틸렌 필름

성동민[1*], 이혜선[2], 장정호[2]. [1]*고려대학교*, [2]*한국세라믹기술원*

This work reports the preparation and evaluation of ceramic hybrid master-batch and film with illites and polyethylene polymer with specific composition on ratios of illites. Particle size of illites was controlled in the range of 1~10 μm, before the preparation of the illite-PE hybrid master-batch. We achieved the characterization of illite-PE hybrid master-batch and film by EDS, 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.

P1-G5-25 Porous Calcium Phosphate Ceramic Scaffolds with Tailored Pore Orientations and Mechanical Properties using Lithography-based Ceramic 3D Printing Technique

광경화성 세라믹 기반 3D 프린팅 기술을 이용하여 기공구조와 기계적 물성이 제어된 고품질 생체세라믹 다공체

이정빈*, 고영학, 맹우열, 김규남. *고려대학교*

This study demonstrates the usefulness of lithography-based ceramic 3D printing technique with a specifically designed top-down process for the production of porous calcium phosphate (CaP) ceramic scaffolds with tailored pore orientations and mechanical properties. The processing parameters, including the preparation of a photo-curable CaP slurry with a high solid loading (45 vol%), exposure time for photocuring process, initial designs of the porous scaffolds, were carefully controlled. Three types of porous CaP scaffolds with different pore orientations (i.e. 0°/90°, 0°/45°/90°/135°, and 0°/30°/60°/90°/120°/150°) were produced. All the scaffolds exhibited a tightly controlled porous structure with straight CaP frameworks arranged in a periodic pattern, while the porosity was kept constant. The porous CaP scaffold with a pore orientation of 0°/90° demonstrated the highest compressive strength and modulus due to a number of CaP frameworks parallel to the loading direction. On the other hand, multiple pore orientations would exhibit more isotropic mechanical properties, regardless of the loading directions. The porous CaP scaffolds exhibited excellent in vitro apatite?forming

ability in a stimulated body fluid (SBF) solution. These fining suggests that porous CaP scaffolds with tailored pore orientations would provide tunable mechanical properties with good bone regeneration ability.

P1-G5-26 Formation of Poly (ε-caprolactone) Scaffolds with Porous Core and Dense Shall through Kinetic Control of Solvent-nonsolvent Exchange

비용매 상분리법을 통해 제조한 코어-쉘 구조의 폴리카프로락톤 스케폴드

최재원*, 김종우. *고려대학교*

This study demonstrates the utility of nonsolvent induced phase separation (NIPS)-based 3D plotting as a novel SFF technique for the production of 3-dimensionally macrochanneled poly(ε-caprolactone) (PCL) scaffolds with porous core/dense shell structure. In particular, a PCL/acetone solution was deposited in an EtOH bath to rapidly solidify PCL filaments with a highly porous structure through exchange of acetone solvent and EtOH nonsolvent. By adding the water in the EtOH coagulation bath, dense shell are formed on the outside of the PCL filaments and as the water content increases in the coagulation bath, the thickness of the dense shell increases. The mechanical properties of the scaffolds, measured by tensile strength tests, increased with an increase in the thickness of dense shell of PCL filaments.

P1-G5-27 Development of CaP Cement using α-TCP and Various Phosphate Salts

α-TCP와 여러가지 인산염을 사용한 CaP 시멘트의 연구 개발

허지안*, 김석영. *영남대학교*

Various calcium phosphate ceramics (CaPs), mainly tricalcium phosphate (TCP) and hydroxyapatite (HA) have been studied to be used in various dental and medical applications due to their high biocompatibility. Recently, non-apatitic CaPs such as octacalcium phosphate (OCP, $Ca_8H_2(PO_4)_6{\cdot}5H_2O$) get the attention due to its fast bone regeneration with biodegradable property.

This study investigated the *in vitro* conversion of various calcium phosphate cements (CPC) into OCP phase. Each CPC consisted of a mixture of -TCP ($Ca_3(PO_4)_2$) and P-source salt, such as NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, Na_3PO_4, H_3PO_4, and MCPM. The Ca/P ration of all CPC mixtures was 1.0. The mixtures were placed in a variety of reaction environments to compare the reaction products. phase converted by CPC chemical reactions was evaluated in terms of reaction environments and P-sources. There were different reactions occurred in various CPC systems (a mixture of -TCP with various P-salts) and in various reaction environments. The highest content of OCP phase was obtained at a CPC which was a mixture of -TCP with NaH_2PO_4 and kept in a humidity chamber.

P1-G5-28 Size-controlled Mesoporous Silica Particles by Metal-chelating Surfactant Micelle Complexes

장정호*, 이혜선. *한국세라믹기술원*

The size-controlling of mesoporous silica particles (MSPs) are achieved by various metal-chelating surfactant micelle complexes using alkali (Na^+, K^+, and Cs^+), alkaline earth (Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, and Ba^{2+}), and transition metal ions (Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, and Zn^{2+}), respectively. These metal ions form a metal-surfactant micelle complex in an aqueous solution, while the metal ions are chelated to the hydrophilic domain of the surfactant such as the poly(ethylene oxide) group of a P123 surfactant. The different chelation abilities of these various metal ions play an important role in determining the formation of sized-controlled MSPs. Consequently, the particle size can be reduced from a particle length of 1,700 nm to a range of 250 nm to 800 nm. In particular, the transition metal ions' particle size decreased to 250-800 nm, while alkali metal ions show increased its particle size to 2,500 nm, respectively.

P1-G5-29 Comparison of Dissolution Properties of OCP with other Calcium Phosphates Ceramics

다양한 칼슘 인산염 세라믹스와 OCP의 용출 특성 비교

배재섭*, 김석영. *영남대학교*

Various calcium phosphates (CaPs) ceramics are mainly used as an artificial bone substitute. Among them, Octacalcium phosphate (OCP) has attracted attention since it is proposed to be a better material than HA as bone substitute materials. It is generally believed that the OCP acts as a precursor of biological HA in biological bone mineralization.

In this study, the dissolution/reactivity and mechanical strength of OCP disc samples were performed in various aqueous solutions. The results were compared with the property of various CaPs (HA, TCP, and BCP). In order to prepare the disc sample, the 1 g of powders (OCP and the other CaPs) were uniaxially pressed. The CaP discs were immersed in distilled water and PBS (pH 6.0, 6.5, 7.4) solutions in a shaking incubator for 7 days. The dissolution, strength, surface morphology and phase change after 7 days were performed and compared using the weight change measurement, compressive test, SEM and XRD.

P1-G5-30 Bisabolol Loaded Antimicrobial Ceramic Hybrid Polyethylene Films

장정호*, 이혜선, 박중규. *한국세라믹기술원*

In this work, we report a novel processing route to synthesize the antibacterial ceramic hybrid polymer films for food packaging applications such as enhancement of air-permeability and anti-microbial assessment. Moreover, the controlled release property of these hybrid films was also demonstrated with natural antimicrobials such as bisabolol extracts. The homogeneous loading and highly controlled-release formulation of natural antimicrobials on the ceramic particles enable highly efficient and facile preparation able to reduce harmfulness. The release characteristic of the antibacterial substance loaded ceramic material at room temperature was investigated and found to have a high release behavior of 64.81% relative to the initial loading concentration. Also, the duration of feed preservation, and the allowable microorganism value were studies, using both conventional low-density feed packaging material and the antibacterial substance loaded ceramic material hybrid packaging film. During the warm pressing, the submicon-sized particle fraction along with polymer is pressed into the void volume of the μm-sized particles, thus achieving a homogeneous, isotropic composite structure with a high packing density of ceramic particles. The material, which can easily be produced in large quantities, combines a

high modulus of elasticity, tensile strength and pronounced fracture strain with an isotropic, biocompatible, metal-free composition.

P1-G5-31 Non-sintered Open-cell Structure Ceramic Prepared using FDM Printing Method

FDM 출력방식을 이용한 무소결 개방셀 세라믹

구영진[1*], 이명현[1], 오명환[2], 이윤주[1]. [1]*한국세라믹기술원*, [2]*베리콤*

개방셀 구조(open-cell structure) 또는 격자구조체는 경량성, 내부유동성, 충격에너지 흡수능이 우수하므로 치밀질 구조체와는 달리 높은 비표면적, 경량성, 환류 기능을 발현할 수 있어, 분리, 촉매 지지체, 필터, 전극재료, 단열재, 스캐폴드(scaffold) 등에 사용된다. 다공성 세라믹은 템플릿을 이용하거나, 발포, 주형, 직접 성형 방법 등에 의해 제조가 가능한데, 그 중 3D 프린팅 기술은 복잡하고 미세한 형상을 직접 성형할 수 있는 최적의 공정 방법이나 분말소재 기반의 세라믹은 성형 후 건조, 소결 단계에서 수축 등의 변형을 동반한다. 반면 경화성 세라믹 소재는 고온에서의 소결과정을 필요로 하지 않으므로 공정 단계가 간소하고 시간과 비용 감소 효과가 있는데, 무엇보다 성형물의 변형률이 크지 않아 수치 안정성을 기대할 수 있다. 포틀랜드 시멘트와 MTA계 근관충전재 등의 주원료로 사용되는 트리칼슘실리케이트(C3S)는 수화 반응에 의해 강도를 발현할 수 있는 물질로, 무소결 공정에 의한 성형체 제조를 가능하게 하는 소재이다. 다만, C3S는 수화열이 낮은 반면 긴 경화시간을 요구하므로 필요에 의해서는 경화시간 단축 방안과 경화 조건에 따라 유발되는 변형에 대한 평가와 보완이 요구된다. 본 연구에서는 상대적으로 경화속도가 빠른 칼슘알루미네이트를 C3S와 배합하고, 압출방식의 FDM 3D 프린터를 이용하여 큐브형상의 메쉬를 성형하였다. 배합비에 따른 경화 시간 단축 여부는 수화열 발생 거동 결과로부터 추정하였으며, 경화가 완료된 시점에서 경화 시편의 변형을 확인하였다. 뿐만 아니라 경화 시편의 압축강도와 미세조직 관찰 결과를 바탕으로 C3S 조성물의 배합비가 경화 특성에 미치는 영향을 성형체의 기계적 물성과 함께 비교하였다.

P1-G5-32 Capacitive Biosensor based on Vertically Paired Electrode with Controlled Parasitic Capacitance

기생 캐패시턴스가 조절된 수직형 전극 구조 기반 캐패시티브 바이오 센서

이가연*. *연세대학교*

A capacitive biosensor based on vertically paired electrodes with controlled parasitic capacitance is presented to improve the sensitivity of capacitive measurement. The vertically paired electrodes were fabricated with a parylene film as a dielectric layer, with the distance between the electrodes less than hundreds of nanometer. The problem of parasitic capacitance owing to the electrode configuration was analyzed according to the superposed area of the electrode. In this work, two kinds of vertically paired electrodes were fabricated to control the parasitic capacitance—square-type and circular-type electrodes with different superimposed areas of 21.8 (100%) and 9.3 (42%) mm^2 and the same electrode area of 9.4×10^{-5} mm^2, respectively. The effect of superimposed area of the vertically paired electrodes on capacitive measurement was analyzed using the electrodes. The sensitivity of capacitive measurement was observed to increase with a decrease in superimposed electrode area and frequency. Further, the effect of parasitic capacitance was estimated by computer simulation of the sensitivity of impedance and capacitive measurement when 10% change in R_S or C_S occurred. The results showed that adsorption of proteins could be sensitively measured when the parasitic capacitance decreased. Finally, the effect of superimposed area of the vertically paired electrodes was measured from the interaction between antigens (human serum albumin, HSA) and immobilized antibodies (anti-HSA antibodies).

P1-G5-33 TiO_2 Nanowire Target Plate for Detection of Small Biomolecules based on LDI-TOF Mass Spectrometry

저분자량 물질의 말디톱 질량분석을 위한 TiO_2 나노선 플레이트

박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 송현우, 변재철. *연세대학교*

MALDI-TOF mass spectrometry has become a powerful analytical tool for peptide and protein analysis. MALDI-TOF MS 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 that has a molecular weight of ~ 300 Da. In this study, we fabricated TiO_2 nanowire target chip for MALDI-TOF MS to eliminate matrix noise, and to detect small biomolecules. TiO_2 nanowires integrated MALDI sensing chips were synthesized by mild hydrothermal process called “wet corrosion process”. SEM and TEM measurements revealed that morphology of synthesized TiO_2 nanowires have a diameter of 30 nm, and the crystal structure was determined by XRD and Raman spectrometry. The photocatalytic activity of TiO_2 nanowire chips was tested by the degradation of methylene blue under UV irradiation. The feasibility of detecting small biomolecules by TiO_2 nanowire chip was demonstrated with peptides, amino acids and drugs. In addition, 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.

P1-G5-34 Platinum Nanoparticles with Peroxidase Activity for Sensitive Chemiluminescence Lateral Flow Immunoassay

화학발광 스트립 검사를 위한 백금 나노입자의 개발

박종민*, 이수정, 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.

P1-G5-35 Development of a Parylene-Matrix Chip for β-Lactamase Assay against Penicillin based on MALDI-TOF MS
말디톱 질량분석 기반 베타락탐계 항생제 분해효소 검사를 위한 파릴렌 매트릭스 칩의 개발
박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 봉지홍, 변재철. *연세대학교*
β-lactamase (EC 3.5.2.6) are an important family of enzymes that confer resistance to β -lactam antibiotics by catalyzing the hydrolysis of these antibiotics. However, most current assays of β-lactamase activity are laborious and time-consuming. MALDI-TOF mass spectrometry has been used for the analysis of biomolecules with high molecular weights. MALDI-TOF mass spectrometry has many advantages, such as easy sample preparation, and low sample consumption. However, when organic matrix is evaporated and ionized during the MALDI process, the mass peaks of the resulting fragmented matrix are observed at low mass-to-charge ratio ($m/z < 500$). The Parylene-matrix chip was developed for the quantitative analysis of small molecules and improvement of signal-to-noise ratio. The β-lactamase assay using Parylene-matrix chip measured the hydrolysis of penicillin into penicilloic acid with minimal interference of low molecular weight peaks. Finally, Penicillin-susceptible and penicillin-resistant *E. coli* were prepared and mixed with penicillin to validate the susceptibility against penicillin. The penicillin-susceptible and penicillin-resistant *E. coli* strains showed different mass signal ratios at an absolute number of 1000 *E. coli* cells.

P1-G5-36 Sensitive and Quantitative Newborn Screening Test using Parylene-Matrix Chip based on MALDI-TOF MS
파릴렌 매트릭스 칩을 이용한 말디톱 질량분석 기반 정량 신생아 대사이상 검사법
박종민*, 노주윤, 김문주, 윤태경, 변재철. *연세대학교*
Newborn screening for phenylketonuria (PKU), homocystinuria, and maple syrup urine disease have been generally diagnosed by various detection methods including Guthrie test (substituting bacterial inhibition assay), HPLC, LC-MS/MS. MALDI-ToF mass spectrometry could be used to quantify the biomarkers of the metabolic disease by easy sample preparation and simultaneous detection.

In this study, parylene-matrix chip was developed for the qualitative and quantitative analyses of biomarkers (amino acids) using MALDI-ToF mass spectrometry by diminishing the organic matrix-related noise at low mass-to-charge ratio range ($m/z < 500$). Parylene-N thin film was deposited on dried organic matrix (CHCA) spots with the thickness of 50~80 nm. Methanol extraction was conducted for easy and rapid sample preparation of serum before the mass spectrometric analysis precipitating proteins in human serum. Calibration curves were obtained by analyzing amino acids in water and serum. They showed good linearity ($R^2 > 0.98$) and the LODs were ranging from 9.0 to 22.9 μg/mL.

From these results, MALDI-ToF MS using parylene-matrix chip could be applied to the quantitative detection of amino acids for the screening of neonatal metabolic disorders with less background noise at low mass-to-charge ratio range.

P1-G5-37 Hydrothermal Preparation of Calcium Phosphates
수열합성법에 의한 인산칼슘합성
이병우*, 홍일곡, 문성욱. *한국해양대학교*
Calcium phosphates have proved attractive for biological applications. Among the calcium phosphates, significant attention has been given to hydroxyapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, HAp) and tricalcium phosphate ($Ca_3(PO_4)_2$, β-TCP) due to their prominent bioactivity and biocompatibility. In addition, the materials have been developed to improve ion exchanging and adsorption activities against toxic or biohazard substances. In this study, calcium phosphates were synthesised via mild hydrothermal conditions. The effects of initial precursor Ca/P ratio (1.40, 1.50 and 1.67) on the phase evolution behavior of the powders were investigated. Commercial grade calcium hydroxide and calcium carbonate, economically feasible and abundant precursors, have been used in calcium source for the preparation of calcium phosphates including the hydroxyapatite (HAp), tricalcium phosphate (β-TCP) and the biphasic calcium phosphates (BCP, HAp with β-TCP). The synthesis was conducted by reacting $Ca(OH)_2$ or $CaCO_3$ with phosphoric acid (H_3PO_4) aqueous solution under different hydrothermal synthesis conditions (temperatures under 150°C and pH ranging 4-12). The properties for the powders and sintered ceramics were characterized. Highly crystallized calcium phosphate powders have been prepared. Dense ceramics having a degree of translucency were obtained at a considerably lower sintering temperature. The process offered a fast, convenient and economical route for the synthesis of calcium phosphates.

P1-G5-38 Effect of a Microstructure Variation on the Drug-delivery Properties of Montmorillonite-ciprofloxacin Composite
김명재[1*], 홍혜진[2], 노기민[2], 강일모[2], 김지웅[2]. [1]*인하대학교*, [2]*한국지질자원연구원*
Montmorillonite (MMT) clay is an important material for drug delivery system, however the correlations between microstructure and drug-delivery properties have been mostly veiled. Thus, we investigated effect of a microstructure variation on the drug-delivery properties of montmorillonite. We synthesized milled MMT with various interplanar spacing and surface area using vibratory ball milling. Using this method, we were able to control the interplanar spacing and surface area without an original structure collapse. Throughout the investigation, we will demonstrate the correlations between the microstructure evolution and the drug-delivery properties change of MMT clay. The current results will provide useful guideline to develop advanced drug-delivery system employing layered clay system.

P1-G5-39 Development of Glass Frit Spheroidization Using Flame Method
화염을 이용한 글라스 프릿(glass frit) 미세 분말의 구형화 기술 개발
최윤석[1,2*], 조소혜[2]. [1]*고려대학교*, [2]*KIST*
세라믹계 치관재로 사용되는 글라스 프릿의 경우 일반적으로 복합 유리를 조성에 맞게 용융 후 냉각, 수 μm 크기의 분말로 분쇄하는 파쇄법에 의해 글라스 시멘트로 제작된다. 따라서 그 프릿의 형상

이 불균일하며 각진 형태를 가지고 있어, 이로 인해 강도가 약한 문제, 마모도가 큰 문제 등이 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 치관재용 글라스를 구형화하기 위한 연구가 시도되고 있다. 상기 언급된 파쇄형의 날카로운 글라스 입자를 구형화(구형도 > 90%) 한다면 시멘트 제조 시 글라스 비중을 높일 수 있을 뿐 아니라 시멘트 경화 시 공극이 줄어들어 높은 강도를 보장받을 수 있다. 또한 구형의 글라스 입자는 그 표면이 둥근 형태로 마모 시 시멘트의 손상 정도가 낮고 글라스 입자가 떨어져나간 자리에도 둥근 형태로 남기 때문에 2차 손상이 줄어드는 장점이 있다.

본 연구에서는 분말 분사법(powder spray)을 이용하여 분말 상태의 비구형의 글라스 프릿을 1000°C 내외의 화염에 공급하여 글라스의 구형화를 시도하였다. 이를 위하여 서브 마이크론(sub-micron) 크기의 분말을 잘 분산된 상태로 화염 버너에 공급하는 분말 공급 기술(powder feeding)과 화염의 온도, 체류시간 등을 제어할 수 있는 버너(flame burner) 설계 및 제작 기술, 구형화 된 미세 글라스 분말을 효율적으로 회수할 수 있는 미세분말 포집(fine-powder collection) 기술 등이 개발되었고 각 세부 기술과 구형화를 위한 최적의 화염 조건 등을 탐색하였다.

P1-G5-40 Influence of Soild Loading on the Slurry Coating and Surface Properties in Zirconia

지르코니아 고체함량이 슬러리 코팅 및 표면 물성에 미치는 영향

김우창*, 이종국. *조선대학교*

지르코니아계 임플란트의 골결합 강도 및 생체 적합성을 높이기 위해서는 표면 거칠기를 향상시켜야만 한다. 본 연구에서는 지르코니아 기판의 표면 거칠기를 향상시키고자 지르코니아슬러리를 제조한 후, 스핀코팅 방법을 이용하여 기판의 표면 개질을 시도하였다. 슬러러 제조 시 지르코니아 고체함량을 제어하여 슬러리 점도를 변화시켰으며, 고체 함량 및 점도 특성이 코팅층의 표면 물성에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 스핀 코팅 횟수를 늘리면서 코팅층의 두께와 조면 조도를 측정하여 그 상관성을 분석하였다. 실험결과 고체함량이 적을 수록 슬러리의 점도는 낮아졌으며, 점도가 낮은슬러리에서는 스핀코팅이 비교적 잘 이루어졌지만 코팅층 두께가 얇고, 표면거칠기 향상 효과도 미미한 반면에 고체함량이 50 wt% 이상인 슬러리의 경우 점도가 높아 스핀코팅이 거의 이루어지지 않았다. 결과적으로 30~40 wt%의 고체함량의 지르코니아 슬러리에서 코팅도 잘 진행되었으며, 표면거칠기 향상도 비교적 높은 것으로 나타났다. 스핀 코팅 횟수가 증가할수록 코팅층의 두께가 점차 증가하였지만 표면거칠기는 일정 두께까지만 증가하고 그 이상에서는 일정하게 유지되었다. 또한 코팅 횟수를 증가할수록 기공 및 균열이 감소하였으며, 코팅층이 균일하고 조밀하였다.

P1-G5-41 Carbapenem Susceptibility Test for Detection of Carbapenemase-Producing Enterobacteriaceae using Parylene-Matrix Chip

파릴렌 매트릭스 칩을 이용한 카바페넴 분해효소 생성균 검출용 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.

P1-G5-42 Biodegradable Ceramic Nanoparticle with Targeting Function for Cancer Therapy

생분해성 세라믹 나노입자를 이용한 종양 타겟팅 항암 치료

박대환*. *경남대학교*

The biodegradable ceramic nanoparticle based on a layered double hydroxide (LDH) holds great promise for gene and drug delivery systems. However, in vivo targeted delivery of genes through LDH still remains a key challenge in the development of RNA interference therapeutics. Here, we describe in vivo and in vitro delivery system for siRNA assembled with passive LDH with a particle size of 100 nm or active LDH conjugated with a cancer overexpressing receptor targeting ligand, folic acid (LDHFA), conferring them an ability to target the tumor by either EPR-based clathrin-mediated or folate receptor-mediated endocytosis. When not only transfected into KB cells but also injected into xenograft mice, LDHFA/siRNA induced potent gene silencing at mRNA and protein levels in vitro, and consequently achieved a 3.0-fold higher suppression of tumor volume than LDH/siRNA in vivo. This anti-tumor effect was attributed to a selectively 1.2-fold higher accumulation of siRNA in tumor tissue compared with other organs.

P1-G5-43 Laser-triggered Silver Ion Release and Photothermal Effect of Multi-functional Gold Nanorods for Bactericidal Effect

금나노막대의 근적외선 레이저 반응성 실버이온 방출 및 광열 효과를 이용한 항균효과

윤석영*. *성균관대학교*

Here, we synthesized gold nanorods (GNRs), encapsulated with silver (Ag) and mesoporous silica ($mSiO_2$) for bacterial application. GNRs can generate heat when it is illuminated by the light of wavelength in near-infrared (NIR) and Ag ions have been well known as its antimicrobial property. Thus, we used photothermal effect by illuminating NIR laser on GNR to induce release of Ag ions. In addition, we retarded burst releasing of Ag ions by encapsulating $mSiO_2$ layer. We used *E. coli* and *S. aureus* as our model system of gram-negative, gram-positive bacteria, respectively to test anti-microbial property of our materials. The GNR@Ag@$mSiO_2$ NPs shows significant antimicrobial efficacy and biocompatibility with toxicity test using mammalian cell. This indicates GNR@Ag@$mSiO_2$

NPs can be a good antimicrobial agent for diseases caused by bacterial infections.

P1-G5-44 Facile Large-scale Synthesis of Mesoporous Silica Nanoparticles at Room Temperature in a Monophasic System with Fine Size Control

상온 및 단일계에서 미세 크기조절이 가능한 다공성실리카 나노입자의 대량합성

김찬송*, 윤석영, 이정헌. *성균관대학교*

Most mesoporous silica nanoparticles (MSNs) are synthesized using a biphasic system at high temperature. However, this method requires a time-consuming washing process, hindering large-scale synthesis. We demonstrate a facile strategy to synthesize MSNs through a continuous-injection-based monophasic liquid process, modified from the Stöber method, by using a constant silica source injection system in a monophasic environment without heating.

We could not only increase the amount of synthesized particles up to gram-scale by simply increasing the volume of the reaction, but also obtain MSNs that had intact spherical structures, were controllable in size, and were well dispersed in an aqueous solution with a narrow size distribution. Using this synthesis method, we could prove the influence of various factors affecting the size, structure, and stability of the MSNs.

As our study presents a straightforward and reproducible method for large-scale synthesis of MSNs and demonstrates its detailed mechanism, we expect that this work will provide guidance for efficient large-scale synthesis of various porous nanomaterials with high monodispersity, which is critical for the practical use.

This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Science and ICT for Bio-inspired Innovation Technology Development Project (NRF-2018M3C1B7021997) and a grant supported by Korea Electric Power Corporation (Grant number: R18XA02).

P1-G8-1 Computational Analysis of Mechanical Stress Induced by Phase-Change Memory Operation

상변화메모리 동작 시 유발되는 기계적 응력에 대한 전산 해석 연구

이환욱*, 권용우. *홍익대학교*

상변화메모리(Phase-change memory)는 Chalcogenide Glass 물질의 결정질, 비정질 사이의 상변화를 이용하는 비휘발성 메모리 소자이다. 가장 흔히 활용되는 물질은 C 또는 N이 첨가된 $Ge_2Sb_2Te_5$이다. 일반적으로 비정질은 높은 비저항, 결정질은 낮은 비저항을 가지고, 이러한 저항 상태를 0, 1 데이터 표시에 활용한다. 결정질과 비정질 상태는 약 10% 정도의 밀도 차를 가지며, 이로 인하여 스위칭 동작, 즉, 상의 변화 시, 메모리 소자 내에 기계적 응력이 유발된다. 결정질과 비정질 사이의 스위칭을 반복하게 되면, 응력이 반복적으로 발생하게 되어 결국 소자의 피로 파괴를 유발하게 된다. 이것은 Endurance Failure Mode 중 Stuck Reset, 즉, Open Circuit Failure로 알려져 있다. 우리는 유한요소해석 소프트웨어를 활용하여 Electrothermal 및 Solid Mechanics 계산을 통해 Reset 동작 시에 소자 내에 유발되는 기계적 응력을 해석하는 방법을 고안하였고, 이를 활용하여 어떤 소자 구조가 Endurance 특성 확보에 유리한지 고찰하였다.

P1-G8-2 Numerical Investigation of Structure-Property Relationship in Porous Materials in Terms of Structural Characteristics

다공성 재료의 구조적 특성과 물질 특성간의 정량적 관계 연구

정동명*, 권용우. *홍익대학교*

다공성 재료는 일반적인 벌크 재료에 비해 매우 낮은 열전도도와 탄성계수를 갖는 재료이다. 다공성 재료의 유효 물질 특성은 기공의 비율인 기공률에 의해 의존하지만 기공의 구조 또한 유효 물성에 큰 영향을 미친다. 같은 기공률을 갖더라도 다른 기공 구조에 의해 열전도도와 탄성계수가 2배 이상 차이가 날 수 있다. 본 연구에서는 여러 다공 구조를 계면의 곡률과 구조적 연결도를 이용하여 정량화하였고, 각 구조의 유효 열전도도와 유효 탄성계수를 유한요소 시뮬레이션을 이용하여 해석하였다. 기하구조의 형상적, 위상학적 계산을 이용하여 정량화된 구조와 각각의 유효 물질 특성간의 관계에 대해 서술하였다.

P1-G8-3 Evaluation of Mechanical Properties of High Toughness Epoxy Resin Using POSS

POSS를 적용한 고인성 에폭시 수지의 기계적 물성 평가

정현석*. *한양대학교*

최근 자동차, 우주항공, 구조체 등의 경량화를 목적으로 각종 금속 대신 섬유강화 복합재로 대체되고 있다. 섬유강화 복합재의 취약점인 취성을 보완하기 위해 열경화성 물질인 Bisphenol-A 타입의 에폭시에 첨가물을 통해 파괴인성을 향상시키는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 유기물인 고무계열의 강인화제(CTBN, ATBN, ETBN 등)를 첨가하는 연구가 많이 진행되었으며, 기계적 물성은 향상되지만 복합재의 탄성계수와 Glass transition temperature (Tg)를 감소시키는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 유기물과 무기물의 중간특성을 가진 첨가물을 적용한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 본 연구에서는 POSS (Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane)을 첨가물로 사용하여 복합재를 제작하였으며, POSS의 함량에 따른 기계적 물성 및 열적특성을 확인하였다.

P1-G8-4 Evaluation of Emotional Materials for The Application of Soft Robots

소프트 로봇 용 감성 소재의 물성 평가

고민정*, 손민희, 최다현, 이선영. *한양대학교*

기존 산업 현장에서의 로봇은 일반적으로 금속 재질로 이루어져 있다. 단단한 금속 소재를 이용하기 때문에, 산업 현장에서 로봇에 부딪혀 발생하는 재해는 전체 재해의 7.5%를 차지한다. 그러나 4차 산업 혁명시대에 이르러 협력 로봇 사용량이 더욱 증가함에 따라, 인간은 부딪힘의 문제에 더 많이 노출될 것이며 큰 사회적 문제로 커질 가능성 역시 높다. 이러한 문제를 방지하기 위하여 본 연구에서 소프트 로봇이라는 개념을 이용하여 이러한 재해 문제를 해결하고자 한다. 소프트 로봇은 일반 로봇과는 달리, 강성과 강도가 낮은 고분자 물질을 이용하여 외부 피부를 감싼 로봇이다. 이러한 특징은 부딪힘으로 인한 재해 발생 시, 육체적인 피해와 정신적인 불쾌감을 감소시키는 감성 소재의 한 종류이기도 하다.

여기서 감성 소재란, 인간이 오감을 통해 인지한 감정, 기분 등을 긍정적인 방향으로 만족시켜, 제품의 가치를 높이는 소재이다. 본 연구에서는 PDMS (Polydimethylsiloxane), Dragon skin®, Ecoflex® 등 3 종류의 감성 소재용 고분자를 소프트 로봇 재질로 사용하여 그의 hardness, tensile strength 등을 측정할 뿐 아니라 resilience, 열 전도도 또한 평가하고자 한다. 해당 고분자들은 주로 특수 분장용 피부 등에 사용하는 소재로서, 신체와 접촉하더라도 무해하며 신축성이

좋은 소재들이다. 즉, 산업 현장의 협력 로봇에 실제로 적용되었을 때, 위에 언급한 바와 같은 부딪힘의 재해를 기하급수적으로 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 본 연구에서는 각 재료의 평가 결과에 의해 얻어진 공학적 지표인 기계적 강성, 열전달 특성 등을 분석하여 추후 젠더가 고려된 다양한 소프트 로봇에 적용 가능한 지표를 제공하는 데 중요한 자료가 될 것으로 예상된다.

P1-G8-5 Atomic Distribution of $BaCe_{1-x-y}Zr_xY_yO_{3-y/2}$ (y = 0.15) in Bulk and Grain Boundary Simulated by Genetic Algorithm and Lattice Statics

유전 알고리즘과 격자 정역학을 이용한 $BaCe_{1-x-y}Zr_xY_yO_{3-y/2}$ (y = 0.15) 결정과 입계에서의 원자 분포 탐색

최인규*, 김기영, 조준영, 김영철. *한국기술교육대학교*

프로톤 전도성 세라믹 연료 전지(Proton-conducting Ceramic Fuel Cell, PCFC)는 낮은 작동 온도(~ 800 K) 덕분에 차세대 대체 에너지원으로 활발히 연구되어 왔다 [1]. $BaZr_{1-x}Y_xO_{3-x/2}$ (BZYO)와 $BaCe_{1-x}Y_xO_{3-x/2}$(BCYO)는 ABO_3 페로브스카이트 구조로써 PCFC의 전해질로써 가장 활발하게 연구되어온 두 물질이다. BZYO의 경우 화학적으로 안정하나 소결 온도가 높고 결정립계에서의 낮은 전도성을 갖고 있다. 반면 BCYO는 전도성이 우수하고 소결이 용이하나 화학적으로 불안정한 물질이다. 이러한 두 물질의 단점은 완화하고 장점을 부각하기 위해 두 물질을 섞은 $BaZr_{1-x-y}Ce_xY_yO_{3-y/2}$ (BZCYO)가 고안되었고 많은 실험적인 보고들이 있었다 [2]. 한편 BZCYO의 계산적인 측면에서는 $BaZr_{1-x-y}Ce_xY_yO_{3-y/2}$ (y = 0.15) bulk 구조에서 B site의 다양한원소들과 산소 공공의 배열을 고려하는데 어려움이 있다. 따라서 우리는 이를 극복하기 위해 lattice statics와 genetic algorithm [3]을 도입하였으며, 조성에 따라 에너지적으로 안정한 구조들에 대한 경향성을 더욱 뚜렷이 파악하기 위해 통계적 처리기법을 활용하였다. 또한 genetic algorithm과 lattice statics를 $\sum 3$ 입계에 적용하여 원자 분포에 대한 입계 영향을 연구하였다 [4].

[1] C. Duan, J. Tong, M. Shang, S. Nikodemski, M. Sanders, S. Ricote, and A. Almansoo, Science, 2015, **349**, 1321-1326.

[2] N. Nasani, D. Ramasamy, S. Mikhalev, A. V. Kovalevsky, and D. P. Fagg, J. Power Sources, 2014, **278**, 582-589.

[3] J. Kim, D.-H. Kim, J.-S. Kim, and Y.-C. Kim, Comput. Mat. Sci., 2017, **138**, 219-224.

[4] J. Cheng, J. Luo, and K. Yang, Comput. Mat. Sci., 2018, **155**, 92-103.

P1-G8-6 Characterization of PTFE Content of Electroless Ni-P-PTFE Composite Coatings

PTFE 함량에 따른 무전해 Ni-P-PTFE 복합도금의 특성 연구

서선교[1*], 이재웅[2]. [1]*유림티앤시(주)*, [2]*인하대학교*

복합도금은 Alumina (Al_2O_3), Silicon carbide (SiC) 등의 경질입자로 기능성을 부여하고자 전해 및 무전해로 도금피막을 복합화 하는 것이다. 그 예로 고경도·내마모성 등과 같은 특성을 부여하기 위하여 PTFE (Polytetrafluoroethylene), Molybdenum Disulfide (MoS_2) 등 윤활성과 비점착성이 우수한 재료 등을 첨가하여 Roll Guide나 금형, 기어부품 등에 응용되고 있다.

최근 RoHS 등과 같은 환경규제로 인해 무전해 Ni-P 도금에 대한 관심을 높아지고 있으며, 더 나아가 내마모성이나 내열성, 내식성, 윤활성 등을 향상시키기 위하여 서브 μm 정도의 입자를 분산시켜 복합화하는 연구가 진행되고 있다. 그러나 무전해 Ni-P-additive 복합도금은 다양한 기능적 특성이 부여함에도 불구하고 복합도금에서의 공석 입자의 분산문제, 열처리에 따른 강화 메커니즘 등 인자가 다양하여 지속적인 연구가 요구되는 실정이다.

무전해 Ni-P-PTFE 도금은 비교적 융점(325도)이 높고 표면 에너지(18.6 mN/m)가 낮아 비접착 특성있어 내마모성과 내부식성을 크게 향상시키고, 균일한 도금두께, 공정이 용이성 등의 장점으로 인해 항공기 내부 코팅, 반도체 장비 코팅 및 전자부품 등 여러 산업에서 전반적으로 활용되고 있다.

본 연구에서는 PTFE의 함량이 증가함에 따라 무전해 Ni-P-PTFE 복합도금의 특성에 대한 연구로 SEM, EDS를 이용하여 표면형상 및 PTFE의 공석량을 확인하였으며, XRD 분석을 통해 복합도금에 대한 상(Phase)을 분석하였다. 더불어 기계적은 특성을 확인하기 위하여 경도 및 내마모성시험을 하여 분석결과를 토대로 무전해 Ni-P-PTFE 복합도금시 최적 PTFE 함량을 도출하였다.

P1-G8-7 Characteristics of In-Sn-Zn-O Prepared by RF Magnetron Sputtering

RF 스퍼터링으로 증착된 In-Sn-Zn-O의 특성

조현일*, 허영우, 김정주, 이준형, 이상욱, 한정우, 남유진. *경북대학교*

Recently, transparent conductive oxides (TCOs) were studied as transporting layer in flexible display. For using flexible display in many application, TCOs need many properties. ITO (InSnO), most used as TCOs has some problem for using flexible display such as cracks after bending. In order to improve disadvantages, amorphous TCOs has attracted attention. ITZO (InSnZnO) is the one of the highlighted amorphous TCOs material.

In this work, we analyze the electrical and optical properties of ITZO (InSnZnO) by ratio of Indium and Zinc. We focus on the effect of composition of ratio, deposition thickness, and annealing temperature. We did sputtering ITZO with RF magnetron sputter. Deposition time was 10 min and 20 min to make difference of thickness of film. We analyze the electrical properties by Hall effect measurement, and optical properties by UV-vis Measurement. To check the performance of ITZO, we compare with ITO (Indium Tin Oxide; InSnO). We did annealing treatment at 100°C, 125°C, 150°C, and 200°C and check the electrical and optical properties.

P1-G8-8 High-performance Skutterudite-based Tubular Thermoelectric Generator

스쿠테루다이트계 고성능 관형 열전 발전소자

장한휘*, 김종배[1], 오민욱[2]. [1]*한국과학기술원*, [2]*한밭대학교*

Thermoelectric generators can recover the vast amount of waste heat into a practical electricity. However, low energy conversion efficiency of conventional thermoelectric materials has been their critical demerit to be an alternative candidate for a future energy source. Tubular thermoelectricgenerators (TTEG) have been suggested as a means of conformal contact to the heat sources thereby increasing efficiency. However, as opposedto planar type TEG, few studies have been presented concerning with a designsof the TTEG such as machining process, choice of electrode materials or brazingmaterials, and their joining techniques. The absence of the well-established processing technique will lead to deteriorated module performance even if athermoelectric material with superior material property is introduced. Here, we presentskutterudite (SKD)-based tubular thermoelectric generator which showsultra-high power density. A

single-pair TTEG exhibited an open circuit voltage (OCV) of 0.1 mV, and outstanding power density about 0.57 at a temperature difference of 420 K. This extraordinary power density was achieved by an optimization of the sinteringand metallization condition. The joining of the components of the TTEG was doneby modified resistance welding (MRW) method, which separates sintering ofthermoelectric material and joining with electrodes. It is concluded that MRWmethod contributed to a low specific contact resistance of the module therebyincreasing a performance of whole TTEG.

P1-G8-9 A Study on Anisotropic Thermoelectric Properties of Tellurium

Tellurium의 열전 특성 이방성에 관한 연구

ABBEY STANLEY*, 오민욱. *한밭대학교*

Directional solidification has proven to be an effective method of optimizing the thermoelectric properties of tellurium by tuning the electrical conductivity through texturing and optimal doping. This study determined the texture related, inherent anisotropic temperature dependent thermoelectric properties of tellurium by a combination of directional solidification and spark plasma sintering. 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 and qualitative measure of texture by Lotgering factor method. An investigation of the as-formed microstructural character was analyzed using a scanning electron microscope (SEM). SPS ingots indicated the majority of random grains in (101) and a negative Lotgering factor with a zT value of 0.6. Directional solidification of tellurium induced texture formation (Lf (003) = 0.57) by doping with Bi (x = 0.005) consequently leading to a higher ratio of anisotropy of 3.3 for Seebeck coefficient and 0.7 for electrical conductivity. In all texturing increased electrical conductivity by 85% for tellurium synthesized by directional solidification.

P1-G8-10 Fabrication of Silver Pastes Recovered from Catalyst Wastes and Their Application to Thermoelectric Devices

폐촉매로부터 회수된 은 페이스트 형성과 열전소자에 은 페이스터 응용

이수현[1]*, 오민욱[2]. [1] *한국과학기술원,* [2] *한밭대학교*

A catalytic converter changes toxic pollutant (NOx, CO, HC, O_2) into less-toxic pollutant (CO_2, N_2, H_2O) by the catalyzed redox reactions. The Pd-based catalytic converter contains silver to reduce the cost and increase the oxygen-reduction reaction. Recently, the recovery of Pd and Ag from the waste of catalytic converters is much required due to their rareness in natural resource. Especially, the recovery of Ag have been less interested due to relatively low price of Ag. Thus, the recovered Ag should have functionality to increase the value added. In this study, we have tried to reach Ag and Pd from the catalytic converter wastes and then reduce Ag from the leaching solution. The morphology of Ag was controlled to enhance the functionality, especially the shape of Ag particles shape was controlled by various capping agent. The procedures of silver paste were also optimized. And we evaluated the electrical resistivity of the paste obtained within various fabrication procedures and applied to flexible thermoelectric devices as an electrode.

P1-G8-11 Cu Plate Using Reinforcement Materials of Ag/CNT Composite

Ag/CNT 복합소재를 이용하여 구리 플레이트 특성 강화에 대한 연구

김상우[1]*, 김재하[1], 최명식[2], 나한길[2]. [1] *한국생산기술연구원,* [2] *한양대학교*

전자 기기의 신뢰성 온도는 정상 작동 시 75°C ~ 150°C의 최대 허용온도 범위 이내이다. 또한 접속온도와 수명의 통계결과에 따르면, 접속 온도가 150도를 초과할 때 전자기기의 고장률이 급격히 증가한다. 따라서 칩 구성 요소에서 열 전달과 열 소산을 개선할 수 있는 최적화된 시스템을 갖추어야 한다.

탄소나노복합재료는 높은 전기전도도, 고강도 경량 구조재료, 그리고 다기능 복합재료 등의 응용분야에 활용도가 높기 때문에 고온 산업용 장비의 내열성 부품으로 널리 알려져 있다. 특히 소형화되고 있는 IT기기, LED 모듈패키지, 그리고 컴퓨터 CPU의 히트싱크 등 고열전도성을 요구하는 분야에서 신소재 개발이 필요하다. 최근 고열전도성 신소재 개발 분야로 열 분산 물질의 열적 특성을 개선하려는 시도가 많이 이루어 지고 있다. 열적 특성을 강화하기 위한 다양한 합금설계방법과 복합재료 합성방법 등이 있다. 복합재료에 탄소나노재료를 활용하여 열적 특성을 개선하는 방법으로는 다양한 방법들이 있다.

본 논문에서는 Ag와 CNT 계면에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 CNT와 Ag 입자를 합성하여 Cu와 Ag 계면으로 만들어 주어 CNT와 Cu계면의 문제점을 해결하고자 하였다. 이는 탄소 나노재료에 Ag 입자를 합성함으로써 탄소와 탄소가 응집되는 것을 억제하였으며, Cu 플레이트에 Ag/CNT를 합성하여 마찰교반을 통해 합금화를 하였다. Cu플레이트 내에 강화재료로 Ag/CNT가 사용되었으며, Ag/CNT로 네트워크를 형성하여 열 패스를 만들어 주었다. 열전도도를 평가하였으며, Cu플레이트에 Ag/CNT를 강화재료로 사용한 조건에서 473 W/m·K로 구리보다 높은 열전도도 특성을 얻을 수 있었다. 전자산업에 많이 사용되는 방열소재를 실험결과 값으로 적용하여 시뮬레이션 분석하였다.

P1-G8-12 High Mobility of MoS_2 Nanoribbons by First Principles Study

MoS_2 나노리본의 고이동도에 대한 제일원리 연구

Khanal Saroj*, 이재찬. *성균관대학교*

The two-dimensional (2D) nanosheets with the hexagonal structures, such as graphene as well as their corresponding quasi-one-dimensional nanoribbons have been intensively investigated in recent decades, due to their distinctive physical properties associated with their low dimensionality. MoS_2 monolayer are gaining in importance as promising insulators and channel materials for field effective transistors (FETs). The present concern of MoS_2 monolayer is its low mobility. To investigate the mobility, we first apply the external transverse electric field along the width direction, i.e. armchair direction, while the strain is simultaneously applied along the ribbon direction. We first studied the electronic and geometric structure of MoS_2-ANR, with both field and strain simultaneously. As a result, we achieve enhanced mobility of MoS_2 nanoribbon, which will be a viable way to the application of MoS_2 monolayer as a channel layer in FET.

P1-G8-13 Property Evaluation of Binder-Free Tunsten Carbide by a Rapid Sintering Method

텅스텐카바이드 소재의 급속성형 및 특성평가

박현국*, 오익현, 이정한, 장준호. *한국생산기술연구원*
In this study, Binderless-WC hard materials were fabricated using pulsed current activated sintering (PCAS) process for Friction Stir Welding tool and difficult-to-cut tool application. Tungsten carbide (WC) hard materials are used in various industries and possess a superior hardness compared to other hard materials. They are particularly well-suited for high melting points, high strength, and abrasion resistance; tungsten carbide hard materials are used for wear-resistant tools, cutting tools, machining tools, and tooling materials. Diameter 100 mm and thickness 5 mm binderless-WC hard materials were fabricated by 30,000 A pulsed current activated sintering machine and 0.3 to 0.5 μm size WC powders. These materials were almost completely dense with a relative density of up to 99.5% after simultaneous application of 60 MPa pressure and an electric current for 2 min at 1600°C, almost without any significant change in the crystallite size. The average WC crystallite size that was produced through PCAS was 0.37 μm at 1,600°C. The hardness and fracture toughness of binderless-WC hard materials were about 2,661.5 kg/mm^2 and 3.90 MPa·m$^{1/2}$, respectively.

P1-G8-14 Doping, Defects, and Disorder: Examining the Electronic Structure of Quinternary Oxysulfide (Ba,Ca)ZnOS from First-principles

도핑, 결함, 무질서 : 제1원리 5성분계 산황화물 (Ba,Ca)ZnOS의 전자구조 조사

황우현*, 손알로이시우스. *연세대학교*
There has been an increasing interest in efficient clean energy conversion devices over the past decade due to increasing environmental concerns. Specifically, piezoluminescence (PZL) is a promising energy conversion mechanism for realizing mechanically-driven photon sources. Of late, calcium zinc oxysulfide (CaZnOS) has been proposed as a potential lead-free PZL material due to its non-toxicity as well as its attractive piezoelectric and optical properties. Moreover, it is plausible that performing cationic exchanges (e.g. Ca with Ba) might afford an engineering approach to tune both the band gap as well as its piezoelectric coefficient. However, a systematic and fundamental study for disordered CaZnOS-based systems is currently lacking. In this work, we perform first-principles density-functional theory (DFT) calculations to study and examine how gradual substitution of Ca with Ba may influence the structural, thermodynamic, and electronic properties of (Ca,Ba)ZnOS, together with a detailed analysis of the polymorphic expressions in the parent compounds, CaZnOS and BaZnOS. As a proof of concept, we will also present DFT-calculated piezoelectric constants of CaZnOS in comparison with that of ZnO.

P1-G9-1 Development of 3D Printing Technology using Ceramic Material : Formulation of Photocurable Alumina Slurry

3D 프린팅에 적용 가능한 광경화성 알루미나 슬러리의 특성에 관한 연구

류국현[1*], 김응수[2], 이종흔[1]. *[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원*
In the present study, we analyzed the effects of slurry composition and printing process parameters on the results of ceramic 3D printing. The effects of five variables on the printing results were examined: (1) particle size, (2) silane coupling agent content, (3) solid content, (4) photoinitiator content, and (5) exposure time. Flocculation and sedimentation phenomena occur in the slurry as a result of the alumina particle size, solid content, and SCA content, all of which affect the dispersion characteristics. The photo-polymerization rate increases with the length of the photon transport mean free path, which has a positive effect on the printing result. The photoinitiator has a positive effect on the printing results when added in an appropriate concentration, in line with Beer-Lamberts law. The change in the printing process time (exposure time) affects the photo-curing behavior, and was found to be a major contributor to the shape, and size of the printing. Based on these findings, the composition and process conditions of the ceramic slurry for 3D printing were established.

P1-G9-2 Additive Manufacturing of Ceramic Complex Ink Using Ink-jet Printing Technology

잉크젯 프린팅 기술을 활용한 세라믹 복합잉크의 적층에 관한 연구

박재현[1,2*], 김득중[2], 김혜진[1], 황광택[1], 김진호[1], 한규성[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]성균관대학교*
3D printing이란 3차원 디지털 이미지를 기반으로 다양한 소재를 얇은 layer로 쌓아가며 원하는 형상을 만드는 적층 제조(Additive Manufacturing) 방식의 공정 기술이다. 이러한 적층 제조 방식의 가장 큰 장점은 복잡한 금형을 따로 필요로 하지 않고 원하는 디지털 이미지를 그대로 구현 할 수 있기 때문에 제품 설계 및 디자인 변경이 용이하여 개발시간 및 비용을 크게 절감할 수 있어 향후 제조업 패러다임의 변화를 이끌 수 있는 가능성을 가진 기술이다. 3D printing 산업의 경쟁력 확보를 위해서는 다양한 적층용 소재가 필수적이나 현재까지는 대부분의 연구가 플라스틱과 금속 소재에 편중되어 있는 실정이다. 본 연구에서는 잉크젯 프린팅 방식의 적층 공정에 적용될 수 있는 세라믹 복합잉크를 제조하였다. 세라믹 소재와 광경화성 고분자를 복합화 하였으며 잉크젯 프린터에서의 토출 특성 및 프린팅 된 3차원 구조물에 대해 분석하였다.

P1-G9-3 3D Printing of Photocurable Ceramic Resin using a DLP type Printer

세라믹 광경화 수지를 이용한 DLP 방식의 3D Printing에 관한 연구

김은성[1*], 한규성[2], 이종흔[1], 김응수[2], 황광택[2]. *[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원*
DLP (Digital Light Processing) 방식의 3D 프린팅은 슬러리에 고해상도의 백색광을 투사하여 광중합 반응을 유도함으로써 3차원 형상을 조형하는 것을 말한다. DLP 방식의 장점은 출력물의 개수와 상관없이 층 전체가 형성되기 때문에 비교적 출력 시간이 빠르고 일정하다는 것이다. 여기에 사용되는 광경화성 수지는 자외선, 전자선 등 빛 에너지를 받아 가교, 경화하는 합성 유기재료를 말한다. 본 연구에서는 Al_2O_3와 HDDA 기반으로 하는 광경화 수지를 제조하고 노광시간을 달리하여 최적의 조형조건을 확인하고자 하였다. 광경화 수지 제조를 위해 용매(Methanol)에 분산제, 고형분(Al_2O_3)을 넣고 24 h 동안 ball milling 하였다. 여기에 모노머(HDDA)를 넣고 다시 한번 24 h 동안 ball milling 하였다. 슬러리의 용매를 증발 시킨 뒤 광개시제를 넣고 최종적으로 광경화 수지를 제조하였다. 제조한 광경화 수지를 TG-DTA, Photo DSC, 레오미터를 이용하여 분석하였다. 광경화 수지는 전단박화 거동을 보이며 현재의 조성조건에서 광경화가 쉽게 일어나는 것을 확인하였다. DLP 방식의 3D Printer에 노광시간 조건 [기본노광시간(19.2 sec), 초기노광(80 sec),

초기노광층(3 sec)]을 잡은 뒤 최종적으로 직경 10.3 mm와 두께 2.5 mm의 출력물을 확인할 수 있었다.

P1-G9-4 Chracteristic of Inorganic Pigment Expression in Pink Based on Corundom Structuer

Corundom구조를 이용한 핑크계열의 무기안료 발현특성 연구

황희웅[1*], 소성민[1], 이삼행[1], 김경훈[1], 박주석[1], 김형순[2], 이성갑[3]. *[1]한국세라믹기술원, [2]인하대학교,[3]경상대학교*

본 연구에서는 corundom구조를 이용하여 크롬함량에 따른 핑크색 발현특성에 관한 실험을 진행하였다. 세라믹재료는 다양한 색상별 현과 고온에서 안정한 장점 덕분에 악세사리와 같은 장식 소재로 관심 받고 있다. 최근 광화제를 이용한 색상발현 연구가 많이 진행되고 있으며, 광화제 첨가 시 조금 더 뚜렷한 색상 발현이 가능하다는 실험결과가 보고된 바 있다. 광화제는 광물의 색이나 결정 등의 생성을 돕는 작용을 하는 원료를 광화제라고 하며, 발색 및 결정의 생성을 촉진 시켜주고 광물의 생성온도를 낮추어준다. 선행연구에서 $Al_{2-x}Cr_xO_3$를 출발원료로 X=0.01~0.03 mol% 조성으로 실험을 진행한 결과 세가지 조성 모두 1650°C a* 값이 대체적으로 높았으며, 또한 X=0.01 mol% 일 때 a* 값이 가장 높게 나타났다. 이에 본 실험에서 광화제를 첨가하여 $Al_{2-x}Cr_xO_+Na_2CO_3$, X=0.01~0.03를 출발원료로 하여 색상발현 특성을 관찰하였다. 각 조성별로 습식혼한 후 60°C 건조기에서 12시간 건조하여 일축가압성형기로 성형체를 제작하으며 소결온도 1600~1700°C에서 소결하였다. 소결된 시편은 결정상, 미세구조, 경도, 색도를 분석하였다.

P1-G9-5 Color Tuning of the Mn^{5+}-doped $Ca_6BaP_4O_{17}$ Inorganic Pigment by Vanadium (V^{5+}) Doping into the Crystal Lattice

Vanadium 이온 첨가에 따른 Mn^{5+}-doped $Ca_6BaP_4O_{17}$ 무기안료의 색체변환

배병서[1*], 김선욱[2], 이용현[1]. *[1]산업진흥원, [2]한국세라믹기술원*

We resently reported that novel inorganic sky-blue pigments, $Ca_6Ba(P_{1-x}Mn_x)_4O_{17}$ were synthesized in a single phase form by a conventional solid-state reaction method. The pigments exhibited strong optical absorption in the UV and the yellow-red light regions due to the CT transition in MnO_4 tetrahedra and the DMSO-d_6 transitions of Mn^{5+}, which is the origin of the sky-blue color. The crystal field spliting of d-d transitin for Mn^{5+} is very sensitive to the distance between Mn-O in $Ca_6Ba(P_{1-x}Mn_x)_4O_{17}$ lattice. Therefore, we applied the chemical pressure by indroducing V^{5+}, change the allowed d-d tarnsiton, and thereby tune the color from sky-blue to green. The color properties (L^*, a^*, b^*, C, and H^o) and resistance test of synthesized inorganic pigments ($Ca_6Ba(P_{1-x}Mn_x)_4O_{17}$) were carried out.

P1-G9-6 Development of Biocompatible Binder Based Ceramic Extrusion and Investigation of Its Properties

친환경 바인더를 사용한 세라믹 압출 공정 프로세스 개발 및 이를 이용한 세라믹 생소지 및 소결체에 대한 분석

선세호[1*], 이동수[1], 명승철[1], 박기민[1], 최승건[1], 김가은[1], 황인성[1], 김정현[2], 한혁수[3], 송태섭[1], 백운규[1]. *[1]한양대학교, [2]광운대학교, [3]세종대학교*

Advanced structural ceramics with complex shapes have been widely utilized in various applications such as diesel engines and gas turbines. An extrusion process has been used to fabricate the structural ceramics owing to its ability to create complex pattern shape and processability of brittle materials. The binder in the extrudable paste plays an important role on the microstructure and mechanical properties of the resulting product after sintering. The structural ceramics are generally prepared via 1) investment casting with wax binder which involves mixing the components, 2) introduction of feedstocks into patterned mold to form green body and 3) sintering the green body. However, it is challenging to modify the green body based on this conventional process. Here, we suggest polylactic acid (PLA) as a binder for extrusion, which has suitable formability in the green body state due to the flexibility of the PLA binder system. Because the high viscosity of the PLA binder hinders the effective mixing with ceramic powders, PEG was employed as a plasticizer into ceramic/PLA composites to reduce the overall viscosity of the feedstock. The prepared green body with PLA-PEG binder system shows good flexibility comparing with wax binder system. Moreover, the sintered specimen prepared by ceramic/PLA-PEG composite exhibits good mechanical properties and microstructure compared with that of the specimen prepared by the wax binder.

P1-G9-7 Crystal Structural Analysis of the Cell-Wall in Cordierite Honeycomb Ceramics

코디어라이트 하니컴 세라믹 cell wall의 결정 구조적 특성 분석

정지성[1*], 김정석[2]. *[1]세라컴, [2]호서대학교*

낮은 열팽창계수(CTE)를 갖는 코디어라이트(cordierite, $Mg_2Al_3Si_5O_{18}$) 하니컴 담체는 구조용 및 기능성 세라믹스로 사용되고 있다. 그 대표적 응용제품은 자동차 배기가스 정화 장치인 DOC (diesel oxidation catalyst), SCR (selective catalytic reduction), DPF (diesel particulate filter) 장치의 지지체이다. 지지체의 CTE는 정화장치의 수명과 내구성과 직접적으로 관련성을 갖는 중요한 특성이다. 이제까지 알려진 바로는 하니컴 cell wall의 두께가 얇은 DOC 지지체의 CTE가 cell wall의 두께가 상대적으로 두꺼운 DPF 지지체 보다 낮은 값을 갖는 것으로 알려져 있다. 코디어라이트 하니컴의 CTE에는 결정상 비율, 배향성, 미세조직(결정 크기, 비정질, 불순물상) 및 기공분포 등과 같은 여러 변수들이 영향을 미친다.

본 연구에서는 동일한 green 소지를 사용하였을 때에 DPF 지지체의 CTE가 높은 원인에 대해 조사하였다. 동일 원료 배합조건에서 압출조건(압력, wall 두께, 압출속도)을 변화 시켜 소성된 하니컴 DPF 시료를 구성하는 cell wall의 미세 조직적 특성 측면에서, 즉, 배향성, 결정크기, 불순물을 체계적으로 분석하였다. DPF가 DOC에 비해 높은 CTE를 갖는 원인을 분석하였다.

포스터 발표 II

2019년 4월 11일(목)

P2-G2-1 Multi-Redox Molecule for High-Energy Redox Flow Batteries

고에너지 레독스 흐름 전지용 다중 산화환원 전극 소재 개발

권기윤*. *서울대학교*

RFBs, which use soluble redox species dissolved in electrolytes, show great promise for large-scale energy storage systems (ESSs) because of their scalability, cost-effectiveness, and design flexibility that can decouple power and energy for diverse purposes; however, their low energy density has limited their widespread application. Here, we demonstrate that the use of multi-electron molecules as redox materials can offer an alternative route to overcome these issues and achieve high-energy-density RFBs. In this study, we demonstrate, for the first time, an all organic flow system using a multi-electron redox-active organic material with the superior chemical stability, which is a phenazine derivative. In addition, an analysis of the electrochemical kinetic properties of redox couple on both diffusion- and charge transfer-controlled kinetic is conducted through rotating disk electrode test; The redox couple displays outstanding kinetic characteristics. Moreover, the redox couple presents the highest theoretical and practical energy density among reported redox couples for both aqueous and non-aqueous RFB at the same concentration. The redox mechanism and the chemical stability of redox couple are investigated through raman spectroscopy and density functional theory calculations. These findings on this multi-electron redox material provide a potential new pathway for the design of high-energy-density RFBs and practically feasible ESSs.

P2-G2-2 Capacity Fading Mechanism of Thick Electrode

후막 전극의 용량 감퇴 메커니즘

박지원*. *서울대학교*

For higher energy density of the battery, increasing loading level of electrodes can be an effective method. However, when the electrode is thicker, its electrochemical performance is poorer. In this study, state of charge inhomogeneity of two kinds of different loading level cathode material ($LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$) was found by LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy). Uneven charging and discharging is shown much severe in the thick electrode than normal thickness electrode. Here, we studied the relationships with the state of charge inhomogeneity and electrochemical properties.

P2-G2-3 Investigation on the Interface between $Li_{10}GeP_2S_{12}$ Electrolyte and Carbon Conductive Agents in All-solid-state Lithium Battery

리튬전고체 전지내 $Li_{10}GeP_2S_{12}$ 고체전해질과 탄소전도제간의 계면 연구

윤경호*. *서울대학교*

All-solid-state batteries are considered as one of the attractive alternatives to conventional lithiumion 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.

P2-G2-4 Controlled Interface Between Garnet LLZO and Lithium Metal by Polymer Electrolyte and Additives

고분자 전해질과 첨가제를 통한 가넷 LLZO와 리튬 음극 간 계면 특성 향상

윤종혁*, 김동규, 허은석, 김도경. *한국과학기술원*

The garnet LLZO ($Li_7La_3Zr_2O_{12}$) is one of the prospective solid electrolyte having excellent chemical stability with a wide potential window, which can replace the organic liquid electrolyte. However, inhomogeneously nucleated lithium between the LLZO and the lithium anode grows as a filament along the grain boundary of the bulk LLZO, then it causes short-circuit current. To alleviate this behavior, herein, we modified the interface between the garnet and lithium by insertion of polymer electrolyte and lithium based salt. This helps the homogeneous generation and distribution of the lithium nuclei on interface then enhances the contact of the solid electrolyte and the anode. The EIS and the galvanostatic cycling demonstrate the improved interface properties and critical current density.

P2-G2-5 Synthesis and Characteristics of Zr/Sn doped CeO_2 Nanoparticles for Redox Activity in H_2 gas at High Temperature

고온에서 H_2가스 산화·환원 활성을 위한 Zr/Sn 도핑 CeO_2 나노분말의 합성 및 특성

손정훈[1]*, 최연빈[1], 김봉구[1], 김락희[2], 정연길[1]. *[1] 창원대학교, [2] 한국내화(주)*

In this study, nano-scaled M (=Zr, Sn)-doped CeO_2 particles were synthesized by a hydrothermal process. The average particle size of the both M-doped CeO_2 particles was under 10 nm, whereas the particle size was reduced with increasing the amount of dopant in the both M-doped CeO_2 particles. The largest specific surface area was 226 m^2/g in the Zr-doped CeO_2 particle. The particle morphology showed a spherical shape in the both M-doped CeO_2 particles. PdO was absorbed onto the surface of M-doped CeO_2 particles by a precipitation method, and then the H_2 consumption of PdO/M-doped CeO_2 catalysts was characterized as the oxygen storage capacity at various temperature. The oxygen storage capacity of the both PdO/M-doped CeO_2 catalysts was superior to pure CeO_2 catalyst at a higher temperature than 550°C, showing a better oxygen storage capacity in the PdO/Sn- doped CeO_2catalyst.

P2-G2-6 UV-Ozone Treatment of Low-Temperature Processed Amorphous TiO_2 Electron Transport Layers for Planar

Perovskite Solar Cells

저온 UV 오존 처리 공정이 된 비정질 TiO_2 전자수송층의 평면 페로브스카이트 태양전지

이민호[1], 김정환[1*], 박익재[2], 전재범[3], 정희수[1], 김병조[3], 정현석[3], 이상욱[1]. [1]*경북대학교*, [2]*서울대학교*, [3]*성균관대학교*

Organic-inorganic metal halide perovskites are promising materials as a light absorber for flexible perovskite solar cells (PSCs) due to low-temperature (< 150°C) solution process for making a crystallized thin film. However, TiO_2–based electron transport layer (ETL), the most widely used ETL for high efficiency perovskite solar cells, requires a high-temperature process over 400°C, which limits utilization of TiO_2 as an ETL for a flexible PSC. H erein, we report low-temperature-processed amorphous TiO_2 thin films for the electron transport layer of high-efficiency perovskite solar cells. The amorphous TiO_2 thin films were fabricated via a UV-Ozone (UVO)-assisted low-temperature baking process below 200°C after a sol-gel-based solution coating process. The best UVO-TiO_2-ETL-based PSC exhibits 18% of power conversion efficiency, with a negligible hysteresis, in spite of the planar-type device structure. Electronic band structure and surface states of the amorphous thin films are investigated by ultraviolet photoelectron spectroscopy with UV-Vis spectroscopy, and x-ray photoelectron spectroscopy. Using the space-charge-limited current model, effects of UVO treatment on electron mobility in the ETL are investigated.

P2-G2-7 Fabrication of $MASnI_3$ and $MASn_xPb_{(1-x)}I_3$ Thin Films by Conversion from SnS Thin Film

SnS 박막을 이용한 $MASnI_3$와 $MASn_xPb_{(1-x)}I_3$ 박막의 합성

윤영훈*, 백승태, 이민호, 김정환, 이상욱. *경북대학교*

Organic-inorganic hybrid perovskite (OIHP) materials are exclusively attracting attention due to their superb optoelectronic properties, easy and low-temperature process, and high flexibility. Methylammonium lead halide ($MAPbI_3$) is the most popular light absorbing material for perovskite solar cells. Nevertheless, the toxicity of Pb raises the commercial and environmental issues and results in the intensive needs to reduce the Pb contents in the perovskite materials. Therefore, in this study, we fabricate $MASnI_3$ and $MASn_xPb_{(1-x)}I_3$ thin films via a noble two-step method by converting preformed SnS thin films to $MASnI_3$ and $MASn_xPb_{(1-x)}I_3$ films. Crystal structures, phases, surface chemical states, and morphologies of the fabricated films are investigated and the possibility for photovoltaic properties based on Pb-Sn mixed perovskite solar cells were evaluated. Our two-step method is expected to be used not only for Sn based perovskites but also for diverse compositions of perovskite materials.

P2-G2-8 Study on Fundamental Properties of Perovskite-like $A_3B_2X_9$ Halides

페로브스카이트형 $A_3B_2X_9$ 할로겐화물의 기초 물성에 대한 연구

윤영훈[1*], 김세윤[2], 김도겸[1], 박병진[1], 허영우[1], 이준형[1], 이상욱[1]. [1]*경북대학교*, [2]*대구경북과학기술원*

Based on excellent photoelectric properties, ease of processing, low cost and high flexibility, organic-inorganic hybrid perovskites are attracting great attention as promising materials for photovoltaic devices. Especially, lead (Pb) based perovskite materials have been most widely studied, however, there is a limit for commercialization because of the toxicity of Pb, results in demand for Pb-free alternatives. Recently, perovskite-like-structured $A_3B_2X_9$ halides have been studied as promising Pb-free perovskites, because of its low toxicity and high stability. In this study, fundamental properties of the $A_3B_2X_9$ halides are investigated with two strategies: doping and substitution. First, doping effects on surface chemical states, optical property and electronic band structure are evaluated by doping methylammonium bismuth iodide ($MA_3Bi_2I_9$) with SnI_2 and SnI_4 dopants. Second, diverse $A_3B_2X_9$ compositions are synthesized by substituting A, B and X sites (A = Cs, MA, formamidinium and ethylammonium; B = As, Sb, and Bi; X = Cl, Br, and I), and their structural, optical, and electrical properties are investigated. Several compositions and their properties are reported here for the first time. Furthermore, our results provide a strategy for doping halide perovskites and possibilities for developing non-toxic and stable opto-electronic devices.

P2-G2-9 Characteristics of VOC air Purifier Filters Based on Flexible Zeolite Fibers with a High Surface Area

높은 비표면적을 가지는 유연한 제올라이트 섬유 기반의 VOC 필터 특성

지상현*, 송세연, 윤지선. *한국세라믹기술원*

The flexible zeolite fibers with a high surface area were prepared for developing flexible air filters for compact volatile organic compound (VOC) air purifiers. The flexible zeolite fibers based on a core-shell fiber structure of poly(vinylidene fluoride) (PVDF) and polyvinyl-pyrrolidone (PVP) were spun by a single step electrospinning process. The zeolite particles in the as-spun zeolite fibers were embedded in the core-shell fiber structure of PVDF/PVP. Zeolite particles were exposed to surfaces after wet etching of PVP of shell resigns, and then the specific surface area were consequently improved. At the same time, because the existing hydrophobic PVDF polymers were acting as a skeleton, flexibility and strength were maintained. In VOC adsorption test, the air filters based on the etched zeolite fibers with a diameter of 7 cm showed the improved adsoroption and desorption characteristics, such as longer breakthrough times in the breakthrough curve and the lower maximum desorption temperature in the TPD curve. It is expected that the high surface area flexible zeolite fibers will be applicable to slim and compact air purifier filters.

P2-G2-10 Effect of Bicarbonate Compounds on the Physical Properties of Silica Aerogel Prepared by Ambient Pressure Drying

중탄산염 화합물이 상압건조 실리카 에어로겔의 물리적 특성에 미치는 영향

김영훈*, 김태희, R. P. Dhavale, V. G. Parale, D. B. Mahadik, 박형호. *연세대학교*

Aerogels are widely known nanoporous materials with unique physical properties such as, high surface area, high porosity, small pore size, and remarkable thermal and acoustic insulation performance. The present work deals with developing a novel ambient pressure drying (APD) method to synthesize silica aerogels using different bicarbonates during surface modification process. A novel APD approach was used with low-surface-tension organic solvents for the synthesis of silica aerogel without pore collapse formation. The common silylating agent, trimethylchlorosilane (TMCS), was used for

surface modification of silica aerogels. In addition, the solution of different bicarbonates was used to generate in situ pore-supporting carbon dioxide, which suggestively reduces energy, time, and cost in aerogel production. The obtained silica aerogels were analyzed by several characterization techniques such as, FT-IR, Contact angle, FESEM, EDAX, TEM and BET. The prepared silica aerogels will probably be used in the thermal insulation application.

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-G2-11 Research of Mn-, Ni-doped $LiAlO_2$ Matrix for Improving MCFC System

MCFC 시스템 개선을 위한 Mn, Ni 도핑된 $LiAlO_2$ Matrix연구

김다은*, 이소린, 차유림, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 윤영수. *가천대학교*

연료전지 중 용융탄산염 연료전지(MCFC)의 Matrix는 작동온도에서 α상에서 γ상으로 구조가 변화됨에 따라 입자 크기 및 비표면적 증가로 인해 지지력이 감소되어 안정성이 저하되는 문제점이 발생되고 있다. 이를 극복하기 위해 구조적 안정성이 향상된 α상 구조의 다공성 탄산염 물질기반 Matrix의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 구조적 안정성 및 이온전도도 향상을 위해서 $LiCO_3$와 $Al(OH)_3$에 전이금속(Mn or Ni) 을 첨가시켜 고온에서의 상안정성을 증가시키고자 한다. 각 몰비에 따라 $LiAl_{1-x}M_xO_2$ (M=Mn or Ni, x=0.05~0.30)를 high-speed ball milling을 통해 합성하였으며, 얻어진 시료는 800°C, 24 h 동안 열처리하여 가속테스트를 진행하였다. 각 시료의 상 구조와 화학결합 상태를 확인하기 위해 XRD, XPS 분석을 진행하였다. 그 결과, $LiAlMnO_2$가 고온에서의 Mn의 비율이 증가할수록 상안정성이 우수하다는 것이 확인되었다. 이를 통해, Mn이 O와 강한 결합을 가진다는 것을 확인하였으며, $LiAlO_2$에 Mn을 합성시킴으로써 고온에서 α 상이 유지됨에 따라 MCFC용 Matrix의 향상된 작동 수명을 기대할 수 있다.

P2-G2-12 A Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT Nanocomposite Cathode Catalyst in Direct urea Fuel Cell

직접요소수 연료전지용 Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT 연료극 촉매의 연구

Nguyen Huu Hung Tuyen*, 윤영수. *가천대학교*

Direct urea fuel cell (DUFC) as a sustainable power generation technology has recently drawn increased attention because of its considerable advantages. Nonetheless, the kinetics of oxidation-reduction reaction, particularly electrochemical oxidation and oxygen reduction reaction, in direct urea fuel cell are slow-going and hence considered to be an inefficient process.

To overcome those disadvantages in DUFC, a Pd-Ru alloy nanoparticles loaded onto Co_3O_4 supported by multi-walled carbon nanotubes (Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT) was used as a promising cathode catalyst to enhance electrocatalytic activity and oxygen reduction reaction for cathode in DUFC. The Co_3O_4@MWCNT and Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT was synthesized by chemical method and hydrothermal process, respectively. The uniform dispersion of Pd-Ru alloy nanoparticles on Co_3O_4 surface was determined by FESEM and TEM. A Pd-Ru/MWCNT catalyst was also prepared and evaluated to investigate effects of the Co_3O_4 on performance of the Pd-Ru/Co_3O_4@MWCNT catalyst. Cyclic voltammetry (CV) test was used to exam electrochemical properties of the catalyst.

P2-G2-13 Mn_2O_3/Co_3O_4/N-doped Graphene as Cathode Catalyst in Alkaline Fuel Cell

알칼리형 연료전지용에서의 Mn_2O_3 /Co_3O_4 /N-doped 그래핀 음극 촉매의 연구

Pham Thi Ngoc Tuyen*, 윤영수. *가천대학교*

Catalysts for oxygen reduction reaction is a critical component in renewable energy devices such as fuel cells and metal-air battery. The sluggish kinetics of oxygen reduction reaction (ORR) limit the efficiency of numerous oxygen-based energy conversion devices.

Platinum and its alloys exhibit the best overall performance for catalyzing. However, their cost and scarcity have limited scaling- up of Pt-based catalyst and have motivated studies of alternatives. Among the variety abundant elements, manganese is one of the most attractive candidates due to excellent activities for ORR, an inexpensive material, and a non- toxic substance.

In this study, we report the catalytic activity Mn_2O_3-Co_3O_4 using graphene oxide (GO) as a template by using a hydrothermal method. The interaction of manganese oxide doped cobalt oxide with graphene as support material is considered to be beneficial to the improvement of catalytic activity and durability of the electrocatalysts. Rotating disk electrode (RDE) measurements and cyclic voltammetric (CV) are used to characterize to the ORR electrocatalytical activities of Mn_2O_3 -Co_3O_4/N-doped graphene-based catalysts.

P2-G2-14 Transient Liquid Phase Sintering in $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ Ceramics for All-solid-state Lithium-ion Batteries

전고체 리튬이온전지를 위한 $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ 세라믹의 천이액상소결

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.

P2-G2-15 Bottom-up Construction of Core-Shell FeCu-Carbon Nitride Nanotube in Supercritical Fluid as an Oxygen Electrocatalyst

초임계 유체에서의 상향식 코어-쉘 철-구리 질화탄소 나노튜브 산소 촉매

류재찬*. *UNIST*

Metal–nitrogen–carbon (M–N–C) electrocatalysts have emerged as promising oxygen electrocatalysts with the excessive catalytic active M–N_X sites. However, M–N_X sites are not well preserved at elevated temperature of pyrolysis step. Here, we show that the supercritical fluid with low temperature and fast reaction kinetics allows us to synthesize the high-purity carbon nitride nanotube with filling the preserved iron and copper phthalocyanine (FeCu-CNNT) as an oxygen electrocatalyst. The FeCu-CNNT exhibits half-wave potential of 0.94 V for ORR and potential of 1.65 V at 10 mA cm^{-2} for OER. Further, we fabricate the rechargeable zinc-air batteries and flow-assisted aluminum-air batteries with FeCu-CNNT electrocatalyst, which show better bi-functional activities than the mixture of Pt/C and IrO_2 under high depth of discharge (DOD) of ~32.6% (12 h per cycle) for the zinc-air batteries. The intrinsic precipitation problems of the aluminum-air batteries have been solved by introducing aluminum-air flow batteries system, which show the specific energy of 2,337 Wh kg^{-1} at a current density of 25 mA cm^{-2}.

P2-G2-16 Controlled growth Morphology of Hexagonal Perovskite $BaNiO_3$

육방정계 페로브스카이트의 형태에 따른 특성 변화

최준용*, 김황필, 장해성, 류재찬, 조욱. *UNIST*

Catalysts are one of the most important components in facilitating electrochemical reactions such as in metalair batteries and in water splitting. Representatively, in the case of the oxygen evolution reaction (OER), the demand on alternative catalysts is skyrocketing due to the considerably sluggish kinetics of the state-of-the-art materials, based on expensive metal based catalysts, exemplarily, IrO_2 or RuO_2. In this regard, $BaNiO_3$ of hexagonal symmetry has been considered to be a potential alternative, because one can expect a drastic change in the oxidation number of Ni from +4 to +2 in this structure during cyclic reactions. However, the utilization of $BaNiO_3$ has been limited due to its rather harsh requirements for a proper synthesis such as high temperature and pressure environment. In this work, we show that a flux-mediated crystal growth method enables the synthesis of a hexagonal $BaNiO_3$ of a high quality to be possible even at ambient conditions. Single crystalline rodtype $BaNiO_3$ with an exceptionally high aspect ratio, which are highly beneficial in device applications, was successfully synthesized. In this contribution, we present the catalytic performance of $BaNiO_3$ of various morphology during OER in comparison with that of IrO_2 as a reference. Possible origin of the enhanced performance was delineated with transmission electron microscopy and X ray adsorption spectroscopy.

P2-G2-17 Synthesis of α-$LiAlO_2$ Matrix for Molten Carbonate Fuel Cell using Freeze-Drying Process

동결건조를 이용한 용융탄산염 연료전지용 α-$LiAlO_2$ Matrix의 합성

오연수*, 차유림, 이유나, 김인예, 이운호, 김대윤, 윤영수. *가천대학교*

다양한 연료전지 중 용융탄산염 연료전지는 650°C의 고온에서 운전되기 때문에 저온형 연료전지에 적용되기 힘든 연료를 이용할 수 있다는 장점이 있다. 용융탄산염용 matrix $LiAlO_2$ 물질은 부도체로써 양쪽 전극을 분리해주는 역할을 하고, 고온에서 기계적 강도가 높은 특징을 가진다. 반면, 연료전지 작동 조건에서 상 안정성 유지와 기공도 및 기공 크기 변화의 최소화가 요구된다. 본 연구에서는 동결건조법을 이용하여 α-$LiAlO_2$ matrix 합성을 진행하였다. 동결건조는 열에 민감한 물질의 손상을 최소화, 비활성화하며, 급속 냉각을 통해 분말의 크기와 형태 조절이 가능하여 기공률이 높아져 비표면적이 증가하는 장점이 있다. $LiAlO_2$, $Al(OH)_3{\cdot}xH_2O$을 1:2의 몰비율로 증류수에 혼합하고 $(NH_3)_2CO$를 첨가한 용액을 노즐로 분사했으며, 분사된 용액은 액체질소에 침지하였다. 건조 후 $LiAlO_2$의 상 형성을 위하여 700°C에서 24시간 열처리를 진행하였다. 합성된 $LiAlO_2$는 XRD 분석을 통해 α-$LiAlO_2$을 확인하였으며, SEM, BET을 통하여 입자사이즈 및 비표면적을 관찰하였다. 그 결과, α-$LiAlO_2$ 비표면적과 기공률이 증가했고 입자크기가 축소됨에 따라 matrix의 함침성이 개선된다.

P2-G2-18 Highly Active and robust Silver cathodes treated by Electrochemically-driven (Pr, Ce)$O_{2-\delta}$ overcoating for Thin-film Solid Oxide Fuel cells

도핑된 세리아의 전기화학 증착을 통한 박막형 고체산화물연료전지용 고성능 은-세리아 복합체 전극 제작

김현승*, 서한길, 최윤석, 임대광, 정우철. *한국과학기술원*

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 solid oxide fuel cells (TF-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. The area-specific resistance measured from the symmetric cell with yttria-stabilized zirconia electrolyte is superior to the nanoporous platinum cathode, which is known to be the best in TF-SOFCs. Almost zero degradation in 550°C for more than 100 hours suggests that the PCO-Ag composite cathode of this work is thermo-durable enough to be applicable to TF-SOFCs.

P2-G2-19 Fabrication of Porous Carbon coated Separators for High-Performance lithium-sulfur Batteries

고성능 리튬-황 전지용 다공성 탄소 코팅 분리막 제조

최창훈*, 김동완. *고려대학교*

리튬-황 전지는 높은 이론적 에너지 밀도(2600 Wh/kg)/전기화학적 용량(1675 mAh/g) 및 저렴한 원자재(황)의 가격이 장점인 차세대 이차전지로 최근 활발히 연구되고 있다. 전지의 conversion 반응에 따른 황(S)과 lithium sulfide (Li_2S) 사이의 큰 부피 팽창, lithium polysulfide shuttle effect로 인한 활물질 손실이 리튬-황 전지의 주요한 이슈로 주목받으면서 이에 대한 다양한 해결책이 보고되고 있다. 특히 탄소 소재의 다양한 이종원소(질소, 황, 인, 붕소 등) 도핑은 전기전도도, 이온 흡착력, 흡습성 등의 물성을 향상시킬 수 있기 때문에 리튬-황 전지의 양극용 탄소 구조체, 용해성 lithium polysulfide trapping 물질 합성에 활용되어 왔다. 본 연구에서는 colloidal silica nanocasting 공정을 사용하여 Nitrogen-enriched 다공성 탄소 분말을 합성하였고, 이를 lithium polysulfide shuttle effect를 개선하기 위한 리튬-황 전지용 유리섬유 분리막에 적용하였다. 합

성된 다공성 탄소 소재는 탄소 전구체 사이의 조성 비율에 따라 이종원소 함유량 조절이 가능하며, 수백 m^2/g 이상의 높은 비표면적 값을 보였고, 미세구조 분석을 통해 다공성 표면 구조를 확인하였다. N-enriched 다공성 탄소 소재를 유리섬유 분리막 표면에 도포하기 위해 적합한 바인더 선정 및 고분산성 슬러리 제조조건을 확립하였으며, vacuum filtration 공정을 통해 탄소 도포량을 원활히 조절 가능하였다. N-enriched 다공성 탄소 소재가 코팅된 분리막의 적용시 리튬-황 전지는 사이클 안정성이 향상되었고, 충방전시 전극 미세구조와 가역적 전기화학 반응 활성간의 상관관계를 연구하였다.

P2-G2-20 Evaluation of Structural Effect on Electrochemical Properties of $BaSnO_3$ as Anode Material for Secondary Batteries
이차전지용 $BaSnO_3$의 구조특성에 따른 전기화학적 특성 평가
차유림*, 이유나, 김인예, 김대윤, 이운호, 윤영수. *가천대학교*
현재 전기자동차의 수요와 친환경 에너지에 대한 요구가 커지며 에너지 저장장치의 증가하고 있다. 이에 따라 에너지 밀도를 높이고, 성능, 수명 특성을 개선하는 연구가 진행 중이다. 이의 예시로, 기존 음극재로 상용화되어 있지만 용량적 한계가 존재하는 카본계 물질 대신 이론용량이 크고, 전위가 낮은 Si, Ge, Sn계 물질을 음극재로 활용하는 방법이 주목 받고 있다. 특히 Sn계 물질은 리튬 이온의 충/방전 시 가장 낮은 체적 변화율을 가져 상용화가 되기에 적합한 후보로써 여겨진다. 그럼에도 불구하고 발생하는 부피 팽창, 균열로 새로운 표면이 형성되고 전해액과 반응면적이 증가하게 하여 용량이 감소한다. 본 연구에서는 비활성 산화물 매트릭스를 형성할 수 있는 Ba가 포함된 활성/비활성 금속복합체인 $BaSnO_3$를 음극재로써 활용하며, 형태적 변화를 통해 이를 극복하고자 하였다. 수열합성법을 사용하여 Columnar, Hollow 구조의 $BaSnO_3$를 합성하였으며, 결정성 확인을 위해 XRD, TEM 분석을 진행하였다. 음극재로써 충/방전, 전기화학적 특성 확인을 위해 정전류식 충방전, CV 테스트를 진행하였다. 그 결과, Columnar 구조가 Hollow 구조의 $BaSnO_3$에 비해 우수한 용량특성을 가짐을 확인하였고, 이는 전기전도특성에 기인한다.

P2-G2-21 Highly Efficient Electrochemical Synthesis of Nickel Nanoparticles-Dispersed Ceria Nanostructure with High Carbon coking Resistance for Hydrocarbon Fuel Catalyst
전기화학도금을 통한 탄화수소연료용 니켈나노입자가 분산된 세리아 나노구조체 제작
김진욱*, 최윤석, 유정도, 정우철. *한국과학기술원*
Solid oxide fuel cells (SOFCs) have great advantages such as high energy conversion efficiency and fuel flexibility. A main feature of the SOFCs is high-temperature operation, which offers direct utilization of natural gas of liquid fuels with readily available infrastructures instead of hydrogen whose production and storage are technologically immature to easily access.

However, when directly operating on hydrocarbon fuels, it is more difficult to obtain sufficient performance and durability than hydrogen environment due to more complex reactions and carbon coking. Therefore, the anode needs to be modified to have higher activity and durability in hydrocarbon fuels.

CeO_2 is a key material to achieve a coking-resistant and electrochemically active anode under methane-fed conditions due to its high coking resistance and favorable electro-catalytic activity. Furthermore, metal nanoparticles effectively promote chemical reforming and electrochemical oxidation reactions. These parallel observations obviously suggest that a nanostructured ceria with well dispersed metal NPs is highly desired coating structure for a direct utilization of methane in the SOFCs.

In this study, we apply a simple, scalable, and cost-effective coating method, known as cathodic electrochemical deposition (CELD), to fabricate metal nanoparticle-decorated, nanostructured SDC layers on a model Ni/YSZ electrode. We show highly enhanced (electro-) catalytic activity and long-term stability under hydrocarbon fuels.

P2-G2-22 Synthesis and Evaluation of CeO_2@$Co(OH)_2$ Nano-catalyst for Application in Water Splitting Electrodes
Water Splitting Electrode 용 CeO_2@$Co(OH)_2$ 나노 촉매 합성 및 평가
성명창*, 이광희, 김동완. *고려대학교*
전 세계적으로 석탄, 석유의 사용으로 발생되는 환경 오염을 줄이기 위한 다양한 해결책 중의 하나로 물의 전기분해를 이용한 수소 및 산소 생산이 대두되고 있다. 그러나 실제 물의 전기분해를 위한 전압은 이론상 필요한 전압에 비해 현저하게 높게 나타나기 때문에 전기분해에 필요한 전압을 낮추기 위한 촉매 개발이 필수적이다. CeO_2는 이온전도도와 산소 저장 용량이 높고 촉매 가격이 낮다. 또한 CeO_2 내의 산소 결함 형성으로 인하여 CeO_2 표면에 촉매 활성 자리를 만들기 때문에 우수한 촉매 후보군으로 판단된다. 최근에는 water splitting용 촉매로써 CeO_2의 형상 제어 및 이종 복합화를 통하여 촉매 활성을 향상시키는 연구들이 보고되고 있다. 특히 전해질과 접촉하는 특정 노출면의 제어는 수소/산소 발생 반응(HER/OER)의 물성을 극대화할 수 있다. 본 연구에서는 water splitting용 촉매로 CeO_2 nanoplates를 수열 합성법으로 합성하였다. HER/OER 활성 특성을 향상시키기 위하여, 침전법을 이용하여 $Co(OH)_2$을 침착하여 서로 다른 몰 비율 갖는 $Co(OH)_2/CeO_2$ 이종구조체를 합성하였다. 침착된 $Co(OH)_2$는 CeO_2 nanoplates 사이에 3 nm 이하의 크기를 갖는 비정질로 형성되어 있음을 X-ray 회절 패턴(XRD)와 투과전자현미경(TEM)을 통해 분석하였다. 전기화학적 물성은 $CeO_2/Co(OH)_2$ 이종구조체가 Ce:Co의 비가 5:1일 때 최적의 HER/OER 특성이 확인되었다. HER은 300 mV, OER은 400 mV 정도의 낮은 과전압이 각각 측정되었으며, 10 mA cm^{-2}의 전류 밀도 하에서 약 50 시간동안의 안정성이 확인되었다. 이는 $CeO_2/Co(OH)_2$ 이종구조체의 CeO_2 와 $Co(OH)_2$의 경계면에서 발생된 Ce^{3+}와 같은 defect가 다수 발생하여 우수한 전자 전달 특성이 구현되기 때문이다.

P2-G2-23 Investigation of the Competitive Oxidation of CO and H_2 over CeO_2-based Catalysts
세륨산화물계 촉매의 수소 및 일산화탄소의 경쟁반응에 대한 연구
유정도*, 정우철. *한국과학기술원*
CuO/CeO_2 is among the most attractive oxide materials for the preferential CO oxidation catalyst due to its high activity and CO selectivity. Despite research efforts, however, the origin of CO selectivity on CuO/CeO_2 is still ambiguous due to the complexity of its reactions and catalysts. In addition, the reactivity of CeO_2 is hardly focused on by previous researches although it is not an inert material. In this regard, it is very important to elucidate the origin of CO selectivity by investigating the active site and the role of each materials, which enable the designing the catalyst of high CO selectivity.

Here we propose a CeO_2 surface for the first time as the active site for H_2, which has been regarded as Cu^0 in the literature. In addition, CuO-CeO_2 interface is recommended as the oxidation site for CO, which is in line with the literature. A comparative study was conducted toward $CO/H_2/CO+H_2$ oxidation reaction on X wt% CuO/CeO_2 (CuO loading X=0.1, 0.5, 1, 3, 5 wt%). The drastic increase of CO oxidation rate (3×10^3 times) is induced after 5 wt% CuO loading, which results in the change of activation energy (CuO/CeO_2: 92.6±1.5, CuO:66.5±1.6, CeO_2: 76.5±0.1 kJ/mol). In contrast, the H_2 oxidation rate of CeO_2 slightly increase by loading of 5 wt% CuO and activation energy is nearly unchanged (45.6±2.8 → 43.2±0.5 kJ/mol), which implies the H_2 activation is originated from CeO_2 surface. These results enable to design a new catalyst with CO selectivity enhanced high performance by adjust the active site of each reaction.

P2-G2-24 Exceptionally Reactive and Coking-resistant Ceramic Electrode for Methane Oxidation achived thorugh Metal Nanocatalyst Stabilization by Atomic Layer Deposition

금속 나노 촉매 안정화를 통해 메탄 산화를 위한 고성능, 고내구성의 세라믹 전극 개발

서종수[1*], Nikolai Tsvetkov[1], 정승진[1], 지상훈[2], 김정환[3], 강정구[1], 정우철[1]. *[1]한국과학기술원, [2]한국건설기술연구원, [3]재료연구소*

Solid oxide fuel cells produce electricity directly from oxidizing methane that is the most attractive natural gas fuel, and metal nanocatalysts could be a promising selection to overcome poor catalytic activity of conventional ceramic electrodes. However, the lack of thermal and chemical stability of nanoctalysts is a grand bottleneck in ensuring stability of metal-decorated fuel cell electrodes. Here, *for the first time*, we address this issue by encapsulating the metal nanoparticles with a gas-permeable inorganic shell. Pt particles with a size of ~10 nm are dispersed on the surface of porous $La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O_3$ (LSCM) electrodes *via* wet infiltration and then are subsequently coated with an ultra-thin Al_2O_3 layer *via* atomic layer deposition. The Al_2O_3 overcoat significantly enhances immunity for carbon coking and provides excellent activity for electrochemical oxidation of methane, thereby reducing the reaction impedance of Pt-decorated electrodes by more than two orders of magnitude so that the electrode activity of Pt-decorated sample at 650°C is comparable with that reported at 80°C for bare LSCM. As a result, these observations provide a new perspective on the strategies of lowering the operation temperature, which is the long-lasting challenge of hydrocarbon-fueled solid oxide fuel cells.

P2-G2-25 Nickel Phosphide Nanosheets for Hydrogen Generation Electrocatalyst

수소발생용 니켈-인 나노시트 전기촉매 제조

주보배*, 송희조, 김동완. *고려대학교*

Hydrogen (H_2) is a promising clean and renewable energy source with many advantages over fossil fuels. Water electrolysis has been proposed to be the environmentally-friendly way to produce H_2. Stable and highly efficient water electrolysis requires high-performance electrocatalysts. Although noble-metal electrocatalysts are widely used for the hydrogen evolution reaction (HER), the high cost and scarcity limit their practical applications. One of the approaches to replace the noble-metal electrocatalysts is to develop low-cost and highly efficient electrocatalysts. As alternative earth-abundant catalysts, transition metal phosphides (TMPs) are known to show a good electrocatalytic performance for HER. In this study, we develop the nickel phosphide (Ni-P) electrocatalysts for high-performance HER electrocatalysts. Ni-P nanosheets are synthesized with sodium hypophosphite by solid/gas phase reaction, after hydrothermal synthesis of nickel hydroxide. The prepared Ni-P nanosheets exhibited highly active HER activity with overpotential of less than 200 mV at 10 mA cm^{-2} and long-term stability.

P2-G2-26 Pt@SiO_2 Core-shell: Thermal Stability and Reaction Site in Catalytic Combustion of Methane

백금@실리카 코어-쉘: 메탄 연소 반응에서의 열적 안정성과 반응 활성점

김승현*, 이시원, 정우철. *한국과학기술원*

Core-shell nanocomposites with reactive metal cores and stable oxide shells are actively researched as sintering resistant catalyst by physically preventing metal particle agglomeration in high-temperature (> 500°C) applications such as automobile exhaust control and fuel cells. Therefore, it would be of great importance to study the feasibility of the core-shell particles in practical operating conditions and identify the actual reaction site during high-temperature catalysis. In this study, we prepare Pt@SiO_2 catalyst through 2 steps: morphologically controlled Pt nanoparticles are obtained through colloidal synthesis and silica shell is formed around the core by condensation of silica source, tetraethyl orthosilicate (TEOS). Transmission electron microscopy (TEM), gas adsorption techniques are mainly used for core-shell characterization and catalytic activity of the nanocomposites in methane combustion is measured *via*mass spectrometer. The core-shell catalyst showed faster CH_4 conversion in high-temperature oxidation, nevertheless showed some degradation in the long-term measurement. Also, through comparing the turn over frequency and exposed metallic surface area of core-shell catalysts with different Pt particle diameters, we can confirm that the Pt surface is the dominant reaction site of the Pt@SiO_2 system for CH_4 oxidation.

P2-G2-27 Enhanced Electrochemical Performance of Metal-supported Solid Oxide Fuel Cells Via an Inner Coating of $Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_{2-\delta}$ Nanosol in the Porous NiFe-metal Support

다공성 NiFe-금속지지체 내부에 결정성 GDC 나노졸 코팅을 통한 금속지지체 연료전지의 성능향상 연구

김선동*, 최현종, 김태우, 서두원, 우상국. *한국에너지기술연구원*

The effects of applying an inner coating of nanosized gadolinium-doped ceria, $Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_{2-\delta}$, sols on the porous NiFe-metal support for solid oxide fuel cell application are investigated. The GDC nanosols are synthesized by a sol-gel method using metal-alkoxide precursors and the Ni/Fe ratio of metal support is optimized. Field-emission transmission electron microscope reveals that the synthesized sols have particle size of 2-3 nm. Metal supports based on alloys composed of Ni and Fe are used in this work, and the ratio of Ni/Fe is optimised. In case of Ni/Fe ratio of 9:1, high porosity (≥ 57%) metal supports are obtained and the physico-chemical compatibility between the NiFe-metal supports and the Ni-GDC anodes is improved. The I-V results demonstrate a remarkable improvement in the power density of the GDC nanosol-coated button cell (677 mW cm^{-2}) compared to that of

the uncoated cell (437 mW cm^{-2}) at 650°C. The total area specific resistance after the coating GDC nanosols significantly decrease from 0.226 Ω cm^2 to 0.125 Ω cm^2. These results reflect that GDC nanosols play an important role in reducing the resistances due to the effective expansion of the triple phase boundary and the improved connectivity of the ionically conductive phase.

P2-G2-28 Impact of Grain Boundaries on Oxygen Evolution Electrocatalysis in Perovskite Oxides

산소 발생 촉매 활성에 미치는 페로브스카이트 산화물 결정립계의 영향

허윤*, 최승규, 정성윤. *한국과학기술원*

The grain boundaries are formed when two or more crystal grains meet in different crystallographic orientations. At the grain boundaries, they form a different atomic arrangement than in the bulk, and deviating from the existing symmetric structure. These symmetry-broken structure, which is difficult to achieve in the bulk, show new physical properties in the grain boundaries. Using bulk samples with various grain size and bicrystal epitaxial thin film samples, it was confirmed that the catalyst activity was very good at grain boundaries. Also, through DFT calculations, atomic displacements in the metal-oxygen octahedral structure collapse the degenerate state of the 3d orbitals of the transition metal, resulting in faster charge transfer between metal-oxygen. It is also important to note that the atomic symmetry-broken structure can be utilized as a new approach to improving the electrochemical catalytic activity.

P2-G2-29 Atomic-Scale Observation of Cathode Materials during Dissolution Behavior in Aqueous Electrolyte

수계 전해질 내 양극 물질의 용해 거동에 따른 원자 단위 관찰

변필규*, 정성윤. *한국과학기술원*

Understanding the atomic structure variation at the surface of cathode materials in contact with an electrolyte is an essential step toward achieving better electrochemical property of rechargeable batteries. Various types of water-based aqueous solutions have been suggested as alternative electrolytes to the currently used flammable organic electrolytes in Li-ion batteries. However, most research on aqueous rechargeable Li-ion batteries has largely focused on the synthetic processing of materials and electrochemical performances rather than in-depth atomic-scale observation on the electrode surface where the initial charge transfer and the (de)intercalation reaction take place. By using $LiFePO_4$ and $LiCoO_2$ single crystals, we identify serious P and Co dissolution from $LiFePO_4$ and $LiCoO_2$ into aqueous solutions without any electrochemical cycling. Besides, both strong temperature-dependent behavior of P dissolution in $LiFePO_4$ and very unusual occupancy of Co in the tetrahedral interstices in $LiCoO_2$ are directly demonstrated via atomic-level (scanning) transmission electron microscopy. Ab initio density functional theory calculations also reveal that this tetrahedral-site occupation is stabilized when cation vacancies are simultaneously present in both Li and Co sites. The findings in this work emphasize the significance of direct observation on the atomic structure variation and local stability of the cathode materials.

P2-G2-30 Fabrication of poly Si membrane using Water-soluble Sacrificial $Sr_3Al_2O_6$ Oxide

물분해성 $Sr_3Al_2O_6$ 산화물 희생층을 이용한 다결정 실리콘 멤브레인 제조

권정규*, 민준기, 정동욱, 이은지, 유상우. *경기대학교*

다층구조에서 화합물을 손상없이 분리하는 것은 어려우며 이를 방지하기 위해 별도의 분리작업을 거치게 되면 높은 비용이 발생한다. 본 연구에서는 $Sr_3Al_2O_6$가 물에서 분해되는 특성을 이용하여, $Sr_3Al_2O_6$ 위에 이종 물질을 박막 형태로 만들어 기계적, 열적인 분리작업을 거치지 않고 손상없이 박리하는 방법을 제시한다. $SrCO_3$, α-Al_2O_3를 각각 3:1의 몰 비로 하여 볼밀을 진행하고, 1200°C에서 하소를, 1450°C에서 소결을 진행하여 $Sr_3Al_2O_6$를 얻을 수 있다. 이렇게 제조된 poly-crystalline $Sr_3Al_2O_6$ 위에 Si를 증착한 후 물에서 $Sr_3Al_2O_6$층을 분해시켜 Si 층만 남길 수 있었다. 이러한 희생층 위에 Electron-beam evaporation, thermal evaporation, plasma-enhanced CVD 등의 방법으로 성장시킨 Si 층과 기존 Poly Si 태양전지에 사용되는 Si wafer의 특성을 비교하였고, 특성을 개선시킬 수 있는 방안에 대해 연구하였다. 나아가 이 방법으로 성장시킨 Si 층 위에 디바이스를 제작하여 특성을 분석하였다.

P2-G2-31 MOF-derived Nickel Phosphide/C nano-spheres as an Anode Material for Sodium ion Batteries

금속 유기 골격체를 이용한 금속 인화물/탄소 나노구체 합성 및 소듐 이온 전지 특성 평가

이종원*, 홍성현. *서울대학교*

Recently, sodium ion batteries have been regarded as the promising alternatives to lithium-ion batteries due to the abundant sodium resources and similar electrochemical reactions to those of lithium-ion batteries. Metal Organic Frameworks (MOFs) are widely studied in gas storage, catalyst, and drug delivery due to their diverse, high porous structure and high surface areas. Because of these advantages, MOF-derived materials are highlighted as an anode materials for sodium energy storage.

Especially, transition metal phosphides, which have inactive metal matrix, and P elements, are promising active materials because of high theoretical capacity and good cyclability.

In his work, we synthesized MOF-derived nickel phosphide/ Carbon nano-spheres by hydrothermal methods. As-synthesized Ni-MOF nano-spheres are 700~800 nm in size and have been well synthesized without the collapse of the structure. Also, we investigated electrochemical properties as an anode for sodium ion batteries.

P2-G2-32 High Performance SOFC cathode Fabrication with Nano-morphology Via chemically Assisted Electrodeposition

전기화학적 증착을 통한 나노 형태의 고성능 SOFC 공기극 제작

Saeedur Rehman*, Rak Hyun Song, Seok Joo Park, Tak Hyoung Lim, Seung Bok Lee. *한국에너지기술연구원*

$La_{1-x}Sr_xCoO_3$ (LSC) SOFC cathode was fabricated with nano-morphology by employing an electrochemical route of chemically assisted electrodeposition (CAED). For that purpose, anode-supported SOFCs were fabricated with NiO/YSZ anode support, NiO/ScCeSZ anode functional layer, ScCeSZ electrolyte layer and a porous oxygen ion conducting GDC scaffold. To provide a conductive surface for CAED experiments, CNTs were grown onto the GDC scaffold in an

interconnected network. Next, La and Co were simultaneously deposited onto the CNT modified GDC scaffold by CAED. After CAED, GDC scaffold was infiltrated with a single Sr infiltration and heat treated at 900°C to form an LSC phase. Anode-supported SOFCs with LSC/GDC cathodes fabricated by conventional sintering and CAED methods were tested and compared for their electrochemical performance. SOFC with LSC/GDC cathode fabricated by CAED was found to produce a 200% higher power density as compared to the one prepared by the sintering method.

P2-G2-33 Development of Thin and Dense GDC interlayer on a Planar type Anode-supported Solid Oxide Fuel cell

연료극지지형 평판형 고체산화물 연료전지의 얇고 치밀한 GDC 중간층 개발

신상우*, Muhammad Zubair Khan, 송락현, 이승복, 임탁형, 홍종은. *한국에너지기술연구원*

In the present work, vacuum slurry coating process was developed for fabricating thin and dense GDC interlayer on large area planar type anode-supported SOFC. The tape casted anode-support and electrolyte body was pre-sintered at 1100, 1150 and 1200°C. The GDC interlayer was coated on pre-sintered bodies using vacuum slurry coating process as a function of immersion time. The GDC coated cells were sintered at 1350 and 1420°C. Scanning electron microscopy (SEM) was performed to analyze the cross-section and surface of the sintered GDC interlayer. The results of the study showed that GDC interlayer thickness increased with increasing immersion time and decreasing pre-sintering temperature of electrolyte coated anode support. The 1200°C pre-sintered body showed thin and highly dense GDC interlayer irrespective of the immersion time which is attributed to the lower shrinkage difference between coated GDC interlayer and pre-sintered electrolyte coated anode support.

P2-G2-34 Process Development of Anode/metal-supported Thin Film solid Oxide fuel cells for Low-intermediate Temperature Operation

중저온 작동을 위한 연료극 및 금속지지형 박막 고체산화물 연료전지 제작 공정 개발

강성민[1*], 이재석[1], 차석원[2], 배중면[1]. [1]*한국과학기술원*, [2]*서울대학교*

작동 온도를 낮추는 것은 고체산화물 연료전지가 나아가야할 중요한 방향 중 하나이다. 그 이유는, 고체산화물 연료전지의 상용화의 걸림돌이 되는 대부분의 이유가 섭씨 800도 이상의 높은 작동 온도와 큰 관련이 있기 때문이다. 작동 온도가 700도 이하로 내려가면 인터커넥터, 성능 열화 현상, Balance of plants, 열 제어 등의 여러 대표적인 문제가 해소될 수 있다.

박막 전해질은 고체산화물 연료전지의 작동 온도를 낮추기 위한 대표적인 방법 중 하나이다. 본 연구에서는 박막 전해질을 이용하여 중저온에서 작동하는 고체산화물 연료전지 제작 공정을 설계하였다. 연료극 지지체화 금속 지지체에 적용할 수 있는 공정을 개발하여 2.5 cm 직경의 버튼 셀과 5 cm 직경의 대면적 셀을 제작하였고, 전기화학적 성능 측정 및 미세구조 분석을 통해 신뢰성 있는 단위전지 제작 공정임을 확인하였다.

P2-G2-35 Stable Li Ion Battery Anode by Inducing the Covalent Bond between Active Material and Binder by Esterification Reaction

Poly acrylic acid(PAA) 바인더와 실리콘의 에스터(Ester) 반응을 활용한 수명 특성이 우수한 리튬 이온 배터리 음극재 제조 방법

정철호*, 홍성현. *서울대학교*

Recently, the emergence of electrical vehicles has driven the intensive researches on Lithium-ion batteries that exhibit higher energy density with a long term cyclability. While silicon has been recognized as a promising anode candidate due to its high theoretical capacity, its poor cyclability caused by tremendous volume change during cycling inhibits the Si from being commercially used.

Although various nanostructures or introduction of secondary phase layer has been realized as a method to achieve high-performance Si anodes, it requires complex reactions and involves hazardous reagents, which eventually result in cost and barrier to scale up.

Herein, we demonstrate stable Si anode with a high reversible capacity of over 1500 mAh g^{-1} after 500 cycles at a current density of 1000 mA g^{-1}, can be manufactured by inducing the covalent bond with the binder and Si via esterification reaction. Mechanically robust covalent bond between binder and Si can effectively prevent the sliding of binder during cycling, which eventually results in superior cyclic performance.

P2-G2-36 Dual 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 듀얼도핑 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, 이종 원소인 Ga과 Nb의 듀얼 도핑을 통해 LLZO의 이온 전도도를 향상시키고자 하였다. Zr 자리에 Nb 도핑을 통해 carrier concentration 및 mobility를 증가시키고, cubic phase LLZO를 안정화 시킨다고 알려진 Ga을 Li자리에 도핑하였다. 예비 실험 결과 Nb를 도핑한 LLZO는 92.7%의 상대밀도, 3.29×10^{-4} Scm^{-1}의 이온전도도를 나타낸 반면 Nb, Ga를 듀얼 도핑한 LLZO의 경우 93.8%의 밀도, 4.3×10^{-4} Scm^{-1}으로 이온 전도도가 향상된 듀얼 도핑 효과를 확인하였다. 또한 Spark Plasma Sintering (SPS)를 통하여 소결밀도를 증가시켜 이온전도도를 향상시키는 연구가 진행 중이다.

P2-G2-37 A Facile Synthesis of Pd@ZnO-In_2O_3 Core-shell Nanoparticles with High Selectivity to Hydrogen Gas

수소 가스에 대한 높은 선택성을 갖는 Pd@ZnO-In_2O_3 코어 - 셸 나노 입자의 용이 한 합성

Thuy Nguyen[1*], Hu Jun Lee[1], Ha Nui Choi[1], In Hwan Lee[2], Yeon Tae Yu[1]. [1]*전북대학교*, [2]*Korea University*

Due to the affinity of palladium (Pd) material with hydrogen (H_2) gas, it is able to be the best choice for H_2 detection. Upon H_2 exposure, Pd may be converted to PdH_x, and this can lead to the rapid growth of its volume reached to 900 times as compared to Pd precursor. Meanwhile, ZnO is promising shell material for highly sensitive gas sensors. But, the sensors based on ZnO still show limited outcomes because of their high working temperature, low selectivity. To overcome these shortages, Pd nanoparticles (NPs) were placed inside ZnO as a core to improve the selectivity for hydrogen gas and In_2O_3 was doped with ZnO to improve the sensitivity in this work. Thus, Pd@ZnO-In_2O_3 core-shell composite NPs were synthesized and investigated. In some previous publications, ZnO-In_2O_3 nanocomposite exhibited better gas sensing performance than that of the single material. In this work, the Pd@ZnO-In_2O_3 core-shell NPs were synthesized using the hydrothermal method. The structures, morphologies and surface area of as-synthesized Pd@ZnO-In_2O_3 core-shell NPs were characterized by XRD, TEM, and BET measurements. The synthesized materials were then applied for H_2 detection at different concentrations and temperature. The Pd@ZnO-In_2O_3 sensor device showed better sensing response (~180) to 100 ppm H_2 at the optimum working temperature of 250°C as compared to pure ZnO (15) and Pd@ZnO (30). Furthermore, the Pd@ZnO-In_2O_3 sensor device also demonstrated high selectivity to H_2 among different gases such CO, CH_4, CH_3CHO, and C_2H_5OH.

P2-G2-38 The Effect of Nano-ZrO_2 Addition on the Mechanical Properties of Ni-YSZ Cermet Anode Support for Solid Oxide Fuel Cells

나노-ZrO_2 첨가에 따른 고체산화물연료전지 Ni-YSZ 연료극 지지체의 기계적 강도

권범수*, Muhammad Zubair Khan, 송락현, 이승복, 임탁형, 홍종은. *한국에너지기술연구원*

The strength and durability of the porous cermet anode support is of great concern during the long-term operation of anode-supported solid oxide fuel cells (SOFCs). In the present work, the effect of nano-ZrO_2 addition on the mechanical strength of nickel oxide (NiO)-8 mol.% yttria-stabilized zirconia (8YSZ) and NiO-3 mol.% YSZ (3YSZ) cermet anode support is evaluated. The NiO-8YSZ and NiO-3YSZ powders were mixed with nano-ZrO_2 (< 100 nm), pelletized and sintered at 1400°C. The X-ray diffraction (XRD) of the powder samples and energy dispersive spectroscopy (EDS) of the sintered anode-support samples were performed to analyze the uniform mixing of the nano-ZrO_2. The flexural strength of the NiO-8YSZ and NiO-3YSZ anode support samples with and without nano-ZrO_2 was compared. The results of the study showed that addition of nano-ZrO_2 improved the mechanical strength of NiO-3YSZ anode support up to 32% and NiO-8YSZ anode support up to 28%.

P2-G2-39 Biphase Induced High Performance by Li Substitution at $Na_{0.67}[Fe_{0.25}Mn_{0.75}]_{1-x}Li_xO_2$ as Cathode Materials for Sodium Ion Batteries

리튬 치완된 나트륨이온전지용 양극소재 $Na_{0.67}[Fe_{0.25}Mn_{0.75}]_{1-x}Li_xO_2$의 혼합된 구조에 의한 우수한 성능

왕지은[1]*, 정영화[2], 김도경[1]. [1] *한국과학기술원*, [2] *포항가속기연구소*

Sodium-ion battery (SIB) is one of the promising secondary battery which have high potential to replace lithium-ion batteries (LIBs) in large scale energy storage systems (ESS) because its main advantage is low cost of sodium resource and of aluminum current collector. Still, high capacity and stable cycle life need to be achieved in order to be incorporated in ESS successfully. Recently in LIBs, Li-rich transition metal oxides have gained much attention as cathode material due to its superior capacity. In Li-rich materials, Li was substituted at transition metal layer, leading to what seems like an oxygen redox reaction and to superior capacity above theoretical limit of transition metal oxides. In this study, Li was substituted in transition metal layer of $Na_{0.67}[Fe_{0.25}Mn_{0.75}]O_2$ as cathode materials for SIBs. Detailed structure analysis by Rietveld refinement of synchrotron XRD and electrochemical analysis were conducted. Interestingly, Li-substituted biphasic P_2/O_3-type transition metal oxide showed side reaction and superior performance. Such feature was not seen in Li-substituted monophasic structure, indicating that both Li and biphasic structure played a key role in superior performance.

P2-G2-40 Synthesis of Ternary $NiTi_2S_4$ and its Electrochemical Characteristics as Highly Stable Lithium-Ion Battery Anode

삼성분계 $NiTi_2S_4$의 합성 및 고안정성 리튬 이온 배터리 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 가지고있다. 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 음극재로써의 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.

P2-G2-41 Synergistic Effect of Solid Solution Phosphide ($Mn_{1-x}Fe_xP$) as a Conversion/Alloying Hybrid Anode for Lithium-Ion Batteries

하이브리드 전환/합금 반응을 보이는 리튬 이온 전지용 고용체 인화물($Mn_{1-x}Fe_xP$)의 시너지 효과

김경호*, 홍성현. *서울대학교*

Recently, the beneficial combination of two Li^+-storage mechanisms in a single compound, refer to as conversion and alloying materials (CAMs), has been noticed to complement the shortcomings of two mechanisms, which can effectively buffer the volume change and ensure the electron/ion transport derived from synergistic effects. A new strategy to extend the concept of the present CAMs is to find out the material to form the complete solid solution, which can additionally control the ratio of alloying and conversion materials. In addition, since most of the current studies about CAMs are limited to oxides, it is required to switch from oxides to phosphides, which leads to the improved energy density by lowering the Li^+ reaction potential and voltage hysteresis.

In this study, we suggest a new concept to tailor the electrochemical performance using the solid solution of alloying-type MnP and conversion-type FeP. The solid solution $Mn_{1-x}Fe_xP$ series ($0 \le x \le 1$) were synthesized using high energy milling and their capacity and cyclability were investigated. The $Mn_{1-x}Fe_xP$ generates the *in-situ*nanocomposite where nanocrystalline $Li_xMn_yP_z$ and Fe nano-network are embedded in the Li_3P matrix, which can improve cyclability and high rate stability.

P2-G2-42 Understanding Redox Mechanism Dependent on Crystal Structures in Organic Rechargeable Batteries

유기물 이차 전지시스템의 결정 구조에 의한 레독스 메커니즘에 대한 이해

이세찬*. *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.

P2-G2-43 Enhanced Performance of Perovskites Photovoltaics Using Organic Dyes

홍인화*, 박민아, 장주희, 김진영. *서울대학교*

In recent decade, the organic-inorganic halide perovskite has brought notable improvements in performances with the efficiency exceeding 23%. It is believed that the perovskites are promising material for next-generation photovoltaics, due to its many advantages, such as easily tunable band-gap and low cost.

Ruthenium dyes, such as Z907, are introduced as respectable candidates for perovskite additives which improves the photovoltaic performance and increase the stability by affecting photo current and ion migration. Insertion of organic dyes can broaden the range of absorption wavelength and affecting the interfacial between perovskite absorber and extraction layer.

We believe that addition of organic dyes in perovskite materials will be expanded to other field such as Building Integrated Photovoltaic System (BIPV) by utilizing various colours of dyes.

P2-G2-44 Synthesis of Recyclable Metal Oxide-based Porous Nanocomposites for Hydrogen Production

수소생산을 위한 재사용가능 금속산화물계 다공성 나노 복합체 제조 및 그 특성

이지민*, 오영빈, 좌용호. *한양대학교*

With the advent of new & renewable energy which can replace fossil fuels in modern industry, astonishing progress in nanocatalysts for energy production (e.g., hydrogen energy) was witnessed in the 21st century. Hydrogen can be produced by two-step water splitting with metal oxides as a redox pair in thermo-chemical reaction. By securing hydrogen energy production technology drawing on these metal oxide-based nanocatalysts, it is possible to solve energy problems and enhance national competitiveness.

Here, with a view to overcoming the structural limitation of the conventional nanocatalysts, we report a new type of ceria (CeO_2)-based nanocomposites with a porous matrix, prepared by a combination of electrospinning and heat treatment process. In order to obtain a tailored matrix material for possessing a thermal stability and thus high energy-production efficiency, the thermodynamics and the analytical studies were conducted. The profiles of the hydrogen evolution in the cyclic two-step water splitting reaction with the porous nanocomposite was also discussed.

P2-G2-45 Fabrication of Monolithic 3D Nanoporous Manganese Dioxide via Proximity-field NanoPatterning Technique and its Applications

근접장 나노패터닝 기술을 이용한 3차원 망간옥사이드 합성과 응용

이기성[1]*, 조동휘[1], 남상현[1], 현가예[1], 심영석[2], 전석우[1]. [1] *한국과학기술원*, [2] *한국과학기술연구원*

Manganese dioxide (MnO_2) has attracted great attentions in the field of catalysts and energy applications due to its non-toxicity, low cost, and unique properties derived from atomic structures (e.g. layered structures, tunneled structures, etc.). However, most studies of MnO_2 have been conducted in the form of powders and thin films, which has been limited to practical applications. Herein, we fabricated a three-dimensional (3D) monolithic nanoporous MnO_2, which provides a high stability, a large active site, and an efficient mass transport channel, by a direct electroplating on a 3D nickel nanostructure. The 3D nickel nanostructures are fabricated via templated electroplating on a pre-patterned epoxy film through Proximity-field nanoPatterning (PnP) technique, resulting in a periodic pore network (200 ~ 300 nm). The MnO_2 nanoshell is uniformly deposited on the nickel surface through potentiostatic deposition, and retains its structure even after nickel removal. The surface morphology and thickness of MnO_2 nanoshell is controlled by applied potentials (0.5 ~ 1.5 V vs Ag/AgCl) and deposition time (10 ~ 30 sec.). Compared to a particular MnO_2, the monolithic 3D nanoporous MnO_2 network could provide high potential for an improved volatile organic compounds (VOCs) removal efficiency with high catalytic activity and stability under relatively harsh and dynamic conditions.

P2-G2-46 Organic/Inorganic Hybrid Coatings on the Back Sheet of Silicon solar Cell for the Reduction of Water Permeability

투습도 감소를 위한 태양전지 back sheet 유무기 hybrid 코팅 연구

정동욱*, 민준기, 유상우. *경기대학교*

실리콘 태양전지는 친환경 및 고효율의 장점 때문에 널리 사용되고 있지만 장시간 가동시 투습에 의해 성능이 점차 저하되는 것으로 알려져 있다. 이를 방지하기 위한 방법으로서 방수 특성이 우수한 재료인 를 실리콘 태양전지 back sheet (BS)에 적용할 수 있는데, Al_2O_3는 방수 특성이 우수하긴 하지만 가혹한 환경에서는 Boehmite 결정질로 상전이하면서 그 내부에 투습 채널이 형성되어 결국 투습도 저감 효과가 줄어드는 단점이 있다. 본 연구에서는 BS에 와 Silane 기반의 고분자를 bilayer로 증착하여 가 상전이되는 것을 방지하고, organic layer에 의한 평탄화로 채널을 막음으로써 투습도를 저하시키고 태양 전지의 효율 감소를 억제하고자 하였다. 는 trimethylaluminum (TMA)을 전구체로 사용하였으며 70°C, 0.33 Torr의 조건에서 atomic layer deposition (ALD) 방법을 통해 증착되었다. 고분자 층은 tetraethoxy silane을 sol-gel법을 통해 합성하였으며, polyethylene 기판 위에 spin coating 방법으로 성장시켰다. 코팅된 고분자 층은 ALD 챔버 내에서 70°C, 5×10^{-2} Torr의 조건에서 10분간 양생 과정을 거쳤다. 이렇게 제조된 유무기 코팅 BS와 기존의 BS를 Ca–test를 통해 투습도를 비교하였고, 나아가 실제 실리콘 태양 전지 적용하였을 때 투습도 저하로 인한 효과를 분석하였다.

P2-G2-47 Carrier Lifetime Measurement in Perovskite/Silicon Tandem solar cell

실리콘/페로브스카이트 이중접합태양전지의 캐리어수명 측정

박재현*, 황선경, 안유진, 장주희, 송정은, 김진영. *서울대학교*

Own to its high performance and relatively simple fabrication process, silicon/perovskite tandem solar cell is actively studied worldwide. Meanwhile recombination of carrier is a main cause of photovoltage loss which results lower performance of the photovoltaic device. To understand and improve a tandem solar cell"s performance, probing each subcell"s photovoltaic properties is crucial. But individual analysis of subcell is difficult in a monolithic tandem device because both subcells simultaneously response to a stimulation.

In this work, in order to characterize each subcell"s carrier lifetime, a highly efficient (> 23%) 3-terminal perovksite/silicon tandem solar cells was made by building an additional electrode along the recombination layer. And by using the 3-terminal structure and transient photovoltage measurement technique, each subcell"s carrier lifetime was measured. Finally to extend the carrier lifetime technique into the monolithic tandem solar cell withtout additional electrode, carrier lifetime was measured with 2-terminal structure using cell-selective light bias. Comparison of both methods show that despite some limitations, carrier lifetime of each subcell can be found by chosing appropriate characterization conditions.

P2-G2-48 Enhanced Visible Light Photocatalytic Activity of H, N co-doped TiO_2 Nanocrystal by a Facile One-step Hydrothermal and Chemical Reduction Method

일단 수열화학환원법으로 수소, 질소를 동시 도핑하여 가시광 활성화도를 향상시킨 가시광선 반응형 TiO_2 나노결정

이광철*, 위다연, 고항주, 김효진. *한국광기술원*

최근 환경 오염물질 제거, 수소에너지생산 등에 유용한 반도체 광촉매로서 가시광선 반응형 TiO_2 광촉매의 연구가 활발하다. 가시광선 반응성을 극대화시키기 위해 비금속/금속 이온 도핑, 산소공공유도, 표면플라즈몬, 좁은 띠간격 반도체 소재와의 결합 등과 같은 방식들이 시도되고 있다. 본 연구에서는 손쉽고 공정비용이 저렴한 일단 수열화학환원법으로 TiO_2 나노결정에 대한 Ti^{3+} 환원 및 산소공공유도와 질소도핑을 수행하여 가시광선을 비롯한 넓은 대역에서 반응성이 향상된 TiO_2 광촉매를 구현하였다. 수분으로 수소 발생과 암모니아 발생을 촉발시킬 수 있는 소재를 TiO_2 전구체와 함께 고압밀폐용기에 넣고 200°C 이하 조건에서 수열반응을 진행하여 가시광 활성화도가 향상된 TiO_2 나노결정을 구현하였으며, MB 분해 실험 및 흡광도, XRD, XPS 분석을 수행하였다. MB 분해 실험 및 XPS 분석 결과, 수소 도핑에 의한 Ti^{3+} 환원 및 산소공공 형성이 되고 동시에 질소 도핑이 된 시료가 도핑하지 않았거나 수소나 질소를 개별적으로 도핑한 시료에 비해 인공태양광 조사 조건에서 가장 우수한 광분해 결과를 나타내었다. 결론적으로 손쉽고 저렴한 일단 수열화학환원법으로 TiO_2 전구체에 도핑물질 전구체를 직접 반응시켜서 TiO_2 나노결정에서 Ti^{3+} 환원 및 산소공공유도와 질소도핑을 구현하여 가시광 활성화도를 증진시킬 수 있는 것으로 확인되었다.

P2-G2-49 Tailoring the Exposed Crystal Facets of $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ for Cathode-solid Electrolyte Interface Modification in All-solid-state Lithium-metal Batteries

전고상 리튬메탈 전지 양극-전해질 계면 개선 위한 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ 결정면 제어

이승환[1*], 신현정[2], 김주선[1], 박상백[1]. *[1] 한국과학기술연구원, [2] 성균관대학교*

All-solid-state lithium-metal batteries (ASSLB) are promising, because it can alleviate the safety issues as well as attain a high energy density with a 5V-class positive electrode like $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ (LNMO). However, the high solid electrolyte/cathode interfacial impedance is a major drawback hindering fast charge/discharge in practical applications. Herein, we investigate the effect of crystal facets of LNMO on ASSLB systematically. The LNMO thin films with different orientations were prepared by radio frequency (RF) magnetron sputtering with the different oxygen partial pressure. The LNMO thin film with a higher (111) orientation exhibit higher discharge capacity and c-rate capability, of which highest values are 129.32 mAh/g after 100 cycle and 99.84 mAh/g at 5C, respectively. It suggests that tailoring the exposed crystal facets of cathodes can be one of the key to improve the Li ion migration at the interface between the solid electrolyte and the electrode.

P2-G2-50 Quantitative Analysis of All-solid-state Batteries Composite Cathodes using Three-dimensional Reconstruction Technique

3차원 재구성 분석방법을 이용한 전고체전지 복합양극의 정량 분석 연구

전민재[1*], 최성준[1], 이종호[1], 정용재[2], 김형철[1]. *[1] 한국과학기술연구원, [2] 한양대학교*

대용량 에너지 저장 장치의 요구와 가연성 유기계 액체전해질기반 리튬 배터리의 안전성 문제가 제기 되면서 무기계 고체전해질을 사용하는 전고체전지에 대한 관심이 높아지고 있다. 모든 성분이 고체로 이루어진 전고체전지의 복합양극은 기존의 액체전해질 기반 배터리와는 다르게 모든 성분들의 균일한 혼합과 고체-고체 물질들의 긴밀한 접촉이 필요하다. 이전의 복합양극의 분석은 SEM, EDS 등을 이용한 정성적인 분석이 이뤄졌고 이는 복합양극의 미세 구조 특성과 계면을 분석 하기에는 한계가 존재한다.

본 연구에서는 복합양극의 3차원 재구성을 통해 고체 물질 내 미세구조 특성(부피 비, 연결도, 만곡도, 기공의 형성)의 정량 값을 분

석 하였다. 전해질-기공, 양극 물질-기공의 정량적인 분석을 통해 각각 59.1, 40.9%의 기공의 부피를 얻었고 이는 체적 계수가 높은 양극물질이 체적 계수가 낮은 전해질에 비해 기공형성이 약 1.5배 높은 것을 확인 하였다. 또한 복합양극 구성 물질들의 2상 계면의 분석을 통해 실질적으로 전지의 충, 방전 반응에 영향을 주는 2상 계면의 면적이 전체 2상 계면의 면적에 23%를 차지하는 것을 확인했다. 이러한 복합양극의 3차원 재구성 분석 방법은 앞으로 발전된 전고체 전지를 구성하기 위해 다양하게 이용 될 수 있을 것이다.

P2-G2-51 Pulsed wire Evaporation Based Al/Cu/Cu_2O for CO_2 Photo-reduction

이산화탄소 광 환원을 위한 전기폭발법 기반의 Al/Cu/Cu_2O

김현[1*], 이동진[2], 김주명[2], 양비룡[1]. [1]*금오공과대학교*, [2]*(주)나노기술*

Ongoing research of the precise CO_2 to fuel conversion selectivity became important issue because products are mixed during CO_2 reduction. In order to improve conversion selectivity, some of metal oxide catalysts are available for different products. In this study, Al/Cu was synthesized by pulsed wire evaporation method instead of dominant chemical vapour deposition. And prepared Al/Cu nano-particles were investigated by means of both FESEM (field emission scanning electron microscope) and TEM (transmission electron microscope). Cu_2O were comparatively studied by two different methods that of electrodeposition/oxidation process and SILAR (successive ionic layer adsorption and deposition process process). CO_2 to CH_3OH conversion selectivity test was conducted using three electrode system under visible light that of intensity 100 mW/cm^2. Products of CO_2 reduction was collected by micro-syringe and subsequently transferred to the NMR (nuclear magnetic resonance) and raman spectroscope to identify inside solution composition. Quantitative measurement of CH_3OH was also conducted by HPLC (high performance liquid chromatography).

P2-G2-52 Fe/$CaFe_2O_4$ Photo-cathode for CO_2 Photo-conversion

이산화탄소 광 변환을 위한 Fe/$CaFe_2O_4$ 광 캐소드

김현*, 양비룡. *금오공과대학교*

Research of CO_2 fuel conversion selectivity have been critical issue because products are mixed during CO_2 photo-conversion. Some of metal oxide catalysts to improve conversion selectivity have been available for different products. In this study, Fe/$CaFe_2O_4$ photo-cathode was prepared by polyol method, chemical bath deposition and oxidation after electrodeposition using FTO glass. Grown hetero-junction nano-structures were confirmed by means of both FESEM (field emission scanning electron microscope) and TEM (transmission electron microscope). CO_2 to CH_3OH conversion selectivity test was conducted using three electrode system under visible light that of intensity 100 mW/cm^2. Products of CO_2 reduction was collected by micro-syringe and subsequently transferred to the NMR (nuclear magnetic resonance) and Raman spectroscope to identify inside solution composition. Quantitative measurement of CH_3OH was evaluated by GC-MS (gas chromatography-mass spectrometer) and stability of Fe/$CaFe_2O_4$ also was studied.

P2-G2-53 Red TiO_2 Nanotubes for Trace Contaminant Control System

Trace Contaminant Control System을 위한 Red TiO_2 나노튜브

김현*, 양비룡. *금오공과대학교*

The concentration of volatile organic compounds (VOCs) that are off-gases from instruments as well as from the human metabolism are significantly considered when designing of spacecraft and spacesuit for long period mission such as planet exploration because they derive diseases such as central nervous disorder, irritation of mucosa and arrhythmia. As present VOCs control system that are composed a charcoal bed for adsorption, a sorbent bed (2 kg of LiOH/day-person, LiOH affects irritation of eyes) and a catalytic oxidizer(operated at 400°C) is heavy andcomplex, thus, development of compact and efficient VOCs control system is important. As a results, we suggested that red TiO_2 nanotubes enable to reduce weight of present VOCs control system and hazardous LiOH replacement. In this study, TiO_2 nanotubes were used for decomposition of VOCs that confined at inside and outside tube walls to protect astronauts against VOCs. Red TiO_2 nanotubes were prepared by alkaline based hydrothermal reaction in convection oven and subsequently it was annealed under hydrogen gas. VOCs for decomposition test were considered based on spacecraft maximum allowable concentrations table from NASA. Their efficiency of VOCs decomposition in both TiO_2 nanoube-coated optical fibers and transparent glass tubes will be investigated and evaluated in the trace contaminant system of spacecrafts.

P2-G2-54 Performance and Durability of Reversible Electrolysis-Fuel Cell Using Solid Oxide Cell Stack

고체산화물 셀 스택을 이용한 가역 수전해-연료전지 성능 및 내구성 평가

최현종*, 김태우, 변세기, 서두원, 황효정, 우상국, 김선동. *한국에너지기술연구원*

수소충전소 등 청정 수소에 대한 수요가 확대되면서 물을 전기분해하여 수소를 제조하는 수전해 기술에 대한 관심이 고조되고 있다. 이 가운데 고체산화물셀(Solid Oxide Cells)을 이용하여 700~850°C의 과열증기를 전기분해하여 수소를 제조하는 고온형 수전해(High-temperature electrolysis) 기술은 유사 기술인 PEM (Polymer Electrolyte Membrane) 또는 Alkaline 수전해 기술보다 전기에너지가 적게 소모되어 대량 수소 제조 시 경제성이 가장 우수한 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 대면적(100 cm^2) 평관형 고체산화물셀(Flat-tubular solid oxide cells)을 적층하여 스택을 제조한 후, 700°C에서 수전해 모드(수소제조) 및 연료전지 모드(발전)를 가역적으로 전환하면서 성능 및 내구성을 평가하였다.

P2-G2-55 Flexible Hybrid Aerogel Synthesis by Hybridization of Tetraethylorthosilicate and Methyltriethoxysilane

TEOS와 MTEOS의 하이브리드화에 의한 플렉서블 하이브리드 에어로겔 합성

김창열*. *한국세라믹기술원*

에어로겔(aerogel)은 90% 이상의 기공률과 50 nm의 기공크기를 가지는 초다공성 실리카 소재로서 특히 단열성능이 기존의 재료보다 몇 배 우수하여, 차세대 단열소재로서 주목받고 있는 재료이다. 그러나, 제조공정이 복잡하고, 제조단가가 높기 때문에 이러한 우수한 소재 특성을 가지고 있음에도 불구하고 극히 제한된 용도에만 사용되고 있는 실정이다. 또한, 기계적인 강도가 매우 취약하여 깨어지기 쉬운 단점이 있다. 따라서, 최근에는 이러한 에어로겔 자체의 단점들을 보완하고 여러 가지 형태로 가공이 가능하게 하는 에어로겔 블랑켓 복합화 기술이 개발되었다. 따라서 본 연구에서는 이러

한 단점을 보완하기 위하여 프리커서 솔에 메틸트리에톡시실란(MTEOS)과 같은 실란을 첨가하는 것을 통하여 유연한 하이브리드 실리카 에어로젤을 제조하는 방법을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 테트라에톡시실란(TEOS)와 MTEOS의 비율을 달리하여 산에 의한 젤화를 하고, 초임계 건조장치를 사용하여 유무기 복합 에어로젤을 제조하였다. MTEOS가 함유됨에 따라서 에어로젤은 유연성이 향상되는 것을 확인하는 것이 가능하였다.

실란과 알콕시드 프리커서 졸의 복합에어로젤 소재는 유연성(flexibility)을 부여하고 기계적인 안정성을 확보하는 것이 가능하다. 플렉서블 에어로젤 복합체 블랑켓의 제조는 종래의 폴리머 단열재를 대체할 수 있을 정도의 우수한 단열특성, 기계적인 강도, 유연성으로 인한 다양한 형태로의 가공의 용이성 등으로 향후 기존의 건축용 단열재 시장을 대체할 것으로 예상되며, 또한 우주선과 우주복, 운동복과 운동화와 같은 생활용품에 이르기까지 응용가능성이 매우 확대될 것으로 예상된다.

P2-G2-56 Solution based Synthesis of $Na_{1.5}VPO_{4.8}F_{0.7}$ Nanoparticles for Sodium Ion Battery

용액공정을 이용한 소듐이온 전지용 $Na_{1.5}VPO_{4.8}F_{0.7}$ 나노입자의 합성 및 특성평가

김형석*. *한국과학기술연구원*

상온에서 작동 가능한 소듐이온전지는 현재 상용화된 리튬이온전지를 낮은 가격으로 대체할 수 있어 많은 관심이 모아지고 있다. Phosphate기반의 NASICON 타입 소듐이온전지용 양극물질들은 다른 양극 후보물질군에 비하여 높은 작동전압을 가지고 있고, 우수한 이온전도도를 나타내어 빠른 충방전도 가능하다는 장점이 있다. 그중에서도 $Na_{1.5}VPO_5F_{0.7}$는 높은 이론용량(~130 mAh/g)과 높은 작동전압(~3.8 V vs. Na/Na^+)을 나타내어 상용화 가능한 소듐이온전지에 적용될 수 있는 양극물질로서 많은 주목을 받고 있다. 현재까지 $Na_{1.5}VPO_5F_{0.7}$를 합성하는 방법은 대부분 고온에서의 고체상반응을 이용하여 왔으나, 소듐이온전지의 가격적인 측면을 고려하였을 때, 경제적이고 적은 에너지를 사용하여 $Na_{1.5}VPO_5F_{0.7}$를 합성하는 방법의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 에너지를 적게 소모하고 친환경적인 수계기반 용액공정을 이용하여 $Na_{1.5}VPO_5F_{0.7}$ 나노입자들을 합성하였고, 그 전기화학적인 특성을 분석하였다. 두 단계의 용액공정(페치니방법-수열합성)을 이용하여 합성된 $Na_{1.5}VPO_5F_{0.7}$ 나노입자들은 0.1C에서 이론적용량인 130 mAh/g을 달성하였고 우수한 사이클 특성을 나타내었다. 또한 3분내에 충전 혹은 방전이 가능한 속도인 20C에서 80 mAh/g의 용량과 달성함으로써, 높은 가용용량 및 우수한 출력특성을 동시에 만족시키는 결과를 나타내었다. 실제 소듐이온전지에의 적용가능성을 알아보기 위하여 Sb-reduced graphene oxide를 음극으로 사용하고, $Na_{1.5}VPO_5F_{0.7}$ 나노입자를 양극으로 사용한 풀셀을 제작하여 성능을 평가하였을 때, 1C 및 20C에서 각각 115 mAh/g 및 68 mAh/g의 높은 용량을 달성하였고 사이클 특성 또한 우수한 것을 확인하였다.

P2-G2-57 Hydrothermally Treated Waste Soft Wood Derived Activated Carbon for Supercapacitors

열수처리한 낙엽송을 이용하여 만든 슈퍼커패시터용 활성탄

임건해*, 노광철. *한국세라믹기술원*

Activated carbon was obtained from Hydrothermally treated waste soft wood (HSW) that remained as by product including plenty of lignin. In this study, dried HSW was carbonized at 600°C and activated by KOH alkali agent at 900°C. HSW-derived activated carbon (HSWAC) was investigated physically and electrochemically as supercapacitors. That showed not only high specific surface area up to 2036 m^2/g, but also high volume of hierarchical pores up to 0.74 cm^3/g when ratio of carbon to KOH was (C/KOH = 1:2.5 (w/w). Specific capacitance of 142 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 hydrothermal process, contributes to enhancing electrical conductivity. From both environmental and economic perspective, it can be easily obtained from waste biomass and can produce activated carbon with very low production costs. Thus, HSWAC is promising of energy storage material.

P2-G2-58 The Effect of Iron Deficiency on the Magnetic Properties of Ca-La M-type Hexaferrites

Ca-La M-type 육방정페라이트 에서 철 원소 부족이 자기특성에 미치는 영향

이강혁*, Wei Yan, 유상임. *서울대학교*

Recently, $Ca_{1-x}La_xFe_{12}O_{19}$ (Ca-La M-type) hexaferrites have been reported to possess higher crystalline anisotropy compared with $SrFe_{12}O_{19}$ (Sr M-type) hexaferrite without reducing its saturation magnetization (M_s), resulting in higher coercivity (H_c). Iron deficiency was known to be helpful for the growth and the formation of NiZn spinel ferrites. But the effect of iron deficiency in Ca-La M-type hexaferrites has never been reported yet. In this study, therefore, we tried to investigate the effect of iron deficiency on the magnetic properties of $Ca_{0.5}La_{0.5}Fe_{12-y}O_{19-\delta}$ hexaferrites prepared by solid state reaction. As-calcined powder were pressed into pellets and sintered at 1275~1325°C for 4 h in air. Samples were characterized by powder X-ray diffraction (XRD), vibrating sample magnetometer (VSM), and scanning electron microscope (SEM). Powder XRD analyses revealed that $Ca_{0.5}La_{0.5}Fe_{12-y}O_{19-\delta}$ ($0.75 \leq y \leq 2.15$) ferrites calcined at 1250-1300°C for 12 h in air were composed of single phase without the second phases. With increasing the iron deficiency, y, the lattice parameters a, c and unite cell volumes were decreased first up to y = 10.25 and then increased again. The highest M_s value of 77.5 emu/g was obtainable from the sample of $Ca_{0.5}La_{0.5}Fe_{11.25}O_{19-\delta}$ sintered at 1300°C for 4 h in air. Detailed microstructures and magnetic properties of Ca-La M-type hexagonal ferrites will be presented for a discussion.

P2-G2-59 Hybrid Supercapacitors Using Cokes-derived Activated Carbon and $Li_4Ti_5O_{12}$/CNT

코크스 기반 활성탄과 $Li_4Ti_5O_{12}$/CNT를 이용한 하이브리드 슈퍼커패시터

강서희*, 노광철, 천진녕. *한국세라믹기술원*

In hybrid supercapacitors (HSCs), lithium-ion battery (LIB)-type intercalation materials have slower reaction kinetics than electrical double-layer-capacitor (EDLC)-type carbonaceous materials. Balance of them and improve the rate capability are importance to achieve high energy density and high power density. In this study, we successfully designed a HSCs consisting of cokes-derived activated carbon (CAC) as the positive electrode and $Li_4Ti_5O_{12}$ (LTO)/CNT composite as the negative electrode. The enhanced specific capacity of CAC can be attributed to high purity and diverse pore size by alkali method activation. The LTO/CNT composite is made by spray-drying process

that have similar pore structure and particle size, which could exclude any possible effects associated with the LTO. Also ion transport in the CNT network, that contribute to improve the rate capability of the composites. In order to achieve maximum capacity in HSCs, the N/P ratio was adjusted to control the balance between the electrodes and charged-discharged to 2.75 V. These HSCs are expected to be used in many applications due to their high electrochemical properties.

P2-G2-60 Activated Carbon Decorated with Carbon Dots Scissored by Metallic Potassium in Activation Process

장수진*, 노광철. *한국세라믹기술원*

Activated carbon decorated with carbon dots (ACD) was synthesized by using an alkali activation process. In the activation process, metallic potassium expands the layer stacks and scissored turbostratic-structured carbon surface into nanosized particles. A combination of carbon nanodots and nanopores within turbostratic-structured carbon is demonstrated to lead to a capacitive effect in supercapacitors. It has a high electrical conductivity because of the electronic pathway between the surface defects on activated carbon. The cyclic voltammogram curve is less distorted when the scan rate was increased to 100 mV s^{-1}. It exhibited improved additional volumetric capacitance values of up to 123.2 F cc^{-1} because the carbon dots provided additional capacitance from the intercalation into the graphitic carbon structure. An alkali activation with only a small amount of reagent could be one strategy for optimizing both the electrical crystallinity and the porous structure. The results herein open up new means for applying nanocarbons to energy storage applications.

P2-G2-61 Lonic Liquid-derived Nitrogen Doped Activated Carbon for Supercapacitors

슈퍼커패시터 용 이온성액체 유도 질소 도핑 활성탄

김주연*, 채지수, 손운배, 오민주, 노광철. *한국세라믹기술원*

Activated carbon is the most commonly used material for supercapacitors owing to the large specific surface area, commercial availability and low cost. However, the presence of oxygen functional groups in the activation process decrease electrical conductivity of activated carbon. To overcome this problem, many studies have been conducted to increase electric conductivity by doping a hetero element such as N, F, P on the activated carbon surface. This study prepared a series of nitrogen-doped activated carbons through carbonization and KOH activation of a nitrogen-immobilized ionic liquid. The porosity and nitrogen content of the nitrogen doped activated carbons depend strongly on the weight ratio of KOH/carbon. As the weight ratio of KOH/carbon increases from 2 to 8, the specific surface area increases from 1008 to 2274 m^2 g^{-1}, while the nitrogen content decreases from 1.0 to 0.0 at%. The nitrogen doped activated carbon prepared with a moderate KOH/carbon weight ratio of 4, which possesses a balanced specific surface area and nitrogen content exhibits the largest specific capacitance of 177 F g^{-1} at a current density of 0.5 mA cm^{-1} in 1 M $TEABF_4$/AcN electrolyte. Moreover, it shows excellent rate capability and long cycling life stability because nitrogen functional groups can increase electrical conductivity.

P2-G2-62 Waste giant Miscanthus Black Liquor Derived Activated Carbons for Supercapacitors

슈퍼커패시터 적용을 위한 낭비되는 거대억새 흑액 유래 활성탄 합성

이정한[1*], 노광철[1], 차영록[2], 허윤석[3]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 국립식량과학원, [3] 인하대학교*

Activated carbons were synthesized from waste giant miscanthus black liquor (GMB) 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 GMB 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), activated carbons exhibit the high specific capacitance (121 F g^{-1} at 1 mA cm^{-2}) and surface area (2885 m^2 g^{-1}) because rest NaOH agent in waste GMB also contributed to chemical activation. These results indicated the possibility of utilizing waste GMB. Furthermore, with respect to both environmental and economic perspectives, it is advantageous to obtain activated carbon from biomass waste given the ease of handling biomass and the low production cost by reducing the additional alkali agent.

P2-G2-63 Agglomeration of Ultra-fine Particles in Media

매질내 초미세입자 응집기술

이효수*, 김범성, 이해중, 신형원. *한국생산기술연구원*

공기 또는 물과 같은 매질 내의 초미세입자는 최근 환경오염문제의 주요한 원인이 되고 있다. 그러나 여과, 정전기 등 종래의 기술로 이러한 초미세입자를 제거하기에는 효율적이지 못하였으므로 생활환경, 산업현장 등에 실증적용이 가능하도록 새로운 기술개발이 필요한 시점이다. 본 연구에서는 액추에이터에 20 Hz~20 kHz 음역대의 가청주파수 및 0~100 dB 범위의 음압레벨을 적용하여 음파간섭을 유도시켜, 매질내 초미세입자를 큰 크기로 응집시키는 새로운 기술을 연구하였다. 응집된 입자들은 상용화된 저가형 필터, 기설치된 공조시스템 등 기존의 포집시스템의 효율을 증가시킬 수 있을 것으로 기대되었다. 공기내 초미세입자의 응집거동을 분석하기 위하여 본 연구에서는 챔버, 음파 액추에이터, 초미세입자 분배기, 입자 계수기, 데시벨 미터 등으로 구성된 장비를 설계 및 구성하였으며, 음파 및 음압변화에 따른 챔버내 초미세입자의 개수 변화를 분석하였다. 나노 크기의 초미세입자들의 갯수를 안정화 시킨 후, 본 연구에서 최적화된 조건으로 음파 및 음압을 구동시켜, 나노 크기의 초미세입자 대비, 수마이크로크기 이상으로 성장시킬 수 있었다. 또한 음파 및 음압각 조건변화에 따라 응집속도의 가속화가 가능한 것으로 분석되었다.

P2-G2-64 Analysis of SOFC Electrochemical Performance by Ni-Fe Alloy Ratio

Ni-Fe 합금 비율에 따른 SOFC 전기화학 성능 분석

노종혁*, 조영철, 정현권, 명재하. *인천대학교*

대부분의 상용화된 고체산화물 연료전지(SOFC)는 비교적 저렴한 Ni 금속와 지르코니아 기반의 YSZ 산화물을 혼합하여 연료극 지지체로 사용하고 있다. 하지만, 최적화되지 않은 연료극/전해질 계면은 분극/계면 저항을 증가시켜 단위전지 성능을 감소시키기도 한다. 이들의 성능을 높이기 위해서 다양한 소재 및 공정으로 연료극 기능층(AFL)과 전해질막을 도포하는 연구가 다양하게 진행되었으며, 그 결과 SOFC의 성능 향상을 통해 작동온도를 다소 낮출 수 있었다. 그러나 Ni-YSZ 연료극은 장기간 사용시 재료 고유 특성으로 인

해 Ni의 재산화, 황 및 탄소 피독이 발생하기 때문에 이를 해결하고자 다양한 산화물 전극, 합금 전극 등 신소재기반의 연료극 개발이 진행되고 있다. 그 중 다양한 Ni 합금 계열 연료극은 금속의 산화 억제 및 피독 현상에 대한 우수한 결과를 보였지만, 치환 금속의 양이 증가함에 따라 전해질과 열팽창계수의 차이가 커지면서 박리 현상이 발생하는 추가적인 문제점이 발생하였다. 본 연구에서는 Ni-Fe 합금 비율에 따른 열팽창 계수를 제어 하고 Dip-coating법으로 Ni-Fe 합금 기능층(중간층)을 적용하여 연료극 지지체와 전해질간의 박리 현상를 억제하였다. 기존의 Ni-YSZ 연료극 단위전지와 내산화성, 피독 저항성을 비교하는 실험을 진행한 결과, 9:1 비율의 Ni-Fe 합금의 경우 Ni 단일 조성일 때보다 탄소 피독에 대한 높은 저항력과 내산화성을 보였으며 그 결과 양방향 운전(SOFC-SOEC)에서도 안정적인 운전을 할 수 있었다.

P2-G2-65 Solution-based Synthesis of Li_3PS_4 Solid Electrolytes

액상공법을 통한 Li_3PS_4 계열 고체전해질 형성 연구

임희대*. *한국과학기술연구원*

Sulfide-based solid electrolytes have attracted much attention due to their high conductivities, which are far beyond those of oxide-based solid electrolytes. However, they (Li_2S-P_2S_5 system, *i.e.*, LPS) have been normally synthesized by solid state synthesis such as mechanical ball milling. These methods require rigorous control of reaction environment as well as high temperature heat treatment and repeated pelletizing steps. In this work, we have developed an efficient method to form a thin solid electrolyte layer directly on Li metal using the liquid coating techniques. The formation of LPS (Li_2S-P_2S_5) based electrolyte is achieved by rational design of the solvent and the Li, P, and S precursor ratios. The solution electrolyte can be directly coated and formed on Li metal through the *in-situ* formation of the solid electrolyte layer, which does not require the complex synthesis process and high temperature sintering step. Layers of thickness of < 50 mm can be fabricated and electrochemical cycling of lithium is achieved. This liquid-phase coating is a simple and straightforward technique for making a thin solid electrolyte and can be applicable to anode surface with complex contours. The new liquid coating technique holds the promise to overcome the limitations of current state solid electrolytes.

P2-G2-66 Investigation on the Phase Stability of Oxygen ion Conductors for High-Temperature Electrochemical Application

고온 전기화학 응용을 위한 산소 이온 전도체의 상 안정성 연구

황국진[1]*, 신미영[1], 이희수[2], 이명현[1], 신태호[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *부산대학교*

Ceramic oxygen ion conductors are important materials for electrochemical devices due to its good oxide ion conductivity, chemical and mechanical stability at high operating temperature. Among these applications, solid oxide membrane (SOM) electrolysis has been applied in metal production using an oxygen ion conducting membrane with molten salts as a reaction medium at high temperature. Therefore, the performance and reliability depends on the properties of the oxygen ion conductors.

In this study, phase stability of yttria-stabilized zirconia (YSZ), $La_{0.9}Sr_{0.1}Ga_{0.8}Mg_{0.2}O_{2.85}$ (LSGM), scandium doped zirconia (ScSZ) and gadolinium doped ceria (GDC) specimens was investigated in practical conditions such as reaction with CaF_2-NaF-CaO molten salt system and current loading in redox environment at high temperature. To analysis of phase characteristics before and after test, X-ray diffraction (XRD) measurements and Raman spectra were carried out, and Rietveld method was adopted to perform the quantitative analysis. The microstructure was investigated using field-emission scanning electron microscopy equipped with an energy-dispersive X-ray spectrometer.

P2-G2-67 Enhanced Photocatalytic Performance of Magnesium–lithium Co-doped $BiVO_4$

Mg-Li 동시 도핑에 따른 $BiVO_4$의 광촉매 특성 강화

김현진*, 유경현, 김용준, 선우경, 윤석영. *부산대학교*

Undoped $BiVO_4$, Mg–doped $BiVO_4$, Li–doped $BiVO_4$, and Mg–Li co-doped $BiVO_4$ were prepared using a hydrothermal method. The prepared samples were characterized using X-ray diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), UV-Vis diffusion reflectance spectroscopy (UV-vis DRS), and photoluminescence (PL) spectroscopy. Photocatalytic activity was analyzed using the photodegradation of methyl blue (MB) under visible light irradiation. The results showed that Mg–Li co-doped into $BiVO_4$led to lattice deformation, surface hydroxyl groups, a narrower band gap and a lower recombination ratio of photo-induced electron-hole pairs. The photocatalytic activity of Mg5%–Li5% co-doped $BiVO_4$was a remarkable improvement compared to that of undoped $BiVO_4$.

P2-G2-68 Research for the Reduction of Fine Dust Using Sound Waves

음파를 이용한 미세먼지 저감을 위한 연구

엄누시아*, 김범성, 이해중, 이효수. *한국생산기술연구원*

미세먼지란 직경이 10 μm 이하의 입자상 물질을 통칭하며, 직경이 2.5 μm 이하의 입자는 초미세먼지로 다시 구분된다. 전세계적으로 미세먼지에 의한 대기오염이 심각한 문제로 대두되고 있는 가운데, 국내의 경우, 중국에 인접한 위치로 인하여 겨울에 중국 난방에 의한 최악의 스모그가 발생하면 우리나라의 미세먼지 농도가 치솟는 경우가 빈번하게 발생하고, 봄에는 황사 영향으로 미세먼지 농도가 증가하게 된다. 이러한 미세먼지는 다양한 호흡기 질환의 원인이 되며, 건강을 위협하는 가장 큰 영향 요소로 부각되고 있다. 이에 따라 국내 또한 미세먼지에 제거 및 저감에 관한 강력한 법규가 적용 및 시행되고 있다. 일반적으로 미세먼지 제거 및 저감을 위해 필터를 이용하여 미세먼지를 제거하는 방법이 가장 널리 사용되고 있다. 하지만 초미세먼지를 거를 수 있는 필터의 사용은 가격부담 뿐 아니라 일시적으로 사용된다는 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 음파를 이용하여 미세먼지를 응집시키고, 응집된 미세먼지가 침강 하도록하여 미세먼지 농도 감량에 관한 연구를 진행하였다. 음파를 이용하였기 때문에 반영구적으로 미세먼지 농도 제거가 가능하며, 다양한 음파 조건을 이용하여 미세먼지의 응집 효율을 확인하였다.

P2-G2-69 Lithium–oxygen Batteries Based on Multi-layered Li^+-selective Solid Membranes

다층구조 리튬이온 전도성 고체전해질 기반 리튬-공기 전지

최영빈[1]*, 문지웅[2], 정기영[2], 김형준[1], 윤종혁[1], 원은서[1], 이종원[1]. [1] *조선대학교*, [2] *포항산업과학연구원*

The use of non-porous Li^+-selective solid membranes (LSSMs) is an effective approach for improving the electrochemical performance

and cycle life of Li–O_2 batteries (LOBs). However, it is difficult to fabricate thin, dense, large-area solid membranes with dimensional and mechanical stabilities using conventional sintering techniques. Herein, we propose an advanced LOB design based on a triplex-LSSM. A $Li_{1+x+y}Al_xTi_{2-x}Si_yP_{3-y}O_{12}$ solid membrane with a triplex (porous/dense/porous) structure is prepared via a facile tape-casting process combined with co-sintering. When this membrane is applied in LOBs, a thin, dense layer physically separates the anode and cathode, while thicker, porous layers serve as a mechanical support and a reservoir for the anolyte and catholyte required for LOB operations. A feasibility study demonstrates that the LOB cell assembled with the triplex solid membrane exhibits promising rate-capability and reversibility during repeated discharge–charge cycling. The proposed triplex solid membrane architecture may allow cell designs to be scaled up for use in large LOB systems.

P2-G2-70 Crystal Structure of Low-temperature form Cordierite Ceramics

저온형 코디어라이트 세라믹스의 결정구조 해석

김정석*, 채기웅, 손민아. *호서대학교*

코디어라이트(cordierite, $Mg_2Al_3Si_5O_{18}$) 세라믹은 낮은 열팽창계수(CTE)를 가지여러 가지 구조용 및 기능성 세라믹스로 사용되고 있다. 대표적 응용제품은 자동차 배기가스 장치 하니컴 담체 (DOC, DPF)로 사용되고 있다.

코디어라이트 결정상에는 높은 대칭성(crystal symmetry)을 갖는 hexagonal α-cordierite (indialite: P6/mcc, a=b=9.85, c=9.11A)와 낮은 대칭성을 갖는 orthorhombic β-cordierite (cordierite: Cccm, a=17.04, b=9.73, c=9.34 A) 두상이 있다.

통상적으로 실제 공업적 제품에서 indialite와 cordierite 의 상비율은 매우 중요한 특성중의 하나이다. CTE는 이 비율이 낮을수록 즉, cordierite가 많이 생성될수록 열팽창계수(CTE)가 낮아지는 것으로 판단된다. Indialite 상은 low temperature 안정하 상이기 때문에 실제 코디어라이트 세라믹의 제조과정에서 순수한 indialite 상을 만들기가 매우 어렵다. 따라서 indialite 상의 결정 구조적 특성과 high-temperature form인 cordierite 상의 결정구조 및 CTE 특징을 체계적으로 분석한 연구는 많지가 않다. 본 연구에서는 순수 indialite 상을 제하여 그 결정구조적 특징을 해석하였다. 그러나 indialite 결정상은 cordierite 결정상과 매우 유사하기 때문에 통상적 XRD분석 방법으로는 분석이 어렵다. 본 연구는 순수 indialite상의 XRD 데이터를 결정구조 정밀화 분석 프로그램(Rietveld refinement software: Fullprof-suite)을 이용하여 분석하고 cordierite 상과의 차이를 해석하였다.

P2-G2-71 Synthesis and Characterization of Copper Vanadate Cathode Material with High Capacity in Thermal Battery

열전지 양극용 copper vanadate cathode 합성 최적화

김인예*, 이유나, 김대윤, 이운호, 차유림, 윤영수. *가천대학교*

열전지는 양극과 음극 사이에 고체형태의 전해질이 있어 장기간 보관이 가능한 1차 전지 종류 중 하나이다. 이런 특징으로 군용으로 쓰이는 미사일, 탄도미사일 등에 사용되고 있다. 현재 열전지 양극 물질로 가장 널리 사용되고 있는 물질은 pyrite이다. Pyrite가 열전지 활물질로 사용되는 이유는 자연에서 쉽게 구할 수 있으며, 안정적인 전기화학적 특성 때문이다. 하지만 군용 미사일의 소형화로 동일한 크기에서 높은 용량을 얻을 수 있는 전기 개발이 요구되고 있다. 이에 pyrite의 작동전압보다 (약 2 V) 높은 작동전압을 가지는 양극 활물질 개발이 필요하다.

이에 본 연구팀은, pyrite 대신 열전지 양극 활물질로 적용 가능한 높은 작동 전압을 갖는 Cu-V-O (2.5 V 이상)을 합성하기 위해CuO와 V_2O_5의 비율에 따른 특성을 확인하였다. Cu-V-O은 고온, 고압의 환경에서 균일한 분말 합성이 가능한 hydrothermal 방법이 사용되었다. 합성된 Cu-V-O의 표면 형상 및 구조는 SEM (Scanning Electron Microscope), XRD (X-ray diffraction)을 통해 분석하였다. 또한, ICP-MS (Inductively coupled plasma) 및 EDX (Energy-dispersive X-ray spectroscopy) 분석하여 정량분석을 하였다. 전기화학 분석을 통하여 작동전압 및 안정성을 분석하여 CuO와 V_2O_5의 최적 비율을 확인하였다.

P2-G2-72 The Effect GDC Promotor on the Oxygen Transfer Properties of $NiFe_2O_4$-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ Oxygen Carrier Material for Chemical Looping Hydrogen Generation

케미컬 루핑 수소생산용 $NiFe_2O_4$-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ 산소전달입자의 산소전달특성에 대한 GDC 촉진제의 영향

박재우*, 박윤태, 이기태. *전북대학교*

Chemical looping hydrogen generation is a technology that can simultaneously obtain both hydrogen with high purity of above 99% and carbon dioxide. In this technology, it is important to develop high-performance oxygen carrier materials as a crucial factor in determining the efficiency and production capacity of the process.

In this study, the effects of GDC ($Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$) on the oxygen transfer properties of $NiFe_2O_4$-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ oxygen carrier material for the chemical looping hydrogen generation process of CH_4-Steam-Air system were investigated. $NiFe_2O_4$ powders were synthesized by solid-state reaction method and $NiFe_2O_4$-GDC composite samples were prepared by ball-mill with the various amount of GDC powder. The microstructure was observed by FE-SEM. XRD analysis was carried out to investigate the reaction mechanism of oxygen transfer properties. The reduction and oxidation reactivity of fuel and steam were analyzed by TPR and TPO analysis using gas chromatography (GC) for fuel reactor and steam reactor simulation. The fuel for the performance evaluation was 5% H_2/Ar. Air with 10% H_2O/Ar was used as an oxidant. The cycle characteristics of the oxidation and reduction in the chemical looping hydrogen generation process were analyzed by supplying hydrogen and steam alternately at 900°C. Simulation of the fuel reactor and the air reactor was carried out through TGA, and the oxidation and reduction characteristics were analyzed using 5% H_2/Ar and dry air as the fuel and the oxidant, respectively.

P2-G2-73 Silicon based Coatings on the Ceramic Powders using HMDSO/N_2 Plasmas

HMDSO/N_2 플라즈마를 이용한 세라믹 분체의 실리콘계 코팅

유승열*. *국가핵융합연구소*

HMDSO 전구체를 이용한 실리콘계 코팅은 재료의 균일한 발수 처리에 사용되는 유용한 기법이다. 대부분 산소투과방지, 내열성 확보를 위해 박막 형태의 피처리물에 이용되고 있지만 분산력 향상을 위해 분체 소재에 적용한 경우는 거의 없다. 또한, 실리콘계 코팅막이 형성된 BN 분체는 응집제 없이 비극성 용매인 n-Hexane에 효과적으로 분산되었다. 제안하는 장치는 질소를 캐리어가스로 이용하여 HMDSO 전구체를 버블링시켜 플라즈마 반응기 내부로 주입시

키는 방식으로 sDBD 전극을 채용한 저온 상압 플라즈마처리장치이다. 실리콘계 코팅막은 플라즈마 중합(plasma polymerization)처리 과정을 통하여 만들어진다. HMDSO 의 모노머 성분이 플라즈마 조건에서 이온 상태로 존재한 후 재결합하게 되는데 이 때 사슬 형태의 올리고머로 성장하여 SiOxCy 구조를 형성시킴으로써 분체 표면에 수십 나노미터 두께의 실리콘 계 화합물 막을 코팅할 수 있다. 플라즈마처리없이 HMDSO 만 사용시 전혀 코팅이 되지 않는 반면에, HMDSO/N_2 플라즈마로 처리한 분체 표면에서는 Si-CH_3 및 Si-CH_2-CH_2 의 PDMS 성분이 약 80% 의 조성을 지니며 Si-Ox 의 Silica 성분이 약 20% 정도의 조성을 가짐을 XPS 분석을 통해 확인하였다. 또한, 실리콘계 코팅막이 형성된 BN 분체는 응집제 없이 비극성 용매인 n-Hexane에 효과적으로 분산되었다.

P2-G2-74 Bifunctional RuO_2-loaded TiO_2 Nanotube-array Electrodes as Efficient gas Evolving Catalysts

RuO_2를 증착한 TiO_2 나노튜브 양기능성 물분해 촉매 전극

조덕기*, 임현우, 송정은, 김진영. *서울대학교*

TiO_2 nanotube arrays (NTAs) substrate has highly ordered nanostructure, which is able to provide numerous surface area. Ruthenium oxide (RuO_2) is successfully deposited onto TiO_2 nanotube arrays via electrochemical deposition. We simply alter electrochemical properties of TiO_2 nanotube arrays through changing annealing condition. It is shown that air-annealed TiO_2 NTAs substrate is a good support for hydrogen evolution reaction but not for chlorine evolution reaction. Also, non-annealed TiO_2 NTAs substrate shows dissolution in acidic condition under high cathodic current. Thus, Ar-annealed black TiO_2 NTAs substrate is appropriate to use both hydrogen evolution and chlorine evolution.

P2-G2-75 Synthesis of Thermally Expandable Microsphere-silica Composite Aerogel with Heat Insulation Property

단열 특성을 가지는 열팽창성 마이크로스피어-실리카 혼성 에어로겔 합성

이규연*, V. D. Phadtare, 최하령, 박형호. *연세대학교*

Thermally expandable microsphere is a large molecule composed of copolymer, blowing agent and liquid hydrocarbon such as isobutane or isopentane. Because of broad circular empty space of expanded microsphere, it is good and useful for thermal insulation purpose. Silica aerogel is mesoporous material which has a lot of nanopores inside. It is an outstanding solid material due to high surface area, extremely low thermal conductivity and low density. Because of these good characteristics, silica aerogel can be used in various industrial field such as drug agent, ion exchange resin, oil filter, insulator, and so on. In this study, expandable microsphere was mixed with silica precursor which has good thermal properties. Based on hybridization process, it was possible to synthesize chemically composite structure between expandable microsphere and silica aerogel. Through the instrumental analysis about composite material, bonding structure and surface morphology can be verified. Also, good thermal insulation property was confirmed.

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 Technological Innovation R&D Program (S2460915) funded by the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea).

P2-G2-76 Induction Heating of Cylindrical $MoSi_2$-based Susceptor

실린더형 $MoSi_2$계 발열체의 유도가열 적용

김요한[1*], 조승연[1], 이성철[2], 명재하[1]. *[1]인천대학교, [2]위너테크놀로지*

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 물질의 경우 따로 발열체를 사용하는 간접유도가열 방식을 이용한다. 발열체는 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 주목 받고 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 900°C 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.

P2-G2-77 Recycling Process of Catalyst Coated Porous Ceramic Filter Media

촉매담지 다공성 세라믹 필터메디아의 재활용 공정

오상재*, 김세희, 이희숙, 한양수. *(주)세일에프에이*

Recycling process of the cylindrical-type porous ceramic gas filter media containing copper-manganese oxide catalyst was investigated. The first step in the recycling process is the recovery of metal ions (copper/manganese) by acid treatment. Secondly, amorphous copper-manganese hydroxide precursors was obtained by titrating alkali metal silicate solution. Finally, the catalytic precursor was coated again on the residual silicate matrix obtained after acid treatment. The porous property and metal composition in the recycling process were systematically compared using nitrogen adsorption-desorption isotherm analysis and X-ray fluorescence spectroscopy (XRF). Odorous and hazardous gas removal activity of the porous products was also investigated using CO, NO_2, NH_3, and CH_3CHO, respectively.

P2-G2-78 Preparation and Characterization of Highly Porous Copper Manganese Oxide Catalyst

다공성 구리 망간 산화물 촉매의 합성과 물리화학적 특성

오상재*, 김세희, 오세화, 한양수. *(주)세일에프에이*

Highly porous copper manganese oxide catalyst was prepared by redox precipitation and hydrolysis of alkali silicate solution. In a typical preparation CuO:MnO_2 was prepared at first by redox precipitation between $Mn^{7+}$and Cu^{2+}/Mn^{2+} aqueous solution, followed

by acid hydrolysis of sodium silicate (Na_2SiO_3) solution. Thus prepared $CuO:MnO_2:SiO_2$ composite powders showed very high specific surface area (S_{BET}) of > 650 m^2/g and large total pore volume of ~ 0.6 mL/g, which are mainly consist of mesopores with the pore size of 3~5 nm. Concerning to the catalytic activity, CO removal efficiency was greatly increased with increasing the surface area. Odorous and hazardous gas removal activity of the porous adsorbents was also investigated using NO_2, NH_3, and CH_3CHO, respectively.

P2-G2-79 Electrochromic Property of Pt-rGO/WO_3 Thin Films for Photo-Electrochromic Devices

광전변색소자용 Pt-rGO/WO_3 박막의 전기변색 특성

박윤태*, 박재우, 이기태. *전북대학교*

Photo-electrochromic devices (PECD) are hybrids of electrochromic devices (ECD) and dye-sensitized solar cells (DSSC). A different configuration with both electrochromic and photovoltaic layers on one electrode has been proposed as a better alternative.

WO_3 is widely used among electrochromic inorganic materials due to manufacturing easiness for thin films, excellent memory effect, and high coloration efficiency. However, since WO_3 thin film has a low electronic conductivity, there are several disadvantages such as slow response time and poor cycle characteristics.

In this study, we tried to improve the electrochromic properties by mixing Pt-rGO with WO_3. Pt-rGO not only could be used as a counter electrode for DSSC, but also improves the low electronic conductivity of WO_3 thin film. Pt-rGO/WO_3 thin films were deposited by spin coating. XRD and FE-SEM measurements were performed to confirm the structure and morphology of the thin film. Then, electrochemical and optical performance of Pt-rGO/WO_3 composite films have been evaluated by cyclic voltammetry (CV), chronocoulometry (CC), and transmittance measurement. Coloration efficiency (CE) was calculated from CC and transmittance data.

P2-G2-80 Process and Characteristics of SiC Microtube Fabrication Using Silica Sol

실리카 졸을 이용한 SiC microtube 제작 공정 및 특성

안수빈*, 이윤주, 권우택. *한국세라믹기술원*

실리콘 카바이드는 낮은 열팽창 계수, 화학적 안정성 및 열충격에 강한 좋은 열적 특성을 가지고 있기 때문에 많은 첨단기술에 적용되고 있다. SiC를 기반으로 한 소재 중 SiC microtube는 몇몇 연구자들에 의해 연구되어 오고 있다. 본연구에서는 graphite 섬유와 실리카 졸의 carbothermal reaction을 이용한 conversion coating을 통해 SiC 층을 형성시킨 후 탄소 섬유를 제거하는 방식을 통해 SiC microtube를 제작하였다. SiC층을 형성시키는 열처리 공정 조건에 따라 만들어지는 SiC microtube의 형태 및 특성이 변하는 것이 관찰되었다. XRD, FE-SEM, TEM, XPS 분석을 통해 열처리 조건 변화에 따른 물성 변화를 자세하게 관찰하였다.

P2-G2-81 CO_2 Capture via Semi-Dry Carbonation Process utilizing Fly Ash from SRF Power Plant

일반고형연료 발전소에서 발생하는 비산재를 활용한 반건식탄산화 반응을 통한 이산화탄소 포집

방정원[1]*, 권오규[1], 이윤주[1], 김수룡[2], 김영희[1], 권우택[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *탄소자원화 국가전략프로젝트 사업단*

고형연료발전소에서 발생하는 비산재의 활용에 대한 연구는 친환경적이고 실용적인 이산화탄소 감소 기술로써 활발하게 진행되고 있다. 비산재에 대한 반건식 탄산화 기작에 대한 효과를 연구하기 위해 상대 습도 조건을 25, 50, 75, 100%로 조절하여 실험을 진행했다. 이러한 기작에 의한 비산재의 탄소 포집 효과는 습도 뿐만 아니라 이산화탄소 농도, 반응 시간 등의 조건에 의해서 달라지게 된다. 이 연구에서 제시한 반건조 탄산화 공정은 물 속에서 탄산의 좁은 확산 범위 때문에 습식 공정과 비교하면 더 빠르고 효과적인 반응으로 확인되었다. 이러한 비산재를 이용한 반건식탄산화 공정에 대한 탄소 포집 효과에 대한 결과는 비산재의 재활용에 대한 적용 폭을 넓히는 것과 동시에 실질적으로도 적용할 수 있는 가능성을 제시하는 연구라고 판단된다.

P2-G2-82 Optimizing the Performance and Stability of Reversible-solid Oxide Cells using $La_{0.6}Sr_{0.4}Fe_{1-x}Sc_xO_{3-\delta}$ Interconnector

LSFSc 접속자를 이용한 양방향 고체산화물전지 성능 및 안정성 최적화

최현종*, 김선동, 김태우, 서두원, 우상국, 황효정. *한국에너지기술연구원*

CO_2 저감, 친환경이라는 단어들은 이미 오랜 기간 사용되어 왔지만 파리협약 이후 국제 사회는 보다 명확하고구체적인 방안들을 논의하고 이를 실현화 하기 위한 노력에 큰 투자를 하고 있다. 국내의 경우 재생에너지3020 이행 계획이 발표되고 지속적으로 화두가 되고 있는 가운데 수소사회로의 전환은 본 정책을 이끌어가기위한 가장 대표적인 방안으로 논의 되고 있다. 양방향 고체산화물전지(Reversible-Solid Oxide Cells/R-SOC)는 하나의 전지에서 운전 방식에 따라 수소 생산(solid oxide electrolysis cells) 및 전력 생산(solid oxide fuel cells)을 할 수 있기에 친환경적인 전력 공급 방안만 마련된다면 CO_2 배출량을 zero로 만들면서 대용량의 에너지원을생산하거나 필요에 따라 전력 공급에 이용될 수 있다.

이러한 R-SOC 중 물리적으로 높은 강도를 지니며 차압변화에도 유연하게 대응할 수 있는 형태로 사용되는 평관형 전지는 그 구조로 인하여 접속자(interconnector)를 필요로 한다. 이 접속자는 산화/환원 분위기에서 동시에 안정하여야 하며 높은 전기전도도를 요구한다. 최근 연구에서 산화분위기 안정성이 떨어지는 금속 접속자의 대체재로 세라믹 소재인 $LaSrFeO_{3-\delta}$, $LaSrMnO_{3-\delta}$를 적용하는 방안이 제시되었지만 안정성이 떨어지는 문제점이 발견되었다. 본 연구에서는 LSF에 Sc를 도핑한 LSFSc 분말을 설계하여 그 합성 공정을 최적화하고 산화/환원 분위기에서의 안정성 및 전지 적용상태에서의 장기 안정성을 평가하였다. 또한, 대면적 평관형 전지에 적용하기 위하여 열처리시 전지의 뒤틀림 현상이 최소화 되었음을 확인하였다.

P2-G2-83 Electrochemical Evaluation of Anode Funtional Layer with Gradient Porosity for Solid Oxide Fuel Cells

연속적인 기공 구배를 갖는 음극기능층을 포함한 고체산화물연료전지의 전기화학적 평가

박상호*, 이태준, 이세욱, 신동욱. *한양대학교*

음극지지체 고체산화물연료전지에서 음극기능층은 음극과 전해질 사이의 열팽창계수의 차이를 줄이며, 접촉면 증가시켜 삼상계면을 향상시킬 뿐만 아니라, 연료전지의 기계적인 강도를 증가시키는 중요한 역할을한다. 하지만 다공성의 전극구조와는 달리, 음극기능층은 조밀한 구조를 갖고 있기 때문에 반응점인 삼상계면에서의 부산물(H_2O) 배출이 용이하지 않고, 그 결과로 인해, 연료와 부산물의 희석으로 극 저항이 증가하며, 전지의 장기안정성에 영향을 미친다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 단점을 극복하기 위하여, 정전슬러

리분무증착법(ESSDs)을 이용하여, 기공형성제(Carbon black)를 포함한 슬러리와 음극기능층용 슬러리(NiO-YSZ)를 정밀하게 조절하여, 연속적인 기공구배를 갖는 음극기능층을 음극지지체 위에 증착시켰다. 기존 음극기능층을 갖는 고체산화물 연료전지와의 전기화학적 특성을 650°C ~ 800°C에서 비교 평가하였으며, 650°C에서 수소분압 변화에 따른 bode plot을 분석하였다. 또한, SEM(Scanning Electron Microscopy)과 Image analyzer를 통해, 연속적인 기공 구배를 갖는 음극기능층의 미세구조를 확인하고, 이를 수치화 하였다.

P2-G2-84 CrN Coating on Metal Bipolar-plate for Improved Corrosion Resistance of Direct urea fuel Cell (DUFC) System

요소수를 연료로 사용하는 연료전지 시스템(DUFC)의 내부식성 향상을 위한 금속분리판 CrN 코팅

김대윤*, 이운호, 차유림, 이유나, 김인예, 윤영수. *가천대학교*

현재 연료전지 시스템에 이용되는 금속분리판은 SUS (Stainless Steel)금속 및 복합 분리판 등이 개발되고 있다. 그 중 요소수를 연료로 사용하는 연료전지(DUFC)의 금속분리판은 Urea에 의한 강염기에 직접적으로 장시간 노출되기 때문에 기계적 화학적으로 안정한 분리판 개발이 필요하다. 본 연구에서는 내부식성이 우수하고 기계적 화학적으로 안정한 후보물질인 CrN을 선택하여 SUS에 코팅하였고 특성 평가하였다. Cr을 PVD-RF (Physical Vapor Deposition - Radio frequency) sputtering 방법으로 Ar : N_2 (5:5, 7:3, 9:1)혼합가스분위기에서 증착하여 CrN 박막의 특성을 비교하였다. 코팅 후 내부식성 테스트를 위해 1 M KOH 수용액 환경에서 전기화학 특성평가를 진행하였다. 장시간 침지 테스트를 통해 SUS와 CrN박막 계면의 건전성 및CrN박막의 결정성을 SEM 분석을 통해 분석하였고, XRD 분석을 통한 CrN의 상 안정성을 확인하였다. 그 결과 금속분리판의 CrN 코팅 적용은 DUFC 시스템에서 금속분리판의 수명 향상을 기대할 수 있다.

P2-G2-85 Water Glasses-Derived Ceramic Coatings

물 유리 파생 세라믹 코팅

Nguyen Minh Dat[1*], Jung Won Bang[2], An Su Bin[2], Younghee Kim[2], Yoon Joo Lee[2], Kyu Hong Hwang[2], Woo-Teck Kwo[2]. *[1]Gyeongsang National University, [2]KICET*

In this study, we developed water glasses-derived ceramic coatings. The fabricated coatings were applied to steels. The coated steels were then tested in various harsh environments including: high temperature endurance oxidation in oxygen; corrosive gas HCl; corrosive salt NaCl; corrosive acid solution H_2SO_4; thermal shock; anti-erosion; anti-fouling agents. The microstructure morphology, phase structure, adhesion and protective mechanism of the developed coatings were clarifed by TGA, SEM/EDS, XRD and adhesion measurement methods.

P2-G2-86 High Capacitive Nitrogen-Doped Carbonized Material derived from PVP Polymer

PVP 고분자로부터 합성된 고정전용량의 질소도핑 탄화소재

윤제문[1*], 김광호[2]. *[1](재)하이브리드 인터페이스 기반 미래소재연구단, [2]부산대학교*

Supercapacitors (SCs) are an attractive device for upcoming energy storage systems because they can store higher energy than traditional capacitors and provide high power more expeditiously than batteries. Among electrode materials, carbon-based materials are one of representative basic research subjects as supercapacitive materials due to their low price, easy mass production, high electrical conductivity, excellent chemical durability and diversity of carbon composite materials. In recent years, in order to obtain the enhanced carbon-based electrode materials, the research of doping heteroatoms in a carbon framework for supercapacitive electrodes has drawn tremendous attention due to the highly active electrochemical performance characteristics of the resulting materials. Here, we present a method to synthesize highly porous nitrogen-doped carbon nanomaterials derived from a polyvinylpyrrolidone (PVP) material *via* a relatively low-temperature simultaneous activation/calcination process. As-obtained nitrogen-doped carbon materials characterize its chemical composition, morphology, specific surface area, etc. via XRD, FTIR, Raman, SEM, TEM, XPS, and BET equipment. Through these results, we suggest Furthermore, we demonstrate its excellent electrochemical properties by characterizing specific capacitance, cyclic stability, energy and power densities, etc.

P2-G2-87 Synergistic Effects of Dual Nano-Type Electrode of NiCo-Nanowire/NiMn-nanosheet of High-Energy Supercapacitors

슈퍼커패시터의 듀얼 나노타입 NiCo 나노와이어/NiMn 나노시트 전극의 고 에너지 용량을 위한 시너지효과

이다민*. *부산대학교*

A unique three-dimensional hybrid $NiCo(CO_3)(OH)_2$ nanowire/ $NiMn(CO_3)(OH)_2$ nanosheet composite was fabricated using a facile hydrothermal method as a binder-free electrode directly grown on Ni foam for supercapacitors. We examined the synergistic effect by fabricating Ni-Co-Mn ternary electrodes that used Ni-Co with a large specific surface area and Mn with a very high theoretical capacity. The new hybrid electrode had good electrochemical characteristics, exhibiting remarkably high specific capacitances of 1,673.3 and 453.0 F g^{-1} at 3 and 15 A g^{-1}, respectively. Compared with other samples, the capacitance showed less reduction as the current density increased. This result indicates stable electrode properties with increasing voltage. The cycling stability of the hybrid $NiCo(CO_3)(OH)_2$/ $NiMn(CO_3)(OH)_2$ composite was measured as 82.1% after 5,000 cycles. Additionally, we fabricated an asymmetric supercapacitor employing the $NiCo(CO_3)(OH)_2$/$NiMn(CO_3)(OH)_2$ composite as the positive electrode and graphene as the negative electrode, which exhibited a high energy density of 27.2 W h kg^{-1} at a power density of 702.7 W kg^{-1} and a remarkable cycling stability, with 89.4% capacitance retention after 5,000 cycles. Thus, for the first time, we investigated the dual nano-type structure of an $NiCo(CO_3)(OH)_2$ nanowire/$NiMn(CO_3)(OH)_2$ nanosheet electrode for supercapacitors and obtained satisfactory results.

P2-G2-88 Ti-O Crystal System as Catalyst-supports for Li-O_2 Batteries

리튬-산소 전지의 공기극용 Ti-O 결정 시스템 촉매 지지체

이광희*, 이세운, 성명창, 김동완. *고려대학교*

리튬-산소 전지는 가역적 방전 - 충전 간에 산소 환원 반응(ORR)과 산소 발생 반응(OER)을 통하여 매우 큰 에너지 밀도(> 3500 Wh/kg)를 달성할 수 있다. 공기극은 효과적인 ORR 및 OER를 통한 방전 - 방전 순환 효율을 향상시킬 수 있다. 기존의 공기극에 적용되는 촉매의 지지체는 카본이 사용이 되고 있다. 하지만 Li_2CO_3와 같은 부산물을 생성하여 충전 - 방전 간의 과전압이 크게 나타나기 때

문에 사이클 안정성이 좋지 않다. 따라서 부반응을 억제할 수 있는 비 카본계의 촉매 지지체가 요구되고 있다. 최근, 전이 금속 산화물은 카본계 촉매 지지체를 대체하기 위해 관심을 끌고 있다.

이 연구는, 전기 촉매 지지체로써 화학적/물리적으로 안정성이 뛰어난 Ti-O 결정 구조를 조사했다. Ti-O 결정 구조 중에 전기전도성이 가장 우수한 Magnéli-Ti_4O_7를 합성하기 위하여 anatase-TiO_2를 sol-gel 합성법으로 합성하였다. 그 후, anatase-TiO_2 상을 Magnéli-Ti_4O_7 상으로 제어하기 위하여, H_2 가스 분위기에서 환원 열처리를 실시하였다.

촉매 지지체는 우수한 전기전도성을 요구하는데, Magnéli-Ti_4O_7는 특정 공유면 (110)에서 산소결손이 일어나기 때문에 Ti^{4+} cation 외에 Ti^{3+} cation이 발생하면서 전기전도성이 향상된다. 따라서 촉매로 전자를 효율적으로 전달할 수 있는 특성을 얻었기 때문에, anatase-TiO_2보다 안정적인 충 - 방전 과전압으로 우수한 충 - 방전 사이클을 나타낼 수 있다. 우리는 위와 같은 현상을 Magnéli-Ti_4O_7를 anatase-TiO_2와 비교하여, XRD, TEM, XPS 등을 통하여 상전이 현상을 분석을 하였으며 cyclic voltammetry, galvanostatic cycle test와 같은 전기 화학적 특성을 통해 우수한 촉매 지지체임을 조사하였다.

P2-G2-89 Fabrication of Cobalt Phosphide/Carbon Nano-Architectures Using Silk Fibroin for Hydrogen Evolution Electrocatalyst

실크 피브로인을 이용한 코발트-인/탄소 나노구조체 수소발생 전기촉매 제조

송희조*, 김택승, 김재찬, 주보배, 김동완. *고려대학교*

In this study, we fabricate flower-like three-dimensional (3D) architecture of Co_xP/carbon for efficient hydrogen evolution reaction (HER) electrocatalyst. For this, first, 3D architectures of $Co(OH)_2$ precursor is prepared through the hydrothermal process using regenerated silk fibroin which is extracted from silk cocoon and subsequently regenerated in a LiBr solution. During the reaction, individual nanosheets are assembled to form flower-like $Co(OH)_2$. Co_xP/C is obtained after the phosphidation process, which maintains in its initial flower-like morphology. The Co_xP/C nano-architecture exhibits excellent catalytic activities with low overpotentials of 109 and 121 mV at 10 mA cm^{-2} and Tafel slopes of 55 and 62 mV dec^{-1} in acidic and alkaline media, respectively, due to the large electrochemically active surface area and fast charge transportation. Furthermore, it shows long-term stability and durability after 10000 cyclic voltammetry cycles and a chronoamperometric test for 40 h, respectively, in acidic media.

P2-G2-90 Fabrication and Characterization of High Efficient Heating Element Based on SiC Fiber Technology

SiC 섬유 기술에 기반한 고효율 발열체의 제조 및 특성 평가

배성군[1*], 신동근[1], 이윤주[1], 장석훈[1], 조광연[1], 정영근[2]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *부산대학교*

As interest in energy efficiency grows interested, a study on the development of heating elements capable of rapid heating and cooling has attracted attention. The main applications are a compact rapid heating furnace or home cooktop. For this application, it is essential to control the structure shape together with the high-temperature durability of the heating element. Silicon carbide shows relatively high electrical and thermal conductivity at high temperature when compared to other ceramics. Typical SiC heating elements are manufactured in rod, bar or tube form and limit in improving the heat generation property due to the shape limitation of such a heating element. In this study, we investigated for the fabrication of an electric heating element using SiC fiber to improve rapid heating and cooling properties. SiC fiber was fabricated by melt-spinning and pyrolysis using a preceramic polymer, polycarbosilane. Stick type SiC fiber heating element can be produced by control inter-fiber contact property during the oxidation curing process of green PCS fiber. Characterization of electrical and thermal properties was conducted in an electric heater system.

P2-G2-91 Fabrication of Large Area Proton Conducting Oxide Fuel Cell by Electrostatic Slurry Spray Deposition

정전 슬러리 분무 증착법을 이용한 대면적 프로톤 전도성 산화물 연료전지의셀 제조

위석은*, 이세욱, 박상호, 백현우, 신동욱. *한양대학교*

양성자 전도성 산화물 연료전지(PCFC)의 전해질 재료인 양성자 전도체는 낮은 온도(500~700°C)에서 높은 이온전도도를 갖아 높은 성능을 나타낼 수 있어 일반적인 고체 산화물 연료전지(SOFC)의 단점인 높은작동온도를 극복할 수 있어 최근 많은 연구들이 진행되고 있다.

작동 온도를 낮추었음에도 불구하고 양성자 전도성 재료가 갖는 특성에 의하여 빠른 상용화를 이루지 못하고 있다. 이 재료는 난소결성으로 인해 높은 소결 온도를 필요로 하며, 이에 의한 Ba휘발과 이에 따른 이차상 생성 등 여러가지 문제점 들을 갖게 된다.

이러한 문제점들은 전지의 사이즈가 커짐에 따라 영향력이 커지게 되며, 양극과 전해질 사이의 수축률 차이와 같은 문제에 의해 전지가 파손되기도 한다.

본 연구에서는 5×5 cm^2 음극 지지체형 대면적 양성자 산화물 연료전지 제작을 위해 수축률과 수축속도를 Dilatometer를 통해 분석하고 정전슬러리분무증착법(ESSD)를 이용하여 치밀한 전해질과 다공성 양극 층을 제작하였고, 각 층의 미세구조를 확인하기 위해 SEM (Scanning Electron Microscopy)를 이용했다. 또한 열처리 전·후 전해질의 화학적 안정성을 XRD (X-ray Diffraction)와 EDX (Energy Dispersive X-ray)을 분석했고, 단기 안정성 테스트를 확인하기 위해 개회로 전압을 100시간 동안 측정하였다.

P2-G2-92 Structural Effect of Conductive Carbons on The Adhesion and Electrochemical Behavior of $LiNi_{0.4}Mn_{0.4}Co_{0.2}O_2$ Cathode for Lithium Ion Batteries

도전재가 리튬이온전지의 양극물질인 $LiNi_{0.4}Mn_{0.4}Co_{0.2}O_2$ 의 전기화학 특성에 미치는 영향

고장면*, 김용주, 윤충섭. *한밭대학교*

The adhesion strength as well as the electrochemical properties of $LiNi_{0.4}Mn_{0.4}Co_{0.2}O_2$ electrodes containing various conductive carbons (CC) such as fiber-like carbon, vapor-grown carbon fiber, carbon nanotubes, particle-like carbon, Super P, and Ketjen black is compared. The morphological properties is investigated using scanning electron microscope to reveal the interaction between the different CC and the active material. The surface and interfacial cutting analysis system is also used to measure the adhesion strength between the aluminum current collector and the composite film, and the adhesion strength between the active material and the CC of the electrodes. The results obtained from the measured adhesion strength points to the fact that the structure and the particle size of CC additives

have tremendous influence on the binding property of the composite electrodes, and this in turn affects the electrochemical property of the configured electrodes.

P2-G2-93 Nanosalt Particle Preparation and its Applications for Li Battery Electrolytes

나노입자 염 제조 및 리튬 전지에로 응용 연구

고장면*, 윤충섭, 김용주. *한밭대학교*

Zwitterionic lithium-silica sulfobetaine silane is fabricated by first synthesizing zwitterion sulfobetaine silane, grafting it onto hydrophilic silica to form silica sulfobetaine silane, and then lithiating the silica sulfobetaine silane. The resultant lithium-silica sulfobetaine silane additive is used as a liquid electrolyte additive in lithium-ion batteries with varying weight percentages in 1 M $LiPF_6$ (ethylene carbonate/dimethyl carbonate = 1:1). The electrolytes with the lithium-silica sulfobetaine silane shows higher ionic conductivities and greater electrochemical stability (anodic limit at ~5.5 V vs. Li/) than the pure electrolyte (anodic limit at ~4.6 V vs. Li/). The discharge capacity of the lithium nickel cobalt manganese oxide/graphite cells is improved at higher C-rates with the addition of lithium-silica sulfobetaine silane due to increased ionic conductivity. The lithium nickel cobalt manganese oxide/graphite cells with the lithium-silica sulfobetaine silane additive also show stable cycling performance. These findings warrant the use of lithium-silica sulfobetaine silane as an electrolyte additive in batteries lithium-ion.

P2-G2-94 Characterization of the Flexible Display Coating according to Silica Nanoparticle Size

실리카 나노입자 사이즈에 따른 플렉서블 코팅액 특성

이희선[1*], 이길성[2], 손호석[2], 이용석[2], 노원진[2], 임형미[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *(주)에스엠에스*

Organic-inorganic hybrid composite coating can be widely used in the display fields such as display optical film because of a number of superior properties, such as flexibility, high hardness, chemical durability and optical transparency. By incorporating silica nanoparticles in the organic, it is possible to obtain organic films with increased impact resistance, without decreasing the transmittance and flexural properties of the organic material. The colloidal silica is applied to the coating formulation to prepare hybrid coating film for increased hardness. The silica sol was prepared by a hydrolysis condensation reaction with an alkoxysilane precursor and an alkali catalyst. The prepared silica was surface modified with a silane coupling agent and dispersed in the organic material for flexible coating. It is necessary to study the flexibility, hardness and transmittance of the hybrid coating film according to the silica particle size. Average particle sizes of the synthesized silica particles were analyzed with transmission electron microscopy. The dispersed sol was prepared by surface modification with the silane coupling agent using the synthesized silica sol. Dispersibility of the nanoparticles was compared by changing the transmittance change with time using UV-Vis. The surface modified silica sol was used to prepare a coating film. Furthermore, flexibility and hardness were measured with Dynamic Mechanical Analyzer and pencil hardness tester.

P2-G2-95 Effect of Alkali Amount on Titanate Compound and Their Solar Reflectance Behavior

알칼리 함량에 따른 티타니아계 소재의 일사반사율의 영향

Ullah Mahboob*, 김희정, 허재구, 김대성. *한국세라믹기술원*

In urban areas huge population play a pivotal role on environmental pollution, the roofs of buildings in these areas has a greater effect on the absorption of heat from sun light that causes global warming. To create friendly environment, various researchers are working on titanium compounds to use it for blocking solar radiations. In this work, layered type sodium titanate as a parent compound was used to produce (Na_2H_{2-x}) titanate type materials by the exchange of Na^+ for H^+. Here x means Na^+ or H^+amount in the titanate gallery. Depending on the Na amount, the ion exchanged materials showed different solar reflective properties 84-92% as compared to high refractive index commercial rutile TiO_2. The materials crystalline nature, structural, morphological and optical properties were investigated using XRD, FE-SEM, EDS and UV-Vis-NIR spectrophotometer. These results showed that (Na_2H_{2-x}) titanate type materials would be a suitable "solar heat protecting candidate" in coating industries.

P2-G2-96 Preparation of Core-Shell Material and Its Infrared Reflectance/Thermal Insulation Property

코어-쉘 형태의 적외선 반사/단열 소재

허재구[1*], 노동규[1], 함영재[2], 박준규[2], 김대성[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *노루페인트*

Polymer hollow materials are used as thermal insulation materials to lower thermal conductivity, and infrared (IR) reflective pigments such as titanium dioxide has been widely applied in industry to reduce the heat island effect and save energy. In this presentation, core-shell composite materials are designed to make an IR reflective material coated on thermal insulation material, it is possible to more enhance the reflection of solar radiation. Here, core-shell material (TiO_2/organic sphere) was prepared by the variation of the particle size of thermal insulation sphere, additives, and TiO_2 amount. The material was mixed and optimized by kinds of dispersing agent in polymer resin in order to make the paint and film. The core-shell material powder was characterized by UV/VIS/NIR spectrophotometer, FE-SEM and heat insulation property of the paint was confirmed by heat performance evaluation system.

P2-G2-97 Stabilization of Black $CsPbI_3$ Phase by Strain Engineering

스트레인 엔지니어링을 통한 무기물 기반 페로브스카이트 상안정화

마선일*, 권혁찬, 윤성철, 문주호. *연세대학교*

All-inorganic cesium lead halide perovskites without volatile organic cation has emerged as a new prototype semiconductor for high performance photovoltaic and optoelectronic devices, exhibiting significantly enhanced environmental stabilities. In particular, cubic a-$CsPbI_3$ (black phase) has a direct bandgap of 1.73 eV, which is the suitable for practical application among the all cesium-based lead halide perovskites. However, despite of its desirable inherent optoelectrical properties, $CsPbI_3$ immediately converts into a non-photoactive orthorhombic phase δ-$CsPbI_3$ (yellow phase) with a wide bandgap of 2.82 eV at temperatures lower than the phase transition temperature of 300°C. To overcome this phase instability issue, we

proposed that strain engineering induced by anodized aluminum oxide (AAO) templates as highly effective strategy for stabilizing the desirable black a-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 as determined by the Williamson–Hall analysis. The density functional theory (DFT) calculation also clearly affirmed that the strain energy in the perovskite lattice enables the phase stabilization of the cubic a-$CsPbI_3$ phase at room temperature. Upon exposure to the ambient air, the a-$CsPbI_3$ confined within the AAO template with a pore size of 41 nm remained stable even after a three month-duration storage.

P2-G2-98 Development of Highly Durable $La_xSr_{1-x}Ti_yNi_{1-y}O_{3-\delta}$ Fuel Electrode for Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

동적변화에 대응가능한 $La_xSr_{1-x}Ti_yNi_{1-y}O_{3-\delta}$ f고내구성 연료극 개발

이민진*, 정재우, 전형탁, 황해진. *인하대학교*

The Ni/YSZ cermet, which is used as a representative fuel electrode material of Solid Oxide Fuel Cell (SOFC), has high electrochemical performance at high temperature. However, it has various disadvantages such as coarsening of Ni particles, change of microstructure in oxidation-reduction atmosphere and carbon deposition when used hydrocarbon fuel for a long-term. In order to overcome this disadvantage, we wanted to develop an oxide fuel electrode with excellent stability and highly performance in a dynamic operating environment such as oxidation-reduction. $La_xSr_{1-x}Ti_yNi_{1-y}O_{3-\delta}$ (LSTN) fuel electrode materials is synthesized by substituted Ni, which has excellent catalytic activity, on the titanium lattice of LST. The LSTN material has a microstructure in which nano-sized Ni particles are being ex-solution on the LST surface due to the reduction atmosphere exposure. A high-performance cell was fabricated by optimizing the composition of Ni ex-soluted LST fuel electrode. The characteristics of high durability have been identified by 20 cycles of redox evaluation with the change of hydrogen-air supply gas.

P2-G2-99 Development of Hydrogen Electrode Degradation Suppression Technology for Reversible Steam Electrolyzer Cells

양방향 운전 가능한 고체산화물전지용 수소극 열화억제기술개발

이민진*, 정재우, 황해진. *인하대학교*

고체산화물전해셀(solid oxide electrolysis cell, SOEC)은 고온에서 수증기를 전기분해하여 수소를 제조하는 전기화학 디바이스이다. SOEC는 고체산화물연료전지(SOFC)의 역반응을 활용하는 기술로서 필요에 따라 수소로부터 전기를 생산하기도 하고 전력으로부터 수소를 제조하는 차세대 전력생산 및 저장 시스템에 활용을 목적으로 하고 있다. 한편 SOEC의 수소극은 고온/고분압의 수증기의 장시간 공급으로 인한 미세구조 변화를 초래하고, 이로 인한 셀 성능 감소와 내구성을 약하게 하는 문제가 있다. 본 연구에서는 SOEC의 수소극 성능 및 열화에 미치는 작동 조건의 영향에 대하여 조사하였으며 수소극의 내구성을 향상하기 위하여 Ni/YSZ의 산화를 억제하는 소재 기술을 검토하였다. 양방향 운전 셀은 공기극으로 LSCF-GDC를, 수소극으로 Ni-YSZ 사용하여 구성하였고 전해질은 YSZ를 사용하여 셀을 제작하였다. Ni보다 이온화 경향이 큰 금속을 Ni/YSZ 수소극에 적용하여 Ni의 산화를 억제하고자 하였다. Ni보다 이온화 경향이 큰 0.5~3 wt%의 Fe를 Ni/YSZ 수소극에 적용하였고, SOEC 작동 조건에서 상용 Ni/YSZ 수소극과 비교 시 전지 내구성의 현저한 향상과 미세구조의 변화 없음을 확인하였다. Fe 복합화 Ni/YSZ수소극을 사용하여 수소극 지지체 셀을 제조하였고, 700°C에서 50%_H_2O/50%_H_2 연료 분위기에서 0.1A 전류를 적용한 580시간의 장기 운전을 통해 고내구성 특성을 확인하였다.

P2-G2-100 Effect of Using Varied Waste as Auxiliary Fuels on Direct Reduction Iron Process

폐기물을 보조연료로 활용한 DRI 공정

제현모*, 김경석, 문혜원, 노동규. *한국세라믹기술원*

The DRI (direct reduction iron) was produced through removing oxygen from iron oxide in iron ore by using coal or syn gas (H_2. CO, CO_2) as reducting agent. In this study, the wastes were used as auxiliary fuels for DRI production to reduce prodution cost and recycle the wastes. the proximate and Ultimate analysis were carried out to confirm the properties of wastes as fuels, and high-quality reduced irons were fabricated by using the waste as an auxiliary fuel. the metallization of reduced irons increased as the calorific value increase of auxiliary fuel. Especially, the reduced iron fabricated from the waste tires and vinyl plastics which had high heat energy and volatile matters showed higher metallization than the others. the high quality DRI could be fabricated with wastes as auxiliary fuels through optimization of reaction conditions.

P2-G2-101 A Computational Fluid Dynamics Study on The Scale-up of Tubular Solid Oxide Fuel Cell Stacks

고체산화물 연료전지 스택의 스케일업에 관한 전산해석 연구

유재영*, 강주현, 배중면. *한국과학기술원*

Hydrogen has been perceived as an ideal energy carrier due to its high energy density and zero CO_2emissions. A reversible solid oxide fuel cell (SOFC) stack can produce hydrogen efficiently due to its high-temperature operation. The stack can also consume the gas to produce electricity. Thus, it can respond to changes in energy demand but faces several challenges including uneven fuel supply among cells. A computational fluid dynamics model can predict potential failure of scaling up the stack at a relatively low cost. This study aimed to evaluate the effects of scaling up a tubular SOFC stack by building a CFD model in COMSOL v5.4a. The study evaluated three different options, 10 cells, 20 cells, and 30 cells, at 700°C. The stress/voltage deviation of the stacks increased with their scale. This study can act as a useful tool to predict potential failure in building a large-scale reversible SOFC stack.

P2-G2-102 Development of Sacrificial Materials for Reactor Core Melt Under Severe Accident Conditions

원자로 중대사고 노심용융물 대비 희생물질 개발

이병우*, 홍일곡, 문성욱, 김선영, 정소영. *한국해양대학교*

In the ex-vessel melt retention system (core catcher), the molten reactor-core (corium) discharged from the reactor vessel is to be collected and spreads into the core catcher. The inner surface of the steel vessel is covered with a layer of sacrificial materials (SM) in concrete form. The SM materials react with corium, which lowers the temperature of corium and also reduces the corium reactivity, to prevent corium penetration of structures and breakage of containment vessel. Fe_2O_3 and Sr-hexaferrite ($SrFe_{12}O_{19}$) have been chosen as the main SM components for some reactors located in foreign countries. However, Fe_2O_3 and Sr-ferrite are not stable components. They can

explode when they meet pure metal melts and they can lower eutectic temperature extremely with the other SM materials and structural concrete components. Moreover, the most important reaction with the Zr-melt in molten corium is exothermic, then the temperature of the molten corium will raise to the extreme over 3500°C. The needs for the efficient and reactive SM that will lead to the overall endothermic reaction with the molten corium are demanded. In the present study, the new SM materials composed of calcium-phosphates including hydroxyapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) and tricalcium phosphate (β-TCP, $Ca_3(PO_4)_2$) were investigated. The calcium phosphates were synthesized by a wet chemical precipitation method. Sintered ceramic phosphates have sufficient high temperature fire resistance and can effectively lower the temperature of the corium.

P2-G2-103 Study on the Production of Direct reduced Iron Using Low Density Polyethlene

저밀도 폴리에틸렌을 이용한 직접환원철 제조 연구

제현모*, 김경석, 노동규. *한국세라믹기술원*

Since the method of manufacturing DRI was found, it has been widely studied and applied at ironmaking industry. To manufacture the direct reduced iron, it is requird to use the iron ore and coke from coal with appropriate thermal condition and partial pressure of CO, CO_2, and O_2. Due to the government"s regulation to use the fossil fuel for environment, the cost of coal has been steadily increased. On the other side, the usage of poly maerials such as LDPE, HDPE, and PP has been increasing and wastes of them have been also slightly growng up. Those materials usually consist of multi-chained-hydrocarbon as a form of C_xH_y and tend to have high calorific value as well as a source of redfucing agent for iron oxide. Especially, LDPE has the highest calorific value among those plastic wastes. This study has been carried out with using main household wastes, LDPE, to partially substitue the coal in the manufacturing process of iirect reduced iron under 900°C,1000°C, and 1100°C with 1 hour and 3 hours.

P2-G2-104 Preparation and Characteristics of Shape-Controlled TiO_2 for High Reflective Materials

고반사 특성을 가지는 구형 TiO_2 합성 및 특성 연구

김희정*, 노동규, 김대성. *한국세라믹기술원*

The incidence of “heat island”, a phenomenon that central area temperature of city is higher than the surrounding area, is increasing because of high rates of urbanization. To use of cool coating with high reflective materials helps maintain lower surface temperature of building, and the TiO_2 has been widely used because of its high refractive index. In this work, the TiO_2, having a controllable shape in atypical shape and sphere, synthesized by a solvothermal reaction at low temperature using a graft copolymer. The morphology of TiO_2 changed from atypical to spherical shape with increasing amount of graft copolymer. The coexisting of two different shapes of TiO_2, atypical and spherical shape, shows the highest solar reflectance of over 85%, suggesting a positive impact on the practical application of high reflective materials. As-obtained TiO_2 was characterized by X-ray diffraction, FE-SEM, and UV-Vis-NIR analysis.

P2-G2-105 Doping Effect of W Element in Nanosized VO_2 Structure

W 도핑에 의한 VO_2 나노 구조 영향 연구

김희정*, 김대성. *한국세라믹기술원*

Monoclinic vanadium dioxide (VO_2(M)) is a representative thermochromic material that has reversible semiconductor-to-metal phase transition. Its structural change makes VO_2 promising material in applications such as optical switching devices and smart window. However, there are still several challenges to apply in smart window, including high synthetic temperature and high transition temperature (T_c). In this study, VO_2(M) nanoparticles were synthesized by the sol-gel and thermolysis method. The T_c of VO_2(M) was adjusted and optimized by the amount of W elemental doping, and XRD patterns of W-doped VO_2 exhibits the monoclinic VO_2(M) phase showing the W almost had no influence on the VO_2 crystal structure. The adjusted Tc was also confirmed by DSC analysis, and further characterizations were carried out using FE-SEM, EDX, and UV-Vis-NIR analysis.

P2-G2-106 Photopolymer–Ferroelectric Nanoparticle Composite for the Performance Enhancement of Triboelectric Nanogenerators via an Ultraviolet and Electric Field Activation

자외선과 전기장 활성화를 통한 광중합 강유전 나노 합성물 기반 마찰 나노발전기의 성능향상

신성호[1]*, 윤태광[1], 정준영[1], 김찬훈[2], 이민형[3], 나정효[4], 김일두[1].
[1] 한국과학기술원, [2] 한국생산기술연구원, [3] 경희대학교, [4] 충남대학교

To date, one of most predominant approaches to boost the output performance of TENGs is to design morphological contact surface nano-/micro-structures features using different materials and for large triboelectric charge generation. These approaches have demonstrated the greatly enhanced output power of TENGs, however, the limited materials are available to the patterning processing such as ICP-RIE, anodizing, wet etching, oxygen plasma treatment and chemical synthesis. Thus, this aspect have hindered the further output performance enhancement, due to the limited material’s intrinsic property of patterned surface, gaining or losing the electrons. For the development of high performance triboelectric generators (TENGs), it is required to have facile methods to adjust the triboelectric properties of the friction surfaces. In this work, we report a simple method to greatly improve triboelectric surface charge using photopolymer–ferroelectric nanoparticle composite via ultraviolet (UV) and electric field activation process. Furthermore, the frictional area can be easily enlarged to boost the triboelectric output performance. Remarkably, 4-fold higher output power has been attained through this approach. The developed TENGs have also showed superior mechanical durability, generating consistent outputs during 10^4 cyclic frictional contacts. The approach proposed here is a simple and reliable way to boost the output performance of TENGs.

P2-G2-107 Photopolymer–ferroelectric Nanoparticle Composite for the Performance Enhancement of Triboelectric Nanogenerators via an Ultraviolet and Electric Field Activated

자외선과 전기장 활성화를 통한 광중합 압전 나노 합성물 기반 마찰 나노발전기의 성능향상

신성호[1]*, 윤태광[1], 정준영[1], 김찬훈[2], 이민형[3], 나정효[4], 김일두[1].
[1] 한국과학기술원, [2] 한국생산기술연구원, [3] 경희대학교, [4] 충남대학교

To date, one of most predominant approaches to boost the output performance of TENGs is to design morphological contact surface nano-/micro-structures features using different materials and for large triboelectric charge generation. These approaches have demonstrated the greatly enhanced output power of TENGs, however, the limited materials are available to the patterning processing such as ICP-RIE, anodizing, wet etching, oxygen plasma treatment and chemical synthesis. Thus, this aspect have hindered the further output performance enhancement, due to the limited material's intrinsic property of patterned surface, gaining or losing the electrons. For the development of high performance triboelectric generators (TENGs), it is required to have facile methods to adjust the triboelectric properties of the friction surfaces. In this work, we report a simple method to greatly improve triboelectric surface charge using photopolymer–ferroelectric nanoparticle composite via ultraviolet (UV) and electric field activation process. Furthermore, the frictional area can be easily enlarged to boost the triboelectric output performance. Remarkably, 4-fold higher output power has been attained through this approach. The developed TENGs have also showed superior mechanical durability, generating consistent outputs during 10^4 cyclic frictional contacts. The approach proposed here is a simple and reliable way to boost the output performance of TENGs.

P2-G2-108 Mixed Composite Electrodes of Ti-doped Strontium Ferrite and Ceramic Electrolytes as both The Anode and Cathode in Symmetric Solid Oxide Fuel Cells

대칭형 고온산화물 연료전지의 양쪽 전극으로써 적용하기 위한 Ti-도핑된 스트론튬 페라이트와 전해질 세라믹의 혼합 컴포지트에 관한 연구

김태우*, 최현종, 서두원, 우상국, 김선동. *한국에너지기술연구원*

Composites of perovskite Ti-doped strontium ferrite, $Sr_{0.8}Fe_{1-x}T_xO_{3-\delta}$ (SFTO, x=0.2) and different electrolytes such as YSZ, GDC, LSGM, and LSGMZ are systematically tried to use as both electrodes in symmetric solid oxide fuel cells. The SFTO are prepared by sol-gel method and optimized by calcination at 1400°C. The doping of Ti in SFO was confirmed by various tools such as powder X-ray diffraction, energy dispersive spectroscopy, x-ray absorption spectroscopy and so on. The composite materials of the SFTO and the selected electrolytes were prepared by mechanical mixing using a ball miller and the reactivity test of SFTO and the selected electrolytes are carried out by heat treatment. According to the powder X-ray patterns, among the electrolytes, reaction of SFTO with YSZ electrolyte leads to an occurrence of secondary phases, indicating that it is not suitable for use as an electrode material. Among the other electrolytes, the composite composed of SFTO and LSGMZ exhibited the highest efficiency operating as both cathode and anode with polarization resistance values of 0.2 Ω/cm^2 in cell condition test at 800°C. The SSFC consisting of LSGMZ electrolyte and symmetric SFTO/LSGMZ composite electrodes showed a maximum power density of 700 mW/cm^2 at 800°C. In this presentation, we will discuss our recent efforts in using the composite electrodes in SSFC, which include a synthesis procedure of materials, structural redox stability, and electrochemical performance.

P2-G2-109 Advanced NO_x Abatement Technology for Low Temperature SCR Catalyst with Improved Dispersion Through Porous Hexagonal Boron Nitride

Porous hexagonal boron nitride에 의해 향상된 분산성을 가지는 SCR 저온촉매의 질소산화물 저감 기술

이명진[1]*, 김도현[2], 예보라[1], 이덕현[1], 이희수[3], 김홍대[1]. [1]*한국생산기술연구원*, [2]*고려대학교*, [3]*부산대학교*

Necessary of low temperature SCR catalyst, MnO_x-CeO_2 catalyst, goes up due to aspects of space constraints and energy. However, manganese is easily aggregated during continuous thermal environment at operating temperature. Aggregated MnOx particles on the support can be a major reason to degrade the catalyst performance. Through the addition of hexagonal boron nitride (h-BN), owing to interaction between MnO_x-CeO_2 and porous h-BN, the active materials have enhanced dispersion without any aggregation. The improved dispersion of MnO_x particles leads to enhance the catalyst performance by utilizing h-BN which is well known as thermally stable material. In addition comparing porous h-BN supported catalyst with non-porous h-BN supported catalyst, the effect of porous structure of h-BN is confirmed to enhance the catalyst performance.

P2-G2-110 Enhancing Stability of TiO_2-protected Sb_2Se_3 Photocathode Using Fullerene as a Photo-electron Transfer Promoter

플러렌 광전자전달 촉진제 도입을 통한 TiO_2층으로 보호된 Sb_2Se_3 광환원전극의 안정성 개선

탄제완*, 양우석, 오윤정, 이형수, 박재민, 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 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.

P2-G2-111 $CH_3NH_3PbI_{3-X}Cl_X$ nano-pillar Based Semitransparent Solar Module Using Anodized Aluminium Oxide Scaffold

양극산화알루미늄을 이용한 나노기둥 페로브스카이트 기반 반투명 태양광 모듈

권혁찬*, 마선일, 장규민, 양현하, 문주호. *연세대학교*

Organic-inorganic hybrid perovskite solar cells have demonstrated huge potential as next-generationsolar 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 7%.

P2-G2-112 Synthesis of TiO_2 Supported Pt Catalyst with High Electrocatalytic Performance for Oxygen Reduction Reaction
TiO_2-Pt 촉매합성과 산 화환원반응의 전기적 특성
이영욱[1*], 김한슬[2], 신태호[1], 정대수[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 부산대학교*
In recent years, the fuel cells have considered as promising alternative power sources for electronic applications. The surge of their popularity is attributed to their enhanced capability of energy conversion, green energy and high energy density. 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 ORR in fuel cells because of their unique ability to facilitate the catalytic reactions. Development of electrocatalysts for oxygen reduction reaction (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-G2-113 ALD Assisted Synthesis of V_2O_5/SnO_2 1-D Hetero-structure for Selective NO_2 Sensing
ALD 공정을 이용한 V_2O_5/SnO_2 1-D 복합나노구조 합성 및 NO_2 선택성 향상 연구
정영규*, 고우철, 권용중, 조영주, 백주원. *한국생산기술연구원*
We prepared SnO_2/V_2O_5 hetero structure for application in gas sensors. In order to synthesis V_2O_5 decorated SnO_2 nanowires, we deposited a VO_X amorphous layer on the surface of SnO_2 nanowires by atomic layer deposition and annealed the material in a box furnace at 500°C. Material characterization showing that the V_2O_5, which contained of epitaxial V_2O_5 layer and crystalline V_2O_5 particles, was attached to the surface of SnO_2 nanowires. We carried out NO_2 gas sensing tests with NO_2 gas concentrations 100 ppm. Moreover, this sensor demonstrated high selectivity of NO_2 gas than the others gases such as ethanol, acetone, SO_2, H_2, H_2S, C_7H_8, C_6H_6 and CO. We described the mechanism of V_2O_5 decorated SnO_2 nanowire gas sensor as four resistance changes. On the basis of the results acquired in this work, we believe that this sensor was fabricated by easy method, along with its high sensitivity and selectivity about NO_2 gas, can be used to the detection of NO_2 gas in real applications.

P2-G2-114 Formation of Oxygen Vacancies Through Laser Treatment of SnO_2 Nanowires and their NO_2 Sensing Properties
레이저 후처리 공정에 의한 SnO_2 구조내의 Oxygen vacancy 형성 및 NO_2 센서 특성 연구
정영규*, 권용중, 조영주, 백주원, 고우철. *한국생산기술연구원*
In metal oxide structures, oxygen vacancy (OV) plays a very important role not only in improving electrical conductivity but also in changing other properties. However, the known methods of forming oxygen vacancies in metal oxide crystals have to go through complex and inefficient experiments. Therefore, we applied the laser treatment technique to intentionally form the oxygen vacancy in the perfect metal oxide crystals within a few seconds. In this work, we irradiated the laser on SnO_2 nanowires grown by the VLS method and confirmed that it is possible to generate the oxygen vacancy by such technique. The generation of oxygen vacancies and changes of morphology with pulsed laser irradiation, and sensor characteristics by such changes were investigated. The sensor response of SnO_2 to NO_2 gas was changed from 5.3 to 70.2; this represents an ~14-fold enhancement at a low temperature of 100°C. Also, it was confirmed that the recovery time of the laser irradiated SnO_2 sensor is two times faster than the unexamined sensor. On the basis of our experimental results, the oxygen vacancy formation energy was calculated when external energy was applied to the perfect SnO_2 crystal, and the adsorption energy of NO_2 was also calculated when defective structure was formed. We proposed and discussed the sensing mechanism that is responsible for the enhanced sensing performance of pulsed laser treated SnO_2 nanowire gas sensors.

P2-G2-115 Origin of p-type Conductivity in Hydrated Amorphous V_2O_5 and Its Enhanced Photocatalytic Performance
Hydrated-비정질 V_2O_5의 p 타입 반도체적 거동 원인과 이를 통한 광효율 증대
정영규*, 백주원, 정경환, 김강민. *한국생산기술연구원*
Vanadium pentoxide (V_2O_5) is known to naturally have n-type conductivity. However, it exhibits a transition of n- to p-type conductivity when grown in the hydrated amorphous phase via atomic layer deposition. Compared with the intrinsic n-type V_2O_5, the hydrated amorphous V_2O_5 where the artificial p-type conductivity is imposed further increase the work function difference and thus build more strong interface electric field in the ZnO/V_2O_5 heterojunction structure. The increased internal electric field strengthens the electron-

hole separation across the heterojunction interface, consequently improving photocatalytic and photo-electrochemical performance. Based on our first-principle calculations, we found that when H_2O molecules incorporate into the amorphous V_2O_5 matrix, delocalized empty states are newly formed above valence band maximum in the hydrated amorphous V_2O_5, playing a crucial role in the transition of electrical conductivity in V_2O_5. This approach provides a simple and efficient way for discovering new p-type materials and applying them to future p-n junction devices in terms of process simplicity and cost effectiveness.

P2-G2-116 Active Hydrogen Production by Morphology-adjusted Sb_2Se_3 Photocathode

형태학적으로 조절된 Sb_2Se_3 광환원전극에 의한 효율적인 수소 생산

박재민*, 양우석, 오윤정, 탄제완, 이형수, 문주호. *연세대학교*

Recently Sb_2Se_3, a binary chalcogenide with orthorhombic structure, has been getting huge attention for solar energy conversion devices because of their promising characteristic such as absorption coefficient, low toxic, low cost, excellent electronic properties and suitable bandgap. In addition, intrinsically no dangling bond at grain boundary due to its unique 1D ribbon like crystal structure made it possible to reduce the recombination loss at GBs. Since those 1D crystal structures, physical properties like mobility vary depending on the orientation and thus, controlling the crystal orientation and its morphologies of this material are immensely important. However, there are few papers about controlling Sb_2Se_3's morphology so far. Here we studied a method to control its shape by simply modulate its precursor ratio with constant Se/Sb ratio of the coated film, no matter how much Se we put. Crystal orientation and photocathode performance has been differed as morphological changes from flat film to 1D needle shape. In this paper, we will analyze the mechanism of morphological changes and look for an optimized shape for PEC application. The EDS analysis was used to determine the Se/Sb ratio and the crystal orientation was confirmed by XRD analysis. The performance of the photocathode was measured under AM 1.5 G illumination. Morphological optimization could be able to by this method for any applications not only photocathode.

P2-G2-117 Physical Treating Effect of the Inner Surface of Quartz Mold Used for Metal Fuel Rod Preparation

금속연료심 제조에 사용되는 석영관 몰드 내표면의 물리적 처리 효과

정경채*, 오석진, 김기환, 국승우, 박정용. *한국원자력연구원*

금속연료 제조는 사출주조나 중력주조 방법을 많이 활용하는데, 일반적으로 세라믹 용융도가니에 정해진 비율의 연료조성을 갖는 원소들을 배치한 후 고온으로 가열하여 용융시키고, 액상화된 용융물은 비활성 기체로 가압하거나 중력을 이용해서 주형(몰드)에 인입하여 봉(rod)형태로 제조한다. 몰드에 장입된 금속합금 형태의 핵연료는 노내에서 냉각하고 몰드에서 해체하여 연료심 형태로 회수하고, 품질관리 절차후 후속공정에 따라 피복관에 넣고 용접하여 연료다발 형태로 가공한다. 고속로에서는 핵연료로 U-Zr합금을 기반으로 하는 금속연료가 사용되는데, 최근에는 기존의 경수로에서 발생된 사용후연료의 재활용 관점에서 U-Zr합금에 TRU나 RE 원소들이 함유된 다성분계 금속연료의 사용에 대한 연구도 동시에 진행되고 있다. 연료심 제조과정에 사용되는 주형은 모든 나라에서 석영관 주형이 활용되고 있는데, 고온에서 금속용융물과 석영관 내면과의 반응을 방지하기 위해, 세라믹물질로 구성된 슬러리 용액을 몰드 내면에 코팅하여 방지한다. 석영관 몰드의 내표면은 유리가 갖는 물리적 특성상 매우 매끄러운 상태로, 세라믹 슬러리 용액의 코팅시 코팅액의 접착력을 유지하기 위한 특별한 노력이 필요하다.

본 연구에서는 석영관 몰드 내표면에서 세라믹 슬러리용액의 접착력을 향상시키기 위해, 표면개질에 대한 연구를 수행하였으며, 샌드블러스팅 방법을 선정하여 표면거칠기를 증진시키는 작업이 진행되었다. 작업조건에 따라 석영관 몰드 내표면의 표면거칠기를 최적화하는 공정변수를 결정하였으며, 최적공정으로 제작된 석영관 몰드를 활용하여 금속연료심을 제조한 후 기존에 표면 변형없이 제조되었던 연료심과의 반응특성을 비교하고 그 특성을 파악하였다.

P2-G2-118 Accelerated Search for Energetically Favorable $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ Solid Solution Using Genetic Algorithm

유전 알고리즘을 이용한 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$의 에너지적 안정구조 가속 탐색

조준영*, 김기영, 최인규, 김영철. *한국기술교육대학교*

Mixed ionic-electronic conductor (MIEC)인 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (PBSCF)는 산소와의 높은 표면 반응과 벌크 내부에서의 우수한 전도성으로 연료전지의 공기극으로 각광받고 있다 [1]. PBSCF는 ABO_3 perovskite구조로서 Pr, Ba, Sr는 A 위치에, Co와 Fe는 B위치에 존재한다. Pr은 Ba와 Sr에서 분리되어 각각 A"와 A"" 층을 형성하는 것으로 알려져 있다 [2]. 본 연구는 PBSCF에서 에너지적으로 유리한 원자 분포를 계산하는 것으로 실험적으로 알려진 규칙을 확인하고 그 원인을 찾고자 한다. 도핑되는 원자의 종류가 증가함에 따라 생성될 수 있는 구조의 수가 기하급수적으로 증가하여, 전체적인 계산의 수를 줄이면서도 에너지적으로 안정한 구조를 찾기 위하여 genetic algorithm을 사용하였다 [3].

References

[1] S. Choi, et al., Sci. Rep., 2013, **3**, 2426.
[2] A. A. Taskin, et al., Prog. Solid State Chem., 2007, **35**, 481.
[3] J. Kim, et al., Comput. Mat. Sci., 2017, **138**, 219.

P2-G2-119 Investigation Photoelectrochemical Water Oxidation Performance Enhanced by Zn and Mo Doped $BiVO_4$ Photoanodes

Zn와 Mo 도핑을 통한 $BiVO_4$ 광전극 성능 향상 연구

이재명*, 백지현, 한길상, 정현석. *성균관대학교*

Photoelectrochemical (PEC) water splitting is a eco-friendly technology which convert light resource to fuel for demand of clean energy production. Among photoelectrocatalyst materials, Bismuth vanadate ($BiVO_4$) 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 $BiVO_4$ photoanodes by controlling the concentration and film thickness. In Mo doped $BIVO_4$, we identify that Mo doping enhance electronic conductivity of $BiVO_4$, facilitating charge separation in bulk. In Zn doped $BiVO_4$, Zn doping increase ratio of surface chemisorbed oxygen than lattice oxygen at solid-electrolyte interface, reducing interfacial recombination rate. We optical properties was investigated using UV-vis spectroscopy and X-ray Photoelectron spectroscopy. In summary, we demonstrate that doping and band engineering improve PEC performance for

OER, which enables PEC technology to overcome efficiency limit and provide solution of eco-friendly energy demand.

P2-G2-120 Orange-emitting $CsPbCl_3$:Mn Perovskite Film for Illumination Application

조명 분야 활용을 위한 오렌지색 발광 $CsPbCl_3$:Mn 페로브스카이트 필름

김원빈[1*], 송영현[2], 한길상[1], 정현석[1]. [1]*성균관대학교*, [2]*세종대학교*

Perovskite nanocrystals have been under active research due to their bright luminescence, narrow emission wavelength range, color tunability and wide color gamut area. Among them, $CsPbX_3$ (X = halide) all inorganic perovskite nanocrystals have better stability than organic-inorganic hybrid perovskite nanocrystals such as $CH_3NH_3PbX_3$. Nevertheless, $CsPbX_3$ nanocrystals still have stability problem from environment condition, like moisture.

In this work, we fabricated Mn doped $CsPbCl_3$ perovskite nanocrystals using hot-injection method and film using UV curable adhesive. We compared optical properties and crystallinity of perovskite nanocrystals with various ratio of Mn precursor concentration.

Secondly, we fabricated $CsPbCl_3$:Mn Perovskite film by mixing with 'NOA. 63 UV curable adhesive' and the optimized perovskite nanocrystals dispersed in toluene solvent. And fabricated perovskite film is attached on a 405 nm UV LED chip for device application. We measured optical properties and performance of device. Our perovskite device has broad 585 nm emitting range with FWHM of 92 nm and the device efficiency is 16.2 lm/W at less than 20 mA.

Moreover, we tested the moisture stability by immersing the film in DI-water. We measured the PL intensity over time. Our perovskite film remained above 80% of the initial value after 36 hours.

As a result, this broad orange-emitting perovskite film can be applied as a color conversion material for commercial use in applications in the lighting and display area.

P2-G2-121 Effect of Chemical Reaction on Discharge Characteristics in CFx Discharge Mechanism

CFx 방전 메커니즘에서 존재하는 화학 반응이 방전 특성에 미치는 영향

황태현[*]. *서울대학교*

CFx is the first cathode material applied to commercial primary Li-ion battery system. C Fx 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.

P2-G2-122 Effect of TiO_2 Particle Size and Layer Thickness in Mesoscopic Perovskite Solar Cells

페로브스카이트 태양전지에서 다공성 TiO_2 입자 크기 및 층 두께에 따른 소자 특성 변화 연구

이동건[1*], 김원빈[1], 김준영[1], 이상욱[2], 정현석[1]. [1]*성균관대학교*, [2]*경북대학교*

Perovskite solar cells (PSCs) is the one of the most promising photo-energy conversion devices. Mesoporous (mp)-metal oxide layer is the one of the most important components in PSCs. Generally, it played many important roles of a charge transport channel, scaffold for loading of light absorbing materials, and electron-hole separator. TiO_2 is the one of the most worldwide researched metal oxide materials due to its superior physical and chemical properties. Although many studies of mp-TiO_2 which investigated interface treatment or nanoparticles size have been continued to improve the photovoltaic performance, more investigations are needed to demonstrate the mechanism of mp-TiO_2.

In this study, we investigated the effect of nanoparticles (NPs) size and layer thickness of mp-TiO_2. The mp-TiO_2 layers of different NPs sizes were coated with various layer thickness of 150 nm, 250 nm, and 400 nm. The mp-TiO_2 layers of each NPs indicated the different tendancy as layer thickness change. To investigate the results, we measured charge carrier extraction and carrier transport properties through time-resolved photoluminescence and impedance spectroscopy. The investigation of this tendancy will demonstrate the effect of mp-TiO_2 NPs size and layer thickness.

P2-G2-123 Development Status of KOGAS Fuel Processor and Fuel Cell Application of Domestic NG Blower

한국가스공사의 연료처리장치 개발현황 및 국내 연료승압 블로워의 연료전지 시스템 적용

김재동[*], 김진욱, 김봉규. *한국가스공사*

연료전지 시스템은 천연가스를 기반으로 전기와 열을 생산하는 열병합 시스템으로 수소경제를 이끄는 기반으로 역할을 하고 있다. 2019년 1월에 발표된 수소경제로드맵의 경우 국가적인 수소와 연료전지의 추진방향이 나타나 있으며, 가정·건물용의 경우 2022년 50MW, 2040년 2.1GW의 보급을 추진하고 있다. 현재 건물용 연료전지는 공공기관 의무화 사업 및 서울시·부산시의 녹색건축물 설계기준에 의하여 보급이 진행이 되고 있으며, 수소 경제로드맵의 마일스톤에 의하면 건물용 연료전지의 보급이 더욱 촉진될 것으로 판단된다.

고분자 연료전지 시스템의 주요부품중 연료처리장치와 스택은 연료전지 시스템의 성능을 좌우하는 주요부품으로 한국가스공사는 고온 PEMFC 시스템에 적합한 연료처리장치를 연구해 오고 있다. 한국가스공사에서 개발한 연료처리장치는 열효율이 75% 이상이고, 2,000시간 이상 운영을 하여 내구성도 보유하고 있다 고온 PEMFC 연료전지 시스템에 적합한 연료처리장치를 위하여 개선을 진행하고 있으며, 연료처리장치를 고온 PEMFC 스택과 연계하여 운영을 하고 있다.

현재 건물용 연료전지에 적용되는 연료승압 블로워 등 BOP 부품은 대부분 외산이 사용되고 있으며, 외산 부품의 수급 및 가격이 국내 연료전지 시스템 경쟁력에 큰 영향을 미치고 있다. 그래서 국가과제를 통하여 연료승압블로워, 공기블로워, 열교환기등을 국산화하고자 하였으며, 특히 한국가스공사는 CSE와 공동으로 연료승압 블로워를 개발 및 평가를 진행하여 연료승압 블로워의 국산화를 도모하였다.

본 과제에서 개발된 연료승압블로워는 5 kW 연료전지 시스템에 적용할 수 있는 연료승압 블로워로 후단 압력 및 유량에 따른 소비전력을 측정하여 선진사의 연료승압 블로워와 비교하엿으며, 또한 한국가스공사에서 개발한 KOGAS의 연료처리장치와 연계하여 운영하여 연료처리장치와 연계운영시 평가를 진행하였고, 최종으로 시스템에 적용하여 평가를 진행하였다. 국내에서 개발한 연료승압 블로워는 선진사의 제품과 유사한 특성을 나타내었으며, 5 kW SOFC 시스템에도 적용이 가능한 것으로 판단된다.

P2-G3-1 Fabrication of Micron-Sized Zirconia Beads by Emulsion Method in Taylor Reactor

테일러 반응기에서 에멀전법에 의한 마이크론급의 지르코니아 비드 제조

손유아[1*], 정성묵[1], 이수연[1], 정선호[1], 최영민[1], 남산[2], 류병환[1]. *[1]한국화학연구원, [2]고려대학교*

In manufacturing and process technology of nano-scale particulate and mixed nanostructure to improve the intrinsic performance of products like energy storage, flexible devices and functional materials recently, the robust micron-sized spheres having high sphericity and uniformity are necessary. In this study, we studied to fabricate several tens of micron-sized sphere type zirconia green body by emulsion method which is a mixed aqueous phase of zirconia slurry, monomer and oil phase of mineral oil.

Chemical interface control of the aqueous zirconia slurry droplets dispersed in oil was performed for emulsion stabilization. In addition, for the mechanical agitation of the aqueous slurry in the oil phase, the Taylor number (Ta) and the Reynolds number (Re) were changed in the Taylor reactor, and the resulting size of the slurry droplet was controlled by rotational speed.

As the rotational speed of the inner cylinder was increased (Ta was increased), the size of the micron-sphere type green body decreased. As a result, a sphere type zirconia green body of 20 to 30 μm was fabricated at 400 rpm. The smaller the gap size of the cylinder, the smaller the bead obtained. It was confirmed that the spherical shape was maintained after sintering.

P2-G3-2 Low Temperature Sintering of Yttrium Oxide by Cold Sintering Process

Cold sintering 공정을 이용한 Y_2O_3의 저온 소결

김도겸*, 이도윤, 이정아, 허영우, 이준형, 김정주. *경북대학교*

Yttrium oxide is well known for its high corrosion resistance, thermal stability, low absorption and luminescence and applied dry etching equipment chucks, IR windows, guided missiles protection dome, and plasma equipment windows. However, yttrium oxide has a high melting point of 2430°C and should be sintered at a high temperature over 1600°C to obtain a densification of 99% or more. In order to densify yttrium oxide, it is required a high-temperature and high-pressure sintering environment such as hot pressure (HP), hot isostatic pressure (HIP) or vacuum sintering. Various studies such as dopant addition, two step sintering and spark plasma sintering (SPS) have been conducted to sinter the yttrium oxide at low temperature.

In this study, yttrium oxide is densified at a temperature lower than the conventional sintering temperature by using cold sintering process (CSP) which is a sintering method with acidic or basic aqueous solution under pressure at much lower temperature. As a solvent, yttrium nitrate and distilled water are mixed in a weight ratio. Thereafter, the sample is densified through CSP at 200°C and heat-treated at 1400°C. The density of CSP sample was more densed than the conventional sintered sample at the same temperature. As a result, yttrium oxide can be densified at 200°C lower temperature than conventional sintering temperature. Phase identification and micro-structure analysis are characterized by XRD, SEM and TEM during sintering and post het-treatment.

P2-G3-3 A Study on the High Temperature Cesium Retention Ability of Silica-Based Oxides for Application to Accident-tolerent Fuel

사고저항성 핵연료 소결체 적용을 위한 실리카 기반 산화물의 고온 세슘 포집능 연구

전상채*, 김동주, 김동석, 김건식, 김종헌, 윤지해, 양재호. *한국원자력연구원*

사고저항성 핵연료 개발의 일환으로 핵분열생성기체의 방출을 저감할 수 있는 소결체 개발이 이뤄지고 있다. 소결체 내에 포집재를 배치하여 핵분열 생성기체를 화학포집 함으로써 이들이 피복관으로 방출되면서 수반되는 문제를 미연에 방지하는 전략이다. 세슘은 발생량이나 독성에 있어 주요한 포집 대상으로 분류되어 세슘 포집재 개발이 이어져 왔다. 그러나, 핵연료 소결체의 제조시 약 1700°C에 이르는 고온소결 공정이 있어 이를 거치고도 포집 기능을 발휘할 수 있는 포집재는 극히 한정적이어서 현재까지 개발된 대부분의 포집재가 SiO_2 (silica) 기반 물질 범위 내에 있다. 한편, 사고저항성 측면에서는 고온 포집능이 매우 중요한 기능적 요건으로, 이는 포집반응에 의해 생성된 세슘 화합물의 고온안정성에 의해 결정된다. 여러 silica 기반 포집재들 중 이러한 관점에서 Al-Si-O와 Zr-Si-O 이 우수하다고 알려졌으나 실험적 근거가 미비하여 이들의 고온안정성을 비교 평가 하기에는 무리가 있다. 본 연구에서는, 1750°C의 고온영역에 이르는 넓은 온도범위에서 이들 및 Si-O의 휘발손실률을 관찰하여 세슘 포집능을 비교하고, 실제 핵연료 환경을 고려한 해석을 통해 Al-Si-O이 상대적으로 우수한 포집재임을 밝혔다. 본 결과는 핵분열생성기체 방출 저감 소결체의 조성 설계에 활용 될 것으로 기대한다.

P2-G3-4 Enhanced Thermal Conductivity of ATF UO_2 Pellets with Aligned Mo Particles

배열된 금속입자에 의한 사고저항성 핵연료 UO_2 소결체의 열전도도 향상 연구

김동석*, 김동주, 전상채, 김건식, 김종헌, 윤지해, 양재호. *한국원자력연구원*

후쿠시마 사고 이후 지난 몇 년간 경수로 핵연료의 개발에 있어 사고저항성 핵연료(Accident Tolerant Fuel, ATF)라는 이름 하에 수 많은 노력 및 제안들이 있었다. 현행 UO_2 핵연료 소결체에 있어서 극복해야 할 문제 중 하나는 낮은 UO_2의 열전도도로, 운전시 소결체 내부 온도 구배가 극심해지며, 소결체 중심온도가 상승하게 되어 악영향을 미친다. 이에 따라, 만약 UO_2 핵연료 소결체의 열전도도를

높일 수 있다면 운전 마진의 향상은 물론, 핵분열 생성물 방출의 저감이나 안전성 향상에도 큰 도움을 줄 수 있다.

본 연구에서는 UO_2 소결체의 열전도도를 효율적으로 높이기 위해 KAERI에서 고안한 두 가지 종류의 사고저항성 핵연료 금속 입자 복합 UO_2 소결체들의 열전도도를 측정 평가하였다. 그 두 가지 종류의 핵연료 소결체는, 금속 입자를 소결체 내에 연속적으로 배열하여 그물망 구조를 형성시킨 'Microcell' 소결체 1종 및 넓고 편평한 금속 입자를 소결체 내에 수평방향으로 배열한 'Microplate' 소결체 1종으로 핵연료 UO_2 소결체의 수평방향 열전도도를 향상하고자 하였다. 배열된 몰리브데늄 금속 입자는 소결체 내에서 열 전도 경로로 작동하여 기존 UO_2 소결체보다 약 두 배 이상의 반경 방향 열전도도가 향상됨을 확인하였다. 이와 같이 제조된 금속입자 배열 UO_2 소결체 2종에 대해 공정 변수 별 미세구조 관찰 및 열전도도 특성 평가를 수행하였다.

P2-G3-5 Behaviors of Fuel Reducing Agents on the Synthesis of YAG:Ce^{3+} Nano-Particles Phosphor Using an Optimized Solution Combustion Synthesis

용액연소공정으로 제조된 형광체(YAG:Ce^{3+}) 나노입자의 합성 거동

한영민[1*], 이종현[2], 정충환[1]. [1]*한국원자력연구원*, [2]*충남대학교*

백색 광원용(White-LED) 형광체를 제조하기 위한 희토류 원소인 세륨(Ce) 첨가된 YAG ($Y_3Al_5O_{12}$, garnet structure) 산화물이 사용된다. YAG 형광체는 열 안전성과 휘도가 우수하며 InGaN를 기초로 한 청색 LED를 이용한 백색 LED 구현에 적합하다. 기존에는 epoxy에 형광체분말을 결합하여 LED를 구현하였지만, 형광체의 특성을 극대화 시기키기 위해서는 박막화(Remote type) 방법을 이용해야 한다. 박막화하기 위해서는 나노크기의 분말이 적합한데 나노분말을 손쉽게 제조할 수 있는 방법인 용액연소합성법을 이용하여 YAG-Ce분말을 제조하였다. 용액연소합성법은 금속 질산염과 연료 사이의 산화/환원반응을 통해 방출되는 반응열에 의해 자발착화 되는 반응이다. 반응속도가 빠르며 별도의 소성과정을 통하지 않기 때문에 간단한 공정화에 의해 손쉽게 나노분말을 합성할 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 연소합성법에 여러 연료(Glycine, Urea, Citric Acid)를 이용하여 YAG:Ce^{3+} 나노분말을 제조하였다. 첨가 연료의 종류에 따라 연소합성공정은 반응은 다르게 나타났으며, 연료에 따른 분말입자 형상 또한 다르게 관찰되었다. 이러한 여러 연료 조건에 따라 YAG 나노분말의 화학적 결합을 확인하고 합성거동을 알아보았다. 최종 합성된 분말은 나노크기를 갖는 응집된 형상을 관찰하였으며, 합성된 YAG:Ce^{3+}분말의 특성을 관찰하였다.

P2-G3-6 Fabrication and Characterization of CaO Stabilized Zirconia Crucible for Fabrication of Ni Nano Powder by Plasma Process

플라즈마를 이용한 MLCC용 Ni 나노 분말 제조를 위한 CaO 안정화 지르코니아 용기 제조 및 물성 조절 연구

박태민[1*], 양영균[1], 박지훈[2], 이상진[1]. [1]*목포대학교*, [2]*(주)와이제이씨*

최근 전자기기의 다기능화 소형화 추세가 급속히 진행됨에 따라 전자부품의 소형화와 성능향상도 매우 빠른 속도로 증가되고 있다. 이에 따라 고 신뢰성을 요구하는 초소형 MLCC 수요 급증으로 인해 MLCC 내부 전극 제조에 필요한 Ni 나노 분말의 수요 역시 급증하고 있으며, 이에 따라 Ni 나노 분말의 국산화 개발 필요성이 증대되고 있다. Ni 나노 분말은 10,000°C 이상의 초고온 plasma를 이용하여 제조하는데, 이때 약 2,000°C 고온의 Ni 용탕과 Ni 증기가 생성되기 때문에 Ni 나노 분말 제조를 위해서는 내열성과 내침식성이 우수한 초고온용 지르코니아 내열용기가 필요하다.

본 연구에서는 이트리아, 세리아 등 다른 안정화제보다 상대적으로 단가가 저렴한 CaO를 안정화제로 사용한 용융 CSZ (fused CaO stabilized zirconia)를 선택하여 Ni 나노 분말 제조를 위한 지르코니아 용기를 제조하고, 극한 환경에서 그 수명을 늘리기 위한 물성조절을 연구하였다. 지르코니아 용기의 상변화와 열팽창계수를 조절하여 용기의 신뢰성을 높이기 위하여, 제품 제조를 위한 열처리 조건, 기타 첨가제가 이들 물성에 미치는 영향을 고찰하였다. 1550°C의 열처리 온도와 900°C부터의 서냉 냉각을 통하여 안정된 고온상이 유지되고 열팽창계수가 낮은 지르코니아 용기가 제작되었다. 또한 CaO의 추가적인 첨가에 의하여 용출에 의해 CaO 안정화제 손실의 보완효과로 인해 지르코니아의 안정화가 증진되어 열충격 저항성이 향상되었다.

P2-G3-7 Fabrication of Nano-sized YAG Phosphor Powders Synthesized by PVA Polymer Process and Photoluminescent Properties of Sintered Powder

PVA 폴리머 공정을 이용한 나노 크기의 YAG:Ce^{3+} 형광체 분말제조 및 소결을 통한 형광특성 고찰

임현호*, 김용현, 이상진. *목포대학교*

최근 고출력 LED 및 LD를 이용한 제품은 자동차용 HUD, 헤드라이트, LD빔프로젝트 등에서 활발히 사용되고 있다. 이런 고출력 광원에 적용하기 위해 고온에서 견딜 수 있는 plate type의 소재를 필요로 하고 있다. 이로 인해 열전도도가 우수한 세라믹 형태의 phosphor plate 개발이 이루어지고 있다. 기존 상용화 형광체로 제조된 소결체는 불균일한 입자분포와 기공분포로 인해 plate의 균일도 저하를 일으킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 plate의 기공도와 균일도를 조절하여 형광특성을 향상시키기 위해 나노 크기의 YAG 형광체 분말 제조가 필요하다. 상용화된 YAG형광체의 합성은 주로 yttria와 alumina 분말을 사용하여 고상반응법으로 제조하고 있다. 최근에 PVA 폴리머 용액법에 의하여 입자크기 제어가 가능한 YAG 형광체 분말 합성방법이 소개되었다. 이 공정은 고상반응법에 비해 낮은 온도에서 열처리가 가능하고, 건조 후 분쇄 처리가 필요하지 않으므로 공정을 단순화 할 수 있다.

본 연구에서는 PVA 폴리머 용액법을 이용하여 나노 크기의 YAG 형광체 분말을 제조하였다. 폴리머의 첨가량 변화를 통해 전구체의 균질성을 유도하여 최종 합성 분말의 입자크기에 미치는 영향을 고찰하였다. 또한 하소온도, 환원열처리 등 열처리 공정상의 변수를 조절하여 이들이 나노분말의 소결성에 미치는 영향과 소결체의 형광특성에 미치는 영향을 고찰하였다.

P2-G3-8 Characteristics of Cu Matrix – Ceramic Filler Composites for High-Performance Heat Dissipation Material

폴리머 용액법으로 제조된 나노 Cu기지-세라믹 필러 복합체 제조 및 특성

양영균*, 이상진. *목포대학교*

최근 전기, 전자 분야 등에 사용되고 있는 부품이 경량화, 소형화 됨에 따라 전자 소자의 집적도가 높아지고 있으며, 이에 따라 전자 소자의 발열량도 크게 증가하고 있다. 이렇게 발생된 열은 작동 오류 또는 소자의 수명 등에 영향을 미치고 있기 때문에 발생된 열을 발산키기는 방열 특성의 향상에 대한 연구가 높아지고 있다. 금속 베이스의 방열 기판은 높은 열전도성을 보유하고 있어 디바이스나 전자 모듈 부품 등의 제작에 대한 관심이 증폭되고 있으나, 높은 열팽창으로 인한 문제점을 안고 있다. 반대로 세라믹 방열 소재의 경우 상대적으로 낮은 열팽창을 보이지만 열전도도가 상대적으로 낮기

때문에 금속재료 혹은 세라믹재료만으로 제조된 방열재료 보다는 이들의 복합화를 통한 고기능 방열재료의 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 금속 matrix에 세라믹 filler를 첨가하여 열전도도를 향상시키고 열팽창계수를 조절하는 연구가 진행되었으며, 특히 Cu-AlN 복합체와 Cu-SiC 복합체의 각 성분 혼합량과 세라믹 filler의 크기, 그리고 상압 소결 및 HP 소결을 통하여 얻어진 방열용 복합소재의 열팽창계수 및 열전도도 물성의 변화를 고찰하였다. 또한 미세구조 관찰을 통하여 잔유기공 및 filler의 분포도가 이들 물성에 미치는 영향을 고찰하였다.

P2-G3-9 Effect of MCAS-Y_2O_3-YSZ Co-additives on the Property of AlN Ceramics

MCAS-Y_2O_3-YSZ 하이브리드 첨가제가 AlN의 물성에 미치는 영향

백수현[1*], 김영도[2], 류성수[1]. [1] *한국세라믹기술원.* [2] *한양대학교*

AlN은 알루미나와 비교하였을 때 유사한 굽힘강도(300 MPa), 10배 높은 열전도도(170 W/mK)를 가지고 실리콘과 유사한 낮은 열팽창계수(4.2 ppm/°C), 높은 전기절연성, 우수한 내식성 등의 특성 때문에 파워모듈의 열 방출용 기판이나 고출력 LED 패키지용 기판 등으로 널리 사용돼 왔다. 그러나 강한 공유결합 특성으로 인해 소결성이 낮기 때문에 순수 AlN을 소결 할 경우 2000°C로 높은 소결온도와 상당한 시간이 필요하며, 치밀한 AlN을 제조하기 위해서는 액상 소결조제의 첨가로 1800°C 이상의 여전히 높은 온도가 요구된다.

이는 AlN의 높은 생산비용 뿐만 아니라 입자의 성장으로 인해 기계적 강도를 감소시킨다. 또한, 최근 하이브리드, 전기 자동차 등 수송기기 동력의 전기모터화 됨에 따라 전력모듈의 시장이 급속히 팽창하고 있는데 이 경우 AlN에 금속을 접합한 후에 적용되기 때문에 높은 열적 내구성이 요구된다. 이를 위해 높은 열전도성 뿐만 아니라 고강도가 요구되는 AlN의 개발에 대해 필요성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 먼저 AlN을 낮은 온도에서 제조하기 위해 비정질의 다성분계 MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2 (MCAS)를 소결 첨가제로 개발하여 사용하였으며, 이로 인해 기존의 비해 200°C 낮은 1600°C에서 이론밀도에 가까운 치밀한 소결결과를 얻을 수 있었다. 또한, MCAS와 함께 열전도도 향상을 위해 Y_2O_3, 강도향상을 위해 YSZ를 첨가하는 하이브리드형 첨가제를 개발하였다. 그 결과, 최종 AlN 소재의 열전도도 110 W/mK 이상, 굽힘강도 640 MPa 이상의 물성을 확보할 수 있었다.

P2-G3-10 Mechanical Strength and Thermal Shock Resistance Properties of Zirconia Added to Cordierite-Mullite Ceramics

코디어라이트-뮬라이트 세라믹스의 지르코니아 첨가에 따른 기계적 강도 및 열충격 저항성

임진현[1*], 김시연[1], 여동훈[1], 신효순[1], 정대용[2]. [1] *한국세라믹기술원,* [2] *인하대학교*

세라믹 히터는 우수한 내열 특성으로 인하여 다른 히터들에 비해 고온에서 오래 사용할 수 있다는 장점이 있다. 또한, tape casting법을 이용한 세라믹 적층기술을 적용한 평판형 세라믹 히터는 할로겐램프 히터나 IR 히터와 비교하여 히터의 부피 감소와 경량화가 가능하여 반도체 및 전자 세라믹스 등의 다양한 산업분야에 적용할 수 있다. 본 연구에서는 기계적 강도 및 내열충격성이 향상된 세라믹 히터를 제조하기 위해 코디어라이트와 뮬라이트를 혼합하여 소결하였다. 그리고, 소결 밀도를 확인한 후 최적 조성으로 80 wt% 코디어라이트-20 wt% 뮬라이트를 선정하였으며, 그 조성에 지르코니아를 첨가하여 소결 특성을 확인하였다. 그 결과, 소결 밀도는 지르코니아의 첨가량에 따라 증가하였으며, 3점 곡강도는 지르코니아를 5 wt% 첨가한 조성에서 238 MPa로 가장 높은 값을 나타내었다. 이 조성으로 제작한 시편을 물에 qeunching하여 열충격을 가한 후 3점 곡강도를 측정한 경우, △T = 400°C에서는 강도 저하가 나타나지 않았으며, △T = 450°C에서 153 MPa로 35.71%의 강도 저하가 나타났다. 열충격 시험기로 공기 중에서 100 cycle 반복하여 열충격을 가한 후 3점 곡강도를 측정한 경우, △T = 800°C까지 강도 저하가 나타나지 않았다.

P2-G3-11 Influence of Si Powder Characteristics on Synthesis of Si_3N_4 Powder by Direct Nitridation

직접질화법을 이용한 질화규소 분말합성에 미치는 Si 분말 특성의 영향

조상근*, 이현권. *금오공과대학교*

질화규소 세라믹스는 내마모성, 경도 등의 기계적 특성과 열충격 저항성, 고온 강도 등의 열적 특성이 고르게 우수하여 다양한 산업 분야에 활용되어 온 소재이다. 고물성의 질화규소 소결체 제조를 위해서는 미세하며, 높은 α상분율을 가지는 질화규소 원료분말이 요구된다. 본 연구에서는 고순도 실리콘 스크랩을 분쇄 후 직접 질화하여 우수한 특성의 질화규소 분말을 제조하고자 하였으며, 실리콘 분말의 특성이 질화규소 분말 제조에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 분쇄 후 실리콘 분말의 특성을 PSA, BET, TGA를 통해 분석하였으며, 이후 직접질화법으로 제조된 질화규소 분말을 질화율 및 XRD를 통해 평가, 분석하였다.

P2-G3-12 A study on the Phase Evolution of Plasma Resistant YAS Coating Layer by Control of Its Frit Composition

프릿 조성제어를 통한 내플라즈마성 YAS계 코팅층 상형성 연구

전서연*, 박의근, 이현권. *금오공과대학교*

반도체 제조공정에서 선폭의 미세화가 진행됨에 따라 고밀도 플라즈마를 사용하는 공정이 필수적이다. 일반적으로 챔버 내 부품의 내플라즈마성을 향상시키기 위해 용사 법, 졸겔 법 등을 이용하여 모재에 코팅층을 제조하는 방법이 사용되고 있다. 하지만 플라즈마공정 중 화학적, 물리적 침식이 발생하여 코팅막이 손상 또는 박리되어 입자탈락을 발생시켜 수율저하의 문제를 야기시킨다. 이를 해결하기 위해 내플라즈마성 소재를 코팅하는 연구가 지속적으로 요구되고 있다. 이러한 코팅방법 중 YAS계 프릿을 용융 코팅법을 이용하여 코팅할 경우 모재인 Al_2O_3의 영향으로 코팅 전 프릿 결정상과 코팅 후 코팅 층의 결정상이 달라지는 문제점이 발생된다. 따라서 본 연구에서는 YAS (Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2)계 프릿의 원료 조합비를 제어하여 프릿 결정상과 코팅층 결정상과의 상관관계를 연구, 상대적으로 내플라즈마성이 높다고 보고되는 YAG상의 결정상 분율을 높이고자 하였다. 제조된 프릿과 코팅층은 SEM, EDS, XRD를 이용하여 분석하고 평가하였다.

P2-G3-13 Analysis and Evaluation of Relationship Between Ball Behaviors and Acoustic Signals According to Ball mill Conditions

볼밀 조건에 따른 볼 거동과 음향신호 연관성 분석 및 평가

진소현*, 이현권. *금오공과대학교*

세라믹스 제조 공정 중 분말제어는 우수한 물성의 세라믹스를 얻기 위해 필수적이다. 현재 대부분의 산업 현장에서는 비교적 공정이 간편하고 저렴한 볼밀(ball mill) 공정을 분말제어 공정으로 이용하고 있다. 하지만 이러한 볼밀공정을 이용하여 최적의 분말을 얻기 위해 경험적인 데이터를 기반으로 진행하는 일이 빈번하다. 이에 따라 최근에는 볼밀 공정 요소들과 분쇄 효율 간 관계를 수치화 하는 방법에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 볼밀 공정 중 볼 거동과 음향신호의 연관성을 분석하여 파악하고자 하였으

며, 이를 위해 다양한 볼밀 조건에서 발생하는 음향 신호를 특정시간 간격으로 채취하고, Sigview 프로그램(SignalLab Co., USA)을 이용하여 고속 퓨리에 변환(FFT, Fast Fourier Transform) 후 유효한 주파수 구간을 선정하였다. 이후 각 볼밀 조건에 따른 볼 거동과 음향 신호의 연관성을 분석하고 평가하였다.

P2-G3-14 Crack Healing Observation in Mullite EBC Ceramics
Mullite EBC 세라믹에서의 균열 치유 관측

서형일[1*], 이계원[1], 이기성[1], 김대종[2]. *[1] 국민대학교, [2] 한국원자력연구원*

탄화규소는 1500도 이상의 고온의 환경에서 안정적인 기계적 특성을 갖는 소재이다. 그러나 고온에서 산화반응과 수증기와의 반응으로 질량이 감소하는 문제가 발생한다. 이 문제로 인해 가스터빈으로 제작된 제품의 수명이 고온에서 작동과 정지의 반복에 의해 줄어들 수 있다. 이를 해결하기 위해 탄화규소를 고온의 환경으로부터 보호할 내환경 코팅층이 필요하다.

본 연구에서는 탄화규소의 내환경 코팅층으로 연구되고 있는 Mullite를 선정하여 APS용법으로 시편을 제작하여, 1350도에서의 장기간 열충격을 실험하였다. 1000사이클이 진행됨에 따라 균열의 밀도를 관측하였으며, 5000사이클 이후 SEM과 XRD 분석을 통해 시편의 표면의 성분을 분석하였다.

P2-G3-15 Preparation and Characterization of a Carbon-coated Reticulated Porous Mullite Material
탄소코팅 다공성 뮬라이트 폼의 제조 및 특성평가

이수진*, 최재령, 하장훈, 이종만, 송인혁. *재료연구소*

최근, 전자 및 통신기기의 수요 확산과 군사용도로 응용분야가 다양한 전파흡수소재에 대한 관심이 확대되고 있다. 군사용도의 응용 중 레이더 전파흡수소재로 기존에 사용되어 온 고분자 재료는 고온 환경에서 열변형이 발생하고, 이로 인한 물성 저하가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 고온 환경에 적용 가능한 세라믹 전파흡수소재 개발의 필요성이 대두되고 있다. 3차원 네트워크 구조를 갖는 개기공 다공체 세라믹은 70 ~ 95%의 높은 기공률을 갖는다. 본 연구에서는 폴리우레탄 스펀지를 뮬라이트 슬러리에 함침하여 열분해를 통해 다공성 뮬라이트 폼을 제조하였으며, 전파흡수기능을 갖게하기 위해 다공성 뮬라이트 폼에 탄소를 코팅하여 내열 개기공 뮬라이트 전파흡수소재를 개발하였다. X밴드(8.2 GHz ~ 12.4 GHz)에서의 전파흡수특성 측정 결과 탄소의 양이 10 wt.%일 때, 8.2 GHz에서 -10 db (90% 흡수)의 값을 갖는 전파흡수소재를 제조하였다. 또한, 세라믹 폼의 높은 기공률 특성상 강도가 낮으므로 폴리우레탄의 기공밀도와 소결온도의 조절을 통하여 다공성 뮬라이트 폼의 강도를 증진시킬 수 있도록 하였다. 이를 통해 폴리우레탄의 기공 밀도가 45 ppi (pore per inch) 며, 소결온도 1400 °C 일 때, 약 0.5 MPa의 압축강도값을 갖는 다공성 뮬라이트 폼을 제조하였다.

P2-G3-16 Synthesis of HfC Derived from Organometallic Compound and The Effect of Heat-Treatment Conditions on Crganic-inorganic Conversion Behavior
유기금속 화합물로부터 유래된 HfC 합성과 열처리 조건이 유-무기 전환 거동에 미치는 영향

장석훈[1*], 신동근[1], 조광연[1], 이윤기[2], 이윤주[1]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 경상대학교*

최근 극한 환경에 대응하는 소재의 요구사항이 강화됨에 따라 초고온용 세라믹 소재(UHTCs)에 대한 관심이 증가하고 있다. 비산화물 세라믹스 중 하나인 HfC는 약 3900°C의 매우 높은 융점과 높은 열적 안정성 및 내산화성과 같은 뛰어난 내열 특성을 나타내기 때문에 차세대 초음속 추진체, 가스 터빈 등의 초고온 구조 재료에 응용된다. 기존의 Hf-based 세라믹 제조 공정은 2000°C 이상의 고온에서 치밀화가 진행되지만 결정립 조대화 및 그에 따른 기계적 결함 문제를 수반한다. 하지만 유기금속 화합물을 이용하여 Hf계 프리세라믹 원료를 합성하고, 고온에서 유-무기 전환 공정을 통한 HfC의 제조는 기존 공정의 문제점을 개선할 대안으로 기대되고 있다.

본 연구에서는 Hf-based 유기금속 화합물을 합성한 후 분말 또는 펠렛 타입의 성형체의 세라믹 전환 공정에 있어 열처리 조건이 HfC 결정 형성 및 성장에 미치는 영향을 확인하였다. Warm pressing technique을 이용하여 성형된 Hf 프리커서는 열처리 과정에서 boiling 또는 Bubbling에 의한 결함 없이 형상을 유지할 수 있었다. 또한 N_2와 Ar 분위기 하에 각각 열처리 된 두 샘플은 1800°C 조건에서 XRD와 TEM 분석을 진행했을 때 상이한 결과를 나타냈는데, 무엇보다 gas 종류에 따라 전구체에 포함된 질소의 분해 여부에서 큰 차이를 보였다. 뿐만 아니라 공기에 민감한 전구체는 공정 과정에서 쉽게 산화된다. 이 경우에 생성되는 hafnium oxide는 열 안정성이 뛰어나기 때문에 2차 분해에 의한 HfC 형성이 어려우므로 공정 중의 산화 방지가 중요하다.

P2-G3-17 Effect of Addition of Cr, Al on Hydrothermal Corrosion of CVD SiC
CVD SiC의 수화학 부식거동에 Cr, Al 첨가가 미치는 영향

송희[1*], 김대종[2], 김원주[2], 윤순길[1], 이현근[2]. *[1] 충남대학교, [2] 한국원자력연구원*

SiC는 고온 기계적 강도가 탁월하고 수소발생을 최소화할 수 있는 재료로써 후쿠시마 원전 사고와 같은 중대사고에서도 물리적, 화학적으로 안정하다. 그러나 지금까지의 SiC 복합체 관련 연구는 초고온가스로, 핵융합로 등의 고온형 원자로 응용을 위해 주로 이루어져 왔기 때문에 경수로 환경에서의 SiC 복합체 특성 데이터는 매우 부족한 상황이며 경수로 피복관 적용에 있어 기술적인 검증이 요구되고 있다. SiC의 수화학 분위기에서의 부식거동은 기존 피복관에 비해 더 빠르게 진행되는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 CrAl 및 Cr, Al 금속원소를 CVD SiC에 확산시켜 SiC의 부식저항성을 높이는 연구를 진행하였다. PVD를 이용하여 금속박막을 코팅하고 열처리를 통해 확산을 진행하였다. 금속 원소가 확산된 CVD SiC를 autoclave를 이용하여 360°C, 18.5 MPa 조건에서 가속화된 수화학 부식 실험을 하였다. 또한 경수로 환경을 모사한 loop에서 부식시험을 수행하였다. SEM과 TEM-EDS를 이용하여 열처리 전후의 표면 미세구조 비교와 성분분석을 하였으며, 원소의 깊이분포(depth profile) 분석에 적합한 SIMS 장비를 이용하여 Cr과 Al의 확산 깊이를 확인하였다. 열처리 결과, Cr과 Al 모두 확산이 되었다는 것이 확인되었고, 부식 실험 결과 CVD SiC와 비교하여 금속원소를 확신시킨 SiC의 무게 변화량이 감소한 것을 확인할 수 있었다. Cr, Al 첨가가 SiC의 수화학 부식거동에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 고찰하였다.

P2-G3-18 Inhibition of Grain Boundary Scattering of Domain-controlled Y_2O_3-MgO Infrared Transparent Nanocomposite by Ameliorated Two-stage Sintering
개선된 소결법을 통해 결정립 제어된 Y_2O_3-MgO 나노복합체의 결정립계 산란 억제

마호진[1*], 용석민[2], 최두현[2], 김도경[1]. *[1] 한국과학기술원, [2] 국방과학연구소*

Y_2O_3-MgO ceramics have attracted attention for use in infrared transparent materials. However, the large difference in refractive index between two phases results in significant grain boundary scattering that near-infrared transmittance is severely degraded. To solve this drawback, it is indispensable to extremely reduce domain growth and to eliminate residual pores of the nanocomposite during the sintering. Two-step sintering has been extensively introduced to obtain fine-grained ceramics. In this study, two-step consolidation is investigated to achieve full density while retaining domain size. A sintering path for p two-step sintering and related kinetic window are obtained. Furthermore, by effectively suppressing grain growth and eliminating residual pores via two-step sintering, outstanding mid- and near-infrared transmittance were achieved.

P2-G3-19 Plasma Etching Characteristics of AlON Transparent Ceramics in Comparison with Other Materials
Etch Characteristics of Transparent Ceramic AlON

Muhammad Tsabit Ayman[1*], Muhammad Tsabit Ayman, 민지훈, 김명동, 윤당혁. *영남대학교*

The use of ceramics in halogen plasma environment for semiconductor industry has been remarkably increased to protect the devices. Al_2O_3 and Y_2O_3 are the most used ceramics because of their excellent erosion and corrosion resistances. This work was to understand the plasma etching characteristics of transparent AlON ceramics after fabricating by two-step sintering in nitrogen atmosphere. The plasma etching characteristics of AlON is compared with sapphire, Y_2O_3, $MgAl_2O_4$, translucent-Al_2O_3 and sintered-Al_2O_3 under CF_4 and O_2 plasma. SEM and AFM images were used to compare the etched morphology, while the surface roughness before and after etching along with the etched depth were calculated for comparison. Moreover, the mass loss per unit area and transmittance change before and after etching were also evaluated. The surface roughness of AlON after etching was lower than the translucent Al_2O_3, sintered Al_2O_3, and sapphire, but higher than Y_2O_3 and $MgAl_2O_4$. The overall results will be explained.

P2-G3-20 Thermal Properties of Foaming Ceramic with CNT Addition
카본 나노튜브가 첨가된 발포체의 열적 특성 연구

이우철*,박진영,양현경. *부경대학교*

LED is attracting the interest due to its important impacts on illumination industry. However, currently, the thermal problem that is brought by heat generated within the LED itself is still a barrier that limits the stability, reliability and lifetime of LED. Therefore, effective heat dissipation of LED packages are significant to improve the performance of LED. The aluminum heatsink, which has traditionally utilized, causes a problem of high manufacturing cost owing to requirement of high fabrication temperature. In order to solve this problem, foaming ceramic without high temperature is simply fabricated.

In this research, we report the synthesis foaming ceramics as heatsink with different ratio addition of carbon nanotube (CNT). Depending on CNT addition, the thermal property was measured by using fabricated foaming ceramic, commercial aluminum, heatsink, LED module and thermal imaging camera.

P2-G3-21 Metal Porous Foams Using Coffee Grounds for Several Applications
폐커피를 이용한 금속발포체의 응용 연구

박성준[1*], 이우철[1], 홍우태[1], 이주현[2], 정주화[2], 양현경[1]. [1]*부경대학교*, [2]*맥한신소재*

Recycling is an interesting topic in an academic community due to the economic and environmental benefits in industries. Currently, the amount of waste coffee grounds is increasing as the domestic and global coffee market grows. Therefore, an efficient way for recycling waste coffee grounds is needed.

Metal porous foams have unique properties such as porous of various sizes, different strengths, lightweight structure, insulation, deodrization, far infrared radiation, and etc due to different metal types and starting materials. Because of these properties, the metal porous foams can be used for several applications such as building material, water purification, catalyst bed, electrode, sensor, and deodorant foams.

In this research, we report on the development of metal porous foams through recycling waste coffee grounds by simple process. We fabricated metal porous foams with using different metal types through simple process. The chemical component, morphology, mechanical strength of metal porous foams was investigated.

P2-G3-22 Study on Sintering Conditions for Li_2TiO_3 Tritium Breeder Pebbles
삼중수소 증식재용 Li_2TiO_3 페블의 소결 조건 검토

김종일*, 박이현, 안무영, 이영민, 조승연. *국가핵융합연구소*

The Lithium metatitanate (Li_2TiO_3) has been recognized as one of the promising candidate for tritium breeding material for breeding blanket of fusion reactor. The considering application in the breeding blanket, the tritium breeder pebbles have been preferred homogeneous microstructure including small grain size with below 10 um for amicable tritium release. In the National Fusion Research Institute (NFRI) of Korea, the slurry droplet wetting method using synthesized Li_2TiO_3 nano-powder has being improved for Li_2TiO_3 pebbles. In this study, effects of sintering conditions on the microstructure of Li_2TiO_3 pebbles were investigated. The Li_2TiO_3 pebbles were sintered at various conditions, such as temperature, atmosphere, time, and so on. In some experiments, the crucible cover was removed during the sintering to prevent relatively high partial pressure of CO_2 which was generated by the pyrolysis of the binder material. The average of grain size was below 5 um. The shell-layer and micro crack were observed on the surface of sintered Li_2TiO_3 pebbles. These were generated at relatively high temperature (1000°C). The homogeneous microstructure of sintered Li_2TiO_3 pebbles was able to be controlled by the optimization of the sintering conditions.

P2-G3-23 Microwave Heating Characteristics of Ilmenite Reduction Products for Lunar Regolith Sintering
월면토 소결을 위한 ilmenite 환원 생성물의 마이크로파 가열 특성 연구

김영재*, 신휴성. *한국건설기술연구원*

Development of in-situ resource utilization (ISRU) method is required to construct space habitat and infrastructures on the lunar surface in order to support space exploration and human settlements. In this

respect, lunar soil is considered as a potential construction material and microwave processing is suggested as an appropriate technique for sintering lunar soil with relatively low power consumption. Nanophase Fe(0) is the unique properties of lunar soil, which is known to be generated by solar wind consisted with mainly hydrogen and helium. In this study, nanophase Fe(0) has been generated by hydrogen reduction of ilmenite in order to simulate lunar soil and enhance microwave heating efficiency. The reductive product of ilmenite was analyzed by SEM, XRD, etc., and the microwave heating characteristics of the product was examined in order to investigate the effect of nanophase Fe(0). In addition, microwave sintering of the lunar simulant was performed.

P2-G3-24 Sintering Characteristics of Alumina Gel Derived from Boehmite

보헤마이트를 이용하여 제조된 알루미나 겔의 소결 특성

공헌*, 이상진. *목포대학교*

알루미나는 마모 저항이 요구되는 연마재 재료로서 우수한 기계적 특성을 효과적으로 발휘하기 위하여 미세구조가 정밀하게 제어된 소결체가 제조되어야 한다. 일반적으로 알루미나 소결체는 1700°C ~ 1800°C의 높은 온도에서 소결된다. 고온 소결에 의한 결정립의 불균일한 성장으로 90% 이상의 상대밀도를 갖는 소결체를 제조하는 것은 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 화학성분이 다른 세가지 종류의 보헤마이트 분말을 출발 물질로 사용하였고, 졸겔법을 이용하여 알루미나 소결체를 제조하였다. 완전 건조된 겔은 열처리 온도를 달리하여 소결 특성을 조사하였다. 1200°C 이상의 온도에서 corundum 결정상으로 변화되었다. 열처리된 소결체들의 상대밀도는 평균적으로 1000°C, 1200°C, 1400°C에서 각각 40%, 65%, 75%로서 불안정한 치밀화를 나타내었다. 1000°C 이하의 온도에서는 출발 분말의 종류에 따라서 비표면적이 크게 나타났으며, 1200°C의 온도에서는 7.4 m^2/g ~ 8.3 m^2/g로서 비슷한 결과를 보였다. 소결 온도가 증가할수록 전체 기공의 부피는 감소하였다. 그러나 1400°C에서 열처리한 소결체는 결정 입자의 소결 수축에 의해 기공은 팽창하여 거대기공이 발생하였다. 1200°C에서 열처리된 소결체는 다공성의 vermicular 구조를 보였으며, 1400°C에서는 비교적 많은 공극이 닫혀진 구조를 보였다.

P2-G3-25 Heating Mechanism of Silicon Carbide Fiber Mats Under Microwave

마이크로파하에서 탄화규소 섬유 매트의 발열 메커니즘

주영준[1*], 김철진[2], 조광연[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]경상대학교*

Recently, many studies are being conducted to develop heating elements with high electric efficiency as the energy problems are emerging in the world. In a previous study, we fabricated a high-efficiency heating elements using the polymer-derived SiC fibers and showed that it was capable of rapid heating up to 1500°C. However, the heating mechanism of SiC fiber under microwave and major factors affecting heating behavior have not been described yet. In this study, SiC fiber mats as the heating elements were fabricated under various pyrolysis conditions to optimize fabrication conditions and investigate the main factors affecting the thermal behavior. Therefore, various factors such as nanocrystalline β-SiC particles, composition ratio, and electrical conductivity were analyzed by XRD, SEM-EDX, and 4-point probe system depending on the pyrolysis temperature.

P2-G3-26 Facile Synthesis and Morphological Study of Si-Zr-C-O Fiber Felts with High-thermal Resistance

고온 내열성을 가지는 Si-Zr-C-O섬유 펠트의 쉬운 합성과 형태학적 연구

주영준[1*], 김철진[2], 조광연[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]경상대학교*

The polycarbosilane (PCS) as a ceramic precursor is mainly synthesized in an autoclave and is modified via the reflux method to add organometallic compounds. However, in this study, a zirconium source was added to PCS in order to improve the heat resistance of the polymer-derived SiC fibers using an easy and simple blending method. The zirconium-added PCS solution was spun via electro-spinning and converted to Si-Zr-C-O fiber felts at 1300°C through the processes of curing and pyrolysis. In order to investigate their thermal-degradation behavior, the Si-Zr-C-O fiber felts were heat-treated at 1500°C or 1600°C for 1 h in an inert atmosphere. The results indicated that the aforementioned felts retained blackness and flexibility, whereas SiC fiber felts deteriorated and were discolored to gray. Moreover, the results confirmed that the growth of crystalline size (approximately calculated via XRD analysis) was significantly inhibited by the presence of zirconium. Therefore, zirconium acetylacetonate as a zirconium source was cross-linked with the PCS structure via the blending method and its role for heat resistance was exhibited at high temperature.

P2-G3-27 Hybrid Processing of SiC_f/SiC Composites Through EPD and LSI

EPD-LSI 하이브리드 공정을 적용한 SiC_f/SiC 복합재료에 관한 연구

Kati*, 최재형, 김세영, 성영훈, 김수현, 한인섭. *한국에너지기술연구원*

SiC_f/SiC composites have been recognized as potential candidates for many engineering applications. Several methods, for instance, liquid silicon infiltration (LSI), chemical vapor infiltration, hot pressing, precursor impregnation and pyrolysis, nano-infiltrated transient eutectoid and electrophoretic deposition (EPD)-based techniques have been well developed for the fabrication of SiC_f/SiC composites. Among these, EPD-based techniques have several advantages, such as precise controllability of the composition and simple deposition apparatus. Hybrid processing techniques offer new possibilities for the production of high-performance SiC_f/SiC composites. One feasible approach is the application of EPD, through which large voids among the fiber tows could be effectively filled before conducting LSI process, thus the fabrication efficiency can be improved dramatically. The purpose of this work is to develop hybrid techniques using EPD together with LSI for the preparation of high-performance SiC_f/SiC composites.

P2-G3-28 Development of Magnesium Fluoride for MWIR Transmission Ceramic by Hot-press Sintering

핫프레스를 이용한 중적외선 투과용 불화마그네슘 소결체 제조

김경아[1*], 권인회[1], 강영민[1], 인정환[2]. *[1](주)그린광학, [2]한국광기술원*

중적외선 소재로는 불화마그네슘, 황화아연, 게르마늄, 실리콘, 황화아연, 셀렌 아연화물등 다양한 소재들이 있지만 그중에서도 불화마그네슘은 높은 중적외선 투과특성과, 저굴절률 및 높은 기계적 강도로 인해 중적외선 열상카메라 및 미사일등에 적용되고 있다. 그러나 불화마그네슘은 비산화물계 물질로서 일반소결로는 투과특성

을 가지는 치밀한 소결체 제작에 어려움이 있어 핫프레스, 전자파 소결, SPS와 같은 공법들이 연구되고 있다.

본 연구에서는 온도와 압력을 동시에 가하는 핫프레스 공법을 적용하여 불화마그네슘 소결체를 제작을 하였으며, 중요 공정변수인 온도 및 압력 조건에 따른 소결체의 투과율, 미세구조변화, 밀도 및 경도변화를 FTIR, FE-SEM, Archimedes, Knoop hardness를 통해 관찰하였다. 연구결과 압력변수보다 온도변수가 투과특성에 상대적으로 큰 영향을 주는 것으로 보인다.

P2-G3-29 Effect of CNT on the Meso-macro Porous SiC fabricated by The Direct Reaction between Metallic Si and Carbon Source

규소와 카본의 직접반응으로 제조된 메조-메크로 기공크기를 갖는 다공체 탄화규소에 탄소나노튜브 첨가가 미치는 영향

염미래[1*], 윤성일[1], 박상환[1], 최성철[2]. [1] *한국과학기술연구원,* [2] *한양대학교*

In this study, Meso-macro porous SiC were fabricated by the direct reaction between metallic Si and carbon sources used as a starting materials. Carbon black powder (50L, N774), and carbon black / CNT mixed powder were used as carbon sources and metallic Si powders were used as Si source. Mixing was performed by ball milling using ethanol for homogeneous mixing. The mole ratio of carbon to silicon was varied from 1.0 to 2.5, and the amount of CNT used was varied from 0 to 10 wt% of the total carbon source. The Si/carbon preforms were prepared by an uniaxial pressing method, and then heat-treated at a temperature of 1100 to 1250°C for 10 hours under an argon atmosphere. The porous SiC bodies with meso and macro size pores were synthesized at 1250°C without residual Si. The porosity and BET and compressive strength of synthesized porous SiC bodies were varied depending on the C/Si molar ratio as well as CNT contents. With increasing the molar ratio of carbon in the starting material composition, the compressive strength of the prepared porous SiC was decreased and the porosity and BET were slightly increased. Also, the size of the carbon black powder did not affect the porosity, but the compressive strength of the porous silicon carbide decreased as the size of the carbon black powder increased. With increasing the amount of carbon source CNT in carbon source, it was found that the porosity of the synthesized porous SiC was increased from 62% to 68%, but the compressive strength of synthesized porous SiC was decreased from 30 MPa to 20 MPa.

P2-G3-30 The Effect of Double Layered Pore Structure and Pore Size on the Permeability of Liquid Phase Sintered Porous SiC

기공 적층 구조 및 평균 기공 크기의 변화가 액상소결 탄화규소 다공체의 기체 투과율에 미치는 영향

윤성일[1*], 남산[2], 박상환[1], 염미래[1]. [1] *한국과학기술연구원,* [2] *고려대학교*

탄화규소(SiC)는 비산화물계 세라믹으로서 기계적 강도, 화학적 안정성 및 열 충격 특성이 우수하여 구조 세라믹스 재료로서 널리 사용되어왔으며, 이러한 우수한 기계적 특성을 갖는 탄화규소 다공체는 디스플레이 공정용 진공척, 세라믹 멤브레인, 고온 분진 필터 등 다양한 분야에서 이용되고 있다. 본 연구에서는 습식 혼합된 다양한 크기를 갖는 SiC 분말 과 Al_2O_3-Y_2O_3-SiO_2 혼합분말을 건조한 후 PVA (1 wt.% sol)용액을 첨가하여 40 MPa의 압력으로 일축가압 성형하여 단일층을 갖는 탄화규소 성형체를 제조하였다. 이층 기공구조를 갖는 탄화규소 다공체는 여과층을 40 MPa압력으로 일축가압 성형한 후 금형 몰드의 상부 펀치를 제거한 후 지지층에 사용될 탄화규소-소결조제 혼합분말을 장입한 후 30 MPa의 압력으로 일축가압 성형하여 다른 크기의 기공이 적층된 기공 구조를 갖는 성형체를 제조하였다. 탄화규소 성형체는 Ar 분위기에서 10°C/min의 속도로 1500°C까지 승온한 후 1시간 유지시켜 소결하였다. 단일 기공구조를 갖는 탄화규소 다공체의 기공 크기는 소결에 사용된 탄화규소 분말의 평균 입도가 14 μm에서 130 μm으로 증가함에 따라 4 μm에서 45 μm으로 증가하였으며 탄화규소 다공체의 기체 투과율은 20 PSI의 압력에서 9.8 L/min/cm^{2}에서 73.7 L/min/cm^{2}로 크게 증가하였다. 기공크기가 다른 두 개의 다공체가 적층된 이중 기공 탄화규소 다공체의 기체 투과율은 지지층을 단일층으로 제조한 다공체의 투과율보다는 크게 감소하였으며 여과층의 두께 비율이 증가됨에 따라 기체 투과율은 점차 감소하는 것으로 나타났다. 탄화규소 다공체의 기체 투과율은 기공 크기 및 기공 적층 구조를 조절함으로써 제어가 가능한 것으로 나타났다.

P2-G3-31 The Study of Sintering Behavior and Fracture Mechanism of SiC Matrix Composite as Fully Ceramic Microencapsulated Fuel

FCM 핵연료로 사용되는 SiC 복합소결체 소결거동 및 파괴기구 연구

이현근[1*], 김대종[1], 이승재[2], 박지연[1], 김원주[1]. [1] *한국원자력연구원,* [2] *한전원자력연료*

원자력 발전소의 안정성을 향상시키기 위해 후쿠시마 사고 이후 사고저항성 핵연료에 대한 많은 연구가 진행되었으며, 그 중에서 핵연료 자체의 안정성을 향상시키는 FCM (Fully Ceramic Microencapsulated) 핵연료는 최근 활발히 연구되는 사고저항성 핵연료이다. FCM 핵연료는 TRISO 피복입자 핵연료가 SiC 기지상에 분산되어 있는 구조를 가지고 있어, 핵연료 내부에서 생성되는 핵분열생성물을 TRISO 코팅층과 SiC 기지상에서 이중으로 막아주어 사고저항성을 크게 향상시킬 수 있다. 일반적으로 FCM 핵연료는 고온가압소결을 이용하여 제조가 가능하며, SPS 등을 활용한 FCM 핵연료의 특성에 대한 연구가 최근에 진행되었다. SiC 복합소결체의 소결 거동시 TRISO 입자가 수축을 방해하며 핵연료로 사용되는 특성상 소결조제의 양이 제한되고 소결조건이 한정되기 때문에 소결거동에 대한 자세한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 FCM 핵연료로 사용되는 SiC 복합소결체를 상압 및 저압에서 소결하였으며, 소결 시 SiC 복합소결체의 파손기구에 대하여 연구하였다. 상압 또는 가압을 최소화한 조건에서 오버코팅 조건, 소결 조제, 소결 조건 등을 변화시키며 SiC 복합소결체를 제조하였다. SiC 복합소결체 내에 TRISO를 균등하게 분포시키기 위해 TRISO 입자에 SiC 분말을 오버코팅하였다. SiC 기지상 내에 존재하는 TRISO 입자는 소결 시 수축되지 않기 때문에 소결이 진행되며 TRISO 입자 주변에서 균열이 쉽게 발생한다. 각 소결 조건에 따라 SiC 복합소결체의 소결거동과 미세구조를 관찰하였다. 가압을 최소화한 소결 조건에서 오버코팅된 분말과 기지상으로 사용된 분말의 소결조건을 다르게 하였을 때 SiC 복합소결체의 파손이 최소화되는 것을 관찰하였으며, 원인에 대하여 분석하였다.

P2-G3-32 Development of Ceramic Fiber Composition Using Fly Ash and Natural Mineral and Evaluation of Fiber Property

석탄회 및 천연광물을 이용한 세라믹 장섬유 조성개발 및 섬유 특성 평가

김명욱*, 박일주, 박선민. *한국세라믹기술원*

화력발전의 산업부산물인 석탄회의 방대한 양과 경제성을 이용한 석탄회의 재활용과 고부가가치화는 최근 대두되어 오고 있다. 따라서 본 연구에서는 석탄회를 이용, 석탄회 및 암석을 분쇄, 조합하여 최적의 방사조건을 가지는 세라믹 조성을 설계하였으며, 해당 조성의 시료를 용융 및 방사하여 제조된 세라믹 장섬유의 특성을 평가하였다. 다시 말해 본 연구에서는 (i) 산업부산물인 석탄회를 이용한 세라믹 장섬유 조성 설계 및 그 제조 방법을 제공하며 (ii) 기계적 강도 및 내화학 특성이 우수한 세라믹 장섬유의 제조함으로써 석탄회의 재활용과 고부가가치화를 시도하였다.

석탄회 분말외 천연광물 분말을 혼합하여, 그 섬유 방사와 섬유 품질 최적화를 위한 조성 배합을 개발하였다. 혼합물을 용융 및 퀜칭하여, 균일한 비정질 용융체를 제조하였으며, 이 용융체는 부싱에서 2차로 재용융 및 냉각을 거쳐 연속 방사되었다. 조성 배합, 조성 배합에 따른 용융 온도 조절, 와인더 속도 제어를 통하여 석탄회 장섬유를 생산할 수 있음을 확인하였다. 제조된 세라믹 장섬유의 섬유경, 내열성, 내화학성, 인장강도 등의 평가를 진행하였고 그 결과 제조된 섬유의 조성배합, 와인더 속도 제어에 따른 직경과 인장강도 제어가 가능함을 확인했다.

P2-G3-33 Formation of a Dispersed Oxide Layer on Zr-based Alloy Tubes by a Laser Surface Treatment

지르코늄 합금 피복관의 산화물 입자 분산강화를 위한 레이저 표면처리

정양일*, 박정환, 박동준, 이영호, 김현길, 최병권. *한국원자력연구원*

The laser-beam-assisted treatment to form a dispersed oxide layer on surface region of a Zr-based alloy was proposed to increase the strength of the alloy up to high temperatures. Laser beam scanned Y_2O_3-coated alloys' surface. The dispersed oxide layer was formed by the penetration of oxide particles into Zr alloys. The microstructure revealed the formation of a dispersed oxide layer 20–55 mm in thickness in the surface region. In addition, the thermal energy induced the formation of a heat-affected zone below the dispersed oxide layer. The microstructural change was larger in fully recrystallized alloys than in partial recrystallized and stress-relieved alloys. It is suggested that the initial microstructure of the mother alloy is highly affective to the formation of the dispersed oxide layer. Regarding the mechanical properties, the tensile strength was increased by up to 20% with the formation of a thin dispersed oxide layer with a thickness less than 10% of that of the substrate.

P2-G3-34 Effect of ZrO_2 Addition on Thermal Conductivity of Sintered Reaction Bonded Silicon Nitride

후소결 반응결합 질화규소의 열전도도에 미치는 ZrO_2 첨가 효과

김미주*, 고재웅, 김하늘, 박영조. *재료연구소*

다른 기판 소재에 비해 후발 주자인 질화규소(Si_3N_4) 소재는 상대적으로 낮은 열전도도에도 불구하고 높은 열적·기계적 특성을 겸비함으로써 디바이스의 장수명화 및 신뢰성 향상에 유리한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 고가의 질화규소 분말을 사용하는 통상의 소결법에 비해 상대적으로 저가의 실리콘 분말을 사용하는 반응결합법을 적용하여 실리콘 분말에 2 mol% Y_2O_3-5 mol% MgO 조성을 만들고 추가로 ZrO_2를 첨가 혼합하여 후소결 반응결합 질화규소(Sintered Reaction Bonded Silicon Nitride)를 제조하고 질화규소 소결체의 미세구조 및 열전도도 특성에 미치는 ZrO_2 첨가효과에 대해 고찰하였다.

P2-G3-35 3D Printing of Nano Alumina Slurry using DLP Method

DLP 방식을 이용한 나노 알루미나 슬러리 3D 프린팅

김경민[1]*, 한윤수[1], 안창의[1], 이현빈[1], 김영도[2], 류성수[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *한양대학교*

세라믹은 취성(brittleness)과 높은 경도(hardness)로 인해 기존 세라믹 공정으로는 복잡형상으 성형,가공이 어려움에도 불구하고 세라믹 3D 프린팅은 다양하고 자유도 높은 3차원 복잡형상으로 성형 할 수 있으며, 기존 세라믹공정을 단축시켜 단순공정을 가능케 하여 최종 제품가격에 상당한 비용을 절감 할 수가 있다. 현재 고분자 및 금속재료용으로는 많은 발전이 되어 왔으나, 세라믹 3D 프린팅은 상대적으로 발전이 필요한 상황이다. 세라믹 3D 프린팅의 핵심기술인 세라믹 슬러리 소재의 안정화 기술이 필요하고, 슬러리 특성을 제어해야 되기 때문이다. 본 연구에서는 이러한 특성을 고려하여, 3D 프린팅 방식중 성형체의 정밀도, 표면조도와 복잡한 형상 제작 등에 있어 월등히 나은 결과를 보이고 있는 DLP (Digital Light Processing)을 택해, 100 nm 수준의 나노 알루미나 슬러리가 70 wt% 함유된 소재에 광개시제(Photoinitiator)를 혼합하고 DLP방식의 3D 프린팅을 진행하였다. 핵심 변수로는 슬러리에 혼합하는 광개시제의 첨가량이다.

슬러리 대비 0.1 wt%, 0.8 wt%, 1.5 wt% 씩 첨가하여 출력해보았고, 이에 대한 결과에 대해 고찰해 보고자 한다.

P2-G3-36 Pressure Test and Analysis for CMC Regenerative Cooled Hypersonic Combustor Panel

CMC 극초음속 재생냉각 연소기 패널의 내압시험 및 해석

최재형*, 김수현, 김세영, 성영훈, 한인섭, 방형준. *한국에너지기술연구원*

마하 5이상의 비행체를 위한 극초음속 스크램제트 엔진은 군수 유도 무기뿐만 아니라 우주 발사체, 초고속수송기 분야에서 유망한 미래 기술로, 2020년대 중에 초고속 비행체를 실용화할 계획을 가진 미국과 러시아를 중심으로 많은 연구가 수행되고 있다. 본 연구에서는 2000 K 이상의 연소 환경에 노출되는 스크램제트엔진의 재생냉각형 연소기에 고온 내열 소재인 탄소섬유 강화 세라믹 복합재료를 적용하기 위한 내압특성 구조해석 및 시험을 수행하였다. 초음속 연소기의 재생냉각 기술은 고온으로 가열되는 연소기 벽면을 연료를 이용하여 냉각하는 것으로, 연소기 냉각 뿐만 아니라 연료의 가열로 인한 연소 촉진을 동시에 달성할 수 있다. 기존의 초고온 금속 소재는 1000 K 이상에서 물성이 크게 저하되어 장시간 및 재사용이 불가능하므로, 본 연구에서는 1600 K 이상의 내열 온도를 지니는 탄소섬유 강화 탄화규소 세라믹 복합재료(C/SiC)를 초음속 연소기 시스템 중 가장 고온 환경에 노출되는 연소기 후단의 상하 패널에 적용하는 것을 목표로 하였다. 내부유로를 지니는 CMC 연소기 패널의 제작성 및 구조안전성을 검증하기 위해 유한요소해석을 이용해 구조안전성을 예측하였으며, 최대 245bar까지 가압할 수 있는 수압 시험장비를 통해 내압 시험을 수행하였다.

P2-G3-37 변형률과 입자크기가 증가된 성능개선 UO_2 소결체 개발

임광영*, 정태식, 나연수, 주민제, 김정범, 이승재. *한전원자력연료*

경수로 원자력 발전의 연료로 사용되는 UO_2는 연소중에 Cs 및 I와 같은 핵분열 기체를 방출하게 되고 피복관 소재인 Zr 합금과 반응하여 금속간 화합물을 형성하게 된다. 이러한 금속간 화합물은 낮은 응력에서도 취성파괴를 일으키며, 특히 UO_2가 연소 중에 수축과 팽창이 일어나면서 피복관에 응력을 가하여 피복관의 전단 파열을 일으킬 가능성을 높이게 되는 Pellet Cladding Interation (PCI) 발생

가능성을 높이게 된다. 따라서 본 연구에서는 UO_2의 핵분열 가스 방출을 최대한 억제하고 응력발생시 UO_2의 변형성을 높여 피복관에 응력을 최소화 시킬 수 있는 성능개선 UO_2를 개발하고자 하였다. 성능개선된 UO_2는 500~1500 ppm 수준의 첨가제를 이용하여 입자크기를 2배 이상 향상 시켜 핵분열 가스의 확산속도를 억제함으로써 외부로의 방출을 감소 시키고 변형률을 2배 이상 향상시켜 응력 발생시 피복관의 건전성을 향상시킬 수 있는 핵연료로써 기존 상용 UO_2 보다 핵연료의 건전성과 안전성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대 되어진다.

P2-G3-38 A Study on the Enhanced Specific Surface Area of Titania Aerogels by Hybridization with Silica

실리카 혼성을 통한 타이타니아 에어로겔의 비표면적 특성 향상 연구

김태희*, 정해누리, 김영훈, 박형호. *연세대학교*

A erogel is kind of nanoporous material and it has nanometer sized pores with networking structure. Due to the numerous nanometer sized pores, aerogel shows outstanding properties especially low density and large surface area and large pore volume. Therefore, aerogel synthesis was widely studied based on the metal oxide materials like silica, zirconia, alumina, titania. In the case of titania, it shows superior properties for the photocatalytic application and the enhanced photocatalytic effect efficiency is related to large surface area. But due to high sol-gel reaction speed, there is difficulty of getting large surface area titania aerogel as compared with other metal oxide aerogel. For controlling of sol-gel reaction speed and larger surface area, silica-titania aerogel was synthesized in this study. And by the controlling of sol-gel reaction speed difference, compound aerogel was obtained without 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-G3-39 Influence of Al Contents on Joining of ZTA Ceramics by Reaction-Bonded Aluminum Oxide (RBAO) Process

Al 첨가량이 RBAO 공정 이용 ZTA 세라믹스 접합에 미치는 영향

문정운*, 이현권. *금오공과대학교*

복잡한 형상의 세라믹스 제품 제조 시 전체 생산 공정에서 가공 공정에 소요되는 비용과 시간의 비중이 크며. 이를 줄이기 위한 방법으로 접합에 대한 연구가 광범위하게 진행되고 있다. 일반적으로 금속 및 유리질을 이용한 접합 방법이 많이 사용되고 있지만 모재보다 낮은 기계적 물성, 내열성 및 내부식성으로 인해 사용범위가 제한된다. 따라서 본 연구에서는 상대적으로 높은 기계적 물성의 저수축 알루미나를 생성하는 RBAO 공정을 이용하여 우수한 접합 특성을 가지는 ZTA (ZrO_2 Toughened Alumina) 접합체를 제조하고자 하였다. 실험은 Al의 첨가량을 다르게 하여 $Al/Al_2O_3/ZrO_2$ 혼합 분말을 혼합 및 분쇄를 통해 페이스트를 제조하였고, 제조된 페이스트를 ZTA 성형체에 도포 후 외부 하중의 도움 없이 반응 소결 및 후소결을 통해 접합 ZTA 세라믹스를 제조하였다. 제조된 접합 ZTA 세라믹스를 분석하여 Al 첨가량이 RBAO 공정을 이용한 ZTA 세라믹스 접합에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

P2-G3-40 Current Status of PIE Testing of PCI-remedy UO_2 Fuel Pellet

PCI 완화 UO_2 핵연료 소결체에 대한 조사후시험 현황

김동주*, 김동석, 전상채, 김건식, 김종헌, 윤지해, 양재호. *한국원자력연구원*

원자력발전의 경제적 효율 증대를 위하여 핵연료 연소도 증가, 주기 길이 연장, 최대 출력 증대, 부하 추종 운전(Load Following Operation) 등의 다양한 방법들이 연구되고 있다. 핵연료 소결체 측면에서는 UO_2 결정립 크기 향상, 소결체 고온 변형 속도 향상, 핵분열 생성물 포집(Fission Product Capturing) 등 여러 가지 추가적인 기능을 통하여 소결체-피복관 상호반응(Pellet Cladding Interaction, PCI)을 완화하는 것이 필요하며, 이를 위해 PCI 완화 소결체 개발이 진행 되었다. 한국원자력연구원에서는 소량의 첨가물을 이용하여 PCI 완화 소결체를 개발하였으며, 개발된 소결체 후보 중 대표적인 후보들에 대하여 하나로 연구용 원자로에서 약 3년간 조사시험을 수행하였다. 그리고 현재는 이에 대한 조사후시험이 진행 중이다. 조사후시험을 통하여 개발 소결체 후보의 노내 안정성 및 연소 거동을 평가 할 계획이며, 본 발표에서는 현재 진행 중인 조사후시험 결과를 소개하고자 한다.

P2-G3-41 Structures, Electrical and Mechanical Properties of Epoxy Composites Reinforced with MWCNT-coated Basalt Fibers

다중벽탄소나노튜브로 코팅된 현무암섬유 보강 에폭시 복합재료의 구조, 전기적 및 기계적 특성

김명욱[1]*, 이태원[1], 정영규[2], 박선민[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *충남대학교*

In this study, MWCNT-coated basalt fibers (BF-C_x) were obtained by cyclic dip-dry coating process of neat basalt fibers in an aqueous MWCNT dispersion containing sodium dodecyl sulfate (SDS) surfactant, and they were composited with the epoxy resin by hand lay-up method. The FT-IR, Raman, and XPS spectroscopic analyses revealed the presence of the specific interactions between MWCNT and basalt fibers via SDS. Accordingly, the content of MWCNT coated on basalt fibers was measured to increase with dip-dry coating cycle from 0 to 10. The electrical conductivity of the epoxy composites with MWCNT-coated basalt fibers increased significantly from 3.25×10^{-9} S/cm to 1.44×10^{-1} S/cm with increasing the dip-dry coating cycle. The composites with MWCNT-coated basalt fibers fabricated by above 2 cycles of dip-dry coating exhibited excellent electric heating performance in terms of rapid temperature responsiveness, high steady-state maximum temperature, high electric power efficiency, and stable operational stability under applied voltages. In addition, the epoxy composites with MWCNT-coated basalt fibers fabricated by one or two dip-dry coating cycle were found to have highly improved flexural properties, compared to the epoxy composite reinforced with the neat basalt fibers.

*This work was supported by a grant from Regional Development Research Program (19RDRP-B076272-06) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

P2-G3-42 The Formation of Microstructure with The Change of Raw Material in the Hot Pressing of Silicon Nitride

질화규소의 열간가압소결에서 원료 변화에 따른 미세조직 형성

윤은섭*, 성현우, 김득중. *성균관대학교*

질화규소는 세라믹스 재료 가운데 강도, 파괴인성, 고온강도, 경도, 내마모성 등의 기계적 특성들이 매우 우수하여 많은 주목을 받아오고 있다. 그러나 강한 공유결합과 그에 따른 낮은 체확산계수로 인해 첨가제 없이는 소결 되기 어려운 난소결성 재료이며 일반적으로 Al_2O_3, Y_2O_3, MgO와 같은 소결 조제를 첨가한 액상소결을 통해서만 얻어진다. 질화규소는 입자가 길고 굵게 성장한 미세조직에서 향상된 물성을 보이며 이는 질화규소의 분해를 막기 위해 가스압 소결에 의한 1900°C 이상의 소결온도에서만 실현 가능하다. 본 연구에서는 열간가압소결(HP)에 의한 낮은 온도의 소결조건에서 이를 실현하기 위한 소결조제 조성과 질화규소의 입도분포 변화가 열간가압소결(HP) 후 질화규소 미세조직 형성에 미치는 영향에 대해 알아 보았다. 실험에서는 기존의 소결조제로 첨가된 Al_2O_3-Y_2O_3의 비율 및 양의 변화와 입자크기가 다른 질화규소를 혼합하여 입도분포 변화를 기반으로 열간가압소결(HP)을 통해 소결하였다. 이후 소결밀도를 측정하였고 Polishing 및 Etching 후 미세구조 변화를 관찰하였다.

P2-G3-43 Properties Evaluation of C/SiC Composite for Light-weight Segment Mirror and Back Structure

초경량 조각거울용 반사경 및 구조체 구현을 위한 C/SiC 복합소재 물성 연구

최재형[1*], 성영훈[1], 김세영[1], 한인섭[1], 이슬희[2], 우상국[1]. *[1] 한국에너지기술연구원, [2] 연세대학교*

반사경은 에너지분야(태양열발전), 천문분야(천체 망원경), 항공우주분야(인공위성 탑재체), 국방분야(육해공 광학계 및 유도무기)에서 사용되고 있는 부품으로 Beryllium이나 Zerodur, ULE (Ultra Low Expansion) 등의 유리 소재를 사용중이며, 최근에는 SiC 소재 반사경이 활발하게 연구 및 개발되고 있다. 또한 초고해상도 및 초원거리 정밀 측정을 위한 수십 m 직경의 대형 반사경 연구가 진행중에 있으며 이러한 반사경의 대형화를 위해서는 기계적물성(강성, 강도), 열-기계적 물성(열팽창율, 열충격저항), 열물성(열전도도) 등이 요구되나 one-body 타입으로는 한계가 존재하여 조각거울 타입의 반사경을 적용하고 있다. 조각거울은 반사경과 후면 구조체로 이루어지고 동일위상 확보를 위한 빠른 개별정렬이 필수적이며 이를 위해서는 기존 소재의 물성과 더불어 경량화가 가능한 소재이어야 한다. 본 연구에서는 반사경/구조체 일체형 타입의 조각거울 적용을 위한 C/SiC 복합소재의 물성 연구 및 RBSC-C/SiC 이중구조 타입 조각거울 적용을 위한 연구를 수행하였다.

P2-G3-44 Development of Ceramic Coating with Corrosion Resistance with for Nuclear Applications

원자력 응용을 위한 내부식성 세라믹 코팅막 개발

신정호*, 김대종, 이현근, 박지연, 김원주. *한국원자력연구원*

후쿠시마 원전 사고 이후 경수로 원자로의 안전성을 향상시키고 원자로 사고에 대한 엔지니어링적 제어를 위한 연구들이 진행되어 왔습니다. 원자로의 사고저항성 향상을 위한 가압 경수형 원자로의 핵연료 피복관으로 사용되고 있는 지르코늄 합금 피복관을 대체하는 것이며, 우수한 내식성과 고온 강도 뿐만 아니라 높은 열전도도와 낮은 중성자 흡수 단면적 특성을 갖는 SiC_f/SiC 복합체가 차세대 원자로 핵연료 피복관 소재로서 활용될 수 있을 것으로 기대되고 있습니다. 그러나 CVI법와 CVD법으로 SiC 섬유 사이에 SiC 메트릭스를 채우는 방법은 가스기밀성을 떨어뜨릴 수 있고, 고온 수화학 환경에서 SiC는 SiO_2 또는 $Si(OH)_4$의 부식생성물의 용해에 의해 질량가 일어나 내부식성이 감소할 수 있습니다. 따라서, 본 연구에서는 피복관의 내부식성 향상을 위해 세라믹기반 코팅막을 PVD법으로 증착하고, 가압 경수로 모사 환경에서의 세라믹 코팅막의 부식거동을 조사하였습니다.

P2-G3-45 Effects of Binder Burn-out Process on Properties of Sintered AlN Prepared by Tape Casting Method

테이프 캐스팅법으로 제작한 AlN 기판의 탈지 공정에 따른 소결 특성변화

김시연[1*], 여동훈[1], 신효순[1], 윤호규[2]. *[1] 한국세라믹기술원, [2] 고려대학교*

본 연구에서는 테이프 캐스팅 방법을 적용하여 시트 형태로 제작한 AlN의 소결 특성 관점에서 중요한 변수로 고려되고 있는 잔류 산소와 탄소 함량이 AlN 기판의 소결 특성에 미치는 영향에 관하여 고찰하였다. 여기서, 소결 전에 시트 제작에 사용된 PVB (polyvinyl butyral)와 같은 유기물을 제거하는 탈지 공정을 300-1000°C 범위에서 산화, 질소, 진공 그리고 Wet N_2 gas의 각각 다른 분위기에서 진행한 후, 원소 분석기를 통하여 소결 전 AlN시트의 잔류 산소 및 탄소 함량 변화를 확인하였다. 이들을 1850°C에서 질소 분위기로 3시간동안 소결한 결과 800°C에서 Wet gas 분위기로 탈지한 경우의 벌크 밀도가 3.22 g/cm^{3}으로 가장 높게 나타났으며, 600°C에서 산화분위기로 탈지한 경우는 3.20 g/cm^3, 열전도도는 122 W/mK을 나타내었다.

P2-G3-46 Sintering and Electrical Properties of F-SnO_2 Powders Recovered from SPD Process Equipment

SPD 공정 장비에서 집진된 F-SnO_2 분말의 소결 및 전기적 특성

김민석[1*], 이정욱[2], 김관형[2], 황건태[3], 최종진[3], 류도형[1]. *[1] 서울과학기술대학교, [2] (주) 세온, [3] 재료연구소*

FTO는 투명 전극 물질로 열적 안정성이 좋아 박막 히터, Low-E 유리의 적외선 차단 코팅으로 사용되며 연구되고 있다. 분무 열분해 증착 방법(SPD)를 이용해 FTO를 유리기판 위에 증착시키는데, 대부분의 원료들이 증착되지 못하고 집진장치에 포집되는 한계가 있다. 본 연구에서 부산물인 포집 분말을 재활용하기 위해, 열처리와 볼밀링을 거친 분말을 소결하고 소결체의 특성을 분석하였다. 포집 분말을 450도의 조건으로 6시간 열처리 하였으며, 열처리한 분말을 24시간 습식 밀링을 진행하였다. 성형체는 마이크로웨이브 소결로에서 1200°C부터 1500°C의 온도 범위에서 소결 하였다. 열처리와 습식 밀링을 거친 분말의 구성 원소를 XRF로 확인하였고, 소결체의 미세구조와 조성을 FE-SEM,EDS로 분석하였다. 소결체의 밀도는 아르키메데스 방법으로 측정하였다. 1400 ~ 1500°C 에서 95% 이상의 치밀한 소결체가 얻어졌다. 치밀한 SnO_2 소결체의 파단면과 열간에칭된 시편의 표면미세구조로 부터 입계에 불연속 석출물과 경우에 따라서는 연속적인 석출물이 관찰되었고, 이 석출물에는 Zn와 Fe가 풍부하게 관찰되었다. 이 두 불순물 성분이 SnO_2의 치밀화와 입성장에큰 영향을 미친 것으로 추정되지만, 치환고용으로 물질이동이 활성화에 된 것인지, 혹은 Fe-Zn-Sn-O 계에서 공융액상이 일시적으로 생성되어 액상을 통한 물질이동이 촉진된 것인지는 현 단계에서 분명하지 않다. I-V 측정을 통해 치밀한 소결체는 절연 특성을 보이는 것이 확인되었으며, 박막히터의 기판으로서의 잠재적 활용 가치가 있을 것이다.

P2-G3-47 Manufacturing and Characterization of Polyketone Nanocomposite with Expandable Graphite and Carbon Nanotube as Filler

팽창 흑연과 탄소나노튜브를 필러로 사용한 폴리케톤 복합체 제조 및 난연 특성 평가

이수연[1*], 성동기[2], 김우식[1], 이두진[3]. [1]*한국세라믹기술원*, [2]*부산대학교*, [3]*전남대학교*

난연제와 자기소화성은 고분자 복합재료가 연소되는 동안 연기 생성을 막아주고 열방출율을 낮춰준다는 점에 있어 중요하게 여겨진다. 폴리케톤(PK)는 에폭시 수지 그 자체로도 난연성을 가지고 있기 때문에 복합재료의 난연 특성을 향상시키는 데에 있어 주목을 받고 있다. 또한 팽창 흑연(EG)은 구조상 고온에서 팽창하면서 char를 형성해 공기를 차단하는 특성이 있어 난연성 복합 소재를 제작하기에 좋은 재료이다. 본 연구에서는 PK에 EG를 함량별로 혼합하여 복합체를 제조하였고, PK/EG에 소량의 탄소나노튜브(MWCNT)를 첨가하여 난연 특성의 향상을 기대하였다. PK/EG/MWCNT 복합체를 제조하기 위하여 고온혼련기를 사용하여 PK와 EG 및 MWCNT를 균일하게 혼합하였고, 난연 특성 평가를 진행할 수 있도록 압축성형을 통해 알맞은 모양의 복합체를 제조하였다. 제조한 복합체의 열적 특성과 난연 특성을 평가하기 위해서 TGA 및 LOI와 conecalorimeter를 각각 측정하였으며, 복합체의 미세구조를 관찰하기 위해 표면과 파단면, 연소 후 샘플을 취하여 FE-SEM을 측정하였다.

P2-G3-48 The Effect of Particle Size of Ceria on the Sinterability of Ce-TZP

Ce-TZP의 소결특성에 미치는 CeO_2 입자크기의 영향

이근봉*, 이주성, 신준영, 김재윤. *쎄노텍*

지르코니아(ZrO_2)는 응력유기상전이(stress induced phase transformation)를 통한 전이강화 세라믹스(transformation toughened ceramics)로 파괴인성이 뛰어나 기계구조용 부품 및 광섬유 연결부품, 초전도 이용 주변장치, 각종 레이져 용품 등 산업전반에 응용되고 있다. 이러한 지르코니아는 이트리아(Y_2O_3) 또는 세리아(CeO_2)를 일정 mol%로 첨가한 후 고온 소결하여 안정한 Y-TZP 또는 Ce-TZP를 제조한다.

본 연구에는 주 원료인 ZrO_2에 high energy mill로 제조된 45 nm와 11 um의 입자크기를 나타내는 CeO_2를 각각 8~20 mol% 범위로 첨가하여 그 소결체의 소결특성을 관찰하였다.

10 mol% 이하의 CeO_2가 첨가되면 ZrO_2의 안정화에 부족한 양으로 상온에서 대부분이 단사정상을 나타내어 1450°C 이하에서 6.0 g/cm^3 이하의 밀도를 나타내었지만, 45 nm의 작은 입자크기의 CeO_2를 첨가하여 1450°C에서 6.0 g/cm^3 이상의 밀도를 나타내었다. 따라서 CeO_2 입자크기에 따른 소결온도 변화를 확인하였다. 또한 CeO_2 첨가량이 12~20 mol% 범위에서 11 um의 CeO_2를 첨가한 시편보다 45 nm 입자크기의 CeO_2를 첨가한 시편 모두 밀도, 경도가 더 높았다. 특히 16 mol%의 CeO_2가 첨가된 시편이 1350°C의 낮은 온도에서 가장 높은 경도값을 나타내었다. 이는 첨가되는 CeO_2 입자크기에 따라 소결체의 결정립 크기의 차이가 발생되었으며, CeO_2 입자크기가 작을수록 지르코니아의 안정화에 큰 영향을 나타내어 결정립 성장을 억제하여 상대적으로 작은 입자크기를 나타내고, 소결온도를 감소시켜 결정립 성장 억제와 물성을 증진 시켰다.

본 연구는 우수기술연구센터사업의 브레이크다운 방식을 이용한 세라믹 나노분체 제조기반기술 및 제품의 개발과제를 통해 수행된 연구결과임

P2-G3-49 Thermal Physical Properties Evaluation of UO_2 Pellet with Additives

첨가제 함유 소결체의 열물성 측정

주민제*, 정태식, 나연수, 임광영, 김정범, 이승재. *한전원자력연료*

원자력 발전소에서 사용되는 UO_2 소결체는 핵분열에 따라 온도가 상승되며 소결체를 싸고 있는 피복관을 통해 외부로 열을 전달한다. 따라서 소결체의 다양한 열물성들이 측정되고 모델화 되어 예측 가능한 범위 내에서 사용되고 있으며 이러한 모델식을 기반으로 발전소에서는 핵연료봉의 안정적 사용이 가능하다. 특히, 열팽창율 측정을 통해서는 핵분열에 의해 발생되는 내부 열이 외부로 빠져나가는 정도를 예측할 수 있다. 이 두 열물성 모두 새롭게 개발되는 UO_2 소결체에서 측정되어야 하며, 현재 개발 중인 3성분계 산화물을 첨가시킨 UO_2 소결체의 열물성을 측정해 보았다.

P2-G3-50 Fabrication of Nano Pd-PCS Colloid Solution for Uniform Dispersion of Metal Catalyst on SiC Fiber Surface

SiC fiber의 표면 위에 금속촉매를 균일하게 분산시키기 위한 nano Pd-PCS 콜로이드 용액 제조

김진례*, 조영식, 김민석, 류도형. *서울과학기술대학교*

SiC 표면에 부착된 Pd, W, Pt 등과 같은 귀금속 촉매는 연소 시 효율을 높이고, NOx 등의 오염 물질을 제거하는 역할을 한다. 이러한 성능을 확보하기 위해서는 사용 환경에서 열화가 진행되지 않아야 하고, 운전 조건에서 산화, 환원의 안정성이 요구된다. 또한 촉매의 조대화를 억제시켜 수 nm의 작은 크기로 유지할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 bonding matrix로 PCS를 활용하여 SiC fiber 표면에 촉매인 Palladium을 균일하게 분산시킬 수 있는 nano Pd-PCS colloid 용액 제조 방법을 연구하였다.

Palladium의 precursor로는 Palladium acetylacetonate를 사용하였으며, PCS와 함께 톨루엔에 용해시켰다. Palladium acetylacetonate의 농도를 달리 하여 용액을 제조한 후, TEM을 사용하여 석출된 palladium의 크기를 분석하였다. 그 결과 2 g PCS에 0.5 at% $Pd(acac)_2$를 섞은 용액에서는 약 3-7 nm의 석출된 palladium 입자를 확인할 수 있었다.

P2-G3-51 Formation and Characterization of Aluminum Oxide Films by Plasma Electrolytic Oxidation

PEO를 이용한 알루미늄 합금의 산화막 형성 및 특성 평가

진연호*, 양재교. *IAE고등기술연구원*

알루미늄 합금은 자동차를 포함한 전기 및 전자산업, 수송기기 등 고강도 경량화, 소형화, 고성능화를 목표로 활발한 연구가 진행되고 있다. 알루미늄은 합금설계기술, 용해/주조 기술, 가공 기술, 열처리 기술, 표면 처리 기술 등 전방위적인 연구가 진행되고 있으며, 프리미엄 자동차 시장에 고강도 알루미늄을 이용한 섀시, 휠 등 다양한 형태로 진화 하고 있다. 특히, 알루미늄 자동차 휠 시장은 수년 사이 기술 개발과 함께 폭발적으로 증가하고 있다. 2010년 전세계 자동차 휠 시장 규모는 약 56조원으로 알루미늄 휠 시장 규모는 약 19조원으로 약 34%에 육박하고 있으며 점차 증가하고 있는 추세이다. 연비증가와 CO_2 배출 감소에 대한 시대적 요구에 의해 수송기기의 경량화는 지속 될 전망이다.

알루미늄 합금중 7xxx 계열의 합금을 이용해 PEO PEO (Plasma Electrolytic Oxidation) 혹은 MAO (Micro Arc Oxidation)로 불리는 기술을 이용해 표면처리를 수행하였다. 표면처리는 Silicate, Vanadate, Phosphate, Hydroxide 등의 전해액을 선택적으로 사용하였으며, AC 200 ~ 500 V의 전압 조건 범위에서 CV 모드로 전류를 인가하였다. 형성된 표면 산화층은 산화막 두께 분석, 내마모 특성 평가, 염수분무 평가, 전기화학 평가(Potentiodynamic Polarization) 등을 통해 표면 산화층 분석을 진행하였다.

P2-G3-52 Effect of SiC Nanorod on Mechanical and Thermal Properties in SiC Composites Manufactured by Chemical Vapor Infiltration

화학기상침착법으로 제조한 SiC 복합체내에서의 SiC nanorod의 영향 및 기계적, 열적 특성평가

이호욱[1*], 김대종[1], 이현근[1], 김원주[1], 윤순길[2], 박지연[1]. *[1]한국원자력연구원, [2]충남대학교*

탄화규소(SiC)는 우수한 기계적 특성과 열적 특성 그리고 화학적 안정성 등으로 인하여 가스터빈 부품이나 열교환기와 같은 고온 구조물을 비롯하여 원자로 로심부품과 같은 내방사선 소재로 응용이 고려되고 있다. 우수한 특성에도 불구하고 단미체 SiC는 취성 파괴거동을 갖기 때문에 구조용 재료로 사용에 제한을 받는다. 이러한 단점을 보완하고 구조 부품용 재료로 사용하기 위해 SiC 복합체의 개발이 추진되어 왔다. SiC 섬유강화 SiC복합체(SiC$_f$/SiC)에서 강화재로 사용되는 SiC 섬유와 기지상으로 사용되는 SiC가 우수한 고온 내열성과 내방사선 특성을 가지려면 불순물을 적게 포함하고 화학양론비가 우수한 고결정상의 β-SiC를 이용하여야 한다. 알려진 몇 가지 SiC$_f$/SiC 복합체 제조 방법 중 화학기상침착법은 고결정상의 β-SiC를 얻을 수 있는 최상의 방법으로 알려져 있다. 본 연구에서는 화학기상침착 SiC 섬유강화 복합체를 제조하는데 발생되는 잔류기공 문제를 개선하기 위해 고순도의 SiC nanorod를 SiC 섬유 위에 성장시켰다. SiC nanorod는 섬유와 섬유간 및 섬유 번들과 섬유 번들간 존재하는 기공의 크기와 구조를 변경시켜 기지상 침착을 효율적으로 진행하여 치밀화 거동을 향상시킬 수 있다. 이를 위하여 SiC nanorod 를 침착반응 압력과 온도를 변수로 각각 성장시켜 SiC nanorod 성장 조건을 최적화 하고자 하였고, SiC nanorod 들의 기지상 강화 효과도 분석하였다. 또한 미세구조 관찰, 기계적 강도와 열물성을 평가하여 SiC nanorod의 영향을 살펴보았다.

P2-G3-53 Oxidation Effect of UO_2 Pellet with Additives in Pressurized Water Reactor (PWR) Simulated Loop

첨가제가 도핑된 이산화우라늄 소결체의 가압경수로 모사 Loop에서의 산화 특성

정태식*, 나연수, 주민제, 김정범, 이승재. *한전원자력연료*

원자력 발전소에서 핵연료로 사용되는 UO_2 소결체는 정상적으로 사용될 경우 피복관에 의해 외부 냉각수와의 접촉이 방지된 채로 핵분열을 일으키는 용도로 사용된다. 하지만, 피복관에 구멍이나 파단이 발생할 경우, UO_2 소결체는 냉각수 뿐만 아니라 발전소 내의 고온 및 고압에 노출되며 U_3O_8로 빠르게 변태된다. 이때 결정구조의 변화에 의해 파편화(Fragmentation)가 발생하게 되며 발전소 1차측 시스템내의 방서산량을 증가시킨다.

이러한 급속한 산화 속도와 파편화를 막기 위해 결정립 특성을 개선시키는 연구가 해외에서 진행되었고 실제로 결정립 크기를 증가시키거나 결정립 표면을 2차 상으로 도포 시킴으로써 산화 속도를 감소시킨 결과들이 발표되고 있다. 따라서 국내에서도 원자력 발전소 안전성을 향상시키기 위한 UO_2 성능 향상 연구용 가압경수로 수화학 환경모사 Loop (PWR simulated Loop)을 제작하였으며, 현재 개발 중인 첨가제가 들어간 UO_2의 산화저항 성능을 평가하였다.

P2-G3-54 Early Stage of F-SnO_2 Thin Film Mechanism by Spray Pyrolysis Deposition

SPD법을 이용한 F-SnO_2 증착 초기단계의 메커니즘

조영식*, 류도형. *서울과학기술대학교*

SPD (spray pyrolysis deposition) is an effective method to deposit thin film in an economical way. We studied extremly thin FTO (fluorine doped tin oxide) film to observe early stage of film growth mechanism. The mechanism can be divided into 3 stages including adhesion of amorphous chain of -O-Sn-OH, island formation and extended continuous film growth stage. In first stage, it forms a few nm polymeric-amorphous-layer part of the amorphous domain transform into islands of SnO_2 crytasl. This crystal forms islands-like particles. After that, the population density of island has increased to cover the whole surface. There was difference in island formation depending on fluorine doping amount. The properties of the extremly thin FTO were evaluated by UV-VIS, XRF, contact angle test.

P2-G3-55 Fabrication of Flexible Ceramic Nanofibers for Water Purification Membrane using Electrospinning Proces

김재[1*], 이종만[2], 하장훈[2], 송인혁[2]. *[1]과학기술연합대학원대학교, [2]재료연구소*

Recently, the ceramic nanofibers have received significant attention of research because of their unique nanostructure. However, it is difficult to apply to the water purification membrane because ceramic nanofibers are brittle after calcination. Therefore, in order to overcome the brittleness ceramic nanofibers, they require a high flexibility. In this study, we aimed to develop flexible ceramic nanofibers by controlling compositions. The characteristics of the electrospun ceramic nanofibers were investigated with respect to surface morphology, pore size, crystallinity, and others.

P2-G3-56 Preparation of Silicon Based Hierarchically Structured Porous Ceramic Nanofibers *via* Electrospinning of Silsesquiazane

실세스퀴아잔의 전기방사를 이용한 계층적 기공구조를 가지는 규소기반 세라믹 나노섬유의 제조

강문구*, 허태환, 곽영제. *숭실대학교*

본 실험에서는 preceramic polymer인 phenylsilsesquiazane (SSQZ)과 유기고분자인 polystyrene (PS)을 혼합한 후 전기방사하여 기공도가 높은 나노웹을 제조하였다. 나노웹은 200°C에서 열처리되어 SSQZ와 PS의 상분리 거동을 발생시킨 후, 700°C에서 pyrolysis하여 계층적 기공구조를 가진 세라믹으로 만들어졌다. PS의 첨가는 SSQZ의 전기방사를 가능하게 하였을 뿐만 아니라, pyrolysis를 통해 분해되어 나노섬유에 또 다른 기공을 형성함으로써, macropore와 micropore로만 구성된 나노웹의 계층구조를 보완하였다. SSQZ와 PS의 비율에 따른 나노섬유의 형태는 scanning electron microscopy와 Fourier transform infrared spectroscopy로 확인되었고, 기공의 크기와 분포는 transmission electron microscopy, Brunauer-Emmett-Teller theory를 통해 확인되었다.

P2-G3-57 Effect of Mg Sealing Post Treatment on Pore Reduction of PEO coated AZ31 Magnesium Alloy

PEO 코팅된 AZ31 마그네슘 합금의 기공 감소에 대한 Mg sealing 후처리의 효과

이형욱*, 구본흔, 김민수. *창원대학교*

In this study, alginate was added to form a coating on the AZ31 alloy to reduce the pores formed in the electrolytic plasma process. The specimens were used after mechanical polishing. Alkaline solution [Na_2SiO_3 (15 g/l), Na_2SiF_6 (0.3 g/l), NaOH (3 g/l)] was fixed and sealed with Mg nitrate hexahydrate. The formed oxides were analyzed by SEM and XRD for the microstructure and phase composition. Hardness and corrosion tests were carried out using the Microvicker

hardness test and dislocation dynamics polarization technique. Since the thickness and hardness of the base and the hardness were almost the same as those of the base after the sealing treatment, they had the highest polarization resistance when immersed for 1 hour. The wear resistance test was carried out and it was confirmed that the wear was the least when immersed for 1 hour.

P2-G3-58 Enhancement of Mechanical Property of Porous TiO_2 - MnO Ceramics by Addition of TiO_2 Nano Powder

산화티탄 나노분말이 첨가된 우수한 기계적 성질을 가지는 다공성 산화티탄-산화망간 세라믹스 제조

김수진*, 유동수, 김종영. [1] *한국세라믹기술원*

Recently, the importance of Air Floating System for OLED display that reliably levitates large glass or flexible plastic panel is being highlighted. The porous ceramics, with anti-static property, is required as a core material in Air Floating System. In this study, we attempted to improve the mechanical strength of TiO_2-MnO porous ceramics by adding TiO_2 nano powder to promote sintering of porous ceramics and strengthen the necking between grains. The composition and sintering conditions were studied to obtain proper porosity (25%), flexural strength (100 MPa), and surface resistance (10 ohm/cm). When the concentration of nano powder increased to 20% to 40%, the flexural strength was increased from 73.4 to 110 MPa. When the concentration of the nano powder was fixed at 15% and the sintering temperatures was increased from 1100 to 1200°C, porosity was decreased from 33.7% to 14.3% and surface resistance was decreased. The flexural strength was increased by 70 MPa when the sintering temperature increased by 100°C. In conclusion, the concentration of TiO_2 nano powder increases, the flexural strength is shown to be increased. As sintering temperature is raised, the flexural strength increased and the surface resistance decreased.

P2-G3-59 Silicon Carbide Fiber Coated with Boron Nitride by Structural Substitution

구조치환을 이용한 탄화규소 섬유의 질화붕소 코팅

탁우성[1*], 황진욱[2], 이수연[1], 정영근[3], 김우식[1]. [1] *한국세라믹기술원,* [2] *경상대학교,* [3] *부산대학교*

In ceramic fibers composites, the slight space debonding is necessary to increase the mechanical property between fibers and matrix. Therefore, lots of research have been studied about solid lubricant coating and boron nitride (BN) which has the highest thermal stability in the lubricating materials. Silicon carbide (SiC) fibers have been used in ultra-high temperature applications, therefore the SiC fibers need the highest thermal solid lubricant such as BN. However, the conventional coating method of BN on SiC surface by chemical vapor deposition and dip coating process could not make the chemical bonding between BN and SiC, and it plays the role of pores, not a lubricant in the composite. Thus, we had been studied to form the chemical bonding with BN on the surface of SiC fibers. For the formation of chemical bonding, the surface of SiC fibers was functionalized with amine groups. It induced the coupling with graphene oxide (GO) by self-assemble process. In an atmosphere of ammonia and heating with boron sources, the structure of GO was substituted into BN, because the lattice parameters of GO are similar to hexagonal BN structure. The surface morphology of BN coated SiC fibers were analyzed, and we measured the degree of atomic substitution and coating thickness of samples.

P2-G3-60 High Temperature Electrical Conductivity of Aluminum Nitride Ceramics Sintered with Urea, Titanium Oxide, and Yttrium Oxide

우레아, 산화티타늄, 산화이트륨을 포함하는 질화알루미늄 세라믹스의 고온전기전도도

이은실[1*], 김종영[2]. [1] *연세대학교,* [2] *한국세라믹기술원*

Aluminum nitride (AlN) with a theoretical thermal conductivity is 320 W/mK at 300 K is often employed in electrostatic chucks and heaters in the semiconductor industry. Recently, as semiconductor manufacturing processes that require high-resolution lithography at high temperatures have been increasing, there is a growing demand for ceramic materials that can maintain high electrostatic force even at high temperatures. Hence, high electric resistance (> 10^9 Ω·cm at 550°C) of the material is required, and it must have a high dielectric constant at high temperature.

The effect of nitrification on the electrical resistivity of AlN ceramics sintered with Y_2O_3 as a sintering aid was investigated with respect to TiO_2 and urea ($(NH_2)_2CO$) dopants at various temperatures (RT – 550°C). From the volume resistance measurements, it was found that the electrical conductivity have greatly increased with addition of urea as a nitrification agent (1.7×10^{10} Ω·cm at 550°C). The addition of urea to the AlN matrix can lead to a conversion of Al_2O_3 to AlN, or the ammonia formed by decompositions of urea at high temperature may cause the nitrifications. Al vacancies, the main carriers, and O ions with positive charges were reduced by reduction of Al_2O_3. The urea dopant decrease the activation energy (E_a) by 0.24 – 0.34 eV (urea-free: 0.28 – 0.37 eV); this decrease was due to the formation of an associate between Al vacancies and O ions at the N sites. In addition, electrical behavior of AlN sintered with Y_2O_3 up to 9 wt% has been discussed.

P2-G3-61 Preparation of Carbon-Rich Porous Silicon Carbonitride (oxide) Ceramic using Phenyl Group Containing Silsesquiazane

페닐기를 포함하는 실세스퀴아잔을 이용한 카본함량이 높은 다공성 SiCN(O) 세라믹 제조

허태환*, 곽영제. *숭실대학교*

다공성 실리콘 카보나이트라이드(SiCN)는 높은 온도에서의 안정적인 구조 유지와 좋은 기계적 특성을 보여 많은 관심을 받아왔다. 다공성 SiCN을 제조하는 한 가지 방법으로는 실리콘 기반의 고분자 전구체를 높은 온도에서 열분해 시켜 제조하는 방법이 있다. 고분자 전구체를 이용하여 세라믹을 제조하는 방법은 기존의 세라믹 분말을 이용하는 공정보다 간단하게 세라믹 분말, 박막 또는 단일 암체와 같은 구조물을 만들 수 있어 많은 관심을 받아왔다. 그 중 폴리실라잔(PSZ)은 주쇄가 실리콘 원자와 아민기로 이루어진 고분자로 SiCN 세라믹을 만드는 전구체로써 활용된다. 하지만 기존의 선형적인 구조를 가지는 PSZ는 액상을 띄기 때문에 열분해 공정 이전에 가교를 시켜 구조적인 안정화를 향상시켜야 하기 때문에 실란기(Si-H)와 비닐기와 같은 가교가 가능한 치환체를 가지고 있어야 하므로 다양한 치환체의 변화를 통해 세라믹의 구성성분을 조절하는 것이 어렵다. 본 연구에서는 페닐기를 포함하는 실세스퀴아잔(SSQZ)을 사용하여 보다 많은 탄소를 포함하는 다공성 SiCN(O)를 제조하였

다. SSQZ은 가지달린 구조 또는 네트워크 구조를 가지기 때문에 적은 가교밀도만으로도 효과적으로 구조적 안정성을 향상시킬 수 있고 이를 통해 계층적 구조의 기공을 보이는 다공성 SiCN(O) 세라믹을 제조하였다.

P2-G3-62 Enhancement of Mechanical Strength of Low Thermal Expansion LAS Ceramics for Laser Wafer Dicing Device by Reducing Grain Size and Optimizing Matrix Composition

결정립 크기 감소와 조성 최적화를 통한 레이저 다이싱 장비용 저열팽창 LAS 세라믹의 기계적 강도 향상

김성훈*, 김종영. *한국세라믹기술원*

The LAS (Li_2O-Al_2O_3-SiO_2) system, a low thermal expansion ceramics, can be applied as a structural material for machining equipment such as semiconductor wafer dicing device due to its excellent thermal shock resistance. However,the mechanical strength of LAS system is rather low to be used as a structural material. Therefore, the mechanical strength of LAS system should be improved to increase accuracy of the laser dicing device.

In this work, we investigated how the composition of LAS (Li_2O-Al_2O_3-SiO_2) system affects their mechanical properties. We also tried to improve the mechanical strength by adding additives. We added $CaCO_3$ as a sintering aid to improve the sintering properties of LAS. As a result, a dense sintered body of LAS (β-Spodumene) was obtained by adding > 3 wt% of $CaCO_3$. However, the flexural strength of LAS-$CaCO_3$ (3.5 wt%) was lower than required for laser dicing device. So, we reduced the amount of Li in the matrix composition and increased the amount of Al or Si. When the atomic ratio of Li:Al:Si was changed from 1:1:3 to 0.8:1.2:3, the mechanical strength was slightly increased. According to SEM analysis of LAS-$CaCO_3$ (3.5 wt%), it was revealed that the grain size was large. so, we tried to reduce the grain size by adding additives (ZrO_2, TiO_2, MgO). The addition of ZrO_2 and TiO_2 reduced the grain size by inhibiting grain growth. It was confirmed by a relative comparison of grain sizes in SEM images. As a result, the mechanical strength of LAS was improved by reduced grain size due to addition of metal oxides.

P2-G3-63 Effects of Additives (Al_2O_3, Fe_2O_3, NiO) on The Sintering of YHZ (Y_2O_3-hydrous ZrO_2) Synthesized by Thermal Hydrolysis of ZOC ($ZrOCl_2$ $8H_2O$)

산화물(Al_2O_3, Fe_2O_3, NiO) 첨가가 열가수분해로 제조된 YHZ (Y_2O_3-hydrous ZrO_2)의 소결에 미치는 영향

설재규*, 강종봉, 양성구, 김현식, 이성혁. *경남대학교*

지르코니아(ZrO_2)는 각종 Ceramics 중에서 높은 강도와 인성, 내마모성을 용이하게 얻을 수 있어 여러 분야에 이용되고 있다. 지르코니아에 안정화제로 이트리아(Y_2O_3)를 첨가하여 만든 YSZ (Yttria-stabilized zirconia)는 상온에서도 정방정(tetragonal) 상을 유지한다. 또한 열 열화하기 어려운 zirconia 분말은 결정의 크기를 가능한 한 작게하여 단사정(monoclinic)상으로의 전이를 방지하고 있다. 그 밖에 고상반응법에서는 소결조제로 Al_2O_3, Fe_2O_3, NiO 등을 미량 첨가하여 monoclinic → tetragonal의 상변화 온도를 낮추어 기계적 물성을 향상시킨 결과도 보고되어 있다.

본 연구에서는 $ZrOCl_2$ $8H_2O$, YCl_3 $6H_2O$ 혼합 수용액을 98°C, 120시간 동안 교반하며 열가수분해하여 3Y-hydrous ZrO_2를 합성하고, 소결조제인 Al_2O_3, Fe_2O_3, NiO는 각각 $AlCl_3$ $6H_2O$, $FeCl_3$ $6H_2O$, $NiCl_2$ $6H_2O$ 수용액을 침전법으로 합성하였다. 0.2 mol $ZrOCl_2$ $8H_2O$ 수용액의 열가수분해 반응 중에 pH를 특정 시간별로 측정하였고, 120시간 반응 후 NH_4OH를 침전제로 사용하여 합성된 입자들을 응집 후 침강시켰으며, 수세, 건조를 통해 3Y-hydrous ZrO_2를 얻었다. 주사전자현미경으로 입자 형상을 관찰하였고, XRD로 결정상을 확인하였다. 3Y-hydrous ZrO_2에 합성한 산화물들을 소결조제로 미량 첨가하여 1200~1400°C에서 소결을 진행하여 시편의 밀도, 수축률, 경도(Hv), 결정상 등을 분석하였다.

P2-G3-64 Study of Graphene Coated Layer via Self-assembled Process for High Thermal Dissipation Materials Application

방열소재 적용을 위한 자기조립공정 그래핀 코팅층 연구

도환수[1]*, 황진욱[2], 김우식[1]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *경상대학교*

The exceptional thermal properties of graphene have been attracted a growing attention in the science and engineering fileds. Graphene shows high anisotropic nature, high in-plane thermal conductivity due to covalent sp2 bonding between carbon atoms, whereas heat-flow limited by the weak van der Waals coupling at out of plane. Graphene films could be great potentials as a novel heat spreading material for high power system and high power electronics. Also graphene films can reach up to 3,200 W/mK over higher than the best graphite films. In this work, self-assembled coating process was employed to prepare graphene coating on the surface of silicon nitride substrates. The studies on the thermal and electical properties of graphene on silicon nitride substrates were presented to investigate the heat dissipation of graphene coated layers.

P2-G3-65 Phase Stability Diagram for Determination of the Conditions for Formation of Solid-solution Type Titanium Carbo-nitride

고용상 타이타늄 탄질화물 형성 조건 탐색을 위한 상 안정성 다이어그램

권한중*, 김지웅. *한국지질자원연구원*

타이타늄 탄질화물은 우수한 기계적 특성(내마모성, 경도 등)과 화학적 안정성으로 구조용 소재로 널리 활용되고 있는 세라믹 물질이다. 특히, 타이타늄 탄질화물은 경도가 높다는 장점 때문에 상업적으로 구조 소재 중 고부가가치 제품인 절삭 공구의 원료로 활용되고 있다. 하지만 타이타늄 탄질화물의 고경도 특성으로 인하여 타이타늄 탄질화물계 공구는 취성이 타 절삭 공구(텅스텐 탄화물계 공구)에 비해 높아 공구 수명에 있어서 텅스텐 탄화물계 공구와 비교하여 열세인 상황이다. 또한, 고속 절삭 과정에서 쉽게 변형이 일어나는 이유로 타이타늄 탄질화물계 공구는 가공 중 마무리 과정에 국한되어 활용되고 있는 실정이다. 이에 타이타늄 탄질화물의 낮은 인성을 향상시키고자 개발된 소재가 고용상 타이타늄 탄질화물이며 고용상 타이타늄 탄질화물의 인성 향상 효과는 여러 연구를 통해 입증되었다.

고용상 타이타늄 탄질화물은 저가 원료인 산화물과 흑연을 원료로 하여 열탄화환원법에 의해 합성이 되는데 이 때 최적화되어야 하는 공정 변수는 산소 및 질소 분압, 탄소량, 반응 온도 등이다. 본 연구에서는 열탄화환원법에 의한 고용상 타이타늄 탄질화물 형성 조건을 열역학적 특성을 활용하여 도출된 상 안정성 다이어그램을 통해 알아보고자 한다. 또한, 실험을 통한 검증을 통해 도출된 상 안정성 다이어그램의 활용성을 확인하고자 하였다.

P2-G3-66 Experimental Investigation of 8YSZ/SiO_2 Multi-compositional Suspension Plasma Sprayed Thermal Barrier

Coating on Diesel Engine

디젤 엔진의 8YSZ/SiO_2 복합 조성 서스펜션 플라즈마 용사 단열 코팅의 실험적 연구

전학범[1,2*], 오윤석[2], 이인환[1]. *[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원*

최근 단열 코팅을 통한 디젤엔진의 열효율 향상과 유해가스 배출 저감을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 디젤 엔진에 적용되는 단열코팅은 낮은 열전도도와 열용량 그리고 높은 열내구성의 특성을 가져야한다. 본 연구에서는 단열 코팅 소재로 사용되는 YSZ와 SiO_2의 서스펜션 입자 크기 변화를 통해 단열 코팅의 기공도를 다르게 제작하였으며, 기공도가 다른 코팅들의 미세구조, XRD 상 분석, 열전도, 열용량, 열내구성 등을 분석하였다. 코팅의 기공도는 1~40% 수준이었고, 기공도가 가장 높은 코팅의 상온에서의 열전도도는 0.166 W/mK, 열용량은 561.2 KJ/m^3k 수준으로 많은 특성들이 단열코팅으로써 요구되는 수준을 충분히 넘는 결과를 보였다. 본 연구의 결과로부터 YSZ와 SiO_2 복합 조성의 SPS 코팅이 가질 수 있는 코팅의 기공도 수준과 열물성, 열내구성 수준 등을 확인할 수 있었다.

P2-G3-67 Thermodynamic Analysis and Computational Fluid Dynamic Simulation on the Chemical Vapor Deposition System for TaC Coating

TaC 코팅을 위한 화학 기상 증착 시스템에서의 열역학 해석 및 전산유체 역학 시뮬레이션

김현미[1,2*], 심광보[1], 최균[2], 이정민[3], 이형익[3]. *[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원, [3]국방과학연구소*

Carbon/carbon composites (C/C) have been widely studied in the aerospace field because of their excellent thermal shock resistance and specific strength at high temperature. However, they have the problems that is easily oxidized and deteriorated under atmospheric environment. In order to overcome these shortcomings, the CVD coating of ultra-high-temperature ceramics to C/C has become an important technical issue. In this study, thermodynamic calculations were performed to TaC CVD coating on C/C by FactSage 6.2 program. The Ta-C phase diagrams were constructed with the results of thermodynamic calculations in the Ta-C-H-Cl system. Based on the Ta-C phase diagram, the experimental conditions were designed to confirm the deposition of various phases such as TaC single phase, TaC+C and TaC+Ta_2C by varying the composition of Ta/C ratio. The deposited films were found to be in good agreement with the predicted phases.

P2-G3-68 Effect of Carbon Content on the Sintering Additive and Mechanical Properties of SiC-B_4C Composites

Carbon 함량에 따른 SiC-B_4C 복합체의 소결거동 및 기계적 특성에 미치는 영향

황희웅[1*], 소성민[1], 김경훈[1], 박주석[1], 김형순[2], 이성갑[3]. *[1]한국세라믹기술원, [2]인하대학교, [3]경상대학교*

본 연구는 SiC-B_4C 복합체의 소결첨가제에 따른 열간가압소결법에 의한 소결거동을 관찰한 것이다. SiC-B_4C 복합체는 서로 소결조제로 작용하며 균일한 미세구조를 형성하여 기계적 특성 향상이 가능하다. 또한 다른 복합체에 비해 상대적으로 낮은 밀도로 경량 구조재료 및 방탄소재로도 응용이 가능하다. SiC 소결에서 carbon은 SiC 입자의 표면 산화층을 제거하여 표면에너지를 증가시켜 입계에너지/표면에너지의 비가 감소하여 치밀화가 촉진된다는 연구결과가 보고된 바가 있다. 이에 본 실험에서는 SiC-B_4C 복합체에 carbon을 소결첨가제로 첨가했을 때 소결거동 및 기계적 특성 변화를 보고자 하였다. SiC-B_4C 복합체의 비율은 1:1이며, carbon은 1, 3, 5 wt% 조성으로 ball milling을 통해 습식 혼합한 뒤 hot press 소결 공정으로 제조하였다. 소결된 샘플은 소결 특성과 결정상 북석을 위해 XRD 분석 및 FE-SEM을 이용하여 미세구조를 관찰하였으며 기계적 특성분석을 위해 굽힘강도와 경도를 관찰하였다.

P2-G3-69 Fabrication of Ceramic Tool for Brazing Joining Method

브레이징 접합을 이용한 세라믹 접합 공구 개발

정우영[1*], 김준형[1], 이승준[2]. *[1]자동차부품연구원, [2]챔프다이아*

고내열 세라믹 소재와 초경과의 이종재종간의 용접법을 개발하여 자동차용 내열강의 가공을 위한 장수명 고품위 가공용 세라믹 회전공구를 제작할 예정이다.

세라믹 접합 공구는 진공 브레이징 페이스트 접합을 이용하여 세라믹-금속과 같은 이종소재를 강건하게 접합부를 형성할 수 있는 제조공법이다.

진공용접을 위한 최적의 filler metal 조성 개발 및 용접조건을 선정하여 이종소재 계면과의 접합력이 극대화 되도록 접합하였다.

세라믹 타입 드릴 최적 가공 기술 개발을 통하여 공구를 제작하고 이를 이용한 가공기술, 최적가공조건 선정 및 실제 test cutting을 통한 공구형상의 이상 유무, 칩처리성의 이상 유무, 절삭 온도 및 burr 발생 여부 등에 대하여 시험 결과를 제시할 것이다.

P2-G3-70 A Study on The Precision Wafering Process for SiC Single Crystal Substrate

SiC 단결정 기판의 표면정밀가공(DMP) 연구

이승석*, 은태희, 김장열, 서한석, 여임규, 전명철. *포항산업과학연구원*

전기자동차, 신재생에너지 분야에 활용이 기대되는 고효율, 고전력 전력반도체 소자용 기판 소재로서 SiC, GaN 등의 wide bandgap을 갖는 단결정 소재가 주목되고 있다. 최근 4인치 이상의 상업적 제조가 가능한 단결정 소재로서 SiC 단결정 소재의 제조기술 개발이 활발히 이루어졌으며, 이에 따른 가공기술, 에피기술 분야 또한 많은 연구가 진행되어 왔다.

SiC 단결정 잉곳을 기판으로 가공하기 위해서는 잉곳의 외경, 평면 가공, 기판형태로 절삭하는 multi wire sawing, edge grinding 등의 형상가공이 1단계로 이루어진다. 이후 2단계 정밀 표면가공 공정인 lapping, mechanical polishing (DMP), chemical mechanical polishing (CMP)을 통해 surface scratch 및 sub-surface damage layer가 제거된 고평탄화 SiC 단결정 기판을 제조하게 된다.

본 연구에서는 물리적기상성장법(Physical vapor transport)으로 성장된 SiC 단결정 잉곳을 최종 epi-ready 기판으로 가공하기 위한 표면 정밀 가공 단계인 DMP 공정에서의 시뮬레이션을 활용한 최적 공정조건 및 가공 품질 분석 결과에 대하여 고찰하였다.

P2-G3-71 Optical Property of Transparent Polycrystalline Nd:Y_2O_3 Ceramics for Solid-state Laser

고체레이저용 다결정 투명Nd:Y_2O_3 세라믹스의 광학적 특성

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. 또한

다결정의 경우 단결정에 비해 도핑농도를 자유롭게 제어할 수 있고 제조단가 측면에서 큰 장점이 있다. 다결정 세라믹스의 경우 고체 레이저로 응용되기 위해 우선적으로 가시광 및 레이저 발진파장역(1078 nm)에서 투광도가 높아야 한다. 따라서 본 연구에서는 고투광도의 다결정 Nd:Y_2O_3 세라믹스를 제조함에 있어 원료분말 선정 및 전처리, 소결조제 및 방법 등을 실험변수로 설정하여 400 및 1100 nm 투광도가 각각 약 78%, 80%로 이론투광도에 근접한 Nd:Y_2O_3 세라믹스를 성공적으로 제조하였다.

P2-G6-1 Development of Optical Fiber Type Sealant for Laser Sealing Application

레이저 실링을 위한 광섬유형 실링재 개발

김소영*, 최주현, 박준, 김선훈. *한국광기술원*

Using a laser irradiation for sealing which is enables a hermetical closure among substrate. To achievebetter sealing quality of laser sealing, the difference of CTE between laser sealing glasses and glass panel should be within 1.0×10^{-6} K^{-1}. Co-doped PSAB glass system was fabricated in order to investigate the effect of optical and thermo-mechanical properties for laser sealing applications. In Na_2CO_3 and CuO co-doped PSAB glass system, CTE had shown 9.89×10^{-6} K^{-1} in the range of 25°C to 300°C. It was found that difference of CTE between FTO coated glass panel and 1 wt% CuO and 2 wt% Na_2CO_3 doped PSAB glass system was about 0.34×10^{-6} K^{-1} and an absorption of 800 nm w avelength band reached upto 100%. Using co-doped PSAB glass system, optical fiber with diameter of 180 μm was successfully drawn. Two FTO coated glass substrate was well sealed using 808 nm laser diode and optical fiber. Those results indicated that optical fiber made of 1 wt% CuO and 2 wt% Na_2CO_3 doped PSAB glass system shown the feasibility of laser sealing application.

P2-G6-2 Eu^{3+}-Tb^{3+}-Tm^{3+} Tri-doped Oxyfluoride Glass for Wide Color Gamut UV-LED Color Converter

고색재현 범위 구현을 위한 Eu^{3+}-Tb^{3+}-Tm^{3+}가 동시 첨가된 oxy-fluoride 유리 UV-LED 색변환 소재

이한솔[1*], 최용규[2], 정운진[1]. [1]*공주대학교*, [2]*한국항공대학교*

종래의 LCD-BLU용 백색 LED는 적색 및 녹색 형광체와 유기바인더의 혼합물과 청색 LED 칩의 조합으로 구현되어 왔다. 하지만 유기 바인더의 취약한 열 및 화학적 안정성으로 인해 장시간 고출력 안정성을 보장할 수 없으며, 형광체의 넓은 발광선폭으로 인해 색재현 범위가 제한되는 문제가 있었다. 또한 좁은 발광 선폭과 높은 양자효율을 갖는 양자점을 함유한 소재의 연구가 활발이 진행되었으나, 아직까지 화학적 안정성이 취약하고 여전히 높은 제조단가가 요구된다. 이러한 문제를 해결하고자 본 연구진에서는 비교적 열적, 화학적 및 기계적 안정성이 우수한 oxyfluoride 유리를 기반으로 BaF_2-B_2O_3-Al_2O_3 기반의 유리 조성에 Eu^{3+}와 Tb^{3+}를 동시 첨가하여 좁은 발광 선폭과 한가지 여기광을 이용하여 적색 및 녹색의 동시 여기가 가능한 UV-LED용(375 nm) bulk glass phosphor를 제조한 바 있다. 그러나 아직까지는 변환효율이 낮고 청색광이 부족하여 넓은 색재현 범위를 구현하기에 어려움이 있다.

본 연구에서는 BaF_2가 함유된 oxyfluoride 유리의 특성 향상 및 한가지 여기광으로 RGB를 구현하고자 하였다. 기존의 oxyfluoride 유리에 Eu^{3+} 및 Tb^{3+}와 더불어 Tm^{3+}를 추가 첨가함으로써 부족한 청색광을 보완하고자 하였으며, 제조된 유리를 375 nm LED칩으로 여기하여 photo-luminescence 스펙트럼을 통해 색재현 범위를 확인하였다. 또한 광학 특성 향상을 위해 열처리를 진행하였으며, 이에 대한 광학 특성 및 결정확인을 진행하였다.

P2-G6-3 Sealing Properties of Glasses Material Based on SiO_2-B_2O_3-BaO System for High Temperature Reversible Solid Oxide Cells According to Al_2O_3 Additives

Al_2O_3 첨가에 따른 고온 RSOC용 SiO_2-B_2O_3-BaO계 기반 유리 소재의 밀봉 특성

김우식*, 이한솔, 정운진. *공주대학교*

평관형 양방향 고체산화물 연료전지(RSOC: Reversible Solid Oxide Cell)는 높은 열응력 저항 및 기계적 강도를 가진 원통형 셀과 고 전력 밀도를 가진 평판형 셀의 장점을 동시에 가진 연료전지(SOFC: Solid Oxide Fuel Cell)이며, 전기화학 반응을 역으로 진행시키는 수전해장치(SOEC: Solid Oxide Electrolysis Cell)로도 사용이 가능하여 최근 관심이 높아지고 있다. SOFC 및 SOEC는 고온 동작 환경에서 내부 가스의 유출 방지를 위해 고온 밀봉 소재가 cell의 내구성 및 수명을 좌우하는 핵심 요소이다. 밀봉 소재는 cell 구성요소와의 접착성 및 기밀성이 우수해야 하며, 작동 온도에서는 유동이 없고 sealing 온도에서 적절한 유동을 가져야 한다. 특히, cell 소재와의 열응력 최소화를 위해 열팽창계수 차이가 최소화되어야 하고, 고온 사용을 위해 높은 유리 연화점이 요구된다.

본 연구에서는 RSOC 고온 밀봉 소재로서 기존에 개발된 SiO_2-B_2O_3-BaO 조성계 유리 중 작동 온도에서 유동이 없으며, 전해질 및 전극과의 열팽창계수가 유사한 조성을 선정하고, 유리 소재의 유동성 및 열특성의 추가 제어를 위해 Al_2O_3를 첨가하였다. Al_2O_3 함량에 따른 열팽창계수와 유리전이온도, 연화점을 확인하였고, 고온현미경을 통해 유리의 점성 유동을 확인하였다. Raman spectroscopy를 통해 유리 구조 변화를 확인하였다. 제조된 유리들은 접촉 소재와의 접착 특성을 통해 밀봉 가능성을 확인하였으며, 또한 작동온도보다 가혹한 조건에서 100시간 동안 열을 가한 후 변화에 대해 확인하여 밀봉 소재의 안정성을 확인하였다.

P2-G6-4 Luminescence Characteristics of Thick-film Phosphor-in-glass for White LED Depending on Structural Design

구조적 설계에 따른 백색 LED용 후막형 phosphor-in-glass의 광특성

남윤희*, 김성현, 정운진. *공주대학교*

Phosphor-in-glass (PiG)는 백색 LED을 구현하기 위한 무기물 기반의 색 변환 소재이며 우수한 열·화학적특성 및 내구성으로 인해 최근 자동차 헤드 램프, 조명 등 다양한 백색 광원에 적용되고 있다. PiG는 단순한 제조 공정과 다양한 형광체를 사용할 수 있으며, 유리 프릿과 형광체의 혼합비 조절과 두께 조절에 따라 쉽게 색 조절이 가능하다는 장점을 가진다. 기존에 사용되는 PiG는 주로 유리 프릿과 녹색 또는 황색 형광체와 적색 형광체를 균일하게 혼합하고 이 혼합물을 일축 가압 성형한 후 소결하는 방식인 plate 형태이다. Plate PiG는 두께에 따라 방출되는 녹색 또는 황색 빛의 재흡수로 인한 광 추출 효율의 저하가 발생할 수 있으며, 소성 후 연마와 두께 조절 등 후가공이 반드시 필요하다. 반면, 유리 기판 위에 형광체와 유리 프릿의 혼합체를 스크린 프린팅하여 필름 형태로 제조한 후막형 PiG는 소성 후 별도의 후가공이 필요치 않고, 마스크에 따라 다양한 형상의 구현이 가능한 장점이 있어 그동안 다양한 연구가 시도되어 왔다. 후막형 PiG는 형광체의 분포 및 구조에 따라 혼합형, pattern형 및 적층형으로 나뉠 수 있으나, 그동안 이들 구조에 따른 영향에 대한 연구는 미진하였다.

본 연구에서는 혼합형과 더불어, 녹색과 적색 영역을 분리시켜 재흡수 현상을 방지하고자 적층형과 패턴형태인 후막형 PiG를 제조하여 LED 광 특성 분석을 수행하였고 SEM을 이용하여 morphology를 확인하였으며, 구조적 설계가 LED 광특성에 미치는 영향을 평가하였다.

P2-G6-5 A Study on the Correlation of Drill Life by Increasing Hardness by ta-C Coating

ta-C 코팅에 의한 경도 증가에 따른 드릴 수명 상관 관계에 관한 연구

손민희[1*], 김효준[1], 최다현[1], 장규범[2], 변재관[2], 이선영[1]. *[1]한양대학교, [2](주)네오티스*

절삭 공구로 사용되는 마이크로 드릴 비트는 물질을 자르는 과정에서 표면이 연속적으로 마모되며, 그에 따라 마이크로 사이즈의 비트의 수명은 크게 감소한다. 이러한 마이크로 드릴 비트의 수명을 향상시키기 위하여 높은 기계적 성질을 가지는 물질 Diamond-Like Carbon (DLC)을 코팅하여 내마모성을 향상시키고자 하였다. DLC는 sp^3 hybridized carbon을 포함하는 탄소 나노구조체의 한종류로, 다이아몬드와 비슷한 물성을 가지는 amorphous carbon 물질이다. DLC종류 중 Tetrahedral amorphous carbon (ta-C)은 수소를 포함하지 않는 비정질 탄소계 경질 박막으로, 가장 큰 경도와 강도를 가지며 매끄럽다는 특징이 있다. 또한, 박막을 구성하는 sp^3 결합 비율을 40~80%까지 조절할 수 있기 때문에 경도를 조절할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 코팅 두께가 증가할수록 밀착력이 낮아진다는 문제가 있다. 이러한 문제점은 코팅층 stress가 증가하기 때문에 발생하는데, 이는 고에너지 이온의 충돌로 relaxation이 일어나게 하여 잔류응력을 감소시키기 위해 코팅 시 인가 bias 전압을 증가시킴으로써 해결 가능하다. 따라서 본 연구에서는 서로 다른 bias 전압을 인가하며 마이크로 비트에 일정한 두께의 ta-C 코팅층을 형성하여 밀착력 변화를 비교하였다. 코팅된 박막은 SEM, nanoindentor, scratch test를 통해 두께와 경도, 밀착력을 확인하였다. 그 결과, 두께가 증가하면서 경도가 증가하는 것을 확인하였으며, bias 전압이 높을수록 경도가 증가하는 것을 확인하였다. 이에 따라 본 연구에서는 높은 경도를 가지는 코팅층이 드릴 비트의 수명 향상에 기여하는지 확인하고자 한다. 수차례 사용된 드릴 비트의 표면을 SEM을 이용해 분석하고, 마모도를 측정하여 사용 전후의 변화를 관찰하고자 한다.

P2-G6-6 Comparison of Plasma Resistance Between Coating and Bulk of $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ Glasses

$CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 계 유리의 벌크체와 코팅체의 내플라즈마 특성 비교

나혜인[1*], 박제원[1], 최성철[2], 김형준[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교*

In the display and semiconductor manufacturing process, particles, which occur during the dry etching process, cause defects from ceramic parts. Previous studies suggested that plasma resistant glasses, Y_2O_3- or $RO-Al_2O_3-SiO_2$ (R, Alkaline earth), may be applied the coating for reducing particle of ceramic parts in etching process.

$CaO-Al_2O_3-SiO_2$ glass was selected to coat ceramic part with spray method. We controlled spray conditions, which are spraying distance, time, and substrate temperature, to obtain a uniform coating. Surface roughness, thickness and microstructures were estimated according to glass frit compositions, coating and sintering conditions. Also, the plasma resistance of samples was examined by analyzing etching rate and their surface morphologies after they were exposed to $CF_4/O_2/Ar$ plasma gases.

The etching rate of coated samples was faster than bulk glass, by 3~10 times. The surface roughness of the coating specimen is higher than the glass bulk. It thought that the surface roughness increases because high half sphere temperature and crystallization of glass increased the surface roughness of coat. As a result, surface roughness and uniformity affect plasma corrosion resistance when CAS glass systems was applied to coat to ceramics substrate.

P2-G6-7 Optical Properties Evaluation of Fluorophosphate Glasses for Fiber Laser System

광섬유레이저용 불소인산염 유리의 광학적특성 평가

김규범[1*], 박찬휘[1], 최주현[2], 신동욱[1]. *[1]한양대학교, [2]한국광기술원*

기존 LIDAR 광원으로 1064 nm Nd:YAG 레이저 및 레이저 다이오드가 사용되어 왔으나, 이는 시각장애, 고가의 장비가격과 운영비가 소요되며 부피가 크다는 단점들을 가지고 있다. 이러한 문제로 인하여 최근 경량이면서 시각에 영향을 미치지 않는 장파장 대역의 1550 nm 광섬유레이저 광원에 대한 연구가 진행중에 있다. 광섬유레이저는 다른 레이저 광원들과는 달리 레이저가 발진되고 도파되는 영역이 도파로 구조로 형성이 되어, 레이저를 소형, 경량화 하는데 적합하다.

적외선 영역의 1550 nm 발진 파장을 안정적으로 획득하기 위하여 유리 모재로는 불소인산염 유리를 선정하였다. 광섬유레이저 제조를 위한 불소인산염 유리의 최적화된 조성 탐색을 위하여 $Al(PO_3)_3$를 기반으로 ErF_3을 주요 형광체로 도핑한 불소인산염계 유리를 제작하였다. 각 유리 시편들은 굴절률측정 및 열분석, 분광분석을 통해 각 유리샘플들의 조성변화에 의한 구조변화 및 광학적 특성의 연관성을 탐색하였다. 결과적으로 광섬유제조를 위해 유리의 굴절률을 matching 시키는 조건의 탐색에 성공하였다.

Acknowledgement

This Dual Use Technology Program was supported by Defense Acquisition Program Administration and the Ministry of Trade, Industry and Energy (14-CM-MP-01), South Korea.

P2-G6-8 Selective Metallization on the Glass + $CuAlO_2$ Ceramic Surfaces With Laser Direct Structure Technology

Laser Direct Structure (LDS) 기술을 이용한 Glass + $CuAlO_2$의 복합 세라믹 표면의 선택적 금속화

이태호*, 유명재. *전자부품연구원*

In this work, simple process is presented for the fabrication of precisely metallized patterns on ceramic substrate based on a Glass + $CuAlO_2$ composite using laser direct structuring (LDS) technology. The Glass + $CuAlO_2$ composites were synthesized under various process conditions, and their microstructural, dielectric properties were systematically investigated. The Glass + 30 wt% $CuAlO_2$ composite sintered at 800°C for 1h was measured to have a high relative density of 98% and good dielectric property of 4.7. This composite was successfully fabricated well-defined copper metal patterns on ceramic surface with electroless plating after laser irradiation. Two important elements during the LDS technical process are morphology of the ceramic surface and Cu^+, Cu^{2+} in the Glass composite of $CuAlO_2$ is reduced to Cu^0 after laser irradiation. In the study, we confirmed a simple and fast way to fabricate copper metal

patterns on glass-based low dielectric constant ceramic substrates based on the Glass + $CuAlO_2$ composite through LDS technology.

P2-G6-9 Bending Loss Characteristics According to Refractive Index Profile in the Cladding of Silica Glass Optical Fibers

실리카 유리광섬유의 클래딩 굴절률 분포에 따른 벤딩손실 특성

김윤현[1*], 정윤석[2], 김준형[2]. *[1] 한국광기술원, [2] 지오씨(주)*

최근 데이터 통신량의 증가로 점차 광섬유를 건물 내에 설치해야 하는 FTTH (Fiber to the home) 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 따라 기존 일반 통신용 광섬유(G.652급) 대신 벤딩손실 특성이 우수한 광섬유(G.657급)을 적용한 광케이블에 대한 수요가 증가할 것으로 보인다. G.657 계열의 광섬유와 G.652 계열의 광섬유의 가장 큰 차이점은 벤딩손실 특성과 관련된 부분으로써, G.652 광섬유는 단순한 Step index 구조를 갖는 반면에 G.657 광섬유는 클래딩 영역에 환 형태로 Depressed inner cladding (DIC) 구조를 추가로 갖는다. 본 논문에서는 Step index 코어를 갖는 실리카 유리광섬유에서 DIC 구조에 따른 벤딩손실 특성에 대하여 살펴보고자 한다. 개선된 화학기상 증착(Modified Chemical Vapor Deposition, MCVD) 공정과 광섬유 인출 공정을 이용하여 다른 DIC 구조를 갖는 광섬유들을 제작하여 벤딩손실 특성을 측정하였다. 이에 따르면, 광섬유 클래딩 영역(DIC 영역)의 굴절률이 낮을수록 광섬유의 벤딩손실이 감소하는 경향을 보였다. 실리카 클래딩의 굴절률(n_{silica})에 대한 코어 굴절률(n_{co})의 굴절률차($\Delta n_{co}=n_{co}-n_{silica}$)와 Depressed inner cladding의 굴절률(n_{DIC})의 굴절률차($\Delta n_{DIC}=n_{DIC}-n_{silica}$)가 각각 ~0.005 이고 ~ –0.006일 때, 해당 광섬유를 반경 5 mm로 1회 감으면 1550 nm 파장대역에서 벤딩손실이 약 0.01 dB 발생하는 것을 확인하였다.

P2-G6-10 Study on Crystallization and Fluorescence Characteristics of Nano-Size Crystalline CaF_2-Al_2O_3-SiO_2 Glass-Cermaics

나노 크기의 결정을 갖는 CaF_2-Al_2O_3-SiO_2 결정화 유리의 결정화 거동 및 형광 특성 연구

하태완*, 강승구. *경기대학교*

Fluoride glass has a crystallization mechanism different from that of glass in which silicate is predominantly contained. When crystallized, the silicate glass shows a composition in which the glass forming agent, such as SiO_2, appears as a crystalline phase, while in the fluoride glass, the glass forming agent acts as a flux. Further, the fluoride crystal appears as the main crystal phase. At this time, when rare earth ions are added, a fluorescent glass excellent in fluorescence properties can be obtained by fluoride crystals, which can be utilized in various optical materials. Therefore, in this study, the fluorescence properties and microstructure of CaF_2-Al_2O_3-SiO_2 glasses based on CaF_2, which is a typical glass composition, were studied. Phase separation was induced in the region rich in Ca^{2+} during the melt-cooling process during the glass manufacturing process and acted as driving force for crystal growth based on this phase separation. After that, based on the results of DTA, heat treatment condition was set and crystallization was carried out based on this, and the calcium difluoride phase was observed by XRD analysis. Thereafter, SEM images were used to observe the Binodal phase separation of the nano size in the untreated glass. Afterwards, Eu_2O_3 was added to investigate the PL characteristics with the addition of rare earth ions.

P2-G6-11 Physical Properties of Glass Fiber Manufactured by Slag Material

슬래그 원료를 사용해서 제조된 유리섬유의 물리적 특성

이지선[1,2*], 김진호[2], 김선욱[2], 전대우[2], 임태영[2], 이영진[2]. *[1] 인하대학교, [2] 한국세라믹기술원*

본 연구에서는, 재활용 원료인 망간슬래그, 제강 슬래그, 그리고 규석원료를 선택하여 유리섬유로 방사하여 섬유의 특성을 평가하였다. 먼저 마블 유리의 용융특성을 확인하기 위하여 원료를 백금도가니에 넣고 1550°C로 용융시킨 후 서냉하였다. 비정질 유리인지 확인하기 위해서 XRD를 측정하였고, 고온 점도 장비를 이용해서 섬유화 온도 1109°C~1166°C 확인하였다. 방사 속도 변화에 따른 섬유 직경 변화와 인장강도 변화를 알아보기 위해 50 rpm에서 300 rpm까지 속도 변화를 두고 방사를 진행하였고 직경의 변화를 관찰하였다. 제조된 방사 섬유의 특성은 광학 현미경 관찰, 인장강도 테스트 등으로 확인하였다.

P2-G6-12 Optical Properties of Rare-earth ions in $NaYF_4$ Nanocrystals (NCs)

$NaYF_4$ 나노결정 내 희토류 이온의 광학적 특성

전재남*, 박원지, 허종. *포항공과대학교*

청색 LED를 사용하여 백색광을 구현하는 디스플레이 분야에서는 청색광을 녹색 및 적색으로 변환하는 색변환소재에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. 본 연구에서는 포논에너지가 낮고, 희토류와 이온반경이 유사한 Y^{3+}를 함유하고 있는 $NaYF_4$ 나노 결정에 희토류이온을 첨가하여 색변환소재로의 활용가능성을 평가하고자 하였다. 첫 번째로 Ho^{3+} 이온을 도핑한 경우, Ho^{3+} 이온이 448 nm의 빛을 흡수한 후 가시광(485, 540, 645 nm) 영역의 빛을 방출하였으며, 반치폭은 30 nm 이하였다. Dy^{3+} 이온을 치환한 경우 ($NaYF_4$:Dy), 350 nm 영역의 파장을 흡수한 후 480 nm 및 570 nm 파장의 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 $NaYF_4$:Ho과 $NaYF_4$:Dy 나노결정을 Polystyrene polymer와 Toluene solvent에 섞어 광섬유 형태로 제조하여 photoluminescence를 측정하였다.

P2-G6-13 Sensing Characteristics of Gamma-ray Dosimeter Badge Based on Glass Optical Fiber

유리 광섬유 기반 배지형 감마선 선량계의 센서 특성

주성민[1*], 이주현[2], 김영웅[3], 이유승[1], 류용탁[1], 이석훈[1], 한원택[1]. *[1] 광주과학기술원, [2] (주) 엑사토, [3] 한국광기술원*

광섬유 기반의 방사선 선량계는 빠른 응답 특성, 높은 신뢰성, 우수한 화학적 내구성과 주변의 자기장 및 전기장 등의 영향을 받지 않는 등 많은 장점으로 원자력 산업, 의료 현장, 생명 공학 등의 연구 분야에서 방사선의 안정적인 활용을 위해 많이 연구되고 있다.

본 연구에서는 방사선 선량계의 활용성을 높이기 위해 Co/Fe가 첨가된 알루미노 실리케이트 유리 광섬유를 기반으로 소형의 방사선 선량계 배지(33 mm × 56 mm × 18 mm)를 개발하였다. 광섬유 센서부의 방사선 투과율 증대를 위해 스틸렌계 수지로 실장하고 광계측기와의 연결을 위해 SC 타입의 광커넥터를 사용하였다. 선량계의 센서 특성을 평가하기 위해 제작된 방사선 선량계를 공기 중에서와 1리터의 증류수가 담겨 있는 유리 비이커(Ø 130 mm × 145 mm) 속에 넣은 후 분당 108 mGy의 감마선을 1시간 동안 조사하면서 각각의 광흡수 특성을 측정하였다. 650 nm 파장의 SLED를 광원으로 광스펙트럼 분석기를 이용하여 측정한 결과, 두 가지 경우 모두 감

마선 선량에 따라 광흡수는 선형적으로 증가하였다. 1시간 동안의 감마선 총 노출 선량 6.48 Gy에서 선량계의 광흡수는 공기와 증류수에서 각각 3.35 dB와 2.03 dB이었고, 센서의 민감도 [ΔRIA/ΔDose)]는 각각 0.52 dB/Gy와 0.31 dB/Gy였다. 공기에서보다 약 1.6배 정도 낮은 센서 민감도를 보인 증류수에서의 측정치는 조사된 감마선이 비이커 유리와 증류수를 통과하며 일부 흡수되었기 때문이다.

감사의 글
본 연구는 산업통상자원부 산하 한국산업단지공단 산업집적지경쟁력강화사업 (RGJ18014)의 지원을 받아 수행되었습니다.

P2-G6-14 Crystallization Mechanism and Photoluminescence Characteristic Analysis of Borate Glass Containing CaF_2

CaF_2를 함유한 붕산염 유리에 대한 결정화 메커니즘 및 광발광 특성 분석

우희수*, 강승구. *경기대학교*

In this study, photoluminescence properties of CaF_2-Al_2O_3-B_2O_3 crystallized glass ceramics system containing oxyfluoride were investigated. First, differential thermal analysis (DTA) was performed at 10°C/min to obtain the temperature at which crystallization proceeded. As a result of internal crystallization through heat treatment, a crystallized glass capable of transmitting light in a visible light wavelength band was obtained. The resulting crystalline phase was confirmed by X-ray diffraction (XRD). The microstructure was confirmed by scanning electron microscopy (SEM). The degree of luminescence was confirmed by using a PL/EL spectrometer. As a result, a bainodal phase separation was observed on the surface of the specimen without heat treatment and it was identified as a major crystal phase of calcium fluoride on the surface during the heat treatment. It was found that the luminescent efficiency of the rare earth ion depends on the heat treatment temperature time and the Wt% of rare earth ions. This shows that the CaF_2-Al_2O_3-B_2O_3 nanocrystalline glass system has excellent photoluminescence properties.

P2-G7-1 Translucency and Electrical Properties of $12CaO·7Al_2O_3$ Oxide Films Using a Sol-Gel Method

졸겔법을 이용한 $12CaO·7Al_2O_3$ 산화물 코팅막의 투광성 및 전기적 특성 연구

이삼행*, 박주석. *한국세라믹기술원*

$12CaO·7Al_2O_3$는 단위 격자 내에 12개의 cage를 가지는 난 다공성 구조로서 그 자체로는 절연체이지만 단위 결정 격자 내에 존재하는 2개의 산소이온을 다른 음이온으로 치환하는 방법으로 다양한 전기적 특성을 발현시킬 수 있다고 알려져 있다. 최근에 이러한 전기적인 특성을 이용하여 투명 전도막, 전계방출형 디스플레이의 광원, 열전 재료 등과 같은 분야에 응용되어 질 수 있는 신 재료로 기대되고 있다.

본 연구에서는 광투광성 C12A7 산화물 코팅막의 투광성 및 전기적 특성 연구를 위하여 $CaO–Al_2O_3$ sol을 코팅하고 다양한 조건하에서 열처리하여 C12A7 산화물을 합성하였으며 그 특성을 연구하였다.

P2-G7-2 Effect of Stabilizing Agents on the Corrosion Behavior of Zirconia by Mold Flux

소성민[1]*, 김경훈[1], 박주석[1], 김형순[2]. [1] *한국세라믹기술원*, [2] *인하대학교*

Stabilized cubic zirconia is particularly used for slag contact zone of submerged entry nozzles (SEN) for continuous casting because of its high corrosion resistance against various types of molten mold flux and good thermal shock resistance. The service life of the slag contact zone of SEM is influenced by corrosion of stabilized cubic zirconia therefore, we investigate the corrosion behavior of stabilized cubic zirconia by molten mold flux for submerged entry nozzles at 1,600°C under kinetic condition. After experiment, mold flux-zirconia interfaces were analyzed by FE-SEM/EDS, XRD, Raman spectroscopy to compare corrosion behavior depending on the type of stabilizing agents. Accordingly, the interaction of liquid mold flux with the zirconia was carried out with FactSage 7.0 thermodynamic software. It was determined that interaction of zirconia and mold flux precipitate a phase transformation of zirconia from tetragonal or cubic into monoclinic.

P2-G7-3 Improvement of Thermal Properties and Life-time of Tundish Permanent Castable by Applying Sol-gel Bond

Sol-gel bond 적용을 통한 턴디쉬 영구장용 Castable의 열간특성 및 수명 향상

최준원*, 하창기, 고진석, 김원갑. *한국내화*

당사 턴디쉬 영구장용 캐스타블은 수명 향상을 목적으로 시멘트 함량을 감소하는 추세에 있으며, CaO 함량 1.0% 이상, 2.5% 이하의 LCC (Low Cement Castable)와 0.2% 이상, 1.0% 이하의 ULCC (Ultra Low Cement Castbale)가 주로 사용되고 있지만, 타사 제품인 NCC (Non-cement castable) 대비 건조 Crack 발생 및 사용 수명이 열위한 실정이다. 기존의 시멘트 결합 대비 Sol-gel 결합은 Mullite 반응 촉진에 따른 내열충격성을 향상시키고, 나노크기의 Silica 입자가 중합반응을 일으키며 3차원 망목 구조를 형성해 빠른 수분 증발과 통기율이 향상되는 장점이 있다.

본 연구에서는 Silica sol를 결합제로 사용하여 기존에 시멘트 결합제의 주요 손상 요인인 사용 Crack 확장에 의한 열적 스폴링과 보수/코팅재 및 Slag와의 반응에 의한 구조적 스폴링을 개선하고 타사 대비 동등 수준의 수명을 달성하고자 한다. Silica sol의 경우 30% Grade를 사용 하였으며 잔존선변화율, 열간선변화율, 내스폴링성 등을 평가하였다. 열적 스폴링 시험의 경우 가열 50분, 수냉 5분, 공냉 5분을 1회로 총 20회 실시 하였으며, 구조적 스폴링 시험의 경우 시편위에 코팅재와 Slag를 도포 후 1,550°C 소성을 통해 침윤지수를 비교 하였다. 기존 시멘트 결합제 대비 내스폴링성과 내침윤성이 각각 약 30%, 40% 향상되어 실로에 적용 중이며, 건조 Crack 수가 감소된 것을 확인하였다.

P2-G7-4 Compressive Strength Enhancement of Lightweight Geopolymer Using IGCC Slag and Si Sludge

고강도 경량 지오폴리머

김민정*, 김유택. *경기대학교*

IGCC (Intergrated Gasification Combined Cycle) slag and Si sludge were used as raw materials to study on the way of recycling those waste materials and on making lightweight geopolymers having high compressive strength and low density. The factors affecting on the property of lightweight geopolymer were investigated as follows: the type of activators, the presence of the frame inside the specimen, the addition of ADP, the size control by sieving IGCC slag, and the specimen position in a large scale specimens. The size control of raw material showed a positive effect on the enhancement of compressive

strength of lightweight geopolymers by increasing geopolmyerization reaction, which means by reducing the particle size so that enhancing the reaction with alkaline activator. However, a substantial increase in compressive strength of lightweight geopolymer cannot be expected by the particle size separation processing. There are various specimens having various compressive strength and densities in a large 300 × 300 × 100 mm^3 specimen. The specimen having compressive strength of 8.1 MPa and a density of 7.44 g/cm^3 , which would be close to our target material to develop, was found in the middle of the large specimen. Therefore, it is speculated that the specimen having both low density and high compressive strength can be obtained by controlling size of raw material and developing the process for controlling pore size and distribution.

P2-G7-5 The Gelation Properties of Hydratable Alumina by Additives

첨가제에 따른 수경성 알루미나의 겔화 특성

이슬비*. *한국내화*

일반적으로 Castable 내화물에서 Calcium Aluminate Cement(이하, CAC)는 결합재로서 널리 사용되고 있다. 그러나 CAC를 사용함에 있어 가장 큰 문제점은 CaO 함량이다. CAC의 화학 성분 중 CaO로 인해 저융점상(Anorthite m.p 1553°C, Gehlenite m.p 1593°C)이 생성되며 내화물의 고온 강도 저하 및 최고 사용 온도를 낮추는 단점이 있다. 최근에는 CAC 함량을 줄인 LCC (Low cement castable), ULCC (Ultra low cement castable) 제품이 개발되고 있다.

나아가 CaO 성분이 없는 수경성 알루미나가 CAC의 대체재로 대두되고 있다. 수경성 알루미나는 수산화 알루미나를 1000°C 이하 온도에서 수초간 빠르게 열처리하여 제조하며, 비표면적이 200-300 m^2/g 인 ρ-Al_2O_3 형태의 알루미나이다. 다만, 겔화 시간을 조절하기 어렵고 빠른 겔화 시간으로 인해 탈수 문제가 발생하여, 이를 적용한 제품을 상용화하기 위해서는 지속적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 수경성 알루미나 3종의 기본적인 특징과 첨가제에 따른 겔화 거동을 관찰하였다. 그 결과 첫째, 수경성 알루미나의 유동성은 평균 입자 크기 보다 BET비표면적과 관계가 있음을 확인하였다. 둘째, 구연산 계열 첨가제의 경우 초기에는 급격한 겔화 촉진을 보이며 시간에 따라 겔화를 지연시키는 불안정한 효과를 확인하였다. Boron계열 첨가제의 지연효과는 Boric acid < Boric oxide < Borax TG 순이었으며, 본 연구 결과를 활용하여 상황에 따라 적합한 첨가제를 선택할 수 있다.

P2-G7-6 An Experimental Study on The Workability and Healing Properties of Mortar in The Self-healing of Organic and Inorganic According to Addition Ratio of Accelerator Content

유무기 하이브리드 자기치유의 촉진제 함량에 따른 모르타르의 작업성 및 치유 특성에 관한 실험적 연구

김진응*, 황지순, 민관홍. *(주)인트켐*

최근 건설 기술의 기존 구조물일 경우 지속적인 보수 및 유지 관리를 통해 노후화 방지 및 내구 수명 증대의 확보를 도모하고 있고, 신설 구조물에서는 내구성 설계를 적용하여 구조물의 성능 저하 인자를 줄이기 위해 노력을 기울이고 있는 실정이다. 현재 균열 발생 저감 기술 또는 발생한 균열을 스스로 치유하는 공학적 자기 치유 기술에 관한 연구를 중심으로 이루어지고 있다. 하지만, 자기치유 성능평가에 대한 연구는 미흡하며 다양한 자기 치유 재료를 평가하기엔 재료별 특성의 영향에 대한 분석이 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서 유무기 하이브리드 자기치유의 촉진제의 함량을 0~30% 변화시켜 작업성과 치유특성을 확인하였다. 그 결과, 촉진제의 함량이 증가할수록 작업성은 감소하였고 함량이 감소할수록 작업성은 증가하였다. 그리고 치유특성에서는 촉진제의 함량이 증가할수록 치유율이 높았고, 함량이 감소할수록 치유율은 낮은 것으로 확인되었다. 본 연구 결과, 촉진제 비율이 20%일 때, 작업성 및 치유특성이 우수하게 발현되는 것을 확인하였다. 재령 14일과 28일에서 치유율이 각각 70%, 86%가 되는 것을 확인하였다.

P2-G7-7 Optimization of Process for Building Construction via Material Extrusion Additive Manufacturing

적층제조기술을 이용한 건축구조물 제조최적화 공정도출

박진수*, 최한신. *한국생산기술연구원*

적층제조(Additive Manufacturing)기술의 발전으로 건축산업에도 적용됨에 따라, AM기술의 특성인 높은 디자인 자유도를 기반으로 심미적, 구조적 효과가 좋은 건축물의 형태를 구현하기에 용이한 환경이 구축되고 있다. 하지만, 건축물 AM과정에 소재로 사용되는 모르타르의 유변학 특성이 외부조건과 공정변수에 의해 민감하게 변화하기 때문에 이를 제어하기 위한 상호인자의 연계성을 확인하는 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 건축용 AM기술을 위해 제작된 적층제조시스템(AM system)으로 공정 중 발생하는 다양한 현상을 예측,관찰하기 위해 모르타르 압출용(extruder) 스크류 회전속도를 고정변수로 하여 4가지 서로 다른 이송속도변수를 통해 최적의 공정조건를 도출하고, 제조된 구조물의 계측과 형상분석을 통해, 비드간의 접합성(bondability) 및 Z-axis buildability 영향을 확인하였다.

P2-G7-8 Fabrication and Property Evaluation of Binderless SiC-60 vol.% Carbon Fiber Ceramic Carbide Materials by Spark Plasma Sintering Process

방전플라즈마소결 적용 binderless SiC-60 vol.% Carbon fiber 카바이드 복합소재의 제조 및 특성평가

장준호[1*], 이정한[1], 오익현[1], 김주훈[1], 임재원[2], 박현국[1]. *[1]한국생산기술연구원, [2]전북대학교*

SiC-60 vol.% Cf composites targets were fabricated using the pulsed current activated sintering (PCAS) process without sintering agent. SiC (silicon carbide) and Cf (Carbon fiber) raw powders were synthesized uniformly by the horizontal ball milled. For fabricating the SiC/Cf composites compacts in a short time, the optimized sintering condition were obtained by controlling process parameters such as temperature, pressure, heating rate and pulse ratio (on/off). SiC/Cf composites target materials after PCASed using the ball-milled powder were 50 mm in diameter and 5 mm in height. A relative density of SiC/Cf composites compacts represented 97% under the uniaxial pressure 60 MPa with a sintering temperature of 1800°C. The microstructures of SiC/Cf compacts was investigated to focusing on the distribution of carbon fiber and their behavior of occurring in interface toward SiC. The mechanical properties of SiC/Cf composites target materials were exhibited in hardness (2141±50 kg/mm^2), flexural strength (66.2±0.9 MPa), flexural strain (3.1±0.5%) and fracture toughness (MPa·$m^{1/2}$).

P2-G7-9 Fabrication of WC-"X" Hard Materials ("X"=Co, Fe, Ni) Prepared by PCAS Method for Cutting Tool Application and Theirs Mechanical Properties

PCAS 공정 적용 WC-"X "("X "= Co, Fe, Ni) 초경 소재의 제조 및 기계적 성질

이정한*, 박현국, 장준호, 오익현. *한국생산기술연구원*

In the cutting tool industry, in the state-of-the-art industry where the ripple effect is large, these degrees of development are located on a scale that can measure the degree of development of national industry. These materials are widely used in cutting tools WC (tungsten carbide). And it has high melting point (3422°C) and high hardness advantage, but it is classified as low toughness and difficult to sinter. In order to improve sinterability, Co, Fe, Ni, etc. are added as a sintering binder. Although the typical WC alloy tool material processes various Machinable materials, it can"t guarantee the tool life in the processing of material having high strength, high toughness and high heat resistance accompanying rapid industrial development. Therefore, in order to solve these problems, a PCAS process was applied to produce a cutting tool with a high density of 99.5% or more by adding a small amount (0 ~ 15 wt.%) Of Co, Fe, Ni, etc. to the WC material. In addition, the microstructural properties between the binder and the WC and the mechanical properties due to the refinement were analyzed.

P2-G7-10 Effects of Crosslinking Ddensity in Photopolymer on Mechanical Properties of Cramic Core

광경화성 모너머의 가교밀도가 세라믹 코어의 기계적 특성에 미치는 영향

이혜주*, 최현희, 박혜영, 김봉구, 조근호, 김은희, 정연길. *창원대학교*

항공기 엔진, 발전용 가스터빈 등의 복잡형상 부품, 특히 고온부품 내부에 유로를 형성시키기 위해서는 세라믹 코어가 필수적으로 적용되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 세라믹 코어를 제작할 때 기존공정에서 사용된 유기 바인더(레진계 바인더) 대신 광경화성 모너머를 사용하여 세라믹 코어의 제작 시간을 줄이고 성형강도를 증가시키고자 하였으며, 사용된 광경화성 모너머의 작용기(acrylate) 수에 따른 세라믹 코어의 기계적 특성을 비교·고찰하였다. 또한 고온 특성(소성강도)을 확보하기 위하여 무기 바인더가 코팅된 실리카 분말을 사용하였다. 코팅된 실리카 분말에 관능기 수가 다른 광경화성 폴리머(Isobrnyl acrylate (IBOA), pentaerythritol triacrylate (PETA))를 소량의 개시제(1-hydroxy cyclohexyl phenyl ketone (HCPK))와 함께 혼합시켜 압축방법으로 시험편을 제작하였으며, 광중합 반응을 위해 365 nm 파장대의 자외선을 일정시간 조사하였다. 세라믹 코어의 성형강도는 광경화성 폴리머의 작용기 수에 직접적 영향을 받았으며(작용기 수 증가에 따른 강도 향상), 출발분말에 코팅된 무기 바인더가 열처리 후의 소성강도를 발현시킴을 확인하였다.

P2-G7-11 Oxidation Behaviors of Pack Cementation Coated Mo and Nb Metal

Pack cementation 코팅을 통한 Mo 및 Nb 합금의 산화 거동

양원철*, 황철, 김은경, 이종원, 박준식*. *한밭대학교*

현재 가스터빈에 사용되는 Ni 초내열합금은 ~1100°C의 사용온도에서 사용되며 그 이상의 온도에서는 높이면 γ' 석출물의 재고용으로 인해 강도를 유지할 수 없는 한계를 지니고 있다. 이를 대체하고자 refractory 원소를 이용한 초내열 재료에 대한 연구되고 있다. 대표적으로 융점이 약 2600°C인 Mo는 refractory 원소 중에서 많이 쓰인다. 하지만, 밀도가 10.28 g/cm^{3}으로 다른 refractory 금속에 비해 높아 Mo의 함량을 높여 사용하기에는한계가 있다. 또한 refractory 금속의 산화특성에 의한 열악한 산화 저항성의 향상에 대한 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 Mo보다 융점이 약간 낮은 Nb과 Mo의 조성을 5가지로 나누어 최적화된 조성을 찾고 Si pack cementation 코팅을 하여 1200°C에서 정적 산화테스트를 진행하였다. 또한, 각 조성에 대한 무게변화, 미세조직 및 산화거동을 비교하였다. Si pack cementation 코팅한 결과, 공통적으로 합금의 표면에 Silicide 코팅층을 형성하였다. 산화테스트 후 Silicide 코팅층의 Si에 의해 표면에 SiO_2 세라믹 보호층을 형성하였다. 세라믹 보호층의 형성으로 추가적인 산소의 침입을 방지하여 합금의 내산화성을 향상시켰다. 각 조성의 합금과 pack cementation 코팅된 합금의 미세조직과 산화 거동을 SEM (Scanning Electron Microscope), EDS (Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy)와 XRD (X-ray diffraction) 분석을 통해 논의하였다.

P2-G7-12 A Study of The Microstructure and Oxidation Behavior of High Temperature Resistant Alloy for Nuclear Fuel Cladding Application

핵연료 피복관용 고온내산화 합금의 고온산화후 미세구조 분석 및 산화거동 연구

박동준*, 정양일, 박정환, 이영호, 최병권, 김일현, 김현길. *한국원자력연구원*

현재 가압 경수로 핵연료로 사용되고 있는 지르코늄계 합금 피복관의 고온 내상화성을 획기적으로 증대시켜 원전 사고시에도 핵연료 안전을 담보할 수 있는 사고저항성 피복관 개발이 진행되고 있다. 기존 피복관 표면에 내산화 특성이 매우 우수한 표면 층을 형성 시켜 고온 사고 환경에서 피복관의 산화를 최대한 억제 시키고자 하였으며 이를 위하여 고온 내산화 특성을 가지는 FeCrAl, SiC, Cr 등의 다양한 후보소재를 기존 피복관 표면에 코팅하였다. 본 연구에서는 이들 내산화 소재들의 고온산화 특성을 살펴보기 위하여 고온 수증기 분위기 및 1200°C 조건에서 고온산화 시험을 수행하였으며 고온산화 후 생성된 코팅층 표면 산화막, 내부 미세구조, 코팅층 및 모재 계면의 미세구조 변화 등을 다양한 분석 장비를 이용하여 연구하였다. 고온산화 후에도 이들 코팅층의 산화 진행은 극히 미미하였으며 계면에서의 상호 확산은 제한된 영역에서만 발생하였다. 또한 생성된 최외층 산화막의 두께는 매우 얇았으며 후보소재 코팅층 내부에서의 눈에 띌만한 심각한 물성, 미세구조 변화 없이 우수한 고온산화 특성을 나타내는 것을 밝혀내었다.

P2-G10-1 The Thermoelectric Properties of Polycrystalline SnSe-SnTe Solid Solutions

다결정 SnSe-SnTe solid solution의 열전 특성

조준영[1]*, 진우찬[1], 박경희[1], 배성환[2], 박찬[1]. [1]*서울대학교*, [2]*경남대학교*

SnSe is considered as a promising thermoelectric (TE) material since Zhao et al. reported ultrahigh ZT value of ~2.6 at 923 K in single crystalline SnSe. However, becuase of the poor mechanical properties and the difficulty of fabricating single crystal, many studies for making and improving the properties of polycrystalline SnSe were carried out. The ZT values of polycrystalline SnSe are still lower than the single crystal SnSe mainly due to their relatively low electrical conductivity (σ) and high thermal conductivity (k). One potential way to optimize the thermoelectric performance of polycrystalline SnSe is solid solution. In solid solution system, electrical conductivity can be enhanced by optimizing carrier concentration through bandgap

engineering while thermal conductivity can be supressed by enhancing phonon scattering by atomic disorder and mass difference. In this study, SnSe-SnTe solid solutions were prepared by mechanical alloying and spark plasma sintering, and their thermoelectric transport properties were investigated. XRD analyses were used to identify the phases of the sintered samples, and the microstructure of each sample was observed by FE-SEM. The bandgap of each sample was determined from its UV absorption spectrum and compared with the DFT calculation results. The change of ZT will be discussed in terms of the carrier concentration and the band structure, and the effect of Te substitution on the thermoelectric transport properties will be presented.

P2-G10-2 Facile Wet Milling Process to Improve Microstructure of Nanoparticles-processed $Cu_2ZnSnSe_4$ Photo-absorption Layer
나노파티클 공정이 적용된 $Cu_2ZnSnSe_4$ 광흡수 층의 미세조직 향상을 위한 간단한 습식 밀링 공정
박보인[1*], 이장미[1], 오지훈[2], 이도권[1], 이승용[1]. [1] *한국과학기술연구원,* [2] *KAIST (한국과학기술원)*
Using Cu_2ZnSnS_4 (CZTS) nanocrystals (NCs) synthesized by an environmentally-friendly, simple mechanochemical synthetic method, a CZTS NCs ink has been prepared via a facile wet-milling process without adding any organic substances, e.g. binders or dispersants, other than ethanol solvent. However, the $Cu_2ZnSnSe_4$ (CZTSe) thin films prepared by post selenization of the doctor-blade-coated NCs precursor films on a Mo substrate were found to have a number of large pores on their surfaces. In order to enhance the photovoltaic (PV) performance of the NCs-derived CZTSe solar cells, it is thus required to improve the microstructural features of the absorber layers. To this end, in this work, we attempted to increase the density of the NCs precursor films by changing the wet-milling time of NCs inks in the range from 24 to 120 h. The CZTSe solar cells were then fabricated using different CZTS NCs inks prepared by wet milling for various durations. The as-coated CZTS precursor films were first annealed in a Se-containing atmosphere at 550°C for 10 min. The CZTSe solar cells wih 8% efficiency were fabricated using the annealed films with an architecture of Mo/CZTSe/CdS/ZnO/ ZnO:Al/ Ni/Al. The microstructural, crystallographic, compositional features of CZTSe films were investigated by SEM, XRD, Raman spectroscopy, and EDS. The PV properties of CZTSe solar cells were characterized by current density-voltage (*j-V*) and external quantum efficiency (EQE) measurements.

P2-G10-3 Effects of Nb-doping on Charge and Phonon Transport Properties of Half-Heusler $(Hf_{0.25}Zr_{0.25}Ti_{0.5})_{1-x}Nb_xNiSn$ Thermoelectrics
Half-Heusler $(Hf_{0.25}Zr_{0.25}Ti_{0.5})_{1-x}Nb_xNiSn$ 열전 재료의 전하 및 포논 수송 특성에 미치는 Nb- 도핑 효과
Nguyen Van Du[1*], Jamil[1], 서원선[1], 김명호[2], 이순일[2], 신원호[1]. [1] *한국세라믹기술원,* [2] *창원대학교*
In this report, we investigated the effects of niobium (Nb) doping on thermoelectric properties of *n*-type half-Heusler $(Hf_{0.25}Zr_{0.25}Ti_{0.5})_{1-x}Nb_xNiSn$ ($x = 0 - 0.025$) system instead of conventional optimization of the carrier concentration by Sb doping at Sn sites. The samples were prepared by arc-melting method and followed by annealing, mechanical grinding and spark plasma sintering (SPS) process. Through annealing combined to fast solidification sintering process, the phase separation was obtained via X-ray diffraction analysis and that contributed to the thermal conductivity reduction. Measurements of the Seebeck coefficient, electrical and thermal conductivity of $(Hf_{0.25}Zr_{0.25}Ti_{0.5})_{1-x}Nb_xNiSn$ samples revealed simultaneous increase in the electrical conductivity and decrease in the Seebeck coefficient with increasing the Nb-doping amount. As a result, a maximum ZT of around 1 at 773 K is achieved for $(Hf_{0.25}Zr_{0.25}Ti_{0.5})_{0.99}Nb_{0.01}NiSn$, resulting from the enhancement of the power factor combined to low thermal conductivity. The negligible variation of the power factor after three cycles test with heating and cooling measurement process is an evidence for the high thermal stability of the half-Heusler compound.

P2-G10-4 Synergistic Modulation of Carrier and Thermal Properties in p-type $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ towards High Thermoelectric Performance
p 형 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$의 높은 열전 성능에 대한 캐리어 및 열적 특성 조정
Jamil[*], 윤정섭, 서원선, 신원호. *한국세라믹기술원*
We herein report an enhancement of the thermoelectric performance of p-type $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ alloys by Cu incorporation, combined with melt-spinning (MS) process. We found that by varying the Cu amount, we could modulate the peak temperature of maximum ZT value, where the maximum ZT temperature shifted systematically from room temperature to 450 K. Furthermore, the enhanced power factor and reduced thermal conductivity gives the higher ZT value than the pristine sample, where the average ZT value between room temperature and 530 K was 1.17 for 2% Cu-doped $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$, which is 46% higher than that of pristine $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$. The present work demonstrates the synergetic effect of Cu incorporation and MS process can be an effective method to tailor the charge carrier transport and phonon transport independently.

P2-G10-5 Temperature Dependent Themoelectric Properties of Cu_2Te Incorporated Bi-Sb-Te Thermoelectric Materials
Bi-Sb-Te 열전 재료로 제조 된 Cu_2Te의 온도 의존 열전 특성
송재민[1*], Jamil[1], 조중영[1], 서원선[1], 이순일[2], 노동규[1], 신원호[1]. [1] *한국세라믹기술원,* [2] *창원대학교*
We studied the thermoelectric properties of *p*-type Bi-Sb-Te alloy by incorporating chemically synthesized Cu_2Te nanoparticles. The Cu_2Te nanoparticles are synthesized by chemical reduction method, where the 20~30 nm size of Cu2Te nanoparticles could be obtained without any surfactant. By changing the amount of Cu_2Te nanoparticles, the maximum figure-of-merit (ZT) systematically shifted from room temperature to high temperature. Moreover, the average ZT value was greatly enhanced than the pristine Bi-Sb-Te sample by increasing carrier concentration and low lattice thermal conductivity. The present work suggests that chemically synthesized Cu_2Te nanoparticles incorporation in bismuth telluride based materials could be an effective strategy to modulate and enhance the ZT value of thermoelectric materials.

P2-G10-6 Synthesis of Nickel Aluminum Layered Double Hydroxides/silver Nanowire Composite for High Performance Super-

capacitor

고성능 슈퍼커패시터 적용을 위한 니켈 알루미늄 층상이중수산화물/실버 나노와이어 전극 재료의 합성

이뢰[1*], 김광호[2], 윤제문[1]. *[1]하이브리드 인터페이스기반 미래소재연구단, [2]부산대학교*

The development trend in next-generation energy storage systems will be combined with high-performance and safety. Among energy storage devices, supercapacitors (SC) have attracted great interest as alternative energy storage device due to their advantages of high power density, superior cycle life, quick charge-discharge, and high reliability. Therefore, in this work, a novel architecture core-shell electrode material composed of silver nanowire (Ag NW)@nickel aluminum layered double hydroxide (NiAl LDH; herein AL) is successfully fabricated and applied as a composite electrode material for high-performance SC. The AL architecture offers the following intriguing features: (1) 1D Ag NW offers excellent electrical conductivity to facilitate the transport of electron; (2) ultrathin porous NiAl-LDH nanosheet surfaces grown along 1D Ag NW provide the effective electrolyte diffusion and prevent the aggregation of NiAl LDH nanosheets. Moreover, the AL electrode displays a remarkable specific capacitance of 1542.2 F/g at a current density of 1 A/g and records a favorable cycling stability of 91.5% capacitance retention after 3000 cycles at 5 A/g. Hence, this promising composite material can be applied in more energy storage devices.

P2-G10-7 Study of Growth Temperature Dependence of Gallium Oxide Grown by Mist Chemical Vapor Deposition

미스트 화학기상장치로 성장한 산화갈륨 박막의 성장온도 의존성 연구

김경호[1*], 권용진[1], 이희수[2], 정성민[1], 배시영[1]. *[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교*

산화갈륨은 최근 차세대 전력반도체 및 광전자소자 응용에 있어 세계적으로 각광 받는 소재이다. 산화갈륨의 물성은 넓은 밴드갭(β-phase의 경우 약 4.9 eV)과 높은 항복전계(약 8 MV/cm)를 가진다. 산화갈륨은 다양한 구조를 가지며 그중 β-phase가 가장 안정하다. corundum 구조인 α-phase는 온도가 증가하면 β-phase로 상변화 하는 준안정 phase이나 가장 큰 밴드갭(약 5.3 eV)을 장점이 있다.

이 연구에서는 성장온도에 따른 산화갈륨 박막의 특성을 연구하였다. 이를 위해 박막성장방법은 미스트 화학기상장치(mist CVD)를 사용하였다. mist CVD는 간단한 무진공 구조의 산화물 성장 시스템으로써 에피 박막 균일도만 확보 되면 저가로 양산에 적용될 수 있는 특징을 가진다. Mist CVD의 기본 공정은 Gallium acetylacetonate 기반 용액을 만들고 고온의 반응로로 흘려보내는 방식이다. 성장온도는 400~500°C, 성장시간은 1시간 동안 진행하였다. 성장시킨 박막은 F20-UV thin-film analyzer를 사용하여 두께를 측정하였다. 그리고 산화갈륨의 상특성을 확인하기 위하여 XRD $2\theta/\theta$ 스캔을 하였다. 또한, 박막의 투과율을 측정하여, 광학적 밴드갭을 확인하였다.

P2-G10-8 Flexible and Transparent Energy Harvester based on Piezoelectric Polymer Thin Film

투명하고 플렉서블한 압전 폴리머 박막 기반의 에너지 생성 소자

현동열[1*], 정창규[2], 박귀일[1]. *[1]경북대학교, [2]전북대학교*

Energy harvesters which can convert electrical energy from vibrational and 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 develop 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 140°C for crystallization. For formation of transparent top electrode, the silver (Ag) nanowires dispersed solution was spin-casted onto piezoelectric polyerm layers and dried in vacuum oven. Finally, the energy device was passivated by PMMA polymer and connected with copper (Cu) wires. We chracterized 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.

P2-G10-9 Vertically Grown $BaTiO_3$ Nanotube Arrays for Piezoelectric Energy Harvester

수직 성장된 $BaTiO_3$ 나노튜브 어레이 기반의 압전 에너지 하베스팅 소자

현동열*, 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-G10-10 Fabrication and Properties of Lithium Ion Conducting Organic/inorganic Hybrid Solid Electrolytes

리튬이온전도성 유/무기 복합 고체전해질의 제조 및 특성평가

김강산인*,이경진,황해진. *인하대학교*

이차전지 산업에서 리튬이온전지는 고가이지만 경량에 고에너지 밀도를 보유한 전원이란 장점을 가지고 있어 주목을 받고 있으며, 그 수요가 점차 증가하고 있다. 그러나 리튬이온전지에서 사용하는

액체 전해질의 누액 또는 기화로 인해 발생되는 폭발 및 화재 때문에 최근에 와서는 안전성이 향상된 차세대 리튬이온전지의 개발에 대하여 많은 관심이 집중되고 있다. 한편, 리튬이온전지의 안전성을 확보하기 위한 여러가지 수단 중에서 고체전해질을 사용하는 전고체전지(all-solid-state battery)가 많은 주목을 받고 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 있는 실정이다. 따라서 고체전해질이 차세대 전고체전지에 적용되기 위해서는 전해질의 치밀한 구조, 형상 및 두께 등의 제어가 필수적으로 요구된다.

본 연구에서는 고분자전해질을 무기계(세라믹) 고체전해질과 복합화함으로써 고분자전해질의 이온전도도를 향상시키고자 하였다. 우선 Garnet 구조의 고체 전해질인 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (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 복합화 함으로써 고체전해질 계면의 안정성을 향상시켰고 내구성, 이온 전도도 등의 성능 또한 향상시켰다.

P2-G10-11 Effect of Magnetic Tip-mass on Resonance Frequency and Magnetoelectric Performance of Magnetoelectric Laminate Device with 15-mode Piezoelectric Composite

자성 tip–mass가 15-모드 압전 복합체로 구성되는 자기전기 적층소자의 공진주파수 및 자기전기 성능에 미치는 영향 연구

이용우*, 곽도우, 조경훈. *금오공과대학교*

자기전기 소자는 자기장을 전기장으로 혹은 전기장을 자기장으로 변환시키는 소자로서 센서, 액츄에이터, 메모리, 고주파 소자 및 에너지 하베스팅 등 다양한 응용 분야가 제안되고 있다. 최근 발표된 15-모드 압전 복합체의 제조 및 자기전기 소자 적용에 대한 연구에서는 높은 압전성능을 나타내는 15-모드 압전 복합체의 적용으로 휨 공진모드를 유도하여 우수한 자기전기 성능을 보고하였다. 본 연구에서는 15-모드 압전 복합체로 구성되는 자왜/압전 적층 복합체 소자에 자성 tip–mass 적용 시 자기전기 성능에 미치는 영향에 대해 보고한다. Tip–mass 자성 방향 제어에 따라 바이어스 자계 세기에 따른 자기전기 성능 곡선의 형태가 변화하였으며 self-bias 자기전기 효과가 발생하였다. Tip–mass 적용에 따른 소자 공진주파수와 자기전기 성능의 변화를 분석하여 저주파 대역에서도 높은 성능을 유지할 수 있는 소자 설계 조건을 논의한다.

P2-G10-12 Room Temperature Tunable Self-biased Magnetoelectric Effect in Metglas/PZT/Ni Laminate Composites

Deka Bipul[1*], 이용우[1], 안철우[2], 한병동[2], 최종진[2], 조경훈[1]. *[1]금오공과대학교, [2]재료연구소*

Magnetoelectric (ME) composites exhibiting ME coupling without dc bias magnetic field (H_{bias}) have profound impacts on the miniaturization of magnetoelectric multiferroics-based devices. Here, we report a simple method to generate self-biased ME (SME) effect in a laminate composite by attaching a pair of bar magnets as tip masses to its magnetostrictive layers. Using this approach, we show the tunability of SME coupling coefficient ($\alpha_{H=0}$) in center clamped Metglas/Pb(Zr,Ti)O_3/Metglas and Metglas/Pb(Zr,Ti)O_3/Ni laminate composites at room temperature with maximum $\alpha_{H=0}$ = 58 V/cm Oe measured at resonance frequency. The detail mechanism of the SME effect will be explained by considering the magnetic field of the bar magnets attached to the laminates and the associated magnetization redistribution of the magnetostrictive layers.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government [NRF-2016R1D1A1B03935024], [NRF-2018R1A6A1A03025761] and Fundamental Research Program of the Korean Institute of Materials Science (KIMS).

P2-G10-13 Nano-structuring of $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ Toward High Thermoelectric Performance

나노구조화를 통한 $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ 열전 소재의 높은 열전 성능

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 low thermal conductivity concurrently to realize high thermoelectric performance. However, the coupling with electrical and thermal conductivity renders the enhancement of thermoelectric performance difficult. Nano-structuring has been a major strategy to improve the thermoelectric performance because the phonon scattering at nano-grain boundaries effectively reduces the thermal conductivity without big loss of electronic carrier.

We propose a 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 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 and a hot-extrusion. The ZnO-coated $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ 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 the nano-structuring of the $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ with ALD contributes to enhance thermoelectric performance of Bi_2Te_3-related materials.

P2-G10-14 Precision Interface Engineering of an Atomic Layer in Bulk $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$ Alloys for High Thermoelectric Performance

계면 엔지니어링을 이용한 고성능 $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$ 열전 재료

김광천*, 임상순, 김성근, 구종민, 김진상. *한국과학기술연구원*

Grafting nanotechnology on thermoelectric materials leads to significant advances in their performance. Creation of structural defects including nano-inclusion and interfaces via nano-structuring achieves higher thermoelectric efficiencies. However, it is still challenging to synthesise the nanostructure optimally and reproducibly via conventional fabrication techniques. In this study, we present a versatile strategy to create numerous interfaces in a thermoelectric material via an atomic-layer-deposition (ALD) technique. The incorporation of ALD-grown ZnO into the $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$ matrix blocks phonon propagation and also provides tunability in electronic carrier density via impurity doping at the heterogeneous grain boundaries.

The exquisite control in the ALD cycles provides a high thermoelectric performance of zT = 1.50±0.15 (at 330–360 K).

P2-G10-15 Development and Optimization of Anode Material for SOFC based on Exsolved Nano Catalyst with Controlled Ni Ion Diffusion

Ni 이온 확산제어를 통한 용출 기반 연료극 최적화 및 SOFC 적용 평가

정현권*, 노종혁, 이은서, 명재하. *인천대학교*

상용 물질 기반의 고체산화물 연료전지(SOFC)는 금속-산화물을 혼합한 연료극을 사용하고 있으며, 전기화학적 반응면적을 넓히기 위하여 함침법, sol-gel법, deposition 등을 적용하여 나노 구조화를 통한 성능개선을 시도하였다. 하지만, 기존의 방식으로 제작된 전극 소재는 SOFC 고온 작동환경(700-900°C)에서 금속-세라믹 이종간의 낮은 결합력에 의한 응집에 의한 열화가 발생되고 있다. 최근 주요 연구에 따르면, 페롭스카이트 산화물에서 특정한 전이금속을 도핑하고, 화학량론을 제어하여 나노 금속 촉매를 표면에 용출시키는 연료극 개발이 큰 관심을 받고 있다. 이 용출기반 소재들은 고온 응집현상과 탄소 피독 현상에 강한 저항성을 보이고 있으나, 아직까지는 Cermet 구조의 상용 SOFC에 비해 낮은 성능을 보이고 있다. 본 발표에서는 기존의 Bulk 및 Surface 간의 결정/화학 구조의 차이에 의한 용출의 차이를 최소화하기 위해, 전이금속의 표면 확산을 제어하여 용출 입자의 크기 및 수를 극대화하는 연구를 진행하였다. 전이금속 산화물(NiO)과 기존의 이온전도체인 YSZ를 대체하는 용출형 나노 금속 촉매($La_{0.43}Ca_{0.37}Ni_{0.06}Ti_{0.94}O_{3-\delta}$)를 혼합하여 단위전지를 제작하였다. 전해질 지지체로 제작된 단위전지는 3전극 실험으로 연료극의 용출 입자 형성 정도에 따른 연료극 저항을 측정하여 NiO-LCNT 조건을 최적화하는 연구를 진행하였다.

P2-G10-16 Remarkable Rate Capability and Cycling Stability of Li-Sulfur Battery with Tin Sulfide Modified Separator

주석황화물로 개조된 분리막을 이용한 리튬-황 전지의 우수한 율속 특성 및 수명 안정성

Brindha Moorthy*, 권순호, 김주형, P. Ragupathy, 이혁모, 김도경. *KAIST (한국과학기술원)*

Lithium sulfur batteries (Li-S) are considered the most promising systems for next generation energy storage devices due to their high theoretical energy density and relatively low-cost. However, the practical applications of Li-S batteries are hindered due to poor electronic conductivity of sulfur, and capacity degradation resulting from the shuttle effect of lithium polysulfide (LiPSs). Herein, we demonstrate tin sulfide (SnS_2) modified separator which provide effective polysulfide adsorption in Li-S. The Li-S batteries with SnS_2 treated separator exhibited an enhanced specific capacity of 1300 mAh g^{-1} at 0.2 C (corresponding to a high aerial capacity of 4.03 mAh cm^{-2}) , and after 150 cycles maintained 1040 mAh g^{-1}. Furthermore, an excellent rate capability with a capacity of 700 mAh g^{-1} (2.17 mAh cm^{-2}) at 5 C is acheived. The capacity retention of the SnS_2 modified separator and the pristine separator are 75% and 44%, respectively, at 0.2 C. Additionally, the modified separator exhbited excellent cycling performance after 500 cycles at 2C with a low capacity decay rate of 0.0710% per cycle. The excellent performance of sulfur electrode is mainly attributed to the incorporation of SnS_2 nanoparticles in the separator, which provide an effective polysulfide adsorbent during cycling, and enhance electron transport.

P2-G10-17 Enhanced Thermoelectric Properties in Skutterudite through Carbon-based Nanomaterials

탄소 기반 나노 물질을 통한 Skutterudite의 향상된 열전 특성

탁장렬[1]*, 임창현[2], 조중영[3], 남우현[3], 서원선[3], 조형균[1], 신원호[3]. *[1] 성균관대학교, [2] 연세대학교, [3] 한국세라믹기술원*

Thermoelectric technology enables direct energy conversion between heat and electricity in a solid-state material. Various thermoelectric materials have suggested by the target temperature range, and Skutterudite materials are considered to be one of the best materials for waste heat recovery specifically at mid-high temperature range. Many researchers have focused on the Skutterudite composition and filler, however, phonon can be scattered greatly by the grain-boundary engineering. Herein, we report a promising technique to boost the thermoelectric properties of Skutterudite based thermoelectric materials by incorporating carbon nano materials (MWCNTs and graphene) with Skutterudite. Carbon nano materials composite show low lattice thermal conductivity compared with the pristine Skutterudite materials. This study suggests that the carbon nano materials could intensify the grain boundary scattering.

P2-G10-18 An Efficient Electrocatalysts of Mn_3O_4 Supported on Carbon Papers for Nonaqueous Li-O_2 Batteries

비수계 Li-O_2 배터리 탄소전극에 담지된 Mn_3O_4의 효율적인 전기촉매

김주형*, 강인한, 조영권, 홍기창, 강정원. *목포대학교*

High charging overpotential (low energy efficiency) is one of the most important challenges preventing the use of current nonaqueous Li-O_2 batteries. This study demonstrates 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 overpotential reduction of ~8% charge/discharge during 40 cycles in a rechargeable nonaqueous Li-O_2 cell. Here, we suggested the possibility that only a small amount of the oxide species (< 5%) could show catalytic effects during charge in a rechargeable Li-O_2 cell.

P2-G10-19 Synthesis of Anode ZnO@MWCNT Catalyst Support for Direct Urine Fuel Cell

직접 요소수 연료전지용 연료극 촉매지지체 ZnO@MWCNT 합성

이운호*, 이유나, 김인예, 김대윤, 차유림, 윤영수. *가천대학교*

요소수를 이용한 연료전지의 경우 높은 에너지 밀도와 비백금계 촉매를 이용하여 경제적인 특성을 가지고 있어 차세대 연료전지로 많은 연구가 진행 중이다. 실제 적용을 위하여 낮은 출력 밀도를 극복함과 동시에 요소수의 효과적인 분해를 위한 고효율 촉매 및 촉매지지체를 사용해야 한다. 본 연구에선 촉매의 촉매지지체 위에 ZnO 산화물 코팅으로 촉매를 고르게 분산 시키며, 연료의 분해효율 및 장시간 유지특성을 증가시켜 연료전지의 출력특성을 향상시키고자 한다. 이를 위해, 수열합성법을 이용하여 MWCNTs에 ZnO 산화물을 코팅하였으며, 전기화학특성과 안정성을 확인하기 위해 CV (Cyclic Voltammetry test)를 진행하였다. 얻어진 촉매의 균일함을 확인하기 위해 TEM (Transmission Electron Microscopy) 분석을 진행하였다. 또한, 합성된 촉매의 구조 및 성분을 입증하기 위해 XRD (X-ray Diffraction) 분석을 진행하였다. 산화물 코팅이 적용된 촉매지지체를 이용하여 MEA(Membrane Electrode Assembly) 제작 후, 출력 특성을 확인하기 위해 단위 셀 테스트를 진행하였다. 이에 따

라, 효과적인 촉매 분산 및 연료 분해로 향상된 출력과 장시간 유지 특성을 확인 할 수 있었다.

P2-G10-20 Synthesis of Anode Non-platinum Tri-metallic Catalyst for Hydrogen Sulfide in Bio-gas Fuel Cell

황화수소 가스가 포함 된 바이오 가스를 연료로 이용한 연료전지용 비백금 3성분계 촉매 합성

이운호*, 이유나, 김인예, 김대윤, 차유림, 윤영수. *가천대학교*

바이오가스를 연료로 이용하는 연료전지 시스템은 축산농가 및 고립지역의 독립분산 전원으로도 이용 가능하여 바이오 폐기물을 이용한 산업에서 주목 받고 있다. 바이오가스에는 메탄, 이산화탄소, 황화수소 등 다양한 성분으로 구성되어 있다. 그 중 황화수소는 촉매에 피독을 일으켜 성능이 저하되는 문제가 발생되며, 이를 극복하기 위한 고효율 촉매 관련 많은 연구가 진행 되고 있다. 본 연구에서는 고효율 특성을 지닌 Pd-Ni 2성분계 촉매에 황화수소에 대한 내피독성이 뛰어난 Cu를 첨가하여 황화수소를 분해함과 동시에 촉매의 유지특성을 증가 시키려 한다. 이를 위하여, MWCNTs 촉매지지체 위에 비백금 3성분계 고효율 촉매 합성을 위한 수열합성법을 진행하였다. 촉매의 균일함을 확인하기 위해 TEM (Transmission Electron Microscopy) 분석을 진행하였으며 구조 및 성분을 입증하기 위하여 XRD (X-ray Diffraction) 분석을 진행하였다. 향상된 내피독성을 확인하기 위해 MEA (Membrane Electrode Assembly) 제작 후, 단위셀 테스트를 진행하였다. 이를 통해 촉매의 내피독성이 향상되어 장시간 OCV 유지를 확인 할 수 있었으며, 바이오가스 환경에서 촉매의 안정성이 향상된 것을 확인하였다.

P2-G10-21 Study on the Bi-Te based Thermoelectric Module Manufacturing Process by Extrusion and its Yield Value

Bi-Te 열전재료 압출공정을 이용한 열전모듈 제작공정 및 수율향상에 대한 연구

김소영*, 이동선, 최병준, 박우철, 이경호, 황창원. *(주)에스랩*

열전재료는 폐열을 이용하여 열에너지와 전기에너지를 가역적으로 변환하는 반도체 재료로써 최근 신재생에너지에 대한 관심이 급증하며 산업용 및 가정용 다양한 제품에 적용되고 있다.

열전재료 중에서도 Bi-Te계 물질은 상온영역에서 우수한 성능을 나타내는데 점차 희토류 금속의 가격이 급등함에 따라 소재의 생산성을 높이는 것이 필수적이다.

또한, 기존의 열전모듈 제작공정에서 사용되는 SPS, Hot Press, Zone melting 등의 소결방식은 Dicing과정에서 Thermal expansion에 의한 Cleavage Phase가 생겨 Crack이 나기 쉽다. 그에 비하여 열간 압출한 시편은 동적 재결정이 발생하여 기계적 강도가 높고 소결체보다 미세한 결정립으로 낮은 열전도도를 가지며 소재의 균일성이 좋은것으로 알려져있다. 본 연구에서는 최적의 조건에서 압출하여 우수한 성능의 소재를 제작하고 이를 모듈로 완성하여 기존공정에 비해 Pellet의 손실을 약 30% 이상 줄여 수율을 높이고 과정을 단축시켜 생산성을 높였다.

P2-G10-22 Optical Properties of Layered $WSe_{2-x}Te_x$: Experiment and Modeling

층상구조 $WSe_{2-x}Te_x$의 광학적 특성 : 실험과 모형

황영훈[1]*, 안창원[2]. *[1]울산과학대학교, [2]울산대학교*

We present ellipsometric measurements of the dielectric function of a series of $WSe_{2-x}Te_x$ ($0 < x0$, E_1, E_2, and E_3 critical points of semiconductors. From a fit to the model dielectric function (MDF) we have obtained the energies, strengths, Lorentzian broadenings, and excitonic phase angles of the E_0, E_1, E_2, and E_3 critical points. Dielectric-related optical constants of $WSe_{2-x}Te_x$, such as the complex refractive index, the absorption coefficient, and the normal-incidence reflectivity, are presented and analyzed. Results of the chemical surface-treatment effect on the pseudodielectric functions have also been presented.

P2-G10-23 Fabrication of rGO@$LiFePO_4$ Composite as a Cathode for Li-Ion Battery

리튬 이온 전기용 rGO@$LiFePO_4$ 복합 전극의 제조

김연래[1]*, 정하균[1], 안기석[1], 이선숙[1], 이종흔[2]. *[1]한국화학연구원, [2]고려대학교*

Lithium iron phosphate ($LiFePO_4$) based cathode has been studied due to the advantage of being very stable against heat. Also, there is little structural change in the crystal phase during charge and discharge process, leading to a long life-cycle. However, it has a low electrical conductivity and low operating voltage compared to other cathode materials. To overcome these drawbacks, various studies have been conducted including carbon coating and conductive polymer doping.

In this study, a microwave-assisted hydrothermal synthesis method was proposed to combine $LiFePO_4$ particles with reduced graphene oxide (rGO) at a relatively low temperature and a short time with a one-step process. First, a complex of GO sheets and precursor, NH_4 $FePO_4$ particles was prepared by co-precipitation. Through the subsequent hydrothermal reation, the rGO@$LiFePO_4$ composite was finally synthesized. The finally prepared rGO@$LiFePO_4$ composite were characterized by XRD and FE-SEM. The electrochemical behavior of the fabricated electrodes have been investigated by galvanostatic charge-discharge. As a result, the initial specific discharge capacity of rGO@$LiFePO_4$ electrode was 140 mAh/g, which is much greater than that of pristine $LiFePO_4$ (80 mAh/g) prepared without rGO by the same method.

P2-G10-24 Electrochemical Properties of $LaFe_{1-x}Mn_xO_3$ Nano-wires Prepared by Electrospinning

전기방사로 제작된 $LaFe_{1-x}$ Mn_xO_3 나노 와이어의 전기화학적 특성

김지훈[1]*, 김희선[1], 정중훈[2], 윤종원[1]. *[1]단국대학교, [2](주)미코*

본 연구에서는 $LaFe_{1-X}Mn_XO_3$ 나노 와이어를 성공적으로 제작하였다. SEM / EDS 분석으로 제작된 $LaFe_{1-X}Mn_XO_3$ 나노 와이어가 200 ~ 300 nm 직경으로 제작된 것으로 나타났으며 표면에 Mn 원자가 균일하게 도포되어 있는 것을 확인하였다. 또한 TEM 및 XRD 분석 결과 Mn도핑량 증가에 따라 입자 크기가 51 nm에서 36 nm로 감소하는 것과 면간 거리가 감소하는 것을 확인하였고, Mn원소가 도핑되어도 이차상의 발현 없이 사방정계의 결정구조를 보유하는 것을 확인하였다. XPS측정결과 Mn은 3가와 4가로 존재하는 것을 확인하였고, O 1s curve fitting 결과 산소 공공 또는 산소 흡착에 의한 피크 비율이 증가하는 것을 확인하였다. 전기화학적 특성 분석 결과 순환전류전압법 측정에서는 특정 캐패시턴스 값이 순수한 $LaFeO_3$ 나노 와이어보다 Mn이 15 mole% 도핑된 $LaFeO_3$ 나노 섬유에서 37.3 F/g에서 133.5 F/g으로 약 3.58배 증가된 수치를 보였으며, 충-방전 분석 결과로 계산된 특정 캐패시턴스 값이 66.4 F/g에서 249.2 F/g으로 약 3.75배 증가된 수치를 보였으며 100회 진행한 사이클 거동에서 안정적인 캐패시턴스 값을 유지하는 것을 확인하였다. 이와

같은 전기화학적 특성 평가결과로부터 $LaFe_{1-X}Mn_XO_3$ 나노와이어는 슈퍼 캐패시터에 적용이 가능할 것으로 전망된다.

P2-G10-25 Preparation of Manganese Oxides under Different Heat Treatment Conditions and Their Electrochemical Properties
상이한 열처리 조건하에서의 망간 산화물제작 및 전기화학적 특성 평가

김희선*, 김지훈, 한진주, 윤종원. *단국대학교*

전기 방사로 제작한 망간 산화물 나노파이버는 열처리 조건에 따른 결정구조 및 상 변화를 확인하기 위해 각각 250, 350, 500°C로 열처리하여 다양한 상의 망간 산화물 나노파이버를 합성하였다. XRD 분석결과 250°C로 열처리한 샘플은 tetragonal 구조를 갖는 Mn_3O_4 상, 350°C로 열처리한 샘플은 monoclinic 구조를 갖는 Mn_5O_8 상 그리고 500°C로 열처리한 샘플은 cubic 구조를 갖는 Mn_2O_3 상으로 확인되었다. SEM 및 TEM 분석 결과 평균 100 ~ 200 nm의 직경을 갖는 나노파이버가 합성된 것을 확인하였고, TEM 분석 결과로부터 평균 3 ~ 17 nm의 결정립이 응집된 1차원 나노구조체로 확인되었다. 슈퍼 캐패시터로의 활용을 위한 전기용량 값을 알기 위해 전기화학 특성분석인 순환전류전압법(CV), 충·방전 분석(GCD), 전기화학 임피던스 분석(EIS)을 진행하였다. Mn_3O_4, Mn_5O_8, Mn_2O_3 나노파이버의 GCD 분석으로부터 계산된 전기용량 값은 각각 374.21, 532.10, 322.10 F/g으로 확인되었다. XPS curve fitting 분석 결과로부터 전체 Mn 이온 대비 Mn^{4+} 이온의 비율이 높은 순으로 전기용량 값 또한 높은 것으로 확인되었다. 방전 과정은 Mn^{4+} 이온을 환원시켜 진행되기 때문에 Mn^{4+} 이온이 많으면 더 많이 환원시킬 수 있어 방전 시간이 길어지고 이에 따라 전기용량 값을 증가시킬 수 있다고 판단된다. 또한 GCD를 이용하여 사이클 안정성 테스트를 진행한 결과 100사이클 진행 후 약 98%의 전기용량 값을 유지하는 것으로 확인되었다.

발표자 리스트

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
강경문	P1-G1-62, G1-17
강광중	P1-G4-60
강기석	S2-1
강명창	P1-G4-65
강명훈	G7-9
강문구	P2-G3-56
강병국	P1-G4-74
강보식	SW7-2
강서희	P2-G2-59
강석중	S4-6
강석현	P1-G5-13, P1-G4-52
강성민	P2-G2-34
강소정	P1-G4-72
강승구	P1-G4-74, P2-G6-10, P2-G6-14, P1-G4-53
강승민	P1-G1-22
강영민	P2-G3-28
강영호	SW4-3
강우석	G1-33, P1-G1-19, P1-G1-19, G1-33
강윤배	G7-9
강은정	G2-31
강인한	P2-G10-18
강일모	P1-G4-71, P1-G5-38
강정구	P2-G2-24
강정원	P2-G10-18
강종봉	G3-4, P2-G3-63
강종윤	P1-G1-69, P1-G1-48, P1-G1-49, P1-G1-32
강주현	P2-G2-101
강주희	P1-G1-19, G1-33
강형원	P1-G1-68, P1-G1-89
강효상	P1-G1-22, P1-G1-23, P1-G1-75, P1-G4-52
계용욱	G6-3
고민정	P1-G8-4
고수환	P1-G1-68
고영학	P1-G5-8, P1-G5-25, P1-G5-6, P1-G5-22, P1-G5-5, P1-G5-4, P1-G5-18, P1-G5-2, P1-G5-3
고우철	P2-G2-114, P2-G2-113
고유민	P1-G1-16, P1-G1-63, P1-G1-60
고인환	G11-10
고장면	P2-G2-93, P2-G2-92
고재웅	G3-3, P2-G3-34, P2-G3-1, SW5-1
고재현	P1-G1-17
고중혁	G1-28
고진석	P2-G7-3
고항주	P2-G2-48
공영민	SW9-2, P1-G1-13
공헌	P2-G3-24
곽도우	P2-G10-11
곽영제	P2-G3-61, P2-G3-56
곽준섭	P1-G4-37
곽지혜	P1-G1-55
구본흔	P1-G1-82, P2-G3-57
구양모	P1-G5-1, G5-12, G5-5, P1-G5-15
구영진	P1-G5-31
구종민	P2-G10-14
구치완	G6-14
국수근	P1-G4-15
국승우	P2-G2-117
권기윤	P2-G2-1
권기훈	SW8-3
권도균	G1-10, SW3-2, P1-G1-16, P1-G1-63, P1-G1-60
권민석	G7-6
권범수	P2-G2-38
권상효	G1-34
권선용	G7-2, G6-12
권세훈	G4-16
권순형	G4-9, P1-G4-37
권순호	P2-G10-16
권오규	P2-G2-81
권오성	G7-1
권오현	P1-G1-39
권용우	P1-G8-2, P1-G8-1
권용중	P2-G2-114, P2-G2-113
권용진	P2-G10-7
권우택	G12-2
권우택	P2-G2-81, P2-G2-80
권유정	P1-G1-88, P2-G10-9
권인회	P2-G3-28
권정규	P2-G2-30, P1-G4-16
권준영	P1-G4-42, P1-G4-72, P1-G1-59
권지석	G2-10
권태형	P1-G1-84, P1-G1-66
권한중	P2-G3-65
권혁찬	P2-G2-111, P2-G2-97
권희진	G3-23, G3-26
김가은	P1-G9-6
김강덕	P1-G4-53
김강민	P2-G2-115, P1-G5-13
김강산인	P2-G10-10
김건식	P2-G3-40, P2-G3-4, P2-G3-3
김경남	G7-17, G7-16
김경민	S1-6, P2-G3-35
김경석	P2-G2-103, P2-G2-100
김경아	P2-G3-28
김경일	G5-16
김경택	G7-18
김경혜	P1-G4-29
김경호	P2-G2-41, P2-G10-7
김경훈	P1-G9-4, P2-G7-2, P2-G3-68
김경희	P1-G1-77
김관식	P1-G4-11
김관형	P2-G3-46, SW5-3
김광범	P1-G1-78
김광수	P1-G1-48, P1-G1-49, P1-G1-32
김광천	P2-G10-14, P2-G10-13
김광호	P2-G10-6, G4-7, P2-G2-86
김광훈	G3-7
김규남	P1-G5-25, P1-G5-5
김규범	P2-G6-7
김규현	P1-G1-17
김기범	P1-G4-24
김기선	P1-G1-20
김기엽	G1-9
김기영	G8-7, G2-24, P2-G2-118, P1-G8-5
김기한	P1-G1-55
김기현	P1-G1-13
김기환	P2-G2-117
김다니엘	P1-G4-71
김다미	P1-G1-3
김다빈	P1-G1-4, P1-G1-43
김다은	P2-G2-11
김대성	P1-G5-21, P2-G2-104, P2-G2-105, P2-G2-95, P1-G5-20, P2-G2-96, P1-G4-60
김대수	G6-4, P1-G1-89
김대영	P1-G4-71
김대윤	P2-G2-84, P2-G2-20, P2-G2-17, P2-G2-11, P2-G2-71, P2-G10-20, P2-G10-19
김대종	G3-10, S4-3, P2-G3-52, P2-G3-44, P2-G3-14, P2-G3-17, P2-G3-31
김도겸	P1-G1-7, P2-G3-2, G1-15, P1-G1-10, P2-G2-8
김도경	P2-G2-39, P2-G3-18, P1-G1-28, P2-G10-16, P2-G2-14, P2-G2-4
김도엽	P1-G4-47
김도현	P2-G2-109

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
김도홍	G2-3
김동규	P2-G2-14, P2-G2-4
김동석	P2-G3-4, P2-G3-40, P2-G3-3
김동완	P2-G2-25, P2-G2-89, P2-G2-88, P2-G2-19
김동욱	G4-9, P1-G4-37
김동주	P2-G3-40, P2-G3-4, P2-G3-3
김동현	G11-1
김동환	G5-18
김동회	S2-4
김동희	G8-4
김득중	P2-G3-42, P1-G9-2
김락희	P2-G2-5
김명동	P2-G3-19
김명언	P1-G1-5
김명욱	P2-G3-41, P2-G3-32
김명재	P1-G5-38
김명호	G1-35, P2-G10-3, G1-11, P1-G1-90
김문본	P1-G4-17
김문주	P1-G4-12, P1-G5-10, P1-G5-33, P1-G5-35, P1-G5-36, P1-G5-41
김미래	P1-G4-41
김미성	G4-18
김미주	P2-G3-34, G3-3, SW5-1
김민규	S2-7
김민기	P1-G1-35
김민석	P2-G3-46, G7-4, P2-G3-50, G6-10
김민수	P2-G3-57, G7-9
김민영	P1-G4-14
김민재	G1-17, P1-G1-62
김민정	P2-G7-4, P1-G4-27
김배연	P1-G4-73
김범성	P2-G2-68, P2-G2-63
김범주	G6-4
김병국	S2-5, P1-G4-40
김병조	P2-G2-6
김보람	P1-G1-94, P1-G1-34
김보랑	G3-4
김보영	G1-20, P1-G1-30, P1-G1-31
김봉구	G7-6, G7-10, P2-G2-5, P2-G7-10
김봉규	P2-G2-123
김봉서	G2-22
김봉호	G4-9, P1-G4-37
김부영	G3-18
김빛찬	P1-G1-58
김상식	P1-G4-18
김상우	S2-6, P1-G8-11
김상일	P1-G4-4, G4-8, P1-G4-3
김상훈	G1-29
김석영	P1-G5-29, G5-8, P1-G5-27, G5-11, SW8-5, SW8-2
김석준	P1-G4-51
김선국	G1-12
김선동	P2-G2-27, P2-G2-108, P2-G2-82, P2-G2-54
김선영	P2-G2-102
김선우	G1-8, P1-G1-19, G1-33
김선욱	P1-G9-5, P2-G6-11
김선화	SW7-1
김선훈	P2-G6-1
김성광	G7-9
김성근	P2-G10-14, P1-G1-48, P2-G10-13
김성민	G2-19, P1-G4-54
김성웅	P1-G4-13
김성원	P1-G1-70, G3-14, P1-G1-74, G3-16
김성일	G6-14
김성지	G4-18
김성집	P1-G4-31
김성현	P2-G6-4
김성후	P1-G1-81
김성훈	P2-G3-62, G5-13, SW4-1
김세영	G3-11, P2-G3-43, P2-G3-36, P2-G3-27
김세윤	P2-G2-8
김세희	P2-G2-77, P2-G2-78
김소영	P2-G10-21, P2-G6-1
김소정	P1-G4-73
김수룡	P2-G2-81
김수지	G5-7
김수진	P2-G3-58
김수현	G3-11, P2-G3-36, P2-G3-27
김승원	P1-G1-38
김승주	G2-6
김승현	P2-G2-26
김시연	P2-G3-45, P2-G3-10, P1-G1-57
김시현	G5-6
김신익	P1-G1-2, P1-G1-42
김연래	P2-G10-23
김영도	P2-G3-9, P2-G3-35
김영민	G1-30, G1-25, G2-9
김영복	G8-7
김영웅	P2-G6-13
김영재	G6-10, P2-G3-23
김영진	G12-4, G12-5
김영철	G2-24, G8-7, P2-G2-118, P1-G8-5
김영훈	G2-9, S1-4, G2-23, P2-G2-10, G2-2, P2-G3-38
김영희	P2-G2-81
김완태	P1-G4-68, P1-G4-67, P1-G4-66
김요한	P2-G2-76
김용남	G4-15, P1-G4-13, P1-G4-14, G11-2
김용주	P2-G2-93, P2-G2-92
김용준	P1-G5-14, P2-G2-67
김용현	P1-G1-56, P2-G3-7
김용환	P1-G4-37
김우식	P2-G6-3, P2-G3-64, P2-G3-59, P1-G4-64, P2-G3-47
김우창	P1-G5-40
김원갑	P2-G7-3
김원기	G7-21
김원빈	P2-G2-120, P2-G2-122
김원식	P2-G2-36
김원주	S4-3, P2-G3-52, P2-G3-44, P2-G3-17, P2-G3-31, G3-10
김 유	G7-12
김유나	G7-4
김유택	P2-G7-4
김윤석	SW1-2, SW2-2, G5-13
김윤수	P1-G4-46, P1-G4-30
김윤혁	P1-G5-9
김윤현	P2-G6-9
김은경	P2-G7-11
김은미	P1-G4-50, P1-G4-49
김은성	P1-G9-3
김은아	P1-G1-33
김은영	P1-G1-87
김은지	G1-8
김은희	G7-11, G7-10, P2-G7-10
김응수(경기대)	P1-G1-53, P1-G1-52, P1-G1-91, P1-G1-92, P1-G1-51, P1-G1-50, P1-G1-97, P1-G1-98
김응수(KICET)	P1-G9-1, P1-G9-3
김익진	G4-1
김인예	P2-G2-71, P2-G2-20, P2-G2-17, P2-G2-11, P2-G2-84, P2-G10-20, P2-G10-19
김일두	S3-1, G2-11, P2-G2-106, P2-G2-107
김일원	P1-G1-17, P1-G1-65, P1-G1-18
김일현	P2-G7-12

성 명	논 문 번 호
김장열	P2-G3-70
김장훈	G7-9
김 재	P2-G3-55
김재겸	G2-6
김재동	P2-G2-123
김재우	P1-G4-58
김재원	G7-8
김재육	S4-4
김재윤	P2-G3-48
김재익	G2-10
김재찬	P2-G2-89
김재하	P1-G8-11
김재혁	P1-G1-57, G2-3
김재환	P1-G4-71
김재훈	P1-G4-58, P1-G4-38
김정범	G3-22, P2-G3-53, P2-G3-49, P2-G3-37
김정석	P2-G2-70, P1-G1-68, P1-G1-58, P11-G9-7
김정윤	G12-4
김정주	G1-15, P1-G1-10, P1-G1-7, P2-G3-2, P1-G1-47, P1-G1-46, P1-G8-7, P1-G1-5
김정준	P1-G4-61
김정태	G6-14
김정헌	G2-19
김정현	G2-10, P1-G9-6
김정환	G1-26, P2-G2-24, P2-G2-7
김종배	P1-G8-8
김종영	G4-14, P2-G3-58, P2-G3-60, P2-G3-62
김종우	P1-G5-18, G1-35, G3-1, P1-G5-26, G4-6
김종일	P2-G3-22, G3-21
김종헌	P2-G3-40, P2-G3-4, P2-G3-3
김종현	P1-G5-5, P1-G5-3
김종훈	P1-G4-29, P1-G4-28, P1-G4-25
김주명	P2-G2-51
김주선	P2-G2-49
김주성	G5-8, SW8-5
김주연	P2-G2-61
김주은	G5-2
김주현	P1-G1-51, P1-G1-91, G2-6
김주형	P2-G10-18, P2-G10-16
김주훈	P2-G7-8
김준성	G3-17, G3-15
김준영	P2-G2-122
김준찬	G1-11, P1-G1-90
김준형	P2-G6-9, P2-G3-69
김지수	P1-G4-40
김지연	P1-G5-10
김지완	P1-G4-20, P1-G4-17, P1-G4-30
김지웅	P2-G3-65, P1-G5-38
김지일	P1-G4-4
김지호	P1-G1-38
김지환	G3-9
김지훈	P2-G10-24, G1-16, P2-G10-25, G3-7
김진례	P2-G3-50
김진상	P2-G10-14, P2-G10-13
김진영	P2-G2-74, P2-G2-47, P2-G2-43
김진우	G7-19
김진욱	P2-G2-21, P2-G2-123
김진응	P2-G7-6
김진호	P2-G6-11, P1-G4-53, P1-G9-2
김찬송	P1-G5-44
김찬호	G2-19
김찬훈	P2-G2-106, P2-G2-107
김창삼	G2-12
김창열	P1-G4-39, P2-G2-55
김창일	P1-G1-84, P1-G1-66
김채은	P1-G1-14
김철진	P2-G3-25, P2-G3-26
김춘식	G12-6
김태연	G7-13
김태우	P2-G2-108, P2-G2-27, P2-G2-82, P2-G2-54
김태욱	G7-19
김태원	G2-4
김태헌	P1-G1-17, P1-G1-65, P1-G1-18, P1-G4-55
김태현	P1-G1-14
김태훈	G2-17
김태희	G2-2, P2-G3-38, P1-G1-64, G1-21, P2-G2-10, G2-23
김택승	P2-G2-89
김하늘	G3-3, P2-G3-34, P2-G3-1, SW5-1
김학범	SW5-3
김한결	P1-G4-25
김한슬	P2-G2-112
김한준	G2-12
김해원	S3-7
김향선	SW4-2
김 현	P2-G2-53, P2-G2-52, P2-G2-51
김현길	P2-G7-12, P2-G3-33
김현미	P2-G3-67
김현승	P2-G2-18
김현식	P1-G4-4, P1-G4-3, P2-G3-63
김현욱	G5-12
김현재	P1-G4-46, P1-G4-33
김현진	P2-G2-67, G2-31, P1-G5-14
김형근	P1-G1-34, P1-G1-94
김형석	P2-G2-56
김형순	P1-G9-4, P2-G7-2, P2-G3-68
김형준	G5-13, S4-2, G6-1, G6-2, P2-G6-6, P2-G2-69, P1-G5-7, P1-G5-17, S2-7, G3-19
김형철	S2-5, P1-G4-40, P2-G2-50
김형태	G3-14
김형호	P2-G2-40
김혜리	G5-15
김혜진	P1-G9-2
김호준	P1-G4-63
김홍대	P2-G2-109, G7-19
김홍래	P1-G5-11
김황필	G1-9, P1-G1-72, P2-G2-16
김효준	P2-G6-5, P1-G1-24, G4-12
김효진	G2-1, P2-G2-48
김희림	P1-G4-13
김희선	P2-G10-25, P2-G10-24
김희정	P2-G2-105, P2-G2-104, P2-G2-95, P1-G4-60
나경한	P1-G4-67, P1-G4-66
나연수	P2-G3-53, P2-G3-49, P2-G3-37, G3-22
나용한	S4-5
나윤성	P1-G4-70
나정효	P2-G2-106, P2-G2-107
나한길	P1-G8-11
나현웅	G2-20, G3-6
나혜인	P2-G6-6, G6-2, G6-1, P1-G5-7
남 산	G3-1, G3-6, G1-8, G6-4, G1-34, P1-G1-73, P1-G1-19, P1-G1-67, P2-G3-30, P1-G1-57, G1-33, P2-G3-71
남상아	P1-G4-67
남상용	P1-G4-64
남상현	P1-G4-2, P1-G1-20, P2-G2-45
남성영	G12-6

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
남우현	P2-G10-17
남유진	P1-G8-7
남윤희	P2-G6-4
남재현	P1-G4-5, P1-G4-8
노광철	P2-G2-60, P2-G2-62, P2-G2-61, P2-G2-57, P2-G2-59
노기민	P1-G4-71, P1-G5-38
노동규	P2-G2-104, P2-G2-103, P2-G2-100, P2-G10-5, P2-G2-96
노승현	P1-G1-52
노원진	P2-G2-94
노유림	P1-G4-53
노종혁	P2-G2-64, P2-G10-15
노주윤	P1-G4-55, P1-G4-12, P1-G5-10, P1-G5-33, P1-G5-35, P1-G5-36, P1-G5-41
도지예	G2-8
도환수	P2-G3-64, P1-G4-64
류국현	P1-G9-1
류도형	SW5-3, P2-G3-50, P2-G3-54, P2-G3-46
류명우	G2-10
류병기	G8-2
류병환	P2-G3-71
류성수	P2-G3-9, P2-G3-35
류소연	P1-G1-73, P1-G1-29
류승한	P1-G4-44
류아롬	P1-G1-79
류용탁	P2-G6-13, G6-13
류재찬	G2-21, P2-G2-15, P2-G2-16
류정호	S1-2, P1-G1-21
류지승	G11-8
류한중	P1-G5-9
류호림	G3-20
류희제	P1-G1-59, P1-G4-42
리인셩	G3-3
마선일	P2-G2-97, P2-G2-111
마호진	P2-G3-18
마희승	P1-G1-96, P1-G1-88, P2-G10-9
맹우열	P1-G5-8, P1-G5-6, P1-G5-25, P1-G5-22, P1-G5-5, P1-G5-2, P1-G5-3
명승철	P1-G9-6
명재하	SW7-3, G2-27, P2-G2-76, P2-G2-64, P2-G10-15
문건대	P1-G4-23, P1-G4-22
문경석	S4-6, P1-G1-33
문기연	G12-5
문병기	P1-G4-21
문성욱	P2-G2-102, P1-G5-37
문승현	P1-G1-6, P1-G1-8
문아람	P1-G4-20
문정운	P2-G3-39
문주호	P2-G2-116, P2-G2-110, P2-G2-97, P2-G2-111
문지웅	P2-G2-69
문형석	G4-17
문혜원	P2-G2-100
민관홍	P2-G7-6
민동준	G7-3
민병권	S2-7
민병욱	P1-G4-51
민복기	G2-22
민유호	G4-6, G1-35, G1-26, G3-1
민준기	P2-G2-30, P2-G2-46, P1-G4-16
민지훈	P2-G3-19
민태원	G1-25
박경대	G6-17
박경희	P2-G10-1
박관현	P1-G1-39
박광석	P1-G4-56
박귀일	P1-G1-96, P1-G1-88, P2-G10-8, P2-G10-9
박기민	P1-G9-6
박기태	G11-10
박대환	SW6-1, P1-G5-42
박동수	G4-6
박동운	G12-3
박동준	P2-G7-12, P2-G3-33
박민아	P2-G2-43
박민혁	S1-5, SW1-1
박병진	P2-G2-8, P1-G1-5
박보인	P2-G10-2
박상문	P1-G1-37, P1-G1-36
박상백	P2-G2-49, S2-3
박상우	G4-11
박상원	P1-G4-35, P1-G4-36
박상호	P2-G2-83, P2-G2-91, G2-13
박상환	P2-G3-30, P2-G3-29
박석주	G2-16
박선민	P2-G3-41, P2-G3-32
박선영	P1-G5-15, P1-G5-1, G5-5, G5-12
박선재	P1-G1-41
박선화	G4-6
박성대	P1-G1-93, P1-G1-95
박성준	P2-G3-21, P1-G4-43
박성진	G8-2
박성현	P1-G1-31, G1-20
박성환	P1-G4-65
박수지	G2-22
박영근	P1-G4-22
박영조	SW5-1, G3-3, P2-G3-34, P2-G3-1
박영지	G6-8
박우철	P2-G10-21
박운익	P1-G4-45, P1-G4-6
박원지	G6-6, P2-G6-12
박윤식	P1-G1-98, P1-G1-53, P1-G1-52
박윤태	P2-G2-79, P2-G2-72
박은광	P1-G4-58
박의근	P2-G3-12
박이현	G3-21, P2-G3-22
박익재	P2-G2-6
박인성	P1-G1-6, P1-G1-8
박일주	P2-G3-32
박재민	P2-G2-116, P2-G2-110
박재우	P2-G2-72, P2-G2-79, P1-G1-1
박재철	G2-4
박재현	P1-G9-2, P2-G2-47
박재화	P1-G1-23, P1-G1-75, P1-G4-52, P1-G1-22
박정용	P2-G2-117
박정환	P2-G7-12, P2-G3-33
박제원	G6-1, P1-G5-7, G6-2, P2-G6-6
박종민	P1-G5-41, P1-G5-36, P1-G5-35, P1-G5-34, P1-G5-33, G5-4, P1-G4-12, P1-G5-10
박종성	G2-29
박종혁	G2-31
박주석	G3-2, P1-G9-4, P2-G7-2, P2-G3-68, P2-G7-1
박주영	P1-G1-55
박 준	P2-G6-1
박준규	P2-G2-96
박준식	P2-G7-11
박준용	P1-G4-2
박준철	P1-G1-14
박준혁	G2-19
박준희	P1-G1-27
박중규	G5-10, P1-G5-23, G4-1, P1-G5-30
박지연	G3-8, S4-3, P2-G3-52, P2-G3-44, P2-G3-31, P1-G5-1, G5-5, G5-12, G3-10, P1-G5-15

성 명	논 문 번 호
박지영	P1-G4-48, P1-G4-1
박지원	P2-G2-2
박지훈	P2-G3-6
박진모	P1-G1-90
박진성	G3-19
박진수	P2-G7-7, G7-18
박진영	P2-G3-20, P1-G4-43
박 찬	P2-G10-1
박찬범	P1-G4-15
박찬휘	P2-G6-7
박창일	P1-G1-36
박 철	G1-16
박철우	P1-G1-75, P1-G4-52, P1-G1-22
박춘근	P1-G4-38
박춘길	P1-G1-13
박태민	P2-G3-6
박태완	P1-G4-6
박한얼	P2-G2-36
박현국	P1-G8-13, P2-G7-9, P2-G7-8
박현명	G3-17
박현식	G6-10
박형기	P1-G4-56
박형호	G2-2, P2-G3-38, P1-G1-64, P1-G1-62, G1-21, P2-G2-75, G1-17, P1-G1-61, P2-G2-10, P2-G10-13, G2-23
박혜영	G7-11, P2-G7-10
박혜진	P1-G4-24
박호준	P1-G4-51
박홍현	G5-14, G5-1, G3-9, G5-2, G5-3
박훈기	P1-G1-40
박희정	G4-13, P1-G4-48
박희진	P1-G4-46, P1-G4-33
반세민	P1-G4-60
반신혜	P1-G4-65
방정원	P2-G2-81
방지원	G4-18
방형준	G3-11, P2-G3-36
배민석	G2-14
배병서	P1-G9-5
배병수	P1-G4-15
배성군	P2-G2-90
배성환	P2-G10-1
배시영	G10-1, P2-G10-7, G10-3
배재섭	P1-G5-29
배종성	P1-G1-17
배중면	P2-G2-101, G2-14, P2-G2-34
배지희	P1-G1-90, G1-11

성 명	논 문 번 호
백수현	P2-G3-9
백승봉	G1-11
백승욱	SW7-2
백승태	P2-G2-7
백승협	G1-7, P2-G10-13, P1-G1-42, P1-G1-2
백운규	G2-19, G4-11, G2-10, P1-G9-6, G3-15
백정현	P1-G4-69
백종후	P1-G1-84, P1-G1-74, P1-G1-66
백주원	P2-G2-114, P2-G2-113, P2-G2-115
백지연	G6-9
백지현	P2-G2-119
백철승	G12-4
백현우	G2-13, P2-G2-91
변규빈	G5-14
변동진	G2-12
변세기	P2-G2-54
변영민	P1-G4-26
변윤기	G7-1, G7-6
변재관	P2-G6-5
변재철	P1-G5-11, G5-4, P1-G1-27, P1-G4-12, P1-G5-10, P1-G5-33, P1-G5-34, P1-G5-35, P1-G5-36, P1-G5-41, P1-G4-55
변진호	G1-13
변필규	P2-G2-29
변하람	G5-5, P1-G5-1, G5-12, P1-G5-15
변형기	G1-6
봉지홍	P1-G5-35
부상돈	P1-G1-87
상병인	P1-G5-1, G5-5, G5-12, P1-G5-15
서기식	SW9-2
서덕봉	P1-G4-58
서두원	P2-G2-108, P2-G2-27, P2-G2-82, P2-G2-54
서민수	SW7-2
서석노	P1-G1-35
서선교	P1-G8-6, P1-G4-26
서성관	G7-12
서성만	P1-G4-71
서원선	G10-6, P2-G10-4, P2-G10-17, P2-G10-5, P2-G10-3, G10-9
서종수	P2-G2-24
서준민	G1-19

성 명	논 문 번 호
서준형	G12-4
서한길	G2-15, P2-G2-18
서한석	P2-G3-70
서형일	P2-G3-14
서호준	P1-G4-22
석상일	S2-2
선세호	P1-G9-6
선우경	P1-G5-14, P2-G2-67
설재규	P2-G3-63
성동기	P2-G3-47
성동민	G5-9, P1-G5-24
성명창	P2-G2-22, P2-G2-88
성아람	G5-1
성영훈	P2-G3-43, G3-11, P2-G3-36, P2-G3-27
성은희	G3-7
성현우	P2-G3-42
소성민	P2-G7-2, P1-G9-4, P2-G3-68
손민아	P2-G2-70
손민지	P1-G4-19
손민희	P2-G6-5, P1-G8-4, G4-12
손병서	G11-1
손알로이시우스	G8-3, G8-8, P1-G8-14, P1-G1-43
손운배	P2-G2-61
손유아	P2-G3-71
손정훈	P2-G2-5, G7-6
손지원	S2-5, P1-G4-40
손현수	G4-11
손호석	P2-G2-94
송 경	P1-G1-21
송도원	G3-15, G3-17
송락현	P2-G2-38, P2-G2-33, G2-16
송명신	G7-0, G7-0, G7-17, G7-16
송세연	G4-2, P2-G2-9
송영근	P1-G1-32, P1-G1-48, P1-G1-49
송영현	P2-G2-120
송인혁	S4-1, G3-13, P2-G3-55, G3-12, P2-G3-15
송재민	P2-G10-5
송재영	G3-7
송정은	P2-G2-74, P2-G2-47
송태섭	G3-17, G2-19, G4-11, G2-10, P1-G9-6, G3-15
송태영	P1-G1-63, P1-G1-16, P1-G1-60
송현용	G2-4
송현우	P1-G5-33
송 희	P2-G3-17

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
송희조	P2-G2-89, P2-G2-25
신경남	G12-3
신남수	G1-18
신동근	P2-G2-90, P2-G3-16
신동욱	P2-G2-91, G2-8, P2-G2-83, G2-13, P2-G6-7
신동혁	G2-10
신미영	P2-G2-66, G10-2
신민정	P1-G1-55
신상열	G6-16
신상우	P2-G2-33
신성균	G6-3
신성호	P2-G2-107, P2-G2-106
신승용	P1-G1-37
신승재	S2-7
신용준	P1-G4-59
신원호	P2-G10-4, P2-G10-17, P2-G10-5, P2-G10-3
신윤지	G10-3
신은경	G2-29
신재록	G4-5, G4-3
신정호	P2-G3-44, S4-3
신준영	P2-G3-48
신준철	P1-G4-42
신지연	P1-G4-73
신태호	G2-28, P2-G2-66, G11-8, P2-G2-112, G10-2
신현규	G3-18
신현정	P2-G2-49
신현준	P1-G1-26
신형원	P2-G2-63
신회섭	P1-G1-16, P1-G1-63, P1-G1-60
신효순	P1-G1-81, P1-G1-80, P2-G3-10, P2-G3-45, P1-G1-57
신휴성	P2-G3-23
심광보	P1-G1-23, P1-G1-75, P1-G4-52, P1-G1-22, P1-G4-38, P2-G3-67
심영석	P1-G1-69, P1-G1-20, P2-G2-45
심재현	G2-9
안계석	G4-10, G4-5, G4-3
안기석	P2-G10-23
안무영	G3-21, P2-G3-22
안수빈	P2-G2-80
안승규	P1-G1-55
안영수	P1-G4-63
안용호	G6-13
안유진	P2-G2-47
안주현	G2-12
안지유	G2-8
안지환	G12-1, G12-5, G12-7, G12-8, G12-9, G12-11, G12-12
안지훈	P1-G1-14
안창원	P1-G1-17, P1-G1-65, P1-G1-18, P2-G10-22
안창의	G4-4, P2-G3-35
안철우	G3-1, G1-35, G1-26, G4-6, P2-G10-12
안태규	G3-7
양미성	SW3-3
양비룡	P2-G2-53, P2-G2-52, P2-G2-51
양상모	P1-G1-17
양선규	SW5-3
양성구	P2-G3-63
양성은	S2-5
양성준	P1-G1-37
양승민	P1-G4-56
양영균	P2-G3-8, P2-G3-6
양우석	P2-G2-116, P2-G2-110
양원철	P2-G7-11
양재교	P2-G3-51
양재문	SW6-4
양재호	P2-G3-40, P2-G3-4, P2-G3-3
양채은	SW6-2
양태경	P1-G4-46, P1-G4-30
양현경	P1-G4-21, P2-G3-21, P2-G3-20, P1-G4-43
양현승	P1-G1-93, P1-G1-95
양현하	P2-G2-111
양희선	P1-G4-29, P1-G4-28
엄기태	G1-12
엄누시아	P2-G2-68
엄창범	G8-6
여동훈	P1-G1-81, P1-G1-80, P2-G3-10, P2-G3-45, P1-G1-57
여서영	P1-G1-84, P1-G1-66
여임규	P2-G3-70
염미래	P2-G3-29, P2-G3-30
예보라	P2-G2-109
오경배	G8-1
오동건	P1-G1-25
오명환	P1-G5-31
오민석	P1-G4-46, P1-G4-34, P1-G4-33, P1-G4-31, P1-G4-30
오민욱	P1-G8-10, P1-G8-9, G8-4, P1-G8-8
오민주	P2-G2-61
오상재	P2-G2-78, P2-G2-77
오상협	P1-G1-25
오상호	G1-25
오석진	P2-G2-117
오성근	P1-G4-17
오성욱	G1-15, P1-G1-10
오세화	P2-G2-78
오수한	P1-G1-17
오아현	G4-10, G4-5
오연수	P2-G2-17
오영빈	P2-G2-44
오영우	G3-4
오원재	P1-G1-8, P1-G1-6
오윤석	G3-20, S4-2, G3-14, P2-G3-66
오윤정	P2-G2-116, P2-G2-110
오익현	P2-G7-9, P2-G7-8, P1-G8-13
오재명	P1-G4-48
오재은	SW9-1, SW9-1
오제민	G5-13
오지원	G3-6, G3-5, G2-20
오지훈	P2-G10-2
오진우	S3-2
오현명	P2-G3-1
오형석	S2-7
오화봉	P1-G4-65
오효찬	P1-G1-41
왕지은	P2-G2-39, P1-G1-28
용석민	P2-G3-18
우상국	P2-G2-108, P2-G2-27, P2-G2-82, P2-G3-43, G3-11, P2-G2-54
우상길	P1-G1-34
우채영	P1-G4-54
우희수	P2-G6-14
원다혜	S2-7
원은서	P2-G2-69
위다연	P2-G2-48
위석은	P2-G2-91
유건욱	P1-G4-34
유경현	P1-G5-14, P2-G2-67
유대흥	G7-5
유동수	P2-G3-58
유동우	G7-15
유동인	G11-1
유명재	P2-G6-8
유병욱	P1-G4-33, P1-G4-31
유상우	P2-G2-30, P2-G2-46, P1-G4-16

성 명	논 문 번 호
유상임	P1-G1-6, P1-G1-8, P1-G1-3, P2-G2-58
유선호	P1-G4-67
유수빈	P1-G4-1
유승열	P2-G2-73
유연태	G1-4
유영준	SW2-1
유은성	P1-G4-38
유일열	P1-G1-44
유재영	P2-G2-101
유재현	P1-G4-36
유재환	G3-18
유정도	P2-G2-23, G2-15, P2-G2-21
유지상	P1-G1-34
유지행	G2-31
유진수	P1-G1-55
유충열	SW4-2
유현승	S3-5
유호림	P1-G4-68
윤경식	G2-31
윤경중	S2-5
윤경호	P2-G2-3
윤당혁	G3-23, G3-26, P2-G3-19
윤석영	P1-G5-12, P1-G5-43, G3-9, G5-7, P1-G5-14, P2-G2-67, P1-G4-28, P1-G5-44
윤성일	P2-G3-30, P2-G3-29
윤성철	P2-G2-97
윤순길	P2-G3-52, P2-G3-17
윤영수	P2-G2-20, P2-G2-17, P2-G2-13, P2-G2-12, P2-G2-11, P2-G2-71, P2-G2-84, P2-G10-20, P2-G10-19
윤영준	G4-9, P1-G4-37
윤영훈	P2-G2-8, P2-G2-7
윤운하	G1-26, G4-6
윤유현	P1-G5-20
윤은섭	P2-G3-42
윤재영	P1-G1-95
윤재호	P1-G1-55
윤정섭	P2-G10-4
윤제문	P2-G2-86, P2-G10-6, G4-7
윤존도	SW8-2
윤종원	P2-G10-24, P2-G10-25
윤종혁	P2-G2-4, P2-G2-69, P2-G2-14
윤중락	SW3-1, P1-G1-35
윤지선	G1-32, G4-2, P2-G2-9
윤지욱	G1-20, P1-G1-30
윤지원	G2-3, G1-20
윤지해	P2-G3-40, P2-G3-4, P2-G3-3
윤진두	P1-G4-26
윤철민	G7-3
윤충섭	P2-G2-93, P2-G2-92
윤태경	G5-4, P1-G4-12, P1-G5-10, P1-G5-33, P1-G5-35, P1-G5-36, P1-G5-41
윤태광	P2-G2-106, P2-G2-107
윤하나	SW4-2
윤호규	G3-25, P2-G3-45
윤희숙	S3-6, G5-1, G3-9, G5-2, G5-3, G5-14
은태희	P2-G3-70
이가연	P1-G5-32, P1-G1-27
이강천	G4-11
이강택	G2-26
이강표	P1-G5-13
이강혁	P2-G2-58
이건주	G1-29, P1-G1-11
이건호	P1-G1-30
이경영	G3-7
이경진	P2-G10-10
이경호	P2-G10-21
이계원	P2-G3-14
이관형	G1-1, P1-G4-72, P1-G4-70, P1-G4-57, P1-G4-59, P1-G1-59, P1-G4-42, P1-G4-27, P1-G4-25
이광철	P2-G2-48
이광희	P2-G2-88, P2-G2-22
이규연	G1-21, P2-G2-75, P1-G1-61
이규탁	G1-8
이규현	P1-G1-34, P1-G1-94
이규형	P1-G4-13, P1-G4-14, G11-2, P1-G4-11
이근봉	P2-G3-48, G3-4
이기성	P2-G2-45, P2-G3-14
이기역	G8-3
이기태	P2-G2-79, P2-G2-72
이길성	P2-G2-94
이나영	P1-G1-81
이년종	G1-29
이다민	P2-G2-87
이다애	G5-15
이대수	G8-6
이덕현	P2-G2-109
이도권	P2-G10-2
이도윤	P2-G3-2
이도창	G2-11
이동건	P2-G2-122
이동규	G8-4
이동석	G7-5
이동선	P2-G10-21
이동수	P1-G9-6
이동원	G11-2, G4-15, P1-G4-14
이동진	P2-G2-51
이동화	SW4-1, G1-23
이두진	P2-G3-47
이득용	P1-G4-73
이뢰	P2-G10-6, G4-7
이명원	P1-G4-65
이명진	P2-G2-109
이명현	P2-G2-66, G10-3, G10-2, P1-G5-31
이미경	G1-24, P1-G1-40
이민진	P2-G2-99, P2-G2-98
이민형	P2-G2-106, P2-G2-107
이민호	P2-G2-6, P2-G2-7
이병상	G5-6, G5-7
이병우	P1-G5-37, P2-G2-102
이보름	P1-G1-40
이삼행	P2-G7-1, P1-G9-4
이상구	G1-9
이상렬	G1-12
이상수	G2-7
이상암	G7-4, G7-5
이상욱	P2-G2-8, P2-G2-7, P2-G2-6, P1-G1-47, P1-G1-46, P1-G8-7, P2-G2-122
이상은	P1-G4-48
이상진	P2-G3-8, P2-G3-7, P2-G3-6, P1-G1-56, P2-G3-24
이상헌	G4-15, G11-2
이상훈	G2-14
이상희	P1-G1-12
이석록	P1-G1-33
이석원	G2-11
이석훈	P2-G6-13, G6-13
이선규	SW5-2
이선숙	P2-G10-23
이선영	P1-G8-4, P2-G6-5, P1-G1-24, G4-12
이선형	P1-G4-28
이선홍	G11-10, G11-5, G11-4, G11-6
이성갑	P1-G4-69, G3-2, P1-G9-4, P2-G3-68
이성민	S4-2, G3-20, G3-14, G3-16

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
이성철	P2-G2-76
이성혁	P2-G3-63
이세욱	P2-G2-91, P2-G2-83
이세운	P2-G2-88
이세찬	P2-G2-42
이소린	P2-G2-11
이솔아	G1-22, P1-G1-40
이수연	P2-G3-47, P2-G3-59, P1-G4-64, P1-G4-7, P1-G4-10, P2-G3-71
이수정	P1-G5-34
이수진	G3-12, P2-G3-15
이수현	P1-G8-10
이순일	G1-11, G10-8, P2-G10-5, P2-G10-3, P1-G1-90
이슬비	P2-G7-5
이슬희	P2-G3-43
이승민	P1-G1-43
이승복	P2-G2-38, P2-G2-33, G2-16
이승석	P2-G3-70
이승엽	P1-G1-49, P1-G1-48, P1-G1-32
이승용	P1-G1-28, P2-G10-2
이승우	G4-11
이승재	P2-G3-53, P2-G3-49, P2-G3-37, P2-G3-31
이승준	P2-G3-69
이승헌	G7-20, G7-15, G7-14
이승환	P2-G2-49
이승훈	P1-G1-23, P1-G1-75, P1-G4-52, P1-G1-22
이시영	S2-7
이시원	P2-G2-26
이시홍	P1-G1-46
이영민	G3-21, P2-G3-22
이영욱	P2-G2-112
이영진	P2-G6-11
이영호	P2-G7-12, P2-G3-33
이용범	P1-G4-58
이용석	P2-G2-94
이용우	P2-G10-11, P2-G10-12
이용현	P1-G9-5
이우성	P1-G1-93, P1-G1-95
이우영	P1-G4-11
이우철	P2-G3-20, P2-G3-21
이운호	P2-G10-20, P2-G10-19, P2-G2-20, P2-G2-17, P2-G2-11, P2-G2-71, P2-G2-84
이웅걸	G7-17, G7-16
이웅희	S2-7
이원준	G7-14, G7-20
이유나	P2-G2-20, P2-G2-17, P2-G2-11, P2-G2-71, P2-G2-84, P2-G10-20, P2-G10-19
이유승	G6-13, P2-G6-13
이윤기	P2-G3-16, G2-12
이윤재	G8-3
이윤주	S4-7, P2-G2-90, P2-G3-16, P2-G2-81, P2-G2-80, P1-G5-31
이윤희	P1-G5-4, P1-G5-22, P1-G5-3
이은서	P2-G10-15
이은실	P2-G3-60
이은정	P1-G4-7
이은지	P1-G4-16, P2-G2-30
이인환	G2-4, P2-G3-66
이장미	P2-G10-2
이재광	G1-13, G1-25
이재명	P2-G2-119
이재문	G3-24
이재석	G2-14, P2-G2-34
이재성	G6-12, G7-2, P1-G1-24
이재승	G7-14, G5-19, P1-G5-9, G7-20
이재웅	P1-G8-6
이재윤	P1-G4-42
이재준	P1-G4-36
이재찬	P1-G8-12, G8-5, G1-12, G8-6
이재훈	P2-G10-9, P1-G1-77, P1-G1-6, P1-G1-8, P1-G1-88
이전국	P1-G4-62, P1-G4-18
이전량	G2-4
이정민	P2-G3-67
이정빈	P1-G5-25, P1-G5-22, P1-G5-8, P1-G5-6, P1-G5-3
이정상	P1-G4-18, P1-G4-62
이정아	P2-G3-2
이정우	G4-2
이정욱	P2-G3-46, SW5-3
이정한	P2-G7-9, P2-G2-62, P2-G7-8, P1-G8-13
이정헌	G5-16, G5-6, G5-7, P1-G5-44
이정훈	G11-1
이정환	S3-4
이종국	P1-G5-21, P1-G5-20, SW8-3, P1-G4-61, P1-G5-40, SW8-1
이종만	G3-13, P2-G3-55, G3-12, P2-G3-15
이종숙	G1-18
이종열	G12-3
이종원	P2-G2-31, G2-25, P2-G7-11, P2-G2-69
이종혁	P1-G1-86
이종현	P2-G3-5
이종호	S2-5, P1-G4-40, P2-G2-50
이종흔	S1-1, G1-20, P1-G1-30, P1-G1-31, G2-3, G2-31, P1-G9-1, G3-24, P2-G10-23, P1-G9-3
이주성	P2-G3-48, G3-4
이주혁	G7-9
이주현	P1-G1-11, P2-G3-21, P2-G6-13, G1-29, P1-G1-19, G1-33
이주형	P1-G1-75, P1-G1-23, P1-G4-52, P1-G1-22
이준봉	P1-G1-15, G1-13
이준형	P1-G1-80, G1-15, P1-G1-10, P2-G2-8, P1-G1-7, P2-G3-2, P1-G1-47, P1-G1-46, P1-G8-7, P1-G1-5
이준호	G6-15, G6-16, P1-G4-51
이준희	G1-29
이지민	P2-G2-44
이지선	P2-G6-11
이지영	G2-11
이지원	P1-G5-4
이지은	P1-G1-82, G2-22
이진규	P1-G4-24
이진민	G7-14
이진석	P1-G4-63
이진형	G5-17, P1-G5-1, G5-5, G5-12, P1-G5-15
이진호	G8-8
이찬우	S2-7, SW4-2
이창규	P1-G4-66
이창주	P1-G1-85
이창현	P1-G1-80
이채영	P1-G1-33
이철순	P1-G1-31
이철호	G1-2, P1-G4-42
이청원	G6-3
이충원	G1-19
이태곤	G1-8, P1-G1-19, G1-33
이태규	G11-4
이태원	P2-G3-41
이태준	P2-G2-83

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
이태형	G1-23, P1-G1-40
이태호	P2-G6-8
이태훈	G8-8, G8-3
이학성	P1-G1-33
이한솔	P2-G6-2, P2-G6-3
이해원	S2-5
이해중	P2-G2-68, P2-G2-63
이혁모	P2-G10-16
이현권	P2-G3-13, P2-G3-12, P2-G3-11, P2-G3-1, P2-G3-39
이현근	P2-G3-31, S4-3, P2-G3-52, P2-G3-44, P2-G3-17, G3-10
이현빈	P2-G3-35
이현석	P1-G1-78
이현재	G1-29
이현준	G1-30
이형수	P2-G2-116, P2-G2-110
이형우	P1-G4-54
이형욱	P2-G3-57
이형익	P2-G3-67
이형준	G2-19
이혜선	P1-G5-30, P1-G5-28, G5-10, P1-G5-23, G5-9, P1-G5-24, P1-G5-16
이혜주	P2-G7-10
이혜지	G3-19
이호용	G1-9, P1-G1-72
이호욱	P2-G3-52
이호재	G7-18
이호정	G6-6
이호준	P1-G5-13
이호진	G1-13, P1-G1-15
이호창	G1-27
이환욱	P1-G8-1
이효수	P2-G2-63, P2-G2-68, P1-G4-24
이효희	P1-G4-39
이후준	G1-4
이희대	G2-14
이희선	P2-G2-94
이희수	G11-7, P2-G2-109, G7-19, P2-G10-7, P2-G2-66, G11-8, G10-2, G3-18
이희숙	P2-G2-77
이희애	P1-G1-23, P1-G1-75, P1-G4-52, P1-G1-22
이희중	P1-G4-56
인재현	P1-G4-62, P1-G4-18
인정환	P2-G3-28, G6-7
인준형	P1-G4-52, P1-G1-23, P1-G1-75, P1-G1-22

성 명	논 문 번 호
임강훈	SW4-2
임건해	P2-G2-57
임겨레	G1-20
임광영	P2-G3-37, P2-G3-49, G3-22
임대광	P2-G2-18
임대윤	P1-G4-49
임미르	G1-34
임미혜	G4-18
임상순	P2-G10-13, P2-G10-14
임소연	P1-G1-17
임승우	G2-8
임영수	G10-5
임원빈	S1-3
임윤탁	G7-7
임은미	P1-G4-23
임재원	P2-G7-8
임지호	P1-G1-13
임진현	P2-G3-10
임창현	P2-G10-17
임탁형	P2-G2-38, P2-G2-33, G2-16
임태영	P2-G6-11
임태준	P1-G1-77
임태협	P1-G1-24
임해나	P1-G1-29, P1-G1-71
임현우	P2-G2-74
임현준	P1-G4-11
임현태	G6-18
임현호	P2-G3-7
임형미	P2-G2-94
임혜진	G2-22
임희대	P2-G2-65
장규민	P2-G2-111
장규범	P2-G6-5
장석훈	P2-G3-16, P2-G2-90
장세홍	P1-G1-94
장수진	P2-G2-60
장영훈	G2-14
장우선	G8-8, P1-G1-43, P1-G1-45
장은표	P1-G4-29
장인영	G2-19
장재범	SW6-5
장정인	G2-22
장정호	P1-G5-30, P1-G5-28, G5-10, P1-G5-23, G5-9, P1-G5-24, P1-G5-16
장주희	P1-G1-83, P2-G2-47, P2-G2-43
장준호	P1-G4-15, P2-G7-8, P2-G7-9, P1-G8-13
장진우	P1-G1-43, P1-G1-39
장진혁	G1-9
장창선	G12-3

성 명	논 문 번 호
장태환	S2-7
장한휘	P1-G8-8
장해성	P2-G2-16
장현배	P1-G1-60, P1-G1-16, P1-G1-63
장혜연	P1-G4-8, P1-G4-5
장호원	G1-14, G1-3, G2-3, G1-24, G1-23, G1-22, P1-G1-69, P1-G1-40
장호정	P1-G1-12
전대우	P2-G6-11
전명철	P2-G3-70
전명표	P1-G1-86, P1-G4-69, P1-G1-76
전민석	P1-G1-77
전민재	P2-G2-50
전상채	P2-G3-3, P2-G3-40, P2-G3-4
전서연	P2-G3-12
전석우	P1-G1-20, P1-G1-69, P1-G4-2, P2-G2-45
전세훈	G7-16, G7-17
전승엽	G7-19
전재남	P2-G6-12
전재범	P2-G2-6
전재성	P1-G4-38
전재호	G1-27
전종철	P1-G1-17
전학범	P2-G3-66
정경열	P1-G4-60
정경채	P2-G2-117
정경환	P2-G2-115, P1-G5-13
정과정	P1-G1-93
정국채	P1-G1-8
정기영	P2-G2-69
정대수	G10-9, P2-G2-112
정대용	P1-G1-9, P2-G3-10, P1-G1-13
정도각	P1-G5-17
정동명	P1-G8-2
정동욱	P2-G2-46, P2-G2-30, P1-G4-16
정보라	G7-19
정봉용	SW3-3
정봉욱	G8-6
정선호	P1-G4-7, P1-G4-9, P1-G4-10, P2-G3-71, P1-G4-47
정성묵	P1-G4-7, P1-G4-9, P1-G4-10, P2-G3-71
정성민	G10-7, P2-G10-7, G10-3, G10-2

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
정성윤	P2-G2-28, P2-G2-29
정소영	P2-G2-102
정숙인	P1-G4-7
정순환	G5-7
정승재	P1-G1-74
정승진	P2-G2-24
정승훈	P1-G1-33
정양일	P2-G3-33, P2-G7-12
정연길	G7-11, G3-17, G7-10, G7-6, P2-G2-5, P2-G7-10, G3-15
정연준	P1-G4-59
정연호	G6-14
정영규	P2-G2-115, P2-G2-114, P2-G2-113, P2-G3-41
정영근	P2-G2-90, P2-G3-59
정영석	G3-25
정영화	P2-G2-39
정영훈	P1-G1-84, P1-G1-74, P1-G1-66
정예슬	P1-G1-1, P1-G1-39, P1-G1-45
정 용	G7-15
정용재	P2-G2-50
정우영	P2-G3-69
정우철	G2-15, P2-G2-26, P2-G2-24, P2-G2-23, P2-G2-21, P2-G2-18
정운진	P2-G6-4, G6-5, G6-17, P2-G6-3, P2-G6-2
정윤석	P2-G6-9
정으뜸	P1-G4-40
정은진	P1-G4-23
정인영	P1-G1-55
정인호	G7-2, G6-11
정재승	P1-G4-62
정재용	P1-G5-11
정재우	P2-G2-99, P2-G2-98
정재일	G7-4, G7-5
정재환	P1-G4-41, P1-G4-72
정재훈	P1-G1-44
정종석	P1-G1-50, P1-G1-92
정종원	P1-G4-43, P1-G4-21
정주리	P1-G4-46, P1-G4-33
정주화	P2-G3-21
정준영	G2-11, P2-G2-106, P2-G2-107
정중훈	P2-G10-24
정지성	P11-G9-7
정창규	P2-G10-8
정철호	P2-G2-35
정충환	P2-G3-5
정태식	P2-G3-53, P2-G3-49, P2-G3-37, G3-22
정하균	P2-G10-23
정한보	P1-G1-9
정해누리	G2-2, P2-G3-38
정현권	P2-G10-15, P2-G2-64
정현석	P1-G8-3, P2-G2-6, P2-G2-119, P2-G2-120, P2-G2-122
정혜진	S2-7
정후영	G1-30, G1-9, G1-25
정희수	P2-G2-6
정희정	P1-G4-58
제재용	P1-G4-21
제현모	P2-G2-103, P2-G2-100
조강희	G3-18
조경훈	G1-35, G3-1, P1-G1-44, P2-G10-11, P2-G10-12, P1-G1-89
조계홍	G12-4, G12-5
조광연	P2-G2-90, P2-G3-16, P2-G3-25, P2-G3-26
조권구	G2-12
조근호	G7-11, P2-G7-10
조대연	P1-G4-28
조덕기	P2-G2-74
조동휘	P1-G1-20, P2-G2-45
조명원	P1-G4-68
조병원	P1-G4-35
조병진	P1-G1-14, P1-G4-5, P1-G4-8
조상근	P2-G3-11
조선복	P1-G5-16
조성한	G2-10
조성현	G12-6
조소혜	P1-G5-39
조수호	G2-11
조승연	G3-21, P2-G3-22, P2-G2-76
조신욱	P1-G1-65
조아라	P1-G1-55
조아영	P1-G1-15
조영권	P2-G10-18
조영무	P1-G1-31
조영식	P2-G3-54, P2-G3-50, SW5-3
조영주	P2-G2-114, P2-G2-113
조영철	P2-G2-64
조예진	P1-G4-9, P1-G4-7
조용광	G12-6
조용수	P1-G4-56, G2-20, P1-G1-1, P1-G1-4, P1-G1-43, P1-G1-38, P1-G1-41, P1-G1-45
조용현	G3-2
조 욱	G1-9, P1-G1-72, G1-29, P1-G1-21, P1-G1-19, P2-G2-16, P1-G1-11, G1-33
조유리	P1-G1-89
조재현	G1-29, P1-G1-21
조정호	P1-G1-74, P1-G4-28
조준식	P1-G1-55
조준영	P2-G10-1, P2-G2-118, G2-24, G8-7, P1-G8-5
조중영	P2-G10-17, P2-G10-5
조중욱	G6-9
조지영	G1-30
조진상	G12-5
조현우	P1-G1-97, P1-G1-53
조현일	P1-G8-7
조현준	G4-8
조형균	P2-G10-17
조홍백	P1-G4-44, P1-G4-1
조희훈	G5-7
좌용호	P1-G4-44, P2-G2-44, P1-G4-1
주민제	P2-G3-49, P2-G3-53, P2-G3-37, G3-22
주병권	P1-G4-62, P1-G1-76, P1-G4-46, P1-G1-32
주보배	P2-G2-25, P2-G2-89
주성민	P2-G6-13, G6-13
주성재	G2-22
주소은	P1-G4-20
주영준	P2-G3-26, P2-G3-25
주우빈	G4-11
주제욱	P1-G1-86
주종훈	G2-31
주현수	P1-G4-62, P1-G4-18
지상현	G1-32, P2-G2-9
지상훈	P2-G2-24
지은지	P1-G4-57
지호일	S2-5
진소현	P2-G3-13
진연호	P2-G3-51
진우찬	P2-G10-1
차석원	P2-G2-34
차영록	P2-G2-62
차유림	P2-G2-20, P2-G2-17, P2-G2-11, P2-G2-71, P2-G2-84, P2-G10-20, P2-G10-19

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
차지현	G4-3, G4-5
차현애	G1-27
채기웅	P2-G2-70
채석준	G1-8
채송아	P1-G1-65
채원식	P1-G1-46
채지수	P2-G2-61
채창주	P1-G4-47
천정민	G7-2, G6-11
천진녕	P1-G5-1, P2-G2-59
천채일	P1-G1-68, P1-G1-58
최강호	P1-G1-19, G1-33
최규빈	P1-G5-3, P1-G5-5
최 균	G3-25, G3-24, G3-20, P2-G3-67
최기인	G11-3
최다현	G4-12, P1-G8-4, P2-G6-5
최도문	G7-4
최두현	P2-G3-18
최명식	P1-G8-11
최문관	G12-5
최민수	G1-12
최범진	P1-G1-84
최병권	P2-G7-12, P2-G3-33
최병기	P1-G4-60
최병준	P2-G10-21
최부현	G6-4
최선호	G2-8
최성준	P1-G4-40, P2-G2-50
최성철	G6-1, G4-10, G6-2, P2-G6-6, G4-5, G4-3, P2-G3-29, P1-G5-7
최순목	G10-6
최승건	P1-G9-6
최승규	P2-G2-28
최승목	P1-G4-5
최시영	G1-9
최시혁	G2-30
최연빈	P2-G2-5
최영민	P1-G4-7, P1-G4-9, P1-G4-10, P2-G3-71, P1-G4-47
최영빈	P2-G2-69
최영진	G5-1, G3-9, G5-2, G5-3
최용규	G6-16, G6-17, P2-G6-2, G6-15
최우림	P1-G5-2
최우선	G1-30, G1-25
최원열	P1-G4-67, P1-G4-68, P1-G4-66
최원일	P1-G5-19
최윤석	P1-G5-39, G2-15, P2-G2-21, P2-G2-18
최인규	P1-G8-5, G2-24, G8-7, P2-G2-118
최재령	P2-G3-15
최재원	P1-G5-26, P1-G1-35
최재형	P2-G3-43, P2-G3-36, G3-16, P1-G4-68, G3-11, P2-G3-27
최정식	P1-G1-80
최종진	G1-35, G1-26, G3-1, G4-6, P2-G10-12, P2-G3-46
최주현	P2-G6-1, G6-7, P2-G6-7
최준용	P2-G2-16
최준원	P2-G7-3
최준환	G3-1, G4-6
최지연	G6-14
최지원	P1-G1-54, P1-G1-29, P1-G1-83, P1-G1-78, P1-G1-73, P1-G1-71, P1-G1-79
최진산	P1-G1-17
최진실	SW6-3
최창훈	P2-G2-19
최택집	P1-G1-15, G1-13, P1-G4-24
최하늬	G1-4
최하령	P2-G2-75
최한신	G7-18, G3-5, G3-6, G2-20, P2-G7-7
최헌진	P1-G4-36, P1-G4-35
최현종	P2-G2-82, P2-G2-54, P2-G2-108, P2-G2-27
최현희	G7-10, G7-6, P2-G7-10
최형석	G10-4, G11-9
최형진	P1-G1-42
최홍제	P1-G1-45, P1-G1-1, P1-G1-4
추성실	P1-G4-3
추용식	G7-12, G7-13
탁우성	P2-G3-59, P1-G4-64
탁장렬	P2-G10-17
탄제완	P2-G2-110, P2-G2-116
팜티엔훙	P1-G1-47
편정준	P1-G1-48
표정석	P1-G1-24
풍딘호앗	P1-G1-47
하만진	P1-G1-67
하수진	P1-G1-44
하장훈	G3-13, P2-G3-55, G3-12, P2-G3-15
하정훈	P1-G4-35
하창기	P2-G7-3
하태완	P2-G6-10
하태원	P1-G4-50
하휘헌	P1-G1-46
한가람	G6-5, G6-17
한경탁	G1-25, G1-30
한규성	P1-G9-2, P1-G9-3
한길상	P2-G2-119, P2-G2-120
한병동	G1-35, G1-26, G3-1, G4-6, P2-G10-12
한설희	P1-G4-10
한승호	P1-G1-68, P1-G1-89
한양수	P2-G2-77, P2-G2-78
한영민	P2-G3-5
한영환	SW8-6, SW8-4, SW8-1
한우제	P1-G1-64
한원택	P2-G6-13, G6-13
한윤수	P2-G3-35, G3-19
한인섭	P2-G3-43, G3-11, P2-G3-36, P2-G3-27
한정우	P1-G8-7
한지광	P1-G1-84
한진순	G4-10, G4-3
한진주	P2-G10-25
한찬수	P1-G1-1
한창열	P1-G4-29
한혁수	G2-10, P1-G9-6
한혜진	P1-G1-24
함성수	P1-G1-96, P2-G10-8
함영재	P2-G2-96
함영진	P1-G1-20
허기석	P1-G4-50, P1-G4-49
허석환	P1-G1-82
허소연	P1-G4-63
허영우	G1-15, P1-G1-10, P2-G2-8, P1-G1-7, P2-G3-2, P1-G1-47, P1-G1-46, P1-G8-7, P1-G1-5
허 윤	P2-G2-28
허윤석	P2-G2-62
허은석	P2-G2-4
허재구	P2-G2-96, P2-G2-95
허재욱	G4-10, G4-5
허종	G6-5, G6-6, P2-G6-12, G6-3
허준혁	G5-7
허지안	P1-G5-27
허진혁	P1-G1-58
허태환	P2-G3-61, P2-G3-56
허 훈	P1-G4-38
현가예	P1-G1-20, P2-G2-45
현동열	P2-G10-8, P1-G1-96

발표자 리스트

성 명	논 문 번 호
홍기창	P2-G10-18
홍성현	P2-G2-41, P2-G2-40, P2-G2-35, P2-G2-36, P2-G2-31
홍성훈	P1-G4-32
홍순규	P1-G4-54
홍승억	G5-20
홍연우	P1-G1-67
홍우태	P1-G4-21, P2-G3-21
홍인화	P2-G2-43
홍일곡	P2-G2-102, P1-G5-37
홍종은	P2-G2-38, P2-G2-33
홍창국	P1-G4-63
홍혜진	P1-G5-38
황건태	G1-35, G3-1, G1-29, G4-6, P2-G3-46
황광택	P1-G9-2, P1-G9-3
황국진	P2-G2-66, G10-2
황규선	G2-14
황규홍	SW8-3, SW8-1, P1-G5-21, SW8-6
황선경	P2-G2-47
황영훈	P2-G10-22
황우현	P1-G8-14
황윤정	S2-7
황인성	P1-G9-6
황종필	P1-G4-63
황지순	P2-G7-6
황진아	P1-G1-76
황진욱	P1-G4-64, P2-G3-64, P2-G3-59
황창원	P2-G10-21
황창훈	SW8-2
황철홍	P2-G7-11
황태현	P2-G2-121
황해진	P2-G2-99, P2-G2-98, P2-G10-10
황효정	P2-G2-82, P2-G2-54
황희웅	P2-G3-68, P1-G9-4

성 명	논 문 번 호

성 명	논 문 번 호

성 명	논 문 번 호
ABBEY STANLEY	P1-G8-9
Abdul Khaliq	P1-G1-18
Ahmad Shaur	G2-16
Akiharu Hioki	G11-5
Amjad Hussain	G2-18
An Su Bin	P2-G2-85
Asraf Ali Shakila Parveen	G2-29
Attaur Rahman	G1-35, G3-1
Bikram Konar	G6-11
Brindha Moorthy	P2-G10-16
Bukhari Syed Zaighum Abbas	G3-13, G3-12
D. B. Mahadik	P1-G1-61, P2-G2-10
Dang Le Tri Nguyen	S2-7
Deka Bipul	P2-G10-12
Dung Dao	G2-5
Duong	P1-G1-17
Dure Mulatu	G12-10
Erdienzy Anggia	G2-29
Ethan J. Crumlin	G2-15
Ha Nui Choi	P2-G2-37
Heli Jantunen	G1-31
Hirokazu Masai	G6-16
Hitoshi Ishiguro	G11-6
Hitoshi Ohsato	G1-31
Hong Ha Thi Vu	G12-7, G12-8, G12-9
Hu Jun Lee	P2-G2-37
In Hwan Lee	P2-G2-37
Jamil	P2-G10-4, P2-G10-5, P2-G10-3
Jeongyun Kim	G12-10
JIANJIAN FU	G4-7
Jianwu Shi	P1-G4-72
Jobin Varghese	G1-31
Jong Eun Hong	G2-18
Jung Won Bang	P2-G2-85
K. Shimanoe	G1-5
K. Suematsu	G1-5
K. Watanabe	G1-5
Kadathala Linganna	G6-7
Kati	P2-G3-27
Khanal Saroj	P1-G8-12
Kyu Hong Hwang	P2-G2-85
Lai Quang Tuan	G12-11
Lee Namju	G12-10
Li luhe	P1-G4-54
Lulit Habte	G12-12
LYU GUANLIN	G3-17, G3-15
Makoto Iwata	G1-31
Mengdi Tian	P1-G4-54
MERTAMANI RIESSA NANDA	G5-11
Mohd Danish Khan	G12-7
Muhammad Sheeraz	P1-G1-18, P1-G1-17

성 명	논 문 번 호
Muhammad Tsabit Ayman	P2-G3-19, P2-G3-19
Muhammad Zubair Khan	P2-G2-38, P2-G2-33, G2-18
Natnael Shiferaw	G12-10
Nguyen Bich Thuy	P1-G1-65
Nguyen Huu Hung Tuyen	P2-G2-12
Nguyen Minh Dat	P2-G2-85
Nguyen Van Du	P2-G10-3
Nikolai Tsvetkov	P2-G2-24
Olivier Guillon	G3-14
P. Ragupathy	P2-G10-16
PARKSTEVEJEUNGHOON	S3-3
pham thi ngoc tuyen	P2-G2-13
Pham Thuy Linh	G1-18
Pipit	G3-26, G3-23
Qi Wang	P1-G1-61
R. P. Dhavale	P2-G2-10
Rahman MD Mokhlesur	G8-5
RAJA NAREN	G5-3
Rak Hyun Song	G2-18, P2-G2-32
Ramakrishna Chilakala	G12-7, G12-9
Rizcky Tamanary	SW4-2
Robert Vaßen	G3-14
Saeed ur Rehman	G2-16
Saeedur Rehman	P2-G2-32
Seok Joo Park	P2-G2-32
Seong Ho Lee	G12-12
Seung Bok Lee	G2-18, P2-G2-32
Shuai Gu	G12-8
Song Zhiquan	P1-G1-27
Tak Hyoung Lim	G2-18, P2-G2-32
Thenepalli Thriveni	G12-1, G12-7, G12-8, G12-9, G12-11
Thuy D. T. Nguyen	G1-4
thuy nguyen	P2-G2-37
Tianchi Lu	G2-10
Timo Vahera	G1-31
Toshiaki Ina	G6-16
Tuan Quang Lai	G12-7
Ullah Mahboob	P2-G2-95
V. D. Phadtare	P2-G2-75
V. G. Parale	G2-2, G1-21, P2-G2-10
Wei Yan	P2-G2-58
Woo-Teck Kwo	P2-G2-85
Xiaobing Zhou	G3-23, G3-26
Yeon Tae Yu	P2-G2-37
Yeontae Yu	G2-5
Yoo Jung Sohn	G3-14
Yoon Joo Lee	P2-G2-85
Younghee Kim	P2-G2-85
Yue Wang	P1-G1-62, G1-17
Zhao Jingming	SW8-1, SW8-6

좌장 리스트

좌장 리스트

좌 장	소 속	RM	날 짜	시 간
강영호	KIMS	마라	04월 12일	10:45–11:45
권오성	포스코 기술연구원	볼룸4	04월 10일	13:00–16:30
김선동	KIER	아라홀	04월 10일	13:00–16:00
김승주	아주대	오라홀	04월 10일	14:25–16:15
김원기	아세아시멘트	추자	04월 12일	08:30–10:00
김윤석	성균관대	한라홀	04월 10일	13:00–16:00
김일두	KAIST	한라홀	04월 11일	13:00–16:30
김정윤	KIGAM	비양	04월 10일	14:30–16:00
김진영	서울대	볼룸2+3+4	04월 11일	13:00–16:20
김하늘	KIMS	볼룸2	04월 10일	15:00–16:55
노종욱	경북대	아라홀	04월 12일	10:15–11:30
류도형	서울과기대	탐라홀	04월 11일	13:00–16:30
명재하	인천대	마라	04월 11일	08:30–10:00
문지웅	RIST	오라홀	04월 10일	13:00–14:15
				14:25–16:15
민유호	KIMS	우도	04월 10일	13:00–14:15
박대환	경남대	우도	04월 11일	08:30–10:00
박민혁	부산대	오라홀	04월 11일	08:30–09:40
박영조	KIMS	볼룸4	04월 11일	08:30–10:00
배중면	KAIST	오라홀	04월 12일	08:30–09:50
서민수	KIER	마라	04월 11일	08:30–10:00
손지원	KIST	오라홀	04월 12일	10:05–11:25
송명신	강원대	추자	04월 12일	10:15–11:45
신동근	KICET	볼룸2	04월 12일	10:30–12:00
오민욱	한밭대	볼룸3	04월 11일	08:30–10:00
		마라	04월 12일	08:45–10:30
오윤석	KICET	볼룸2	04월 12일	08:30–10:20
유영준	충남대	아라홀	04월 11일	08:30–09:40

좌장 리스트

좌 장	소 속	RM	날 짜	시 간
이규형	연세대	오라홀	04월 10일	13:00–14:15
		우도	04월 10일	14:15–16:15
이선홍	KICET	볼룸4	04월 12일	08:30–11:45
이순일	창원대	볼룸2	04월 11일	08:30–09:40
		비양	04월 12일	13:30–14:30
이승용	KIST	비양	04월 11일	09:00–10:00
이재승	고려대	우도	04월 12일	09:00–10:15
이정헌	성균관대	마라	04월 10일	13:00–15:50
		우도	04월 12일	10:35–11:25
이종숙	전남대	추자	04월 10일	14:30–16:30
		탐라홀	04월 12일	08:30–11:30
이종흔	고려대	탐라홀	04월 10일	13:00–16:00
임영수	부경대	비양	04월 12일	14:50–15:50
임재홍	가천대	아라홀	04월 12일	08:30–09:55
장호원	서울대	볼룸1	04월 11일	13:00–16:25
정대용	인하대	한라홀	04월 12일	08:30–11:30
정성민	KICET	비양	04월 12일	10:30–11:30
정운진	공주대	볼룸3	04월 10일	13:45–16:00
조계홍	KILAM	비양	04월 10일	13:00–14:30
최용규	항공대	볼룸3	04월 12일	08:45–11:15
한병동	KIMS	볼룸2	04월 10일	13:00–14:50
한영환	Wuhan University of Technology	추자	04월 11일	08:30–10:00
홍종은	KIER	아라홀	04월 10일	13:00–16:00
황규홍	경상대	추자	04월 11일	08:30–10:00

Smart Block

임플란트용 지르코니아 블록

“저온 열화시 강도가 강해집니다”

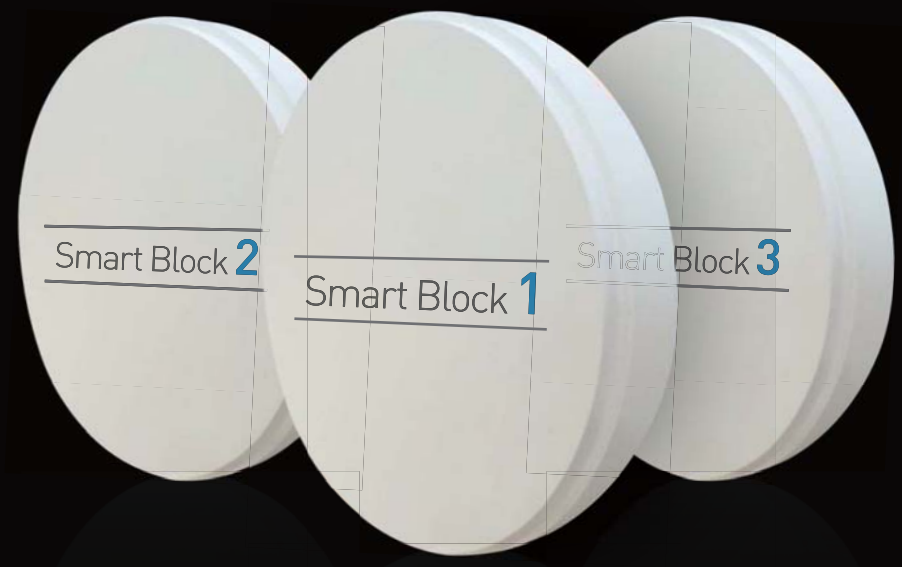
100%토소사 분말 사용(일본산)

Model Name	투광성	굽힘강도	사용처
Smart Block 1	49%	1,100 Mps (저온열화 시)	투광도에 민감한 전치부를 강조한 블록(풀마우스 가능)
Smart Block 2	45%	1,400 Mps (저온열화 시)	투광도와 강도를 모두 강조하는 범용성 블록(풀마우스 가능)
Smart Block 3	41%	1,700 Mps (저온열화 시)	강도에 민감한 사용자를 위한 초고강도 블록(풀마우스 가능)









YouTube “예스바이오 지르코니아블럭” 검색!
https://www.youtube.com/watch?v=dM8wNyTYXVg

(주)예스바이오
서울시 서대문구 모래내로 227 (YBG빌딩)
(02) 336-9111 (02) 304-4111

미래를 위해 끊임없는 도전과 혁신으로 전진하는 기업 HK TECH!

창의적인 사고와 열정을 바탕으로 최고의 품질 창출을 위해 달려 갑니다.

Our company thinks the customer with first priority. Ourcompany thinks you most the customer who is valuable Our company thinks the customer...



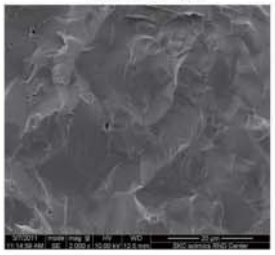
❖ OLED /LCD 및 반도체용 Fine ceramic 부품 : Al_2O_3, Y_2O_3, Sapphire, AlN, PBN, SiC,SiO_2

반도체 및 /LCD/OLED용 CHAMBER 내부용 세라믹 제품



고순도 알루미나 (Al_2O_3) 제품 사진

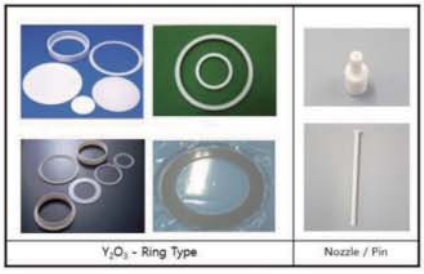
[파단면SEM사진]



▣ 도전성 BLADE



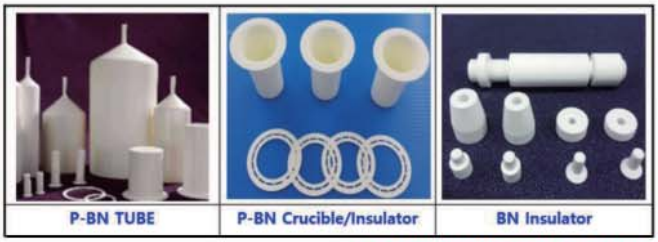
ETCH, CVD공정용 Y_2O_3



OLED용 AlN



OLED Evaporation 장비용 Point Source (M/C) 세라믹 제품



중국 YANTAI CERAMIC PBN제품 한국 대리점

❖ OLED /LCD 및 반도체용 특수 금속 가공 : W, Ti, Ta



Ta : HEATER, CAP



Ta : Reflector – 용접 제품



Ti : HOUSING / Nozzle – 정밀 가공품

Ti : CRUCIBLE– 가공 제품

에이치케이테크(주)

- 본사 : 경기도 평택시 서탄면 수월암5길 55 대표자 : 한광희 125-81-83046

Tel. 031-668-1600 / Fax. 031-668-1607 / E-mail. hktech1600@hk-tech21.com

- 연구소 : 전남 목포시 대양로 26 전남TP 세라믹산업종합지원센터 입주기업동 306호

Tel. 070-8840-1608 / Fax. 050-2698-1608 / E-mail. sigo0108@hk-tech21.com



다공성 세라믹 제조 전문업체

POCERA

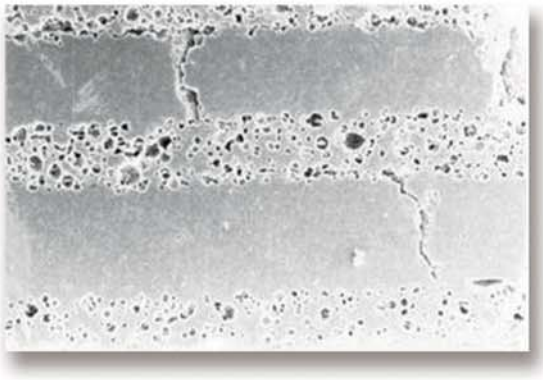
이제는 고온에서 제품을 꺼내십시오!

열충격에 강한 고순도 도가니

- 내열충격 온도 ΔT≒700℃
- Alumina 순도 99.8%

다공층과 치밀층의 적층 구조로 이루어져 내열충격성이 매우 뛰어난 도가니입니다 내부*외부가 열충격을 받아도 반대 면은 보호되는 특성을 가지고 있습니다.







(내,외공차 ±5mm)

상 품 명	용적(cc)	규격(mm)
G-10	10	Φ30 x h29
G-20	20	Φ41 x h27
G-30	30	Φ54 x h40
G-50	50	Φ60 x h50
G-100	100	Φ68 x h55
G-200	200	Φ82 x h65
G-300	300	Φ98 x h75
G-500	500	Φ110 x h85
G-700	700	Φ110 x h113
G-1000	1000	Φ140 x h115
G-2000	2000	Φ180 x h150
G-3000	3000	Φ200 x h150

열충격에 강한 도가니가
여러분의 소중한 제품을 보호해 드립니다!

세라믹사업부 : TEL 033-645-3719 /
FAX 033-644-3721

※ 주문수량과 규격에 따라 가격은 변동될 수 있습니다.
※ 표준규격 이외의 제품은 주문생산합니다.
※ 본 제품은 강릉 파인세라믹 기술혁신센터와 공동으로 개발되었습니다.

포세라 주식회사

강원도 강릉시 과학단지로 57-30(대전동 905-5)
TEL : 033-645-3718 FAX : 033-645-3710
Homepage : www.pocera.com E-MAIL : xparkj@dreamwiz.com

㈜ 와이앤아이

"Effective Technologies For Research and Deveelopment"

Vacuum Arc Furnace



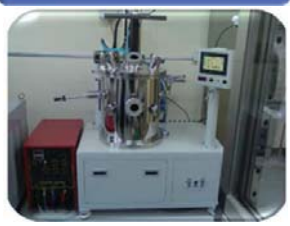
Vacuum Heat Treatment Furnace



Arc & Induction Furnace



Vacuum Welding & Arc Furnace



Vacuum Bridgeman Furnace



Vacuum Arc Melting Furnace



Rockig Furnace



Vacuum Inducion melting Spinner System



• 회 사 명 : ㈜ 와이앤아이

• 설 립 일 : 2012년

• 사업종목

진공장비, 기계 주문제작 장

이외 다수 주문제작

• 주소

경기도 파주시 방화리길 114

• 연락처

010.9341.1631

Major Supplier

㈜ 와이앤아이

Zirconia
Zirconium & Rare-earths
Specialist company

www.hktec.kr

Hankyung TEC Co.,Ltd

Hantec ZrO2 & ZrO2 Compounds

Own process ZrO2 & ZrO2 Compounds

- Hantec-ZRO - Zirconium Oxide
- Hantec-AZC - Ammonium Zirconium Carbonate
- Hantec-PZC - Potassium Zirconium Carbonate (Powder & Solution)
- Hantec-ZAS - Zirconium Acetate (Powder & Solution)
- Hantec-ZN - Zirconium Nitrate
- Hantec-ZP - Zirconium Phosphate
- Hantec-ZPP - Zirconium Propionate
- Hantec-ZOH - Zirconium Hydroxide
- Hantec-ZBC - Zirconium Basic Carbonate (Sulfur & Chloride Free)
- Hantec-ZBS - Zirconium Basic Sulfate
- Hantec-ZOC - Zirconium oxychloride

Hantec Rare Earth Oxide & Rare Earth Compounds

Own process Rare Earth oxide (Hantec-REO)

- Purification for High Purity
- Calcination for High Purity
- Milling for Micronized Particle Size & BET
- Spray dry for Drying & Granulation

Own process Rare Earth chemicals (Hantec-REC)

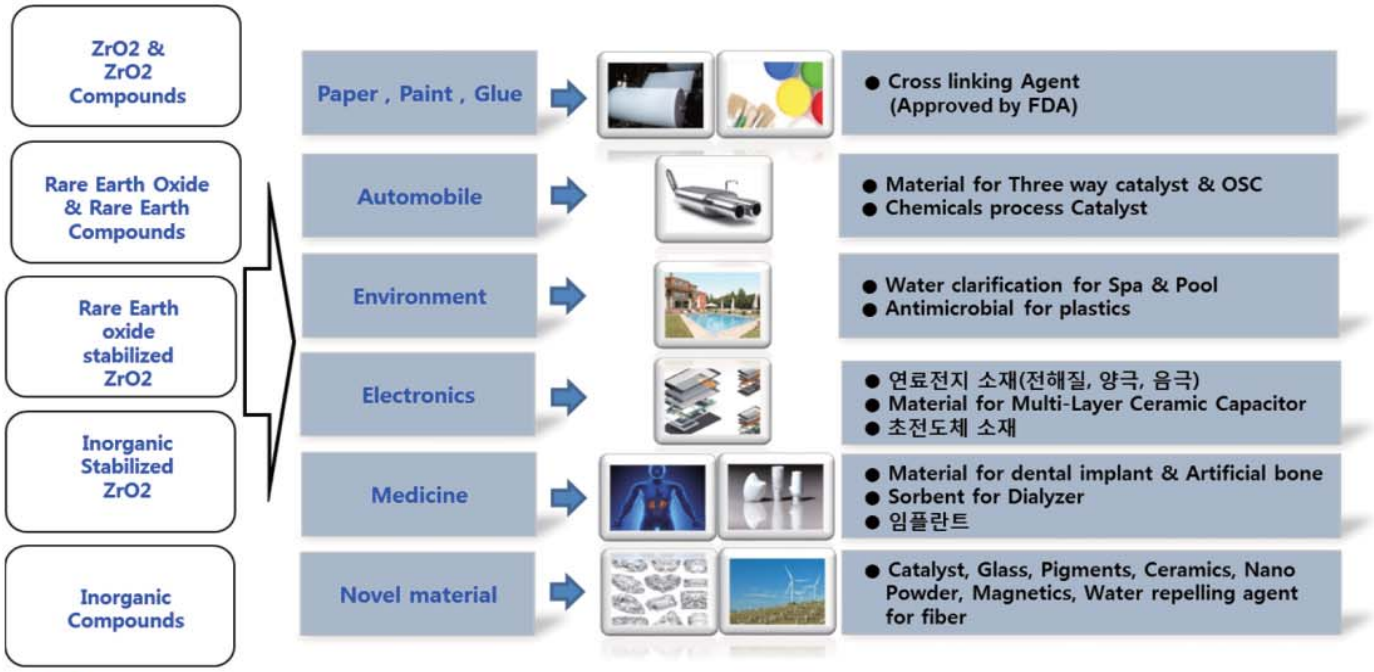
- Acetate, Nitrate, Chloride, Carbonate, Sulphate, etc (Powder & Solution)

Hantec Rare Earth Oxide stabilized ZrO2

Own process Rare Earth oxide stabilized ZrO2 (Hantec-ZRS)

- Hydrolysis, Co-precipitation, Saturated reaction, etc process.

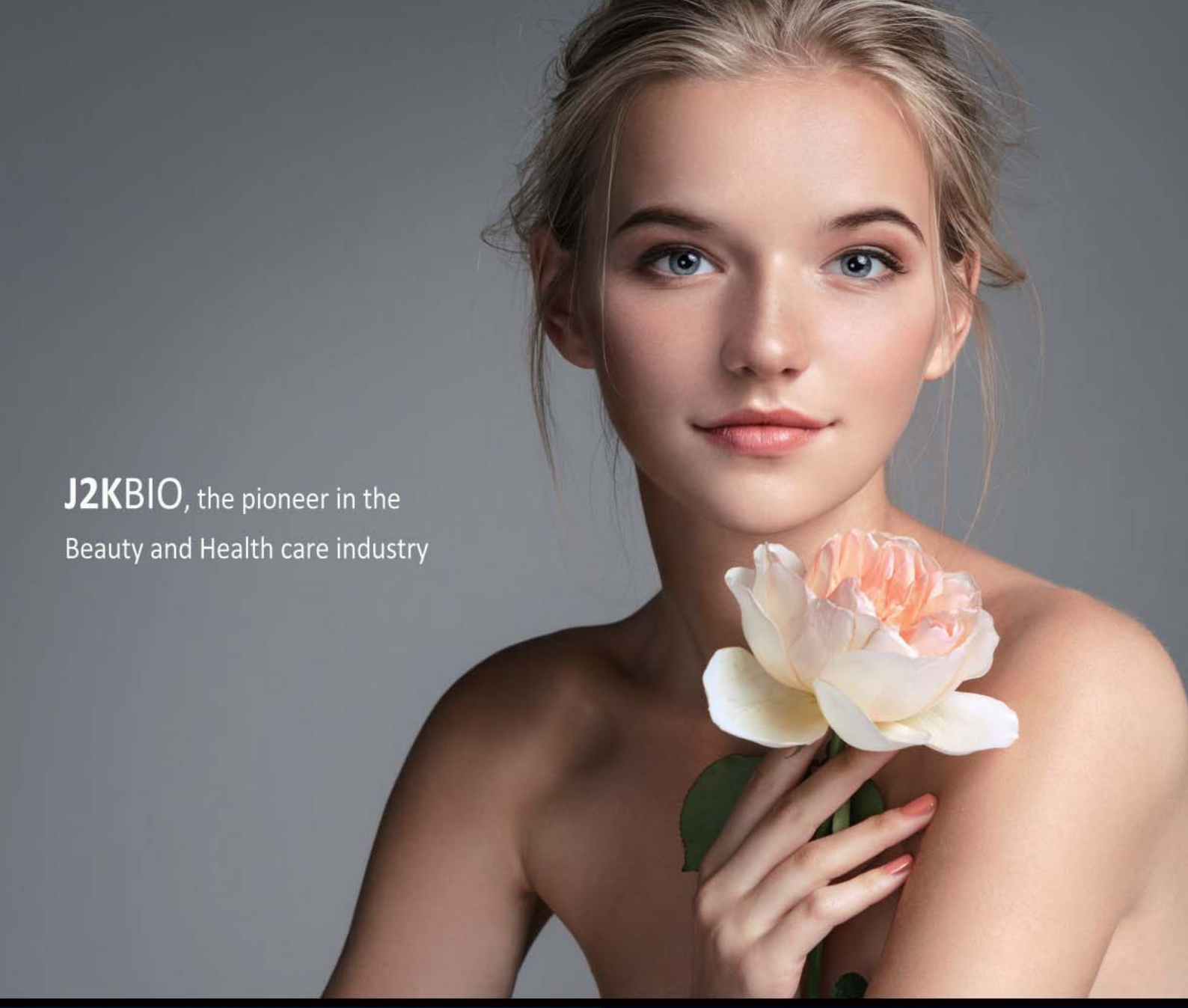
Hantec Applications

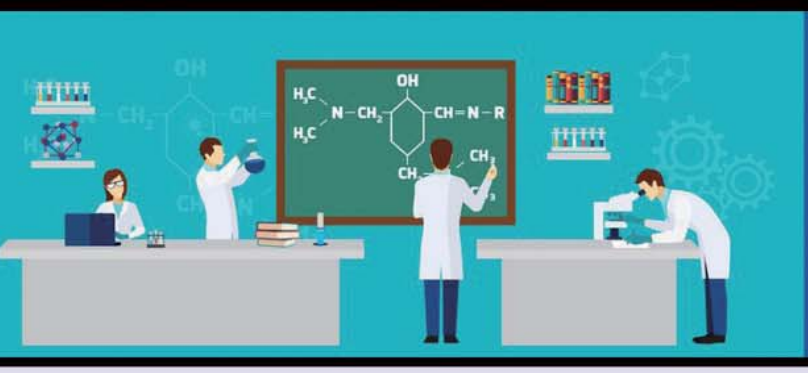


HANKYUNG
Technology Environment Chemical

ISO 9001 & 14001

경남 진주시 사봉면 산업단지로 44번길 60
Tel : 055-311-6410 Fax : 055-311-6415
Email: hubert.kang@hktec.kr







J2KBIO는 피부를 아름답게 가꾸어주는 그리고 누구나 안심하고
건강하게 사용할 수 있는 화장품 원료를 개발합니다.

J2KBIO

㈜ 제이투케이바이오, 충북 청주시 청원구 오창읍 각리1길 7, 오창벤처프라자 505호
TEL : 043-126-1855 FAX : 043-216-1861 j2kbio@j2kbio.com

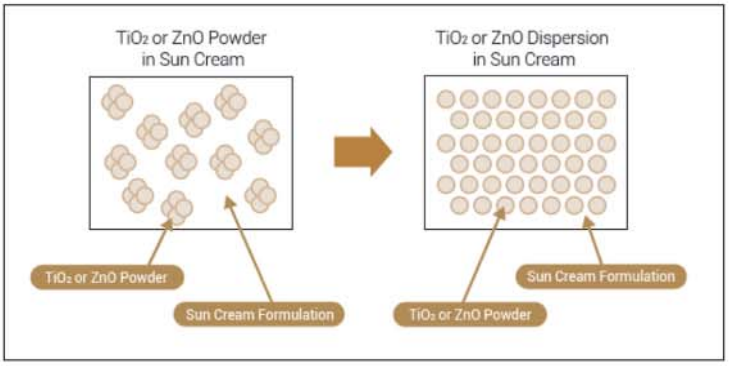
CHEMLAND

We create a beautiful life!

㈜ 케미랜드는 기능성 화장품 소재인 무기 자외선 차단용 분산물과 표면처리 분체를 생산하는 화장품 원료 전문 기업입니다.

◆ 자외선 차단 분산물 (UV-Cut Dispersion)

응집이 용이한 무기 자외선 차단 소재에 분산화 기술을 적용하여 자외선 차단 능력을 향상시킨 기능성 화장품 소재



Tinoply SE50	
Concentration (%)	SPF
Tinoply SE50 (10%)	28
Tinoply SE50 (20%)	45
Tinoply SE50 (30%)	66

- 1% Tinoply SE50 Dispersion : 3.5~4.0
- UV-organic absorber : 5.3%
- SPF Measuring Equipment : SPF 290S Analyzer

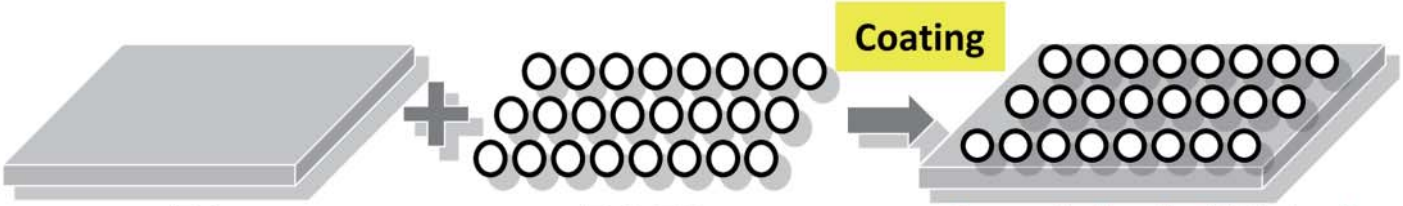
Zinoply S50		
Concentration (%)	SPF	UVA-PF
Zinoply S50 (10%)	15	4.8
Zinoply S50 (20%)	27	8.9
Zinoply S50 (30%)	41	13.9

- 1% Zinoply S50 Dispersion : 2.5~3.0
- UV-organic absorber : 5.3%
- SPF Measuring Equipment : SPF 290S Analyzer

◆ 무기-무기 복합분체 (Composite Powder)

A. 판상 복합분체 (Plate type)

자외선 차단 능력의 무기소재를 판상분체에 표면처리한 사용감이 개선된 자외선 차단용 복합분체



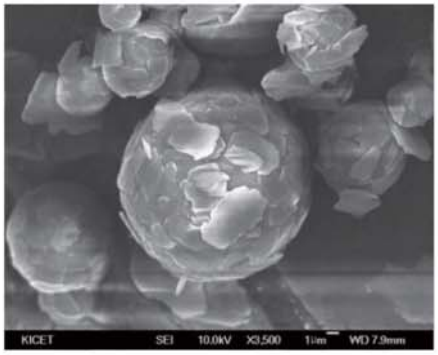
Talc
(사용감 우수)

ZnO, TiO_2
(자외선 차단 소재)

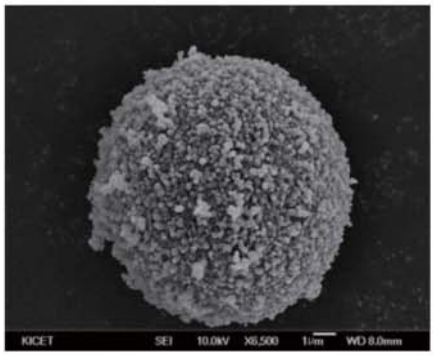
Composite Powder (Plate type)
(사용감 우수 자외선 차단용 복합분체)

B. 구상 복합 분체 (Sphere type)

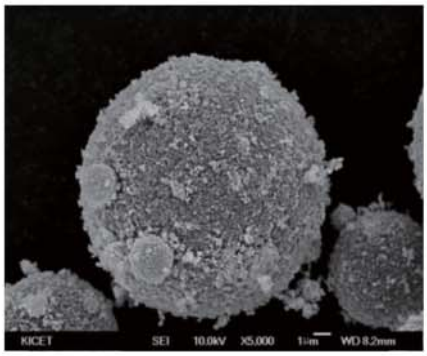
재응집이 용이한 엘라스토머 비드에 무기분체를 표면처리한 응집방지용 엘라스토머 비드 복합분체



VELVE TC (E)
(Elastomer bead + Talc)



VELVE T (E)
(Elastomer bead + TiO_2)



VELVE Z (E)
(Elastomer bead + ZnO)

(17602) 경기도 안성시 미양면 개정산업단지로 77 ㈜케미랜드
Tel No. 031-671-8449 Fax No. 031-674-8447 www.chemland.co.kr

TTS Thermoelectric Total Solution

Global No. 1 - Only One Thermoelectric Company

On-demand 소재합성

[단계별 소재 제조]
- 원료 및 혼합원료분말
- Quartz tube sealing
- 화합물 Ingot/분말/소결체/압출체

[무기소재 제조]
- 열전소재 (Bi-Te, Skutterudtie 등)
- 합금, 금속간 화합물 및 세라믹스

소재분석 물성측정

[소재분석]
- 상분석/원소분석 : XRD, ICP 등
- 미세/원자 구조 분석 : SEM, TEM 등

[물성측정]
- 전기전도도, 제벡계수, 이동도 등
- 열전도도, 열확산율, 열용량 등
- 열전모듈 성능 측정

On-demand 제조공정

공정 및 설비 기술 제공

- 원료 소재 제조 (금속계) : 용융-응고, 급속응고, 기계적합금화, 고상-기상 반응
- 원료 소재 제조 (세라믹스계) : 수열합성, 고상-액상 반응, 혼합-분산
- 벌크 제조 : 소결체, 압출체, 단결정, 타겟


Quartz tube sealing


Arc melting


Glove box


Ball mill


수열합성



Furnace(box/rocking)


Melt spinning


혼합/분쇄


가압/방전플라즈마 소결



전기전도도/제벡계수


열전도도

XRD, ICP
SEM, TEM
DSC, PPMS
분석

회사명 : ㈜열전토탈솔루션, Thermoelectric Total Solution
주소 : 경기도 수원시 장안구 서부로 206, 제2종합연구동 83153호
문의 : 송권민 과장 (sdk1388@naver.com, 031-299-6510)

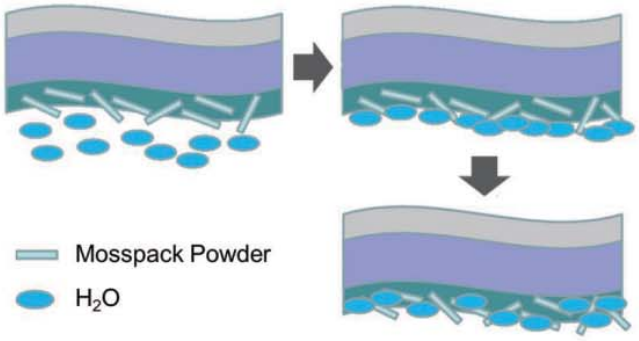
MOSS pack®
Moisture Control

수분흡착필름 (MOSSPACK)

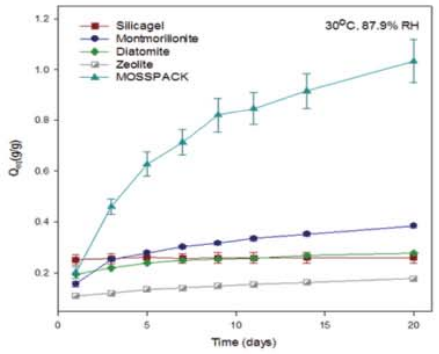
별도의 실리카겔 투입이 필 요 없 습 니 다

연세대학교 패키징학과 공동개발 기술적용

건조식품포장/군수품보관/전자부품/약품포장 등은
건조한 환경을 필요로 합니다





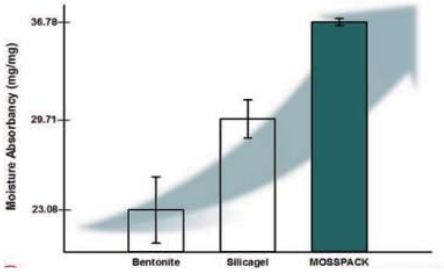


비용 절약

Eeeeeeeeeeeeeeeasy
제품포장 간편

Looooooooooong
유통기간 연장

Freeeeeeeeeeeeeeesh
혼합 포장 가능



세계가 인정한 보스팩 제습기술



* 2012 ASIA STAR AWARDS
* 2013, 2016 WORLD STAR AWARDS 실버, 프레지던트

경기도 성남시 중원구 둔촌대로 545, 한라시그마밸리 1615호
http://www.bosspack.com
02-2272-8042

BOSS PACK

Home page : www.sewon-hf.com

Tel. : 063-211-0828

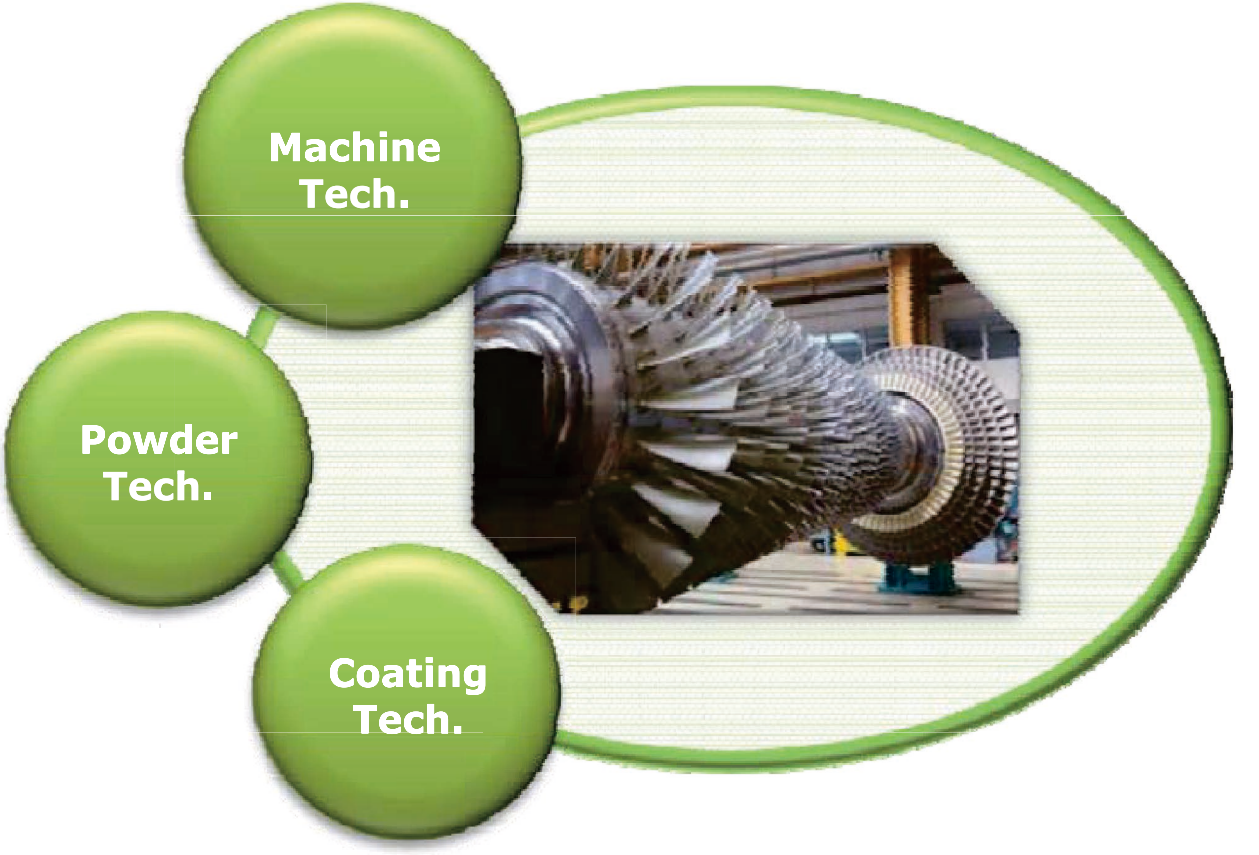
주식회사 세원하드페이싱

SEWON HARDFACING

Global Leader in Thermal Spray Coating







NOVOMAX
FUSION

Osteo-active Spacer



- Novel cervical intervertebral cage composed of the **BGS-7 bioactive glass-ceramic**
- Promote bony fusion by forming **Bone-like Apatite layer** at the surface of the BGS-7 immediately after insertion
- Secures **fast and strong** fusion
- **Anatomically** rounded endplate design
- Pyramid-type threads enable outstanding migration resistance
- **Minimizes subsidence** with large contact surface

CGBIO CELL & GROWTH FACTOR BIOTECHNOLOGY

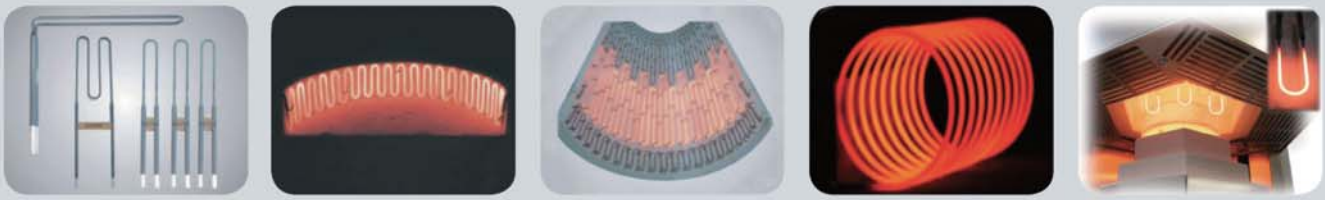
CGBIO CO., Ltd. 12, Bongeunsa-ro 114-gil, Gangnam-gu, Seoul, Korea Tel. +82-2-550-8300 Fax. +82-31-732-0842 www.cgbio.co.kr

WINNER TECHNOLOGY CO., LTD

■ $MoSi_2$ 발열체 및 각종 PASTE 제품 전문생산기업
■ 공업로 전기로 실험로 및 열처리장비 제작 유지보수

■ $MoSi_2$ Heating Element

DELUXE 1700℃ | PRIMA 1800℃ | SUPER 1900℃



※ 설계 및 적용부위에 대한 특수형상 상담 환영

■ Paste · Ink



Application		Item	Process	Main Ingredients
Antenna		Conductor	Pad Printing Curing @ **80**℃ ~ **200**℃	**Ag**, Cu
Ceramic Component	Power Inductor CMF LTCC Varistor / Filter	Inner Electrode Via Paste Ultra Fine Line	Screen Printing Photolithography Co-firing @ **800**℃ ~ **1300**℃	**Ag, Ag/Pd, Pd**, Pt Ag/Glass, Ferrite
Ceramic Package / Heater		Adhesion, Via	Screen Printing Post firing type	**Mo/Mn**, $MoSi_2$
HTCC		Electrode, Via	Screen printing Co-firing type	**W, Mo**, Ceramic
SOFC (Fuel Cell)		Anode, Electrode Interconnector Ceramic Collector	Screen Printing	LSM, **LSCF**, BSCR, MC, SSC **GDC, Pt, LC, LC/Ceramic**

■ Furnace & Kiln


Box Type Furnace


Tube Type Furnace


Elevator Type Furnace


E/V Type 대기 양산로


자동 열충격 실험로


Glass 유리용융로


SOFC 평가장치


N_2,H_2 분위기 연속로


탄화 KILN [RHK,RK]

(주)위너테크놀로지
www.winnertechnology.co.kr

#17817 경기도 평택시 안중읍 금곡3길 14-12
14-12, Geumgok 3gil, Anjung-Eup, Pyongtaek City, Gyonggi Do, Korea
HEATER·PASTE TEL : +82-31-683-1867~9 FAX : +82-31-683-1870

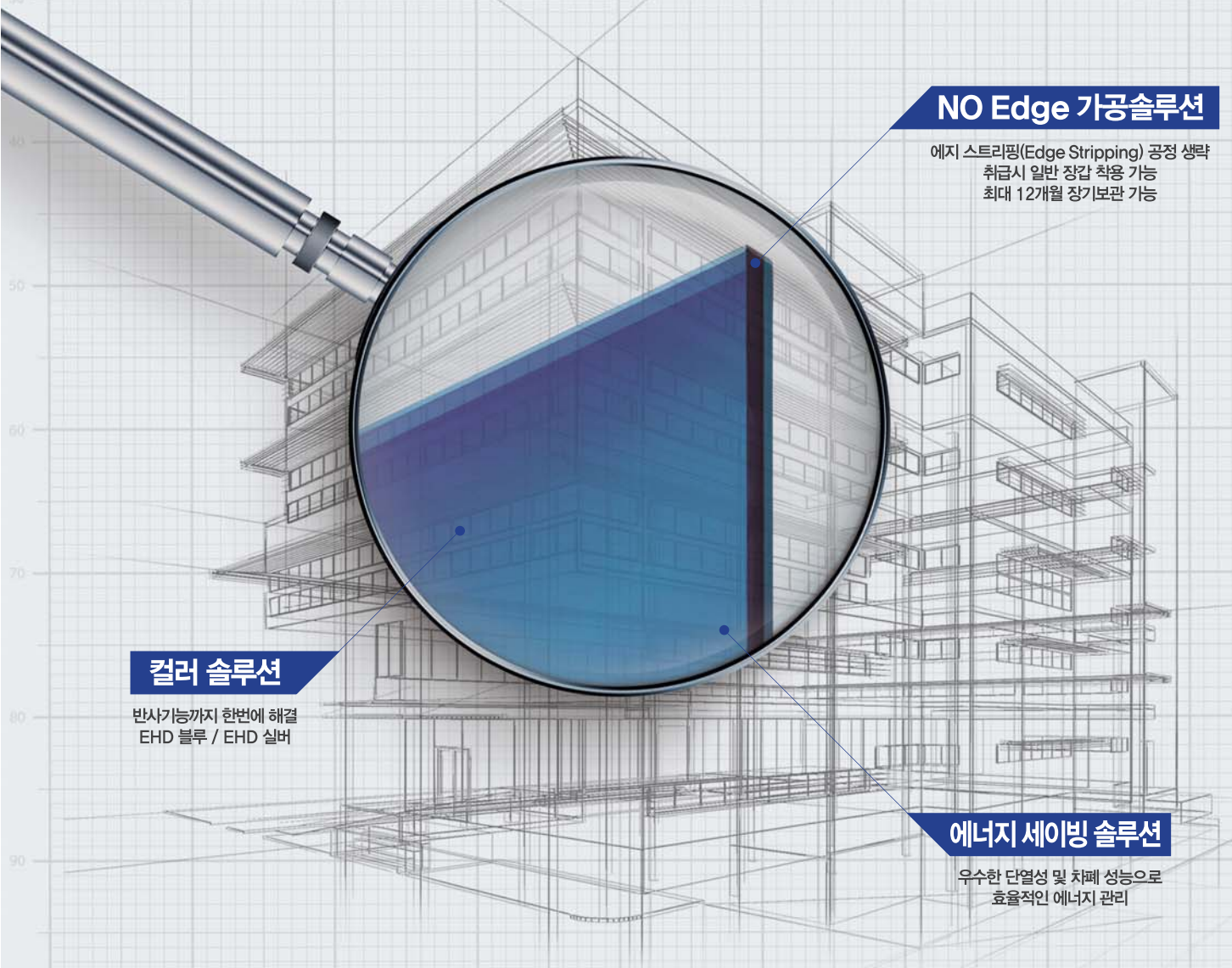
■ 핵심부품소재
■ 첨단기술보유
■ 고객만족경영

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

반사기능까지 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 | Blue / Silver |



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



FOPLP



삼성전기 SAMSUNG