

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 E-skin 기술 개발, 웨어러블 디바이스, Self-powered E-skin devices and sensors, 유연 소재 및 소자 기술
연구 과제명 (Project Title)	시공간적 분해능을 지닌 다기능 스파이킹 촉각 뉴런 소자 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노 소재 기반 E-skin 센서 기술 개발</li> <li>- Self-powered E-skin 센서 기술 개발</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차세대 E-skin 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 유연 소재 및 E-skin 센서 기술 개발</li> <li>2) 나노 소재 기반 신개념 E-skin 센서 기술 개발</li> <li>3) Self-powered E-skin 소자 및 센서 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 스펀융합연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 이현정</p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 반도체 소자
연구 과제명 (Project Title)	스핀기반 나노신경망모사 기술개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	전기장 제어 초저전력 반도체 소자 개발
<p><b>1. 연구의 필요성</b></p> <p>빅데이터, 소셜네트워크, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등의 기술에 의해 생성되는 정보량은 기하급수적으로 증가하고 있음. 정보의 저장과 처리를 위해서 반도체 소자는 점차 고집적화되고 있는데 이로 인한 온도상승 및 에너지 소모 문제를 해결하기 위한 차세대 메모리소자에 대한 연구가 필요함. 스핀 메모리는 초저전력 구동 가능성과 정보 처리 속도 및 신뢰성 부분에서 큰 장점을 가지고 있어 가장 주목받는 차세대 메모리라고 할 수 있음.</p> <p><b>2. 연구개발 내용</b></p> <p>새로운 스핀/양자 현상을 이용한 스핀소자 원천기술과 첨단 측정 및 분석기술을 결합하여 고성능 모바일 기기, 빅데이터 처리용 초저전력 (~ fJ) 스핀 메모리를 개발하고자 함. 실용화 단계까지 와있는 스핀 메모리인 STT-MRAM도 비교적 저전력 동작이 가능하지만, 에너지적인 한계를 넘기위해서 전기장으로 자화상태를 스위칭을 하는 연구가 주목받고 있음. 현재 전기장으로 자성 특성을 제어하는 연구는 기초적인 단계에서 수행되고 있으며 그 메커니즘이 실험적으로 명확히 규명되지 않은 상태임. 전기장을 인가하면 자성 나노 구조의 계면 전자밀도, 3d 오비탈, 산화도 등의 변화로 자성 박막의 특성이 변화하는 것으로 예측되지만, 이들 메커니즘의 규명을 위한 연구는 거의 수행되지 않은 상태임. 본 연수를 통해서 학생연구원은 전기장에 의한 나노구조 자성의 가능성을 확인하고, 가장 효과가 큰 물질과 구조를 탐색하게 될 것이며 또한, 이온의 이동에 의한 산화 환원 반응 및 수소이온의 주입에 따른 자기이방성의 변화에 관한 연구를 진행하고 이를 응용한 소자를 구현하는 연구를 진행할 계획임.</p> <p><b>3. 구체적인 연수 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자 및 자성 소자 관련 이론 습득</li> <li>- 차세대 반도체 소자 구현을 위한 실제 공정 진행 (증착부터 리소그래피까지 반도체 소자 제작 전반에 걸친 교육과 공정)</li> <li>- 제작된 소자를 이용한 다양한 측정 관련 실습 (재료분석, 제작된 소자의 전기적, 자기적인 특성 분석을 위한 전문적인 장비에 대한 교육 및 전문성 획득)</li> </ul>	
<p><b>소속 센터/단 명(Center) : 스핀융합연구단</b></p> <p><b>연수 책임자(Advisor) : 이기영</b></p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	스핀기반 차세대 메모리 소자 및 컴퓨팅
연구 과제명 (Project Title)	스핀현상을 이용한 차세대 소자 및 컴퓨팅 연구
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	나노 스핀 소자 공정 및 고주파 측정
<div style="margin-top: 10px;"> <p>1. 확률론적 컴퓨팅 기술 개발 및 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 랜덤 나노 자성체와 인공신공망 구조를 이용하여, 확률론적 컴퓨팅 기술 구현</li> </ul> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>2. 초고속 스핀 나노 소자 개발 및 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0.1-1 ns 이하 영역에서 동작하는 초고속 자성 메모리 개발 및 연구</li> <li>- 스핀 다이내믹스를 이용한 고주파 발진기/검출기 개발 및 연구</li> </ul> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>3. 양자 현상을 이용한 초정밀 자기 센서 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- diamond defect을 이용한 양자 (quantum) 자기 센서 개발</li> <li>- 다이아몬드 기판 공정: 나노 필러 및 렌즈 공정</li> <li>- 마이크로웨이브 가이드 공정</li> <li>- 양자 센서를 이용한 측정용 샘플 제작 (나노 크기)</li> </ul> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>4. 나노 공정 및 고주파 측정 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이빔리소 공정을 통한 스핀 나노 소자 공정 기술 개발</li> <li>- 고품질 다층 박막 구조 공정 개발</li> <li>- 고주파 측정 기술 개발</li> <li>- 1-3번 연구를 위한 기술 개발</li> </ul> </div>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 스핀융합연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 이억재</p>	



## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	차세대 자성메모리(MRAM) 및 로직소자 개발
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	스핀-궤도 결합 소재를 이용한 저전력 스핀로직소자
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	스핀 토크 자성 소자 제작 및 평가
<p>(연수 내용)</p> <p>스핀 메모리 및 로직 소자는 비휘발성의 특성과 함께, 초저전력 초고속의 소자 동작 특성을 지녀 차세대 메모리 및 로직 소자를 각광받는 기술 중 하나임. 특히 기존 폰노이만 방식의 한계를 극복하기 위한 일환으로 대두되고 있는 로직-인-메모리 소자, 뉴로모픽, 확률론적 컴퓨팅과 같은 차세대 컴퓨팅 기술로써의 활용이 기대되고 있는 대표 기술임. 본 연수를 통해 다양한 다층 자성 박막에서 발현되는 물리 현상을 탐색하고 이를 바탕으로 신개념의 스핀 메모리-로직 기술을 개발하고자함. 연수자는 아래의 연수내용을 통해 연구를 수행할 예정임.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 자성 메모리 및 로직 소자를 위한 박막 소재 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다층 자성 박막 제작 (스퍼터링, 이빔이베피레이션).</li> <li>- 자성 박막 물성 측정 (VSM, 광학적, 전기적 신호 측정).</li> </ul> </li> <li>2. 자성 메모리 및 로직 소자 제작 및 공정                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 포토 리소 및 이빔 리소 공정을 이용한 미세 패턴 구조 제작.</li> <li>- 아이언 밀링, RIE 등을 애칭 공법을 이용한 소자 제작.</li> </ul> </li> <li>3. 메모리 및 로직 등 소자 동작 특성 평가                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- DC 전하 및 스핀 수송 특성 및 고주파 동작 특성 측정 및 분석.</li> <li>- 광자기 효과 (MOKE)을 이용한 소자의 광자기적 특성 분석.</li> </ul> </li> </ol> <p>연수 지원자는 연수과정 기간 동안 박막 제작을 비롯하여 소재 물성 측정 및 분석, 소자 제작 공정, 소자 동작 특성 평가 기술 등 반도체 분야 핵심 기술 전반에 걸쳐 전문성을 습득하고, 동시에 MRAM 소자 동작의 핵심 원리를 이해함으로써 차세대 반도체 분야의 핵심인력으로 성장 할 수 있을 것으로 기대함.</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 스핀융합연구단 연수 책임자(Advisor) : 한동수	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 MRAM 소자 개발
연구 과제명 (Project Title)	랜덤 나노자성체 기반 확률론적 컴퓨팅 및 역연산 논리회로 구현
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	스핀트로닉스 소자 제작 및 동작 특성 분석
<p>(개요)</p> <p>스핀트로닉스 소자 (스핀 소자)는 비휘발성의 특성과 함께 빠른 동작 속도와 초저전력 소모의 특징을 지녀 차세대 반도체 소자로 각광받는 기술 중 하나임. 특히 인공지능 및 자율주행과 같이 빅데이터를 신속하고 효율적으로 처리하기 위해 기존 폰노이만 컴퓨팅 방식을 한계를 극복하기 위한 인공뇌모사, Processing in memory (PIM) 등과 같은 기술로의 활용이 기대되는 기술 중 하나임. 본 연수를 통해 다층 자성 박막 기반 스핀 메모리 소자를 개발하고 이를 활용하여 PIM과 같은 차세대 컴퓨팅 기술을 개발하고자 함.</p> <p>(연수 주제)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>차세대 MRAM 개발을 위한 박막 소재 및 소자 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>다층 자성 박막 제작: 초고진공 스퍼팅, 이베퍼레이터 사용</li> <li>다층 자성 박막 물성 측정: VSM, MOKE</li> <li>클린룸을 사용하여 미세 패턴 구조 제작: 포토 리소그래피, 이빔 리소그래피</li> <li>Ion beam milling (IBE), RIE 등 에칭 공정</li> </ul> </li> <li>차세대 MRAM 소자 측정 및 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>DC &amp; AC 전기적 측정 및 특성 평가</li> </ul> </li> <li>MRAM 기반 array 제작</li> </ol> <p>본 연수 과정을 통해 스핀 소자 뿐만 아니라 반도체 공정 전반에 대한 경험 및 지식을 습득할 수 있을 것이고 스핀 메모리에 대한 소재 분석 방법 및 소자의 동작 특성 평가 등에 대한 지식을 습득할 수 있을 것으로 예상 됨. 이를 바탕으로 반도체 분야에 전문가로 성장 할 수 있을 것이라고 기대 함.</p> <div style="text-align: center;"> <p>소속 센터/단 명(Center) : 스핀융합연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 백 승 현</p> </div>	



## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	저차원물질 양자소자 / 광전소자
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	광자기반 양자 기술 향 능동 소자 응용을 위한 Si기반 나노소재, 산화물소재, 3-5족 반도체 소재 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	이차원물질 기반 양자광전소자 제작, 광시스템 셋업 및 측정

**- 연수 내용**

1. 반도체 및 부도체 이차원물질 (hBN, WSe<sub>2</sub> 등)을 이용한 양자광소자 제작 및 측정
  - ✓ 단일광자원은 한번에 단 하나의 광자(photon)만을 방출하는 시스템을 일컬으며, 양자컴퓨터, 양자정보통신, 디스플레이, 바이오 센서 등 다양한 분야에 응용되고 있음
  - ✓ 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 생각됨
  - ✓ 이차원물질 내 단일광자원의 경우 외부에서 인가된 국소적인 인장력에 의해 형성되는 것으로 알려져 있어, 위치적으로 컨트롤이 가능함
  - ✓ 본 연구에서는 ion irradiation, annealing, local strain application 등의 다양한 방식으로 이차원물질 내 단일광자원을 생성하고 생성된 광원의 특성을 탐구함
  
2. 이차원물질 내 엑시톤을 이용한 광전소자 제작 및 빛-물질 상호작용 연구
  - ✓ 이차원반도체물질은 빛과 상호작용하여 전자와 공동의 결합체인 엑시톤을 형성하며, 상온에서도 이를 이용할 수 있다는 특징점이 있음
  - ✓ 이를 이용하여 일반적인 광회절한계를 넘어서는 초소형의 광전소자 제작 및 특성 파악
  
3. 제작된 이차원 양자소자/광전소자의 광집적회로 내 통합 및 컨트롤
  - ✓ 실용적인 양자컴퓨팅 응용을 위해서는 양자소자들의 집적화가 필수적이며, 따라서 제작된 이차원 단일광자원을 광집적회로(photonic integrated circuits)에 통합(integration)시키고 이 상태에서 단일광자원의 파장 등을 컨트롤하는 방법에 관한 연구를 진행할 계획

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




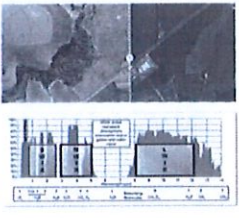
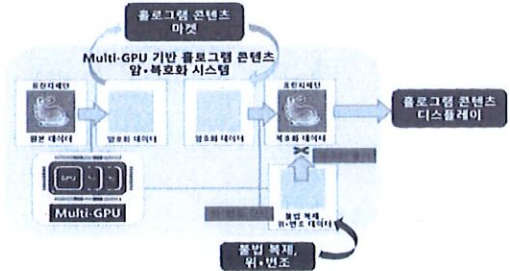
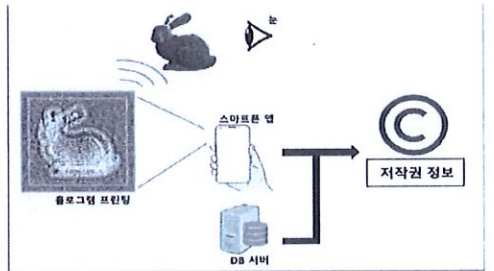
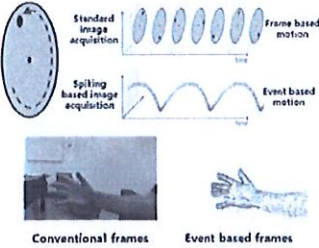
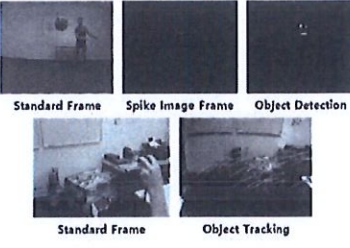
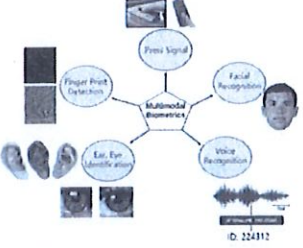
연수 책임자(Advisor) : 문 효 원

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	산화물 기반 박막 증착 및 광소자 개발
연구 과제명 (Project Title)	광신호제어용 광전자소자
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	산화물 기반 기능성 박막 특성 연구 및 광소자제작
<p>“광신호제어용 광전자소자” 연구과제는 초고성능 컴퓨팅을 구현하기 위하여 기존 전자 소자에 광처리 장치를 융합하는 것을 목표로 하며 이를 위하여 각 요소 소자를 제작한 후 신호 처리용 플랫폼에 장착하여 융합된 요소 소자의 구동 특성을 살펴보는 것을 주된 내용으로 하고 있다. 다양한 요소 소자 중 산화물 기반 광전자 소자는 기존 실리콘 기반 광전자 소자 대비 매우 작은 크기를 가지며 우수한 광특성을 가지고 있어, 본 연구 과제의 세부 연구 주제 중 하나로 연구될 것이다. 관련 업무를 수행할 연수자는 연구과제 참여연구원으로써 산화물 기반 기능성 박막을 제작하고 이를 이용하여 광신호 제어를 위한 광전자소자를 제작하는 연구를 진행할 것이다.</p> <p>연수자는 기존 산화물 기반의 광소자들이 가지는 공정상의 한계를 극복하기 위하여 저온 스퍼터링 증착법을 기반으로한 고품위 산화물 증착 연구를 다음과 같이 수행할 것이다. 첫째, 플라즈마 스퍼터링 공정시 증착되는 입자의 에너지를 계산하여 이를 실제 증착에 응용할 것이다. 둘째, RF 플라즈마 공정 시 추가 직렬 전압을 인가하거나 Pulsed DC 전원 공급장치를 통한 추가 전위를 인가하여 스퍼터링 공정 조건을 탐색할 것이다. 셋째, 다양한 인가 전압 조건하에서 증착된 박막의 특성을 SEM, AFM, TEM, XRD를 활용하여 분석할 것이다. 마지막으로, 광스위치나 광모듈레이터와 같은 광소자의 특성을 개선하기 위하여 산화물 박막을 추가한 구조를 가지는 소자를 제작하여 특성을 측정하는 업무를 수행할 것이다.</p> <p>본 연수를 통하여 연수자는 연구과제 수행에 기여하는 동시에 전자 소자 제작 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.</p>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 박동희</p>	



# 연수 제안서

연구 분야	인공지능 기반 광학 및 영상표시 시스템
연구 과제명 (Project Title)	1. K-FARM 전용 MCU 보드 개발 · 적용한 무인자율형 스마트 모델 팜 개발 및 실증 2. 홀로그램 보안과제 3. 인공지능 융합연구사업 4. XR기반 복합테러 대응 교육 · 훈련 테스트 베드 구축
연수 제안 업무	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	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>&lt;다채널/다시점 기반의 생육환경 모니터링&gt;</p> <p>&lt;하이퍼 스펙트럴 이미징 및 드론 시스템&gt;</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multi-GPU 기반 홀로그램 콘텐츠 암복호화 시스템 기술 개발</li> <li>- 스마트폰 인증용 암복호화 홀로그램 내 저작권 정보 삽입 기술 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>&lt;Multi-GPU 기반 암복호화 시스템 개념도&gt;</p> <p>&lt;저작권 정보 추출 기술 기반의 스마트폰 앱 연동&gt;</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SNN 기반의 뉴로모픽 카메라 Spike image 획득 시스템 개발</li> <li>- 뉴로모픽 카메라 기반의 Object Detection/Tracking 기술 개발</li> <li>- 멀티모달 기반의 감정 및 개인 신원 확인 기술 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>&lt;뉴로모픽 카메라 Spike image 획득&gt;</p> <p>&lt;Object Detection/Tracking&gt;</p> <p>&lt;멀티모달 기반 신원확인 기술&gt;</p> </div>	
소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박민철	



## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	저차원 나노소재의 맞춤형 합성, 나노소재 기반의 초고속 광정보 소자
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	광자기반 양자 기술 향 능동 소자 응용을 위한 Si기반 나노소재, 산화물소재, 3-5족 반도체소재 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	1. 저차원 나노소재 합성 2. 나노소재 기반의 초고속 광정보 소자 개발
<p>                         폭발적으로 증가하는 데이터의 수요를 충족하기에는 기존 실리콘 기반의 전자소자는 데이터 처리 속도 및 에너지 소비 면에서 한계가 있어, 이의 극복을 위해 초고속 동작과 저전력 작동이 가능한 광정보 소자의 개발이 필수적이다. 특히, 뛰어난 광특성을 갖는 나노소재에 기반한 광소자는 집적화가 가능하며, 높은 동작 특성과 경제성을 동시에 기대 할 수 있다.                     </p> <p>                         광학적으로 높은 비선형성을 갖는 2차원 나노소재로서 현재 그래핀이 활발히 연구되고 있으며, 추가적인 신규 나노소재의 탐색 또한 동 분야의 연구에 큰 진전을 가져올 것으로 예상된다. 또한, 기존의 나노소재들의 새로운 조합과 구조를 도출하여, 이로부터 얻어지는 광정보 특성을 측정 분석 함으로써, 이들이 적용된 초고속 광정보 소자의 특성 향상과 부가 특성을 유도하고자 한다. 이러한 소자들에는 femtosecond laser, 초고속 광학 스위치, modulator, 광 logic gate 등이 포함된다.                     </p> <p>                         본 연구에서는 기존 또는 새로운 저차원 나노소재의 합성에 있어서, 광정보소자 응용을 위한 맞춤형 합성 방법을 개발하고, 합성된 나노소재의 비선형 특성을 극대화한 소자 개발을 목표로 한다. 또한, 리소그래피의 공정이 필요하지 않은 sub-micrometer 급 고분해능을 갖는 초정밀 3D 프린팅 공정을 개발하여, 폴리머 광소자를 제작하고 나노소재를 내부에 도입 함으로써 보다 효과적인 광정보 소자를 구현하고자 한다.                     </p> <p>                         이렇게 개발된 소재와 소자를 기반으로, 광변조 및 광연산 등의 광정보 제어 시스템까지의 확장 연구가 이루어질 예정이다.                     </p>	
소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단 연수 책임자(Advisor) : 송 용 원	

## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	양자 컴퓨터 및 센서용 3-5족 나노 구조 기반 양자기술 소재 [ 단광자 양자기술 응용을 위한 나노공정/양자측정기술]
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	양자센서의 고신뢰도 동작을 위한 양자광원 기술 개발[집적소 자기반 양자센서용 확정적 양자광원개발]
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	연속 동일 확정적 단광자 생성 장치 개발 및 이의 양자센서 응용

단일 광자의 생성, 변경 및 측정을 통한 물리계의 측정을 양자 광학 센서라고 한다. 이를 통해 우리는 기존 일반 광학 센서 [예 LIDAR]보다 100배 먼거리 및 100배 정밀하고, 사물의 뒷면까지 볼수 있는 다체로운 새로운 측정을 할수 있다. 이것은 단순히 양자 LIDAR 뿐 아니라, 두 개의 단광자 얽힘을 통해, 기존 현미경으로 측정이 불가능한 100nm근방의 이미지를 측정하고 [10배 정밀], 측정기간동안 생체에 해를 주지 않거나, 생체의 일부 기작면 선택적으로 여기 시킬수 있다.

그러나, 현재의 단광자 생성기는 통계적인 광자를 생성하고 있다, 이는 어느 시점에서 단광자의 생성이 보장 되지 않고, 연속적인 단광자 측정이 불가능 하다는 뜻이다. 이를 이유로 현재의 양자 광학센서는 측정에서 통계적인 분석을 하기위해 매우 긴 측정시간과 분석 시간이 필요하다.

이를 해결하는 것은 “광자원” 자체가 신뢰할수 있도록 연속적이며, 확정적, 그리고 동일한 광자를 송출하는 것이다.

본 연구단에서는 다층 DBR과 저밀도 양자점을 소재로부터 소자 설계, 측정까지 심층적으로 연구하여, 현재 60개 정도인 연속/확정/동일 광자를 100개 정도로 그 숫자를 올리는 것을 목적으로 한다. 참고로 위 수준의 광자원과 Si-포토닉스 간섭기를 통하여 광학적으로 100개 이상의 얽힘 광원을 제작할수 있으며, 이는 광학기반 양자 컴퓨터의 실험이 가능하게 할 것이다.

소속 센터/단 명(Center) :광전소재연구단  
 연수 책임자(Advisor) :송진동



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	라이다(LiDAR), 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)	광자기반 양자 기술 향 능동 소자 응용을 위한 Si기반 나노소재, 산화물소재, 3-5족 반도체소재 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>	
<p style="text-align: center;">소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p style="text-align: center;">연수 책임자(Advisor) : 이인호</p>	



## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	신개념 소자 기반 뉴로모픽 및 암호화 응용
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	신개념-신소자 기반 인공신경망 학습 및 암호화, 난수 발생 소자 및 알고리즘 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	소자 측정 및 분석, 데이터 처리 및 프로그래밍
<p>신개념 소자의 특성을 기반으로 인공신경망을 구현하고, 랜덤한 동작을 하는 소자의 특성 등을 기반으로 암호화 소자 및 난수 발생 소자를 구현함.</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>○ 암호화 알고리즘 구현 및 특성 분석</li> <li>○ 암호화 소자의 정보 엔트로피 계산 및 bit-error 분석 통한 정량화</li> <li>○ 난수 발생 알고리즘 구현 및 특성 분석</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 광전자소자 기반 머신비전 카메라 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뉴로모픽 광전자소자 개발 및 분석
<p>- 연수 내용 :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) iCVD (initiated chemical vapor deposition) 기반 고분자 유전체 합성.</li> <li>2) 나노물질 (2차원 재료 및 실리콘 나노멤브레인) 기반 유연광전자소자 제작.</li> <li>3) 뉴로모픽 광전자소자 기반 머신비전 카메라 개발.</li> </ol>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 최창순</p>	



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	III-V족 및 IV족 반도체를 이용한 heterogeneous 광전소자에 관한 연구
연구 과제명 (Project Title)	III-V족 및 IV족 반도체를 이용한 heterogeneous 광/전자소자
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	광전소자의 설계/제작/평가
<p>본 연구과제는 화합물 반도체, 실리콘, 메모리 소재 및 구조(강유전체, Flash gate stack 등)를 이용한 고성능/저전력 광전소자 개발을 목표로 함. 이를 위한 소자의 설계와 알맞은 소재의 탐색, 소자의 제작, 소자의 특성 평가를 종합적으로 연수하는 것을 목표로 함.</p> <p>연수 내용 개요 (예시)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. CMOS 호환 비휘발성 재료인 HfZrO<sub>2</sub>를 이용한 메모리의 제작 및 특성 평가</li> <li>2. 이를 이용한 비휘발성 광스위치 소자의 설계, 제작 및 특성 평가</li> <li>3. 이를 이용한 비휘발성 전자 소자의 설계, 제작 및 특성 평가</li> </ol> <p>연수 내용 상세</p> <p>본 연구과제는 초저전력 광스위치 및 전자소자 등을 제작하기 위한 소자의 설계, 제작 및 평가를 일괄적으로 연수할 수 있도록 계획됨. 기존의 실리콘을 이용한 광스위치의 성능을 높이기 위한 화합물 반도체 소자의 제작과 지금까지는 시도되지 않았던 비휘발성 재료를 이용한 광스위치 제작 가능성을 모색함. 혹은, 전자 소자에 비휘발성 재료를 접목하여 MOSFET 등을 제작할 수도 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화합물 반도체를 이용한 광스위치 성능 평가</li> <li>- 비휘발성 재료의 특성 평가 및 구조 최적화</li> <li>- 비휘발성 재료의 광스위치 응용 모색</li> </ul>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 한재훈</p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

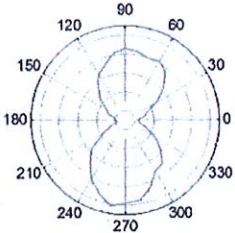
<b>연구 분야</b> (Research Fields)	차세대 저차원 반도체 기반 광전자 소자 개발
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	광자기반 양자 기술 향 능동 소자 응용을 위한 Si기반 나노소재, 산화물소재, 3-5족 반도체소재 개발 SWIR 라이다를 위한 2차원 삼원계 층상소재가 적용된 후면조사 SPAD 센서 어레이
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	광전자 소자 설계, 공정, 측정 및 연구 논문

**1. 나노 반도체 기반 광전자 소자 개발**

- ✓ 2차원 반도체 이중 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 이중접합 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)	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

(연수 내용)

- 연수기간 : 2022. 9. 1 - 2024. 8. 31

- 연수 내용 :

- 뉴로모픽 소자 동작 원리 및 거동 특성
- 뇌과학 기반 신경 세포의 거동을 모사하는 뉴로모픽 소자의 수학적 모델링 및 회로  
모델 개발
- 뉴로모픽 소자로 구성된 인공 신경망 네트워크 시뮬레이터 개발 및 인공 지능의 효율  
향상을 위한 네트워크 최적화
- 뇌과학 기반 고효율 & 차세대 인공지능 프로토타입 개발

소속 센터/단 명(Center) : 인공뇌융합연구단

연수 책임자(Advisor) : 이수연

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	뉴로모픽 반도체 및 인공지능 알고리즘 설계
연구 과제명 (Project Title)	자율 시스템의 실시간 학습을 위한 다인자 온칩 학습 스파이킹 신경망 프로세서 구조 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	디지털 뉴로모픽 시스템 설계 및 활용
<p>- 연수 내용 :</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 디지털 뉴로모픽 시스템 설계 및 검증<ul style="list-style-type: none"><li>- 이벤트 기반 실시간 학습 모듈 설계 및 검증 (디지털 회로 설계 기반)</li><li>- 이벤트 기반 대규모 시스템 인터페이스 설계 및 검증</li><li>- 저전력 동작 인식 하드웨어 설계</li></ul></li><li>2. 뉴로모픽 알고리즘 설계 및 검증<ul style="list-style-type: none"><li>- SNN 기반 뉴로모픽 알고리즘 설계</li><li>- 뉴로모픽 시스템에 알고리즘 적용 및 검증</li></ul></li></ol>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공지능융합연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박종길	



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자점(QD) 합성 및 소자 응용
연구 과제명 (Project Title)	뇌과학 기반 저전력&멀티모달 인공지능 핵심 기술
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	반도체 나노입자 합성/소자 제작/분석
<p>학위 과정(석사 또는 석박통합/박사) 및 졸업 논문 주제에 따라 다음 제시한 내용 모두 또는 일부 연구 업무:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>반도체 나노입자 합성 <ul style="list-style-type: none"> <li>-나노입자 합성 및 정제</li> </ul> </li> <li>반도체 나노입자를 활용한 소자 제작 <ul style="list-style-type: none"> <li>-광감응성 소자 제작</li> <li>-반도체 나노입자와 뉴로모픽 소자의 집적 공정</li> <li>-반도체 나노입자 센서 소자 제작</li> </ul> </li> <li>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> <li>-양자점 표면에 대한 이론적 분석 (DFT)</li> </ul> </li> </ol>	
<p style="text-align: center;">소속 센터/단 명(Center) : 인공뇌융합연구단</p> <p style="text-align: center;">연수 책임자(Advisor) : 황규원</p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	이미징 소자 기반 인공지능망 기술 개발
연구 과제명 (Project Title)	소뇌모사 OTS 기반 뉴런 신소자 및 멤리스터 기반 시냅스 신소자 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	인공지능망용 소자 및 어레이 개발
<p>- 연수 내용 :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 뉴로모픽 시스템을 위한 비정질 실리콘 기반 멤리스터 소자 제작 및 평가             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 최근 주목 받고있는 a-Si 기반 멤리스터 소자의 저전력화를 위한 연구</li> <li>→ 이온 거동 분석 방법을 활용한 소자 분석 연구</li> </ul> </li> <li>2. 캐패시터 기반 인공지능망 연구             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 어레이 제작시 sneak path 해결을 위한 1T1R 구조 개발 및 어레이 평가</li> </ul> </li> </ol>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 인공지능융합연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 정연주 선임연구원</p>	



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	뉴로모픽 집적회로 설계 / AI 알고리즘 개발
연구 과제명 (Project Title)	두뇌모사 AI 반도체 및 알고리즘 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뉴로모픽 혼성신호 집적회로 설계 스파이킹 신경망 알고리즘 개발
<p>본 연수에서는 두뇌모사 AI 알고리즘 및 칩 개발을 목표로 스파이킹 신경망 기반의 학습 알고리즘을 개발하고, 혼성신호 집적회로 설계 기반의 주문형 반도체(ASIC) 칩을 제작하여 그 성능을 검증함.</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공뇌융합연구단 연수 책임자(Advisor) : 김재욱	

## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	지능형 나노 광-반도체 소자 연구
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	메타소재 및 2차원 나노소재(그래핀, etc) 기반의 지능형 광-반도체 소자 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	2차원 나노소재/메타물질 기반의 지능형 광-반도체 소자 설계, 초분광 이미징 센서 개발 및 인공지능망 동작 설계, 반도체 나노리소공정 및 성능평가 진행

□ 2차원 나노소재-메타물질 결합형 지능형 광-반도체 소자 설계

- FDTD 전산모사 기법을 활용, 메타물질 광학특성 설계 및 구조인자별 영향분석
- 그래핀-hybrid 포토트랜지스터 선택적 광 반응도 향상기구 연구
- 지능형 동작을 위한 그래핀 Fermi-level 제어 접근법 모색
- Threshold switching 특성의 인공뉴런 소자 설계

□ 지능형 광-반도체 소자 제작 공정 개발

- 그래핀 단일층 및 다층형 구조 전사공정 진행
- 그래핀 및 메타물질 나노패터닝 공정 진행
- 전극패턴 형성을 위한 표준 포토리소공정 진행

□ 지능형 광-반도체 소자 특성 평가

- 그래핀-hybrid 포토트랜지스터의 광대역 광 응답특성 평가
- 외부자극 반응물질 적용 및 게이트 전압 인가에 따른 감도함수 변화 관찰
- 메타물질의 설계인자별 소자특성 향상효과 분석
- 시각 센서 뉴런 및 포토닉 시냅스 소자 특성 평가

□ 차세대 초소형 분광센서 및 초분광 적외선 영상센서 개발

- 스냅샷 방식 멀티채널 초분광 적외선 영상센서 제작
- 인공지능 알고리즘에 기반한 초분광 적외선 영상 신호처리 기술 개발
- 머신러닝을 통한 스펙트럼 복원 및 분광학적 대상체 분류 시연

**소속 센터/단 명(Center) : 인공지능융합연구단**

**연수 책임자(Advisor) : 이경석**



## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자응용 시스템 구현
연구 과제명 (Project Title)	양자통신 시스템 개발 문제해결형 양자컴퓨팅 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	1. 양자통신 시스템 구현 2. 양자컴퓨터 소프트웨어 구현
<p>○ 연구 필요성</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 양자통신 시스템은 해킹으로부터 절대 안전한 통신을 가능하게 하는 차세대 보안통신으로 주목 받고 있는데, 이를 시스템으로 구현하기 위한 연구가 매우 활발히 이루어지고 있음</li> <li>2. 미래 사회를 혁신적으로 변화시킬 것으로 기대되는 양자컴퓨터는 최근 폭발적인 기술 발전이 이루어지고 있는데, 특히 양자컴퓨터 시스템 개발을 위한 임베디드 프로그램 구현이 중요해 지고 있음</li> </ol> <p>○ 연구 주요 내용</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 양자통신 시스템 개발, 양자난수생성기 개발</li> <li>2. 양자컴퓨터 시스템 개발을 위한 임베디드 프로그램 구현</li> </ol> <p>○ 지원자격 및 혜택</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자, 전산, 제어, 통신, 수학, 물리 전공자</li> <li>- 양자광학 시스템 경험자</li> <li>- 국내외 논문 발표 및 워크숍 참여지원</li> <li>- 각종 연구 및 교육 프로그램 지원</li> </ul>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 한상욱</p>	

## 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>1. 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>2. 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)	양자정보 이론
연구 과제명 (Project Title)	양자컴퓨팅 알고리즘 이론 연구
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	양자컴퓨팅 알고리즘 개발 및 응용
<p>양자컴퓨터 기술의 실용화를 위해서는, 양자컴퓨터가 고전컴퓨터보다 빠르게 해결 가능한 문제를 발굴하고, 오류 문제를 해결하고, 응용 가능한 분야와의 기술 접목이 필요하다. 본 연수에서는 아래의 연구개발 업무를 통해 양자정보 이론과 알고리즘 분야에 필요한 인재를 양성하고자 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. NISQ(Noise intermediate-scale quantum) 단계의 양자컴퓨터 활용 연구             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 범용화 이전 단계의 NISQ 수준의 양자컴퓨터가 해결 가능한 문제를 발굴</li> <li>- 중규모 양자컴퓨터의 오류 발생을 완화하는 프로토콜 연구 개발</li> </ul> </li> <li>2. 양자컴퓨팅 알고리즘 개발 및 실용화 가능성 연구             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 범용 양자컴퓨터로 양자이득을 달성하기 위한 알고리즘 분석 및 개발</li> <li>- 양자컴퓨팅 응용 분야 발굴 및 기술 접목 가능성 연구</li> <li>- 양자컴퓨팅 기술 실용화 단계의 기반 기술 연구 개발</li> </ul> </li> </ol>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>소속 센터/단 명(Center) :</div> <div>양자정보연구단</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>연수 책임자(Advisor) :</div> <div>이 승 우</div> </div>	

## 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>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단	
연수 책임자(Advisor) : 정 호 중	