

## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	반도체광전소자, 양자광소자
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	1. 광자기반 양자소재부품기술 개발 2. 이차원 질화붕소 기반 상온 동작 양자광원 대면적 공정 및 분석 기술 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	반도체광전소자 및 양자광소자 제작/특성평가/응용

**- 연수 내용**

1. 반도체 및 부도체 이차원물질 (hBN, WSe<sub>2</sub> 등)을 이용한 단일광자원(single-photon source) 제작 및 측정
  - ✓ 단일광자원은 한번에 단 하나의 광자(photon)만을 방출하는 시스템을 일컬으며, 양자컴퓨터, 양자정보통신, 디스플레이, 바이오 센서 등 다양한 분야에 응용되고 있다.
  - ✓ 이차원물질은 일반적인 삼차원 고체물질과는 다르게 원자들이 한 평면 내에서만 공유결합을 이루고 있어 단일 원자 두께의 초박막으로 박리가 가능한 물질로, 광도파로, 캐비티 등의 다양한 포토닉스 소자 위에 쉽게 집적될 수 있어 매우 유용할 것으로 생각된다.
  - ✓ 부도체 물질인 hBN(hexagonal Boron Nitride)과 반도체 물질인 TMDs(Transition Metal Dichalcogenides) 등에서 단일광자원이 발견되었으며, 특히 TMDs 내의 단일광자원의 경우 외부에서 인가된 국소적인 인장력에 의해 형성되는 것으로 알려져 있어, 위치적으로 컨트롤이 가능하다는 장점이 있다.
  - ✓ 본 연구에서는 ion irradiation, annealing, local strain application 등의 다양한 방식으로 이차원물질 내 단일광자원을 생성하고 생성된 광원의 특성을 탐구한다.
2. 제작된 이차원 단일광자원의 광집적회로 내 통합 및 컨트롤
  - ✓ 실용적인 양자컴퓨팅 응용을 위해서는 필수적으로 양자소자들의 집적화가 이루어져야 한다. 따라서 본 연수기간 동안 제작된 이차원 단일광자원을 광집적회로(photonic integrated circuits)에 통합(integration)시키고 이 상태에서 단일광자원의 파장 등을 컨트롤하는 방법에 관한 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

1. Gabriele Grosso\*, Hyowon Moon\* et al., "Tunable and high-purity room temperature single-photon emission from atomic defects in hexagonal boron nitride," Nature Communications, 8 (1), 705 (2017)
2. Hyowon Moon et al., "Dynamic exciton funneling by local strain control in a monolayer semiconductor," Nano Letters, 20 (9), 6791-6797 (2020)

소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단

연수 책임자(Advisor) : 문 효 원

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	광집적회로용 저손실 소재 성장 기술 개발
연구 과제명 (Project Title)	광자기반 양자소재부품기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	광집적회로용 저손실 소재 성장 기술 개발

“광자기반 양자소재부품기술 개발”연구과제는 양자 통신 및 양자 컴퓨팅을 실현하기 위하여 광소재 및 광회로 부품 기술을 개발하는 것을 주 내용으로 한다. 핵심요소기술을 하나로 집적회로를 구현하기 위하여 양자신호를 처리하기 위한 저손실특성을 가지는 소재를 개발하는 것이 주된 내용으로 한다. 구체적으로 산화물 또는 질화물 소재를 비정질 소재 상에서 고품위로 직성장하는 기술 개발이 필요하다.

관련 업무를 수행할 연수자는 연구과제 참여연구원으로써 저손실 박막을 제작하고 광신호 제어 특성을 연구하는 연구를 진행할 것이다. 연수자는 결정화도가 높은 고품위 박막을 성장하기 위하여 공정변수와 광특성간의 상관관계를 밝혀내어 적외선 손실이 낮은 소재를 증착하기 위한 최적 성장조건을 규명할 것이다. 또한 다양한 공정변수에서 증착된 박막의 특성을 SEM, AFM, TEM, XRD를 활용하여 분석할 것이다.

본 연수를 통하여 연수자는 광소재 성장 공정에 대한 전문성을 습득할 수 있을 것이다. 또한 공정 설계, 소자 제작, 특성 평가와 같이 학계 또는 산업계에 관련 연구를 수행하고자 할 때 필요한 전문지식을 쌓을 수 있을 것이다.

소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단

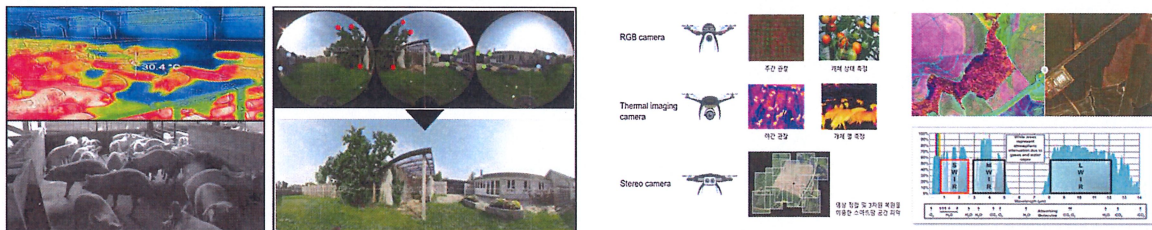
연수 책임자(Advisor) : 박동희



# 연수 제안서(Training Proposal)

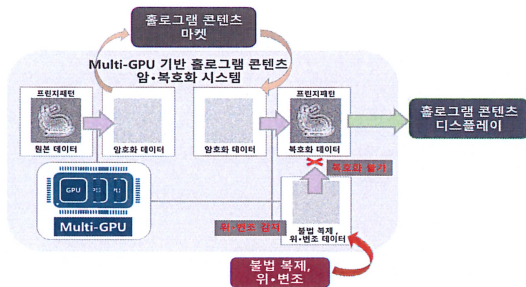
연구 분야 (Research Fields)	인공지능 기반 광학 및 영상표시 시스템
연구 과제명 (Project Title)	1. 스마트 팜을 위한 MCU보드 기반 기술 개발 2. 홀로그램 보안기술 개발 3. XR기반 복합테러 대응교육·훈련 테스트베드구축 4. 다양한 센서를 활용한 복합 상황인지 시스템개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	인공지능(딥러닝, 뉴로모픽)기반 이미징 및 영상표시 광학계설계

- 다채널/다시점 기반의 생육환경 영상 획득 및 모니터링 시스템 개발
- 다파장 분석을 위한 하이퍼 스펙트럴 이미징 및 드론 시스템 개발

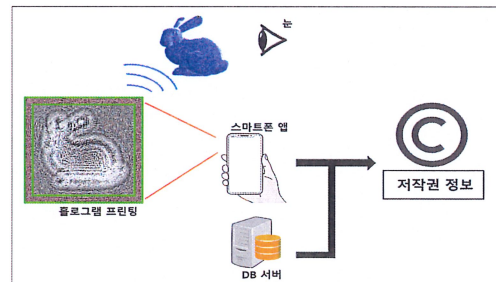


<다채널/다시점 기반의 생육환경 모니터링> <하이퍼 스펙트럴 이미징 및 드론 시스템>

- Multi-GPU 기반 홀로그램 콘텐츠 암복호화 시스템 기술 개발
- 스마트폰 인증용 암복호화 홀로그램 내 저작권 정보 삽입 기술 개발



<Multi-GPU 기반 암호·복호화 시스템 개념도>



<저작권 정보 추출 기술 기반의 스마트폰 앱 연동>

- SNN 기반의 뉴로모픽 카메라 Spike image 획득 시스템 개발
- 뉴로모픽 카메라 기반의 Object Detection/Tracking 기술 개발
- 멀티모달 기반의 감정 및 개인 신원 확인 기술 개발

소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단

연수 책임자(Advisor) : 박 민 철

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	라이다(LiDAR) 및 3D 이미지센서(D-ToF)를 위한 차세대 센서소자
연구 과제명 (Project Title)	차세대 Single-Photon Detectors/Sensors 연구개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	Single-Photon Detectors/Sensors 시뮬레이션, 설계, 측정 및 분석
<p>Single-photon avalanche diode(SPAD)는 avalanche 효과를 이용한 매우 큰 gain 특성으로 single-photon (단일광자) level의 검출이 가능할 뿐만 아니라 우수한 timing jitter 성능을 보이기 때문에, photon counting 및 time-of-flight (ToF) 특성이 요구되는 응용분야에서의 필수 소자/센서입니다. 최근 각광받고 있는 응용분야의 예로는, 자율주행자동차, 드론, 로봇, 3D 얼굴/동작 인식 및 추적 등의 D-ToF (Direct ToF), LiDAR (light detection and ranging; 라이다) 응용분야 및 TOF PET (time-of-flight positron emission tomography), FLIM (fluorescence-lifetime imaging microscopy), NIRI (near-infrared imaging), super-resolution microscopy 등의 다양한 바이오 응용분야, 그리고 양자암호, 양자통신 등의 양자 응용분야를 들 수 있습니다.</p> <p>본 분야에서의 연구 수행을 통해 학생연구원은 이러한 차세대 센서소자의 이론에 대해 자세히 배우고 공부하는 것뿐만 아니라 제작된 소자들을 직접 측정하면서 보다 직관적인 이해력을 키울 수 있을 것이고, 다양한 측정방법에 대한 기술 및 노하우를 배울 수 있을 것입니다. 또한, 디바이스 시뮬레이션 방법을 배우고 각 소자에 대한 상세한 분석을 진행하며, 그리고 이와 더불어 소자의 모델링 연구를 진행하면서 소자의 동작 원리 및 성능 향상을 위해 요구되는 필수 부분들을 명확히 확인 및 파악할 수 있으리라 예상합니다. 추가적으로 반도체 소자 설계 방법을 배우면서, 이론 공부 및 모델링 연구를 기반으로 도출된 아이디어를 직접 설계 및 검증하면서, 본 연수과정 후에는 학생연구원 본인이 직접 소자의 설계부터 측정 및 분석, 검증까지 모두 수행할 수 있는 연구원으로 성장하게 될 것이라 기대됩니다.</p>	
<p style="text-align: center;">소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p style="text-align: center;">연수 책임자(Advisor) : 이명재</p>	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	이차원반도체 나노광학
연구 과제명 (Project Title)	Si상 고기능 저전력 다층형 III-V 반도체소자 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	이차원반도체 기반 광소자 개발
<p>본 연수를 통해 이차원물질 기반의 광소자를 설계, 제작, 측정까지 광학 연구 전 분야에 걸친 전문성을 쌓을 수 있을 것으로 기대된다. 우선 광소자 설계를 위해서 광학 시뮬레이션 소프트웨어의 사용법과, 이차원물질의 광학적 특성을 모델링하는 방법을 배울 것이다. 이를 통하여 기존 광소자를 뛰어넘는 성능을 가지거나 혹은 기존에는 구현된 바 없는 새로운 기능성을 가진 광소자를 설계할 수 있는 능력을 배양하게 된다. 설계된 이차원물질 광소자를 실험적으로 구현하기 위해서 다양한 이차원물질의 전사공정, 박막증착 및 패터닝 공정 등을 배우고, 공정과정 중에서 일어나는 여러 가지 문제점을 해결하고 공정을 개발할 수 있는 능력을 배양한다. 마지막으로 설계된 이차원물질 기반 광소자를 측정하기 위한 광학계 셋업과 이를 이용한 광학특성 측정 및 평가 방법을 연구하게 된다.</p> <p>연구측면에서는 이차원물질에서의 표면 플라즈몬에 기반한 광소자를 중점적으로 연구하고자 한다. 표면 플라즈몬은 이차원물질 내부의 전자, 포논, 엑시톤 등과 광자가 결합한 준입자로서 이차원물질 주변으로 강하게 광을 집속해주는 역할을 한다. 이를 이용하면 이차원물질에서의 약한 광-물질 상호작용을 극복하여 높은 효율을 가진 광소자를 개발할 수 있다. 더불어, 이차원물질의 높은 광변조성과 비선형성 등을 극대화할 수 있어 새로운 기능성을 가진 광소자를 개발하는 것이 가능하다. 궁극적으로는 이러한 광소자를 광통신, 광컴퓨팅, 광바이오센싱 등에 응용하고자 한다.</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단	
연수 책임자(Advisor) : 이인호	



## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	차세대 유기반도체 광전자소재/소자
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	광자기반 양자소재부품기술 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	차세대 광전자소자를 위한 유기반도체 소재 및 소자 개발
<div style="margin-top: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차세대 반도체 기술 개발은 실리콘 반도체의 한계를 넘어서는 (i) 초저전력, 뉴로모픽, optical computing 등 초고성능화와 함께, (ii) 유연 웨어러블 디바이스용 스마트 반도체 소자 개발을 목표로 위해 연구력이 집중되고 있음.</li> <li>- 유기반도체는 분자의 화학적 구조와 자기조립 나노구조에 따라 전기적, 화학적, 광학적 특성을 손쉽게 제어할 수 있고, 다양한 화학적 상호작용, 우수한 흡광 및 광전변환 특성, 물리적 유연성, 인쇄 공정이 가능성 등에 있어 기존 실리콘 반도체 기술로 구현이 어려운 차세대 반도체소자 개발에 새로운 가능성을 제시할 수 있는 핵심소재라 할 수 있음. 본 연구팀은 유기반도체의 합성, 공정, 소자 개발 및 시스템 단위 데모를 통해 상기 차세대반도체 기술 개발을 도모하고자 연구력을 집중하고 있음.</li> <li>- 본 연수과정에서는 차세대 양자기술 개발을 위한 광전자소자 개발을 목표로 편광 흡광성을 가지는 유기반도체 박막 소재의 개발, 고속/초민감도 광학 센서 소자 개발을 위한 연구를 수행함. 유기반도체 신소재 개발을 위한 합성, 나노구조 제어, 용액공정, 반도체소자 구조 설계와 더불어 트랜지스터, 광다이오드 와 같은 소자를 제작하여 소재에서부터 소자 성능 구현에 이르는 전주기적 연구를 수행하게 됨.</li> </ul> </div>	
소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단 연수 책임자(Advisor) : 임정아	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	III-V 화합물 반도체
연구 과제명 (Project Title)	고효율 III-V/Si 탠덤 태양전지 성장 및 공정
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	III-V 화합물 반도체 태양전지 공정 및 측정

**- 연수 내용 :**

연수 목표: 고효율 III-V/Si 화합물 반도체 다중접합 태양전지를 개발하는 것이다.

- 1단계: Si 기판 위 직접성장 된 고품질 III-V 버퍼층을 분석
- 2단계: AlGaAs/Si, GaAsP/Si 등 모노리식 태양전지 성장 및 공정

**-우대사항**

- 1) 기본적인 화합물 반도체 특성 분석 경험 (광학현미경, SEM, TEM, AFM, PL)
- 2) 화합물 반도체 기반의 광전소자 (LED, Laser, solar cell, photodetector)의 작동원리 개념 숙지
- 3) 필요에 따라서 직접 태양전지 소자 공정 및 측정 필요
- 4) III-V 화합물 반도체의 기본적인 물성특성 이해도

소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단

연수 책임자(Advisor) : 정대환

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	신개념 하드웨어 기반 인공지능 응용
연구 과제명 (Project Title)	신개념 신소자 기반 인공신경망 학습 및 알고리즘 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	소자 측정 및 분석, 데이터 처리 및 프로그래밍
<p>신개념 소자의 특성을 기반으로 인공지능 학습이 가능한 인공신경망 알고리즘을 구현. 소자 특성 및 동작 구조 고려한 하드웨어 기반 인공지능 구현 시스템 개발.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 소자 I-V 특성 측정 및 분석 ( DC, pulse 특성)</li><li>○ 소자 모델 기반 인공신경망 학습 알고리즘 개발</li><li>○ 소자 기반 인공신경망 학습 구현</li><li>○ 소자 어레이 동작 구조 설계 및 구동 위한 로직 설계</li><li>○ 소자 특성 측정한 데이터 처리 및 알고리즘 구현 위한 프로그램 작성</li></ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단	
연수 책임자(Advisor) : 주현수	



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	유연전자소자
연구 과제명 (Project Title)	뉴로모픽 광전소자 기반 머신비전 카메라 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뉴로모픽 광전소자 개발 및 분석
<p>- 연수 내용 :</p> <p>1) iCVD (initiated chemical vapor deposition) 기반 고품질 고분자 유전체 및 ferroelectric 고분자 유전체 합성. (참조: <i>Nature Communications</i> <b>11</b>, 5934 (2020), <i>Science Advances</i> <b>8</b>, eabq3101 (2022))</p> <p>2) 나노물질 (2차원 재료) 및 고분자 유전체 기반 뉴로모픽 광전소자 제작 (Neuromorphic image sensor, MAC machine based on crossbar array). (참조: <i>Science Advances</i> <b>8</b>, eabq3101 (2022), <i>Advanced Materials</i> <b>32</b>, 2002431 (2020))</p> <p>3) 뉴로모픽 광전소자 기반 머신비전 응용 수행 (데이터 측정용 회로 설계 및 machine learning 기반 머신비전 응용 수행). (참조: <i>Nature Electronics</i> <b>5</b>, 519 (2022))</p>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 최창순</p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	IV족 및 III-V족 반도체 광/전자소자 제작
연구 과제명 (Project Title)	광자기반 양자 기술 향 능동 소자 응용을 위한 Si기반 나노소재, 산화물소재, 3-5족 반도체소재 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	III-V족 광원 및 양자향 광소자/전자소자 제작 및 평가

광전융합 집적소자 및 이 집적소자를 다양한 기술(양자, 뉴로몰픽 등)에 응용하기 위해서는 III-V족 및 IV족 반도체를 이용한 고성능 광전소자의 연구가 필수적임. 이를 위해, 본 연구실에서는 CMOS compatible한 재료 및 공정 기술을 이용해 다양한 광/전자소자를 제작/집적하는 연구를 수행 중임. 특히, 현재 Si CMOS에서는 많이 사용되고 있는 HfO<sub>2</sub> 기반의 강유전체를 광전집적소자에 접목할 수 있는 새로운 아이디어를 실현할 수 있는 실험을 수행 중임. 또한, 고성능 광전소자를 위한 III-V족 및 IV족 반도체를 이종접합을 통해 집적할 수 있는 기초 기술을 이용해 다양한 광/전자소자를 실현할 수 있는 실험을 수행 중임. 이를 위해, 소자 디자인, 소자 공정, 소자 측정을 전반적으로 수행할 예정.

구체적으로는 다음 중 하나 이상의 연구에 투입되어 연구를 진행할 예정

1. 고성능 III-V족 RF소자에 관한 연구
2. CMOS compatible 한 비휘발성 강유전체 등을 이용한 메모리 광소자/전자소자의 제작

소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단

연수 책임자(Advisor) : 한재훈

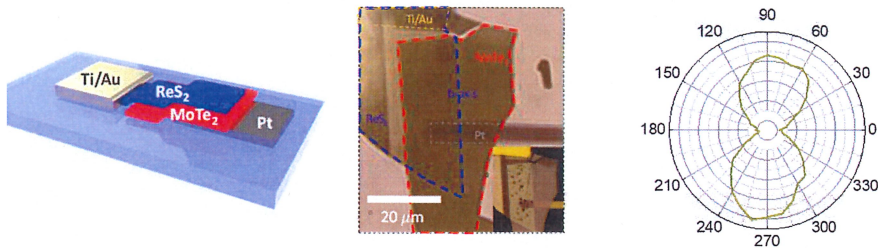
# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 저차원 반도체 기반 광전자 소자 개발
연구 과제명 (Project Title)	광자기반 양자소재부품기술 개발 광섬유/집적 광학 회로와 결합된 확정적 양자 광소자 개발 SWIR 라이다를 위한 2차원 삼원계 층상소재가 적용된 후면조사 SPAD 센서 어레이
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	광전자 소자 설계, 공정, 측정 및 연구 논문

## 1. 나노 반도체 기반 광전자 소자 개발

- ✓ 2차원 반도체 이종 접합을 통한 신기능성 광전자소자 개발
- ✓ 나노 반도체 소재를 적용한 양자 기술 향 능동 소자 개발

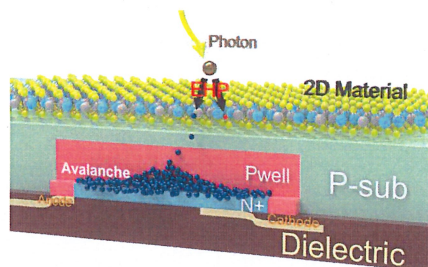
### 2D MoTe<sub>2</sub>/ReS<sub>2</sub> heterojunction



<예시: 2차원 나노 반도체 이종접합 선형편광감지 광다이오드 소자>

## 2. 2차원 나노소재와의 융복합에 보다 적합한 BSI CMOS SPAD 기술 개발

- ✓ 표준 BSI CMOS 공정을 통한 SPAD 소자와 융복합 할 수 있는, 특히 동작하는 빛의 파장 영역을 1.0 μm 이상으로 확장 시킬 수 있는 2차원 나노 반도체 공정 및 하이브리드 SPAD 소자 기술 개발.



<예시: 2차원 나노 반도체와 Si-based SPAD 결합된 하이브리드 광전소자 >

소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단

연수 책임자(Advisor) : 황 도 경



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	반도체 나노입자, 양자점(QD, quantum dot) 소자 제작 및 응용, 성능 평가, 소재 합성
연구 과제명 (Project Title)	QD-LED 소자 성능 향상을 위한 소자 내의 electronic trap 분석 및 원인 규명
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	양자점(QD)/반도체 나노입자의 합성/소자 제작/ 분석
<p><b>연수 내용 :</b></p> <p>다음 제시한 내용 모두 또는 일부 연구 업무:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 반도체나노입자/양자점(QD) 합성</li> <li>2. 양자점(QD)/반도체 나노입자를 활용한 소자 제작                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-QD 성능 평가용 소자 제작</li> <li>-광감응성 소자 제작</li> <li>-반도체 나노입자와 뉴로모픽 소자의 집적 공정</li> <li>-반도체 나노입자/QD를 활용한 센서 소자 제작</li> </ul> </li> <li>3. 양자점(QD)/반도체 나노입자 성능 및 소자의 성능 평가                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-소재 및 소자의 분광학적 분석</li> <li>-소재 및 소자의 전기적 특성 분석</li> <li>-소자 계면 및 트랩 분석</li> </ul> </li> </ol>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 인공뇌융합연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 황규원</p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	뉴로모픽 소자 어레이, 회로 설계
연구 과제명 (Project Title)	고신뢰성 초저전력 스파이킹 뉴런 소자 및 어레이 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	이머징 소자를 활용한 뉴로모픽 어레이 회로 설계
<p>           - 본 과제에서는 뉴로모픽 하드웨어 개발을 위한 소자 어레이 설계 연구를 진행함            - 시냅스 소자 및 뉴런 소자 시뮬레이션 모델링            - 뉴로모픽 시스템 학습과 추론을 위한 SPICE 레벨 시뮬레이션            - 뉴런과 시냅스 소자 어레이를 활용한 시스템 구축을 위한 구동회로 설계         </p> <p>           - 연수내용            1. 뉴로모픽 시스템에 대한 이해            2. 뉴로모픽 소자 어레이에 대한 이해            3. SPICE 및 ORCAD등의 설계 시뮬레이터 이해            4. 소자 및 어레이의 compact modeling 방법 이해            5. 이머징 소자의 특성을 활용한 구동회로 설계            6. 어레이 레벨에서의 뉴로모픽 시스템 학습 및 추론 방법 연구            7. 소자 어레이 레벨의 구동회로 설계            8. 연구 논문/특허 작성         </p>	
<p style="text-align: center;">소속 센터/단 명(Center) : 인공지능융합연구단</p> <p style="text-align: center;">연수 책임자(Advisor) : 곽준영</p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	뉴로모픽 컴퓨팅
연구 과제명 (Project Title)	멀티모달 뉴런-시냅스 기반 고효율 뉴로모픽 시스템
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	인공지능 및 뉴로모픽 알고리즘, 시스템 개발
<p>연수 내용</p> <p>1) 뇌기반 뉴럴 네트워크 최적화</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 뇌기반 뉴럴 네트워크인 스파이킹 뉴럴 네트워크 최적화 방법 연구</li><li>- NAS 기반 최적 구조 탐색</li></ul> <p>2) 뉴로모픽 응용 개발</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 뉴로모픽 컴퓨팅에 적합한 응용 개발</li><li>- 딥러닝 모델 및 응용을 뉴로모픽 영역으로 변환</li></ul> <p>3) SNN 학습 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Biologically plausible 학습 알고리즘 개발</li><li>- Supervised, unsupervised, self-supervised SNN 학습 알고리즘 개발</li><li>- DNN-to-SNN conversion 효율 향상 알고리즘 개발</li></ul> <p>4) 뉴로모픽 하드웨어 및 엣지 디바이스 활용</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 뉴로모픽 하드웨어 및 엣지 디바이스를 활용하여 저전력 인공지능 구현</li></ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공뇌융합연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박성식	



## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	지능형 광-반도체 소자 연구
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	2D 나노소재/메타물질 기반의 지능형 광-반도체 소자 및 생체모방 시각뉴런소자 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	2D 나노소재/메타물질 기반의 지능형 광-반도체 소자 설계, 제작, 성능평가 및 머신러닝 알고리즘 적용연구 진행
<div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 2차원 나노소재-메타물질 결합형 지능형 광-반도체 소자 설계                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- FDTD 전산모사 기법을 활용, 메타물질 광학특성 설계 및 구조인자별 영향분석</li> <li>- 그래핀-hybrid 포토트랜지스터 선택적 광 반응도 향상기구 연구</li> <li>- 지능형 동작을 위한 그래핀 Fermi-level 제어 접근법 모색</li> <li>- Threshold switching 특성의 인공뉴런 소자 설계</li> </ul> </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 지능형 광-반도체 소자 제작 공정 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 그래핀 및 메타물질 나노패터닝 공정 개발</li> <li>- 3-terminal FET 및 2-terminal 소자구조 형성을 위한 표준 포토리소공정 진행</li> </ul> </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 지능형 광-반도체 소자 특성 평가                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 그래핀-hybrid phototransistor/photodiode의 광대역 광 응답특성 평가</li> <li>- 외부자극 반응물질 적용 및 게이트 전압 인가에 따른 감도함수 변화 관찰</li> <li>- 메타물질의 설계인자별 소자특성 향상효과 분석</li> <li>- 생체모방 시각뉴런 및 시냅스 소자 특성 평가</li> </ul> </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 차세대 초소형 분광센서 및 초분광 적외선 영상센서 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스냅샷 방식 멀티채널 초분광 적외선 영상센서 제작</li> <li>- 인공지능 알고리즘에 기반한 초분광 적외선 영상 신호처리 기술 개발</li> <li>- 머신러닝을 통한 스펙트럼 복원 및 분광학적 대상체 분류 시연</li> </ul> </div>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공지능융합연구단 연수 책임자(Advisor) : 이경석	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 뇌과학기반 인공지능을 위한 뉴로모픽 소자/ 시스템 연구
연구 과제명 (Project Title)	인공뇌융합연구사업
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뉴로모픽 소자 개발/모델링/네트워크 시뮬레이션
<p>(연수 내용)</p> <ol style="list-style-type: none"><li>뉴로모픽 소자 동작 원리 및 거동 특성</li><li>뇌과학 기반 신경 세포의 거동을 모사하는 뉴로모픽 소자의 수학적 모델링 및 회로 모델 개발</li><li>뉴로모픽 소자로 구성된 인공 신경망 네트워크 시뮬레이터 개발 및 인공 지능의 효율 향상을 위한 네트워크 최적화</li><li>뇌과학 기반 고효율 &amp; 차세대 인공지능 프로토타입 개발</li></ol>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공뇌융합연구단	
연수 책임자(Advisor) : 이수연	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	뉴로모픽 시스템 및 인공지능 알고리즘 설계
연구 과제명 (Project Title)	멀티 모달 뉴런-시냅스 기반 고효율 뉴로모픽 시스템
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	디지털 뉴로모픽 시스템 설계 및 활용
<div>1. 스파이킹 인공신경망 알고리즘 구조 개발</div> <div>- 심층 신경망 알고리즘 변환을 위한 SW 개발</div> <div>- CNN to SNN, RNN to SNN compiler 개발</div> <div>2. 뉴로모픽 알고리즘 설계 및 검증</div> <div>- SNN 기반 뉴로모픽 알고리즘 설계</div> <div>- 뉴로모픽 시스템에 알고리즘 적용 및 검증</div> <div>- 실시간 학습(P-STDP)을 이용한 응용 어플리케이션 개발</div> <div>- 로봇 컨트롤 및 네비게이션 문제 해결</div>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공뇌융합연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박종길	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자 포토닉 소자
연구 과제명 (Project Title)	양자 정보 제어용 포토닉 소자 제작 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	Lithium niobate 기반 광 도파로 제작 및 전기 변조
<p>실리콘 기판 위 Lithium niobate 신물질 도파로를 이용해 단일 광자를 생성, 제어 하고 이를 이용해 궁극적으로 광자 기반 포토닉 양자 시뮬레이션 및 컴퓨팅을 구현 한다.</p> <p>1. 저손실, 초고속 Lithium niobate 광도파로 양자 소자 개발</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Lithium niobate 신물질 박막 제작 (폴리싱 등)</li><li>- E-beam lithography, etching, CVD 등을 포함한 공정</li><li>- 제작된 소자를 이용해 비선형 양자 광원 생성 및 측정</li><li>- 전기 변조를 통한 광자 제어 및 주파수 변환</li></ul>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 정 호 중</p>	



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	다이아몬드 기반 양자 정보처리 기술 개발
연구 과제명 (Project Title)	문제해결형 양자컴퓨팅 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	다이아몬드 기반 양자 프로세서 요소기술 개발

양자 컴퓨터는 물리학에서 말하는 '양자역학'의 원리를 정보처리에 직접 사용하는 미래형 정보연산 장치이다. 기존 컴퓨터로 거의 해결 불가능한 문제를 해결할 수 있어, 미국, 유럽, 중국의 글로벌 기업과 연구소에서 양자컴퓨터에 대한 연구를 경쟁적으로 진행 중이다. 양자 컴퓨터는 일반적으로 두가지의 양자상태를 0과 1로 인코딩하여 큐비트로 활용합니다. 큐비트는 고전 비트와 달리 중첩현상을 활용해 0과 1의 양자상태를 1개 큐비트(quantum bit, qubit)에 동시에 담을 수 있기 때문에 큐비트 개수에 대해 지수함수적인 정보처리 능력을 가질 수 있다. 최근에는 수십개의 양자비트만으로, 슈퍼컴퓨터를 뛰어넘는 정보연산이 가능함을 보이며, 바야흐로 양자의 시대가 열리고 있다고 말할 수 있다. 이러한 양자정보기술을 구현하는데 사용되는 물리적 플랫폼은 초전도 시스템, 이온 덩, 중성원자, 양자 점, 고체 점결함, 광자 등 다양하나, 각각의 물리시스템은 응용에 있어서 장단점을 가지고 있다.

이 중에서 다이아몬드 NV센터로 대표되는 고체점결함은 광자는 양자컴퓨팅, 양자통신, 그리고 양자센싱에 두루 사용되는 물리계로, 내부의 스핀 큐비트는 1분이 넘는 긴 양자 수명을 가지고, 대기압 및 상온에서도 동작한다는 강력한 장점이 있습니다. 다이아몬드큐비트는 컬러센터라고 불리는 이름처럼, 빛과의 상호작용이 활발하여, 포톤 큐비트와의 양자인터페이스 유리하다.

본 연수에서는 아래의 연구개발 업무를 통해 양자정보 분야에 필요한 인재를 양성하고자 한다.

1. 문제해결형 양자컴퓨팅 시스템 기술 연구
  - 다이아몬드 NV센터의 전자스핀과 핵스핀을 활용하여, 복수의 큐비트 시스템을 구성하여, 양자정보연산을 수행하고, 실제로 필요로 하는 문제를 해결하는 연구
  - 다이아몬드 양자시스템과 연관된 고체점결함 양자상태 제어에 연관된 양자정보 연구
2. 다이아몬드 NV센터 기반 양자중계기 기술 연구
  - 다이아몬드 NV 센터 내 스핀 큐비트와 NV센터에서 생성하는 단일광자 간의 양자 얽힘 구현 및 이를 활용한 양자인터페이스 요소 기술 연구
  - 양자인터페이스를 활용하여 떨어져 있는 다이아몬드 NV센터 단일 양자 노드 간 양자 얽힘을 구현하여, 양자텔레포테이션 기술을 활용한 양자통신을 구현하는 연구를 수행

소속 센터/단 명(Center) :	양자정보연구단
연수 책임자(Advisor) :	강 동 연

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Reseah Fields)	다이아몬드 기반의 양자 소자
연구 과제명 (Project Title)	다이아몬드 기반의 양자 소자 제작
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	다이아몬드 기반의 양자 소자 제작 및 특성 분석
<p>반도체 공정을 통하여 다이아몬드 박막 제작, 제작된 다이아몬드를 이용하여 양자 소자를 제작한다.</p> <p>1. 전기 화학적 식각을 이용한 다이아몬드 박막 제작 2. 3D FDTD 시뮬레이션을 이용한 다이아몬드 광소자 설계 3. 반도체 공정을 이용한 소자 제작 4. 제작한 소자 특성 분석</p> <p>+</p> <p>5. 제작한 광소자에 점결함 생성 및 이를 이용한 양자 소자 제작 6. 광구조물 도입 전후의 양자 소자 특성 분석</p>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 전 승 우</p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	다이아몬드 점결함 큐비트를 이용한 기초 양자 실험
연구 과제명 (Project Title)	문제해결형 양자컴퓨팅 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	다이아몬드 점결함 이용한 기초 및 응용 양자 측정
<p><b>- 연수 내용 :</b></p> <p>다이아몬드 점결함 큐비트 기반 양자 시뮬레이션은 상온상압에서 실험이 가능하며, 다양한 종류의 점결함을 이용하여 복잡한 시스템을 모사할 수 있어서 활발하게 연구가 진행되고 있는 분야이다. 이러한 양자 시뮬레이션 연구는 향후 범용 양자 컴퓨터를 구현하기 위하여 필수적인 단계이라고 할 수 있다. 이번 연수를 통하여서 점결함 기반 양자 측정 기초 및 간단한 양자시뮬레이션 연구를 수행하고, 양자분야 인재를 양성한다.</p> <p><b>1. 양자측정 기본 셋업 연수</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 큐비트 상태 초기화, 제어, 측정과 같은 기본적인 양자 측정 과정에 대한 연수</li><li>- 기존 큐비트 측정 셋업 업그레이드 및 시스템 고도화에 대한 연구</li></ul> <p><b>2. 큐비트 확장성을 가진 소자를 이용한 양자 측정 기초 연구</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 기존 KIST에서 개발된 2개의 전자스핀 큐비트 시스템을 이용한 양자 얽힘 게이트 구현</li><li>- 여러 전자스핀 큐비트 시스템에서의 양자 얽힘 상태를 이용한 다양한 양자 기초 실험</li></ul> <p><b>3. 2큐비트 소규모 점결함 양자 프로세서에서 양자시뮬레이션 구현</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Variational Quantum Eigensolver (VQE)를 이용한 분자 바닥에너지 계산 양자 시뮬레이션 구현 연구</li><li>- 이론 팀과의 협업을 통한 고체물리계에서의 복잡문제를 양자시뮬레이션을 통하여 구현</li></ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 차세대 반도체 연구소/양자정보연구단	
연수 책임자(Advisor) : 이정현	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자정보
연구 과제명 (Project Title)	문제해결형 양자컴퓨팅 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	반도체 기술 기반의 양자광학 소자 연구
<p><b>- 연수 내용 :</b></p> <p>실용적인 양자 컴퓨터 및 양자정보 기술의 개발을 위해서는 확장 가능한 하드웨어 플랫폼 개발이 필수적이다. 본 연구실은 이를 위해 나노광학소자를 활용하여 양자정보 기술 개발에 필수적인 광학 인터페이스를 개발한다. 특히, 비선형 광학 물질 (예: LN, AlN, and other ferroelectric materials) 박막과 반도체 공정을 활용하여 전기적 제어와 비선형적 광특성을 가지는 소자 개발한다. 이를 기반으로 양자정보 분야에서 범용적으로 활용될 수 있는 집적화된 양자광학 소자 기술을 확보한다. 특히, 소자의 설계, 공정, 실험을 업무들 동시에 진행할 예정이며, 아래와 같은 연구 주제를 연구할 것이다. 궁극적으로는, 양자정보 연구 분야에서 경쟁력 있는 양자 광학 하드웨어 전문가 양성을 목표로 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 나노광학 소자를 통한 집적화된 광자쌍 생성 및 양자 얽힘 광원 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spontaneous parametric down-conversion을 통한 높은 광자쌍 생성률과 coincidence to accidental ratio를 가지는 집적화된 양자 광원 개발</li> <li>- 생성된 광자쌍을 기반으로 광학의 다양한 자유도를 활용한 양자 얽힘 상태 생성</li> </ul> </li> <li>○ 집적화된 소자를 이용한 양자 프로세서 및 양자정보 기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 양자 광원의 프로세싱이 가능한 능동 광회로의 설계, 공정 및 개발</li> <li>- 해당 양자프로세서의 전기적 제어 플랫폼과 광섬유와의 고효율 인터페이스 개발</li> <li>- 고속의 전기 변조를 통한 비가역적 광소자의 개발과 이를 통한 차세대 양자정보 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 고체 점결합, 원자, 이온과의 인터페이스를 위한 양자 광소자 원천기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lithium niobate 박막의 poling 기술을 확보하여 양자 주파수 변환 기반 기술 개발</li> <li>- SiN 혹은 Ta2O3와 소자와 전기광학적 물질의 이종결합을 통한 고속의 비선형 집적/공간 광변조기 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	
소속 센터/단 명(Center) :    양자정보연구단 연수 책임자(Advisor) :        권 형 한	



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	광자기반 양자정보 및 양자광학 실험
연구 과제명 (Project Title)	광자 기반의 다양한 양자정보 프로토콜 구현
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	양자정보 프로토콜의 구현 및 이의 실용적 적용
<p>양자정보기술의 응용 분야는 크게 양자컴퓨팅, 양자통신, 그리고 양자센싱 등으로 나눌 수 있다. 양자정보기술을 구현하는 데 사용되는 물리계에는 초전도 시스템, 이온 덩, 양자 점, 고체 점결함, 원자, 광자 등이 있는데, 각 물리계는 각 응용에 있어서 장단점을 가지고 있다. 특히, 이 중에서 광자는 양자컴퓨팅, 양자통신, 그리고 양자센싱에 있어서 고루 장점을 가지고 있는 유용한 물리계 중 하나이며, 특히 원거리 양자통신, 분산형 양자컴퓨팅 또는 센서 네트워크 등에서 빠질 수 없는 중요한 물리계이다.</p> <p>본 연수에서는 아래의 연구개발 업무를 통해 양자정보 분야에 필요한 인재를 양성하고자 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>고차원 양자얽힘 상태 생성 및 이를 이용한 양자정보 프로토콜 구현<ul style="list-style-type: none"><li>- 두 개 이상의 광자를 이용하여, 각 광자가 갖는 다양한 자유도 (편광, 경로, 시간, 각운동량 등)를 기반으로 한 고차원 양자얽힘 상태 생성 및 분석 (qubit → qudit)</li><li>- 고차원 양자얽힘상태는 큐비트 얽힘상태보다 더 많은 정보처리를 할 수 있으므로 이를 기반으로 한 다양한 양자정보 프로토콜을 구현함</li></ul></li><li>광섬유 및 실용 광섬유망을 이용한 장거리 양자통신, 양자센싱, 양자컴퓨팅 연구<ul style="list-style-type: none"><li>- 연구실 내의 원리 구현 실험 (proof-of-principle)을 넘어 수 km 이상의 광섬유를 이용하여 실용적인 양자정보 연구를 수행</li><li>- 이를 위하여 광통신 영역에서 사용하는 1.5 <math>\mu\text{m}</math> 파장을 갖는 통신파장대역의 양자얽힘 상태를 생성하고, 이를 기존 광섬유망을 통하여 실제 상황에서 장거리 양자정보 프로토콜을 구현하는 연구를 수행</li></ul></li></ol>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단	
연수 책임자(Advisor) : 임 향 택	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자컴퓨팅
연구 과제명 (Project Title)	분산형 양자컴퓨팅 기초연구
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	양자얽힘 네트워크 기반 분산형 양자컴퓨팅 연구
<p>- 연수 내용:</p> <p>양자얽힘 광원을 모듈형 양자컴퓨터에 분배하여 분산형 양자컴퓨팅을 수행할 수 있음. 본 연수에서는 분산형 양자컴퓨터의 성능을 최대한 활용할 수 있는 응용 및 방법론을 탐구하는 것을 목표로 함.</p> <p>- 세부 사항:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 분배하는 양자얽힘 광자쌍 수 증가에 따른 양자상태 표현도 연구</li><li>2. 양자상태 표현도 증가를 활용한 양자컴퓨터 응용 연구<ul style="list-style-type: none"><li>* 양자 Variational Quantum Algorithm</li><li>* 양자 머신러닝</li></ul></li><li>3. 소규모 분산형 양자컴퓨팅의 실험적 시연</li></ol>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단	
연수 책임자(Advisor) : 김 요 셉	