

ISSN 1016-9288

제50권 1호

2023년 1월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.50. no.1

메가트랜드 시대를 위한 차세대 광학 반도체 기술

- 2차원 반도체 물성 분석 및 광전소자 응용
- 단파장 적외선 이미지 센서 기술
- 광산업의 근간을 이루는 III-V반도체 기판제조를 위한 장치/장비 기술
- 실리콘 포토닉스 기반 테라급 광인터커넥션 기술
- 자율주행 미래차와 LiDAR



2023년도 임원



회장 이학재
(서울대학교 교수)



수석부회장 이충용
(연세대학교 교수)



고문 권오경
(한양대학교 석좌교수)



고문 권호열
(정보통신정책연구원 원장)



고문 김기남
(삼성전자 종합기술원 회장)



고문 김영재
(해동과학문화재단 이사장)



고문 박성욱
(SK하이닉스㈜ 부회장)



고문 방승찬
(한국전자통신연구원 원장)



고문 신희동
(한국전자기술연구원 원장)



고문 안승권
(연암공과대학교 총장)



고문 윤석진
(한국과학기술연구원 원장)



고문 전영현
(삼성SDI㈜ 부회장)



고문 천경준
(㈜씨젠 회장)



고문 최창식
(㈜DB하이텍 부회장)



감사 백광현
(중앙대학교 교수)



감사 인치호
(세명대학교 교수)



부회장 강문식
(강릉원주대학교 교수)



부회장 김종욱
(고려대학교 교수)



부회장 노원우
(연세대학교 교수)



부회장 노태문
(한국전자통신연구원 센터장)



부회장 류수정
(㈜사피온코리아 대표이사)



부회장 심동규
(광운대학교 교수)



부회장 이승호
(한밭대학교 교수)



부회장 이용욱
(한화시스템 부사장)



부회장 이재관
(한국자동차연구원 소장)



부회장 이재훈
(유정시스템㈜ 대표이사)



부회장 정영모
(한성대학교 교수)



부회장 황인철
(강원대학교 교수)



소사이터티 회장 유명식
(송실대학교 교수)



소사이터티 회장 김진상
(경희대학교 교수)



소사이터티 회장 최응수
(신한대학교 교수)



소사이터티 회장 송병철
(인하대학교 교수)



소사이터티 회장 김영진
(한국생산기술연구원 수석연구원)



소사이터티 회장 김은원
(대림대학교 교수)



협동부회장 강민석
(LG이노텍 부사장)



협동부회장 강성원
(한국전자통신연구원 소장)



협동부회장 김강태
(삼성전자 부사장)



협동부회장 김달수
(㈜티엘아이 대표이사)



협동부회장 김부군
(송실대학교 교수)



협동부회장 김상태
(한국산업기술평가관리원 연구위원)



협동부회장 김영한
(UC San Diego / 기우스랩스 대표이사)



협동부회장 김형준
(한국과학기술연구원 소장)



협동부회장 김희식
(㈜뷰릭스 대표이사)



협동부회장 남궁선
(㈜유니트론텍 부회장)



협동부회장 손보익
(㈜LX세미콘 대표이사)



협동부회장 송문섭
(㈜심텍 회장)



협동부회장 엄낙웅
(한국전자통신연구원 책임연구원)



협동부회장 오윤제
(정보통신기획평가원 PM)



협동부회장 유창동
(한국과학기술원 교수)



협동부회장 이광엽
(서경대학교 교수)



협동부회장 이동규
(㈜카카오모빌리티 부사장)



협동부회장 이병선
(김포대학교 교수)



협동부회장 이서규
(한국팜리스산업협회 회장)



협동부회장 이장규
(주텔레칩스 대표이사)



협동부회장 이창한
(한국반도체산업협회 상근부회장)



협동부회장 전병우
(성균관대학교 교수)



협동부회장 전선익
(파이낸셜뉴스 회장)



협동부회장 정 준
(㈜솔리드 대표이사)



협동부회장 정은승
(삼성전자 사장)



상임이사 강명곤
(한국교통대학교 교수)



상임이사 강석주
(서강대학교 교수)



상임이사 구본태
(한국전자통신연구원 책임연구원)



상임이사 권영수
(한국전자통신연구원 박사)



상임이사 권혁인
(중앙대학교 교수)



상임이사 김동순
(세종대학교 교수)



상임이사 김수연
(동국대학교 교수)



상임이사 김용신
(고려대학교 교수)



상임이사 김원종
(한국전자통신연구원 실장)



상임이사 김익균
(한국전자통신연구원 본부장)



상임이사 김종현
(고려대학교 교수)



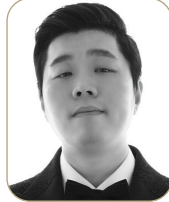
상임이사 김재준
(서울대학교 교수)



상임이사 김지훈
(이화여자대학교 교수)



상임이사 김철우
(고려대학교 교수)



상임이사 김 현
(서울과학기술대학교 교수)



상임이사 김 훈
(인천대학교 교수)



상임이사 류현석
(서울대학교 교수)



상임이사 변대석
(삼성전자㈜ 마스터)



상임이사 선우경
(서울대학교 교수)



상임이사 손고민
(삼성전자㈜ 마스터)



상임이사 양준성
(연세대학교 교수)



상임이사 연규봉
(한국자동차연구원 팀장)



상임이사 유찬세
(한국전자기술연구원 센터장)



상임이사 이남운
(고려대학교 교수)



상임이사 이채은
(인하대학교 교수)



상임이사 장익준
(경희대학교 교수)



상임이사 전세영
(서울대학교 교수)



상임이사 정진근
(중앙대학교 교수)



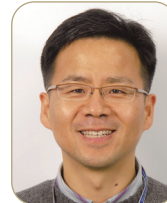
상임이사 제민규
(KAIST 교수)



상임이사 조성현
(한양대학교 교수)



상임이사 최기창
(서울대학교 교수)



상임이사 최병호
(한국전자기술연구원 본부장)



상임이사 최재혁
(KAIST 교수)



상임이사 한재호
(고려대학교 교수)



산업체이사 강석판
(LG전자㈜ 상무)



산업체이사 고용남
(하나미이크론㈜ 전무)



산업체이사 김녹원
(㈜답엑스 대표이사)



산업체이사 김동현
(CTK㈜ 대표이사)



산업체이사 김태진
(㈜더즈텍 대표이사)



산업체이사 김현수
(삼성전자㈜ 상무)



산업체이사 배순민
(㈜케이티 연구소장)



산업체이사 오의열
(LG디스플레이㈜ 연구위원)



산업체이사 우정호
(비전넥스트㈜ 대표이사)



산업체이사 원제형
(도쿄일렉트론코리아㈜ 대표이사)



산업체이사 윤영권
(삼성전자㈜ 마스터)



산업체이사 이도훈
(국가보안기술연구소 부소장)



산업체이사 이상만
(㈜시스템이트 대표이사)



산업체이사 이상훈
(주웨이브피아 대표이사)



산업체이사 이수민
(한국센서연구소 대표이사)



산업체이사 이수인
(주텔레칩스 상무)



산업체이사 조영민
(SkyMirr CEO)



산업체이사 조혜정
(삼성물산(주) 상무)



산업체이사 천이우
(주넥스트칩 연구소장)



산업체이사 최성민
(주해치텍 대표이사)



산업체이사 한은혜
(에스에스앤씨(주) 대표이사)



산업체이사 함철희
(삼성전자(주) 마스터)



산업체이사 홍국태
(주LX세미콘 연구위원)



이사 고병철
(계명대학교 교수)



이사 권구덕
(강원대학교 교수)



이사 권기룡
(부경대학교 교수)



이사 권태수
(서울과학기술대학교 교수)



이사 김민규
(LG이노텍(주) 상무)



이사 김선욱
(고려대학교 교수)



이사 김성우
(서울대학교 교수)



이사 김소영
(성균관대학교 교수)



이사 김유철
(LG AI연구원 부문장)



이사 김 윤
(서울시립대학교 교수)



이사 김재욱
(한국과학기술연구원 선임연구원)



이사 동성수
(용인예술과학대학교 교수)



이사 박성정
(건국대학교 교수)



이사 배현철
(한국전자통신연구원 책임연구원)



이사 백종덕
(연세대학교 교수)



이사 변영재
(UNIST 교수)



이사 심현정
(KAIST 교수)



이사 안광호
(한국전자기술연구원 센터장)



이사 안상철
(한국과학기술연구원 책임연구원)



이사 안호균
(한국전자통신연구원 실장)



이사 원용욱
(명지대학교 교수)



이사 윤상민
(국민대학교 교수)



이사 윤종윤
(주 파두 사장)



이사 이강윤
(성균관대학교 교수)



이사 이구순
(파이낸셜뉴스 부국장)



이사 이명택
(ASML 전무)



이사 이창우
(가톨릭대학교 교수)



이사 이형민
(고려대학교 교수)



이사 임동구
(전북대학교 교수)



이사 장성욱
(주카카오모빌리티 부사장)



이사 장지원
(연세대학교 교수)



이사 전동석
(서울대학교 교수)



이사 정무경
(주사파온코리아 CTO)



이사 정일권
(한국전자통신연구원 본부장)



이사 정해준
(경희대학교 교수)



이사 조성재
(이화여자대학교 교수)



이사 차혁규
(서울과학기술대학교 교수)



이사 채영철
(연세대학교 교수)



이사 최광성
(한국전자통신연구원 실장)



이사 최영규
(인하대학교 교수)



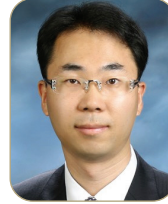
이사 최정욱
(한양대학교 교수)



이사 하정우
(네이버 AI연구소장)



이사 하태준
(광운대학교 교수)



이사 한동국
(국민대학교 교수)



이사 한정환
(충남대학교 교수)



이사 한진호
(한국전자통신연구원 책임)



이사 한태희
(성균관대학교 교수)



이사 함범섭
(연세대학교 교수)



이사 허재두
(한국전자통신연구원 책임연구원)



이사 황진영
(한국항공대학교 교수)



이사 황태호
(한국전자기술연구원 본부장)



협동이사 구민석
(인천대학교 교수)



협동이사 권건우
(홍익대학교 교수)



협동이사 권경하
(KAIST 교수)



협동이사 권종원
(한국산업기술시험원 책임연구원)



협동이사 김대영
(순천대학교 교수)



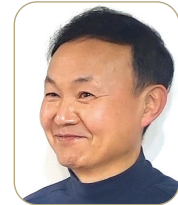
협동이사 김범현
(한양대학교 교수)



협동이사 김사혁
(KSDI 책임)



협동이사 김시준
(강원대학교 교수)



협동이사 김승한
(한국전자통신연구원 책임)



협동이사 김정석
(가천대학교 교수)



협동이사 김형진
(인하대학교 교수)



협동이사 류성주
(숭실대학교 교수)



협동이사 민경식
(국민대학교 교수)



협동이사 박관서
(연세대학교 교수)



협동이사 박성욱
(강릉원주대학교 교수)



협동이사 배준성
(강원대학교 교수)



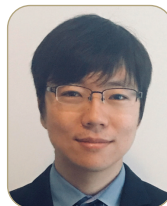
협동이사 배준호
(가천대학교 교수)



협동이사 서민재
(가천대학교 교수)



협동이사 서종열
(LG전자㈜ 그룹장)



협동이사 송익현
(한양대학교 교수)



협동이사 송준영
(인천대학교 교수)



협동이사 송 철
(DGIST 교수)



협동이사 신세운
(UNIST 교수)



협동이사 심 응
(중앙대학교 교수)



협동이사 안진호
(호서대학교 교수)



협동이사 오윤호
(고려대학교 교수)



협동이사 유경창
(삼성전자) 수석연구원



협동이사 유동훈
(디시일로 연구소장)



협동이사 유호영
(충남대학교 교수)



협동이사 윤명국
(이화여자대학교 교수)



협동이사 윤상훈
(한국전자기술연구원 책임연구원)



협동이사 윤희인
(UNIST 교수)



협동이사 이권형
(LG전자) 책임연구원



협동이사 이성학
(경북대학교 교수)



협동이사 이인영
(조선대학교 교수)



협동이사 이왕상
(경상국립대학교 교수)



협동이사 이재규
(삼성전자) 마스터



협동이사 이정원
(서울대학교 교수)



협동이사 이지훈
(전북대학교 교수)



협동이사 임매순
(한국과학기술연구원 책임연구원)



협동이사 임승찬
(한경국립대학교 교수)



협동이사 장지수
(삼성전자) PE



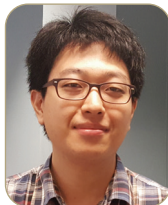
협동이사 정민채
(세종대학교 교수)



협동이사 정방철
(충남대학교 교수)



협동이사 정성엽
(차세대융합기술연구원 선임연구원)



협동이사 정완영
(KAIST 교수)



협동이사 정재웅
(인천대학교 교수)



협동이사 차철웅
(한국전자기술연구원 센터장)



협동이사 채관엽
(삼성전자) 마스터



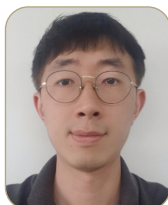
협동이사 채주형
(광운대학교 교수)



협동이사 최강선
(한국기술교육대학교 교수)



협동이사 최병수
(부경대학교 교수)



협동이사 최 응
(숙명여자대학교 교수)



협동이사 추민성
(한양대학교 교수)



협동이사 추상혁
(현대자동차) 책임매니저



협동이사 황원준
(아주대학교 교수)

전자공학회논문지

단편논문 신설 안내

전자공학회논문지에서 단편논문을 신설하여 투고를 받습니다. 기존의 정규논문과 함께 단편논문을 신설하여, 투고 논문 형식의 다변화와 함께 신속한 논문심사 및 게재를 추진하고자 합니다.

논문투고시스템 투고구분 선택

☞ 정규논문(기존) : 긴급 / 일반 중 택일

▶ 단편논문(신설) : 특급

단편논문 양식

☞ 투고규정 : https://www.theieie.org/pages_journal/journal_info.vm

☞ 논문양식 : <https://www.theieie.org/board/?ncode=a008>

* 심사본 : 3쪽 이내, 최종본 : 4쪽 이내

단편논문 심사비 : 10만원/편당

단편논문 게재료 : 게재논문 면당 5만원, 최대 4쪽 이내

☞ 지원 문구 추가 시 10만원 추가

☞ 교신저자가 비회원인 경우 산정된 게재료의 150% 부과

단편논문 심사 기간 : 2주 이내 1차 심사를 원칙으로 함

시 행 : 2022년 10월 이후

One 
Stop

전자 · 통신 · 컴퓨터 · AI
연구정보의 보고

EIRIC

Electronic & Information
Research Information Center

www.eiric.or.kr

연구문헌 | Webinar | 연구 및 기술 동향 | 포커스iN | 연구자카페



EIRIC

Electronic & Information Research Information Center

전자정보연구정보센터



IEEE DiscoveryPoint Communications(IDPC)



IEEE가 만든 첨단 통신산업 R&D를 위한 All-in-One Platform



IEEE Full-text를
포함한 다양한 양질의
자료 제공



최첨단 연구를 위한
자료, 표준, 공급업체를
위한 솔루션까지
하나의 플랫폼에서
검색가능



5G, 6G, Edge,
Computing, IoT 등
다양한 통신기술
분야의 자료중
전문적으로
선별된 콘텐츠 제공



설계 문제에 대한
솔루션 제공하여
실무 엔지니어에게
최적화

Trial가능,
문의 02-3474-5290
이희진 과장 hjlee@kitis.co.kr
김은진 대리 ejkim@kitis.co.kr



Authorized
Dealer



키티스 産學研情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd.

CONTENTS

제50권 1호 (2023년 1월)



※ 학회지 1월호 표지 (vol 50, No 1)

회지편집위원회

- 위 원 장 양 준 성 (연세대학교 교수)
- 위 원 박 관 서 (연세대학교 교수)
박 승 창 (㈜유오씨 사장)
안 진 호 (호서대학교 교수)
윤 석 현 (단국대학교 교수)
장 지 원 (연세대학교 교수)
정 재 용 (인천대학교 교수)
최 정 욱 (한양대학교 교수)
허 준 (고려대학교 교수)
한 태 화 (연세대학교 의료원 팀장)
- 사무국 편집담당
배 기 동 부장
TEL : (02)553-0255(내선 5)
FAX : (02)552-6093
- 학회 홈페이지
<http://www.theieie.org>

학회소식

- 12 신년사 / 대한전자공학회 이혁재 회장
- 13 학회소식 / 편집부

특집 : 메가트렌드 시대를 위한 차세대 광학 반도체 기술

- 16 특집편집기 / 조성재
- 17 2차원 반도체 물성 분석 및 광전소자 응용 / 정현, 정문석
- 25 단파장 적외선 이미지 센서 기술 / 허준석
- 32 광산업의 근간을 이루는 III-V반도체 기판제조를 위한 장치/장비 기술 / 주형규
- 37 실리콘 포토닉스 기반 테라급 광인터커넥션 기술 / 강세경
- 44 자율주행 미래차와 LiDAR / 이준호, 나은빈

회원광장

- 50 논문지 논문목차

정보교차로

- 52 국내외 학술행사 안내 / 편집부
- 62 특별회원사 및 후원사 명단

2023년도 임원 및 각 위원회 위원

회 수 석 부 회 장 고 문	이 혁 재 (서울대학교 교수)	권 호 열 (정보통신정책연구원 원장)
	이 충 용 (연세대학교 교수) - 총괄 / AI	김 영 재 (해동과학문화재단 이사장)
	권 오 경 (한양대학교 석좌교수)	방 승 찬 (한국전자통신연구원 원장)
	김 기 남 (삼성전자 종합기술원 회장)	안 승 권 (한양공과대학교 총장)
	박 성 옥 (SK하이닉스㈜ 부회장)	전 영 현 (삼성SDI㈜ 부회장)
감 사 부 회 장	신 희 동 (한국전자기술연구원 원장)	최 창 식 (㈜DB하이텍 부회장)
	윤 석 진 (한국과학기술연구원 원장)	인 치 호 (세명대학교 교수)
	천 경 준 (㈜씨젠 회장)	김 중 옥 (고려대학교 교수) - 국제협력 / ICCE-Asia / 영문논문
	백 광 현 (중앙대학교 교수) - ITC-CSOC	노 태 문 (한국전자통신연구원 센터장) - 연구소
	강 문 식 (강릉원주대학교 교수) - 교육 / 표준화	심 동 규 (광운대학교 교수) - SPC 영문지
소 사 이 여 티 회 장	노 원 우 (연세대학교 교수) - 하계 및 추계학술 총괄 / 국문논문	이 용 옥 (한화시스템 부사장) - 산학연
	류 수 정 (㈜사피온코리아 대표이사) - 회원 / 여성	이 재 훈 (유정시스템㈜ 대표이사) - 산학연
	이 승 호 (한밭대학교 교수) - 지부	황 인 철 (강원대학교 교수) - 사업 / 대외협력
	이 재 관 (한국자동차연구원 소장) - 산학연	김 진 상 (경희대학교 교수) - 반도체
	정 영 모 (한성대학교 교수) - 홍보 총괄 / 정보화 / 학회지	송 병 철 (인하대학교 교수) - 인공지능신호처리
협 동 부 회 장	유 명 식 (송실대학교 교수) - 통신	김 은 원 (대림대학교 교수) - 산업전자
	최 용 수 (신한대학교 교수) - 컴퓨터	강 성 원 (한국전자통신연구원 소장)
	김 영 진 (한국생산기술연구원 수석연구원) - 시스템 및 제어	김 달 수 (㈜티엘아이 대표이사)
	강 민 석 (LG이노텍㈜ 부사장)	김 상 태 (한국산업기술평가관리원 연구위원)
	김 강 태 (삼성전자㈜ 부사장)	김 형 준 (한국과학기술연구원 소장)
상 임 이 사	김 부 군 (송실대학교 교수)	남 궁 선 (㈜유니트론텍 부회장)
	김 영 한 (UC San Diego / 가우스랩스 대표이사)	송 문 섭 (㈜삼텍 회장)
	김 후 식 (㈜뷰웍스 대표이사)	오 윤 제 (정보통신기획평가원 PM)
	손 보 익 (㈜LX세미콘 대표이사)	이 광 영 (서경대학교 교수)
	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)	이 병 선 (김포대학교 교수)
산 업 체 이 사	유 창 동 (한국과학기술원 교수)	이 장 규 (㈜텔레칩스 대표이사)
	이 동 규 (㈜카카오모빌리티 부사장)	전 병 우 (상균관대학교 교수)
	이 서 규 (한국팹리스산업협회 회장)	정 준 (㈜솔리드 대표이사)
	이 창 한 (한국반도체산업협회 상근부회장)	강 석 주 (서강대학교 교수) - 재무
	전 선 익 (파이낸셜뉴스 회장)	권 영 수 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 국제협력(ICCE-Asia)
산 업 체 이 사	정 은 승 (삼성전자㈜ 사장)	김 동 순 (세종대학교 교수) - 대외협력(정책)
	강 명 곤 (한국교통대학교 교수) - 회원	김 용 신 (고려대학교 교수) - 국제협력 총괄(ICCE-Asia)
	구 본 태 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 하계학술	김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장) - 사업
	권 혁 인 (중앙대학교 교수) - 국제협력(ITC-CSOC)	김 재 준 (서울대학교 교수) - JSTS 영문지
	김 수 연 (동국대학교 교수) - 홍보	김 철 우 (고려대학교 교수) - 사업
산 업 체 이 사	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장) - 표준화	김 훈 (인천대학교 교수) - 대외협력 총괄
	김 중 현 (고려대학교 교수) - 사업	변 대 석 (삼성전자㈜ 마스터) - 교육 총괄
	김 지 훈 (이화여자대학교 교수) - 기획	손 교 민 (삼성전자㈜ 마스터) - 산학연
	김 현 (서울과학기술대학교 교수) - 총무(대외협력)	연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장) - 산학연 총괄
	류 현 석 (서울대학교 교수) - 교육(산업체)	이 남 윤 (고려대학교 교수) - 사업
산 업 체 이 사	선 우 경 (서울대학교 교수) - 회원 총괄	장 익 준 (경희대학교 교수) - 하계학술
	양 준 성 (연세대학교 교수) - 학회지	정 진 곤 (중앙대학교 교수) - 국문논문
	유 찬 세 (한국전자기술연구원 센터장) - 사업 총괄	조 성 현 (한양대학교 교수) - 정보화
	이 채 은 (인하대학교 교수) - 총무 총괄	최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장) - 산학연
	전 세 영 (서울대학교 교수) - AI	한 재 호 (고려대학교 교수) - 추계학술
산 업 체 이 사	제 민 규 (한국과학기술원 교수) - 사업	고 용 남 (하나미이크론㈜ 전무)
	최 기 장 (서울대학교 교수) - 산학연	김 동 현 (ICTK㈜ 대표이사)
	최 재 혁 (한국과학기술원 교수) - 홍보	김 현 수 (삼성전자㈜ 상무)
	강 석 판 (LG전자㈜ 상무)	오 의 열 (LG디스플레이㈜ 연구위원)
	김 녹 원 (㈜답엑스 대표이사)	원 제 형 (도쿄일렉트론코리아㈜ 대표이사)
산 업 체 이 사	김 태 진 (㈜더즈텍 대표이사)	이 도 훈 (국가보안기술연구소 부소장)
	배 순 민 (㈜케이티 연구소장)	이 상 훈 (㈜웨이브피파 대표이사)
	우 정 호 (비전넥스트㈜ 대표이사)	이 수 인 (㈜텔레칩스 상무)
	윤 영 권 (삼성전자㈜ 마스터)	조 해 정 (삼성물산㈜ 상무)
	이 상 만 (㈜시스템이트 대표이사)	최 성 민 (㈜해치텍 대표이사)
산 업 체 이 사	이 수 민 (한국센서연구소 대표이사)	
	조 영 민 (SkyMirr CEO)	
	전 이 우 (㈜넥스트칩 연구소장)	

이 사

한은혜 (에스에스앤씨 대표이사)
 홍국태 (LX세미콘 연구위원)
 고병철 (계명대학교 교수) - 학술(하계)
 권기룡 (부경대학교 교수) - 학술(하계)
 김민규 (LGI노텍(주) 상무) - 산학연
 김성우 (서울대학교 교수) - 대외협력
 김유철 (LG AI연구원 부문장) - AI
 김재욱 (한국과학기술연구원 선임연구원) - 학술(하계)
 박성정 (건국대학교 교수) - 국제협력
 백종덕 (연세대학교 교수) - AI
 심현정 (한국과학기술원 교수) - AI
 안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원) - AI
 원용욱 (명지대학교 교수) - 학술(추계)
 윤종윤 (주 파두 사장) - 교육
 이구순 (파이낸셜뉴스 부국장) - 홍보
 이창우 (가톨릭대학교 교수) - 홍보
 임동구 (전북대학교 교수) - 정보화
 장지원 (연세대학교 교수) - 학회지
 정무경 (주사피온코리아 CTO) - AI
 정해준 (경희대학교 교수) - 국문논문
 차혁규 (서울과학기술대학교 교수) - 정보화
 최광성 (한국전자통신연구원 실장) - 대외협력
 최정욱 (한양대학교 교수) - 학회지
 하태준 (광운대학교 교수) - 학술(추계)
 한정환 (충남대학교 교수) - 정보화
 한태희 (성균관대학교 교수) - 국문논문
 허재두 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 사업
 황태호 (한국전자기술연구원 본부장) - 학술(하계)
 구민석 (인천대학교 교수) - 기획
 권경하 (한국과학기술원 교수) - 사업
 김대영 (순천향대학교 교수) - 호서지부
 김사혁 (KISDI 책임연구원) - 대외협력
 김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)
 김형진 (인하대학교 교수) - 회원
 민경식 (국민대학교 교수) - 회원
 박성욱 (강릉원주대학교 교수) - 강원지부
 배준호 (가천대학교 교수) - 표준화
 서종열 (LG전자(주) 그룹장) - 산학연
 송준영 (인천대학교 교수) - 홍보
 신세운 (UNIST 교수) - 사업
 안진호 (호서대학교 교수) - 학회지
 유경창 (삼성전자(주) 수석연구원) - 회원
 유호영 (충남대학교 교수) - 대전·충남지부
 윤상훈 (한국전자기술연구원 책임연구원) - 사업
 이권형 (LG전자(주) 책임연구원) - 대외협력
 이왕상 (경상국립대학교 교수) - 부산·경남·울산지부
 이재규 (삼성전자(주) 마스터) - 산학연
 이지훈 (전북대학교 교수) - 전북지부
 임승찬 (한경국립대학교 교수) - 국문논문
 정민채 (세종대학교 교수) - 국문논문
 정성엽 (차세대융합기술연구원 선임연구원) - 학술(하계)
 정재용 (인천대학교 교수) - 학회지
 채관업 (삼성전자(주) 마스터) - 국제협력
 최강선 (한국기술교육대학교 교수) - SPC 영문지
 최웅 (숙명여자대학교 교수) - 회원
 추상혁 (현대자동차(주) 책임매니저) - 정보화

협 동 이 사

함철희 (삼성전자(주) 마스터)
 권구덕 (강원대학교 교수) - 기획
 권태수 (서울과학기술대학교 교수) - 정보화
 김선욱 (고려대학교 교수) - 교육
 김소영 (성균관대학교 교수) - SPC 영문지
 김윤 (서울시립대학교 교수) - 기획/회원
 동성수 (용인예술과학대학교 교수) - 교육
 배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)
 변영재 (UNIST 교수) - 교육
 안광호 (한국전자기술연구원 센터장) - 대외협력
 안호균 (한국전자통신연구원 실장) - 사업
 윤상민 (국민대학교 교수) - 학술(추계)
 이강윤 (성균관대학교 교수) - SPC 영문지
 이영택 (ASML 전문) - 교육
 이형민 (고려대학교 교수) - 대외협력
 장성욱 (주카카오모빌리티 부사장) - AI
 전동석 (서울대학교 교수) - 학술(하계)
 정일권 (한국전자통신연구원 본부장) - 산학연
 조성재 (이화여자대학교 교수) - 기획
 채영철 (연세대학교 교수) - 회원
 최영규 (인하대학교 교수) - 학술(하계)
 하정우 (네이버 AI연구소장) - AI
 한동국 (국민대학교 교수) - 사업
 한진호 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 국제협력
 함법섭 (연세대학교 교수) - 학술(하계)
 황진영 (한국항공대학교 교수) - 홍보
 권건우 (홍익대학교 교수) - 학술(하계)
 권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 학술(추계)
 김범현 (한양대학교 교수) - 정보화
 김시준 (강원대학교 교수) - 사업
 김정석 (가천대학교 교수) - 국제협력
 류성주 (숭실대학교 교수) - 학술(하계)
 박관서 (연세대학교 교수) - 학술(추계)
 배준성 (강원대학교 교수) - 정보화
 서민재 (가천대학교 교수) - 기획/홍보
 송익현 (한양대학교 교수) - 회원
 송철 (DGIST 교수) - 학술(추계)
 심웅 (중앙대학교 교수) - 홍보
 오윤호 (고려대학교 교수) - 학술(추계)
 유동훈 (디사이로 연구소장) - 회원
 윤명국 (이화여자대학교 교수) - AI
 윤희인 (UNIST 교수) - 홍보
 이성학 (경북대학교 교수) - 대구·경북지부
 이인영 (조선대학교 교수) - 광주·전남지부
 이정원 (서울대학교 교수) - 회원/사업
 임매순 (한국과학기술연구원 책임연구원) - 사업
 장지수 (삼성전자(주) PE) - 사업
 정방철 (충남대학교 교수) - 정보화
 정완영 (한국과학기술원 교수) - 홍보
 차철웅 (한국전자기술연구원 센터장) - 표준화
 채주형 (광운대학교 교수) - 충무
 최병수 (부경대학교 교수) - 교육
 추민성 (한양대학교 교수) - 학술(하계)/홍보
 황원준 (아주대학교 교수) - AI

지부장 명단

강원지부
 대구·경북지부
 부산·경남·울산지부
 제주지부
 호서지부
 미 국

강문식 (강릉원주대학교 교수)
 공성호 (경북대학교 교수)
 고진환 (경상대학교 교수)
 고석준 (제주대학교 교수)
 강윤희 (백석대학교 교수)
 최명준 (텔레디인 박사)

광주·전남지부
 대전·충남지부
 전북지부
 충북지부
 일 본
 러시아지부

최수일 (전남대학교 교수)
 김철영 (충남대학교 교수)
 이주연 (전주비전대학교 교수)
 최영규 (한국교통대학교 교수)
 백인천 (AIZU대학교 교수)
 Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology)

위원회 명단

자문위원회

위원장	김도현 (국민대학교 명예교수)
부위원장	박항구 (소암시스템 회장)
위원	고성제 (고려대학교 교수)
	김덕진 (고려대학교 명예교수)
	김영권 (건국대학교 명예교수)
	문영식 (한양대학교 교수)
	박진옥 (육군사관학교 명예교수)
	성광모 (서울대학교 명예교수)
	이상설 (한양대학교 명예교수)
	이충웅 (서울대학교 명예교수)
	임혜숙 (이화여자대학교 교수)
	정정화 (한양대학교 명예교수)

공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	구용서 (단국대학교 교수)
김성대 (한국과학기술원 명예교수)	김수중 (경북대학교 명예교수)
김재희 (연세대학교 명예교수)	나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
박규태 (연세대학교 명예교수)	박성한 (한양대학교 명예교수)
백준기 (중앙대학교 교수)	서정욱 (과학기술부 장관)
윤종웅 (한국공학교육인증원 이사장)	이문기 (연세대학교 명예교수)
이재홍 (서울대학교 명예교수)	이진구 (동국대학교 명예교수)
이태원 (고려대학교 명예교수)	임재택 (한양대학교 명예교수)
전국진 (서울대학교 명예교수)	전홍태 (중앙대학교 명예교수)
홍대식 (연세대학교 교수)	홍승홍 (인하대학교 명예교수)

기획위원회

위원장	김지훈 (이화여자대학교 교수)
부위원장	조성재 (이화여자대학교 교수)
위원	권구덕 (강원대학교 교수)
	김윤 (서울시립대학교 교수)

구민석 (인천대학교 교수)	서민재 (가천대학교 교수)
----------------	----------------

학술연구위원회 - 하계

위원장	노원우 (연세대학교 교수)
부위원장	장익준 (경희대학교 교수)
위원	고병철 (계명대학교 교수)
	김윤 (서울시립대학교 교수)
	변대석 (삼성전자(주) 마스터)
	전동석 (서울대학교 교수)
	최영규 (인하대학교 교수)
	함범섭 (연세대학교 교수)

구분태 (한국전자통신연구원 책임연구원)	권기룡 (부경대학교 교수)
권건우 (홍익대학교 교수)	류성주 (서강대학교 교수)
김재욱 (KIST 그룹장)	이종호 (숭실대학교 교수)
양준성 (연세대학교 교수)	최민석 (경희대학교 교수)
정성엽 (차세대융합기술연구원 실장)	추민성 (한양대학교 교수)
최정욱 (한양대학교 교수)	
황태호 (한국전자기술연구원 본부장)	

학술연구위원회 - 추계

위원장	노원우 (연세대학교 교수)
위원	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
	박관서 (연세대학교 교수)
	오윤호 (고려대학교 교수)
	하태준 (광운대학교 교수)

한재호 (고려대학교 교수)	김진영 (광운대학교 교수)
김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원)	송철 (DGIST 교수)
배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)	윤상민 (국민대학교 교수)
원용욱 (명지대학교 교수)	

논문편집위원회

위원장	정진곤 (중앙대학교 교수)
부위원장	정해준 (경희대학교 교수)
위원	강성복 (한국생산기술연구원 수석연구원)
	권구덕 (강원대학교 교수)
	김명선 (한성대학교 교수)
	김영로 (명지전문대학교 교수)
	김학구 (중앙대학교 교수)
	임민중 (동국대학교 교수)
	조성인 (동국대학교 교수)

강제원 (이화여자대학교 교수)	공규열 (한성대학교 교수)
권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)	김기연 (한국산업기술시험원 박사)
김상범 (한국폴리텍대학교 교수)	김선웅 (건국대학교 교수)
김영선 (대림대학교 교수)	김태환 (한국항공대학교 교수)
심규성 (한경대학교 교수)	유재준 (UNIST 교수)
임승찬 (한경국립대학교 교수)	정민채 (세종대학교 교수)
추민성 (한양대학교 교수)	

국제협력위원회

위원장	김용신 (고려대학교 교수)
부위원장	권영수 (한국전자통신연구원 책임연구원)
위원	김정석 (가천대학교 교수)
	최웅 (숙명여대 교수)

김종욱 (고려대학교 교수)	채관엽 (삼성전자(주) 마스터)
권혁인 (중앙대학교 교수)	
박성정 (건국대학교 교수)	
한진호 (한국전자통신연구원 책임연구원)	

대외협력위원회

위원장	김훈 (인천대학교 교수)
부위원장	김성우 (서울대학교 교수)
위원	김동순 (세종대학교 교수)

연규봉 (한국자동차연구원 책임연구원)	김원중 (한국전자통신연구원 실장)
김사혁 (KISDI 책임연구원)	

김 형 준 (한국전자통신연구원 센터장)
이 형 민 (고려대학교 교수)
황 성 운 (가천대학교 교수)

안 광 호 (한국전자기술연구원 센터장)
최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)

이 권 형 (LG전자(주) 책임연구원)
한 상 옥 (삼성전자(주) 책임연구원)

산학연합동위원회

위 원 장 연 규 봉 (한국자동차연구원 실장)
위 원 김 민 규 (LG이노텍(주) 상무)
손 교 민 (삼성전자(주) 마스터)
이 재 규 (삼성전자(주) 마스터)
최 기 창 (서울대학교 교수)

김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)
이 용 옥 (한화시스템 부사장)
이 재 훈 (유정시스템 대표이사)
최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)

서 종 열 (LG전자(주) 그룹장)
이 재 관 (한국자동차연구원 소장)
정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)

회원관리위원회

위 원 장 선 우 경 (서울대학교 교수)
부 위 원 장 강 명 곤 (한국교통대학교 교수)
위 원 김 윤 (서울시립대학교 교수)
배 종 호 (국민대학교 교수)
유 동 훈 (디사일로 연구소장)
채 정 철 (연세대학교 교수)

김 형 진 (인하대학교 교수)
송 익 현 (한양대학교 교수)
이 상 훈 (㈜웨이브피아 대표이사)
최 웅 (숙명여자대학교 교수)

민 경 식 (국민대학교 교수)
유 경 창 (삼성전자(주) 수석연구원)
이 정 원 (서울대학교 교수)

회지편집위원회

위 원 장 양 준 성 (연세대학교 교수)
위 원 박 관 서 (연세대학교 교수)
윤 석 현 (단국대학교 교수)
최 정 욱 (한양대학교 교수)

박 승 창 (㈜유오씨 사장)
장 지 원 (연세대학교 교수)
한 태 화 (연세대학교 의료원 팀장)

안 진 호 (호서대학교 교수)
정 재 용 (인천대학교 교수)
허 준 (고려대학교 교수)

사업위원회

위 원 장(총괄) 유 찬 세 (한국전자기술연구원 센터장)
위 원 장 김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장)
선 우 경 (서울대학교 교수)
위 원 권 경 하 (한국과학기술원 교수)
신 세 운 (UNIST 교수)
이 정 원 (서울대학교 교수)
한 동 국 (국민대학교 교수)

김 중 현 (고려대학교 교수)
이 남 윤 (고려대학교 교수)
김 시 준 (강원대학교 교수)
안 호 군 (한국전자통신연구원 실장)
임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원)
허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)

김 철 우 (고려대학교 교수)
제 민 규 (한국과학기술원 교수)
송 준 영 (인천대학교 교수)
윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
장 지 수 (삼성전자(주) PE)

교육연구위원회

위 원 장 강 문 식 (강릉원주대 교수)
부 위 원 장 변 대 석 (삼성전자(주) 마스터)
위 원 김 선 욱 (고려대학교 교수)
박 영 우 (TEL 부사장)
이 영택 (ASML 전무)

동 성 수 (용인예술과학대학교 교수)
변 영 재 (UNIST 교수)
이 후 진 (한성대학교 교수)

류 현 석 (서울대학교 교수)
윤 중 윤 (㈜파두 사장)
최 병 수 (한국전자통신연구원 실장)

홍보위원회

위 원 장 정 영 모 (한성대학교 교수)
부 위 원 장 김 수 연 (동국대학교 교수)
위 원 서 민 재 (가천대학교 교수)
윤 희 인 (UNIST 교수)
정 완 영 (한국과학기술원 교수)

최 재 혁 (한국과학기술원 교수)
송 준 영 (인천대학교 교수)
이 구 순 (파이낸셜뉴스 부국장)
추 민 성 (한양대학교 교수)

심 용 (중앙대학교 교수)
이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
황 진 영 (한국항공대학교 교수)

표준화위원회

위 원 장 김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)
부 위 원 장 연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장)
위 원 권 기 원 (성균관대학교 교수)
배 준 호 (가천대학교 교수)
좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)

김 성 동 (서울과학기술대학교 교수)
이 상 근 (성균관대학교 교수)
차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장)

박 재 영 (광운대학교 교수)
이 종 목 (SOL 대표)
한 태 수 (한국전자기술연구원 연구위원)

정보화위원회

위 원 장 조 성 현 (한양대학교 교수)
위 원 권 태 수 (서울과학기술대학교 교수)
배 준 성 (강원대학교 교수)
차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수)

김 범 현 (한양대학교 교수)
임 동 구 (전북대학교 교수)
추 상 혁 (현대자동차 책임매니저)

김 중 현 (고려대학교 교수)
정 방 철 (충남대학교 교수)
한 정 환 (충남대학교 교수)

AI위원회

위 원 장	이 충 용 (연세대학교 교수)	전 세 영 (서울대학교 교수)	
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 유 철 (LG AI연구원 부문장)	백 종 덕 (연세대학교 교수)
	심 현 정 (한국과학기술원 교수)	안 상 철 (KIST 책임연구원)	윤 명 국 (이화여자대학교 교수)
	정 무 경 (주사피온코리아 CTO)	한 재 호 (고려대학교 교수)	황 원 준 (아주대학교 교수)

지부담당위원회

위 원 장	이 승 호 (한밭대학교 교수)		
위 원	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)	강 윤 희 (백석대학교 교수)	고 석 준 (제주대학교 교수)
	고 진 환 (경상대학교 교수)	공 성 호 (경북대학교 교수)	김 철 영 (충남대학교 교수)
	이 주 연 (전주비전대학교 교수)	최 수 일 (전남대학교 교수)	최 영 규 (한국교통대학교 교수)

선거관리위원회

위 원 장	이 재 홍 (서울대학교 명예교수)		
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)
	이 채 은 (인하대학교 교수)	장 익 준 (경희대학교 교수)	

포상위원회

위 원 장	최 천 원 (단국대학교 교수)		
위 원	김 종 옥 (고려대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	노 원 우 (연세대학교 교수)
	이 충 용 (연세대학교 교수)	황 인 철 (강원대학교 교수)	
위원 및 간사겸임	이 채 은 (인하대학교 교수)		

재정위원회

위 원 장	이 혁 재 (서울대학교 교수)		
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	박 성 한 (명예회장)	박 영 기 (주싸인텔레콤 대표이사)
	원 제 형 (도쿄일렉트론코리아주 대표이사)	유 창 동 (한국과학기술원 교수)	이 윤 중 (전) (주DB하이텍 부사장)
	이 충 용 (연세대학교 교수)	인 치 호 (세명대학교 교수)	조 중 휘 (인천대학교 교수)

인사위원회

위 원 장	이 혁 재 (서울대학교 교수)		
위 원	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	강 석 주 (서강대학교 교수)	이 채 은 (인하대학교 교수)
	이 충 용 (연세대학교 교수)	전 세 영 (서울대학교 교수)	

JSTS 편집위원회

위 원 장	김 재 준 (서울대학교 교수)		
위 원	강 인 만 (경북대학교 교수)	권 혁 인 (중앙대학교 교수)	김 상 범 (서울대학교 교수)
	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 재 준 (포항공과대학교 교수)	김 주 성 (한밭대학교 교수)
	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	남 일 구 (부산대학교 교수)	민 경 식 (국민대학교 교수)
	박 성 주 (한양대학교 교수)	백 광 현 (중앙대학교 교수)	신 민 철 (한국과학기술원 교수)
	신 창 환 (고려대학교 교수)	오 정 우 (연세대학교 교수)	이 가 원 (충남대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	장 호 원 (서울대학교 교수)	정 재 경 (한양대학교 교수)
	조 성 재 (이화여자대학교 교수)	조 일 환 (명지대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)
	최 우 석 (서울대학교 교수)	최 우 영 (서울대학교 교수)	한 재 덕 (한양대학교 교수)

SPC위원회

위 원 장	심 동 규 (광운대학교 교수)		
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 선 옥 (고려대학교 교수)	김 소 영 (성균관대학교 교수)
	김 영 민 (홍익대학교 교수)	김 원 준 (건국대학교 교수)	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)
	김 종 옥 (고려대학교 교수)	박 철 수 (광운대학교 교수)	백 준 기 (중앙대학교 교수)
	서 용 호 (광운대학교 교수)	송 병 철 (인하대학교 교수)	유 양 모 (서강대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 채 은 (인하대학교 교수)	전 병 우 (성균관대학교 교수)
	정 승 원 (동국대학교 교수)	조 남 익 (서울대학교 교수)	조 민 호 (고려대학교 교수)
	진 훈 (경기대학교 교수)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)	황 원 준 (아주대학교 교수)
	황 인 철 (강원대학교 교수)		

Society 명단

통신소사이터티

회 장	유 명 식 (숭실대학교 교수)	김 재 현 (아주대학교 교수)	김 진 영 (광운대학교 교수)
부 회 장	김 선 용 (건국대학교 교수)	오 정 근 (㈜ATNS 대표이사)	유 명 식 (숭실대학교 교수)
	김 훈 (인천대학교 교수)	이 정 우 (중앙대학교 교수)	최 천 원 (단국대학교 교수)
	윤 석 현 (단국대학교 교수)		
	허 준 (고려대학교 교수)		
감 사	이 재 진 (숭실대학교 교수)	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)	김 영 한 (숭실대학교 교수)
협 동 부 회 장	김 병 남 (에이스테크놀로지 연구소장)	김 연 은 (㈜브로던 대표이사)	류 승 문 (사)개인공간서비스협회 수석부위원장
	김 용 석 (㈜답스 대표이사)	김 인 경 (LG전자(주) 상무)	연 철 홈 (LG텔레콤 상무)
	박 용 석 (㈜UCT 대표이사)	방 승 찬 (한국전자통신연구원 부장)	정 진 섭 (이노와이어리스 부사장)
	이 승 호 (㈜하이게인 부사장)	이 재 훈 (유정시스템(주) 대표이사)	
	정 현 규 (한국전자통신연구원 부장)		
이 사	김 광 순 (연세대학교 교수)	김 성 훈 (한국전자통신연구원 박사)	김 정 호 (이화여자대학교 교수)
	노 윤 섭 (한국전자통신연구원 박사)	방 성 일 (단국대학교 교수)	서 철 현 (숭실대학교 교수)
	상 원 진 (서강대학교 교수)	신 오 순 (숭실대학교 교수)	신 오 안 (숭실대학교 교수)
	윤 종 호 (한국항공대학교 교수)	윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)	이 재 훈 (동국대학교 교수)
	이 중 호 (숭실대학교 교수)	이 호 경 (홍익대학교 교수)	임 종 태 (홍익대학교 교수)
	장 병 수 (이노벨루네트웍스 부사장)	조 성 현 (한양대학교 교수)	조 인 호 (에이스테크놀로지 박사)
	최 진 식 (한양대학교 교수)	허 서 원 (홍익대학교 교수)	
연구회위원장	최 지 웅 (DGIST 교수) - 통신	윤 상 민 (국민대학교 교수) - 지능형네트워크	
	조 춘 식 (한국항공대학교 교수) - 마이크로 및 전파전자	이 철 기 (아주대학교 교수) - ITS	
	김 강 욱 (경북대학교 교수) - 군사전자	허 재 두 (한국전자통신연구원 본부장) - 무선 PAN/BAN	
간 사	김 중 현 (고려대학교 교수)		

반도체소사이터티

회 장	김 진 상 (경희대학교 교수)	권 오 경 (한양대학교 교수)	김 영 환 (포항공과대학교 교수)
자 문 위 원	공 준 진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	김 희 석 (청주대학교 교수)	박 홍 준 (포항공과대학교 교수)
	김 재 석 (연세대학교 교수)	손 보 익 (㈜LX세미콘 대표이사)	신 윤 승 (반소 전임회장)
	신우명훈 (아주대학교 교수)	우 남 성 (반소 전임회장)	이 승 훈 (서강대학교 교수)
	신 현 철 (한양대학교 교수)	임 형 규 (반소 전임회장)	장 성 진 (삼성전자(주) 부사장)
	임 신 일 (서경대학교 교수)	정 연 모 (경희대학교 교수)	정 항 근 (전북대학교 교수)
	전 영 현 (삼성SDI(주) 부회장)	조 경 순 (한국외국어대학교 교수)	조 상 복 (울산대학교 교수)
	정 해 수 (Synopsis 사장)	최 기 영 (서울대학교 교수)	최 승 중 (LG전자(주) 부사장)
	조 중 회 (연세대학교 교수)		
	허 염 (실리콘마이티스 대표이사)		
감 사	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 광 엽 (서경대학교 교수)	이 한 호 (인하대학교 교수)
부 회 장	김 동 규 (한양대학교 교수)	안 기 현 (한국반도체산업협회 전무)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)
	이 희 덕 (충남대학교 교수)	장 성 진 (삼성전자(주) 부사장)	류 현 석 (서울대학교 교수)
총 무 이 사	고 형 호 (충남대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	황 상 준 (삼성전자(주) 부사장)
	박 종 선 (고려대학교 교수)	윤 찬 호 (삼성전자 마스터)	조 성 재 (가천대학교 교수)
	노 정 진 (한양대학교 교수)	유 찬 석 (삼성전자 부사장)	
편 집 이 사	한 태 희 (성균관대학교 교수)		
학 술 이 사	강 진 구 (인하대학교 교수)	김 철 우 (고려대학교 교수)	범 진 욱 (서강대학교 교수)
	변 영 재 (UNIST 교수)	송 민 규 (동국대학교 교수)	이 병 훈 (포항공과대학교 교수)
	이 승 호 (한밭대학교 교수)	이 혁 재 (서울대학교 교수)	이 희 덕 (충남대학교 교수)
	인 치 호 (세명대학교 교수)	정 진 규 (전북대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)
	최 우 영 (연세대학교 교수)	최 창 환 (한양대학교 교수)	
사 업 이 사	강 운 병 (삼성전자(주) 마스터)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	공 정 택 (성균관대학교 교수)
	김 동 순 (세종대학교 교수)	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)
	김 용 석 (성균관대학교 교수)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	김 중 선 (홍익대학교 교수)
	백 광 현 (중앙대학교 교수)	변 대 석 (삼성전자(주) 마스터)	손 교 민 (삼성전자(주) 마스터)
	송 용 호 (삼성전자(주) 부사장)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 연구위원)	오 정 우 (연세대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	조 태 제 (삼성전자(주) 고문)	최 규 영 (서울대학교 교수)
	최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)	최 윤 경 (고려대학교 교수)	최 준 립 (경북대학교 교수)
재 무 이 사	권 기 원 (성균관대학교 교수)	이 성 수 (숭실대학교 교수)	
산 학 이 사	김 경 수 (넥스트칩 대표이사)	김 동 현 (CTK 사장)	김 보 은 (라온텍 사장)
	김 준 석 (ADT 사장)	나 준 호 (㈜LX세미콘 전무)	손 재 철 (어보브반도체 부사장)
	송 태 훈 (휴인스 사장)	신 용 석 (케이던스코리아 사장)	이 도 영 (옵토레인 사장)
	이 윤 중 (동부하이텍 부사장)	이 장 규 (텔레칩스 대표이사)	
회 원 이 사	노 원 우 (연세대학교 교수)	문 용 (숭실대학교 교수)	
연구회위원장	최 우 영 (서울대학교 교수) - 반도체소자및재료	김 상 인 (아주대학교 교수) - 광파밍및자전자공학	
	김 종 선 (홍익대학교 교수) - SoC설계	김 영 진 (한국항공대학교 교수) - RF집적회로	
	정 원 영 (대성에스엔이 부분부장) - PCB&Package	김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장) - 정보보안시스템	
	정 의 준 (경희대학교 교수) - 내방사선 반도체 설계 및 소자	김 한 구 (삼성전자공과대학교 교수) - ESD/EOS & Latchup	
	노 원 우 (연세대학교 교수) - 인 메모리 컴퓨팅		
협 동 위 원	강 영 곤 (한국교통대학교 교수)	강 석 형 (포항공과대학교 교수)	권 구 덕 (강원대학교 교수)
	권 영 수 (한국전자통신연구원 책임연구원)	김 수 연 (동국대학교 교수)	김 영 민 (홍익대학교 교수)
	김 재 욱 (KIST 그룹장)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	류 성 주 (숭실대학교 교수)
	박 성 정 (건국대학교 교수)	송 준 영 (인천대학교 교수)	양 준 성 (연세대학교 교수)
	오 윤 호 (성균관대학교 교수)	윤 명 국 (이화여자대학교 교수)	이 영 주 (포항공과대학교 교수)
	이 우 주 (중앙대학교 교수)	이 윤 명 (성균관대학교 교수)	이 영 민 (고려대학교 교수)
	전 동 석 (서울대학교 교수)	전 성 훈 (삼성전자(주) 상무)	정 무 경 (㈜사피온코리아 CTO)
	정 윤 호 (한국항공대학교 교수)	제 민 규 (KAIST 교수)	채 형 일 (건국대학교 교수)
	최 재 혁 (KAIST 교수)	최 재 혁 (성균관대학교 교수)	추 민 성 (한양대학교 교수)
	한 정 환 (충남대학교 교수)	황 태 호 (한국전자기술연구원 센터장)	김 태 환 (한국항공대학교 교수)

컴퓨터소사이터티

회 명 예 회 장

최용수 (신한대학교 교수)
강문식 (강릉원주대학교 교수)
박인성 (단국대학교 명예교수)
장영규 (홍익대학교 교수)
홍성민 (가천대학교 교수)
권영철 (강원대학교 교수)

김승천 (한성대학교 교수)
박준영 (한국교통대학교 교수)
안현식 (동명대학교 교수)
허영 (스마트의료기기산업진흥재단 부이사장)

김형중 (고려대학교 교수)
신인철 (단국대학교 명예교수)
이규대 (공주대학교 교수)
홍유식 (상지대학교 교수)

자 문 위 원
감 부 회 장

변영재 (UNIST 교수)
김도현 (제주대학교 교수)
조민호 (고려대학교 교수)
강상욱 (상명대학교 교수)
박성욱 (강릉원주대학교 교수)
이기영 (인천대학교 교수)

남상엽 (국제대학교 교수)
박수현 (국민대학교 교수)
심정연 (강남대학교 교수)

정교일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
윤은준 (경일대학교 교수)

협동부회장

김진홍 (배재대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
강병권 (순천향대학교 교수)
김정욱 (경희대학교 교수)

김병서 (홍익대학교 교수)
우운택 (한국과학기술원 교수)
이후진 (한성대학교 교수)

김영학 (산업기술평가관리원 본부장)
유성철 (LG히다씨 본부장)
정은성 (홍익대학교 교수)

총무이사
재무이사
총무이사
재무이사

노소영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)
고한열 (고려대학교 교수)

기장근 (공주대학교 교수)
김천식 (세종대학교 교수)
심규성 (한경대학교 교수)
이민호 (경북대학교 교수)
이찬수 (영남대학교 교수)

김선욱 (고려대학교 교수)
김한울 (서울과학기술대학교 교수)
윤상훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
이세호 (전북대학교 교수)
정해명 (김포대학교 교수)

학 술 이 사

김홍규 (다스파워 이사)
이충규 (조선대학교 교수)
한상민 (순천향대학교 교수)
황석중 (SK Telecom 박사)
박승창 (㈜우씨 사장)

김명선 (한성대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
임경원 (대림대학교 교수)
한영선 (부경대학교 교수)
황재정 (군산대학교 교수)
차시호 (청운대학교 교수)
김은영 (투와이시스템즈 이사)
송치봉 (웨이버스 이사)
이재홍 (유비벨록스모바일 대표이사)
조병영 (㈜태진인포텍 전무)

김종윤 (경동대학교 교수)
이정선 (울지대학교 교수)
임재균 (명지병원 소장)
한태화 (연세대학교 의료원 팀장)

사 업 이 사
산 학 이 사

김대희 (한국정보통신 대표이사)
서봉상 (㈜올포랜드 이사)
오승훈 (주얼린 대표이사)
조병순 (CNC instrument 사장)

황진영 (한국항공대학교 교수)
김호선 (연세세브란스병원 연구원)
신동희 (대보정보통신 부장)
이학준 (이노지에스코리아 연구소장)
진훈 (경기대학교 교수)

연구회위원장

심정연 (강남대학교 교수) - 멀티미디어
윤은준 (경일대학교 교수) - 융합컴퓨팅
김도현 (제주대학교 교수) - M2M/IoT
황성운 (가천대학교 교수) - 인공지능 및 보안
정은성 (홍익대학교 교수) - 블록체인

진훈 (경기대학교 교수) - 휴먼ICT
이민호 (경북대학교 교수) - 인공지능/신경망/퍼지
우운택 (한국과학기술원 교수) - 증강현실
김명선 (한성대학교 교수) - AI응용

인공지능 신호처리소사이터티

회 명 예 회 장

송병철 (인하대학교 교수)
김정태 (이화여자대학교 교수)
김홍국 (광주과학기술원 교수)
이영렬 (세종대학교 교수)
홍민철 (숭실대학교 교수)

김종욱 (고려대학교 교수)
박종일 (한양대학교 교수)
전병우 (성균관대학교 교수)

김창익 (한국과학기술원 교수)
심동규 (광운대학교 교수)
조담익 (서울대학교 교수)

부 회 장
협동부회장

고병철 (계명대학교 교수)
강진 (LG전자 연구위원)
김진웅 (한국전자통신연구원 그룹장)
여종철 (한국과학기술원 교수)
이찬수 (영남대학교 교수)

전세영 (서울대학교 교수)
권기웅 (부경대학교 교수)
김창수 (고려대학교 교수)
윤재웅 (LG전자 연구위원)
지인호 (홍익대학교 교수)

정승원 (고려대학교 교수)
김남수 (서울대학교 교수)
백준기 (중앙대학교 교수)
이병욱 (이화여자대학교 교수)
최강선 (한국기술교육대학교 교수)

이 사

최병호 (한국전자기술연구원 센터장)
이재은 (인하대학교 교수)
고종환 (성균관대학교 교수)
곽수영 (한밭대학교 교수)
김승태 (고려대학교 교수)
김태현 (한양대학교 교수)
김휘영 (경희대학교 교수)
박인규 (인하대학교 교수)
신종원 (광주과학기술원 교수)

하정우 (네이버 AI연구소장)
강제원 (이화여자대학교 교수)
고현석 (한양대학교 교수)
곽수하 (포스텍 교수)
김준모 (한국과학기술원 교수)
김학구 (중앙대학교 교수)
박상현 (DGIST 교수)
박철수 (광운대학교 교수)
심재영 (UNIST 교수)
우상민 (한국기술교육대학교 교수)

한재준 (삼성전자(주) 마스터)
고영준 (충남대학교 교수)
곽노준 (서울대학교 교수)
구본학 (LG전자 연구원)
김진규 (고려대학교 교수)
김한울 (서울과학기술대학교 교수)
박영경 (이화여자대학교 교수)
백승덕 (연세대학교 교수)
심현정 (연세대학교 교수)
우유택 (한국과학기술원 교수)

유현우 (UNIST 교수)

이덕우 (계명대학교 교수)
이유구 (광운대학교 교수)
장준혁 (한양대학교 교수)
정영주 (숙명여자대학교 교수)
조성인 (동국대학교 교수)
최종길 (한밭대학교 교수)
최종원 (중앙대학교 교수)
한보현 (서울대학교 교수)
홍성진 (인하대학교 교수)

유정인 (한화디펜스 연구원)
이범식 (조선대학교 교수)
이철 (동국대학교 교수)
전세영 (서울대학교 교수)
정희철 (경북대학교 교수)
조성현 (포스텍 교수)
최성준 (고려대학교 교수)
최종현 (연세대학교 교수)
한재호 (고려대학교 교수)

이금하 (KT 연구원)
이상철 (인하대학교 교수)
임성훈 (DGIST 교수)
정교일 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
조동현 (충남대학교 교수)
차영수 (고려대학교 교수)
최욱 (인천대학교 교수)
최해철 (한밭대학교 교수)
함범섭 (연세대학교 교수)

협 동 이 사

권진태 (고려대학교 교수)
김광호 (한국전자통신연구원 연구원)
김성주 (성균관대학교 교수)
김원하 (경희대학교 교수)
김종민 (강원대학교 교수)
김해광 (세종대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
박진현 (성균관대학교 교수)
서영호 (광운대학교 교수)
손광훈 (연세대학교 교수)

황효석 (경희대학교 교수)
김현수 (충북대학교 교수)
구형일 (아주대학교 교수)
김기백 (숭실대학교 교수)
김재준 (연세대학교 교수)
김재근 (한국항공대학교 교수)
김종우 (한국항공우주연구원 연구원)
남승우 (한국전자통신연구원 연구원)
박성운 (명지대학교 교수)
박종준 (광운대학교 교수)
서정일 (한국전자통신연구원 박사)
송진호 (연세대학교 교수)

곽노준 (서울대학교 교수)
권구락 (조선대학교 교수)
김동현 (연세대학교 교수)
김용환 (한국전자기술연구원 수석연구원)
김정진 (계명대학교 교수)
김진우 (경성대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
박성훈 (한국과학기술원 교수)
배성호 (경희대학교 교수)
서진근 (연세대학교 교수)
신재섭 (주픽스트리 대표이사)

감사
총무
연구회위원장

신지태 (성균관대학교 교수)	심학준 (캐논메디칼시스템즈코리아 박사)	양현중 (UNIST 교수)
여영정현 (연세대학교 교수)	엄일규 (부산대학교 교수)	오세홍 (한국외국어대학교 교수)
오태현 (포스텍 교수)	유명호 (인텔리빅스 대표이사)	유양모 (서강대학교 교수)
윤근진 (한국과학기술원 교수)	윤일동 (한국외국어대학교 교수)	이기승 (건국대학교 교수)
이상근 (중앙대학교 교수)	이상윤 (연세대학교 교수)	이상현 (DGIST 교수)
이상훈 (연세대학교 교수)	이승웅 (포스텍 교수)	이연정 (경북대학교 교수)
이인진 (서울과학기술대학교 교수)	이창원 (한국항공대학교 교수)	이재성 (서울대학교 교수)
이종석 (연세대학교 교수)	이종실 (한국전자기술연구원 책임연구원)	이종하 (계명대학교 교수)
이준재 (계명대학교 교수)	이준호 (성균관대학교 교수)	이창우 (가톨릭대학교 교수)
임재열 (한국기술교육대학교 교수)	임재윤 (제주대학교 교수)	임종우 (한양대학교 교수)
장세진 (한국전자기술연구원 센터장)	장용준 (제주한라대학교 교수)	장인수 (한국전자통신연구원 연구원)
전기완 (국가수리과학연구소 박사)	전해근 (광주과학기술원 교수)	정미라 (계명대학교 교수)
장원기 (고려대학교 교수)	정찬호 (한밭대학교 교수)	정호기 (한국교통대학교 교수)
정호열 (영남대학교 교수)	정홍 (HDXMILL 박사)	조승룡 (한국과학기술원 교수)
조윤지 (네이버 연구원)	진현성 (제주대학교 교수)	최승호 (서울과학기술대학교 교수)
최윤식 (연세대학교 교수)	최장환 (이화여자대학교 교수)	최준원 (한양대학교 교수)
최현철 (영남대학교 교수)	한종기 (세종대학교 교수)	최용석 (아주대학교 교수)
홍성훈 (전남대학교 교수)	황도식 (연세대학교 교수)	황성주 (한국과학기술원 교수)
황영배 (충북대학교 교수)		
김휘웅 (경희대학교 교수)	한재호 (고려대학교 교수)	
민동보 (이화여자대학교 교수)		
장석주 (서강대학교 교수) - 영상신호처리	김원준 (건국대학교 교수) - 영상이해	
이종호 (서울대학교 교수) - 바이오영상신호처리	황원준 (아주대학교 교수) - 딥러닝	
장길진 (경북대학교 교수) - 음향 및 음성신호처리	김성우 (서울대학교 교수) - 로봇 지능	

시스템 및 제어소사이터

회장	장영진 (한국생산기술연구원 수석연구원)	주영복 (한국기술교육대학교 교수)	김기연 (한국산업기술시험원 선임연구원)
감회장	이덕진 (전북대학교 교수)	정길도 (전북대학교 교수)	
사	김영철 (군산대학교 교수)	강성복 (한국생산기술연구원 수석연구원)	
편집/학술이사	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)		
홍보이사	최현택 (한국해양과학기술원 책임연구원)	문태주 (주)부일하우징 대표이사	신대현 (주)대연씨앤아이 대표이사
산학연이사	김광식 (㈜소울아이티 전무)		
	유병길 (현대전기주 대표이사)	김수찬 (한경대학교 교수)	김종만 (전남도립대학교 교수)
회원이사	권오민 (충북대학교 교수)	김호철 (울지대학교 교수)	남기창 (동국대학교 교수)
	김지홍 (전주비전대학교 교수)	문정호 (강릉원주대학교 교수)	박명진 (경희대학교 교수)
	류지형 (한국전자통신연구원 박사)	변영재 (UNIST 교수)	서영석 (영남대학교 교수)
	박재병 (전북대학교 교수)	여희주 (대전대학교 교수)	유재현 (한경대학교 교수)
	송철규 (전북대학교 교수)	이수열 (경희대학교 교수)	이용규 (한국전자통신연구원 선임연구원)
	이상준 (선문대학교 교수)	이학상 (세종대학교 교수)	정재훈 (동국대학교 교수)
	이태희 (전북대학교 교수)	최우영 (전북대학교 교수)	한아 (한국산업기술시험원 선임연구원)
	최수범 (KISTI 연구원)	최희식 (서울시립대학교 교수)	박종국 (경희대학교 교수)
자문위원	최덕원 (연세대학교 교수)	오성록 (KIST 부원장)	오승록 (단국대학교 교수)
	서일웅 (한양대학교 교수)	유정봉 (공주대학교 교수)	허경무 (단국대학교 교수)
	오창현 (고려대학교 교수)		
연구회위원장	김규식 (서울시립대학교 교수) - 전력전자	한수희 (포항공과대학교 교수) - 제어계측	
	남기창 (동국대학교 교수) - 의용전자 및 생체공학	정재훈 (동국대학교 교수) - 지능로봇	
	이성준 (한양대학교 교수) - 회로 및 시스템	이석재 (대구보건대학교 교수) - 국방정보 및 제어	
	연규봉 (한국자동차연구원 센터장) - 자동차전자	오창현 (고려대학교 교수) - 의료영상시스템	
	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 스마트팩토리	정범진 (서울과학기술대학교 교수) - 스마트미터링	

산업전자소사이터

회장	김은원 (대림대학교 교수)	김동식 (인하공업전문대학 교수)	남상엽 (국제대학교 교수)
명예회장	강창수 (유한대학교 교수)	윤기방 (인천대학교 교수)	이병선 (김포대학교 교수)
	원영진 (부천대학교 교수)	이원석 (동양미래대학교 교수)	
자문위원	이상희 (동서울대학교 교수)	김용민 (충청대학교 교수)	이상준 (수원과학대학교 교수)
	김대휘 (한국정보기술 대표이사)	최영일 (조선이공대학교 교수)	한성준 (아이티센 고문)
	조규남 (로봇신문사 대표이사)		
수석부회장	조정환 (인하공업전문대학 교수)		
상임이사	김남섭 (서일대학교 교수)	김상범 (한국폴리텍대학 교수)	김영로 (명지전문대학교 교수)
	김영선 (대림대학교 교수)	김현 (부천대학교 교수)	서병석 (상지대학교 교수)
	서준원 (K-ME지능정보기술 대표이사)	임우용 (인하공업전문대학 교수)	원우연 (한국폴리텍대학 교수)
	윤종현 (조선이공대학교 교수)	이시현 (동서울대학교 교수)	원도현 (인하공업전문대학 교수)
협동상임이사	강현석 (로보월드코리아 대표이사)	권오병 (㈜캐이티아이 전무이사)	김세종 (㈜SJ정보통신 이사)
	김윤철 (㈜트라콤 상무이사)	김정석 (㈜오디에이테크놀로지 대표이사)	박현영 (㈜보교텍 대표이사)
	서분상 (㈜올포랜드 이사)	서승현 (㈜글로벌텔레콤 대표이사)	성재용 (㈜오픈링크시스템 대표이사)
	송광식 (㈜아이티웨이 상무이사)	송광현 (복두출판사 대표이사)	송지봉 (웨이버스 대표이사)
	유성철 (㈜클로센 상무이사)	이영준 (㈜투비콤 대표이사)	장대현 (㈜LG CNS 상무이사)
	전한수 (㈜세립TSG 전무이사)	조병영 (㈜태진인포텍 대표이사)	조한일 (㈜하이제이컨설팅 대표이사)
	최석우 (㈜한국정보기술 상무이사)	Gemma 김 (엔티데이타 이사)	
이사	김희훈 (여주대학교 교수)	구자일 (인하공업전문대학 교수)	권오상 (경기과학기술대학교 교수)
	권윤중 (세명대학교 교수)	김대수 (전주비전대학교 교수)	김덕수 (동양미래대학교 교수)
	김백기 (강릉원주대학교 교수)	김종오 (동양미래대학교 교수)	김대원 (성지대학교 교수)
	김필중 (조선이공대학교 교수)	성홍석 (부천대학교 교수)	안태원 (동양미래대학교 교수)
	우찬일 (서일대학교 교수)	이문구 (김포대학교 교수)	이성재 (대림대학교 교수)
	이종구 (한림성심대학교 교수)	이주연 (전주비전대학교 교수)	장기동 (동양미래대학교 교수)
	정성수 (동양미래대학교 교수)		
협동이사	변용필 (㈜넷케이아이 전무이사)	고강일 (이지테크 대표이사)	곽정희 (㈜한국정보기술 부장)
	김응연 (㈜인터그래픽 대표이사)	김철동 (㈜클로센 책임연구원)	신동희 (㈜대보정보통신 부장)
	신우현 (시티랩스 이사)	오재곤 (㈜한국정보기술 상무이사)	이경원 (㈜동해종합기술공사 상무이사)
	이병건 (㈜오픈링크시스템 이사)	이성대 (시티랩스 이사)	이승민 (㈜투시스템 대표이사)
	이승태 (㈜하나텍시스템 이사)	이용우 (㈜쌍용정보통신 상무이사)	이지학 (㈜송암시스템 대표이사)
	임준섭 (㈜대신정보통신 차장)	장기웅 (㈜나날에스엠아이 부장)	장철 (㈜우송정보기술 대표이사)
	정민우 (㈜대보정보통신 상무이사)	한찬석 (㈜동해종합기술공사 부사장)	
감사	동성수 (웅인예술과학대학교 교수)	이태동 (국제대학교 교수)	

제24대 평의원 명단

강명곤 (한국교통대학교 교수)	강문식 (강릉원주대학교 교수)	강민석 (LGO노텍 부사장)
강석주 (서강대학교 교수)	강석판 (LG전자 상무)	강석형 (포항공과대학교 교수)
강성원 (한국전자통신연구원 소장)	강운희 (백석대학교 교수)	강제원 (이화여자대학교 교수)
강진구 (인하대학교 교수)	고병철 (계명대학교 교수)	고석준 (제주대학교 교수)
고성제 (고려대학교 교수)	고정환 (인하공업전문대학 교수)	고진환 (경상대학교 교수)
고형호 (충남대학교 교수)	공배선 (성균관대학교 교수)	공성호 (경북대학교 교수)
공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	곽진태 (고려대학교 교수)	구민석 (인천대학교 교수)
구본태 (한국전자통신연구원 책임연구원)	구용서 (단국대학교 교수)	권건우 (홍익대학교 교수)
권구덕 (강원대학교 교수)	권기룡 (부경대학교 교수)	권오경 (한양대학교 석좌교수)
권오규 (인하대학교 교수)	권종기 (한국전자통신연구원 연구전문위원)	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
권태수 (서울과학기술대학교 교수)	권혁인 (중앙대학교 교수)	권호열 (정보통신정책연구원 원장)
김경기 (대구대학교 교수)	김광수 (서강대학교 교수)	김광순 (연세대학교 교수)
김규식 (서울시립대학교 교수)	김남 (충북대학교 교수)	김달수 (티엘아이 대표이사)
김대순 (전주비전대학교 교수)	김덕진 (고려대학교 명예교수)	김도현 (국민대학교 명예교수)
김도현 (제주대학교 교수)	김동규 (한양대학교 교수)	김동식 (인하공업전문대학 교수)
김동현 (CTK 대표이사)	김명선 (한성대학교 교수)	김명준 (한국전자통신연구원 원장)
김병서 (홍익대학교 교수)	김봉태 (한국전자통신연구원 소장)	김부균 (송실대학교 교수)
김상원 (서강대학교 교수)	김성태 (한국산업기술평가관리원 연구위원)	김선웅 (건국대학교 교수)
김선욱 (고려대학교 교수)	김성대 (한국과학기술원 명예교수)	김성우 (서울대학교 교수)
김성진 (울산과학기술원 교수)	김소영 (성균관대학교 교수)	김수연 (동국대학교 교수)
김수중 (경북대학교 명예교수)	김수찬 (한경대학교 교수)	김수환 (서울대학교 교수)
김승천 (한성대학교 교수)	김시호 (연세대학교 교수)	김영권 (후레대학교 명예총장)
김영로 (명지전문대학교 교수)	김영민 (서울대학교 교수)	김영민 (홍익대학교 교수)
김영선 (대림대학교 교수)	김영재 (해동과학문화재단 이사장)	김영진 (한국항공대학교 교수)
김영진 (한국생산기술연구원 수석연구원)	김영철 (군산대학교 교수)	김영한 (UC San Diego/기우스랩스 교수/대표이사)
김용규 (한국철도기술연구원 수석연구원)	김용석 (성균관대학교 교수)	김용신 (고려대학교 교수)
김원중 (한국전자통신연구원 책임연구원)	김원준 (건국대학교 교수)	김유선 (LGO노텍 TASK LEADER)
김유철 (LG AI연구원 부부장)	김윤 (서울시립대학교 교수)	김은원 (대림대학교 교수)
김익균 (한국전자통신연구원 본부장)	김재현 (아주대학교 교수)	김재희 (연세대학교 명예교수)
김정범 (강원대학교 교수)	김정호 (이화여자대학교 교수)	김종선 (홍익대학교 교수)
김종욱 (고려대학교 교수)	김주성 (한밭대학교 교수)	김준모 (한국과학기술원 교수)
김지훈 (이화여자대학교 교수)	김진상 (경희대학교 교수)	김진영 (광운대학교 교수)
김진태 (건국대학교 교수)	김창수 (고려대학교 교수)	김창익 (한국과학기술원 교수)
김철영 (충남대학교 교수)	김철우 (고려대학교 교수)	김태욱 (연세대학교 교수)
김태진 (더즈텍 대표이사)	김한구 (삼성전자공과대학교 교수)	김현 (서울과학기술대학교 교수)
김현 (부천대학교 교수)	김현수 (삼성전자) 상무	김현철 (울산대학교 교수)
김형준 (한국과학기술연구원 소장)	김형진 (인하대학교 교수)	김형탁 (홍익대학교 교수)
김홍국 (광주과학기술원 교수)	김훈 (인천대학교 교수)	나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
남궁선 (유니트론텍 부회장)	남기창 (동국대학교 교수)	남상욱 (서울대학교 교수)
남일구 (부산대학교 교수)	노원우 (연세대학교 교수)	노정진 (한양대학교 교수)
노태문 (한국전자통신연구원 센터장/책임연구원)	동성수 (웅인송담대학교 교수)	류수정 (사피온코리아 대표이사)
류승탁 (한국과학기술원 교수)	문병인 (경북대학교 교수)	문영식 (한양대학교 교수)
문웅 (송실대학교 교수)	민경식 (국민대학교 교수)	민동보 (이화여자대학교 교수)
박규태 (연세대학교 명예교수)	박부건 (포항공과대학교 교수)	박성민 (이화여자대학교 교수)
박성욱 (SK하이닉스 부회장)	박성욱 (강릉원주대학교 교수)	박성한 (한양대학교 명예교수)
박수현 (국민대학교 교수)	박영훈 (숙명여자대학교 교수)	박인규 (인하대학교 교수)
박종선 (고려대학교 교수)	박종일 (한양대학교 교수)	박진욱 (육군사관학교 명예교수)
박항구 (소암시스템 회장)	배준성 (강원대학교 조교수)	배준호 (가천대학교 교수)
배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)	백광현 (중앙대학교 교수)	백상헌 (고려대학교 교수)
백준기 (중앙대학교 교수)	범진욱 (서강대학교 교수)	변대석 (삼성전자) 마스터
변영재 (울산과학기술원 교수)	서승우 (서울대학교 교수)	서정욱 (전) 과학기술부 장관
서창호 (한국과학기술원 교수)	선우경 (서울대학교 교수)	선우영훈 (아주대학교 교수)
성광모 (서울대학교 명예교수)	성원진 (서강대학교 교수)	손교민 (삼성전자) 마스터
손보익 (IX세미콘 대표이사)	손일수 (서울과학기술대학교 교수)	송문섭 (삼척 회장)
송민규 (동국대학교 교수)	송민협 (한국전자통신연구원 선임연구원)	송병철 (인하대학교 교수)
송상헌 (중앙대학교 교수)	송준영 (인천대학교 교수)	신오순 (송실대학교 교수)
신요안 (송실대학교 교수)	신창환 (고려대학교 교수)	신현철 (광운대학교 교수)
심동규 (광운대학교 교수)	심정연 (강남대학교 교수)	안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원)
안승권 (연암공과대학교 총장)	안현식 (동명대학교 교수)	안호균 (한국전자통신연구원 실장)
양준성 (연세대학교 교수)	엄낙웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)	여희주 (대진대학교 교수)
연규봉 (한국자동차연구원 팀장/수석연구원)	예종철 (한국과학기술원 교수)	오상록 (한국과학기술연구원 강릉분원장)
오성근 (아주대학교 교수)	오윤호 (고려대학교 교수)	오의열 (LG디스플레이 연구위원)
오정훈 (삼성전자) 마스터	우성민 (한국기술교육대학교 교수)	우윤택 (한국과학기술원 교수)
우정호 (비전렉스트 대표이사)	원제형 (도쿄일렉트론코리아 대표이사)	유동훈 (삼성전자) 전문
유명식 (송실대학교 교수)	유윤섭 (한경대학교 교수)	유정봉 (공주대학교 교수)
유찬세 (한국전자기술연구원 센터장)	유창동 (한국과학기술원 교수)	유창식 (삼성전자) 전문

윤 광 석 (인하대학교 교수)
 윤 석 진 (한국과학기술연구원 원장)
 윤 영 권 (삼성전자㈜ 마스터)
 이 강 윤 (성균관대학교 교수)
 이 규 대 (공주대학교 교수)
 이 남 윤 (고려대학교 교수)
 이 동 규 (카카오모빌리티 부사장)
 이 상 만 (시스템에이트 대표이사)
 이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)
 이 성 수 (숭실대학교 교수)
 이 승 용 (포항공과대학교 교수)
 이 영 렬 (세종대학교 교수)
 이 재 관 (한국자동차연구원 본부장)
 이 재 훈 (서울대학교 명예교수)
 이 정 원 (서울대학교 선임연구원)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 창 한 (한국반도체산업협회 상근부회장)
 이 철 (동국대학교 교수)
 이 충 웅 (서울대학교 명예교수)
 이 한 림 (중앙대학교 교수)
 이 형 민 (고려대학교 교수)
 인 치 호 (세명대학교 교수)
 임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
 장 석 호 (건국대학교 교수)
 전 국 진 (서울대학교 명예교수)
 전 선 익 (파이낸셜뉴스 사장)
 전 흥 훈 (성균관대학교 교수)
 정 길 도 (전북대학교 교수)
 정 범 진 (한국외국어대학교 교수)
 정 웅 규 (울지대학교 교수)
 정 은 승 (삼성전자㈜ 사장)
 정 중 문 (연세대학교 교수)
 정 진 규 (전북대학교 교수)
 조 경 순 (한국외국어대학교 교수)
 조 민 호 (고려대학교 교수)
 조 영 민 (SkyMirr CEO)
 조 현 중 (강원대학교 교수)
 차 철 용 (한국전자기술연구원 센터장)
 채 주 형 (광운대학교 교수)
 최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)
 최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)
 최 승 범 (삼성전자㈜ 부사장)
 최 용 수 (신한대학교 교수)
 최 윤 석 (한밭대학교 교수)
 최 중 호 (서울시립대학교 교수)
 최 창 식 (DB하이텍 부회장)
 한 동 석 (경북대학교 교수)
 한 재 호 (고려대학교 교수)
 함 범 섭 (연세대학교 교수)
 허 준 (고려대학교 교수)
 홍 대 식 (연세대학교 교수)
 홍 유 식 (상지대학교 교수)
 홍 철 호 (중앙대학교 교수)
 황 원 준 (아주대학교 교수)
 황 인 태 (전남대학교 교수)

윤 명 국 (이화여자대학교 교수)
 윤 석 현 (단국대학교 교수)
 윤 일 구 (연세대학교 교수)
 이 경 중 (연세대학교 교수)
 이 규 복 (한국전자기술연구원 부원장)
 이 덕 기 (연암공과대학교 교수)
 이 문 기 (연세대학교 명예교수)
 이 상 설 (한양대학교 명예교수)
 이 석 호 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 이 성 준 (한양대학교 교수)
 이 승 은 (서울과학기술대학교 교수)
 이 윤 식 (울산과학기술원 교수)
 이 재 성 (고려대학교 교수)
 이 재 훈 (유정시스템 대표이사)
 이 중 호 (숭실대학교 교수)
 이 주 연 (전주비전대학교 교수)
 이 채 은 (인하대학교 교수)
 이 철 (동국대학교 교수)
 이 태 동 (국제대학교 교수)
 이 한 호 (인하대학교 교수)
 이 흥 노 (광주과학기술원 교수)
 임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원)
 임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)
 장 성 진 (삼성전자㈜ 부사장)
 전 동 석 (서울대학교 교수)
 전 세 영 (서울대학교 교수)
 전 흥 태 (중앙대학교 명예교수)
 정 민 수 (라운텍 부사장)
 정 성 영 (차세대융합기술연구원 선임연구원)
 정 원 영 (태성에스엔이 부본부장)
 정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)
 정 준 (솔리드 대표이사)
 정 해 준 (경희대학교 교수)
 조 남 익 (서울대학교 교수)
 조 성 인 (동국대학교 교수)
 조 중 휘 (인천대학교 교수)
 조 해 정 (삼성물산 그룹장)
 차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수)
 천 경 준 (씨젠 회장)
 최 광 표 (삼성전자㈜ 마스터)
 최 성 민 (해치텍 대표이사)
 최 승 중 (LG전자 부사장)
 최 우 영 (연세대학교 교수)
 최 재 혁 (한국과학기술원 교수)
 최 진 성 (도이치텔레콤 부사장)
 최 천 원 (단국대학교 교수)
 한 영 선 (부경대학교 교수)
 한 정 환 (충남대학교 교수)
 함 철 철 (삼성전자㈜ 마스터)
 현 유 진 (대구경북과학기술원 책임연구원)
 홍 민 철 (숭실대학교 교수)
 홍 인 기 (경희대학교 교수)
 황 성 운 (가천대학교 교수)
 황 인 정 (명지병원 수석연구원)
 황 진 영 (한국항공대학교 교수)

윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
 윤 성 로 (서울대학교 교수)
 윤 중 용 (한국공학대학교육인증 이사장)
 이 광 영 (서경대학교 교수)
 이 규 필 (삼성전자㈜ 부사장)
 이 덕 진 (전북대학교 교수)
 이 병 선 (김포대학교 교수)
 이 상 윤 (연세대학교 교수)
 이 석 희 (SK하이닉스 대표이사)
 이수 민 (한국센서연구소 대표이사)
 이 승 호 (한밭대학교 교수)
 이 인 규 (고려대학교 교수)
 이 재 진 (숭실대학교 교수)
 이 정 우 (중앙대학교 교수)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
 이 천 희 (전) 청주대학교 교수)
 이 중 용 (연세대학교 교수)
 이 태 원 (고려대학교 명예교수)
 이 혁 재 (서울대학교 교수)
 이 희 덕 (충남대학교 교수)
 임 신 일 (서경대학교 교수)
 장 길 진 (경북대학교 교수)
 장 익 준 (경희대학교 교수)
 전 병 우 (성균관대학교 교수)
 전 영 현 (삼성SDI 부회장)
 정 교 일 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
 정 방 철 (충남대학교 교수)
 정 승 원 (고려대학교 교수)
 정 윤 호 (한국항공대학교 교수)
 정 정 화 (한양대학교 석좌교수)
 정 진 곤 (중앙대학교 교수)
 제 민 규 (한국과학기술원 교수)
 조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
 조 성 현 (한양대학교 교수)
 조 진 웅 (한국전자기술연구원 센터장/수석연구원)
 진 훈 (경기대학교 교수)
 채 영 철 (연세대학교 교수)
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
 최 병 수 (부경대학교 교수)
 최 수 일 (전남대학교 교수)
 최 영 규 (한국교통대학교 교수)
 최 웅 (숙명여자대학교 교수)
 최 준 림 (경북대학교 교수)
 최 창 범 (한밭대학교 교수)
 최 현 택 (한국해양과학기술원 책임연구원)
 한 은 혜 (에스에스엔씨 대표이사)
 한 태 희 (성균관대학교 교수)
 허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 홍 국 태 (LX세미론 연구위원)
 홍 승 훈 (인하대학교 명예교수)
 홍 제 형 (한양대학교 교수)
 황 승 훈 (동국대학교 교수)
 황 인 철 (강원대학교 교수)

사무국 직원 명단

송기원 국장 - 기획, 산학연, 신규 사업, 자문/서울IT포럼, 지부, 인사, 규정, 회장단 관련, 대외협력 및 업무총괄

이안소 부장 - 하계학술대회, 주요 운영회의(이사회, 평의원회 및 총회), 총무업무(선거, 공문수발, 임원관련, 송년회, 포상 및 Wiset 등), 산업전자소사이버티

배지영 부장 - 국제학술대회 총괄(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 사업(기술워크샵 등), 추계학술대회, 컴퓨터소사이버티, 시스템 및 제어소사이버티

배기동 부장 - AI 관련, 국문지, 학회지, 표준화, 용역, 기타 지원업무, 인공지능 신초처리소사이버티

변은정 부장 - 본회/소사이버티/연구회 재무, 회원관리(개인회원 및 특별회원), 홍보, 통신소사이버티

김천일 차장 - 정보화 관련(웹사이트 관리 및 온라인/디지털 업무지원 등), 교육, 전산장비 관리, 반도체소사이버티

성다희 서기 - 국제학술대회 담당(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 외국 기관과 국제협력(Joint Award 등), JSTS 및 SPC 발간

신 · 년 · 사



이 혁 재 회장
(대한전자공학회)

**존경하는 대한전자공학회 회원 여러분,
계묘년 새해를 맞이하여 회원 여러분의 가정에
건강과 행운이 함께하시기를 기원합니다.**

대한전자공학회는 1946년에 설립되어 올해로 77주년을 맞이하였습니다. 대한전자공학회는 회원 여러분의 많은 관심과 열정으로 지속적인 성장을 거듭해 오고 있으며, 2023년 1월 현재 38,105명의 개인회원과 70개 기관의 특별 회원을 보유한 명실공히 대한민국 최고 학회로 자리매김하였습니다. 현재 6개의 소사이어티, 40개의 전문연구회, 그리고 국내외 12개의 지부가 설치되어 다양한 학술적, 인적 교류를 추진하고 있으며, JSTS (SCI등재), SPC (SCOPUS 등재) 등의 우수한 국제 학술지를 발간하고 ICEIC, ITC-CSCC, ICCE-ASIA, 하계종합학술대회, 추계종합학술대회 등의 국내외 학술대회를 주관하여 대한민국의 첨단 기술 발전과 학회 회원의 글로벌 학술활동 진흥을 위한 끊임없는 노력을 해 오고 있습니다.

COVID-19를 겪으면서 우리 사회의 첨단 기술에 대한 수요는 더욱 더 증가하였습니다. 이에 대응하기 위하여 우리 대한전자공학회는 첨단 공학 기술 도약의 중심에 설 것입니다. 그러기 위하여 또 한번의 새로운 성장을 모색해야 할 시점을 맞이하고 있습니다. 대한전자공학회는 인공지능, 차세대 반도체, 6G, 미래 모빌리티, 양자 컴퓨터 등과 같은 4차 산업 혁명의 핵심 분야 기술들을 이끌어갈 숙련된 인재들을 보유하고 있으며, 이들 간의 활발한 교류는 핵심 기술들의 융합으로 이어져 대한전자공학회가 격변하는 시대적 상황에 빠르게 대응하고 발전의 흐름 속에서 한발 앞서 나가는 결과로 이어질 것입니다.

이에 대한전자공학회는 전자, 정보, 반도체, 통신 및 그 관련 분야에 관한 학술 및 기술의 진흥과 발전에 공헌하기 위하여 다음과 같은 세 가지의 활동 목표를 수립하였습니다.

첫째, 학회 자원 및 역량의 효과적 활용을 통하여 학회의 중심인 회원에 대한 서비스를 강화하고 지속 가능성을 확보하겠습니다.

개인회원 및 특별회원 수를 늘려 학회 재원을 튼튼히 하면서도 다양하고 유익한 서비스 제공을 통해 회원들의 학회 활동 참여를 증진하겠습니다. 특히, 신임교수들의 소위원회 활동을 지원하는 등의 프로그램을 통해 젊은 연구자들을 회원으로 유치하는 데 힘쓰겠습니다. 또한, 소사이어티, 연구회, 지부 활동을 적극 지원하고 상호 협력과 교류 촉진에 노력을 기울여 본회와의 연계를 강화하겠습니다.

둘째, ICT 기술의 저변 확대를 통한 신기술 분야 중심의 학술 활동을 강화하겠습니다.

국문, 영문 논문의 SCOPUS, SCI-E 등재를 추진하고, 논문 투고 수와 인용도를 향상시킬 수 있는 다양한 방안을 모색하겠습니다. 하계 및 추계종합학술대회의 전통을 계승하여 국내학술대회의 위상을 높일 것이며, 국제 협력 강화를 위하여 국제 학술대회 개최에 많은 노력을 기울일 것입니다.

셋째, 급변하는 환경 변화에 대응하기 위한 산 · 학 · 연 · 관 협력을 적극 추진하겠습니다.

산업체, 연구소, 언론기관 및 정부기관과의 실질적인 협력 방안을 강구하여 학회의 외연을 넓혀 나가고 과학기술 정책 수립을 위한 지원사업 추진하여 학회의 위상을 높이겠습니다. 또한, 특별회원에 실질적인 도움이 되는 협력 모델을 기획하고 운영하여 활발한 연구, 기술 및 인적 교류를 위해 앞장서겠습니다.

2023년에도 대한전자공학회는 모든 회원들이 만족할 만한 학술적, 인적 가치를 제공하는데 최선의 노력을 다할 예정이니 올해도 회원 여러분의 따뜻하고 적극적인 관심과 참여를 부탁드립니다. 다시 한번 올 한 해 회원 여러분 가정에 건강과 축복이 가득하길 기원합니다.

학회소식

제 1차 상임이사회

1월 6일(금) 오후 5시 AC호텔 서울 강남(2층)에서 제 1차 상임이사회가 오프라인으로 개최되었다. 이번 회의에는 상견례, 임명장 수여, 그룹별 연간 사업계획 보고 등으로 진행되었으며, 금년 한 해 학회가 새롭게 도약하는 한 해가 될 수 있도록 노력하기로 하였다.



[제1차 상임이사회]



[임명장 수여]

특별회원 및 유관기관 방문

학회 회장단은 1월 중 DB하이텍, 정보통신정책연구원 및 한국과학기술연구원을 방문하여 현안과제를 논의하고 상호 협력방안을 모색하였다.



DB하이텍 - 최창식 부회장



정보통신정책연구원 - 권호열 원장



한국과학기술연구원 - 윤석진 원장

신규회원 가입현황

기간 : 2022년 12월 1일 - 2022년 12월31일

〈정회원〉

박윤하(주우경정보기술), 박다빈(5works), 장동준(강릉원주대학교), 이종택(경북대학교), 김성만(경성대학교), 송영은(고려대학교), 김영솔(뷰웍스), 윤준연(삼성전자), 송재우(상명대학교), 신의호(서울대학교), 김동현(시놉스이미징), 손종현, 이창욱(연세대학교), 박종호(전북대학교), 황태권(주태성이엔지), 모혜란(중소벤처기업진흥공단), 임정택(충남대학교), 박용민(한국신용정보원), 김민지, 남성현, 노태현(한국전자기술연구원), 조성호(한국해양과학기술원), 한정규(한밭대학교), 지준(한성대학교), 김동진(한양대학교)

이상 25명

〈평생회원〉

최인성(KAIST), 조우영(SK하이닉스)

이상 2명

〈학생회원〉

오정환(가천대학교), 남찬혁(강릉원주대학교), Wang Jiamu(고려대학교), 강채현, 최훈환, 한승우(공주대학교), 김두열(광운대학교), 김현준, 유성재, 윤관호, 윤대성(국제대학교), 박지열(동의대학교), 나현준(부경대학교), 이상민, 차민철(서울대학교), 김준용(서울시립대), 김예리, 김현수(숭실대학교), Md. Ali Hasan(아주대학교), 김권영(연세대학교), 김길환, 채성연(울산과학기술원), 황호성(을지대학교), 박현우, 양승재(인덕대학교), 김혁진(인천대학교), 김재욱, 심준형, 유민준, 이 수, 한재범(인하공업전문대학), 김형래(인하대학교), 김윤찬, 박광성, 이하린(조선이공대학교), Ida Nurcahyani(중앙대학교), 정성윤(청주대학교), 김가영, 김대위, 박나연, 양경미(한국공학대학교), 한수민(한국항공대학교), 김범규(한국해양과학기술원), 안현식, 이인규(한밭대학교), 강신욱, 김도훈, 윤서빈, 장현지(한양대학교), 정준우, 채명수(홍익대학교)

이상 51명



학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2022년 12월 16일 ~ 2023년 1월 15일)

1. 행사 개최

행사 명칭	일시	장소	주관
6차 ICEIC 회의	1.13 08:00	JW메리어트호텔	최종 준비 점검 등
ITC-CSCC 준비회의	1.13 (17:00)	학회 회의실	프로그램 준비 외

메가트렌드 시대를 위한 차세대 광학 반도체 기술



조 성 재 편집위원
(가천대학교)

‘우리가 알고 있는 것의 융합’이라는 표현으로 정의되는 4차 산업혁명으로 인한 인간 생활 및 사회 전반에 걸친 거대한 변혁(megatrend)을 생각할 때, 인공지능 반도체를 떠올리지 않을 수 없다. 인공지능은 대량의 데이터(big data)를 기반으로 하므로 양자는 떼려야 뗄 수 없는 관

계에 있는데, 보다 구체적으로 인공지능은 우수한 빅데이터의 수집과 처리 기능이 전제되어야 한다. 인공지능 반도체 기술에 광학 기술을 접목시키는 근본적인 이유는 초고속 시각 정보의 수용과 데이터 처리에 있다 할 수 있다. 본 특집호에는 메가 트렌드의 기저를 차지하는 인공지능을 위한 차세대 광학 반도체 기술과 관련하여 소재, 소자, 공정, 인프라, 시스템 및 응용에 걸친 국내 대표 연구자들의 글들을 실는다.

첫 번째, 한양대 정문석 교수님은 차세대 광학 원천 기술을 위한 2차원 반도체 물성 분석 및 광전소자 응용을 다룬다. 독특한 에너지 밴드 구조를 가져, 다양한 파장대의 광신호를 처리할 수 있으면서도 높은 캐리어 이동도를 갖는 2차원 소재는 광학 반도체 기술 영역에서도 매우 큰 효용성을 가지는 만큼, 정확한 물성 기법과 응용이 확보되어야 함을 말한다. 두 번째, 아주대 허준석 교수님은 가시광선 영역 외에 큰 비중의 에너지가 분포하고 있으며, 응용의 범위가 상당히 넓은 근적외선 대역에서의 이미징 기술을 위한 Ge 및

2차원 물질 기반의 최신 이중접합, 공정 및 이미지 센서, 회로 기술을 심도 있게 다룬다. 세 번째, 가천대 주형규 교수님은 핵심 광소자 기술의 근간이 되는 다양한 화합물 반도체와 초기 공정 단가의 저하와 실제적인 칩 구현을 위해서는 필수불가결한 실리콘 플랫폼 간의 이중결합을 위한 공정 인프라 개발의 현황과 중요성을 역설한다. 네 번째, 인오틱스 강세경 대표이사님은 반도체 칩 내부에서의 초저전력·초고속 데이터 처리를 가능토록 하는 광학 배선을 구성하는 데 필요한 집적 요소 기술들을 면밀히 살펴보고, 향후 연구 개발 방향을 제시한다. 다섯 번째, 한국전자기술연구원 이준호 박사님은 이러한 차세대 광학 소재 및 요소 기술들을 하나의 칩으로 집약하여 구현함으로써 기대할 수 있는 상위 단계 자율 주행 및 LiDAR 기술의 청사진을 제시하고, 이를 위한 기술 요건들과 시장 전망 등을 총체적으로 살펴본다.

편집기를 통해 분명한 교육과 연구, 개발 업무의 일정들 속에서도 귀한 글들을 기고해주신 저자분들께 다시 한번 심심한 감사의 마음을 전해드린다. 우리나라가 최고의 위상을 점하고 있는 반도체 기술 영역의 토대 위에서 인공지능이 제공하는 인간 생활의 편의를 온전히 향유할 수 있도록 도울 반도체 기술의 마지막 조각인 차세대 광학 반도체 기술의 도약을 기대해본다.

2차원 반도체 물성 분석 및 광전소자 응용

I. 서론

그래핀을 필두로 한 2차원 소재는 아직 다른 소재에서는 관찰되지 않은 특이한 물성 때문에 차세대 전자 및 광전자 소재로 연구되고 있다. [1-6] 2차원 소재는 단일 원자 층으로 되어있어 물리적, 화학적 처리와 구조적 제어를 통해 소재 특성을 쉽게 변형시킬 수 있다. 특히, 2차원 반도체인 단일 원자층 전이 금속 디칼코게나이드 (TMD: Transition Metal Dichalcogenide)는 뛰어난 광학적 및 전기적 특성으로 인해 소자 응용 측면에서 많은 관심을 끌고 있다. 일부 단일 원자층 TMD는 가시광선 파장 범위에서 직접적인 밴드갭을 나타내며, 이는 육방 브릴루앙 구역의 K 밸리에서 캐리어의 Quantum confinement에 기인한 중성 엑시톤 및 하전 된 엑시톤이 생성되기 때문에 나타나는 특성이다. 단일 원자층 TMD 소재의 이러한 특성은 전자소자, 밸리트ronics 및 광전자소자와 같은 다양한 소자 응용을 가능하게 한다. 또한, TMD와 같은 2차원 반도체 재료는 빛에 민감하고 빛에 대한 반응성이 높아 광전소자 응용에 적합하다고 알려져 있다. 2차원 반도체 광전소자가 실리콘 기반 광센서, 태양전지, 이미지 센서를 대체할만한 성능을 갖추기 위해서는 2차원 반도체의 정확한 물성 분석이 이루어져야 한다. [7-16] 2차원 반도체의 정확한 물성을 파악하기 위해서는 높은 공간 분해능과 함께 소재의 물리적 특성에 대한 정보를 동시에 얻을 수 있어야 한다. 본 연구팀에서 주로 사용한 Tip enhanced Raman spectroscopy (TERS)는 수 nm 공간 분해능을 가지며 동시에 소재의 물리적 특성을 내포하는 라만 신호를 높은 효율로 관측할 수 있기 때문에 2차원 반도체의 광학적 특성 분석에 매우 강력한 Tool이다.

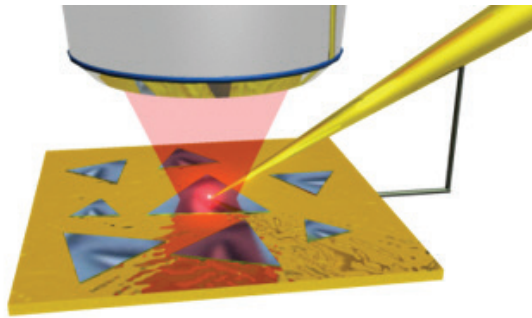
본 원고에서는 2차원 반도체 물성 분석에 관하여 Strained 그래핀의 라만 산란, 단일 층 WS₂의 이중 결함 관련 라만, 나노 탐침 제작 기술,



정 현
한양대학교



정 문 석
한양대학교



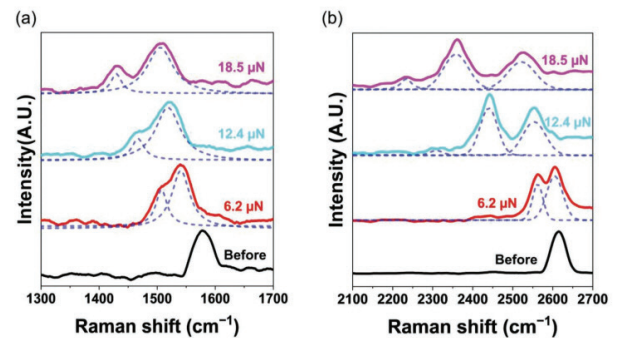
〈그림 1〉 Tip-enhanced Raman spectroscopy (TERS)

단일 원자층 WS_2 의 결함 관련 TERS 대해 소개하고 2차원 반도체 광전소자 응용 관련하여 2차원 반도체 이중접합 소자의 광전류, 광대역 광검출기, 2차원 PtTe_2 광전소자 응용, 이중접합 광전소자 응용에 관한 최근 연구 결과들을 소개하고자 한다.

II. 2차원 반도체 물성 분석

1. Strained 그래핀의 라만 산란 관측

그래핀은 매우 단단하고 매우 강한 소재로 알려져 있다. 따라서 그래핀에 1% 이상의 변형률을 적용하고 동시에 물리적 특성의 변화를 측정하는 것은 측정 방법의 기술적 제한이 있어 정확하게 측정하고 해석하기 어려운 과제이다. 본 연구에서는 AFM (Atomic Force Microscopy) - 라만 분광 측정 도구를 사용하여 6.1%의 매우 높은 이축 변형률 하에서 suspending 그래핀의 라만 산란을 관측하였다. 그래핀에 스트레인을 가하는 나노 인텐테이션은 마이크로 hole을 갖는 AFM tip을 사용하였으며 Tip 끝에 존재하는 마이크로 hole은 스트레인이

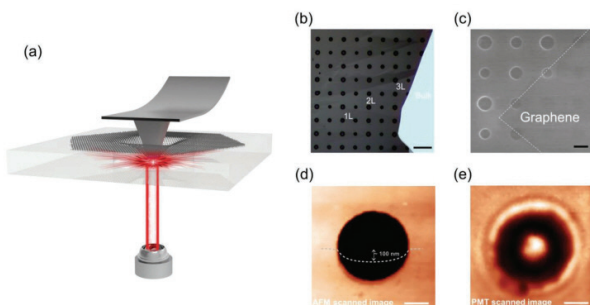


〈그림 3〉 Strained 그래핀의 라만 shift

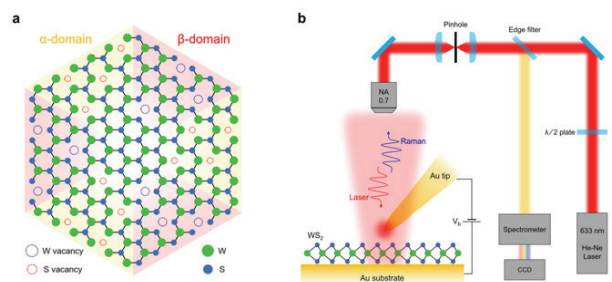
가해진 그래핀의 라만 신호를 획득하기에 충분한 크기이다. 동시에 레이저 빛은 라만 산란을 위해 스트레인이 가해지고 있는 그래핀의 영역에 집중된다. 그래핀의 G 및 2D 밴드의 라만 신호는 각각 282 및 684 cm^{-1} 만큼 red shift 되며, 해당 값은 현재까지 보고된 스트레인에 의한 peak shift 중에 가장 높은 값이다. 본 측정 기술은 초고 변형 상태에서 원자적으로 얇은 2차원 소재의 물리적 특성 변화를 측정하는 효과적인 방법을 제시한다.^[17]

2. 단일 층 WS_2 의 이중 결함 관련 라만 분석

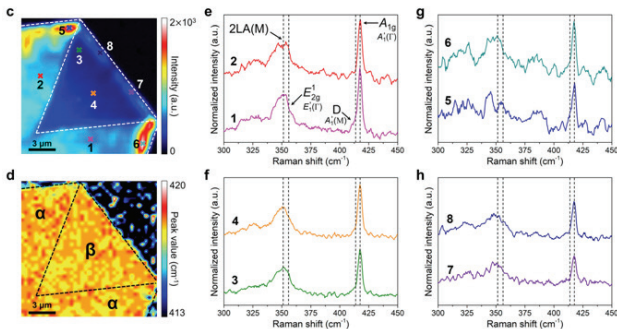
2차원 TMD의 나노스케일 결함은 물질 고유의 광학 및 전기적 특성을 변형시키기 때문에 결함과 관련된 물질의 특성 분석은 매우 중요하다. 투과 전자 현미경과 같은 원자 분해 기술은 나노 크기의 결함을 정확하게 감지하지만 정밀한 화학적 및 광학적 특성을 명확히 검증하기에는 한계가 있다. 본 연구에서는 TERS를 사용하여 단결정 육각형 WS_2 단층에서 나노 규모의 이중 결함을 관측하고 분석하였다. 결함 유발 라만(D) 모드를 사용하여 각



〈그림 2〉 금속 탐침을 이용한 Strained 그래핀의 TERS



〈그림 4〉 단일 층 WS_2 의 TERS 측정 개략도

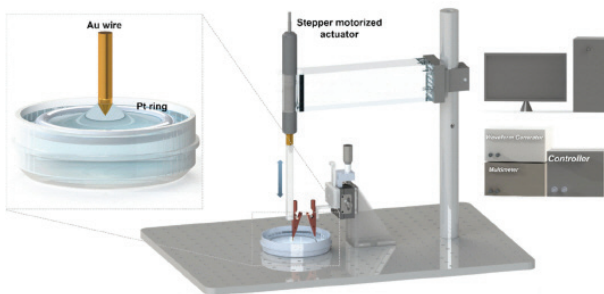


〈그림 5〉 TERS를 이용해 측정된 단일 층 WS_2 국부 영역의 Raman spectrum

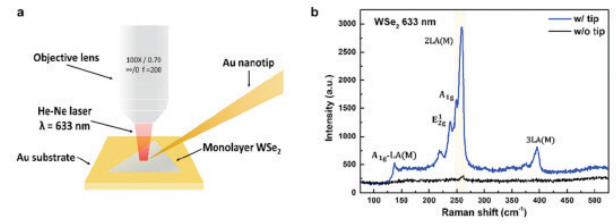
각 W- 및 S-edge 도메인에 나타나는 이중 결함의 라만 특성을 분석하였다. 가장자리 영역에서는 나노 크기의 결함으로 다양한 라만 특징이 발생한다. 또한, 단결정 WS_2 의 TERS 신호는 각 도메인에 두 개의 주요 결함이 있음을 나타내며 이는 S 및 W dominant vacancy를 의미한다. 양자 기계적 계산은 각 주요 결함에 대해 수행되었으며 진동 포논 모드에서 결함으로 인한 변화를 입증하였다. 본 연구에서 사용된 TERS 이미징은 다양한 나노 크기의 이중 결함을 정의하고 그에 따른 물질의 특성을 검증할 수 있는 유용한 분석 기술이 될 것이다.^[18]

3. TERS를 위한 금속 나노 탐침 제작 기술

TERS 시스템에서 금속으로 구성된 날카로운 나노탐침을 사용하는 것은 높은 공간 분해능과 고도로 향상된 라만 산란을 달성하는 데 중요하다. 강산성 용액은 일반적으로 빠르고 안정적인 방식으로 금 나노탐침을 제조하는 데 사용된다. 그러나 산성 용액을 사용하면 에칭 시스템이 부식



〈그림 6〉 자동 금속 탐침 제작 시스템 개략도



〈그림 7〉 금속 탐침을 이용한 TERS 스펙트럼

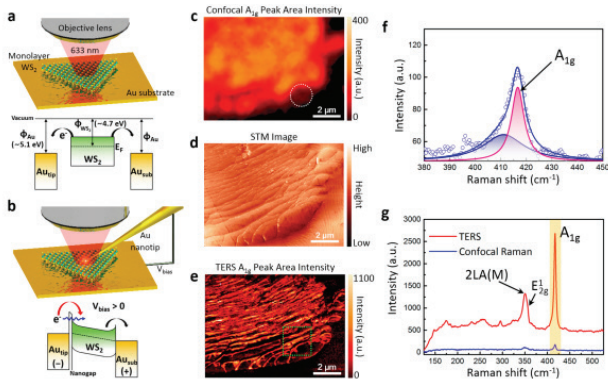
되어 위험한 문제가 발생할 수 있다. 따라서 에칭 시스템의 부식과 기존 방법에 따른 인적 오류는 모두 탐침의 품질과 재현성을 크게 저하시킨다. 본 연구에서는 전기화학적 에칭 시스템을 자동화하여 탐침 제조의 재현성을 크게 높였다. 또한, 산성 식각액의 한계를 극복하기 위해 에탄올을 첨가한 KCl 용액으로 구성된 식각액으로 식각 조건을 최적화하였다. 자동화된 에칭 시스템은 탐침 제조 재현성의 수율을 65%에서 95%로 크게 증가시켰다. 곡률반경은 평균 30 nm에서 7.3 nm로 감소하였다. 이처럼 개선된 탐침의 parameter들은 자동화된 전기화학적 에칭 시스템은 TERS의 효율을 향상시킬 수 있다는 것을 의미한다.

또한 자동화 식각 시스템을 이용하여 제작된 탐침을 사용하여 단일 층 WSe_2 의 라만 신호를 크게 증가시켰으며 enhancement factor는 22253으로 최적화된 시스템의 성능을 입증하였다.^[19]

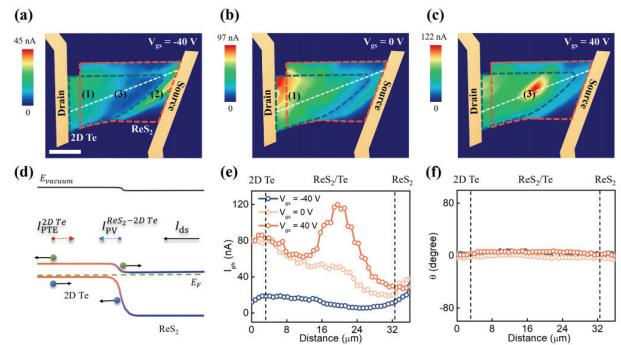
4. 단일 원자 층 WS_2 의 결함 관련 TERS

단일 원자층 WS_2 은 광 발광의 높은 양자 수율로 인해 광전자 소자의 활성 물질로 기대되는 물질이다. 단일 원자층 WS_2 의 물리적 특성에 관한 방대한 연구에도 불구하고 결함 관련 라만 산란은 거의 연구되지 않았다. 본 연구에서는 TERS를 이용하여 단일 원자층 WS_2 결함과 라만 신호의 상관관계를 검증하였다..

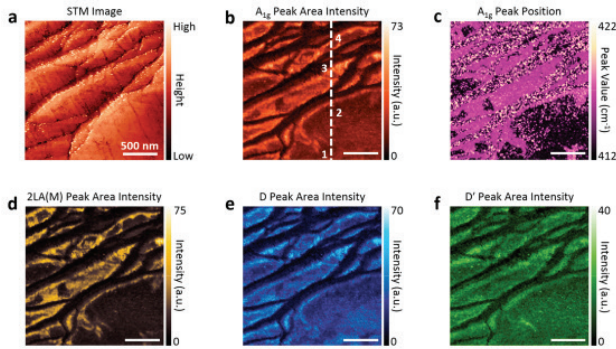
TERS를 이용하여 단일 원자층 WS_2 에서 표면 지형학적 이미지 및 라만 산란을 분석하고 D 및 D' 모드로 표시되는 결함 관련 라만 모드를 비교하였다. Density functional theory 계산으로 sulfur vacancy가 A_{1g} 모드의 red-shift 뿐만 아니라 D 및 D' 모드 라만 신호에도 영향을 미친다는 것을 발견하였다. 관찰된 결함 관련 라



〈그림 8〉 단일 원자 층 WS₂의 TERS 이미지 및 라만 스펙트럼



〈그림 11〉 ReS₂/2차원 Te 이종접합 소자의 광전류



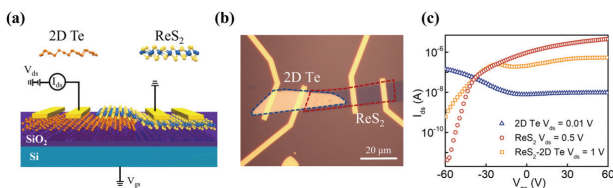
〈그림 9〉 다중 스펙트럼 TERS 이미지

만 모드는 단일 원자층 WS₂의 품질을 평가하는 데 활용될 수 있으며 WS₂ 광전자 장치의 성능을 개선하는 데 도움이 될 것이다. [20]

III. 2차원 반도체 광전소자 응용

1. ReS₂/2차원 Te 이종접합 소자의 광전류

n형 ReS₂와 p형 2차원 Te로 이루어진 이종 구조의 광전류 생성 메커니즘 (PGM: photocurrent generation mechanism)을 분석하였다. ReS₂/이차원 Te 이종접합

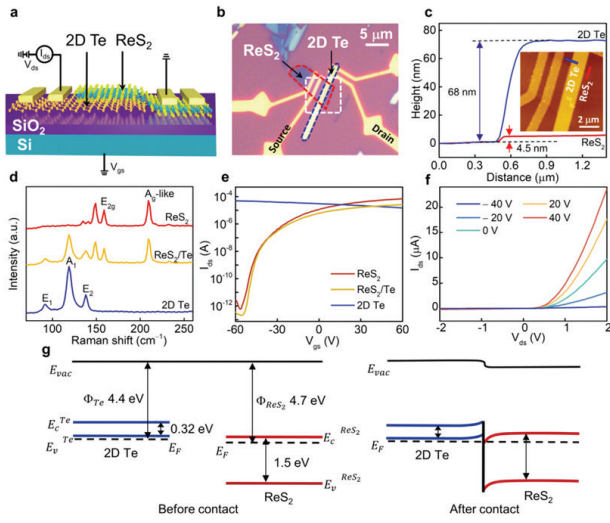


〈그림 10〉 ReS₂/2차원 Te 이종접합 소자 구조

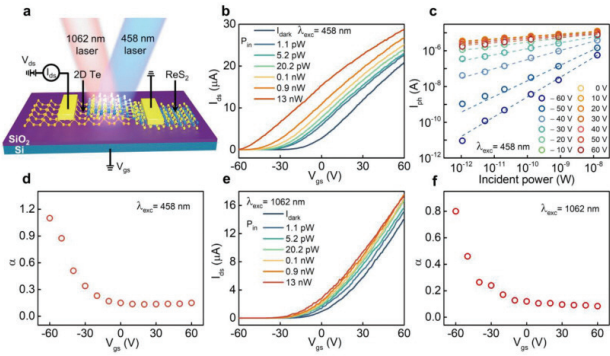
구조의 PGM은 밴드갭 불일치 및 페르미 레벨 차이에 의해 유발된 built-in potential에 기인한 광전지 효과에 의해서만 구동되는 것이 아니다. 소스-드레인 바이어스 (V_{ds})와 백게이트 바이어스 (V_{gs})가 변조됨에 따라 PGM이 제어되고 극적으로 변화된다. V_{ds} 및 V_{gs} 의 제어 하에서 이종 구조에서 지배적인 광전류 생성은 광전지 (PV: photovoltaic), 광열전 (PTE: photothermoelectric) 효과 및 이들의 조합 PV+PTE에 기인한다. 또한 광전류 핫스팟은 바이어스 조건에 따라 달라진다. 본 연구 결과는 입사광의 다중 모드 감지를 가능하게 할 뿐 아니라 스펙트럼 감지 범위를 확장할 수 있다. 또한, 광 감지기 및 에너지 수확 장치의 설계를 용이하게 할 수 있는 새로운 가능성을 제공한다. [21]

2. 2차원 반도체 광대역 광 검출기

2차원 반 데르 발스 (vdWs: van der Waals) 재료 및 이종 구조를 기반으로 하는 광전자 장치는 흥미로운 특성으로 인해 미래 발전이 유망하다. 그러나 넓은 감지 범위에서 고성능 광검출기의 달성은 여전히 제한적인 것이 문제로 남아있다. 특히, 근적외선(NIR: Near infrared) 영역에서의 검출은 현재까지 상대적으로 낮은 응답성 때문에 성공적으로 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 ReS₂/Te vdWs 이종 구조를 사용하여 가시광선에서 NIR 범위까지 효율적인 광전류를 성공적으로 관측하였다. 입사 전력에 대한 광전류의 의존성은 백게이트 전압을 인가함으로써 지배적인 작동 메커니즘이 광게이팅



〈그림 12〉 ReS₂/Te vdWs 이종접합 구조 및 특성

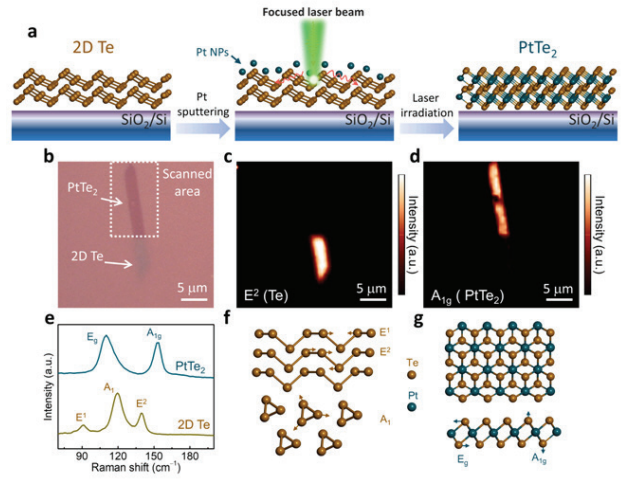


〈그림 13〉 ReS₂/Te vdWs 광 전류

효과와 광전도 효과 사이에서 전환될 수 있음을 보여준다. ReS₂/Te 광검출기는 458 nm 에서 $3 \times 10^6 \text{ AW}^{-1}$, 1062 nm 레이저 조사에서 $1 \times 10^6 \text{ AW}^{-1}$ 로 늘어난 응답성과 강력한 광게이팅 효과로 인한 초고 광전도 이득 (최대 $\sim 10^5$)을 나타내었다. 이러한 뛰어난 성능은 ReS₂/Te vdWs 이종 구조가 실제 응용 분야에서 고성능 광대역 광검출기에 적합하다는 것을 보여준다. [22]

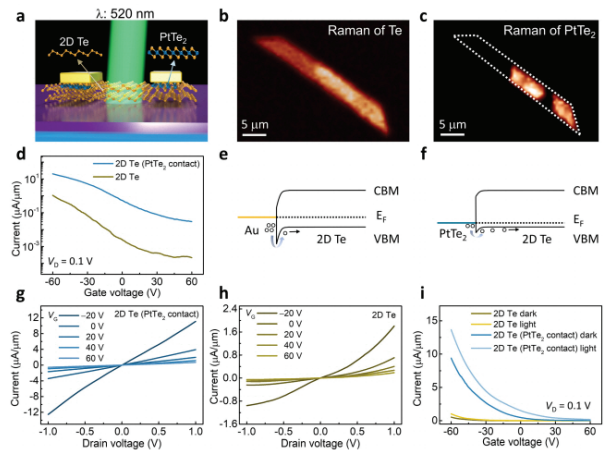
3. Dirac Semi-metal (PtTe₂)의 광전소자 응용

제어가 가능한 반도체와 금속 사이의 변환은 원자적으로 얇은 2차원 적층 소재의 전자 및 광전자 응용 분야에서 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 2차원 Te 광전자 장치의 최적화된 구동을 위해 Pt 증착된 2차원 Te 에서



〈그림 14〉 PtTe₂ 합성 및 광학 특성

레이저를 이용하여 PtTe₂를 합성하였다. PtTe₂의 합성 영역의 크기와 모양은 레이저 조사 공정에서 설계할 수 있다. 2차원 Te의 전기적 특성은 레이저 조사 후 반금속 PtTe₂의 형성으로 인해 p형 반도체에서 금속으로 바뀌고 전도도가 500배 증가한다. 또한, PtTe₂의 contact을 이용하면 2차원 Te 소자의 캐리어 이동도와 광반응도가 크게 향상된다. 본 연구에서 사용한 2차원 Te 광검출기는 각각 최대 $5.8 \times 10^4 \text{ A W}^{-1}$ 및 $5.31 \times 10^{11} \text{ Jones}$ 의 높은 응답성과 광 검출성을 보여준다. 고성능 광전자 장치를 위한 이상적인 구조 Pt 나노입자를 증착하고 접합부에서 Pt를 기반으로 하는 반금속 화합물을 패터닝하는 독창적인 방법으로 실현될 수 있다. 또한, 이 새로운 성장 방



〈그림 15〉 PtTe₂ 광 전류 특성

법은 플렉서블 기판에 직접 PtTe₂ 패터닝을 적용할 수 있어 향후 금속 TMD의 확장 적용이 가능하다. [23]

4. SnSe₂/MoTe₂ 이종접합 광전소자

게이트 제어 접합 모드를 사용하여 SnSe₂와 MoTe₂로 구성된 broken-gap 이종접합의 전자 및 광전자 특성을 연구하였다. 대역 간 터널링 전류로 인해 이종접합 소자는 Esaki 다이오드 특성을 나타낸다. 또한, 상온에서 피크 대 밸리 전류 비율이 5.7에 이르는 역방향 다이오드로 작동할 수 있다. 811 nm 레이저 조사 하에서 이종접합 구조는 최대 7.5×10^{12} Jones의 광검출성을 나타낸다. 또한 정전기 게이트 바이어스를 활용하기 위해 축적 모드에서 이종 접합의 고갈 모드로 전환하여 Voc를 음에서 양으로 조정할 수 있다. 또한 충전율이 41%를 초과하는 광전지 효과가 관찰되었으며 이는 광전자 응용 분야의 중요한

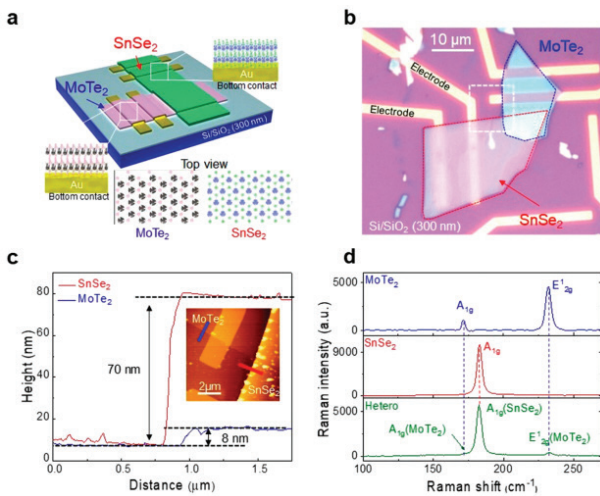
잠재력을 가지고 있다. 본 연구는 SnSe₂/MoTe₂ 이종 구조를 기반으로 하는 고성능 다기능 광전자소자 응용을 보여줄 뿐만 아니라 끊어진 밴드 정렬과 그 응용에 대한 포괄적인 이해를 제공한다. [24]

IV. 전망과 결론

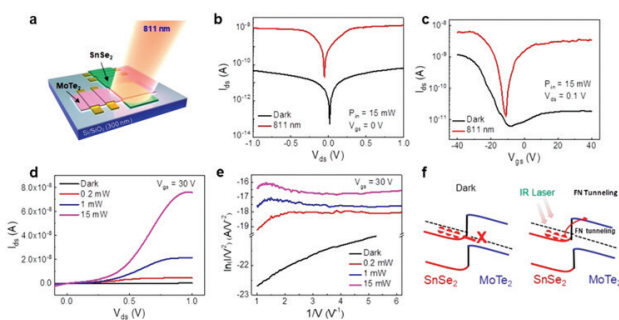
2차원 TMD와 같은 2차원 반도체는 우수한 전기 전도도, 두께 의존적 밴드갭, 스핀 궤도 결합, 높은 촉매 활성과 같은 특별한 특성 때문에 다양한 응용 분야에 적용이 가능하여 미래 차세대 반도체 소재로 각광 받고 있다. 또한, 2차원 반도체 소재는 우수한 광학적, 전기적, 구조적, 화학적 특성을 가지고 있어 다양한 조합과 변형이 가능하다. 2차원 반도체 소자의 성공적인 상용화를 위해서는 정확하고 정밀한 특성 분석이 우선되어야 한다. 2차원 반도체는 수 nm ~ 수십 nm 두께의 매우 얇은 두께를 갖기 때문에 일반 bulk 결정과는 구분되는 특성을 갖는다. TERS는 수 nm의 평면 해상도를 가짐과 동시에 2차원 반도체의 in-plane, out-of-plane 격자 진동에 대한 특성을 관측할 수 있어 2차원 반도체의 물성 분석에 매우 적합하다. 또한, 라만 산란은 2차원 반도체의 화학적 결합, 스트레인 및 전기적 도핑 정보도 동시에 내포하고 있다. 직접 천이형 밴드갭을 갖는 2차원 반도체인 단일 원자 층 TMD는 빛에 민감한 특성을 가지고 있어 광전소자 응용에 적합하다. 2차원 반도체의 광 전류 특성을 활용하여 광 검출기 응용 연구가 진행되었으며 이종접합 구조를 이용하여 광 대역 광 검출기 개발도 수행되었다. 이처럼 2차원 반도체의 고유 특성을 활용한 반도체 소자는 향후 유연 광전소자, 웨어러블 디바이스, 바이오메디컬 응용, 디스플레이 소자, 태양전지, 인공지능 광 센서 등에 사용될 수 있다. 2차원 반도체의 정확하고 정밀한 물성 분석과 2차원 반도체 특성에 적합한 광전소자 응용 연구는 2차원 반도체 소자 상용화에 밑거름이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] K. S. Novoselov, et al. "2D materials and van der Waals heterostructures" Science 353, aac9439 (2016)



〈그림 16〉 SnSe₂/MoTe₂ 이종접합 소자 구조



〈그림 17〉 SnSe₂/MoTe₂ 이종접합 소자의 적외선 광 검출 특성

- [2] K. F. Mak, et al. "RPhotonics and optoelectronics of 2D semiconductor transition metal dichalcogenides" *Nature Photonics* 10, 216. (2016)
- [3] J. Kang et al. "Computational Study of Metal Contacts to Monolayer Transition-Metal Dichalcogenide Semiconductors" *Physics Review X* 4, 031005 (2014)
- [4] A. Allain, et al. "Electrical contacts to two-dimensional semiconductors" *Nature Materials* 14, 1195 (2015)
- [5] R. Lv, H. Terrones, et al. "Two-dimensional transition metal dichalcogenides: Clusters, ribbons, sheets and more" *Nano Today* 10, 559 (2015)
- [6] Z. Dai, et al. "Strain Engineering of 2D Materials: Issues and Opportunities at the Interface" *Advanced Materials* 31, 1805417 (2019)
- [7] Jaekak Yoo, et al. "Functional group inhomogeneity in graphene oxide using correlative absorption spectroscopy", *Applied Surface Science* 613, 155885 (2023)
- [8] Phuong Huyen Nguyen, et al. "Regenerating MXene by a Facile Chemical Treatment Method", *ACS Applied Materials & Interfaces* 14, 51487 (2022)
- [9] Byeong Geun Jeong, et al. "Correlation of Defect-Induced Photoluminescence and Raman Scattering in Monolayer WS₂", *The Journal of Physical Chemistry C* 126, 16, 7177 (2022)
- [10] Phuong Huyen Nguyen, et al. "Synergistic hole-doping on ultrathin MoTe₂ for highly stable unipolar field-effect transistor", *Applied Surface Science* 596, 153567 (2022)
- [11] Thi Uyen Tran, et al. "Gate tunable photoresponse of a two-dimensional p-n junction for high performance broadband photodetector", *Applied Materials Today* 26, 101285 (2022)
- [12] Jaekak Yoo, et al. "Identifying the Origin of Defect-Induced Raman Mode in WS₂ Monolayers via Density Functional Perturbation Theory" *The Journal of Physical Chemistry C* 126, 8, 4182 (2022)
- [13] Chulho Park, et al. "Crossover between thermo- and field-assisted carrier injection in staggered pn heterojunction of MoTe₂ and ReS₂", *Applied Surface Science* 558, 149870 (2021)
- [14] Juchan Lee, et al. "Carrier transport through near-ideal interface for WSe₂ van der Waals homojunction diode", *Applied Surface Science* 542, 148499 (2021)
- [15] Seungho Bang, et al. "Contact Engineering of Layered MoS₂ via Chemically Dipping Treatments", *Advanced Functional Materials* 30, 2000250 (2020).
- [16] Ngoc Thanh Duong, et al. "Modulating the Functions of MoS₂/MoTe₂ van der Waals Heterostructure via Thickness Variation", *ACS Nano* 13, 4478 (2019).
- [17] Kyuyeon Won, et al. "Raman Scattering Measurement of Suspended Graphene under Extreme Strain Induced by Nanoindentation" *Advanced Materials* 34, 2200946 (2022)
- [18] Chanwoo Lee, et al. "Investigating heterogeneous defects in single-crystalline WS₂ via tip-enhanced Raman spectroscopy" *npj 2D Materials and Applications* 6, 67 (2022)
- [19] Dong Hyeon Kim, et al. "Fabrication of highly uniform nanoprobe via the automated process for tip-enhanced Raman spectroscopy", *Nanophotonics* 9, 2989 (2020)
- [20] Chanwoo Lee, et al. "Unveiling Defect-Related Raman Mode of Monolayer WS₂ via Tip-Enhanced Resonance Raman Scattering", *ACS Nano* 12, 9982 (2018).
- [21] Thi Uyen Tran, et al. "Adaptive photocurrent generation of ReS₂-2D Te heterostructure", *Nano Energy* 102, 107720 (2022)
- [22] Thi Uyen Tran, et al. "Gate tunable photoresponse of a two-dimensional p-n junction for high performance broadband photodetector", *Applied Materials Today* 26, 101285 (2022)
- [23] Duc Anh Nguyen, et al. "Patterning of type-II Dirac semimetal PtTe₂ for optimized interface of tellurene optoelectronic device", *Nano Energy* 86, 106049 (2021)
- [24] Juchan Lee, et al. "Modulation of Junction Modes in SnSe₂/MoTe₂ Broken-Gap van der Waals Heterostructure for Multifunctional Devices", *Nano Letters* 20, 2370 (2020).



정현

- 2012년 전북대학교 반도체화학공학부 공학박사
- 2012년 ~ 2013년 GIST, 박사후연구원
- 2013년 ~ 2014년 성균관대학교, 박사후연구원
- 2014년 ~ 2017년 Univ. of Technology of Troyes, 박사후연구원
- 2017년 ~ 2018년 한국기계연구원, 박사후연구원
- 2018년 ~ 2022년 LG Display, 책임연구원
- 2022년 3월 ~ 현재 한양대학교 물리학과, 연구교수

〈관심 분야〉

III-V compound semiconductors, LEDs Optical characterization, Device fabrications, Two-dimensional materials



정문석

- 2000년 전북대학교 반도체 물리 이학박사
- 2000년 ~ 2001년 Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, 박사후연구원
- 2001년 ~ 2003년 한국전자통신연구원, 선임연구원
- 2003년 ~ 2013년 GIST 고등광기술연구소, 선임/책임 연구원
- 2013년 ~ 2021년 성균관대에너지과학과 조/부교수
- 2021년 8월 ~ 현재 한양대 물리학과, 교수

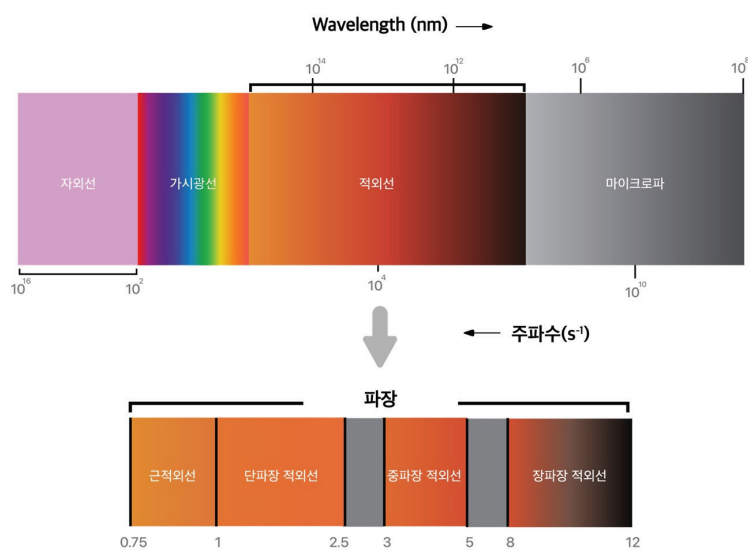
〈관심 분야〉

Optical characterization with PL, Raman, nanoscopy, ultrafast spectroscopy, Synthesis of nanomaterials (2D TMD, Perovskite), Fabrication of optoelectronic devices

단파장 적외선 이미지 센서 기술

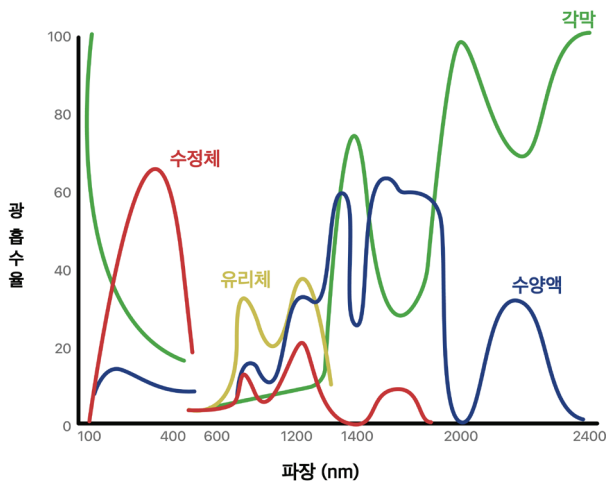
I. 서론

사람은 시각, 후각, 촉각, 미각 등의 감각기관으로 주변 환경에 대한 정보를 얻는다. 그중 시각을 통해 가장 많은 정보를 얻는 만큼 시각 정보와 유사하게 이미지센서를 이용해 빛을 전기적 신호로 변환하려는 인류의 욕망은 당연하다. 실리콘은 간접천이 반도체로 빛을 낼 수는 없지만, 다행히 가시광을 흡수하여 전자와 정공을 효율적으로 만들어나갈 수 있다. 그렇기에 실리콘 반도체 기술의 발전은 가시광 이미지센서 기술이 급격히 발전하는데 가장 크게 이바지했다고 해도 과언이 아니다. 하지만, 이는 실리콘으로 구현할 수 없는 적외선과 같은 비(非) 가시광 대역 이미지센서 기술은 상대적으로 기술 진보가 더뎠다는 점을 시사하기도 한다.



허준석
아주대학교

〈그림 1〉 빛의 파장에 따른 분류



〈그림 2〉 눈의 각 부위에 따른 흡광 특성 비교

빛은 전자기파로 파장에 따라 자외선, 가시광선, 적외선으로 나눌 수 있고, 적외선은 다시 근적외선(NIR, Near Infrared), 단파장 적외선(SWIR, Short-Wave Infrared), 중파장 적외선(Mid-Wave Infrared), 장파장 적외선(Long-Wave Infrared)로 나뉜다. 우리에게 친숙한 열화상 이미지는 MWIR과 LWIR 대역을 감지하는 것으로 광자 에너지가 상온 열에너지와 비슷하거나 작아서 노이즈 수준이 높다. 반면 SWIR 대역은 가시광 이미지센서와 마찬가지로 냉각장치 없이 상온에서 광기전 효과를 이용한 광센서 제작이 가능하다.

SWIR 대역은 사람 눈에 보이지 않는다는 점 이외에 가시광과 비교해 크게 두 가지 장점을 지닌다. 첫째는 가시광보다 파장이 길어 안개나 먼지 입자에 의한 Rayleigh 산란이 적다. 이는 악천후 환경에서 더 우수한 가시성을 보장해줄 수 있다. 두 번째는 SWIR 대역에 속한 약 $1.5\mu\text{m}$ 파장이 사람 눈에 가장 안전하다는 점이다. 보통 적외선은 눈이 인지하지 못하기 때문에 강한 적외선이 들어오더라도 피하지 못하고 눈 건강에 더욱 나쁜 영향을 준다. 하지만, $1.5\mu\text{m}$ 파장 빛은 각막 주위에서 모두 흡수되기 때문에 근적외선 등 다른 적외선보다 안전하게 활용할 수 있다^[1].

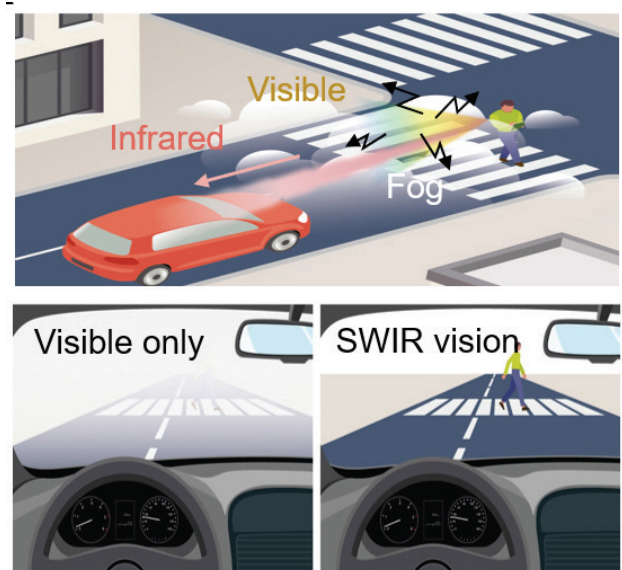
본 기고에서는 이러한 SWIR 대역의 장점에 기반한 다양한 응용을 살펴보고, SWIR 이미지센서 구현 기술과 최근 연구 동향을 소개한다.

II. 단파장 적외선 응용

단파장 적외선의 가장 대표적인 응용은 가시광으로 볼 수 없는 것을 보는 경우이다. 예를 들어 안개나 연기가 있는 상황에서도 SWIR 이미지센서를 이용하면 높은 가시성을 확보할 수 있다. Rayleigh 산란은 파장의 네 제곱에 반비례하는데, SWIR 대역 파장은 가시광의 약 2~3배로 산란은 $1/16 \sim 1/81$ 수준으로 줄어들기 때문이다.

이러한 특성은 LiDAR (Light Detection and Ranging) 기술의 신뢰성과 안정성을 높이는 데도 매우 유용하다. 주로 항공기나 위성 등에 탑재되었던 LiDAR는 자율 주행 기술이 대두되면서 장애물 등 주변 환경을 3차원으로 인식하기 위한 기술로 그 쓰임새가 확대되고 있다. LiDAR는 레이저 송신부, 레이저 수신부, 신호 처리 및 데이터 송·수신부로 구성된다. 방출된 레이저 펄스 신호가 주변 물체들로부터 반사된 뒤 수신부에 도착하는 시간을 측정함으로써 거리를 측정하고 주변 상황을 인식한다. 주야간을 비롯해 안개 등 악천후에서도 안정적인 동작이 가능하기 위해서는 가시광보다 산란이 적고 태양광 간섭이 덜한 SWIR이 유리한 것은 당연하다.

바이오 분야에서 빛을 이용한 생체 이미징은 방사선을 이용하는 엑스레이 영상보다 안전하고 손쉬운 진단이 가



〈그림 3〉 안개 상황에서 가시광과 SWIR 이미지센서로 가시성 비교 모식도^[2]

능하다. 대중화된 실리콘 이미지센서를 사용하기 위해서 근적외선 형광 조영제가 주로 연구되었지만, 근적외선은 수 mm 깊이밖에 조직 내로 침투하지 못한다. 반면 SWIR은 이보다 더 깊이 침투하고 autofluorescence가 적어 고해상도 이미지를 얻는 데 유리하다. 따라서 최근 SWIR 형광물질들이 활발히 개발되고 있고, SWIR 생체 이미지를 위한 이미지센서 기술에 많은 관심이 쏠리고 있다.

이 외에도 SWIR은 사람 눈에 안전하므로 눈 주변 조직을 이미징하는 데 활용할 수 있을 뿐 아니라 얼굴인식 등 보안장치에 사용하는 근적외선을 대체할 수 있다. 이처럼 다양한 응용 가능성으로 SWIR 이미지센서 구현에 다양한 방법들이 연구되었지만, 실리콘 기반 가시광 이미지센서와 비교하면 아직 나아갈 길이 많이 남아있다.

III. SWIR 이미지센서 구현 기술

1. InGaAs/InP 구조

InGaAs는 SWIR 범위에서 높은 흡광 특성을 보여 현재 상용화된 대부분 SWIR 이미지센서에 사용되고 있다. 특히 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 는 InP 기판과 격자 상수가 일치해 물질 성장이 상대적으로 쉽고 물질 결함이 없는 우수한 특성의 접합 구조를 얻을 수 있다.

하지만 단결정 InP 기판과 에피 성장으로 인한 높은 비용은 InGaAs 이미지센서 가격 상승의 주요한 원

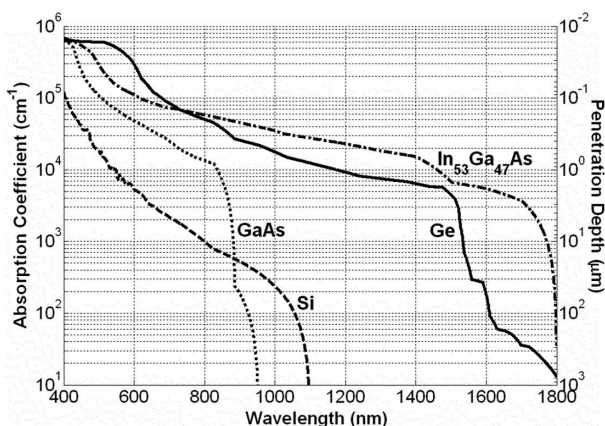
인이다. 이외에도 Si CMOS와의 집적 공정이 복잡하다는 점도 InGaAs 이미지센서의 가장 큰 단점으로 지적된다. SWIR을 흡수해 전기적 신호를 발생하는 수광소자는 InGaAs/InP 에피로 만들지만, 수광소자에서 발생하는 광전류를 읽기 위해서는 Si CMOS로 제작한 ROIC(Read out integrated circuits)가 필요하다. InP 기판은 Si과 달리 기판 크기가 4~6인치 수준으로 웨이퍼 수준에서 본딩은 불가능하다. 일반적으로 InGaAs/InP Photodiode array (PDA)와 실리콘 ROIC를 독립적으로 제작한 뒤에 칩 레벨에서 metal-to-metal 결합으로 연결하는데, 인듐 범프 어레이 (Indium Bump Array)가 주로 사용된다.

패키징 레벨에서 칩과 칩을 연결하기 위한 인듐 범프는 미세화하는 데 한계가 있으므로 PDA를 더 작게 만드는 것이 어렵고, 결국 현재 픽셀 간격은 약 $10\mu\text{m}$ 수준에 이른다. 즉, XGA (1024×768) 해상도 이미지센서는 최소 $10\text{mm} \times 8\text{mm}$ 크기로 실리콘과 비교해 넓은 면적이 요구되어 고해상도 소형 카메라에 부적합할뿐더러 무엇보다 가격이 비쌀 수밖에 없다.

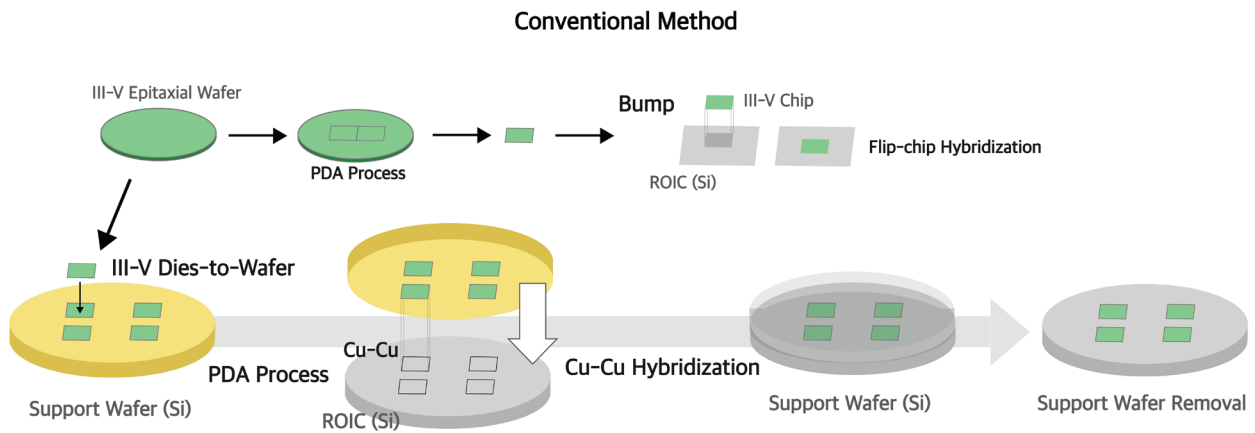
최근 소니에서는 III-V dies-to-silicon wafer process 방식을 발표하였는데, PDA 공정과 다이싱 공정이 끝난 후 PDA 칩과 ROIC 칩을 범퍼로 연결하는 기존 방식에서 벗어나 PDA 칩을 support Si 기판에 여러 개 붙인 후 Si CMOS와 Cu-Cu 본딩을 진행하는 기술이다. 이는 앞서 설명한 인듐 범프 방법보다 대량 생산에 적합하고 InP 기판 두께를 줄이는 후속 공정이 가능해 SWIR 광센서 효율을 증대할 수 있다는 장점이 있다^[4]. 하지만 이 역시 공정에 큰 비용이 소요되고 픽셀 간격을 줄이는데 한계가 있어 가격 경쟁력을 확보하기에는 역부족이다.

2. Ge/Si 구조

InGaAs/InP 구조가 PDA와 Si ROIC 연결 공정으로 픽셀 간격을 줄일 수 없다는 점을 극복하기 위해 InGaAs와 밴드갭 에너지가 유사한 Ge을 Si 기판 위에 직접 성장하거나 Ge으로 PDA와 ROIC를 모두 구현하는 방법들이 제안되었다. Ge은 Si과 같은 IV족 원소로 밴드갭 에너지가 약 0.68eV 정도로 SWIR 대역 광센서 구현이 가능하다. 사실 Ge 광센서는 실리콘 포토닉스를 위해 오랜 기간



〈그림 4〉 Si, Ge, $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 의 파장에 따른 흡광 특성 비교^[3]

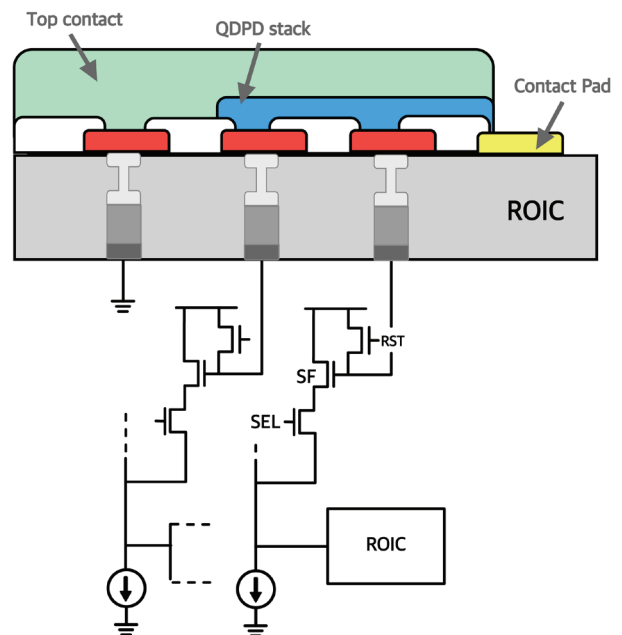


New Process Architecture

〈그림 5〉 InGaAs 이미지센서 공정 개략도

연구되었고 매우 성숙한 기술이다. InGaAs 와 비교했을 때 높은 암전류와 낮은 Specific detectivity를 갖기 때문에 상대적으로 고성능 이미지센서 구현은 어렵지만, Si CMOS와 집적이 쉽다는 점은 그러한 약점을 상쇄한다.

기존 Si CMOS와 호환성이 높은 Ge를 활용하는 것은 집적 공정 차원에서 장점이 분명 존재한다. 하지만, Ge는 격자 상수가 $5.66 \text{ \AA}$ 으로 실리콘과 약 4.2% 차이를 보인다. 이는 Si 기판 위에 직접 Ge를 성장하면 dislocation 등 물질 결함이 수반될 수밖에 없고, 이를 해결하기 위해서는 두꺼운 버퍼 층이나 SiGe 그레이딩 층이 필요하다. Ge으로 PDA와 ROIC를 모두 구현하는 것 또한 방법이나 Ge CMOS 기술은 그리 성숙하지 않았다. 불안정한 GeOx 자연 산화막과 계면에서의 많은 표면 상태 등은 Si와 달리 MOSFET 제작을 까다롭게 한다. 무엇보다 Ge CMOS 파운드리가 전무하기 때문에 현실적으로 자체 제조시설을 갖춰야 한다는 점에서 넘어야 할 산이 많다.



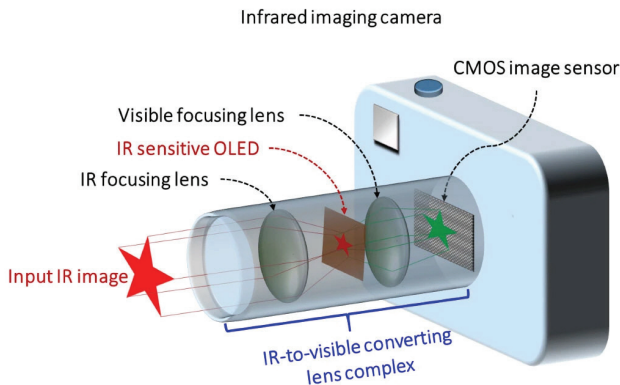
〈그림 6〉 Si ROIC와 양자점 광센서 집적 모식도

3. PbS 양자점

Si으로 직접 SWIR 광센서 제작이 어렵기 때문에 InGaAs 또는 Ge 광소자와 Si CMOS 집적이 필요하다. 이 점에서 SWIR 이미지센서 구현의 많은 어려움이 야기된다. 이러한 측면에서 지금까지 수많은 연구를 통해 Si CMOS와 집적이 쉬우면서 SWIR 광흡수가 높은 소재가

제안되었고, 그중 양자점이 많은 주목을 받고 있다.

여기서 양자점은 화학적 방법으로 합성한 콜로이드 (colloidal) 양자점으로 크기가 수 nm 정도이다. 양자점은 화학 반응 시간을 조절해 크기 조절이 쉽고, 양자 효과로 크기에 따라 광 흡수/발광 파장을 조절할 수 있다. 가시광 양자점은 좁은 발광 파장영역을 가지면서 넓은 스펙



〈그림 7〉 PbS 양자점이 내재된 적외선 감응 유기발광다이오드 활용 SWIR 이미지센서 [6]

트럼에서 효율적인 광 흡수가 가능해 차세대 발광 소자로 디스플레이에 상용화되었다. 현재까지 발표된 SWIR 대역 양자점 소재는 InAs, InP, PbSe, PbS, HgTe, Ag₂S 등으로 무엇보다 저온 공정으로 소자 구현이 가능하다는 장점이 크다. 이는 Si CMOS가 완성된 후 추가 공정으로 SWIR 광센서 집적이 가능하여 앞서 InGaAs 또는 Ge가 지녔던 집적 공정의 어려움을 피할 수 있다.

이러한 근본적인 장점에도 불구하고 초창기 양자점 기반 SWIR 이미지센서는 픽셀 간 불균일한 반응성과 넓은 픽셀 간격으로 기대했던 성능에 부합하지 않는 모습을 보였다. 스타트업을 중심으로 양자점 기반 SWIR 이미지센서가 상용화되면서 최근 픽셀 간격이 약 2 μ m 까자 줄어드는 등 많은 성능 개선이 이루어지고 있지만 [5], 여전히 InGaAs 기반 SWIR 이미지센서에 비해 낮은 성능을 보여준다.

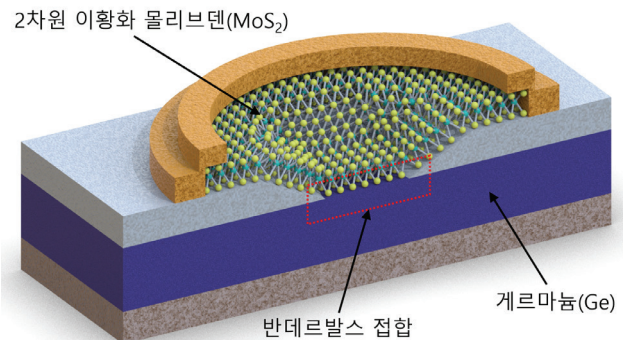
최근에는 양자점을 유기발광다이오드에 적용해 1.2 μ m 파장 적외선을 가시광으로 변환한 뒤 이를 Si CMOS 이미지센서로 검출하는 기술이 발표되기도 했다 [6]. 커스터마이징 하지 않은 기존 CMOS 이미지센서를 이용할 수 있다는 점이 가장 큰 장점으로 저렴하게 SWIR 이미지를 획득할 수 있는 기술이다. 하지만, 파장대가 SWIR의 강점을 갖는 1.5 μ m 이상이 아니라 활용도가 낮고, 가시광 변환 효율이 낮아 앞선 기술들과 비교해 경쟁력을 갖기 쉽지 않다.

4. MoS₂/Ge 이종접합

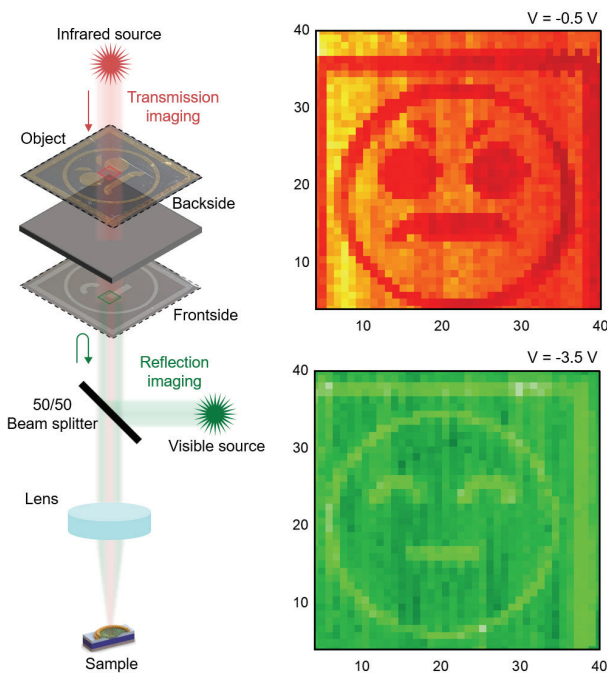
지금까지 SWIR 이미징을 위한 새로운 소재와 집적 공정이 대부분의 연구를 주도했다면 최근에는 다양한 기능이 부가된 소자 기술들이 많이 발표되고 있다. 특히 MoS₂ 등 2차원 TMD (Transition Metal Dichalcogenide) 물질에 관한 관심이 높아지면서 이를 적외선 흡수가 가능한 Ge 등의 반도체와 이종 접합하여 기존 광센서에서 볼 수 없었던 새로운 밴드 구조와 소자 동작이 가능해졌다.

〈그림 8〉은 2차원 이황화몰리브덴을 p-타입 Ge 위 정렬된 위치에 전사하여 이종접합 다이오드 기반 광센서를 제작한 것으로, 이들 물질의 도핑과 두께를 최적화해 기존 물질 조합에서는 얻을 수 없는 독특한 type-II 밴드 정렬을 구성할 수 있다. 이를 통해 전압 크기에 따라 전자와 정공의 흐름을 조절하고, 파장 대역에 따라 암전류 및 광전류 증폭률을 다르게 조절할 수 있다. 즉, 가시광과 SWIR이 모두 존재하는 상황에서 단순히 동작 전압만 바꿈에 따라 가시광 또는 SWIR 파장만 선택적으로 검출하여 이미징하는 것이 가능하다 [2]. 〈그림 9〉는 실리콘 기판 앞면에는 웃는 얼굴, 뒷면에는 화난 얼굴을 가진 “지킬 앤 하이드” 패턴을 이용해 이러한 예를 보인 결과이다. “지킬 앤 하이드” 패턴에 가시광을 조사한 상태에서는 웃는 얼굴이 나타나지만, 패턴 뒤에서 적외선을 비추면 숨겨진 화난 얼굴이 나타나게 되어, MoS₂/Ge 소자를 이용하면 가시광으로 파악할 수 없는 숨겨진 정보를 듀얼 밴드 이미징으로 확인할 수 있음을 보여준다.

V. 전망과 결론



〈그림 8〉 MoS₂/Ge 이종접합 광센서



<그림 9> MoS₂/Ge 이종접합 광센서를 이용한 전압에 따른 가시광 및 SWIR 이미징 결과

실리콘의 한계를 넘어 SWIR 적외선을 검출할 수 있는 적외선 이미지센서에 대해 그 응용과 기술들을 살펴보았다. SWIR 적외선을 이용하면 야간이나 안개 등의 악천후에서도 장애물을 확인할 수 있어 로봇, 드론, 자율 주행 자동차 등에 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 특히 1.5 μ m 근방 적외선은 눈에 무해한 파장으로 현재 스마트폰에 사용되고 있는 안면인식 센서를 더욱 안전하게 구현할 수도 있다. 여기에 바이오 이미징 응용까지 더하면 그 활용도는 지금 우리가 상상할 수 있는 수준을 넘어선다. 그렇기에 현재 상용화된 SWIR 이미지센서가 지닌 높은 가격, 낮은 해상도, 큰 부피 등의 한계점을 해결하기 위한 기술 개발이 더욱 힘을 받을 것이다. 동시에 기능적인 측면에서도 그간 이미지센서가 보여준 단순 이미징이 아니라 가시광과 SWIR에 동시에 반응하거나 선택적인 이미징이 가능한 이미지센서의 상용화도 기대해볼 직하다. 마지막으로 SWIR 이미징은 MWIR이나 LWIR과 달리 가시광 이미징과 같이 대상의 윤곽이나 특징을 보여주기 때문에, 인공지능 머신비전 등 그 활용도가 확대될 것이다.

참고 문헌

- [1] Marc P. Hansen, et al. "Overview of SWIR detectors, cameras, and applications," Proc. SPIE 6939, Thermosense XXX, 69390I (17 March 2008).
- [2] Aujin Hwang, et al. "Visible and infrared dual-band imaging via Ge/MoS₂ van der Waals heterostructure," Sci. Adv. 7, eabj2521 (2021).
- [3] Olufemi I. Dosunmu, et al. "Resonant cavity enhanced Ge photodetectors for 1550 nm operation on reflecting Si substrates," IEEE J. Sel. Top. Quantum, Electron. 10, 694 (2004).
- [4] S. Manda, et al. "High-definition visible-SWIR InGaAs image sensor using Cu-Cu bonding of III-V to silicon wafer," 2019 IEDM, 16.7.1-16.7.4 (2019).
- [5] Jiwon Lee, et al. "Imaging in short-wave infrared with 1.82 μ m pixel pitch quantum dot image sensor," 2020 IDEM, 16.5.1-16.5.4 (2020).
- [6] Do Young Kim, et al. "Multi-spectral imaging with infrared sensitive organic light emitting diode," Sci. Rep. 4, 5946 (2014).



허준석

- 2006년 9월 서울대학교 전기공학부 학사
- 2008년 12월 미시간대학교 EECS 석사
- 2011년 12월 미시간대학교 EECS 박사
- 2011년 11월 ~ 2013년 1월 미시간대학교 EECS
박사후연구원
- 2013년 3월 ~ 현재 아주대학교 전자공학과 교수
- 2019년 2월 ~ 2020년 1월 버지니아대학교 ECE
방문교수
- 2022년 5월 ~ 현재 아주대학교 산학협력단 교육혁신
부단장
- 2022년 8월 ~ 현재 수원시 청년정책조정위원회

〈관심 분야〉

III-V 화합물반도체, Wide bandgap 반도체, 3D 집적소자,
2D/3D 반데르발스 이종접합 소자, (Si)Ge 소자

광산업의 근간을 이루는 III-V반도체 기판제조를 위한 장치/장비 기술

서론

한반도와 그 부속 도서로 이루어진 대한민국은 거대한 영토 보유국인 러시아, 미국, 중국, 인도, 브라질과 같은 국가에게는 항상 작은 나라로 치부된다. 더욱이 남북이 분단되어 그 반의 영토에 해당하는 사람들이 살고 있는 “남한”은 방글라데시 다음으로 인구밀도가 세계에서 두 번째로 큰, 매우 협소한 나라이다. 게다가 전체 국토 중에서 산지가 70%여서 프랑스, 네덜란드 등 평지로 이루어진 나라보다 인구밀도가 훨씬 더 조밀하게 느껴진다. 이러한 대한민국이 영화, 음악, 드라마, 패션 등 문화/예술계에서 한류라는 이름으로 세계의 주목을 받고 있다. 이 뿐만 아니라 전기/전자/통신/자동차/게임/건설/식품/바이오/국방/원자력 등의 산업에서도 그 위상이 나날이 높아지고 있다. 하늘의 천사들이 들고 있는 금 대접에서 쏟아지는 금가루가 쏟아지는 듯, 대한민국에는 연신 번영의 깃발이 올라가고 있으며, 최근 방문한 사우디 빈살만 무하마드 왕세제도 한국의 번영에 감탄하며 사우디아라비아의 네옴시티 건설에 한국의 도움을 간절히 바라고 있다. 무엇보다 한국의 제조업은 나라의 국력과 위상을 떠받치는 엔진동력이 되어, 거대한 대한민국호가 거센 풍랑을 만나도 흔들림 없이 앞으로 나아갈 수 있도록 중심축이 되고 있다.

이러한 제조업을 뒷받침하는 핵심엔진은 공학기술의 발달이며, 특히 대한민국의 핵심 부가가치 중 하나는 반도체를 기반으로 하는 전자/전기 등의 디바이스 제조에 있다. 삼성전자를 필두로 하여 굴지의 세계적인 경쟁력을 갖춘 기업들이 보유한 공학기술과 제조기술이 이를 가능하게 하며 유일한 슈퍼파워국가인 미국의 대통령도 한국을 무시할 수 없게 만든다.

이러한 제조기술과 공학기술 발전의 기초를 이루는 것은 제조를 가능



주형규
가천대학교

하게 하는 장비 및 장치 기술이며, 반도체 산업의 경우 이러한 장치/장비 기술은 미국, 일본, 독일, 네덜란드 등 선진국들이 독점하고 있다.

대학과 연구소에서 수행하고 있는 과학기술 연구의 대부분은, 어떤 물리/화학/생물학적인 현상에 근거하여 새로운 원리나 기작을 발견하거나, 새로운 신물질 및 신구조체를 개발하여 그 특성을 분석하고 디바이스에 접목하여 새로운 기능을 구현하거나, 관련 산업에서 차세대 핵심 소재로 대체하려는 목적을 지닌다. 특히 신소재 개발 분야의 경우 이를 산업에 응용하기까지 공정기술 등 수많은 난제를 극복해야 하지만, 동시에 많은 양의 연구논문 및 특허 등 가시적인 연구 성과가 생산될 수 있는 분야이기도 하다. 그러나 산업 생태계의 균형과 선순환에서 절대적으로 필요로 분야가 있으니, 이는 관련 산업에서 필요로 하는 소재를 생산하는 “장치 및 장비기술”이다. 장치 및 장비 기술 분야는 단기간에 연구 성과가 나오기 힘들며, 많은 연구자들과 기술인들이 연구를 꺼리는 분야이기도 하다.

본론

이공계열의 대학과 연구소에서 이루어지는 연구는 기초분야와 응용분야로 나누어질 수 있으며 특히 기초분야는 발명이 아닌 “발견”에 초점이 맞추어져 연구가 수행되고 있다. 새로운 원리 및 기작을 발견하고 규명하는 일은 매우 어려운 일이며, 많은 전문 연구자들에 의한 오랜 시간의 노력을 필요로 하는 분야인 만큼 많은 연구 논문 및 성과가 나오기도 상대적으로 힘든 분야이기도 하다.

이와 비슷하게 산업계의 제조업 분야에서도 관련 핵심 소재/부품을 생산하는 장치 및 장비 기술이, 앞서 언급한 기초 연구의 성격을 띠다고 볼 수 있다. 이러한 장치 및 장비 기술은 이공계열의 대학과 정부출연 연구소에서도 연구할 수 있는 환경이 녹록치 않으며, 연구 논문 및 특허가 단기간에 양산될 수 있는 분야가 아니다. 또한 관련 장비 및 장치개발을 통해서 당장 기업의 매출을 올릴 수 있는 단기간의 전망을 갖기도 매우 어려우며, 더욱이 오랜시간동안 축적된 고도의 노하우가 절대적으로 필요

한 분야이기도 하다. 이러한 장비 및 장치 기술 산업의 특성과 한계로 인해서 많은 연구자들이 관련 기술 연구를 기피할 수 밖에 없으며 대부분의 경우 관련 산업 분야의 생계형 기업군에서 독자적으로 핵심 기술 개발을 맡고 있는 실정이다. 그러므로 이러한 핵심소재부품을 제조하는 장비 및 장치기술개발의 경우 많은 기술적, 이론적, 그리고 경험적인 노하우가 필요하며, 대학과 연구소 그리고 기업의 공동연구가 절실한 분야이기도 하다. 해외선진 기업과의 공동연구도 절실하지만 이는 현실적으로 매우 제한적인 협조만을 기대할 수 밖에 없기에 국내의 관련 연구분야의 대학/연구소/기업의 연합연구가 절대적으로 필요한 것이다.

네덜란드 벨트호벤에 본사를 두고 있는 ASML은 반도체 노광장비 기술을 보유하고 있는 기업이며, 전세계 반도체 노광장비 시장에서 2022년 기준으로 91%의 점유율을 자랑한다. 수nm 패터닝을 위한 극자외선(EUV) 노광장비의 경우 세계시장을 독점하고 있어서 삼성전자와 대만 TSMC의 파운드리 시장 패권다툼의 향배를 좌지우지하고 있다. ASML은 필자가 2000년대 초반 네덜란드 아인트호벤 공대 전기공학과에서 포스트닥터로 있었을 때 주변의 대학원생들이 손꼽아 가고 싶어했던 기업 중 하나로 기억하고 있다. 당시 정밀하게 가공된 자외선용 렌즈 하나가 수천만 달러였으며, 이와 같은 장비에 들어가는 각종 광학부품들은 천문학적 고단가의 고품질이었다. 그리고 이를 개발하기 위해서 네덜란드를 비롯한 유럽의 수많은 대학과 연구소의 연구자들이 ASML과 협동연구를 하고 있었다. 이러한 장비 및 장치기술 개발은 대학이나 연구소에 있는 연구자들에게는 소위 임팩트팩터(Impact Factor)가 높은 저널에 게재할 수 있는 논문을 양산할 수 있는 분야가 결코 아니다. 오히려 중요한 기술의 노하우 축적과 기밀보존이 필요한 분야이며 그러한 노하우기술의 내용은 연구 논문 게재 시 포함시키지 말아야 할지도 모른다.

제조업 분야의 핵심 부품 및 소재를 제조 양산하는 장비 및 장치를 개발하는 기술은 위에서 언급한 바와 같이 단기간에 실적이 나오기 힘들며, 동시에 오랜시간동안 축적된 노하우를 바탕으로 시장에서 서서히 그 위력을 발

휘하게 된다. 4차 산업혁명을 이끌 네트워크 디지털 기반 차세대 산업에서 점차 주목 받는 기술 중 하나는 광산업이다. 빛을 신호 전달의 매개로 이용하는 고속 신호처리기는 물론, 각종 고기능 센서, 초고속/고해상도 가공공정, 에너지 고효율전환, 차세대 태양광소자, 양자 컴퓨팅, 양자정보통신, 고출력 레이저 기반 군사무기, 차세대 통신광원, 로봇비전, 마이크로 LED 등 차세대 디스플레이, 자율주행 자동차용 4D 라이다 시스템, 등 광산업은 미래 신기술의 핵심 산업으로 부상하고 있다. 전기적인 신호 즉 전자를 이용하여 신호를 처리/저장하는 실리콘 기반의 전자공학기술 뿐만 아니라, 광자를 매개로 하는 새로운 핵심 부품 및 소재/소자의 필요성이 급증하고 있다. 광소자 내부에서 뿐 아니라, 진공상태에서도 빛의 속도로 에너지 및 신호를 전달할 수 있는 광자는, 기본적으로 전자와 달리 전하가 없으므로 쿨롱 반발력의 부재로 인하여 신호처리 속도에 커다란 잇점이 있으며, 각종 초고속 센서와 고효율 에너지 변환/하베스트, 초고속 고출력 기반 군사무기 등의 다양한 장점을 제공한다.

이러한 광소자/광소재 산업군에서 필요로 하는 물질은 광섬유 이외에 광반도체가 있으며 보통 III-V 족 반도체가 그 역할을 하고 있다. Indirect Bandgap 에너지 구조를 가지고 있는 실리콘과 달리, III-V 반도체의 경우 대부분 Direct Bandgap 구조를 가지고 있어서, 수광 및 발광효율이 좋으며, 에피 공정에 쓸 수 있는 기판소재의 경우 실리콘보다 매우 높은 고단가를 형성하고 있다. 예를 들어 실리콘 기판 한 장당 약 5000원 정도라면, GaAs 기판은 경우 약 50,000원이며, InP 기판의 경우 350,000원에 육박한다. 실리콘 기판의 경우 수입하기도 하지만, 국내에서 상당 부분 자체 양산하고 있는 반면에 광소자용 반도체 기판의 경우 일본, 독일, 미국, 영국 등으로부터 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이어서 국내 광산업 분야의 공급 생태계의 불균형이 지속되고 있다. 우리 국내의 기술이 미성숙한 이러한 분야에서 중국은 놀랍게도 성장세와 기술의 약진을 보이고 있는데, 이처럼 중국정부는 미래 광산업의 중요성을 꿰뚫어보고 정부 차원의 대대적인 투자를 아끼지 않고 있는 것이다.

흑자는 말할지도 모른다. 전세기는 신자유주의 질서의

일환으로 글로벌 협동 산업체계로써 산업 생태계가 유지하려 하고 있는데, 대한민국만이 산업 생태계의 균형을 독자적으로 실현할 필요가 있느냐고 말이다. 차라리 최종 소비되는 소자 개발에 집중하여 세계적인 경쟁력을 유지하는 것에 초점을 맞추어야 한다고 말이다. 이또한 일견 맞는 말이며 국제적인 경쟁력을 갖춘 high-end급 product를 양산하는 산업군의 육성을 통해, 실제로 대한민국은 매우 성공적으로 산업 제조업의 위상을 키워왔다. 광산업의 경우도 역시 세계적인 경쟁력이 있는 삼성전자, LG이노텍, 서울반도체 등 다수의 국내기업들이 믿음직스럽게 광산업의 최종소비용 소자산업을 견인하고 있다. 그리고 광소자 제조에 필요한 중요한 핵심소재나 부품이 필요할 경우, 해외에서 수입해서 써왔으며, 이러한 핵심소재나 부품을 양산하는 장치 및 장비를 개발하는 기술은 시간과 노력이 많이 드는 어려운 분야이기에, 이미 시장을 석권하고 있는 일본, 미국, 독일 등 해외 선진업체에 일임하여 세계적인 협력분업 체계에 속하여 현 상황을 유지해왔던 것이다.

그러나 신자유주의에 기반한 국제 경제질서 체계가 흔들리고 있다. 지소미아(GSOMIA: 한일군사정보보호협정) 종결과 함께 다가온 일본의 경제제재는 포토레지스트, 불화수소 등 반도체와 디스플레이에 필요한 중요한 소재들에 대한 수출제한을 담고 있으며 실제로 국내 관련 산업에 커다란 걱정과 공급변동을 초래하였다. 이는 국제협력 및 분업체계가야말로 냉혹한 국제사회에서 개별적 국익에 따라 언제든지 붕괴되고 재편될 수 있다는 것을 새삼 느끼게 해준 사건이었다. 그 뿐만이 아니다. 우크라이나를 불법 침략한 러시아에 대한 국제사회의 제재가 이어지고 있으며 반도체 등 핵심 소재/품목에 대한 강력한 제재가 이루어지고 있다. 중국 반도체 산업에 대한 미국 및 국제 사회의 제재는 이미 잘 알려진 일이며, 세계의 공장으로서의 중국의 위상이 무너지고 있다. 이는 국제정치적인 이슈와 국가간의 패권 경쟁으로 얼마든지 국제 기술분업체계는 무너질 수 있으며, 재편될 수 있다는 것을 보여준다.

광산업에서 디바이스 마킹(marking), 절단, 가공 등의 공정에 활용되고 있는 고출력 레이저의 경우 초고속으로



〈그림 1〉 고압성장이 가능한 III-V족 화합물 반도체 단결정 성장장치 (VB법) [㈜삼양세라텍]

(빛의 속도로) 그리고 매우 정확하게 적을 섬멸할 수 있는 군사무기로 개발되고 있다. 세계적인 종합 방산업체인 미국의 록히드마틴(Rockeed Martin)의 경우 최근에 300kW급 고출력 레이저를 지대공 무기로 개발하여 각종 항공기 및 드론을 요격할 수 있는 무기체제로 편입시켰다. 레이저를 기반으로 하는 무기는 고출력 파괴무기 뿐 아니라, 미사일/어뢰 유도 및 각종 탐지/검출 장치 등 군사무기 전반에 응용되고 있다. 이러한 고출력 레이저 기반 군사무기는 국내를 포함하여 전세계로 그 중요성이 점점 더 중요하게 인식되고 있으며, 육군, 공군, 해군, 우주 전략 무기 분야에서의 게임체인저로 등장할 것으로 예측되고 있다. 이러한 경우, 국내 광산업 생태계의 불균형은 국가전략적인 측면에서 치명적인 약점이 될 수 있는 것이다. 예컨대, 국제 패권사회의 가장 민감한 분야인 군사무기 기술분야에서, 타국의 고출력 레이저 등 관련 기술개발을 제한할 수 있도록 광소자 반도체의 핵심소재 및 핵

심부품 (예를 들면 GaAs, InP 기판소재 또는 그의 제조 장비기술)의 수출을 제한할 지도 모른다. 이러한 냉혹한 국제사회의 현실 앞에서 국제 기술분업체계는 더 이상 작동하지 않으며 국제 분업체계를 믿고 불균형적인 산업 생태계의 조성을 방치한 국가는 치명적인 타격을 입게 될 것은 명약관화한 일이다.

그렇다면 이러한 광산업 생태계의 균형을 유지하기 위해 핵심소재/부품을 양산하는 장치/장비기술을 개발하려면 어떻게 해야 하는가? 단기간에 성과와 매출이 나오기 힘들고 더욱이 관련 연구분야에서는 논문과 특허가 단기간에 나오기도 어려우며, 장기간에 축적되는 노하우 기술이 중요하기에, 반도체 단결정 성장 장비, 정밀 가공장비 등의 장치/장비 기술은 개별 기업이나 대학 및 연구소가 아닌, 절대적으로 정부가 주도/육성해야 하며 이를 위해서 전략적인 마인드로 접근해야 한다.

앞서 언급 한 바와 같이 단기간에 성과를 내기 어려운 기초연구분야는 꾸준하고 지속적인 연구가 중요하며, 정부가 주도할 수 밖에 없는데, 광산업에서 장치와 장비기술 개발이 이에 해당한다. 대학과 정부출연연구소 그리고 관련기업의 공동연구를 장기적으로 지원해야 하며 국가 전략적인 마인드로 지원체계를 구성할 필요가 있다.

맺는 말

자원이 미미하고 국토마저 협소한 대한민국의 변영은 절대적으로 제조업의 기술발전에 달려 있으며 기술 강소국의 지위를 견고히 하려면 제조업의 핵심기술개발이 절실하다. 작은 섬으로 이루어진 대만이라는 국가의 전략적인 가치가 배가되는 이유도 바로 TSMC라는 대체불가의 세계적인 파운드리 기업이 있기 때문이다. 그러나 국제사회의 기술분업체계도 국가간의 패권과 개별적인 국익앞에선 언제든지 무너질 수 있으며 최종소비용 소자 제조의 핵심기술 보유만으로는 대한민국이 국제사회에서 살아남기 힘들 수도 있다. 균형적인 산업 생태계를 유지할 수 있는 역량을 갖추어야 하는 이유가 바로 여기에 있다.

광소자 산업은 차세대 제조업과 산업을 이끌 핵심 소재/부품/소자를 담당할 중요한 축으로 자리잡을 것으로



예상되며, 또한 차세대 군사무기도 광산업에 달려 있다고 해도 과언이 아니다. 앞서 언급한 바와 같이 국내 광산업의 경우 최종 소비용 소자의 제조역량은 세계적인 수준이지만 광소자 제조의 토대가 되는 에피급 기판소재를 제조하는 장치 및 장비기술은 매우 부족하여 국내 광산업 생태계의 불균형이 심각한 상태에 있다. 단결정 반도체 성장 장치/장비기술, 단결정 정밀가공 장치/장비 기술 등 장치/장비기술을 하루빨리 육성하여 광산업 생태계의 균형을 유지해야 하며, 국가 전략적인 관점으로 정부주도의 지원체계를 마련해야 할 것이다.



주 형 규

- 1993년 2월 고려대학교 물리학과 학사
- 1998년 8월 고려대학교 물리학과 석사
- 2002년 11월 옥스퍼드 대학교 응집물질 물리학과 박사
- 2003년 4월 ~ 2005년 7월 네덜란드 아이트호벤 공과대학 박사후연구원
- 2005년 8월 ~ 2006년 7월 한양대학교 나노과학기술원 연구원
- 2006년 8월 ~ 2007년 2월 일본 NTT 연구소 Research Associate
- 2007년 3월 ~ 현재 가천대학교 물리학과 교수
- 2015년 3월 ~ 2020년 2월 바이오칩 학회 평의원
- 2016년 2월 ~ 2018년 1월 한국과학기술원 초빙교수
- 2015년 12월 ~ 2017년 11월 의료법인 길의료재단 가천의료기기 융합센터 겸임교수
- 2011년 2월 ~ 현재 국비유학한림원 회원
- 2022년 5월 ~ 현재 학술지 Current Applied Physics (Elsevier) 편집위원
- 2022년 2월 ~ 현재 한국물리학회 반도체 분과 운영위원
- 2022년 4월 ~ 현재 차세대 결정 공학 연구회 평의원

〈관심 분야〉

반도체 특성분석, 광반도체 소자, 광센서, 플라스모닉스 광소자

실리콘 포토닉스 기반 테라급 광인터커넥션 기술

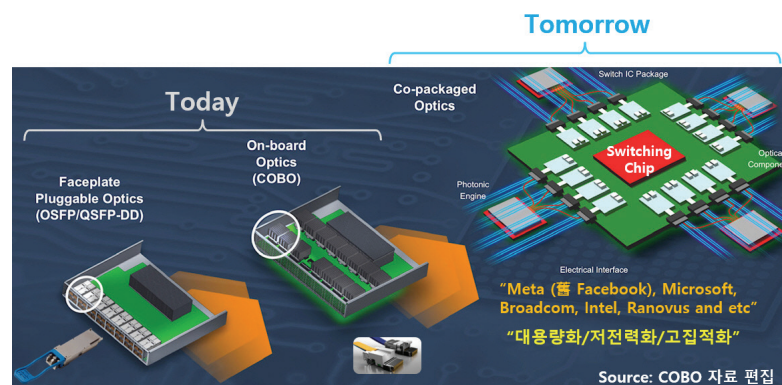
I. 서론

동영상 스트리밍(streaming), 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 서비스 등의 유무선 네트워크 서비스의 활성화에 따른 데이터 트래픽은 시스코 자료에 의하면 연평균 25%이상 증가할 것으로 예측하고 있다. 이렇게 폭발적으로 증가하는 데이터를 수용하기 위해 데이터센터 운용사는 데이터센터의 규모를 확장하고 있으며, 신호 연결 속도를 지속적으로 증대하고 있다. 데이터센터 내부 연결은 30m 이내 연결은 동축 케이블(copper cable)에 의해 전기적으로 연결하고 있으며, 그 이상의 연결 거리는 광섬유(다중 모드 및 단일 모드)를 이용하여 광학적으로 연결하고 있다. 데이터 전송 속도가 100Gbps 이상으로 높아짐에 따라 전기적 연결시 신호의 큰 손실을 보상하기 위한 등화 기술 및 큰 부피를 차지하는 동축 케이블 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 이유로 향후 작은 신호 손실과 작은 부피의 광섬유를 이용하는 광연결로 대부분 대체될 것으로 전망된다.

또한, 광연결 속도가 100Gbps급 이하에서는 일반적으로 NRZ



강 세 경
인옵텍스



〈그림 1〉 블록체인의 10가지 한계점

(Non-Return Zero) 방식을 적용하여 왔으나, 200Gbps 및 400Gbps급 이더넷 표준인 IEEE 802.3bs 표준에서는 NRZ 대비 전송 효율이 2배인 PAM-4 (4-level Pulse Amplitude Modulation) 방식을 채택하여 2017년 12월에 표준화하였다^[1]. PAM-4 변조방식은 하나의 심볼(symbol)에 2개(00, 01, 10, 11)를 전송하는 개념이며 빛의 세기 변화에 의해 변조된다. 따라서, NRZ 방식에 사용되는 부품을 PAM-4 변조방식을 적용하면 2배의 높은 동작 속도를 가질 수 있어 동작 대역폭 및 채널 수를 줄일 수 있는 이점을 가진다. 하지만, PAM-4 변조 방식 기반 광모듈은 PAM-4 신호를 처리할 수 있는 신호처리기(Digital Signal Processor, DSP)를 필요로 하며, 이는 현재 CMOS 기반의 DSP 칩이 상용화되어 보편적으로 사용되고 있다.

이렇게 증가되는 스위칭 용량 및 전송 속도에 따라 데이터센터는 그 만큼 많은 전력을 소모하게 된다. 이러한 이유로 최근 미국에서는 데이터센터에서의 전력 소모를 줄이기 위해 2가지 접근 방식으로 연구하고 있다: (1) 데이터센터 네트워킹 구조를 개선함으로 전력 소모를 줄이는 방법이다. 현재 연구중인 구조는 네트워크 구성 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 disaggregation 네트워크 구조이며 이는 각각의 자원마다 랙(Rack)을 구성하고 이들을 스위칭 함으로써 자원 효율을 극대화하는 방식이다; (2) 나머지 방법은 광학적 연결을 통해 에너지를 절감하는 연구이다. 특히, 실리콘 포토닉스 기술과 저전력 광원 기술을 이용한 광인터커넥션 기술을 통해 전력 소모를 줄이는 연구를 진행 중에 있다^[2].

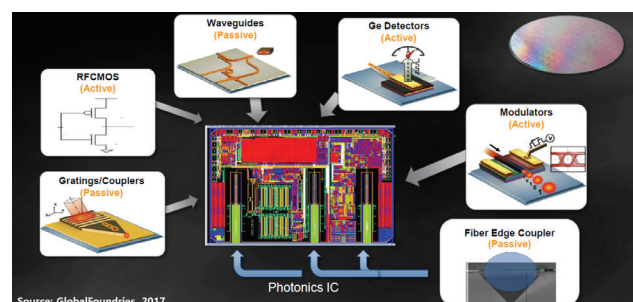
데이터센터에서는 테라급 광인터커넥션 기술에 대해 에너지 효율에 대한 이슈가 제기되고 있으며 이를 해결하기 위해 <그림 1>에서 보는 바와같이 기존의 서버 라인카드 전면부에 실장되는 pluggable optics에서 보드상에 실장되는 mid-board optics, 더 나아가 스위칭 ASIC 칩에 최근접하여 실장되는 Co-Packaged Optics(CPO)을 적용하기 위해 검토 중에 있다. <그림 1>은 On-Board Optics와 CPO 관련하여 표준화를 진행하고 있는 COBO (Consortium for On-Board Optics)의 자료를 편집한 것이다^[3]. Pluggable optics의 경우, 전면

판(faceplate)에서 스위칭 칩까지의 거리가 25cm이상으로 신호의 손실이 크게 발생하며 이를 보상하기 위한 추가적인 전력 소모를 초래하게 된다. 이에 반해 CPO 모듈은 스위칭 칩과의 거리가 5cm이하로 최근접 실장함으로써 CDR (Clock and Data Recovery)/retimer 및 FEC (Forward Error Correction) 등이 필요하지 않아 전력 소모 및 신호 지연(latency) 측면에 유리한 장점을 가진다. 하지만, CPO 모듈이 높은 열이 발생되는 스위칭 칩에 근접 배치됨에 따라 열적 신뢰성이 보장되어야 한다. CPO의 광학적 파트를 구현하는 기술로는 실리콘 포토닉스가 유력하게 언급되고 있으며 관련 표준화가 진행중에 있다^[4]. 또한, 저전력 광원인 VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser)를 이용한 CPO 연구도 진행 중에 있다^[5].

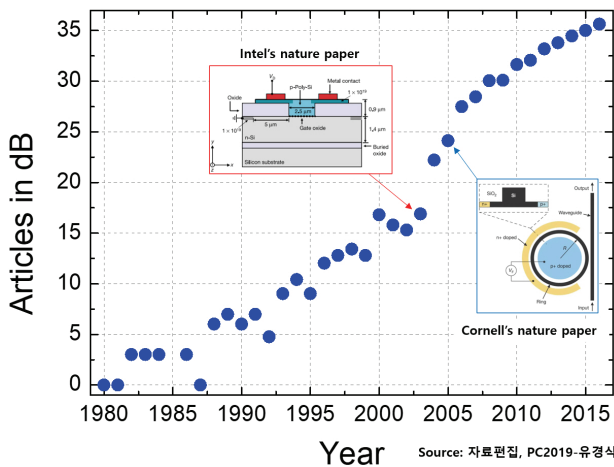
본 논문에서는 고집적 광인터커넥션 모듈인 CPO의 핵심 구현 기술인 실리콘 포토닉스 기술 동향과 이를 이용한 CPO 기술 개발 사례에 대해 기술한다. 또한, 고속 신호 입출력 기술 전망과 CPO 시장 진출을 위한 연구개발의 필요성에 대해 언급한다.

II. 실리콘 포토닉스 기술

실리콘 포토닉스 기술은 30년 전부터 연구해 왔으며, 이 기술의 궁극적인 목표는 실리콘 소재를 사용하는 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 전자소자와 광소자를 하나의 칩으로 구현하는데 있다. <그림 2>에서 보는 바와 같이 2004년 인텔의 실리콘 기반 광변조기 구현 관련 Nature 논문^[6] 발표를 기점으로 하여 실리콘 포토닉스 관련 기술 연구가 급격히 증가하



<그림 2> 실리콘 포토닉스 관련 논문 게재 추이^[7]



〈그림 3〉 CMOS 전자소자 및 광소자 단일 집적화

는 것을 알 수 있다 [7]. 이후 미국 코넬대학교에서 2005년에 링기반 광변조기에 대한 Nature 논문이 추가적으로 게재되면서 지속적으로 많은 연구가 진행되어 왔으며 최근에는 상용화 단계에 있다 [8]. 실리콘 포토닉스는 실리콘 물질의 특성으로 $1\mu\text{m}$ 이하의 빛은 흡수하게 되며, $1.3\mu\text{m}$ 및 $1.5\mu\text{m}$ 파장 대역은 투명한 성질을 가지고 있어 광도파로 형성이 가능하다. 따라서, 〈그림 3〉과 같이 실리콘 포토닉스 기술은 광도파로 (Waveguide), 입출력 결합기 (Grating /Edge coupler), 광변조기 (MZM/MRM), Ge PD (Photodiode) 등이 구현이 가능하다 [9]. 미국의 Ayar Labs 사에서는 Global Foundries사의 CMOS 45nm 공정을 이용하여 전자소자 및 광소자를 하나의 칩으로 구현하였으며, 이를 인텔의 FPGA 칩에 적용한 기술을 발표하였다 [10]. 이러한 기술은 향후 고속 입출력 신호를 가지는 전자소자와 광칩 랫(Optical chiplet) 형태로 패키징될 수 있는 상당히 진보된 기술이라고 볼 수 있다.

1. 실리콘 포토닉스: 광송신부 기술

광송신부는 빛을 생성하는 레이저다이오드, 전기신호에 따라 광신호를 변조하는 광변조기, 파장 다중화 구조인 경우 광다중화기 등으로 구성된다. 실리콘 포토닉스는 간접 천이형 에너지 밴드 갭을 가지는 물리적 특성 때문에 광원을 구현할 수 없다. 따라서, 기존의 III-V족 계열의 화합물 기반 광원 칩을 실리콘 포토닉스 칩에 이중

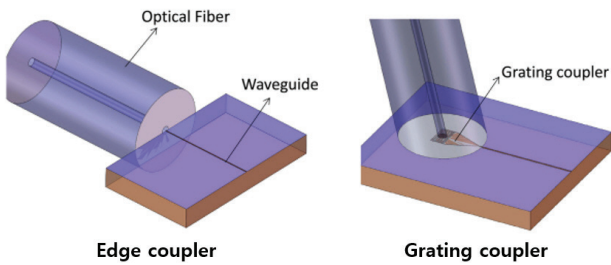
집적화하는 방식 [11]과 연속 광원을 실리콘 포토닉스 칩과 이격시켜 모듈 외부에 배치하는 형태 [12]를 가질 수 있다. 링 광변조기는 파장다중화/역다중화 기능과 광학적 변조가 동시에 가능하며, 칩 면적이 작아 소형화에 유리한 장점이 있으나, 온도에 민감하며 비교적 낮은 광입력 세기에서 공진 왜곡이 일어나는 단점이 있다 [13]. 800Gbps 및 테라급 광인터커넥션에서는 채널당 속도가 적어도 200Gbps (100Gbaud @ PAM-4) 이상을 요구할 것으로 전망되며 IEEE 802.3 표준화 study group에서도 200Gbps/lane을 고려하고 있다. 최근 200Gbps에서 동작하는 III-V족 화합물 기반 직접변조 광원 소자가 발표되고 있었으며 조만간 상용화 가능할 것으로 판단된다 [14]. 현재 온도 및 공정에 비교적 안정성을 가지는 실리콘 포토닉스 기반 MZM (Mach-Zehnder Modulator) 광변조기는 100Gbps급 소자를 파운드리에서 제공하고 있으며 동작 속도를 높이기 위해 연구가 진행되고 있다.

2. 실리콘 포토닉스: 광수신부 기술

광수신부는 빛을 전기신호로 변환하는 포토다이오드 (PD, Photodiode), 파장 다중화 구조인 경우 광역다중화기 등으로 구성된다. 포토다이오드는 실리콘 위에 게르마늄 (Ge)을 성장시켜 이 영역에서 $1.3\mu\text{m}$ 및 $1.5\mu\text{m}$ 빛을 흡수하여 광전류 신호를 생성하게 된다. 현재 파운드리에서는 100Gbps급까지 사용 가능한 Ge PD를 제공하고 있다. 최근 독일 연구팀은 Ge에 실리콘을 성장시켜 110GHz 이상까지 동작하는 PD를 발표하였다 [15]. 광역다중화기는 링 공진기 (Ring resonator), AWG (Arrayed Waveguide Grating), Echelle grating, Cascaded MZI 소자 등으로 다중화된 광신호를 분리하는 역다중화기를 구현할 수 있다. 링 공진기는 온도에 민감하여 실시간으로 보상하는 회로가 필요하다. 또한, 실리콘 포토닉스 기반 AWG는 높은 복굴절률로 인해 편광 의존성 크며 또한, 온도 의존성 ($0.1\text{nm}/^\circ\text{C}$ 파장 shift)도 큼에 따라 해결해야 할 이슈로 여전히 남아 있다 [16].

3. 실리콘 포토닉스: 광입출력 기술

실리콘 포토닉스 칩내 광소자의 성능의 발전과 같이 외

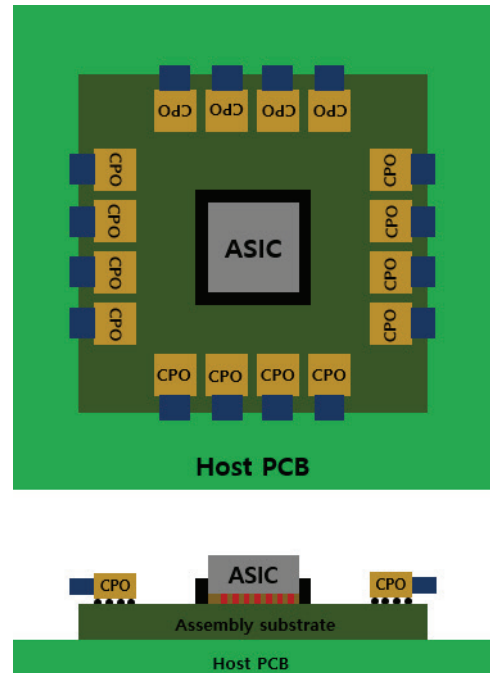


〈그림 4〉 광섬유 광결합기 종류^[17]

부 광섬유와의 광결합을 위한 칩내 광결합기 성능도 많은 개선되었다. 〈그림 4〉에서 보듯이 칩내 광섬유 광결합기는 측면 광결합하는 edge coupler와 표면 광결합하는 grating coupler로 구분할 수 있다^[17]. Edge coupler는 lensed fiber 또는 flat-facet fiber를 사용하여 광결합하게 되며 대략 3~5dB 광결합 손실을 가진다. Grating coupler는 표면 방향 (offset angle~8 degree)으로 광섬유와 광결합되며 대략 1.5~3.5dB 광결합 손실을 가지며 $\pm 2.5\mu\text{m}$ 이하의 광정렬 허용값을 가진다. Grating coupler는 1D 형태로 구현될 수 있으며 편광 의존성 매우 크며, 이에 대한 대안으로 2D 형태로 구현될 수 있다. 2D grating coupler는 광결합 손실이 비교적 크게 발생하며 대략 5.8dB 이상의 값을 가진다^[18]. 또한, 1-dB 대역폭이 대략 35nm를 가짐에 따라 이점 유의하여 칩을 설계하여야 한다.

III. 테라급 광인터커넥션 기술 동향

테라급 광인터커넥션은 서론 부분에 언급한 바와 같이 전력 소모 및 신호 지연 등의 이슈로 호스트 칩인 ASIC 칩에 최근하여 배치되는 형태로 진화할 것이다. CPO 모듈은 〈그림 5〉와 보는 바와 같이 ASIC 칩과 동일한 고속 신호용 기판 (Assembly substrate)상에 실장되는 수준의 고집적 광인터커넥션 모듈이다. ASIC 칩과 CPO 모듈은 솔더링에 의한 표면 실장 또는 솔더링 실장되는 ASIC 칩과 소켓 실장되는 CPO 형태로 OIF (Optical Internetworking Forum)에서 표준화 중이다. CPO 모듈의 대용량화, 저전력화 및 소형화를 위한 구현 기술로는 II장에 언급한 실리콘 포토닉스 기반 광집적화 기술



〈그림 5〉 Co-Packaged Optics

이 언급되고 있으며 연속 광원은 내재화 또는 외부 배치를 고려하고 있다. OIF에서는 CPO 모듈에 대해 표준화를 진행 중에 있으며 Facebook 과 Microsoft 가 작성한 CPO 가이드라인 자료를 바탕으로 진행되고 있다^[4]. 〈그림 5〉에서 보듯이 많은 열을 방출하는 ASIC 칩에 근접하여 배치됨에 따라 CPO 모듈의 열적 신뢰성 보장이 이슈가 되고 있다. 따라서, OIF에서는 현재의 공기 순환 방식의 냉각 방식 이외에 액체 냉각 (Liquid cooling), 침지 냉각 (Immersion cooling) 등을 언급하고 있다.

CPO 모듈의 form-factor는 기존 광모듈 업체에서는 다소 생소하고 쉽게 접근하기에 어려운 복잡성 (설계-구현-조립-검증)이 존재한다. 따라서, 최근에 OIF에서는 CPO보다는 ASIC 칩과의 이격 거리를 대략 15cm (채널 손실 ~ 15dB)을 가지는 NPO (Near-Packaged Optics) 기술을 발표하였다^[4]. NPO 기술은 1세대 CPO 기술로서 과도기적 기술로 생각되며, CPO 기술로 진입하기 위한 기술적 완충지대 역할로 판단된다. 따라서, 일정 기간 NPO-CPO 기술이 공존할 것으로 관련 산업체에서는 전망하고 있다.

실리콘 포토닉스 기반 CPO 모듈에 대한 기술적 이슈는

다음과 같이 정리할 수 있다.

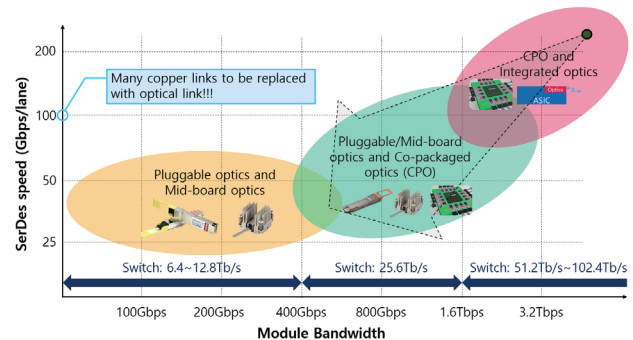
- 1) 연속 광원 (Integrated or External Light)
- 2) 실리콘 포토닉스와 전자소자의 집적화 한계
- 3) 모듈 교체성 (Solder or Socket)
- 4) 광섬유 접속
- 5) 신뢰성

앞에서 언급한 바와 같이 실리콘 포토닉스는 연속 광원 (Continuous wave)를 III-V족 화합물 기반을 광원을 사용해야 하며 이를 내재화하거나 또는 외부에 독립된 모듈 형태를 가질 수 있다. 이와 관련하여 OIF와 CW-WDM MSA^[19]에서 표준화를 진행 중에 있다. 내재화 가능한 광원 기술은 Intel과 Juniper networks에서 주로 적용하고 있으며, 그 외 기관/업체에서는 외부 독립 광원 형태로 사용하고 있다.

고속 동작하는 전자소자는 수 nm이하의 CMOS 공정을 사용하며 실리콘 포토닉스 기반 광소자는 45nm 수준의 CMOS 공정을 사용한다. 따라서, 두 소자를 단일 칩으로 구현하기에는 관련 시장 규모가 감당할 수 없다면 경제적 측면에서 어려운 면이 있다. Ayar Labs의 경우, 동작 속도가 16G/25G급 광-전자 단일 칩 형태로 구현하여 시연하였다^[9]. 그 이상의 동작 속도를 가지는 전자소자를 구현하기 위해서는 45nm이하의 CMOS공정을 사용해야 하며, 반면에 포토닉스 소자는 45nm면 충분하다. 이와 같이 두 소자 구현에 소요되는 공정 비용의 격차가 매우 커짐에 따라 광-전자 단일 집적화에 제약을 초래하게 된다.

일반적으로 광모듈은 손쉽게 교체할 수 있어야 한다. 특히, ASIC 칩에 근접하여 배치되는 CPO 모듈의 경우 고장난 모듈만을 교체할 수 있는 교체성이 용이하도록 실장되어야 한다. 해결 방안으로는 소켓을 적용하는 것인데 이는 높은 비용과 낮은 신호 품질의 문제가 있다. 따라서, OIF에서는 솔더 (solder)에 의한 실장과 소켓 (socket)을 이용하여 실장하는 방법이 언급하고 있다. 솔더에 의한 실장은 신호 품질은 우수하나 높은 온도에서 실장되기 때문에 광섬유가 연결된 CPO 모듈의 사용상 어려움과 모듈 교체성이 어려운 점이 있다.

실리콘 포토닉스 기반 CPO 모듈 개발은 Intel,



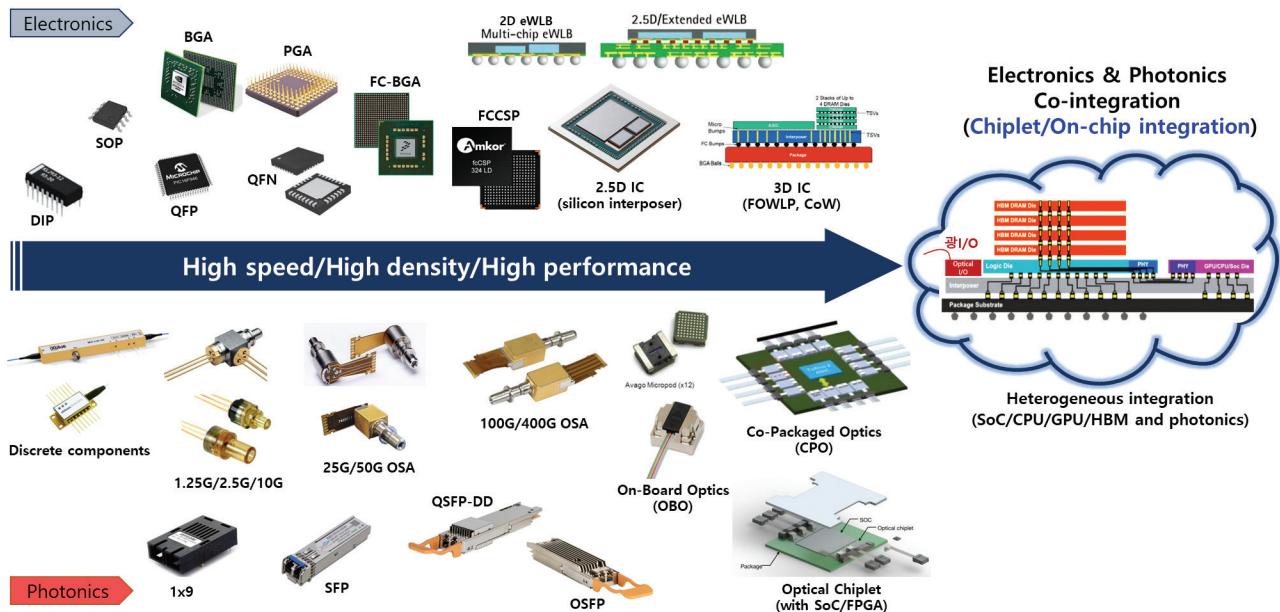
〈그림 6〉 광인터커넥션 기술 로드맵^[20]

Ayar Labs, Juniper networks, Rockley Photonics, Ranovus 등에서 활발하게 연구개발이 진행되고 있다. 이들 기업들은 CPO를 구성하는 각 기술별 전문 기업과 협업을 통해 빠르게 개발이 진행되고 있으며, OIF 및 COBO 표준화에도 참여하고 있다.

이와 같은 진보된 광인터커넥션 모듈인 CPO 기술은 〈그림 6〉에서 보는 바와 같이 스위칭 칩의 용량이 25T급일 때 1세대 CPO가 출현할 것으로 예상되며, 51T급부터 본격적으로 CPO 시대가 올 것으로 전망된다^[20]. 이러한 CPO 모듈은 대규모 데이터센터에서 먼저 도입될 것이며 소규모 데이터센터 또는 미션 크리티컬 분야에서는 기존의 pluggable optics를 지속적으로 사용할 것으로 예상된다. 따라서, 상당 기간 pluggable optics와 CPO가 공존하는 시장이 존재할 것이다. 최종적으로는 CPO 모듈이 성숙한 기술로 발전하고 보편적인 기술이 된다면 산업 전반에 걸쳐 적용될 것으로 기대된다.

IV. 결론

데이터센터 네트워크 연결 속도가 지속적으로 증가하고 있으며 이러한 속도를 수용할 수 있도록 높은 속도의 광인터커넥션 모듈을 요구하고 있다. 데이터센터의 전체 전력 소모량 중 50%이상을 냉각에 사용된다고 한다. 이러한 이유로 데이터센터 운용사에서는 전력 소모를 줄이기 위한 방법으로 네트워크 구조 및 광인터커넥션 기술을 언급하고 있다. 한가지 사례로, 데이터센터 운용사인 구글은 딥마인드와의 협업으로 머신러닝 (Machine



〈그림 7〉 전자 및 광 모듈의 패키징 로드맵

Learning)을 통해 냉각에 사용되는 에너지를 40%이상 절감하였다. 또한, 미국 에너지부에서도 데이터센터 전력 소모 절감을 위한 과제를 수행하고 있다.

광인터커넥션 기술로는 스위칭 칩 (ASIC)의 입출력단에 최근접하여 배치될 수 있는 실리콘 포토닉스 기반 Co-Packaged Optics (CPO) 기술을 적용하여 에너지 효율을 개선하는 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. CPO 기술은 주로 북미권 회사를 주도로 개발되고 있으며 유럽 및 일본의 구성 기술 전문 기업들과 협업을 통해 CPO를 빠르게 개발하고 있다. 한국의 경우, CPO 관련 기술로 실리콘 포토닉스 관련 연구는 한국전자통신연구원 등에서 정부 과제를 통해 연구를 진행해오고 있으며 국내 기업체들이 활발하게 참여하여 개발하고 있는 단계는 아니다. 또한, 차세대 광인터커넥션 모듈 기술인 CPO 관련 연구는 미미한 수준에 있다. 따라서, 정부 및 기업체에서 실리콘 포토닉스 및 CPO 관련 연구개발 아이디어 및 지원이 필요한 상황이다. CPO의 모든 파트를 다 할 수는 없을지라도 구성 기술중 한국 기업체가 할 수 있는 기술의 지속적인 발굴 노력과 선행 기술 개발을 통해 다가올 CPO 시장을 위해 미리 준비했으며 하는 바람이다.

더 나아가서 〈그림 7〉에서 보듯이 전자소자의 입출력

신호의 속도가 지속적으로 증가함에 따라 더 이상 전기적 신호 연결이 불가능한 시대가 도래할 것이다. 이에 대한 해결 방안으로 광학적 연결이 거론되고 있으며, 광입출력 블록 (광 I/O 칩렛)과 전자 소자가 동일한 패키징 기판에 통합 집적화 되는 형태의 모듈이 출현할 것이다. 세계적인 반열에 있는 국내 반도체 관련 기술과 광인터커넥션 기술을 보유하고 있는 기업체간 기술 교류가 활성화되어 미래 기술 선점의 계기가 되었으면 한다.

참고 문헌

- [1] IEEE 802.3bs, "Media access control parameters, physical layers and management parameters for 200 Gb/s and 400 Gb/s operation", 2017
- [2] ARPA-E project (USA), "Energy-efficient Light-wave Integrated Technology Enabling Networks that Enhance Datacenters (ENLITENED)", annual report 2017
- [3] Consortium for On-Board Optics (COBO), www.onboardoptics.org
- [4] Optical Internetworking Forum (OIF), "Co-Packaging Framework Document", 2022
- [5] B. Wang, et al. "4x112 Gbps/fiber CWDM VCSEL Arrays for

- Co-Packaged Interconnects", OFC2020
- [6] A. Liu, et al. "A High-Speed Silicon Optical Modulator based on a Metal-Oxide-Semiconductor Capacitor", Nature 2004
- [7] 유경식 "Silicon-based Optoelectronic Devices for Communication and Sensing Applications", Photonics Conference 2019
- [8] Q. Xu, et al. "Micrometre-scale silicon electro-optic modulator", Nature 2005
- [9] GlobalFoundries Sales Conference, "Silicon Photonics: Sales Offerings", 2017
- [10] R. Meade, et al. "TeraPHY: A High-density Electronic-Photonic Chiplet for Optical I/O from a Multi-Chip Module", OFC2019
- [11] D. Liang, et al. "Recent Progress in Laser on Silicon", Nature Photonics 2010
- [12] SuperNova, "Multi-Wavelength, Multi-Port Remote Light Source for Advanced Integrated Optics Applications" Ayar Labs, www.ayarlabs.com
- [13] X. Zheng, et al. "Enhanced Optical Bistability from self-heating due to freq carrier absorption in substrate removed silicon ring modulators", Optics Express 2012
- [14] S. Yamaoka, et al. "Directly Modulated Membrane Lasers with 108 GHz Bandwidth on a High-Thermal-Conductivity Silicon Carbide Substrate", Nature Photonics 2020
- [15] S. Lischke, et al. "Ge Photodiode with -3dB OE Bandwidth of 110GHz GHz for PIC and ePIC platform", IEDM 2020
- [16] X. Wang, et al. "Athermal Silicon Arrayed Waveguide Grating with Polymer-Filled Slot Structure", Opt. Commun. 2009
- [17] J. He, et al. "Review of Photonic Integrated Optical Phased Arrays for Space Optical Communication", IEEE Access 2020
- [18] R. Marchetti, et al. "Coupling Strategies for Silicon Photonics Integrated Chips", Photonics Research 2019
- [19] CW-WDM MSA Technical Specifications Rev. 1.0, 2021
- [20] 강세경 "PIC Technology Trends for 800G and Beyond", Photonics Conference 2019



강세경

- 1997년 2월 전북대학교 신소재공학부 학사
- 2003년 2월 KAIST 전기 및 전자공학부 석사
- 2006년 6월 KAIST 전기 및 전자공학부 박사
- 2006년 7월 ~ 2022년 8월 한국전자통신연구원 책임연구원
- 2022년 9월 ~ 현재 (주)인옵틱스 대표이사

〈관심 분야〉

High-speed Optical Interconnect, Photonic Integrated Circuit, 3D Image Sensor, Opto-electronic Packaging, Single-Photon Detection

자율주행 미래차와 LiDAR

I. 서론

최근 자율주행 기술혁신으로 미래 자동차 산업에 대변혁이 진행 중에 있다. 자율주행 자동차란 운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차를 말한다. 자율주행이란 개념은 1960년대 독일의 자동차 회사 벤츠가 제안했다. 무려 1970년대부터 자율주행차를 개발하기 위한 연구가 시작되었으며 초기에는 아무런 장애 요소가 없는 시험 주행장에서 운행하는 정도였다. 이후 1990년대부터 컴퓨터의 판단 기술력이 크게 발전하면서 실제 사용이 가능한 자율주행 시스템이 본격적으로 개발되기 시작했다. 2010년부터는 딥러닝을 이용한 자율주행 기술의 연구가 급속하게 진전되어 실제 도로에서도 자율주행 서비스가 제한적으로 운용되고 있으며, 전기전자공학자협회에 따르면 2040년까지 전 세계 차량의 75%가 자율주행 자동차로 전환될 것으로 예상된다. 자율주행 기술 고도화로 인해 미래 자동차 산업을 둘러싼 생태계는 완성차 · 부품기업 · 반도체 · 소프트웨어 · 인공지능(AI) 등 이종산업의 융합으로 산업 간 경계가 사라지는 생태계를 형성 중에 있다. 따라서 핵심부품에 대한 밸류체인 형성 및 안정적 공급망 구축은 자동차 산업의 미래 자동차 산업으로의 대전환을 위한 전략적 필수요건이다. 미국 자동차공학회는 자율주행 단계를 기술 수준에 따라 0~5단계까지 여섯 단계로 분류하고 있다. 0단계는 자율주행 기능이 탑재되지 않은 비자율주행차이며, 1단계는 자율주행 시스템이 운전자의 운전 속도나 조향 등을 보조하는 수준이다. 2단계는 고속도로 등 비교적 장애물이 적은 곳에서 운전자를 대신해 시스템이 보조 주행하는 수준이며, 3단계는 특정한 조건 아래 자율주행이 가능하지만 운전자가 도로 상황을 예의주시해야 하는 단계다. 4단계는 시스템에 입력된 조건 아래 운전자의 개입 없이 자율주행이 가능한 수준이고, 마지막으로 5단계는 완



나은빈
한국전자기술연구원



이준호
한국전자기술연구원

레벨 구분	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
	운전자 보조기능			자율주행 기능		
명칭	無 자율주행 (No Automation)	운전자 지원 (Driver Assistance)	부분 자동화 (Partial Automation)	조건부 자동화 (Conditional Automation)	고도 자동화 (High Automation)	완전 자동화 (Full Automation)
자동화 항목	없음(경고 등)	조향 or 속도	조향 & 속도	조향 & 속도	조향 & 속도	조향 & 속도
운전 주시	항시 필수	항시 필수	항시 필수 (조향핸들 상시 잡고 있어야함)	시스템 요청시 (조향핸들 잡을 필요 없음, 제어권 전환시만 잡을 필요)	작동구간 내 불필요 (제어권 전환 없음)	전 구간 불필요
자동화 구간	-	특정구간	특정구간	특정구간	특정구간	전구간
시장 현황	대부분 완성차 양산	대부분 완성차 양산	7~8개 완성차 양산	1~2개 완성차 양산	3~4개 벤처 생산	없음
예시	사각지대 경고	차선유지 또는 크루즈 기능	차선유지 및 크루즈 기능	혼잡구간 주행지원 시스템	지역(Local) 무인택시	운전자 없는 완전자율주행

〈그림 1〉

전 자율주행 단계로 모든 상황에서 운전자의 개입이 필요 없는 단계다.

자율주행 시스템은 지정된 조건에서 자동차를 운행하되 작동 한계상황 등 필요한 경우 운전자의 개입을 요구하는 부분 자율주행 시스템, 지정된 조건에서 운전자의

개입 없이 자동차를 운전하는 조건부 완전자율주행 시스템, 모든 영역에서 운전자의 개입 없이 자동차를 운행하는 완전 자율주행시스템으로 구분한다. 자율주행을 위해서는 주행 환경 인식, 위치인식 및 맵핑, 판단, 제어, 인터랙션 기술을 필요로 한다.

최근 개발 및 상용화되고 있는 자율주행차들은 3단계 자율주행 차로, 첨단 운전자 보조 시스템 ADAS가 존재한다. ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)에는 전방 충돌 방지 보조(FCA, forward collision-avoidance assist), 차로 이탈 방지 보조(LKA, lane keeping assist), 안전 하차 보조(SEA, safety exit assist), 운전자 주의 경고(DAW, driver attention warning), 차로 유지 보조(LFA, lane following assist) 등이 있다. ADAS는 첨단 감지 센서, GPS 등을 이용해 차량이 스스로 자동차를 제어하는 기술이고, 인지를 위해 카메라, 레이더, 라이다와 같은 인지 센서와 판단을 위한 AI의 기계 학습이 사용되고 있다. 하지만 사고율이 '0'이 아니라는 부분에서 아직 자율주행 자동차의 완벽한 시스템은 구축되지 않았다고 평가되고 있다. 따라서 향후 자율주행 5단계 달성을 위해서는 라이다와 같은 핵심부품 기술 개발이 필요하다.

〈표 1〉 자율주행 기술 구성 요소

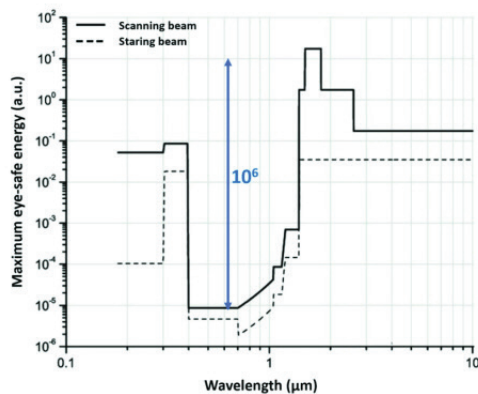
기술	설명
환경인식	레이다, 라이다 (스테레오) 카메라 등의 센서 사용 정적장애물, 동적장애물(차량/보행자 등), 도로표식(차선, 정지선, 횡단보도 등), 신호등 신호 등을 인식
위치인식 및 맵핑	- GPS/INS/Encoder, 기타 맵핑을 위한 센서 사용 - 자차의 절대/상대 위치 추정
판단	- 목적지까지의 경로 계획 - 장애물 회피 경로 계획 - 주행 상황별 행동 판단 (차선유지, 차선변경, 좌우회전, 지속차량 추월, 유턴, 비상정지, 갓길정차, 주차 등)
제어	- 주어진 경로를 추종하기 위해 조향, 가속, 기어 등 액츄에이터 제어
인터랙션	- HMI를 통해 운전자에게 경고 및 정보제공, 운전자로부터 명령 입력 - V2X 통신을 통해 인프라 및 주변차량과 주행정보 교환

II. LiDAR의 원리

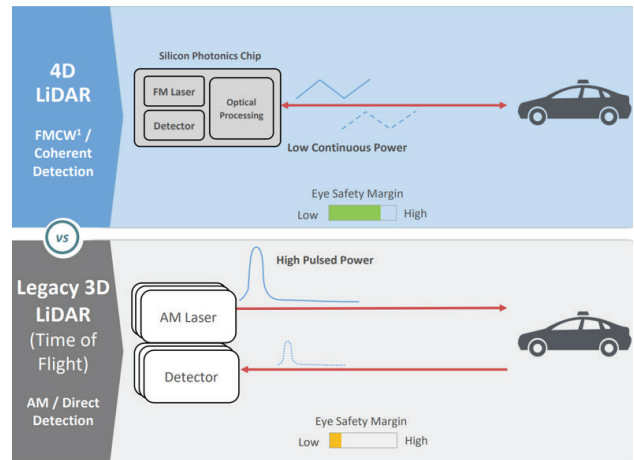
자율주행 기술이 발전하면서 관련 센서의 연구도 활발히 진행되고 있다. 자율주행 자동차의 인지 센서 중 라이다(LiDAR; Light Detection and Ranging)란, 레이저 빛을 물체에 조사한 뒤, 반사되어 돌아오는 시간과 주파수의 차이를 계산해 사물과의 접촉 없이 물체와의 거리, 방향, 속도, 온도, 물질 분포 및 농도 특성을 감지하는 기술이다. 라이다는 기본적으로 레이저 송신부, 레이저 수신부, 신호 수집 및 처리와 데이터를 송수신하기 위한 부분으로 구성된다.

1세대 ToF(Time of flight) 방식 라이다는 상용화 수준까지 개발되었지만 “차량 간 간섭, 태양빛 간섭, 근거리 동작, 낮은 해상도, eye-safety” 등의 문제점을 가지고 있다. ToF 라이다는 레이저가 고출력 펄스 신호를 방출하여 측정 범위 내에 있는 물체로부터 반사된 펄스 신호를 수신기에 도착하는 시간을 측정함으로써 거리를 측정하는 방식이다. 대표적인 사용 파장 대역은 905nm, 940nm인 근적외선(NIR; Near Infrared) 대역을 사용하고 있다. <그림 2>와 같이 NIR 대역은 SWIR 대역에 비해 물에 의한 흡수력이 낮아 eye-safety 문제가 발생하기 때문에 충분히 출력 파워를 높일 수 없고, 이로 인해 100m 정도의 탐지 거리 확보만이 가능하다.

따라서 ToF 라이다는 부분 자율주행에는 사용 가능하지만 완전 자율주행에 적용하기에는 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 주파수 변조 방식(FMCW; Frequency



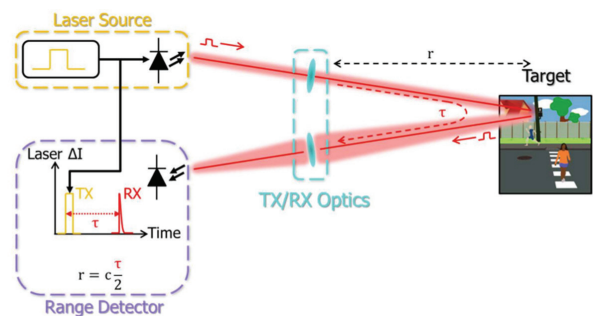
<그림 2> 동작 파장에 따른 라이다 반도체 소자 및 눈에 안전한 노출량



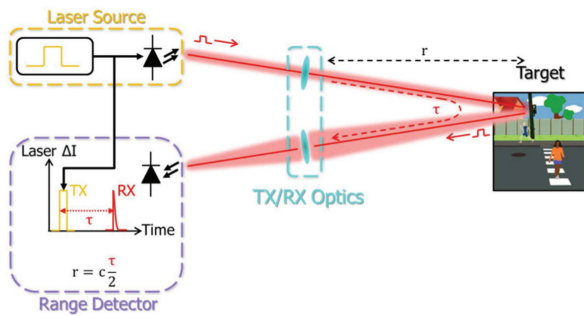
<그림 3> ToF 라이다와 FMCW 라이다 비교

Modulated Continuous Wave) 라이다를 제안하고 있다. 레이저 연속파를 사용하며 시간에 따라 선형적으로 주파수 변조된 신호를 송수신하는 주파수 변조 방식 라이다는 거리와 속도를 동시에 측정할 수 있다는 장점이 있다. 또한 ToF 라이다와 달리 1,550nm 파장인 단파 적외선(SWIR; Short Wavelength Infrared) 대역을 사용하기 때문에 물 흡수도가 높아 빛이 망막까지 도달하지 못하는 특성으로 ToF 라이다에서 발생하는 eye-safety 문제를 보완할 수 있다. 따라서 레이저의 출력 파워를 ToF 방식 대비 약 천 배 이상 낮은 광출력으로 높은 탐지 거리를 확보할 수 있다.

라이다 센서의 구성인 송신부와 수신부, 신호처리를 위한 신호처리부 중, 송신부의 레이저 다이오드에서 근적외선광의 레이저 빛이 나오게 되고, 목표물까지 진행한 뒤 목표물에서 반사되어 되돌아온 빛이 수신부인 포토다이오드로 입사하게 된다. 이때 반사되어 오는 시간으로부터



<그림 4> ToF 라이다의 기본 원리



〈그림 5〉 FMCW 라이다의 기본 원리

거리 측정이 가능하며, ToF 라이다 방식 거리 측정 수식은 다음과 같다.

$$\Delta R = c \times \frac{\Delta T}{2}$$

ToF 라이다 센서의 기본 원리는 〈그림 4〉와 같다.

FMCW 방식 라이다는 송신부에서 송출되는 레이저의 파형의 주파수를 변조하면서 연속적으로 신호를 송출하며, 수신부는 반사파를 검출하여 현재 송출하는 파형의 주파수 차이를 이용하여 시간을 계산한다.

FMCW 라이다 방식 거리 측정 수식은 다음과 같다.

$$\Delta R = \frac{c \Delta T}{2B} f_b$$

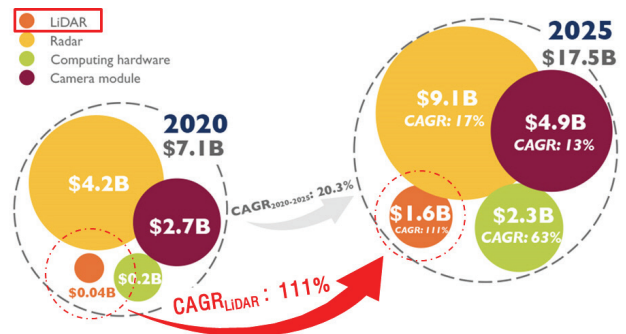
FMCW 라이다 방식 거리 측정 기본 원리는 〈그림 5〉와 같다.

III. LiDAR의 동향

라이다 센서 기술은 탐조등 빛의 산란 세기를 통해 상공에서의 공기밀도 분석 등을 위한 목적으로 1930년대 처음 시도되었으나, 1960년대 레이저의 발명과 함께 비로소 본격적인 개발이 가능하였다. 1970년대 이후 레이저 광원 기술과 광검출소자의 지속적인 발전과 함께 다양한 분야에 응용 가능한 라이다 센서 기술들이 개발되었으며 항공기, 위성 등에 탑재되어 정밀한 대기 분석 및 지구환경 관측을 위한 중요한 기술로 활용되고 있다. 또한, 우주선 및 탐사 로봇에 장착되어 사물까지의 거리 측정 등 카메라 기능을 보완하기 위한 수단으로 활용되고 있다. 지상에서는 원거리 거리 측정, 자동차 속도위반 단

〈표 2〉 LiDAR 센서의 기술 발전 과정
정용택, “차량용 3차원 LiDAR 기술”

구분	1930년대	1950년대	1980년대	1990년대	2000년대	현재
주요 이슈 기술	탐조등 빛의 세기를 통한 공기 밀도 분석	레이저의 본격적 개발	레이저 고도계 시스템 개발	거리 측정용 레이저	카메라 기능 보완용	레이저 스캐너 및 3D 기술
적용 분야 제품	공기밀도 분석	위성, 해양 및 대기관측	대기 해양 라이다 및 맵핑	항공기, 위성 탑재 정밀대기 분석	우주선 및 로봇 적용, 자동차 속도 측정	자율주행 및 무인 이동체 적용



〈그림 6〉 자율주행차량용 센서 시장규모 및 전망

속 등을 위한 간단한 형태의 라이다 센서 기술들이 상용화되어 왔으며, 최근에는 3D 리버스 엔지니어링 및 미래 무인자동차를 위한 레이저 스캐너 및 3D 영상 카메라의 핵심 기술로 활용되면서 그 활용성과 중요성이 점차 커지고 있다. 이러한 라이다 센서의 기술 발전 과정은 〈표 2〉와 같다.

라이다는 〈표 2〉와 같이 산업 전반에서 활용되고 있다. 그중에서도 라이다는 자율주행 차량에 사용된다. 프랑스 시장조사기관 YOLE에 따르면 〈그림 6〉과 같이 2019년 약 16억 달러에 이른 라이다 센서 시장규모는 연평균 19% 성장하여 2025년에는 약 38억 달러에 이를 것으로 전망된다.

고성능 라이다 기술은 자율주행기술 4~5단계를 만족시킬 수 있는 자율주행 미래 자동차의 핵심부품이다. 또한 라이다 기술은 1세대 ToF 방식에서 자율주행기술 수준의 4~5단계를 만족시킬 수 있는 주파수 변조방식으로

고도화 진행 중이다.

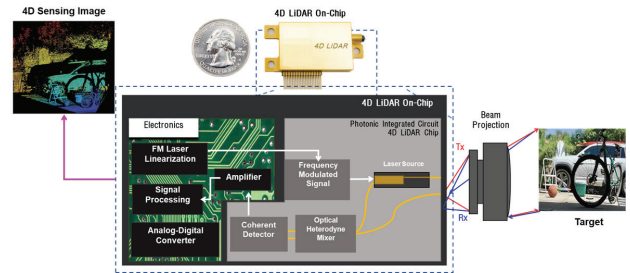
미국, 독일, 일본 등은 이미 1세대 ToF 라이다 상용화 중에 있으며, 4D 센싱 라이다 기술 또한 기술 선진사들의 적극적인 지원과 기업 간 협업을 통하여 많은 스타트업 기업들이 출범하였고 기술 수준도 가파르게 성장 중에 있다.

IV. On chip형 LiDAR

주파수 변조방식 라이다는 자율주행기술 수준 4~5단계를 만족시키지만, 높은 단가의 부품 및 크고 복잡한 모듈 제조과정으로 상용화 난제에 직면해 있다. 이를 해결하기 위해 고성능 4D 센싱 기능을 구현하여 자율주행기술 수준 4~5단계를 만족시키고 간단한 제조공정 및 양산공정을 통한 낮은 제품 단가를 현실화할 수 있는 3세대 “on chip형 4D 라이다 모듈”이 해결 방법으로 부상 중에 있다. On Chip형 4D 라이다 모듈이란, 종전 ToF 방식 라이다의 기술적 한계를 극복하며 3차원 공간·물체 정

〈표 3〉 ToF 라이다 vs. On chip 4D 라이다 비교

성능	1~2세대 ToF 라이다	3세대 On chip형 4D 라이다
안전성	고출력 펄스 레이저 사용으로 Eye safety 문제 야기	1000배 낮은 저출력 광원과 1550nm 파장 사용으로 Eye safety 40배 이상 증가
기능	3D 센싱	4D 센싱 가능 (3D+속도)
보안	외부신호(차량간, 태양광 등) 간섭발생으로 인한 안정성, 보안성 문제	외부신호 및 간섭 차단을 통한 안정성 확보 및 자율주행 최적화
동작거리	10~70m 단거리에 적합	200~300m 동장
비용	광학/전자 부품으로 인한 복잡한 모듈화 및 높은 제품단가	핵심부품의 on chip화를 통한 초소형화 및 낮은 제품단가
양산성	복잡한 제조공정으로 인한 생산비용 증가	간단한 제조공정 및 양산공정을 통한 생산비용 감소 대량생산 호환성 증가



〈그림 7〉 On chip형 4D 라이다 모듈 기술 구조

보에 속도 센싱 기능이 추가된 주파수 변조방식 4D 센싱 (3D+속도) 기능 라이다 모듈의 핵심 소재, 부품, 시스템 기능을 10cm x 3cm x 2cm 이내의 소형 chip 사이즈로 집적화된 모듈이다. 현재 개발 중인 복잡한 광학 모듈 형태의 4D 라이다 모듈은 양산화 개발 완료되어도 차량에 장착되기엔 큰 부피와 비싼 가격 및 내구성이 열화되는 문제로 상용화에 어려움이 예상된다. On chip형으로 개발할 경우 반도체형 전자화되므로 내구성이 매우 높아지며 낮은 가격으로 소형화하여 차량 장착에 최적화된다.

On chip형 4D라이다 모듈기술은 송·수신부 광반도체 소재/소자/부품 제조기술과 4D 신호처리 및 구동 회로 기술, 초소형 모듈을 위한 On chip 집적화 공정/패키징 기술 등 고난도 소재/부품/공정/시스템 기술로 구성된다.

V. 전망과 결론

본 기고에서는 자율주행 자동차 산업 및 라이다에 대해 소개하였다. 자동차 산업은 제조업의 근간이며 현재 전후방 산업 기술이 집약된 구심체다. 자동차 산업의 선진국으로 나아가기 위해서는 미래 자동차의 핵심인 자율주행 미래차로의 전환이 필요하다. 따라서 자율주행 미래차의 핵심부품인 “고성능 라이다”의 기술 내재화 및 품목 자립화가 필요하다.

특히 on chip형 4D 라이다 모듈은 자율주행 자동차 산업에 핵심 센서로 역할을 수행할 것으로 예상되며 관련 시장은 큰 폭으로 성장할 것으로 기대된다. 이미 선진국 및 글로벌 기업들은 공격적인 투자와 적극적 정부의 정책적 지원으로 기술 개발을 선도하고 있으며 on chip형 4D 라이다 모듈에 대하여 상용화 직전이다.

자율주행 미래차의 완전 자율주행 기술을 확보하기 위해서는 자율주행 4~5단계 기술을 수행할 수 있는 고성능, 장거리 동작 라이다 기술의 선행개발이 반드시 필요하다. 종전 라이다 기술인 ToF 방식의 문제점을 보완하고 자율주행기술 4~5단계를 만족시킬 수 있는 기술인 3세대 라이다 on chip형 4D 라이다 기술 및 품목 자립화는 국내 자동차 산업의 미래 자동차 산업으로의 대변혁에 반드시 필요한 핵심기술이 될 것이다. 또 이를 통한 국내 자동차 부품 산업과 시스템반도체 산업의 기반기술 증대, 시장 확대, 고부가가치 제품 사업화 성공으로 국외 수출액 증가 및 양질의 고용 창출 기여를 기대하며 세계 라이다 시장에 선도적으로 대응할 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 「자동차관리법」 제2조제1호의3
- [2] 산업통상자원부 보도자료, 「자율주행 레벨 4+ 상용화 앞당긴다.」 불임2 참조
- [3] An, K. H., et al. "Technology trends of self-driving vehicles." *Electronics and Telecommunications Trends* 28.4 (2013): 35-44.
- [4] ETRI, "더 완벽한자율주행을 향해", 2021
- [5] Spuler, Scott M., and Shane D. Mayor. "Raman shifter optimized for lidar at a 1.5 μm wavelength." *Applied optics* 46.15 (2007): 2990-2995.
- [6] Sandborn, Phillip Alan McGinnis. *FMCW lidar: Scaling to the chip-level and improving phase-noise-limited performance*. University of California, Berkeley, 2017.
- [7] 정용택, LiDAR 센서용 광검출소자의 특허 동향 분석, 2022
- [8] Kim, Geon-Jeong, Jeong-Suk Eom, and Yong-Wan Park. "자동차 기능 안전, 자율주행자동차 그리고 LiDAR." *Information and Communications Magazine* 34.5 (2017): 27-35.
- [9] Lee, Byeong-Yun. "국내외 자율주행자동차 기술개발 동향과 전망." *Information and Communications Magazine* 33.4 (2016): 10-16.
- [10] Taewoo,choi, "Aeva Reveals First 4D LiDAR on Chip for Autonomous Driving", IT BizNews, 2019



나은빈

- 2021년 11월 ~ 현재 한국전자기술연구원 IT 소재부품연구본부 연구원
- 2022년 8월 가천대학교 나노물리학과 학사
- 2022년 9월 고려대학교 전자공학과 대학원 재학중

<관심 분야>

FMCW LiDAR, LASER, Nanophotonics



이준호

- 1996년 12월 인천대학교 물리학과 학사
- 2001년 4월 University of Florida 전기전자공학 석사
- 2004년 5월 University of Florida 전기전자공학 박사
- 2004년 7월 ~ 2007년 3월 삼성종합기술원
- 2007년 4월 ~ 현재 한국전자기술연구원 수석연구원
- 2016년 3월 ~ 현재 가천대 물리학과 겸임교수

<관심 분야>

레이저 및 응용부품, 광학부품, 광융합센서, Photonic integrated circuits.

통신 분야

[통신]

- UAV 지원 NR MIMO-OFDM 시스템에서 하이브리드 빔포밍을 이용한 UKF 기반 빔 추적 알고리즘
심윤아, 신승석, 조지훈, 문상미, 황인태

[마이크로파 및 전파전파]

- 이중대역 원형편파 하이브리드 슬롯/링 안테나
성영제

반도체 분야

[RF 집적회로기술]

- 1.57 GHz 대역 GPS를 위한 CMOS RF 수신기 프런트 엔드
남일구

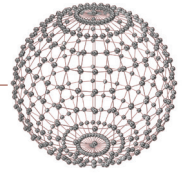
인공지능 신호처리 분야

[영상 신호처리]

- 저탐지 수중 표적 추적을 위한 딥러닝 기반 분할 네트워크
신원, 설호석, 최지웅, 송택렬, 김다솔, 고현석

[영상 이해]

- 딥러닝 기반 안면 상태 감지 모델을 통한 학습자 강의 집중도 분석 시스템
여동훈, 라이언, 황병일, 김동주, 황도경



시스템 및 제어 분야

[전력전자]

- 반도체 센서 타입 라돈 계수기의 민감도 향상에 관한 연구
윤성현, 윤덕경, 정재원

[지능로봇]

- 이륜 변환 로봇의 설계, 제어 및 실험에 대한 연구
이범진, 정슬
- 수중 복합 센서를 이용한 수중로봇(ROV)의 햅틱 원격제어
이찬일, 최창호, 문광호, 국영민

[국방정보 및 제어]

- 기계학습 기반 토르 핑거프린팅 공격 기술의 분류 feature 중요도 비교 분석
정재원, 방준석, 이주형

[스마트팩토리]

- 6축 매니퓰레이터 파지 알고리즘의 디지털 트윈 구현
박지열, 옥승호

산업전자 분야

[신호처리 및 시스템]

- 홍채 표현 공격 탐지(Iris PAD)에 강인한 위조 홍채인식 방어 시스템에 관한 연구
백영현
- 주파수 호핑 기술을 활용한 카메라 일체형 송수신기 개발
엄우용

[컴퓨터 응용]

- 메뉴얼 기반의 사용방법에 따른 피부타입별 안면피부에 미치는 영향에 관한 시험 연구
성경상, 한정선, 김현조, 나원식

국 내 외 학 술 행 사 안 내

국 · 내외에서 개최되는 각종 학술대회/전시회를 소개합니다.
 게재를 희망하시는 분은 간략한 학술대회 정보를 이메일로 보내주시면 게재하겠습니다.
 연락처: biz@theieie.org

>>2023년 2월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
02.01. - 02.03.	2023 Fourth International Symposium on 3D Power Electronics Integration and Manufacturing (3D-PEIM)	Miami, Florida, USA	http://www.3d-peim.org/
02.01. - 02.03.	2023 IEEE 17th International Conference on Semantic Computing (ICSC)	Laguna Hills, California, USA	https://www.ieee-icsc.org/
02.02. - 02.04.	2023 9th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering (ICMRE)	Shenzhen, China	http://www.icmre.org/
02.02. - 02.04.	2023 Third International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS)	Coimbatore, India	http://icaie.in/2023/
02.03. - 02.04.	2023 International Conference on Intelligent Systems, Advanced Computing and Communication (ISACC)	Silchar, India	http://www.isacc.in/
02.07. - 02.09.	2023 IEEE 2nd International Conference on AI in Cybersecurity (ICAIC)	Houston, Texas, USA	https://icaic.gyancity.com/
02.08. - 02.10.	2022 OPJU International Technology Conference on Emerging Technologies for Sustainable Development (OTCON)	Raigarh, Chhattisgarh, India	http://www.opjuieeetc.in/
02.08. - 02.09.	2023 8th International Conference on Technology and Energy Management (ICTEM)	Mazandaran, Babol, Iran	http://ictem.ir/
02.10. - 02.11.	2023 11th International Conference on Internet of Everything, Microwave Engineering, Communication and Networks (IEMECON)	Jaipur, India	https://iemecon2023.uem.edu.in/?post=203
02.10. - 02.12.	2023 2nd International Conference on Mechatronics and Electrical Engineering (MEEE)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	http://www.meee.org/
02.10. - 02.12.	2023 9th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	http://www.icara.us/
02.10. - 02.11.	2023 International Conference on Recent Trends in Electronics and Communication (ICRTEC)	Event Format: Virtual	http://nie.ac.in/icrtec22/index.html
02.10. - 02.11.	2023 IEEE 3rd International Conference on Technology, Engineering, Management for Societal impact using Marketing, Entrepreneurship and Talent (TEMSMET)	Mysuru, India	https://www.temsmetviet.com/
02.10. - 02.12.	2023 International Conference on Power, Instrumentation, Energy and Control (PIECON)	Aligarh, India	http://www.piecon2023.org/
02.11. - 02.12.	2023 4th International Conference on Innovative Trends in Information Technology (ICITIIT)	Kottayam, India	http://icitiit23.iitkottayam.ac.in/
02.13. - 02.14.	2023 IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC)	College Station, Texas, USA	https://tpec.engr.tamu.edu/
02.13. - 02.16.	2023 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)	Jeju, Korea (South)	http://www.bigcomputing.org/
02.15. - 02.18.	2023 27th International Conference on Information Technology (IT)	Zabljak, Montenegro	http://www.it.ac.me/eng/
02.19. - 02.22.	2023 25th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)	Pyeongchang, Korea (South)	https://icact.org/
02.20. - 02.22.	2023 4th International Conference on Advancements in Computational Sciences (ICACS)	Lahore, Pakistan	http://sites.uol.edu.pk/icacs23/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
02.20. - 02.23.	2023 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)	Dubai, United Arab Emirates	https://hct.ac.ae/en/events/aset-2022/
02.20. - 02.22.	2023 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)	Honolulu, Hawaii, USA	http://www.conf-icnc.org/2023/
02.20. - 02.23.	2023 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC)	Bali, Indonesia	http://icaaic.org/
02.20. - 02.22.	2023 11th International Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI)	Gangwon, Korea (South)	https://brain.korea.ac.kr/bci2023/
02.21. - 02.24.	2023 15th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)	Phuket, Thailand	http://kst.buu.ac.th/2023/
02.22. - 02.24.	2023 Fifth International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)	Erode, India	http://icecct.com/
02.22. - 02.24.	2023 15th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART)	Lisbon, Portugal	https://icaart.scitevents.org/
02.23. - 02.26.	2023 National Conference on Communications (NCC)	Guwahati, India	https://event.iitg.ac.in/ncc2023/
02.23. - 02.25.	2023 7th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)	Erode, India	http://icocmc.com/2023/
02.23. - 02.25.	2023 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)	Chittagong, Bangladesh	https://webs.cuet.ac.bd/ecce/
02.24. - 02.26.	2023 IEEE 2nd International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms (EEBDA)	Changchun, China	http://www.eebda.org/
02.24. - 02.26.	2023 9th International Conference on Electrical Engineering, Control and Robotics (EECR)	Wuhan, China	http://eecr.org/index.html
02.24. - 02.26.	2023 IEEE 6th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)	Chongqing, China	http://www.itnec.org/
02.24. - 02.25.	2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS)	Raichur, India	https://icicacs.in/index.php
02.24. - 02.26.	2023 International Conference on Power Energy Systems and Applications (ICoPESA)	Nanjing, China	https://icicacs.in/index.php
02.25. - 02.27.	2023 13th International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering (CPEEE)	Tokyo, Japan	http://www.cpeee.net/index.html
02.25. - 03.01.	2023 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA)	Montreal, Quebec, Canada	https://hpca-conf.org/2023/
02.25. - 03.01.	2023 IEEE/ACM International Symposium on Code Generation and Optimization (CGO)	Montreal, Quebec, Canada	https://conf.researchr.org/home/cgo-2023

>>2023년 3월

03.01 - 03.03	2023 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)	Pune, India	https://escioit.org/
03.02 - 03.03	2023 IEEE Power and Energy Conference at Illinois (PECI)	Champaign, Illinois, USA	https://www.peci.ece.illinois.edu/
03.02 - 03.04	2023 Second International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS)	Tuticorin, India	http://icears.com/2023/
03.03 - 03.05	2023 15th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)	Sydney, Australia	http://www.iccae.org/
03.03 - 03.04	2023 6th International Conference on Information Systems and Computer Networks (ISCON)	Mathura, India	https://www.gla.ac.in/iscon2023/index.html
03.03 - 03.04	2023 19th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)	Kedah, Malaysia	https://sites.google.com/view/asprg-cspa/home
03.03 - 03.05	2023 International Conference on Robotics and Automation in Industry (ICRAI)	Peshawar, Pakistan	https://icrai2023.org/
03.03 - 03.05	2023 2nd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)	Bangalore, India	http://inoconf.org/
03.04 - 03.11	2023 IEEE Aerospace Conference	Big Sky, Montana, USA	https://www.aeroconf.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.05 - 03.09	2023 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)	San Diego, California, USA	https://www.ofcconference.org/en-us/home/
03.05 - 03.07	2023 IEEE 3rd International Symposium on Joint Communications & Sensing (JC&S)	Seefeld, Austria	https://jcons-symposium.org/
03.06 - 03.09	2023 IEEE Underwater Technology (UT)	Tokyo, Japan	http://www.ut2021.org/
03.06 - 03.07	2023 International Conference on Advances in Electronics, Control and Communication Systems (ICAECCS)	BLIDA, Algeria	https://www.univ-blida.dz/icaeccs23/
03.06 - 03.09	2023 26th Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks and Workshops (ICIN)	Paris, France	https://www.icin-conference.org/
03.08 - 03.09	2023 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)	Event Format: Virtual	http://www.ictas.org/
03.09 - 03.11	2023 SICE International Symposium on Control Systems (SICE ISCS)	Kusatsu, Japan	http://iscs2023.sice-ctrl.jp/
03.09 - 03.10	2023 Argentine Conference on Electronics (CAE)	Cordoba, Argentina	http://eamta.ar/
03.10 - 03.12	2023 7th International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA)	Singapore, Singapore	http://www.icgea.org/
03.11	2023 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)	Laurel, Maryland, USA	https://ewh.ieee.org/conf/stem/index.html
03.11 - 03.12	2023 IEEE IAS Global Conference on Renewable Energy and Hydrogen Technologies (GlobConHT)	Male, Maldives	http://globconht.org/
03.12 - 03.15	2023 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies - Middle East (ISGT Middle East)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	http://ieee-isgt-me.org/
03.13 - 03.17	2023 IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW)	Reno, Nevada, USA	https://electricalsafetyworkshop.com/
03.13 - 03.17	2023 IEEE 20th International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)	L'Aquila, Italy	https://icsa-conferences.org/2023/
03.13 - 03.16	2023 18th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)	Stockholm, Sweden	https://humanrobotinteraction.org/2023/
03.14 - 03.16	2023 International Conference on Innovative Data Communication Technologies and Application (ICIDCA)	Uttarakhand, India	http://icidca.com/2023/
03.14 - 03.16	2023 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications	Moscow, Russia	http://media-publisher.ru/en/2023-on-board/
03.15 - 03.17	2023 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)	East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina	https://infoteh.etf.ues.rs.ba/indexe.php
03.15 - 03.17	2023 10th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)	New Delhi, India	http://bvicam.ac.in/indiacom/
03.15 - 03.16	2023 International Conference on Communication Technologies (ComTech)	Rawalpindi, Pakistan	http://conferences.mcs.nust.edu.pk/comtech2023/cfp.html
03.15 - 03.16	2023 6th International Conference on Energy Conservation and Efficiency (ICECE)	Lahore, Pakistan	https://icece.kics.edu.pk/2023/
03.15 - 03.17	2023 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM)	Loughborough, United Kingdom	https://www.imagovenues.co.uk/icm2023/
03.15 - 03.16	2023 International Conference on IT Innovation and Knowledge Discovery (ITIKD)	Manama, Bahrain	https://itikd.ahlia.edu.bh/
03.15 - 03.17	2023 Winter Summit on Smart Computing and Networks (WISSCoN)	Chennai, India	http://www.wisscon.in/
03.15 - 03.17	2023 IEEE 15th International Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS)	Mexico City, Mexico	https://www.isads2023.org/
03.16 - 03.18	2023 IEEE 12th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT)	Chongqing, China	http://www.iceit.org/
03.16 - 03.18	2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)	Moscow, Russia	http://reepe.mpei.ru/IEEE/Pages/default.aspx
03.17 - 03.18	2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)	Coimbatore, India	https://icaccs.sece.ac.in/
03.17 - 03.18	2023 International Conference on Device Intelligence, Computing and Communication Technologies, (DICCT)	Dehradun, India	https://dicct.geu.ac.in/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.17 - 03.18	2022 International Conference on Digital Management, Information Systems and Technologies (DMIST)	Shenyang, China	http://www.icdmist.com/
03.18 - 03.20	2023 3rd International conference on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP)	VIJAYAWADA, India	https://www.aisp.in/
03.18 - 03.20	2023 11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)	Fujisawa, Japan	http://www.iciet.org/
03.19 - 03.23	2023 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)	Orlando, Florida, USA	http://www.apec-conf.org/
03.20 - 03.22	2023 6th Conference on Cloud and Internet of Things (CIoT)	Lisbon, Portugal	https://ciot.dnac.org/
03.20 - 03.22	2023 International Conference on Information Technology, Applied Mathematics and Statistics (ICITAMS)	Al-Qadisyia, Iraq	https://qu.edu.iq/ICITAMS/
03.20 - 03.24	2023 IEEE 20th International Conference on Software Architecture (ICSA)	L'Aquila, Italy	https://icsa-conferences.org/2023/
03.21 - 03.23	2023 IEEE International Symposium on Power Line Communications and its Applications (ISPLC)	Manchester, United Kingdom	https://isplc2023.ieee-isplc.org/
03.21 - 03.24	2023 Data Compression Conference (DCC)	Snowbird, Utah, USA	https://www.cs.brandeis.edu/~dcc/
03.21 - 03.24	2023 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)	Taipa, Macao	https://saner2023.must.edu.mo/
03.22 - 03.24	2023 57th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)	Baltimore, Maryland, USA	https://ciss.jhu.edu/
03.23 - 03.26	2023 Young Professionals Virtual Control Conference (YPVCC)	Event Format: Virtual	http://ypvcc2023.ieeecss.org/
03.23 - 03.25	2023 13th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)	Bucharest, Romania	http://www.atee.pub.ro/atee2023/
03.23 - 03.25	2023 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)	Erode, India	http://icscds.com/2023/
03.23 - 03.26	2023 5th Asia Energy and Electrical Engineering Symposium (AEEES)	Chengdu, China	http://www.aeees.org/
03.23 - 03.24	2023 10th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)	Noida, India	https://www.amity.edu/spin2023/
03.24 - 03.25	2023 IEEE Bangalore Humanitarian Technology Conference (B-HTC)	Mysore, India	https://www.bhtc-2023.ieeebangalore.org/
03.24 - 03.25	2023 Second International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)	Singapore, Singapore	http://smarttech-conference.org/2023/
03.24 - 03.25	2023 Somaiya International Conference on Technology and Information Management (SICTIM)	Mumbai, India	https://simr.somaiya.edu/en/conference/SICTIM
03.24 - 03.26	2023 3rd International Conference on Computer, Control and Robotics (ICCCR)	Shanghai, China	http://www.icccr.org/
03.26 - 03.29	2023 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)	Glasgow, United Kingdom	https://wcnc2023.ieee-wcnc.org/
03.26 - 03.31	2023 17th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)	Florence, Italy	https://www.eucap2023.org/
03.27 - 03.31	2023 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon)	Sochi, Russia	https://smartindustrycon.ru/index-eng.html
03.27 - 03.30	2023 35th International Conference on Microelectronic Test Structure (ICMTS)	Tokyo, Japan	http://icmts.if.t.u-tokyo.ac.jp/icmts.if.t.u-tokyo.ac.jp_8080/index.html
03.29 - 03.31	2023 IEEE International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC)	Venice, Italy	http://www.esars-itec.eu/
03.29 - 03.31	2023 25th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA)	Moscow, Russia	http://dspa-conf.org/pages/home

>>2023년 4월

04.04 - 04.07	2023 IEEE Silicon Photonics Conference (SiPhotonics)	Washington, District of Columbia, USA	https://ieee-gfp.org/
---------------	--	---------------------------------------	---

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04.05 - 04.07	2023 Second International Conference on Electrical, Electronics, Information and Communication Technologies (ICEEICT)	Trichirappalli, India	http://iceict.in/
04.05 - 04.07	2023 24th International Symposium on Quality Electronic Design (ISQED)	San Francisco, California, USA	https://www.isqed.org/
04.07 - 04.09	2023 IEEE 8th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)	Lonavla, India	https://ieeepune.i2ct.in/
04.08 - 04.09	2023 IEEE 12th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)	Bhopal, India	http://csnt.in/
04.11 - 04.13	2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)	Tirunelveli, India	http://icoei.com/2023/
04.13 - 04.16	SoutheastCon 2023	Orlando, Florida, USA	https://ieeesoutheastcon.org/
04.14 - 04.16	2023 8th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE)	Tianjin, China	https://acpee.net/
04.14 - 04.16	2023 8th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCCE)	Niigata, Japan	http://www.iccre.org/
04.14 - 04.16	2023 Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC)	Dalian, China	http://www.acipec.org/
04.14 - 04.16	2023 IEEE 3rd International Conference on Electronic Communications, Internet of Things and Big Data (ICEIB)	Taichung, Taiwan	http://www.iceib.asia/
04.16 - 04.20	2023 IEEE Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)	Dublin, Ireland	https://conf.researchr.org/home/icst-2023
04.17 - 04.20	2023 IEEE International Systems Conference (SysCon)	Vancouver, British Columbia, Canada	https://ieeesystemscouncil.org/
04.17 - 04.20	2023 International VLSI Symposium on Technology, Systems and Applications (VLSI-TSA/VLSI-DAT)	HsinChu, Taiwan	https://expo.itri.org.tw/2023VLSITSADAT/
04.17 - 04.21	2023 IX International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT)	Event Format: Virtual	http://itnt-conf.org/index.php/en/
04.17 - 04.18	2023 IEEE Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON)	Melbourne, Florida, USA	https://www.ieewamicon.org/
04.17 - 04.19	2023 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE)	Antwerp, Belgium	https://www.date-conference.com/
04.18 - 04.20	2023 INSUCON - 14th International Electrical Insulation Conference (INSUCON)	Birmingham, United Kingdom	https://insucon.org/
04.18 - 04.21	2023 IEEE 16th Pacific Visualization Symposium (PacificVis)	Seoul, Korea (South)	https://pvis2023.github.io/pvis2023/
04.18 - 04.20	2023 Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)	Herndon, Virginia, USA	https://i-cns.org/
04.19 - 04.21	2023 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)	Boston, Massachusetts, USA	https://www.cpp.edu/~wtst/
04.19 - 04.21	2023 International Symposium on Medical Robotics (ISMR)	Atlanta, Georgia, USA	https://ismr.gatech.edu/
04.19 - 04.21	2023 IEEE Symposium in Low-Power and High-Speed Chips (COOL CHIPS)	Tokyo, Japan	https://www.coolchips.org/2023/
04.19 - 04.20	2023 33rd International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA)	Pardubice, Czech Republic	https://www.marew.cz/
04.19 - 04.21	2023 International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing (PICC)	Thrissur, India	http://icettest.gectcr.ac.in/picc-2023/
04.19 - 04.22	2023 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech)	Portland, Oregon, USA	https://iee-sustech.org/
04.20 - 04.22	2023 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS)	Kaunas, Lithuania	https://etems.digital/2023/
04.21 - 04.23	2023 IEEE Region 5 Annual Meeting (R5)	Denver, Colorado, USA	https://r5conferences.org/
04.21 - 04.22	2023 International Conference on Artificial Intelligence and Applications (ICAIA) Alliance Technology Conference (ATCON-1)	Bangalore, India	https://www.alliance.edu.in/icaia-2023/
04.21 - 04.23	2023 8th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)	Guangzhou, China	http://www.icccs.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04.21 - 04.25	2023 9th International Conference on Applied System Innovation (ICASI)	Chiba, Japan	https://2023.icasi-conf.net/
04.21 - 04.23	2023 11th International Conference on Bioinformatics and Computational Biology (ICBCB)	Hangzhou, China	http://www.icbcb.org/index.html
04.21 - 04.22	2023 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Communications (InC4)	Bangalore, India	https://ic4.co.in/
4.22	2023 International Conference on Code Quality (ICCCQ)	St. Petersburg, Russia	https://www.icccq.ru/2023.html
04.23 - 04.28	2023 IEEE Information Theory Workshop (ITW)	Saint-Malo, France	https://itw2023.org/
04.23 - 04.27	2023 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference (IAS/PCA)	Dallas, Texas, USA	https://www.cementconference.org/event/9c9cbcec-fc6a-4fa8-a1ef-b224d1bc6743/summary
04.23 - 04.25	2023 IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software (ISPASS)	Raleigh, North Carolina, USA	https://ispass.org/ispass2023/
04.23 - 04.26	2023 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)	San Antonio, Texas, USA	https://www.ieee-cicc.org/
04.24 - 04.27	2023 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)	Monterey, California, USA	https://www.ion.org/plans/index.cfm
04.24 - 04.26	2023 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their application to Mechatronics (ECMSM)	Donosti/San Sebastian, Spain	https://www.ecmsm.eu/
04.25 - 04.28	2023 24th International Vacuum Electronics Conference (IVEC)	Chengdu, China	https://ivec2023.org/
04.25 - 04.27	2023 International Conference on Data Science, E-learning and Information Systems (Data)	Dubai, United Arab Emirates	https://iares.net/Conference/DATA2022
04.26 - 04.28	2023 8th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analytics (ICCCBDA)	Chengdu, China	http://www.icccbda.com/
04.27 - 04.29	2023 1st International Conference on Cognitive Computing and Engineering Education (ICCCCE)	Pune, India	https://www.mitadtsoece-iccmr.org/
04.27 - 04.30	2023 Panda Forum on Power and Energy (PandaFPE)	Chengdu, China	https://www.pandafpe.org/
04.27 - 04.28	2023 IEEE Kansas Power and Energy Conference (KPEC)	Event Format: Virtual	https://www.kpec-ksu.org/
04.28 - 04.30	2023 IEEE International Conference on Control, Electronics and Computer Technology (ICCECT)	Event Format: Virtual	http://www.iccect.com/
04.29 - 05.01	2023 IEEE International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies (IC_ASET)	Hammamet, Tunisia	https://attend.ieee.org/aset/
04.29 - 04.30	2023 International Conference on Mechanical, Automotive and Mechatronics Engineering (ICMAME)	Dubai, United Arab Emirates	http://icmame.org/
04.29 - 04.30	2023 International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)	Ballar, India	https://icdcece.in/

>>2023년 5월

05.01 - 05.04	2023 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)	Dubai, United Arab Emirates	https://icbc2023.ieee-icbc.org/
05.01 - 05.05	2023 IEEE Radar Conference (RadarConf23)	San Antonio, Texas, USA	https://radar2023.ieee-radarconf.org/
05.01 - 05.03	2023 International Conference on Recent Advances in Electrical, Electronics & Digital Healthcare Technologies (REEDCON)	New Delhi, India	https://reedconjmi.com/
05.01 - 05.04	2023 34th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC)	Saratoga Springs, New York, USA	https://semi.org/en/connect/events/advanced-semiconductor-manufacturing-conference-asmc
05.01 - 05.04	2023 IEEE 7th International Conference on Fog and Edge Computing (ICFEC)	Bangalore, India	http://icfec2023.ontariotechu.ca/
05.01 - 05.04	2023 IEEE/ACM 23rd International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGrid)	Bangalore, India	https://ccgrid2023.iisc.ac.in/
05.01 - 05.04	2023 IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO)	Balaclava, Mauritius	http://www.radiosociety.org/radio2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.01 - 05.04	2023 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST)	San Jose, California, USA	http://www.hostsymposium.org/
05.03 - 05.05	2023 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW)	Wismar, Germany	https://www.hs-wismar.de/iiphdw-2023
05.03 - 05.04	2023 9th International Conference on Web Research (ICWR)	Tehran, Iran	https://iranwebconf.ir/
05.03 - 05.05	2023 26th International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS)	Tallinn, Estonia	https://ddecs2023.taltech.ee/
05.04 - 05.06	2023 2nd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAIC)	Salem, India	http://icaaic.com/2023/
05.04 - 05.06	2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)	Astana, Kazakhstan	https://sist.astanait.edu.kz/
05.05	2023 IEEE Vision, Innovation, and Challenges Summit and Honors Ceremony (VIC Summit)	Atlanta, Georgia, USA	https://corporate-awards.ieee.org/event/2023-vic-summit-honors-ceremony-gala/
05.05 - 05.06	2023 International Conference on Advancement in Computation & Computer Technologies (InCACCT)	Gharuan, India	https://icacct-cu.com/
05.05 - 05.06	2023 32nd Wireless and Optical Communications Conference (WOCC)	Newark, New Jersey, USA	http://www.wocc.org/
05.05	2023 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT)	Old Westbury, New York, USA	https://www.ieee.li/lisat/
05.05 - 05.06	2023 2nd International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking Technologies (VITECoN)	Vellore, India	https://vit.ac.in/VITECoN2023/
05.06	2023 IEEE Workshop on Industry and Innovations enabled by Industry 4.0 Technologies (USEI40)	San Jose, California, USA	http://usei40.org/
05.06 - 05.08	2023 1st International Conference on Renewable Solutions for Ecosystems: Towards a Sustainable Energy Transition (ICRSEtoSET)	Djelfa, Algeria	http://www.univ-djelfa.dz/icrsetoset/
05.06 - 05.08	2023 IEEE 9th Intl Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE Intl Conference on High Performance and Smart Computing, (HPSC) and IEEE Intl Conference on Intelligent Data and Security (IDS)	New York, New York, USA	http://www.cloud-conf.net/datasec/2023/index.html
05.07 - 05.10	2023 IEEE 27th Workshop on Signal and Power Integrity (SPI)	Aveiro, Portugal	https://spi2023.av.it.pt/
05.07 - 05.10	2023 IEEE 31st Annual International Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM)	Los Angeles, California, USA	https://www.fccm.org/
05.07 - 05.10	2023 IEEE 4th International Conference on Electrical Materials and Power Equipment (ICEMPE)	Shanghai, China	http://www.icempe.org/
05.07 - 05.12	2023 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)	San Jose, California, USA	https://www.cleoconference.org/home/
05.08 - 05.12	NOMS 2023-2023 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium	Miami, Florida, USA	https://noms2023.ieee-noms.org/
05.08 - 05.11	2023 International Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM)	Coimbra, Portugal	https://ondm2023.inescc.pt/
05.08 - 05.10	2023 IEEE 32nd Microelectronics Design & Test Symposium (MDTS)	Albany, New York, USA	https://mdts.ieee.org/
05.08 - 05.09	2023 8th International Engineering Conference on Renewable Energy & Sustainability (ieCRES)	Gaza, Palestine	http://engconf.iugaza.edu.ps/
05.09 - 05.12	2023 IEEE 29th Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS)	San Antonio, Texas, USA	http://2023.rtas.org/
05.09 - 05.11	2023 4th International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control (AIRC)	Cairo, Egypt	http://www.airc.org/
05.09 - 05.12	2023 20th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)	Nakhon Phanom, Thailand	https://ecticon2023.ecticon.org/
05.09 - 05.12	2023 IEEE/ACM Eighth International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDL)	San Antonio, Texas, USA	https://conferences.computer.org/iotDL/2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.09	2023 11th Workshop on Modeling and Simulation of Cyber-Physical Energy Systems (MSCPES)	San Antonio, Texas, USA	https://palensky.org/mscpes/2023/
05.10 - 05.12	2023 International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)	Rome, Italy	https://www.iccad-conf.com/
05.10 - 05.14	2023 46th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)	Timisoara, Romania	https://isse-conf.eu/
05.10 - 05.11	2023 3rd International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT)	Tabuk, Saudi Arabia	https://ut-iccit.org/ICCIT/
05.10 - 05.12	2023 IEEE International 3D Systems Integration Conference (3DIC)	Cork, Ireland	https://3dic-conf.org/
05.12 - 05.13	2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)	Greater Noida, India	http://icacite.com/index.php
05.12 - 05.14	2023 9th International Conference on Virtual Reality (ICVR)	Xianyang, China	http://www.icvr.org/
05.12 - 05.14	2023 IEEE 6th International Electrical and Energy Conference (CIEEC)	Hefei, China	https://www.cieec.com.cn/
05.12 - 05.14	2023 IEEE 12th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS)	Xiangtan, China	https://ddcls23.hnust.edu.cn/index.html
05.12 - 05.13	2023 Intermountain Engineering, Technology and Computing (IETC)	Provo, Utah, USA	https://www.uvu.edu/cet/i-etc/
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering (ICSE)	Melbourne, Australia	http://www.icse-conferences.org/
05.14 - 05.17	2023 IEEE 18th International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS)	Jeju Island, Korea (South)	https://ieee-nems2023.org/
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-SEET
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Society (ICSE-SEIS)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-SEIS
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings (ICSE-Companion)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-technical-track
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-SEIP
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-NIER
05.15 - 05.18	2023 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)	San Francisco, California, USA	https://www.iemdc.org/
05.15 - 05.19	2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)	Sochi, Russia	http://icieam.su-ieee.ru/
05.15 - 05.19	2023 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)	St. Petersburg, Florida, USA	http://www.ipdps.org/
05.15 - 05.17	2023 International Workshop on Antenna Technology (IWAT)	Aalborg, Denmark	http://iwat2023.org/
05.15 - 05.17	2023 IEEE Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT)	Yekaterinburg, Russia	http://usbereit.ieeesiberia.org/
05.16 - 05.19	2023 IEEE MTT-S International Wireless Symposium (IWS)	Qingdao, China	http://www.em-conf.com/iws2023/
05.17 - 05.19	2023 7th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)	Madurai, India	http://iciccs.com/2023/
05.17 - 05.20	IEEE INFOCOM 2023 - IEEE Conference on Computer Communications	New York City, New York, USA	https://infocom2023.ieee-infocom.org/
05.17 - 05.19	2023 4th Information Communication Technologies Conference (ICTC)	Nanjing, China	http://www.ictc.net/index.html
05.17 - 05.19	2023 IEEE International Conference on Mobility, Operations, Services and Technologies (MOST)	Detroit, Michigan, USA	http://ieeemobility.org/
05.17 - 05.18	2023 International Conference on Communication, Computing and Digital Systems (C-CODE)	Islamabad, Pakistan	https://ccode.bahria.edu.pk/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.17 - 05.19	2023 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)	Heraklion, Greece	http://jurse2023.org/
05.17 - 05.19	2023 IEEE Renewable Energy and Sustainable E-Mobility Conference (RESEM)	Bhopal, India	https://conf.manit.ac.in/resem2023/Important_dates.php
05.18 - 05.19	2023 3rd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)	Mohammedia, Morocco	http://iraset.org/2023/
05.18 - 05.20	2023 IEEE International Conference on Electro Information Technology (eIT)	Romeoville, Illinois, USA	http://www.eit-conference.org/eit2023/
05.18 - 05.20	2023 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication, Embedded and Secure Systems (ACCESS)	Event Format: Virtual	https://sites.google.com/adishankara.ac.in/access-23?pli=1
05.18 - 05.19	2023 8th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)	Bangkok, Thailand	https://icbir.tni.ac.th/
05.19 - 05.21	2023 IEEE IAS Global Conference on Emerging Technologies (GlobConET)	Warsaw, Poland	https://www.globconet.org/
05.19 - 05.21	2023 International Conference on Control, Communication and Computing (ICCC)	Thiruvananthapuram, India	http://iccc2023.cet.ac.in/
05.19 - 05.21	2023 5th International Conference on Intelligent Control, Measurement and Signal Processing (ICMSP)	Chengdu, China	http://www.icmsp.net/
05.20	IEEE INFOCOM 2023 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)	Hoboken, New Jersey, USA	https://infocom2023.ieee-infocom.org/
05.20 - 05.22	2023 35th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)	Yichang, China	http://www.ccdc.neu.edu.cn/
05.21 - 05.24	2023 IEEE International Memory Workshop (IMW)	Monterey, California, USA	https://www.ewh.ieee.org/soc/eds/imw/
05.21 - 05.23	2023 IEEE 3rd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA)	Benghazi, Libya	https://mista-con.org/
05.21 - 05.25	2023 IEEE/IAS 59th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS)	Las Vegas, Nevada, USA	https://site.ieee.org/ias-icps/2023-conference/
05.21 - 05.25	2023 IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)	Santa Fe, New Mexico, USA	http://ece-events.unm.edu/icops2023/index.html
05.21 - 05.25	2023 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)	San Francisco, California, USA	https://www.ieee-security.org/TC/SP2023/
05.21 - 05.25	2023 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)	Monterey, California, USA	https://iscas2023.org/
05.22 - 05.25	2023 IEEE PES GTD International Conference and Exposition (GTD)	Istanbul, Turkey	https://ieee-gtd.org/
05.22 - 05.26	2023 24th International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (COMPUMAG)	Kyoto, Japan	https://www.compumag2023.com/content/
05.22 - 05.26	2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)	Opatija, Croatia	http://www.mipro.hr/
05.22 - 05.26	2023 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS)	Vancouver, British Columbia, Canada	https://www.emts2023.org/
05.22 - 05.25	2023 11th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia (ICPE 2023 - ECCE Asia)	Jeju Island, Korea (South)	https://www.icpe-conf.org/
05.22 - 05.25	2023 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://i2mtc2023.ieee-ims.org/
05.22 - 05.24	2023 IEEE 53rd International Symposium on Multiple-Valued Logic (ISMVL)	Matsue, Japan	https://mvl.jp.org/ISMVL2023/
05.22 - 05.25	2023 IEEE International Interconnect Technology Conference (IITC) and IEEE Materials for Advanced Metallization Conference (MAM)(IITC/MAM)	Dresden, Germany	https://iitc-conference.org/
05.22 - 05.26	2023 IEEE European Test Symposium (ETS)	Venezia, Italy	https://cas.polito.it/ETS23/
05.23 - 05.26	2023 IEEE 17th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)	Timisoara, Romania	http://conf.uni-obuda.hu/saci2023/
05.23 - 05.25	2023 XIX International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives (ACED)	Event Format: Virtual	https://aced2023.ru/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.24 - 05.26	2023 26th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)	Rio de Janeiro, Brazil	http://2023.cscwd.org/
05.24 - 05.26	2023 24th International Radar Symposium (IRS)	Berlin, Germany	https://www.dgon-irs.org/home/
05.24 - 05.26	2023 23rd International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)	Brno, Czech Republic	http://www.epe-conference.eu/
05.24 - 05.26	2023 XXVI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM)	Saint Petersburg, Russia	https://etu.ru/en/university/conferences/scm2023
05.25 - 05.26	2023 Smart City Symposium Prague (SCSP)	Prague, Czech Republic	https://akce.fd.cvut.cz/en/scsp2023
05.26 - 05.29	2023 6th International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD)	Chengdu, China	http://www.icaibd.org/
05.26 - 05.28	2023 2nd International Conference on Innovations and Development of Information Technologies and Robotics (IDITR)	Chengdu, China	https://iditr.org/
05.26 - 05.28	2023 IEEE 3rd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI)	Changchun, China	http://www.icetci.org/
05.26 - 05.28	2023 IEEE 3rd International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA)	Chongqing, China	http://www.iciba.org/
05.26 - 05.28	2023 International Conference on Microwave, Optical, and Communication Engineering (ICMOCE)	Bhubaneswar, India	https://www.iitbbs.ac.in/conference/icmoce-2023/
05.26 - 05.28	2023 4th International Conference for Emerging Technology (INCET)	Belgaum, India	http://www.incet.org/
05.26 - 05.27	2023 17th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES)	Oradea, Romania	http://www.icemes.uoradea.ro/icemes2023/
05.26 - 05.28	2023 Third International Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC)	Jalandhar, India	https://www.nitj.ac.in/iccccc2023/
05.28 - 06.01	2023 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)	Rome, Italy	https://icc2023.ieee-icc.org/authors/call-workshop-papers
05.28 - 06.01	ICC 2023 - IEEE International Conference on Communications	Rome, Italy	https://icc2023.ieee-icc.org/
05.29 - 05.31	2023 IEEE International Workshop on Metrology for Living Environment (MetroLivEnv)	Milano, Italy	https://www.metrolivenv.org/
05.29 - 06.02	2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)	London, United Kingdom	https://www.icra2023.org/
05.29 - 06.02	2023 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF)	St. Petersburg, Russia	http://media-publisher.ru/en/about-weconf-2023/
05.29 - 05.31	2023 IEEE/ACIS 21st International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA)	Orlando, Florida, USA	https://acisinternational.org/conferences/sera-2023/
05.29 - 06.03	2023 IEEE 73rd Electronic Components and Technology Conference (ECTC)	Orlando, Florida, USA	https://www.ectc.net/
05.29 - 05.31	2023 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)	Novi Sad, Serbia	https://www.gozinc.org/
05.30 - 06.02	2023 22nd IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm)	Orlando, Florida, USA	http://www.ieee-itherm.net/
05.31 - 06.02	2023 American Control Conference (ACC)	San Diego, California, USA	https://acc2023.a2c2.org/
05.31 - 06.01	2023 International Conference on Engineering, Science and Advanced Technology (ICESAT)	Mosul, Iraq	https://icesat.org/
05.31 - 06.02	2023 Prognostics and Health Management Conference (PHM)	Paris, France	http://www.phmice.org/

The Magazine of the IEIE

특별회원사 명단

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)디비하이텍	최창식	경기도 부천시 수도로 90(도당동)	032-680-4700	www.dbhitek.com
(주)레티널	김재혁	경기도 안양시 동안구 부림로170번지 41-10, 4층	02-6959-7007	https://letinar.com
(주)마르시스	박용규	서울시 강남구 언주로 85길 7	02-3445-3999	http://www.marusys.com
(주)세미파이브	조명현	경기도 성남시 분당구 양현로 322, 코리아디자인센터 2층		http://www.semifive.com
(주)센서위드유	이윤식	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 501-4호	052-912-4282	http://www.sensorwyou.com
(주)에스비솔루션	변영재	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 401-3호	052-217-7343	http://www.sb-solutions.co.kr
(주)에어포인트	백승준	대전광역시 유성구 테크노2로 187, 204호(용산동, 미건테크노월드 2차)	042-484-5460	http://www.airpoint.co.kr
(주)와이솔	염상덕	경기도 오산시 가장로 531-7	070-7837-2730	http://www.wisol.co.kr
(주)웨이브피아	이상훈	경기도 화성시 동탄기흥로 557 금강펜테리움IT타워 1301호	031-8058-3384	http://www.wavepia.com
KT	구현모, 박종욱	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.com
LG이노텍(주)	정철동	서울시 강서구 마곡중앙10로 30	02-3777-1114	www.lginnotek.com
LG전자(주)	조주완, 배두용	서울시 영등포구 여의도동 30	02-3777-1114	http://www.lge.co.kr
LIG넥스원	김지찬	서울시 서초구 강남대로 369(서초동, 나라빌딩)	02-1644-2005	http://www.lignex1.com
LPKF Laser&Electronics	이용상, 벤델레코츠마티아스	경기도 안양시 동안구 흥안대로 427번길	031-689-3660	www.lpkf.com/kr
SK텔레콤(주)	유영상	서울시 중구 을지로65(을지로2가) SK T-타워	02-2121-2114	http://www.sktelecom.com
SK하이닉스(주)	박정호, 이석희	경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1	031-630-4114	http://www.skhynix.com
네이버(주)	한성숙	경기도 성남시 분당구 불정로 6 (정자동 그린팩토리)	031-784-2560	https://www.navercorp.com
누리미디어	최순일	서울시 영등포구 선유로 63, 4층(문래동 6가)	02-710-5300	http://www.nurimedia.co.kr
대덕전자(주)	신영환	경기도 안산시 단원구 강촌로230 (목내동 475)	031-8040-8000	http://www.daeduck.com
대전테크노파크	임헌문	대전시 유성구 테크로9로	042-930-4300	www.djtp.or.kr
도요일렉트론코리아(주)	원재형	경기도 화성시 장안면 장안공단 6길 51	031-260-5000	https://www.tel.com
리얼텍코리아 주식회사	팅치창	서울시 서초구 사임당로 18, 석오빌딩 5층	070-4120-7966	www.realtek.cpm/en
비전테크	이원복	대전 유성구 테크노2로 187, 미건테크노월드2차 1층 118호	042-934-0236	http://www.visiontechkorea.com
삼성전자(주)	한중희	서울시 서초구 서초2동 1320-10 삼성전자빌딩	02-1588-3366	https://www.samsung.com
스카이칩스	이강윤	수원시 장안구 서부로 2066, 산학협력센터 85511호	031-299-6848	http://www.skaichips.co.kr
스테코(주)	박영우	충청남도 천안시 서북구 3공단1로 20(백석동)	041-629-7480	http://www.steco.co.kr
에스에스앤씨(주)	한은혜	서울시 영등포구 당산로171, 1301	02-6925-2550	http://www.secnc.co.kr
에어스메디컬	이진구	서울시 관악구 남부순환로 1838	070-7777-3186	www.airsmmed.com
오토아이티(주)	정명환	대구시 수성구 알파시티1로 117	053-795-6303	www.auto-it.co.kr
유정시스템(주)	이재훈	서울시 구로구 디지털로26길 110	02-852-8721	www.yjsys.co.kr
정보통신정책연구원	권호열	충북 진천군 덕산읍 정통로 18	043-531-4389	www.kisdi.re.kr
주LX세미콘	손보익	대전시 유성구 탑림동 707	042-712-7700	www.lxsemicon.com

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)넥스틴	박태훈	경기도 화성시 동탄면 동탄산단9길 23-12	031-629-2300	http://www.nextinsol.com
(주)더텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
(주)만도	정몽원, 조성현, 김광현	경기도 평택시 포승읍 하만호길 32	02-6244-2997	www.mando.com
(주)빅텍	임만규	경기도 이천시 마장면 덕이로 180-31	031-631-7301	http://www.vitek.co.kr
(주)스프링클라우드	송영기	경기도 성남시 창업로 42	031-778-8328	www.aspringcloud.com
(주)시스메이트	이상만	대전시 유성구 유성대로 1184길 41	042-486-6135	http://www.sysmate.com
주식회사 뷰웍스	김후식	경기도 안양시 동안구 부림로 170번길 41-3	070-7011-6161	https://www.vieworks.com
(주)실리콘마이터스	허염	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스-1 A동 8층	1670-7665	http://www.siliconitus.com
(주)싸이몬	정창호	경기도 성남시 분당구 별말로48(구 야탑동 272-1 케이디티빌딩)	02-480-8580	http://www.cimon.com
(주)인텔레콤	박영기	서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호	02-3439-0033	http://www.signtelecom.com
(주)솔리드	정준, 이승희	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
(주)와이솔	염상덕	경기도 오산시 가장로 531-7	070-7837-2730	http://www.wisol.co.kr
(주)유니트론텍	남궁 선	서울시 강남구 영동대로 638(삼도빌딩) 9층	02-573-6800	http://unitrontech.com
(주)코클리어닷컴에이아이	한윤창	서울시 강남구 봉은사로 51길 26		www.cochl.ai
(주)크레셈	오상민	대전시 유성구 대덕대로 582, 4층 402호(도룡동, 옥토빌딩)	031-427-3445	http://www.cressem.com
(주)텔레칩스	이장규	서울시 송파구 올림픽로 35다길 42(신천동 한국루터화관)19~23층	02-3443-6792	www.telechips.com
(주)티에이치엔	이광연, 채승훈	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
(주)티엘아이	김달수	경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
(주)해치텍	최성민	충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 40, 스타기업관 207호	043-715-9034	http://www.haechitech.com
중소벤처기업진흥공단	김학도	경상남도 진주시 동진로 430	055-751-9380	www.kosmes.or.kr
케이케이테크(주)	다케시게신이치, 황정성	경기도 안성시 대덕면 무능로132	031-678-1586	http://www.k-kttech.co.kr
코어인사이트(주)	유용훈	경기도 성남시 중원구 갈마치로 186 반포테크노피아 5층	031-750-9200	http://www.coreinsight.co.kr
한국알박(주)	김선길	경기도 평택시 청북읍 한산길5	031-683-2922	http://www.ulvackora.co.kr
한국인터넷진흥원	이원태	서울시 송파구 중대로 135 (가락동) IT벤처타워	02-405-5118	http://www.kisa.or.kr
한국전기연구원	명성호	경남 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)	055-280-1114	http://www.keri.re.kr
한국전자기술연구원	김영삼	경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)	031-789-7000	http://www.keti.re.kr
한국전자통신연구원	김명준	대전시 유성구 가정로 218	042-860-6114	http://www.etri.re.kr
한화시스템(주)	김연철	서울시 중구 청계천로 86 (장교동) 한화비딩 (19,20층)	02-729-3030	http://www.hanwhasystems.com
현대로템(주)	이용배	경기도 의왕시 철도박물관로 37	031-596-9114	http://www.hyundai-rotem.co.kr
현대모비스(주)	조성환	서울시 강남구 테헤란로 203	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대자동차(주)	정의선, 하연태	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
호리바에스테크코리아(주)	김성환 외 1명	경기도 용인시 수지구 디지털벨리로 98 호리바빌딩	031-6520-6500	http://www.horiba.com
히로세코리아(주)	이상엽	경기도 시흥시 정왕동 희망공원로 250	031-496-7000	http://www.hirose.co.kr
히타치하이테크코리아(주)	MIYOSHI KEITA	경기도 성남시 분당구 정자일로 155, 엔16층(정자동, 분당두산타워)	031-725-4201	https://www.hitachi-hightech.com

박사학위 논문초록 게재 안내

본 학회에서는 전자공학회지에 국내외에서 박사학위를 취득한 회원의 학위 논문초록을 게재하고 있으니 해당 회원 여러분의 적극적인 참여를 바랍니다.(단, 박사학위 취득후 1년 이내에 제출해 주시는 것에 한함.)

성 명	(국문)	(한문)	(영문)
학위취득	학 교 명	대학교	학과
	취득년월	년 월	지도교수
현 근무처 (또는 연락처)	주 소 (우편번호 :)		
	전화번호		FAX번호
학위논문 제목	국 문		
	영 문		
KEY WORD			

국문 초록(요약) : 1000자 이내

보내실 곳 _ 06130

서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 제1관 907호)

사무국 회지담당자앞

E-mail : biz@theieie.org

TEL : (02)553-0255(내선 5)

FAX : (02)552-6093



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

전자공학회지 <월간>

제50권 제1호(통권 제464호)

The Magazine of the IEIE

2023년 1월 20일 인쇄

2023년 1월 25일 발행

발행및

(사) 대한전자공학회

회장 이 혁 재

편집인

인쇄인

한림원(주)

대표 김 흥 중

발행인

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

(우)06130 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 제1관 907호)

TEL.(02)553-0255~7 FAX.(02)552-6093

E-mail : ieie@theieie.org

Homepage : http://www.theieie.org

씨티은행 102-53125-258



2023년도 회비납부 안내

1. 회비의 납부 및 유효기간

2023년도 회원 연회비는 2022년과 동일함을 알려드리며, 아직 2023년도 회비를 납부하지 않으신 회원님께서서는 납부하여 주시기 바라며, 연회비의 유효기간은 회비를 납부한 당해연도에 한합니다.

◆ 2023년도 회원 연회비는 다음과 같습니다.

- 정 회 원 : 70,000원 (입회비 : 10,000원)
- 학생회원 : 30,000원 (입회비 면제)
- 평생회원 : 700,000원 2023년
 - 평생회비 할인 제도 : 학회 홈페이지 안내 참조
 - 평생회비 분납 제도(1년 한) : 평생회비 분할 납부를 원하시는 회원께서는 회원 담당에게 요청하여 주시기 바랍니다.
 - 7월 1일부터 연회비 50% 할인 적용

2. 논문지(eBook) 제공

학회지와 논문지(국·영문)가 eBook으로 발간되어 학회 홈페이지(<http://www.theieie.org>)를 통해 제공되고 있습니다.

3. 회비의 납부방법

신용카드(홈페이지 전자결제) 및 계좌이체(한국씨티은행, 102-53125-258)를 이용하여 학회 연회비, 심사비 및 논문게재료 등 납부 가능합니다.

4. 석·박사 신입생 및 재학생 다년 학생회원 가입 및 회비 할인 제도 안내

우리 학회에서는 석·박사 신입생 및 재학생을 위하여 다년 학생회원 가입 제도 및 회비 할인 제도를 마련하였습니다. 한 번의 회원가입으로 졸업 및 수료 때까지 학회 활동에 참여하실 수 있는 기회가 되시기 바라며 회비 할인 혜택까지 받으시길 바랍니다.

◎ 가입 대상 및 할인 혜택

- 가입 대상 : 2023년 석·박사 신입생 및 재학생
- 할인 내용 : 2년 60,000원(1년당 30,000원) → 2년 50,000원(16.7% 할인)
3년 90,000원(1년당 30,000원) → 3년 70,000원(22.2% 할인)
4년 120,000원(1년당 30,000원) → 4년 90,000원(25% 할인)
5년 150,000원(1년당 30,000원) → 5년 110,000원(26.7% 할인)

6. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 변은정 부장(회원담당)

Tel : 02-553-0255(내선 3번) / E-mail : edit@theieie.org

첨단기술로 더 나은 환경을 만듭니다

더 나은 미래를 열어가는 기술
환경문제를 해결하는 기술
반도체의 미래를 준비하는 일
지금, SK하이닉스가 하고 있습니다
We Do **Green** Technology

