

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	반도체 에너지/메모리 소자 개발
연구 과제명 (Project Title)	인공뇌 융합 연구사업/신재생 연구사업
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	신경모사 컴퓨팅 응용 멤리스터 뉴럴네트워크 및 초고효율 실리콘 기반 탠덤태양전지 개발
<p>○ 신경모사 컴퓨팅 응용 멤리스터 뉴럴네트워크 개발</p> <ul style="list-style-type: none">- 다인자 시냅스 가소성 구현을 위한 신소자 설계/제작- 다층 산화물 멤리스터/트랜지스터 제작 및 전기 특성 측정/분석- 다인자 시냅스 최적 설계/제조 및 전기 특성 측정/분석- 시냅스 어레이 제작 및 SNN 동작 구현 <p>○ 초고효율 실리콘 기반 탠덤태양전지 개발</p> <ul style="list-style-type: none">- 실리콘/페로브스카이트 탠덤셀 지향 실리콘 하부셀 개발- 유연 탠덤 태양전지용 초박형 실리콘 태양전지 요소기술 개발- 이종접합 태양전지 실리콘 태양전지 공정 최적화 연구- 고효율 실리콘/페로브스카이트 탠덤셀 설계/전기광학 분석 연구- 대면적 탠덤태양전지 그리드전극 최적설계 및 전기광학 손실 분석	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술 연구단	
연수 책임자(Advisor) : 김인호	

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">- 뇌기반 뉴럴 네트워크인 스파이킹 뉴럴 네트워크 최적화 방법 연구- NAS 기반 최적 구조 탐색 <p>2) 뉴로모픽 응용 개발</p> <ul style="list-style-type: none">- 뉴로모픽 컴퓨팅에 적합한 응용 개발- 딥러닝 모델 및 응용을 뉴로모픽 영역으로 변환 <p>3) SNN 학습 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none">- Biologically plausible 학습 알고리즘 개발- Supervised, unsupervised, self-supervised SNN 학습 알고리즘 개발- DNN-to-SNN conversion 효율 향상 알고리즘 개발 <p>4) 뉴로모픽 하드웨어 및 엣지 디바이스 활용</p> <ul style="list-style-type: none">- 뉴로모픽 하드웨어 및 엣지 디바이스를 활용하여 저전력 인공지능 구현	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박성식	

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 활용을 위한 뉴로모픽 알고리즘 설계
<div>1. 뉴로모픽 프로세서 구조 개발<ul style="list-style-type: none">- 프로세서 최적화를 위한 pipeline 구조 프로세서 개발- 비동기식 설계 방법론 적용을 위한 설계 구조 변경</div> <div>2. 뉴로모픽 알고리즘 설계 및 검증<ul style="list-style-type: none">- SNN 기반 뉴로모픽 알고리즘 설계- 뉴로모픽 시스템에 알고리즘 적용 및 검증- 실시간 학습(P-STDP)을 이용한 응용 어플리케이션 개발- 로봇 컨트롤, 최적화, 및 네비게이션 문제 해결</div>	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박종길	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	인공지능 광-반도체 및 뉴로모픽 소자 연구
연구 과제명 (Project Title)	그래핀/멤리스터 기반 뉴로모픽 소자 및 초분광 영상센서 개발연구
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	인공지능 광-반도체 및 뉴로모픽 소자 설계/반도체 리소공정/성능평가 및 머신러닝 알고리즘 적용연구

☐ 2차원 소재-멤리스터 하이브리드 소자 기반 자가학습이 가능한 뉴로모픽 센서 개발
 - 인간 감각기관의 신호전달 및 정보처리 기구 이해
 - 시각센서 모방을 위한 그래핀/2차원 소재 기반 포토다이오드/트랜지스터 설계/제작
 - In-sensor computing 기능의 2차원 소재-멤리스터 하이브리드 소자 설계/공정개발
 - 생체모방 뉴럴네트워크 신호처리 알고리즘 적용 연구

☐ 뉴로모픽 컴퓨팅 및 확률론적 컴퓨팅 응용을 위한 이머징 반도체 소자 연구
 - 산화물 멤리스터 소재를 이용한 메모리 및 문턱스위칭 동작 기구 이해
 - 멤리스터 기반 뉴런/시냅스 소자/회로 구성 및 응용 연구
 - 문턱스위칭 소자 기반 난수발생기 및 랜덤연산반도체 개발

☐ Metamaterials/Metasurface 디자인 적용을 통한 광-반도체 소자 성능 최적화 연구
 - 메타물질 컨셉을 적용한 창의적 광-반도체 소자 설계 및 성능 최적화 연구
 - 메타물질 이론설계 및 나노임프린트 기반 하이브리드 소자 제작공정 개발

☐ 차세대 초소형 분광센서 및 초분광 영상센서 개발
 - 스냅샷 방식 멀티채널 초분광 적외선 영상센서 제작
 - 인공지능 알고리즘에 기반한 초분광 신호처리 기술 개발
 - 머신러닝을 통한 대상체 판독 및 지능화 구현

소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단

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">뉴로모픽 소자 동작 원리 및 거동 특성뇌과학 기반 신경 세포의 거동을 모사하는 뉴로모픽 소자의 수학적 모델링 및 회로 모델 개발뉴로모픽 소자로 구성된 인공 신경망 네트워크 시뮬레이터 개발 및 인공 지능의 효율 향상을 위한 네트워크 최적화뇌과학 기반 고효율 & 차세대 인공지능 프로토타입 개발	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 이수연	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	인공지능용 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
<p>(연수 내용)</p> <p>- 연수 내용 :</p> <ul style="list-style-type: none">- 뉴로모픽 (인공지능) 컴퓨팅용 메모리스트 소자/어레이 개발- 확률론적 컴퓨팅용 p-bit 소자 개발- 차세대 컴퓨팅 알고리즘 최적화	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 정연주 책임연구원</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

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

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 컴퓨팅 반도체 소자 및 회로
연구 과제명 (Project Title)	초고속·초저전력 랜덤연산 반도체 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	랜덤연산반도체/스핀반도체 소자 제작 및 회로 설계
<div>1. 개요</div> <p>- 기존 컴퓨팅 방식을 벗어나 자연계의 랜덤성과 확률론적 계산을 이용하여 초고속으로 계산하는 반도체 시스템 개발</p> <p>- 전자가 가지고 있는 전하의 특성뿐만 아니라 양자역학적인 스핀 물리현상을 동시에 이용하는 스핀트로닉스 소자 연구를 통해 기존 전자소자 기술의 물리적 한계를 극복하는 소자 개발</p> <div>2. 연수내용</div> <ul style="list-style-type: none"> - 랜덤 셀 구현 및 전기적으로 랜덤성을 제어하는 반도체 시스템 개발 - 랜덤셀을 이용한 회로를 구현하여 복잡한 계산을 수행하는 랜덤연산 반도체 회로 개발 - 반도체 공정을 이용한 스핀 전자소자 및 랜덤소자 제작 - 스핀전류 전기적 측정을 이용한 소자 분석 - 측정데이터의 해석 및 물리적 의미 측정 데이터로부터 물리적 파라미터 추출 - Lock-in-amplifier를 이용한 AC 측정 및 반도체 소자 분석 	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 구현철	

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"> ▪ 차세대 MRAM을 위한 소재/소자 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 반도체 공정을 이용한 다층 자성 박막 제작 및 특성 분석 - 저차원 반도체 물질을 이용한 이종접합 구조 구현 및 특성 분석 - 초미세 패턴 장비를 이용한 나노소자 제작 및 전자기적 물성 측정 - 이온 주입을 통한 전기/자기적 특성 제어 기술 개발 ▪ 랜덤연산 반도체용 신소재 기반 랜덤 소자 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 신소자 구조 개발을 통한 랜덤 연산 소자 구현 - 랜덤 및 확률 조절 메커니즘 연구 - 랜덤 신소자 동작 에너지 및 속도(retention time) 측정 - 표준화된 NIST 검증 방법을 이용하여 소자의 랜덤 특성 테스트 	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 이 기 영</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	차세대 컴퓨팅 및 메모리 소자
연구 과제명 (Project Title)	초고속·초저전력 랜덤연산 반도체 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	랜덤연산 컴퓨팅 기술 개발

- 연수 내용 :

- 랜덤 현상과 인공 신경망 구조를 이용한 확률론적 컴퓨팅 기술 연구
- 랜덤나노 자성체를 이용하여, 확률론적 컴퓨팅 기술 연구
- 초고속 자성 메모리 개발 및 연구
- 공정 장비를 활용한 나노 소자 공정 기술 개발
- 고품질 다층 박막 구조 공정 개발
- 나노 소자 고주파 측정 기술 개발
- 신호처리, 회로 구현 및 하드웨어 프로그래밍 (FPGA, MCU, PCB 등)

소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단

연수 책임자(Advisor) : 이억재

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	뉴로모픽 센서, 인-센서 컴퓨팅 소자
연구 과제명 (Project Title)	다중 이온 제어 기반 인-센서 컴퓨팅 소자 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뉴로모픽 센서 기술 개발, 인-센서 컴퓨팅 소자 기술 개발
<p>- 전 세계적으로 정보를 수집하는 센서의 개수가 급격히 증가함에 따라 센서에 의해 생산되는 데이터의 수 또한 기하급수적으로 증가하면서 저전력, 고성능으로 대용량의 정보를 처리할 수 있는 컴퓨팅 기술에 대한 필요성도 급격히 증가하고 있음.</p> <p>- 데이터 생산 단계에서부터 정보를 컴퓨팅하여 압축된 형태로 내보내는 인-센서 컴퓨팅 기술은 데이터 획득, 전송 및 분석 과정에서 에너지 소모, 통신 시간, 그리고 데이터 처리 난이도를 획기적으로 감소시킬 수 있는 차세대 컴퓨팅 기술로 큰 각광을 받고 있음.</p> <p>- 생체 내에서의 정보 전달과 처리는 이온에 의해서 이루어지므로 이온 dynamics를 감지하고 컴퓨팅할 수 있는 기술은 개인 맞춤형 건강 관리, 질병 치료 및 재활, 그리고 신약 후보 탐색 및 발굴에 있어 근본이 될 수 있는 기술임.</p> <p>- 본 연수에서는 나노 반도체 소재를 활용하여 인-센서 컴퓨팅 소자 기술을 개발함.</p> <p>- 구체적인 연수 내용은 다음과 같음.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 나노 반도체 소재 공정 기술 개발 2) 나노 반도체 소자 기술 개발 3) 이온 컴퓨팅 소자 기술 개발 4) 인-센서 컴퓨팅 기술 개발 	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 이현정</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	반도체
연구 과제명 (Project Title)	차세대 컴퓨팅 반도체 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	랜덤기반 컴퓨팅 개발
<p>* 라즈베리파이와 같은 마이크로 컨트롤러를 활용하여 차세대 소자를 활용한 컴퓨팅 관련 알고리즘 회로 설계 및 최적화를 진행할 예정입니다.</p> <p>* 고속 입출력 센싱 및 통신 기술 개발 및 최적화를 수행할 예정입니다.</p> <p>* HDL/verilog 등을 활용하여 시스템 하드웨어 설계, 입/출력 처리, 알고리즘 개발 등을 수행할 예정입니다.</p> <p>* 디지털 및 아날로그 (Mixed signal) 기반 회로 설계와 관련 SPICE 시뮬레이션을 수행할 예정입니다.</p> <p>* 머신러닝 기반 데이터 처리와 분석, 다양한 딥러닝/머신러닝 알고리즘의 차세대 컴퓨팅 활용과 적용 등을 수행할 예정입니다.</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 홍석민	

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">- 인공 시냅스에 응용 가능한 멤리스터 기반의 소자 개발 및 이를 기반으로 한 어레이 설계 및 구현- 인공 시냅스 응용을 위한 CF(conductive filament) 멤리스터 소자 개발- 시냅스 어레이에 적용 가능한 소자 특성 개선- 뉴로모픽 시스템의 성능 향상을 위한 시냅스 설계 및 구현	
소속 센터/단 명(Center) : 반도체기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박 종 극	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	점결함 큐비트 양자 정보, 양자 센싱
연구 과제명 (Project Title)	점결함 큐비트 기반 양자 프로세서 개발 연구
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	점결함 큐비트를 이용한 양자 정보 및 양자 머신러닝 연구

- 연수 내용 :

다이아몬드 점결함 큐비트 기반 양자 프로세서는 상온상압에서 실험이 가능하며, 다양한 종류의 점결함 큐비트들을 이용하여 프로그램 가능한 양자회로 구현 가능하여 활발하게 연구가 진행되고 있는 분야이다. 이렇게 구현된 양자회로 시스템은 양자정보 연구 뿐만 아니라 양자센싱에도 적용하여서 고전센싱의 민감도를 뛰어넘는 연구를 진행 중에 있다. 이번 연수를 통하여서 점결함 기반 양자 측정 기초 및 양자회로 최적화 연구를 수행하고, 양자분야 인재를 양성한다.

1. 양자측정 기본 셋업 연수
 - 큐비트 상태 초기화, 제어, 측정과 같은 기본적인 양자 측정 과정에 대한 연수
 - 기존 큐비트 측정 셋업 업그레이드 및 시스템 고도화에 대한 연구
2. 큐비트 확장성을 가진 소자를 이용한 양자 측정 기초 연구
 - 기존 KIST에서 개발된 2개의 전자스핀 큐비트 시스템을 이용한 양자 얽힘 게이트 구현
 - 여러 전자스핀 큐비트 시스템에서의 양자 얽힘 상태를 이용한 다양한 양자 기초 실험
3. 머신러닝 기반 다중 큐비트 양자회로 시스템 최적화 연구
 - 양자회로를 이루는 다양한 큐비트 간 단일, 이중 게이트를 원하는 연산을 위하여 최적으로 구성하고 배열하는 방법론 연구
 - 고전 머신러닝 알고리즘을 적용하여서 실제 양자 시스템 하드웨어에 adaptive 하게 적용해 보는 연구

자세한 내용은 <https://sites.google.com/view/pauligroup/home> 참고

소속 센터/단 명(Center) : 차세대 반도체 연구소/양자기술연구단

연수 책임자(Advisor) : 이 정 현

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	집적 양자 광소자
연구 과제명 (Project Title)	양자응용시스템 핵심기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	반도체 기술 기반 양자광학 소자 연구
<p>- 연수 내용 :</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"> ○ 나노광학 소자를 통한 집적화된 양자 광원 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Optical parametric 효과 기반 집적화된 양자 광원 개발 - 생성된 양자 광원의 다양한 자유도를 활용한 양자 얽힘 상태 생성 - 양자 프로세서와 광원을 결합한 양자 시뮬레이터 기술 개발 ○ 집적화된 소자를 이용한 양자 프로세서 및 양자정보 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양자 광원의 프로세싱이 가능한 능동 광회로의 설계, 공정 및 개발 - 해당 양자프로세서의 전기적 제어 플랫폼과 광섬유와의 고효율 인터페이스 개발 - 고속의 전기 변조를 통한 비가역적 광소자의 개발과 이를 통한 차세대 양자정보 기술 개발 ○ 양자 광소자 패키징 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 광소자-광섬유 다채널 패키징 기술 개발 - 광소자 전극 패턴 형성 및 구동 전기 고속 회로와의 패키징 기술 개발 - 양자 광소자-전기소자 결합 공정 기술 개발 	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단 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)	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 점결합, 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.

- 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
- 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)	다이아몬드 기반 양자 정보처리 기술 개발
연구 과제명 (Project Title)	양자응용시스템 원천기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	다이아몬드 기반 양자 정보처리 기술 개발
<p>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.</p> <p>본 연수에서는 아래의 연구개발 업무를 통해 양자정보기술 분야에 필요한 인재를 양성하고자 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 문제해결형 양자컴퓨팅 시스템 기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 다이아몬드 NV센터의 전자스핀과 핵스핀을 활용하여, 복수의 큐비트 시스템을 구성하여, 양자정보연산을 수행하고, 실제로 필요로 하는 문제를 해결하는 연구 - 다이아몬드 양자시스템과 연관된 고체점결함 양자상태 제어에 연관된 양자기술연구 2. 다이아몬드 NV센터 기반 양자중계기 기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 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) : 양자기술연구단	
연수 책임자(Advisor) : 강 동 연	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	고체 점결합 기반의 양자 응용시스템
연구 과제명 (Project Title)	양자응용시스템 핵심기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	양자응용시스템 (컴퓨터, 통신, 센서) 개발
<div> 1) 연구소 소개 <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구소는 최첨단 양자 기술을 활용하여 컴퓨터, 통신, 센서 분야에서 혁신적인 응용 시스템을 개발하고 있음. 본 연구소는 양자 컴퓨팅, 양자 통신, 양자 센싱의 최신 기술을 연구하며, 이를 통해 다양한 산업에 혁신적인 솔루션을 제공하는 것을 목표로 함. </div> <div> 2) 연수 프로그램 개요 <ul style="list-style-type: none"> - 연수 프로그램은 양자 기술의 실질적 응용을 목표로 하며, 참가자는 다음과 같은 프로젝트에 참여하게 됩니다: a) 양자 컴퓨터 시스템 개발: 양자 알고리즘의 설계 및 최적화, 양자 컴퓨터 하드웨어 개발 및 테스트. <ul style="list-style-type: none"> a-1) 다이아몬드 기반 상온 양자 컴퓨팅 시스템 개발 a-2) 다이아몬드 양자컴퓨터 핵심 소자 공정 및 개발 b) 양자 통신 시스템 개발: 양자메모리, 분산형 양자 통신 핵심 기술 개발. <ul style="list-style-type: none"> b-1) 다이아몬드 기반의 양자메모리 소자 제작 b-2) 분산형 양자 통신 시스템 설계 및 구축 c) 양자 센서 개발: 양자 센서의 설계, 제작 및 실험, 센서 데이터 분석 및 응용. <ul style="list-style-type: none"> c-1) 단일 분자 바이오타겟 검출을 위한 양자 센서 시스템 개발 c-2) 양자 센서를 이용한 Nano NMR 시스템 구축 c-3) 양자 센서를 이용한 나노구조물의 온도 특성 측정 </div> <div> 3) 모집 대상 분야 <ul style="list-style-type: none"> - 물리학, 전자공학, 컴퓨터공학, 기계공학 </div>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 전 승 우	

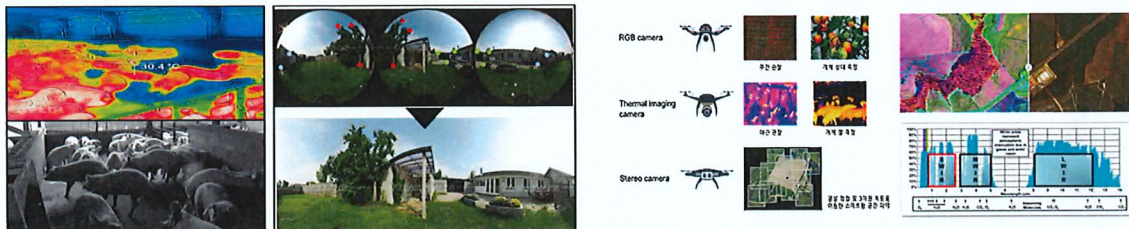
연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자 정보 통신용 반도체 광·전 소자 및 집적회로
연구 과제명 (Project Title)	고밀도 양자광집적회로 제작 공정 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	반도체 집적 공정 기술을 활용한 고밀도 양자광집적회로 제작 공정 기술 개발
<p>기존의 Si CMOS 기반 컴퓨팅 방식의 한계가 점차 드러나면서, 방대한 양의 정보를 더욱 효율적으로 처리할 수 있는 새로운 패러다임에 관한 연구들이 절실히 요구되고 있습니다. 특히, 얽힘/중첩과 같은 양자 현상을 활용한 양자 정보 통신 기술은 기존 기술의 한계를 뛰어넘을 수 있어 차세대 정보 통신 기술로 큰 주목을 받고 있습니다.</p> <p>본 연구실에서는 방대한 양의 양자 정보를 처리할 수 있도록 반도체 기반의 나노포토닉스 및 전자 소자를 개발하여, 하나의 칩에 고밀도로 집적할 수 있는 3차원 집적 공정 기술을 개발하는 것을 목표로 연구를 수행하고 있습니다. 특히, 통신용 파장대의 단일 광자를 검출할 수 있는 고감도의 III-V족 화합물 반도체 광검출기를 웨이퍼 본딩 기술을 활용하여 저손실 광도파로 상에 3차원으로 집적하는 연구를 수행할 예정입니다. 또한, 광소자를 구동할 수 있는 Si 구동칩 상에 광소자를 집적하는 연구도 수행할 예정입니다.</p> <p>본 연구 성과들을 달성하기 위해 반도체 소자 설계부터 제작 공정, 측정까지 전반적인 연구를 수행할 예정입니다. 구체적으로는 수행하게 될 연구는 다음과 같습니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 통신용 파장대 고감도 광검출기 제작 및 광집적회로상 3차원 집적 공정 기술 개발 - III-V 박막 반도체형 광검출기 집적 공정 기술 개발 - III-V 단일광자검출기 제작 공정 기술 개발 - 광집적회로상 단일광자검출기 집적 공정 기술 개발 ○ 광집적회로와 Si 구동칩 집적 공정 기술 개발 - Si CMOS inverter, Ring oscillator 제작 - 웨이퍼 본딩 기반 광/전 소자 집적 공정 기술 개발 	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 안대환</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	생성형 인공지능 및 양자 컴퓨팅 기반 광신호처리
연구 과제명 (Project Title)	1. 양자 컴퓨팅 및 정보처리 2. 스마트 팜을 위한 MCU보드 기반 기술 개발 3. XR기반 복합테러 대응교육·훈련 테스트베드구축 4. 다양한 센서를 활용한 복합 상황인지 시스템개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	생성형 인공지능 및 양자 컴퓨팅 기반 이미징 및 광신호처리 시스템 개발

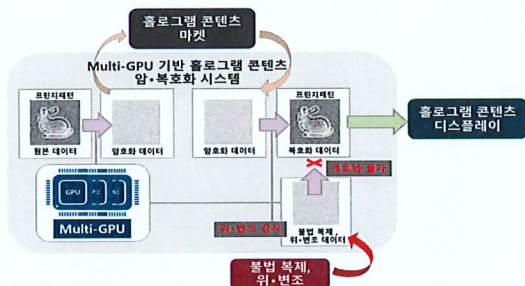
- 생성형 인공지능 기반 다채널/다시점 생육환경 데이터 증강 및 실시간 모니터링 시스템 개발
- 생성형 인공지능 기반 하이퍼 스펙트럴 이미징 분석시스템 개발



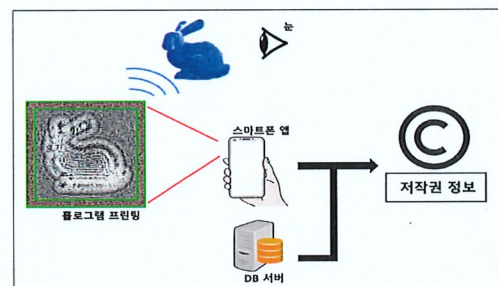
<생성형 인공지능 기반 다채널/다시점 생육환경 모니터링 시스템 개발>

<생성형 인공지능 기반 하이퍼 스펙트럴 이미징 분석시스템 개발>

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



<Multi-GPU 기반 암호화 시스템 개념도>



<저작권 보호 및 인증을 위한 홀로그램 정보 삽입 및 추출기술 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

소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단

연수 책임자(Advisor) : 박 민 철

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	저차원 나노소재의 맞춤형 합성, 나노소재 기반의 초고속 포토닉스 소자
연구 과제명 (Project Title)	광자기반 양자소재부품 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)	IV족 및 III-V족 반도체 광/전자소자 제작
연구 과제명 (Project Title)	광자기반 양자소재부품기술 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 필수적입니다. 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"> 1. 고성능 III-V족 광/전자소자에 관한 연구 2. CMOS-compatible 강유전체(e.g. HfZrO₂)를 이용한 광/전자소자에 관한 연구 2. 위 소자의 Si CMOS/Si photonics platform 상 집적에 관한 연구 	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 한 재 훈</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	광집적회로용 반도체 소재 및 소자 기술 개발
연구 과제명 (Project Title)	광자기반 양자소재부품기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	광집적회로용 반도체 공정/소재/소자

“광자기반 양자소재부품기술 개발”연구과제는 양자 통신 및 양자 컴퓨팅을 실현하기 위하여 광소재 및 광회로 부품 기술을 개발하는 것을 주 내용으로 한다. 본 연수 제안 업무는 연구과제의 핵심요소인 광집적회로를 구현하기 위하여 양자신호를 처리하기 위한 저손실특성을 가지는 소재를 개발하고 양자신호를 처리하는 광소자를 개발하는 것이다. 구체적으로 산화물 또는 질화물 소재와 같은 다양한 소재를 실리콘 웨이퍼 상에서 성장시키고 미세공정 기술을 이용하여 이를 집적회로소자로 구현하는 것을 주로 연구한다.

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.

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) : 양자기술연구단
연수 책임자(Advisor) : 박 동 희

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
<div><ul style="list-style-type: none">- 실리콘 나노멤브레인, 2차원 소재 기반 뉴로모픽 광전소자 개발- 유연전자소자 및 in-sensor computing 기반 차세대 카메라 개발- 소프트 일렉트로닉스 기반 웨어러블 헬스케어 시스템 개발</div>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 최 창 순	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	반도체광전소자, 양자광소자
연구 과제명 (Project Title)	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
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	반도체광전소자 및 양자광소자 제작/특성평가/응용
<p>- 연수 내용</p> <p>1. 차세대반도체물질 기반 나노스케일 광전소자 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 기존 방식으로 제작되는 반도체 회로의 소형화는 물리적 한계에 다다르고 있음 ✓ 박막형 반도체물질은 원자단위의 두께로 이루어져 있어 기존방식의 소자보다 더 작은 차세대 초소형 소자로의 응용성이 뛰어나 ✓ 이를 이용해 일반적인 광회절한계를 넘어서는 나노스케일 광소자/전자소자/광전소자 제작 및 특성을 연구 <p>2. 반도체 및 부도체 이차원물질을 이용한 단일광자원 제작 및 측정</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 단일광자원은 한번에 단 하나의 광자(photon)만을 방출하는 시스템을 일컬으며, 양자컴퓨터, 양자정보통신, 디스플레이, 바이오 센서 등 다양한 분야에 응용되고 있음. ✓ 이차원물질은 단일 원자 두께의 초박막으로 박리가 가능한 물질로, 광도파로, 캐비티 등의 다양한 포토닉스 소자 위에 쉽게 집적될 수 있어 매우 유용함 ✓ 다양한 방식으로 이차원물질 내 단일광자원을 생성하고 광원의 특성을 탐구 <p>3. 광집적회로 설계, 제작 및 광소자/양자소자 통합</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 <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>https://sites.google.com/view/qpel</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 양자기술연구단 연수 책임자(Advisor) : 문 효 원	