

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	나노소재기반 스핀소자 개발
연구 과제명 (Project Title)	스핀기반 나노신경망모사 기술개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	나노소재기반 스핀 소재/소자 개발
<div style="margin-bottom: 10px;"> <p>1. 스핀소자용 나노소재 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 나노소재의 물성 및 계면 제어 방법을 이용하여 새로운 나노소재 개발 - 다양한 나노소재들의 조합을 통하여 새로운 물성을 가지는 이종구조 소재 개발 - 나노소재의 물성 평가를 위한 새로운 측정 시스템 도입 및 구축 </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p>2. 나노소재를 이용한 스핀소자 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 나노소재에 적합한 소자 공정 기술개발을 통하여 전하/스핀 수송현상을 측정/분석 - 나노소재의 물성 제어 방안 제시 및 소자 성능 향상을 위한 새로운 개념의 소자 기술개발 - 나노소재들의 전하/스핀 특성을 이용한 메모리스터를 구현하여 신경망의 시냅스 동작 구현 기술개발 </div>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 스핀융합연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 박 태 언</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)	광자 기반 양자컴퓨팅, 양자통신 및 양자센싱 분야의 유용한 문제 발굴 및 구현
<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">고차원 양자얽힘 상태 생성 및 이를 이용한 양자정보 프로토콜 구현<ul style="list-style-type: none">- 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 수행광섬유 및 실용 광섬유망을 이용한 장거리 양자통신, 양자센싱, 양자컴퓨팅 연구<ul style="list-style-type: none">- 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) : 양자정보연구단	
연수 책임자(Advisor) : 임 향 택	

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
<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 트랩, 중성원자, 양자 점, 고체 점결함, 광자 등 다양하나, 각각의 물리시스템은 응용에 있어서 장단점을 가지고 있다.</p> <p>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 양자정보 분야에 필요한 인재를 양성하고자 한다.</p> <p>1. 다이아몬드 점결함 기반 스핀-포톤 인터페이스 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다이아몬드 NV 센터 등 점결함 내 스핀 큐비트와 단일광자 간의 양자얽힘 구현 및 이를 활용한 양자인터페이스 요소 기술 연구 - 반도체 공정을 활용하여 제작한 다이아몬드 나노 구조를 활용하여, 스핀-포톤 간 상호 작용을 엔지니어링 하는 연구 <p>2. 메모리 기반 양자 네트워크 및 분산형 양자 시스템 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다이아몬드 NV센터의 전자스핀과 핵스핀을 활용하여, 복수의 큐비트 시스템을 구성하여, 연산이 가능한 양자 메모리를 구현하는 연구 - 양자인터페이스를 활용하여 떨어져 있는 다이아몬드 NV센터 단일 양자 노드 간 양자 얽힘을 구현하여, 양자텔레포테이션 기술을 활용한 양자통신을 구현하는 연구를 수행 - 복수의 양자노드를 연결하여 분산형 양자 시스템으로 확장하는데 필요한 원천 기술의 개발 - 	
소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단 연수 책임자(Advisor) : 강 동 연	

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 (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"> ○ 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 ○ 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 회로와의 패키징 기술 개발 	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 권 형 한</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	고체 점결함 큐비트 양자 정보/센싱 실험
연구 과제명 (Project Title)	점결함 양자 프로세서를 이용한 양자 기술 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	점결함 양자 프로세서 기초, 양자머신러닝 및 스핀 큐비트 동역학 연구
<p>- 연수 내용 :</p> <p>다이아몬드 점결함 큐비트 기반 양자컴퓨터 개발은 상온상압에서 실험이 가능하며, 향후 광자와의 연결을 통한 확장성 연구에 적합한 시스템으로 활발하게 연구가 진행되고 있는 분야이다. 양자 컴퓨팅, 양자 센싱 등의 분야에서 양자 우월성을 검증할 수 있는 양자 프로세서 개발을 위한 양자오류완화 논리큐비트를 구현하기 위하여서 <u>고품질의 점결함 큐비트 소자 개발 및 양자오류 정정 원천기술 개발이 필수적이며</u>, 연수를 통하여서 점결함 기반 양자프로세서 개발 및 양자측정 관련 원천 기술들을 개발하고, 양자분야 인재를 양성한다. 또한 <u>해외 협력 기관 (미국 시카고대, 일본 도쿄공대) 과의 교류를 통해 해외 기관 파견 등의 기회를 제공하고, 좋은 논문 작성에도 참여한다.</u></p> <p>1. 큐비트 확장성을 가진 소자를 이용한 양자 측정 기초 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 KIST에서 개발된 2개의 전자스핀 큐비트 시스템을 이용한 Variational Quantum Eigensolver (VQE)를 이용한 양자 시뮬레이션 구현 - 여러 전자스핀 큐비트 시스템에서의 양자 얽힘 상태를 이용한 양자 열역학 등 다양한 양자 기초 실험 <p>2. 5큐비트 소규모 점결함 양자 프로세서에서 양자 기반 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 이론팀과의 협업을 통한 새로이 개발된 양자 오류정정 코드를 점결함 큐비트 시스템 응용 실험 - 머신러닝 기반 양자 잡음 분석 및 양자 오류 완화 연구 <p>3. 강상 관계 스핀 군집에서의 2차원/3차원 양자 시뮬레이션 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2차원/3차원 스핀 군집에서의 다체 물리 이론 개발 및 스핀 동역학 실험 측정 연구 - 나노 공정을 통한 강상 관계 스핀 군집 소자 제작 <p>더 자세한 연구내용은 해당 홈페이지 참고바람 http://sites.google.com/view/pauligroup/home</p>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 양자정보연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 이정현</p>	

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 뛰어남 ✓ 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>소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 문 효 원</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자 계산용 연속 단광자 광원용 저밀도 반도체 양자점의 MBE성장 및 측정
연구 과제명 (Project Title)	칩 스케일 다수 확장 양자광원 및 광집적회로 기술
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	MBE운영, 양자점 개발, 단광자 광특성 분석, 광자 계산용 로직 개발
<p>광자기반 양자 기술은 양자 컴퓨터/양자 통신/양자 센서에 걸쳐 넓게 사용되고 있다. 여기에 얽힘 광자, 압축광자, 단광자등이 필요하며, 반도체 기반 양자점은 얽힘 및 단광자 생성에 탁월한 성능을 보유한다.</p> <p>KIST는 MBE장비를 사용하여 InAs/GaAs기반 저밀도 단광자 및 얽힘 광자쌍을 제작해 왔으며, 이를 광자시스템에 적용하기 위해 광자 chip으로 발전하기를 원한다.</p> <p>이에 InAs/GaAs 반도체 양자점의 성장, 고휘도/고출력을 위한 광학설계, 공정, 그리고 양자품질을 확인하기 위한 측정등 일련의 과정을 수행해야 한다.</p> <p>성장에는 MBE 장비의 사용법, 성장 기작에 대한 이해가 필요하며, 광학 설계는 numerical 등 광회로/DBR등의 설계를 포함한 광학디자인에 대한 이해가 필요하다. 또한 광자 양자품질 측정에는 일반 PL뿐 아니라, micro-PL, HOM, HBT등의 양자측정 실험이 필요하다.</p> <p>상기 장비를 사용하고, 측정 기술을 연마하여, IF 높은 논문작성 및 국내 양자기술의 핵심기술을 개발하는 것을 목적으로 한다.</p> <p>최종적으로 광자 기반 양자 계산기용 얽힘 광원 소자를 제작하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해 양자계산의 병목 부분을 해결한다</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단	
연수 책임자(Advisor) : 송진동	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	저차원 나노소재의 맞춤형 합성, 나노소재 기반의 초고속 포토닉스 소자
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)	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) : 광전소재연구단	
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 광원 및 양자향 광소자/전자소자 제작 및 평가
<p>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. 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 RF소자에 관한 연구 2. 고성능 III-V족 광원 및 디텍터에 관한 연구 3. 위 소자의 Si CMOS/Si photonics platform 상 집적에 관한 연구 	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 한재훈</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	생성형 인공지능 및 양자 컴퓨팅 기반 광신호처리
연구 과제명 (Project Title)	1. 스마트 팜을 위한 MCU보드 기반 기술 개발 2. 양자 컴퓨팅 및 정보처리 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	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><생성형 인공지능 기반 다채널/다시점 생육환경 모니터링 시스템 개발></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><생성형 인공지능 기반 하이퍼 스펙트럴 이미징 분석시스템 개발></p> </div> </div>	
- XR기반 복합테러 테스트베드를 위한 홀로그램 콘텐츠 암호화 시스템 기술 개발 - 저작권 보호 및 인증을 위한 홀로그램 정보 삽입 및 추출 기술 개발	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><Multi-GPU 기반 암호·복호화 시스템 개념도></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><저작권 보호 및 인증을 위한 홀로그램 정보 삽입 및 추출기술 개발></p> </div> </div>	
- 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	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 박 민 철</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 소재 및 소자 기술 개발
<p>“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.</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 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.</p>	
소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박동희	

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)	뉴로모픽 광전소자
연구 과제명 (Project Title)	뉴로모픽 광전소자 기반 머신비전 카메라 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뉴로모픽 광전소자 개발 및 분석
<p>1) 나노물질 (2차원 재료 및 실리콘 나노멤브레인) 기반 뉴로모픽 광전소자 제작 (Neuromorphic image sensor, MAC machine based on crossbar array). (참조: <i>Science Advances</i> 8, eabq3101 (2022), <i>Advanced Materials</i> 32, 2002431 (2020))</p> <p>2) 뉴로모픽 광전소자 기반 머신비전 응용 수행 (데이터 측정용 회로 설계 및 machine learning 기반 머신비전 응용 수행). (참조: <i>Nature Electronics</i> 5, 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)	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">○ 소자 I-V 특성 측정 및 분석 (DC, pulse 특성)○ 소자 모델 기반 인공신경망 학습 알고리즘 개발○ 소자 기반 인공신경망 학습 구현○ 소자 어레이 동작 구조 설계 및 구동 위한 로직 설계○ 소자 특성 측정한 데이터 처리 및 알고리즘 구현 위한 프로그램 작성	
소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단	
연수 책임자(Advisor) : 주현수	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	양자점(quantum dots) LEDs 및 detectors(X-ray, gamma ray, charged particles)
연구 과제명 (Project Title)	고에너지 중(重)이온 입자 조사를 이용한 우주항공용 전자부품의 SEE (single event effect) 결함 평가를 위한 양자점 섬광 소재 발광 특성 연구
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	ZnO 양자점이 분산된 필름 섬광 소재 제작
<p>1. ZnO LEDs</p> <ul style="list-style-type: none"> - 자외선 발광 특성을 가진 ZnO 양자점을 hydrothermal, solution-precipitation 등의 방식으로 제작하고, 광특성을 조사함. (photoluminescence, photoluminescence excitation) - 가시광선 발광을 하는 $\text{ZnO}_{1-x}\text{S}_x(\text{Se})$ 양자점 형광체를 제작함. - ZnO UV LEDs를 제작하고 $\text{ZnOS}(\text{Se})$ 형광체를 여기(excited)시켜 백색광 LEDs를 제작함. <p>(연수내용: X-ray diffraction, 전자투과현미경, 발광 측정법, LED제작 기술, 광전자 분광법, 전계(electroluminescence) 발광 측정법)</p> <p>2. ZnO 양자점이 분산된 필름형 섬광 소재 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 우주항공용 전자부품의 SEE (single event effect) 결함 평가를 위한 중(heavy particle) 이온의 입사(MeV range)에 따라 생성되는 결함을 분석하고자함. - 중이온 입자 입사시 blue emission을 하는 ZnO@pyrene hybrid 양자점을 polystyrene(PS) film에 분산하여 PM(photon multiplier) tube와 결합하여 photon counting을 측정할 수 있는 섬광 소재 개발 - 추 후 대면적 x-ray, gamma ray detector 개발 가능 <p>(연수내용: PS film제작, ZnO@pyrene 양자점 분산, 6MV ion accelerator를 이용한 중이온 irradiation, PM tube photon counting 실험)</p>	
<p>소속 센터/단 명(Center) : 광전소재연구단</p> <p>연수 책임자(Advisor) : 최월국</p>	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	쿼텀닷(QD, 양자점) 기반 뉴로모픽/광전 소자 개발
연구 과제명 (Project Title)	멀티 모달 뉴런-시냅스 기반 고효율 뉴로모픽 시스템
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) - QD를 활용한 뉴로모픽 소자 개발 - QD를 활용한 광전 소자(센서, LED, QLED 등) 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 합성과 같은 소재 개발 	
소속 센터/단 명(Center) : 인공지능융합연구단 연수 책임자(Advisor) : 황규원	

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) : 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 활용을 위한 뉴로모픽 알고리즘 설계
<div>1. 뉴로모픽 프로세서 구조 개발</div> <div><div>- 프로세서 최적화를 위한 pipeline 구조 프로세서 개발</div><div>- 비동기식 설계 방법론 적용을 위한 설계 구조 변경</div></div> <div>2. 뉴로모픽 알고리즘 설계 및 검증</div> <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, 최적화, 및 네비게이션 문제 해결</div></div>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공지능융합연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박종길	

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) : 인공지능융합연구단	
연수 책임자(Advisor) : 박성식	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	계산뇌과학, 뉴로모픽 신경망 설계, 인공지능 알고리즘 개발
연구 과제명 (Project Title)	생물학적 뇌 정보처리 원리에 기반한 뉴로모픽 신경망 및 정보처리 알고리즘 개발
연수 제안 업무 (Training Proposal Work)	뇌 신경망 모델 개발 및 시뮬레이션, 신경정보처리 원리 분석 및 인공지능 알고리즘 응용 개발
<div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 생물학적 뇌 정보처리 원리 이해 <ul style="list-style-type: none"> - 생물학적 뇌 신경망 활성 데이터 획득 및 분석 - 데이터 기반의 뇌 신경망 모델 개발 - 신경망 모델 시뮬레이션 및 정보처리 원리 이해 </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 생물학적 뇌 신경망 활성 데이터 획득 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 생물학적 실험(Electrophysiology, Ca2+ imaging, VSD imaging 등) 기반의 뇌 신경활동 데이터를 다양한 경로(CRCNS Database, OpenScience, Experiment 등)로 수집 및 분석 - 멀티모달 정보처리에 필요한 뉴럴 코드를 분석, 뇌 정보처리 원리 규명, 신경세포 간 연결지도 및 신경망 구조 분석 및 이에 기반한 Spiking Neural Network Model 개발에 적용 </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 뇌 정보처리 원리 기반의 뉴로모픽 신경망 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 뇌 신경망 구성 요소 (motif, connectivity, neural heterogeneity)에 의한 신경망 시뮬레이션 모델 개발 - 뇌 신경망 구성요소에 의한 정보처리 최적화 알고리즘 연구 - Multi-sensory integration에 관한 뇌 신경망 구조를 바탕으로 하는 멀티모달 뉴로모픽 신경망 알고리즘 개발 </div> <div> <input type="checkbox"/> 뇌 정보처리 학습 원리에 기반한 신경망 학습 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 생물학적으로 타당한 신경망 가소성 현상인 발화시간 기반 시냅스 가소성 (STDP) 이해 - STDP에 의한 신경망 형성 기전 기반의 신경망 학습 알고리즘 개발 </div>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공뇌융합연구단 연수 책임자(Advisor) : 장현재	

연수 제안서(Training Proposal)

연구 분야 (Research Fields)	지능형 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)	지능형 광-반도체 및 뉴로모픽 소자 설계/반도체 리소공정/성능평가 및 머신러닝 알고리즘 적용연구
<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"> - 인간 감각기관의 신호전달 및 정보처리 기구 이해 - 시각센서 모방을 위한 그래핀/2차원 소재 기반 포토다이오드/트랜지스터 설계/제작 - 멤리스터 소자 설계 및 뉴런/시냅스 소자 응용 연구 - In-sensor computing 기능의 2차원 소재-멤리스터 하이브리드 소자 설계/공정개발 - 생체모방 뉴럴네트워크 신호처리 알고리즘 적용 연구 </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> Metamaterials/Metasurface 디자인 적용을 통한 광-반도체 소자 성능 최적화 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 메타물질 컨셉을 적용한 창의적 광-반도체 소자 설계 및 성능 최적화 연구 - 메타물질 이론설계 및 나노임프린트 기반 하이브리드 소자 제작공정 개발 </div> <div> <input type="checkbox"/> 차세대 초소형 분광센서 및 초분광 영상센서 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 스냅샷 방식 멀티채널 초분광 적외선 영상센서 제작 - 인공지능 알고리즘에 기반한 초분광 신호처리 기술 개발 - 머신러닝을 통한 대상체 판독 및 지능화 구현 </div>	
소속 센터/단 명(Center) : 인공지능융합연구단 연수 책임자(Advisor) : 이경석	