

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 컴퓨팅 및 메모리 반도체 소자
연구 과제명 (Project Title)	랜덤스핀소자를 이용한 나노신경망모사 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	자성 소재/소자를 이용한 차세대 반도체 소자
<p><b>1. 연수 분야의 연구 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 불확실성 예측을 수행할 수 있는 나노신경망모사 기술개발로 인공 지능 분야에서 소프트웨어 기반 인공지능의 한계를 극복할 수 있는 차세대 반도체 분야 원천 기술 확보</li><li>○ 인공지능 하드웨어 플랫폼의 폭발적인 수요에 대응할 수 있는 기술 제공으로 인공지능 반도체 분야의 국가경쟁력 확보</li></ul> <p><b>2. 연수 분야의 연구 목표</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 에너지 효율이 높은 스핀소자기반 나노신경망모사 기술 개발을 통해 저전력 신경망모사 반도체 기술 구현</li></ul> <p><b>3. 연수 분야의 연구 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 자성체를 이용하여 비휘발성, 고속정보처리, 고집적화가 가능한 반도체 소자 개발</li><li>○ 자성체 기반 스핀소자를 이용한 나노신경망모사 하드웨어 요소기술 개발</li><li>○ 자성체/스핀 소재 개발 및 전기적/자기적 특성 분석</li><li>○ 자성체 기반 스핀소자 성능 향상을 위한 측정기술 개발</li></ul> <p><b>4. 연수 분야의 향후 기대 효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 스핀소자를 이용한 나노신경망모사 기술의 실현이 가능하며 불확실성 예측을 수행할 수 있는 비폰노이만-구조의 인공신경망을 구현</li><li>○ 새로운 개념의 소재 및 소자 개발로 원천기술을 확보하고 확률연산 컴퓨팅 등 신개념 컴퓨팅에 활용</li><li>○ 에너지 효율이 높은 저전력 인공신경망을 이용한 패턴인식 학습 기술/ 학습, 판단 등의 기능이 필요한 보안, 의료, 자동차, 로봇, 모바일기기, 가전 등 인공지능 응용 분야에 적용</li></ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 민병철	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 컴퓨팅 하드웨어 설계
연구 과제명 (Project Title)	초거대 계산 반도체
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	차세대 컴퓨팅 하드웨어 설계 및 검증
<ul style="list-style-type: none"><li>- 대용량 데이터 통계처리 및 분석</li><li>- 차세대 컴퓨팅 관련 알고리즘 개발 및 머신러닝/딥러닝 알고리즘 가속기술 개발</li><li>- Verilog / System verilog / HLS 하드웨어 설계</li><li>- 아날로그 회로 설계 및 모델링</li></ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 홍석민	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 컴퓨팅 반도체용 스핀/전자 소자
연구 과제명 (Project Title)	초거대 계산 처리를 위한 차세대 컴퓨팅 반도체 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	나노 소재/신소자 개발 및 특성 연구
<p>▶ 차세대 반도체 물질 기반 나노 스핀/전자 소자</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 차세대 MRAM을 위한 소재/소자 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 반도체 공정을 이용한 다층 자성 박막 제작 및 특성 분석</li> <li>- 저차원 반도체 물질을 이용한 이종접합 구조 구현 및 특성 분석</li> <li>- 초미세 패턴 장비를 이용한 나노소자 제작 및 전자기적 물성 측정</li> <li>- 이온 주입을 통한 전기/자기적 특성 제어 기술 개발</li> </ul> </li>   <li>▪ 랜덤연산 반도체용 신소재 기반 랜덤 소자 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신소자 구조 개발을 통한 랜덤 연산 소자 구현</li> <li>- 전기장 제어 자기이방성 조절 효과를 이용한 랜덤 연산 소자 개발</li> <li>- 랜덤 및 확률 조절 메커니즘 연구</li> <li>- 랜덤 신소자 동작 에너지 및 속도(retention time) 측정</li> <li>- 표준화된 NIST 검증 방법을 이용하여 소자의 랜덤 특성 테스트</li> </ul> </li> </ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 이 기 영	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	스핀 기반 차세대 컴퓨팅 및 메모리 반도체 소자
연구 과제명 (Project Title)	스핀 신물질 기반 확률연산 반도체 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	랜덤 및 확률 연산 컴퓨팅 반도체 기술 개발
<p><b>나노 공정 기술 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 공정 장비를 활용한 나노 소자 공정 기술 개발</li><li>- 자기터널접합구조 (MTJ) 및 터널자기저항 (TMR) 공정 및 특성 평가</li><li>- 이빔리소 공정을 통한 스핀 나노 소자 공정 기술 개발</li><li>- 자성 물질 기반 다층 박막 구조 공정 개발</li></ul> <p><b>차세대 컴퓨팅용 반도체 기술 연구</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 랜덤 현상과 인공 신경망 구조를 이용한 확률론적 컴퓨팅 기술 연구</li><li>- 랜덤 나노 자성체를 이용하여, 확률론적 컴퓨팅 기술 연구</li><li>- 1ns 이하의 스위칭 및 스핀-궤도 토크를 이용한 저전력 로직 소자 구현</li><li>- 신호처리, 회로 구현 및 하드웨어 프로그래밍 (FPGA, MCU, PCB 등)</li><li>- 나노 소자 고주파 측정 기술 개발</li></ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 이역재	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	실리콘기반 탠덤태양전지/신경모사컴퓨팅 신소재
연구 과제명 (Project Title)	멀티모달 뉴런-시냅스 기반 고효율 뉴로모픽 시스템/ 고효율 고안정성 페로브스카이트/실리콘 탠덤태양전지 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	멤리스터 기반 뉴로모픽 컴퓨팅 하드웨어 개발/ 실리콘 기반 탠덤태양전지 모델링
<p><b>** 멤리스터 기반 뉴로모픽 컴퓨팅 하드웨어 개발/실리콘 기반 탠덤태양전지 모델링</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>-멤리스터 뉴럴 네트워크 하드웨어 구동회로 설계 및 제작 기술 습득</li><li>-실리콘 기반 탠덤 태양전지 전기/광학 모델링 기술 습득</li><li>-멤리스터 어레이 하드웨어 구동회로 SPICE 설계 및 하드웨어 구현</li><li>-멤리스터 뉴럴 네트워크 연산 프로그래밍</li><li>-실리콘/페로브스카이트 탠덤 광학 상수 측정 및 광학 모델링</li><li>-실리콘 기반 탠덤 태양전지 전기 모델링</li></ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 김 인 호	

# 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 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) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박성식	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	인공 시냅스 응용을 위한 소자 및 어레이(array)
연구 과제명 (Project Title)	멀티 모달 뉴런-시냅스 기반 고효율 뉴로모픽 시스템
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	멤리스터 기반 인공 시냅스 소자 개발 및 어레이 구현
<ul style="list-style-type: none"><li>- 인공 시냅스에 응용 가능한 멤리스터 기반의 소자 개발 및 이를 기반으로 한 어레이 설계 및 구현</li><li>- 인공 시냅스 응용을 위한 CF(conductive filament) 멤리스터 소자 개발</li><li>- 시냅스 어레이에 적용 가능한 소자 특성 개선</li><li>- 뉴로모픽 시스템의 성능 향상을 위한 시냅스 설계 및 구현</li></ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 박 종 극	

## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	뉴로모픽 센서 및 확률연산반도체 소자
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	그래핀/멤리스터 기반 뉴로모픽 센서 및 산화물 문턱스위칭소자 기반 확률연산반도체 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	1) In-sensor computing 기능의 2차원소재/멤리스터 기반 뉴로모픽 센서 개발, 2) 산화물 문턱스위칭소자 기반 확률연산반도체 개발
<div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 2차원 소재-멤리스터 하이브리드 소자 기반 자가학습이 가능한 뉴로모픽 센서 개발           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인간 감각기관의 신호전달 및 정보처리 기구 이해</li> <li>- 시각센서 모방을 위한 그래핀/2차원 소재 기반 광-반도체 센서 설계, 응용연구</li> <li>- In-sensor 컴퓨팅을 위한 멤리스터 기반의 뉴런, 시냅스 소자 및 학습회로 개발</li> <li>- 생체모방 뉴럴네트워크 신호처리 알고리즘 적용 연구</li> </ul> </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 확률론적 컴퓨팅 응용을 위한 이머징 반도체 소자 연구           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산화물 멤리스터 소재에서의 메모리 및 문턱스위칭 동작 기구 이해</li> <li>- 산화물 문턱스위칭 소자 기반 난수발생기 및 확률연산 반도체 개발</li> <li>- 확률론적 컴퓨팅을 위한 회로구성 및 신호처리 기술 개발</li> </ul> </div>	
<b>소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단</b> <b>연수 책임자(Advisor) : 이경석</b>	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 컴퓨팅용 반도체 소자 및 알고리즘
연구 과제명 (Project Title)	멀티 모달 뉴런-시냅스 기반 고효율 뉴로모픽 시스템
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뉴로모픽 (인공지능) 컴퓨팅, 확률론적 컴퓨팅 등 차세대 컴퓨팅용 소자 및 알고리즘 개발

## (연수 내용)

### - 연수 내용 :

- 뉴로모픽 (인공지능) 컴퓨팅용 메모리 소자/어레이 개발
- 확률론적 컴퓨팅용 p-bit 소자 개발
- 차세대 컴퓨팅 알고리즘 최적화

소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단

연수 책임자(Advisor) : 정연주

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자점 (QD) 기반 반도체 소자
연구 과제명 (Project Title)	양자점 소재 개발 및 양자점 반도체 소자 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	양자점의 합성/분석/응용 소자 제작
<p><b>연수 내용 :</b></p> <p>다음 제시한 내용 모두 또는 일부 연구 업무:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 양자점(QD)/반도체 나노입자를 활용한 반도체 소자 제작           <ul style="list-style-type: none"> <li>-QD 성능 평가용 소자 제작 (FET, TFT, pn-diodes 등)</li> <li>-광감응성 소자 제작 (photoconductor, photodiodes, PV cell 등)</li> <li>-QD기반 반도체 응용 소자: 뉴로모픽 소자/확률론적 연산 소자/ 광전 소자(센서, LED, QLED 등) 등</li> <li>-QD 소자 설계 및 공정</li> </ul> </li> <li>◆ 양자점(QD)/반도체 나노입자 성능 및 소자의 성능 평가           <ul style="list-style-type: none"> <li>-소재 및 소자의 전기적 특성 분석</li> <li>-소자 계면 및 트랩 분석</li> <li>-소재 및 소자의 분광학적 분석/화학 분석</li> </ul> </li> <li>◆ 반도체나노입자/양자점(QD)/perovskite 나노입자 합성 및 소재 개발</li> </ul>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 황규원</p>	

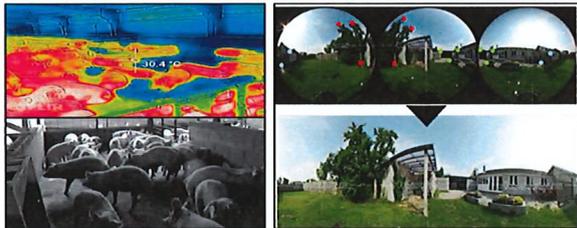
# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	광반도체소자 및 나노반도체소자
연구 과제명 (Project Title)	광반도체소자 및 나노반도체소자 연구개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	광반도체소자 및 나노반도체소자 개발
<p>본 연수를 통해 광반도체 및 나노반도체 소자의 설계, 공정, 성능평가까지, 최첨단 반도체 분야의 전주기에 걸쳐 요구되는 전문성을 보유한 반도체 전문 인력으로 성장할 것으로 기대된다. 구체적으로는, 반도체 소자 설계를 위한 설계 시뮬레이션 소프트웨어의 사용법과 반도체 특성을 모델링하는 방법을 배울 것이다. 이를 통하여 기존 광반도체 및 나노반도체 소자를 뛰어넘는 성능을 가지거나 혹은 기존에는 구현된 바 없는 새로운 기능을 가진 반도체소자를 설계할 수 있는 능력을 배양하게 된다. 설계된 반도체 소자를 실험적으로 구현하기 위해서 최첨단 반도체 공정을 배우고, 공정과정 중에서 일어나는 여러 가지 문제점을 해결하고 새로운 공정을 개발할 수 있는 능력을 배양한다. 마지막으로 제작된 반도체 소자의 성능을 평가하는 방법을 배우고, 이를 통해 소자의 물리적 특성을 분석할 수 있는 능력을 배양한다. 이러한 과정을 통해서 삼성전자, SK 하이닉스와 같은 반도체 대기업에서 수행되는 최첨단 반도체 연구개발 분야를 선도할 수 있는 전문 인력으로 양성하는 것을 목표로 한다.</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 이인호	

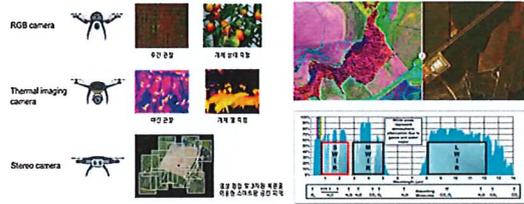
# 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	생성형 인공지능 및 양자 컴퓨팅 기반 광신호처리
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	1. 양자 컴퓨팅 및 정보처리 2. XR기반 복합테러 대응교육·훈련 테스트베드구축 3. 다양한 센서를 활용한 복합 상황인지 시스템개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	생성형 인공지능 및 양자 컴퓨팅 기반 이미징 및 광신호처리 시스템 개발

- 양자 컴퓨팅 기반 광신호처리
- 중첩(superposition) 또는 양자 얽힘(quantum entanglement)과 같은 양자 현상을 정보 처리에 응용하는 양자정보 및 양자 알고리즘 처리 기술 개발
- 생성형 인공지능 기반 다채널/다시점 데이터 증강 및 실시간 모니터링 시스템 개발
- 생성형 인공지능 기반 하이퍼 스펙트럴 이미징 분석시스템 개발

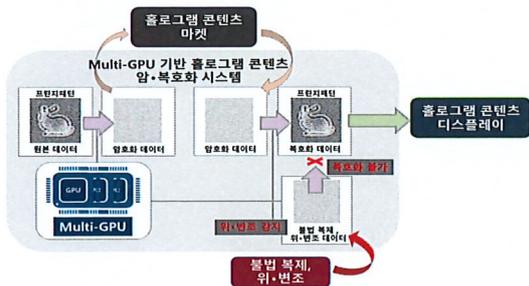


<생성형 인공지능 기반 다채널/다시점 모니터링 시스템 개발>

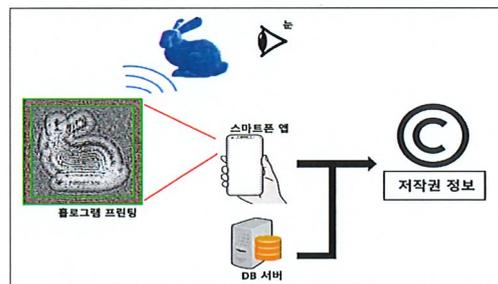


<생성형 인공지능 기반 하이퍼 스펙트럴 이미징 분석시스템 개발>

- XR기반 복합테러 테스트베드를 위한 홀로그램 콘텐츠 암복호화 시스템 기술 개발
- 저작권 보호 및 인증을 위한 홀로그램 정보 삽입 및 추출 기술 개발



<Multi-GPU 기반 암·복호화 시스템 개념도>



<저작권 보호 및 인증을 위한 홀로그램 정보 삽입 및 추출기술 개발 >

소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단

연수 책임자(Advisor) : 박민철

# 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야 (Research Fields)</b>	반도체광전소자, 양자광소자
<b>연구 과제명 (Project Title)</b>	1. 광자기반 양자소재부품기술 개발 2. 이차원 질화붕소 기반 상온 동작 양자광원 대면적 공정 및 분석 기술 개발 3. 저차원 반도체 물질 내 국소 제어를 이용한 엑시톤기반 회로 제작
<b>연수 제안 업무 (Training Proposal Work)</b>	반도체광전소자 및 양자광소자 제작/특성평가/응용
<p><b>- 연수 내용</b></p> <p>1. 차세대반도체물질 기반 나노스케일 광전소자 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 기존 방식으로 제작되는 반도체 회로의 소형화는 물리적 한계에 다다르고 있음</li> <li>✓ 박막형 반도체물질은 원자단위의 두께로 이루어져 있어 기존방식의 소자보다 더 작은 차세대 초소형 소자로의 응용성이 뛰어남</li> <li>✓ 이를 이용해 일반적인 광회절한계를 넘어서는 나노스케일 광소자/전자소자/광전소자 제작 및 특성을 연구</li> </ul> <p>2. 반도체 및 부도체 이차원물질을 이용한 단일광자원 제작 및 측정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 단일광자원은 한번에 단 하나의 광자(photon)만을 방출하는 시스템을 일컬으며, 양자컴퓨터, 양자정보통신, 디스플레이, 바이오 센서 등 다양한 분야에 응용되고 있음.</li> <li>✓ 이차원물질은 단일 원자 두께의 초박막으로 박리가 가능한 물질로, 광도파로, 캐비티 등의 다양한 포토닉스 소자 위에 쉽게 집적될 수 있어 매우 유용함</li> <li>✓ 다양한 방식으로 이차원물질 내 단일광자원을 생성하고 광원의 특성을 탐구</li> </ul> <p>3. 광집적회로 설계, 제작 및 광소자/양자소자 통합</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 실용적인 광 및 양자소자의 응용을 위해서는 필수적으로 집적화가 이루어져야 하며, 따라서 본 연수기간 동안 광집적회로(photonic integrated circuits)의 설계, 제작 및 소자 통합(integration)을 진행함</li> </ul> <p>참고문헌</p> <p>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)</p> <p>2. Hyowon Moon et al., "Dynamic exciton funneling by local strain control in a monolayer semiconductor," Nano Letters, 20 (9), 6791-6797 (2020)</p> <p><a href="https://sites.google.com/view/qpel">https://sites.google.com/view/qpel</a></p>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 문 효 원</p>	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	저차원 나노소재의 맞춤형 합성, 나노소재 기반의 초고속 포토닉스 소자
연구 과제명 (Project Title)	QPU 집적광학 플랫폼 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	1. 저차원 나노소재 합성 2. 나노소재 기반의 초고속 포토닉스 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 포토닉스 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) : 양자기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 송 용 원	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	광집적회로용 반도체 소재 및 소자 기술 개발
연구 과제명 (Project Title)	QPU 집적광학플랫폼 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	광집적회로용 반도체 소재 및 소자 기술 개발
<p>“QPU 집적광학플랫폼 기술 개발”연구과제는 양자 통신 및 양자 컴퓨팅을 실현하기 위하여 광소재 및 광회로 부품 기술을 개발하는 것을 주 내용으로 한다. 광신호를 처리하기 위한 우수한 광특성을 가지는 반도체 소재를 연구하고 이를 광소자에 적용하여 신호처리 성능을 개선하는 연구를 주된 내용으로 한다. 구체적으로 산화물 또는 질화물 소재와 같은 다양한 소재를 실리콘 웨이퍼 상에서 성장시키고 미세공정 기술을 이용하여 이를 집적회로소자로 구현하는 것을 주로 연구한다.</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 산화물 성장 공정에 대한 전문성을 습득할 수 있을 것이며, 석사 또는 박사 학위과정의 선행 연구 지식을 쌓을 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) : 양자기술연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 박동희</p>	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	뉴로모픽 광전소자
연구 과제명 (Project Title)	뉴로모픽 광전소자 기반 In-sensor computing
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뉴로모픽 광전소자 개발 및 분석
<p>- 실리콘 나노멤브레인, 2차원 소재 기반 뉴로모픽 광전소자 개발</p> <p>- 유연전자소자 및 in-sensor computing 기반 차세대 로봇 비전 시스템 개발</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 최창순	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	신소자 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) : 양자기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 주현수	

## 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Reseah Fields)	양자광측정기술
연구 과제명 (Project Title)	광자기반 양자 큐비트 대량 실현을 위한 FIB 기반 반도체 나노구조 정렬 성장 장치 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	광자기반 양자기술을 양자lidar 기술개발 MBE를 이용한 3-5족 화합물 기반 양자점제작
(연수 내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연수기간 : 2024.03.01. ~ 2026. 2. 28 [연장가능]</li> <li>- 연수 내용 : 양자기술을 이용한 거리 측정 기술은 자율주행, 지형매핑, 원격 탐사, 의료 영상등 다양한 첨단 분야에 필수적으로 요구되는 고정밀, 고감도 거리측정 기술입니다. 기존 라이다 시스템은 낮은 감도와 환경 노이즈의 영향을 많이 받는 반면, 양자기술을 이용한 시스템은 정밀성과 효율성을 크게 향상시킬 잠재력을 가지고 있어 해당 기술에 대한 연구를 진행하고 있습니다.</li> <li>○ 시간 분해(TOF) 알고리즘 개발 및 최적화                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- FPGA나 ASIC을 이용한 개발된 고속 시간 분해 측정기에 대한 성능 및 특성 평가</li> <li>- 단일광자가 방출되고 목표물에서 반사되어 돌아오는 정확한 시간을 계산하는 알고리즘을 개발언어로 제작</li> </ul> </li> <li>○ 프로토타입 기기 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구결과를 통합하고 프로토타입 시스템을 제작하여 기존 라이다 시스템과의 성능 비교</li> <li>- 복잡한 환경에서의 실제 거리 측정 성능 평가 및 고도화</li> </ul> </li> </ul> <p>=====</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연수 내용 : 3-5족 나노 구조인 양자점은 단광자 광원 및 적외선 센서등에 원소재료 사용되고 있음.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ droplet epitaxy MBE 기술 개발: MBE 장비를 이용하여 양자점, 양자선, 양자링을 개발하고, 이의 양자광학적 특성 측정</li> <li>○ InAs 저밀도 양자점의 광통신 대역 저밀도 양자점개발 및 이를 통한 얽힘 광자쌍 개발</li> </ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 송진동	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	IV족 및 III-V족 반도체 광/전자소자 제작
연구 과제명 (Project Title)	QPU 집적광학플랫폼 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	III-V족 및 IV족 반도체를 이용한 광소자/전자소자 제작 및 평가
<p>광전융합 집적소자 및 이 집적소자를 다양한 기술(양자, AI 등)에 응용하기 위해서는 III-V족 및 IV족 반도체를 이용한 고성능 광/전자소자의 연구가 필수적임. 이를 위해, 본 연구실에서는 CMOS compatible한 재료 및 공정 기술을 이용해 다양한 광/전자소자를 제작/집적하는 연구를 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.</p> <p>구체적으로는 다음 중 하나 이상의 연구에 투입되어 연구를 진행할 예정</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 고성능 III-V족 광/전자소자에 관한 연구</li><li>2. CMOS-compatible 강유전체(e.g. HfZrO<sub>2</sub>)를 이용한 광/전자소자에 관한 연구</li><li>3. 위 소자의 Si CMOS/Si photonics platform 상 집적에 관한 연구</li></ol>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 한재훈	

## 연수 제안서(Training Proposal)

<b>연구 분야</b> (Research Fields)	양자 센싱
<b>연구 과제명</b> (Project Title)	양자응용시스템 핵심기술 개발
<b>연수 제안 업무</b> (Training Proposal Work)	양자상태 측정 및 제어 기술 개발
<p>- 다이아몬드 NV센터를 활용한 양자 센싱 분야 원천기술 개발</p> <p>1. 다이아몬드 NV센터 전스핀의 양자상태 측정 및 제어, 나노구조 공정 및 분석 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자스핀 상태 제어 및 측정 기술 개발</li> <li>- 다이아몬드 나노구조체 설계 및 공정 기술 개발</li> </ul> <p>2. 양자자기이미징 요소기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nm 공간분해능 구현이 가능한 양자자기이미징 원천기술 개발</li> <li>- 양자자기이미징 시스템 기술 개발</li> </ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 김철기 책임연구원	

# 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)	광자 기반 양자컴퓨팅, 양자통신 및 양자센싱 분야의 유용한 문제 발굴 및 구현

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.

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

1. 고차원 양자얽힘 상태 생성 및 이를 이용한 양자정보 프로토콜 구현
  - 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)
  - 고차원 양자얽힘상태는 큐비트 얽힘상태보다 더 많은 정보처리를 할 수 있으므로 이를 기반으로 하여 양자물리학 및 양자화학 등 유용한 양자 계산 수행
  
2. 광섬유 및 실용 광섬유망을 이용한 장거리 양자통신, 양자센싱, 양자컴퓨팅 연구
  - 연구실 내의 원리 구현 실험 (proof-of-principle)을 넘어 수 km 이상의 광섬유를 이용하여 실용적인 양자정보 연구를 수행
  - 이를 위하여 광통신 영역에서 사용하는 1.5 um 파장을 갖는 통신파장대역의 양자 얽힘 상태를 생성하고, 이를 기존 광섬유망을 통하여 실제 상황에서 장거리 양자정보 프로토콜을 구현하는 연구를 수행

소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단

연수 책임자(Advisor) : 임 향 택

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자 인터페이스 및 네트워크 (Quantum Interface & network)
연구 과제명 (Project Title)	하이브리드 스핀-포톤 양자 시스템 요소기술 연구
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	나노광학 기반 양자 소자 기술 및 스핀-포톤 제어 기술 연구

## (연수 내용)

· 아래 내용의 일부를 포함한 다이아몬드 점결함을 활용한 양자 통신 및 양자 컴퓨팅 요소기술 연구 개발

### 1. 다이아몬드 NV센터 기반 양자 메모리 및 네트워크 연구

- 극저온(<4K 및 <30 mK)에서 점결함 전자스핀의 효율적인 양자 메모리 제어 기술 연구
- 양자메모리 스핀 큐비트와 단일광자 간의 (1) 양자얽힘 구현 및 (2) Entanglement swapping을 통한 Remote Entanglement, (3) 양자 Teleportation 실험 연구

### 2. 나노 소자 기반 초연결 양자 인터페이스 연구

- Cavity & Waveguide QED(Cavity quantum electrodynamics)을 목적으로 한, 나노포토닉 소자의 설계 및 제작을 통해, 초연결 양자 인터페이스 양자 소자를 구현하는 연구

### 3. 차세대 고체 점결함 양자 제어 및 나노소자 연구

- 다이아몬드 Tin-Vacancy 등을 포함한 차세대 고체 점결함을 활용하여 양자메모리 구현 및 초고성능 양자 네트워크 소자를 실현하는 연구

· 연수를 위해 우대되는 능력은 아래와 같음

- 물리/전기/전자 연관 박사학위 (예정) 소지자
- (양자) 광학 실험 및 Python 활용 가능자 우대
- 나노광학 시뮬레이션 및 반도체 공정 경험자 우대
- 복수의 국제 협력 프로젝트 진행 중으로, 영어 의사소통 가능자 우대

소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단

연수 책임자(Advisor) : 강 동 연

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	연속변수 양자광학 실험
연구 과제명 (Project Title)	양자광학 기반 이산변수-연속변수 하이브리드 양자정보처리 국제공동연구실
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	연속변수 양자상태 생성, 제어, 검출 기술 개발
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광학적 매개하향변환을 이용한 압축광 생성 및 특성 최적화 연구                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비선형 광학 결정을 이용한 단일모드/이중모드 압축상태 생성과 압축도 및 순도 분석</li> </ul> </li> <li>• 연속변수 양자상태의 결맞음 제어 및 양자게이트 구현 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선형광학계와 호모다인 측정을 이용한 가우시안 양자연산 구현, 양자상태 간 얽힘 생성 및 제어</li> </ul> </li> <li>• 광자수 분해능 검출기를 이용한 비가우시안 양자작용 구현                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광자수 측정 기반의 양자상태 전이 및 비선형 양자게이트 구현, 조건부 양자상태 생성 기술 연구</li> </ul> </li> <li>• 고효율 호모다인/헤테로다인 검출 시스템 개발 및 양자상태 특성 분석                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 압축광과 얽힘상태의 직교위상 측정을 통한 양자상태 토모그래피 구현</li> </ul> </li> <li>• 연속변수 양자시스템의 잡음 및 손실 보정 기술 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광학 손실과 위상 잡음에 의한 결맞음 저하 분석 및 결맞음 보정 프로토콜 연구</li> </ul> </li> <li>• 하이브리드 양자정보처리 프로토콜 개발                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연속변수 양자상태와 이산변수 양자상태를 결합한 양자통신 및 양자컴퓨팅 응용 기술 연구</li> </ul> </li> </ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 김 용 수	

# 연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	집적 양자 광소자
연구 과제명 (Project Title)	QPU 소자 및 대규모 분산형 양자컴퓨팅 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	반도체 기술 기반 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 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 양자 광원 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optical parametric 효과 기반 집적화된 양자 광원 개발</li> <li>- 생성된 양자 광원의 다양한 자유도를 활용한 양자 얽힘 상태 생성</li> <li>- 양자 프로세서와 광원을 결합한 양자 시뮬레이터 기술 개발</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 양자 상태 생성 확률 증대 기술 연구</li> </ul> </li> <li>○ 양자 광소자 패키징 기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초 저손실 광소자-광섬유 인터페이스 개발</li> <li>- 광소자-광섬유 다채널 전기 및 광학 패키징 기술 개발</li> <li>- 광소자 전극 패턴 형성 및 구동 전기 고속 회로와의 후공정 패키징 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 권 형 한	