과학기술정보통신부 **보도자료** 대체불가 대한민국

보도 시점 2026. 11. 12.(목) 01:00 (국제엠바고) **배포** 2026. 11. 9.(월) 09:00
(2026. 11. 12.(목) 조간)

얇은 렌즈로 밝은 야외에서도 뚜렷하게, 일상 속 증강현실 안경에 한 걸음

- 포항공대·삼성리서치 연구팀, 두께 1.5mm 증강현실 광학계 구현...네이처 게재-
- 밝은 야외에서도 선명한 디지털 가상 정보 구현으로 증강 현실 안경 상용화 탄력 -

눈앞의 풍경에 길 안내나 문자를 겹쳐 보여주는 **증강현실(AR) 안경을 일상에서 더 편하게 쓸 수 있는 기술**이 개발됐다. 국내 연구진이 얇은 렌즈 안에서 빛의 손실을 줄여, **밝은 야외에서도 문자를 볼 수 있는 안경 시제품을 구현**했다.

과학기술정보통신부(부총리 겸 과학기술정보통신부 장관 배경훈, 이하 '과기정통부')는 **포항공과대학교(POSTECH) 노준석 교수 연구팀**이 **삼성전자 삼성리서치와 공동**으로 메타 표면* 도파관** 안에서 빛의 손실을 대폭 줄여 눈의 위치가 바뀌더라도 밝은 영상을 구현하는 광학 기술을 개발했다고 밝혔다.

* 메타 표면 : 빛의 파장보다 작은 나노구조체를 배열하여 빛의 위상, 진행 방향 등을 제어하는 광학 구조
** 도파관 : 빛이 외부로 빠져나가지 않고 특정 경로를 따라 전달되도록 유도하는 광학 구조

이번 연구 성과는 과기정통부와 한국연구재단이 추진하는 **개인 기초연구, 미래 개척융합과학 기술개발, 실감 콘텐츠 핵심기술 개발, 나노·소재 기술개발, 미래 디스플레이전략연구실 지원, N.EX.T Impact 상, 삼성 미래 기술 육성 사업** 등의 지원으로 수행됐으며 세계 최고 권위의 국제학술지 **「네이처(Nature)」에 11월 12일(현지 시각 11.11.(수) 16시, 그리니치 표준시) 게재***됐다.

* 논문명 : Metasurface waveguides for all-day augmented reality glasses

증강현실 안경을 일상에서 사용하려면 일반 안경처럼 얇고 가벼우면서 밝은 곳에서도 영상이 잘 보여야 한다. 눈을 움직이거나 안경이 조금 흘러내려도 화면을 볼 수 있어야 한다. 그러나 기존 기술로는 **얇은 두께와 밝기, 사용 편의성을 함께 확보하기 어려웠다.**

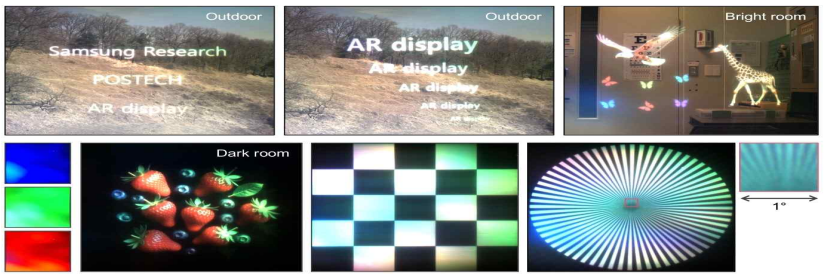
기존의 증강현실 안경은 작은 디스플레이에서 나온 빛을 얇은 도파관 안으로 보낸 뒤 표면의 미세구조로 방향을 바꿔 눈에 전달한다. 그러나 이 과정에서 **일부 빛이 다른 방향으로 빠져나가 화면이 어두워지는 문제**가 있었다. 특히 **눈을 움직여도 영상이 보이는 범위를 넓힐수록 빛의 손실**이 커졌다.

자연스러운 컬러 영상을 구현하는 데도 어려움이 있었다. 빨강, 초록, 파랑 빛은 같은 미세구조를 통과하더라도 진행하는 방향과 전달되는 효율이 달라져 **특정 색상만 과도하게 밝거나 어둡게 보이는 왜곡 현상이 발생**하기 때문이다.

연구팀은 **도파관 전체에서 빛이 지나가는 경로**에 주목했다. 빛이 이동하는 전체 경로를 **나노 단위에서 정밀하게 설계**할 경우, **빛의 원치 않는 손실을 대폭 줄이면서 눈의 위치가 바뀌더라도 밝고 선명한 영상을 유지**할 수 있음을 이론적·실험적으로 명확히 규명해 냈다.

또한, 컬러 영상을 표현하기 위한 설계도 더했다. **파랑·초록 빛을 주로 전달하는 층과 빨강·초록 빛을 주로 전달하는 층을 겹쳐서** 색에 따른 빛 전달 효율의 차이를 줄였다.

연구팀은 두 층을 결합해 **빛을 눈으로 전달하는 총 1.5㎜ 두께의 메타 표면 기반 도파관**을 구현했다. 이를 적용한 안경 시제품으로 **밝은 야외에서는 흰색 문자를 실내에서는 컬러 영상**을 실제 풍경 위에 겹쳐 보여줬다. 눈의 위치가 일정 범위에서 달라져도 영상을 볼 수 있도록 했다.



<그림> 야외와 실내에서 촬영한 증강현실 영상

이번 성과는 **메타 표면 도파관 안에서 빛의 손실을 줄여 얇은 광학계에서도 밝은 영상을 구현**할 수 있음을 보여줬다는 데 의미가 있다. 향후 길 안내나 작업 정보를 눈앞에 보여주는 일상용 안경에 활용될 것으로 기대된다. 빛을 효율적으로 활용해 화면 밝기를 유지하면서 전력 소모를 줄이는 데에도 도움이 될 수 있다.

향후 실용화를 위해서는 산업계에서 요구하는 밝기 표준을 맞추기 위하여 평균 휘도를 조금 더 향상시킬 필요가 있고 두 장의 도파관 대신 한 장으로 같은 성능을 낼 수 있도록 하는 후속 연구도 필요하다. 또한 외부 빛이 도파관의 미세구조와 만나 **무지개처럼 번져 보이는 현상**을 줄이고 **눈의 위치와 영상 영역에 따른 색과 밝기의 차이**를 개선해야 한다. 밝은 야외에서 작은 글자를 더 쉽게 읽을 수 있도록 **영상 품질을 높이는 것**도 후속 과제다.

포항공과대학교 노준석 교수는 “이번 연구 성과는 **렌즈 안에서 빛의 이동 경로를 정교하게 제어해 얇은 렌즈로도 야외에서 밝고 선명한 영상을 구현할 수 있음**을 보여준 것”이라며 “향후 빛에 의한 **무지개 번짐 현상을 개선**하고 **대량생산 기술을 확보**하는 한편, **인공지능 기반 맞춤형 영상 처리와 연계해 일상에서 편안하게 쓰는 증강 현실 안경**으로 발전시켜 나갈 것”이라고 밝혔다.

과기정통부 **김성수 연구개발정책실장**은 “이번 성과는 **빛의 성질을 이해하고 제어하는 기초연구가 차세대 디스플레이의 한계를 해결하는 원천기술**로 이어진 사례”라며 “새로운 원리를 탐구하는 연구와 이를 바탕으로 한 원천기술 개발을 꾸준히 지원하겠다”라고 밝혔다.

담당 부서	과학기술정보통신부 기초연구진흥과	책임자	과장	박시정 (044-202-4530)
		담당자	주무관	서동근 (044-202-4537)
	과학기술정보통신부 원천기술과	책임자	과장	김동준 (044-202-4540)
		담당자	사무관	김종주 (044-202-4546)
연구 기관	포항공과대학교 기계공학과	교신저자	교수	노준석 (054-279-2187)
	포항공과대학교 대외협력팀	담당자	대리	전예진 (054-279-2416)

대한민국 내일을 만드는 과학기술 내삶을 채우는 디지털·AI
대한민국 정책브리핑
OPEN 공공누리 공공저작물 자유이용허락
OPEN

주요 내용 설명

<작성: 포항공과대학교 노준석 교수>

논문명	Metasurface waveguides for all-day augmented reality glasses
저널명	Nature
키워드	Metasurface(메타표면), Waveguide(도파로), Augmented reality(증강현실)
DOI	[https://doi.org/10.1038/s41586-026-11277-x]
저 자	노준석 교수(교신저자/POSTECH), 윤정근 박사(공동 제1저자/삼성리서치), 강현정 박사과정생(공동 제1저자/POSTECH)

1. 연구의 필요성

○ 증강현실(AR) 안경은 실제 풍경 위에 길 안내나 문자, 영상 같은 디지털 정보를 겹쳐 보여주는 착용형 디스플레이다. 일상에서 일반 안경처럼 사용하려면 얇고 가벼우면서도 밝은 야외에서 영상이 잘 보여야 한다. 또한 한 번에 볼 수 있는 영상의 범위가 충분하고, 눈이 움직이거나 안경이 조금 흘러내려도 영상이 안정적으로 유지돼야 한다.

○ 기존 회절형 도파로는 작은 디스플레이에서 나온 빛을 투명한 도파관 안으로 전달하고, 미세구조로 빛의 방향을 바꿔 눈으로 보내는 방식이다. 광학계를 얇게 만들 수 있지만, 빛이 여러 차례 방향을 바꾸는 동안 일부가 원하지 않는 방향으로 빠져나가 영상이 어두워진다. 특히 영상의 범위와 눈의 움직임을 허용하는 공간을 넓힐수록 빛의 손실이 커져, 밝기와 편안한 시청 범위를 함께 확보하기 어려웠다.

○ 자연스러운 풀컬러 영상을 구현하려면 빨강/초록/파랑 빛을 균형 있게 전달해야 한다. 그러나 색에 따라 빛의 진행 방향과 전달 효율이 달라 특정 색만 밝거나 어둡게 보이는 문제가 있었다. 이를

해결하기 위해서는 개별 미세구조의 효율을 높이는 것과 함께 도파관 전체에서 빛이 어떤 경로를 거쳐 눈에 도달하는지까지 고려하는 설계가 필요했다.

2. 연구내용

○ 포항공과대학교 노준석 교수 연구팀은 삼성전자 삼성리서치와 공동으로, 도파관 안에서 빛의 이동 경로를 조절하는 메타표면 도파로를 개발했다. 도파관 표면에 빛의 파장보다 작은 나노구조를 배치하고, 위치에 따라 구조의 모양과 간격을 다르게 설계해 빛이 들어오는 각도와 위치에 맞춰 진행 방향을 조절하도록 했다.

○ 연구팀은 빛이 여러 경로를 거쳐 눈에 도달하도록 유도해, 기존 구조에서 손실되던 빛을 영상 형성에 더 많이 활용했다. 각 영역에서 빛이 얼마나, 어느 방향으로 전달돼야 하는지를 계산하고, 광선 추적과 전자기 해석을 결합해 나노구조를 최적화했다. 이를 통해 도파관 전체의 빛 전달 경로와 각 영역의 광학 특성을 함께 설계했다.

○ 풀컬러 영상을 구현하기 위해 청색/녹색을 주로 전달하는 층과 적색/녹색을 주로 전달하는 층을 결합했다. 각 층에는 질화규소(SiNx) 메타표면을 제작하고, 층마다 29개 영역의 나노구조를 다르게 설계해 색상별 전달 효율과 눈으로 향하는 빛의 분포를 조절했다.

○ 제작한 도파로를 소형 디스플레이와 결합해 AR 안경 시제품을 구현했다. 총 1.5 mm 두께의 광학계에서 대각 시야각 30° 를 확보했으며, 눈과 도파관 사이 거리 15 mm에서 가로/세로 각각 8 mm의 아이박스를 형성했다.

○ 아이박스 내 여러 눈 위치에서 영상 중심부의 밝기를 측정한 결과, 백색광 휘도 효율은 평균 1,938 nits/lm, 최대 4,225 nits/lm였다. 적색/녹색/청색의 평균 휘도 효율은 각각 1,897, 1,977, 2,170 nits/lm로 측정돼 색상 간 비교적 균형 잡힌 빛 전달 성능을 확인했다.

○ 실내외 촬영을 통해 실제 풍경 위에 가상 영상을 겹쳐 보여주는 성능도 확인했다. 밝은 야외에서는 흰색 문자를 표시했으며, 실내에서는 디스플레이 출력을 30%로 낮춘 상태에서도 컬러 영상을 구현했다.

3. 연구성과와 기대효과

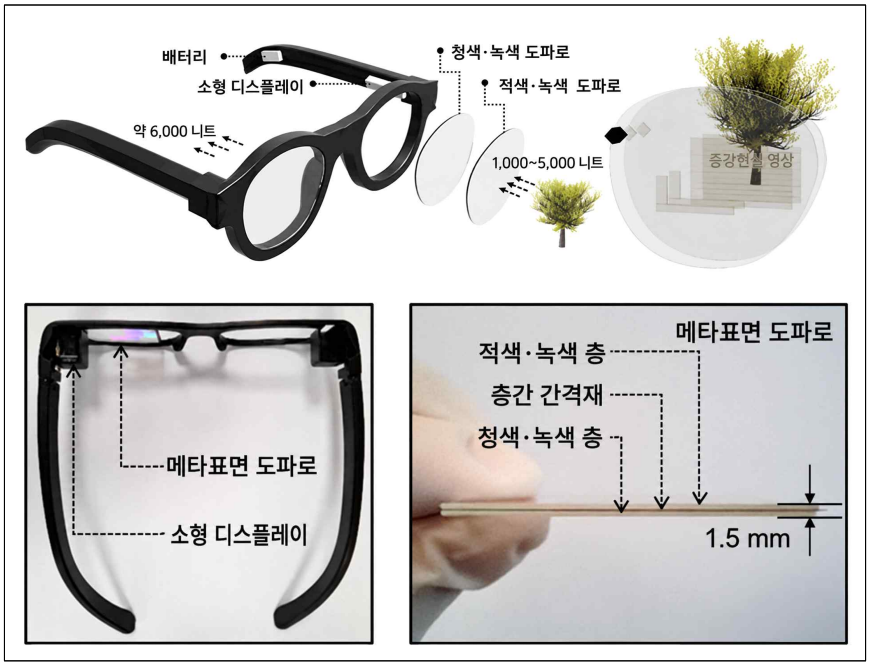
○ 이번 연구는 도파관 전체에서 빛의 이동 경로를 정교하게 설계해, 얇은 광학계에서 높은 밝기와 충분한 영상 관찰 범위를 함께 확보할 수 있음을 보여줬다. 밝기, 시야각, 아이박스 크기, 광학계 두께 사이의 상충관계를 완화하는 설계 방향을 제시했다는 데 의의가 있다.

○ 개발한 기술은 실내뿐 아니라 밝은 야외에서도 디지털 정보를 확인할 수 있는 일상용 AR 안경과 AI 기반 스마트 안경의 광학계에 활용될 수 있다. 빛의 손실을 줄이는 설계는 필요한 영상 밝기를 확보하면서 디스플레이의 전력 소모를 줄이는 데도 기여할 것으로 기대된다.

○ 실용화를 위해서는 외부 빛이 도파관의 미세구조와 만나 무지개처럼 번져 보이는 현상을 줄이고, 눈의 위치와 영상 영역에 따른 색/밝기 차이를 개선해야 한다. 밝은 야외에서 작은 글자를 더 쉽게 읽을 수 있도록 영상 품질을 높이는 것도 후속 과제다.

○ 향후 대면적 나노임프린트 공정으로 제작 기술을 확장하면, 넓은 면적에 나노구조를 정밀하게 복제해 제조비용을 낮추고 생산성을 높이는 데 도움이 될 수 있다. 또한 AI 기반 영상 처리와 연계해 주변 밝기와 사용 환경에 맞춰 영상의 색과 대비를 조절하는 등, 다양한 환경에서 편안하게 사용할 수 있는 AR 안경으로 발전시킬 수 있다.

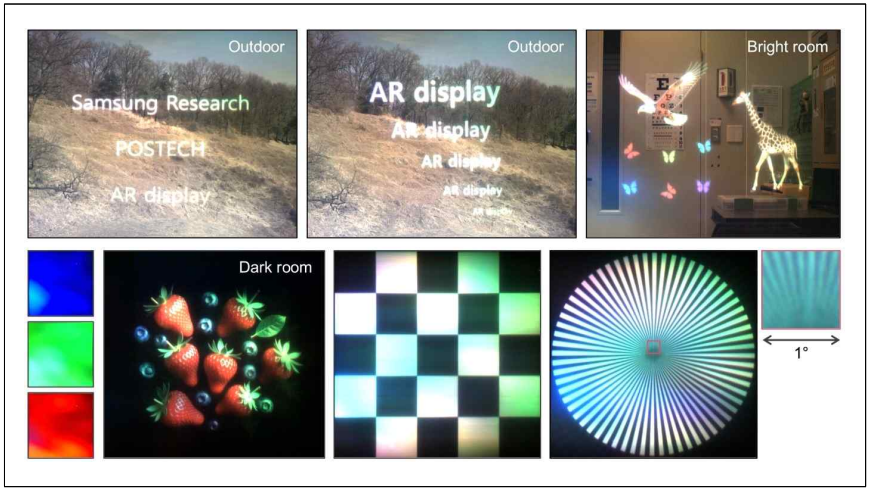
그림 설명



(그림1) 메타표면 도파로의 구성과 AR 안경 시제품

상단은 소형 디스플레이와 두 개의 메타표면 도파로를 이용해 실제 풍경 위에 가상 영상을 겹쳐 보여주는 AR 안경의 개념도다. 하단 왼쪽은 제작한 AR 안경 시제품이며, 오른쪽은 적색/녹색 층과 청색/녹색 층 사이에 간격재를 배치한 도파로의 측면 모습이다. 두 층을 결합한 광학계의 전체 두께는 1.5 mm로, 얇은 구조에서 풀컬러 영상을 구현한다.

그림설명 및 그림제공 : 포항공과대학교 노준석 교수



(그림2) 야외와 실내에서 촬영한 AR 영상

상단 왼쪽과 가운데는 밝은 야외에서 실제 풍경 위에 흰색 문자를 표시한 모습이며, 오른쪽은 밝은 실내에서 구현한 컬러 영상이다. 하단은 어두운 환경에서 촬영한 빨강/초록/파랑 영상과 과일 이미지, 명암과 해상도를 평가하기 위한 격자 및 지멘스 스타 패턴이다. 다양한 주변 밝기에서 가상 영상을 구현하고, 색 표현과 세부 무늬의 구분 정도를 확인한 결과를 보여준다.

그림설명 및 그림제공 : 포항공과대학교 노준석 교수

연구 이야기

<작성: 포항공과대학교 노준석 교수>

□ 연구를 시작한 계기나 배경은?

AR 안경이 일상에서 사용하는 기기가 되려면 일반 안경처럼 얇고 가벼우면서도 밝은 야외에서 화면이 잘 보여야 한다. 눈이 움직이거나 안경이 조금 흘러내려도 영상이 안정적으로 유지되는 것도 중요하다. 그러나 기존 도파로는 영상을 볼 수 있는 범위를 넓힐수록 빛의 손실이 커져 화면이 어두워지는 한계가 있었다. 연구팀은 이 문제를 해결하기 위해 도파관 안에서 빛이 이동하는 경로를 새롭게 설계하는 데 주목했다.

□ 연구 전개 과정에 대한 소개

먼저 작은 디스플레이에서 나온 빛이 도파관 안을 지나 눈에 도달하는 과정을 분석하고, 빛이 손실되는 경로를 파악했다. 이를 바탕으로 빛을 여러 경로로 유도할 수 있도록 도파관 표면의 나노구조를 설계하고, 위치와 빛의 입사각에 맞춰 구조를 최적화했다. 이후 청색/녹색과 적색/녹색을 주로 전달하는 두 개의 도파로 층을 제작해 AR 안경 시제품에 결합했다. 눈의 위치에 따른 밝기를 측정하고, 야외와 실내에서 문자와 컬러 영상을 촬영해 성능을 확인했다.

□ 연구 과정에서의 기술적 어려움과 해결 방법은?

도파관 안의 빛은 여러 차례 방향을 바꾼 뒤 눈에 도달하기 때문에, 특정 나노구조의 전달 효율만 높여서는 전체 영상이 밝아지지 않는다. 한 영역에서 잘 전달된 빛도 다른 영역에서 원하지 않는 방향으로 빠져나갈 수 있기 때문이다. 연구팀은 각 영역의 나노구조와 도파관 전체의 빛 전달 경로를 함께 고려했다. 위치와 입사각에 따라 빛의 진행 방향을 조절하고, 여러 경로를 통해 눈으로 전달되도록 설계해 손실을 줄였다. 색상별 전달 효율 차이는 서로 다른 색을 담당하는 두 층을 결합하는 방식으로 보완했다.

□ 이번 성과는 무엇이 다른가?

개별 나노구조가 빛을 얼마나 잘 전달하는지를 넘어, 도파관 전체에서 빛이 이동하는 전체적인 경로를 설계했다는 점이 특징이다. 기존에는 손실되던 빛을 영상 형성에 더 많이 활용해, 얇은 광학계에서 밝기와 충분한 영상 관찰 범위를 함께 확보했다. 두께 1.5 mm의 광학계에서 대각 시야각 30°와 가로 및 세로 각각 8 mm의 아이박스를 구현했으며, 평균 휘도 효율은 1,938 nits/lm로 측정됐다. 이를 적용한 안경 시제품으로 밝은 야외에서 실제 풍경 위에 흰색 문자를 겹쳐 보여주는 성능도 확인했다.

□ 실용화된다면 어떻게 활용될 수 있나? 실용화를 위한 과제는?

현실 풍경을 보면서 길 안내나 문자, 작업에 필요한 정보를 확인하는 일상용 AR 안경의 광학계로 활용될 수 있다. 향후 AI 기반 스마트 안경과 결합하면 주변 상황에 맞는 정보를 눈앞에 제공하는 인터페이스로 발전할 가능성이 있다. 실용화를 위해서는 외부 빛이 도파관의 미세구조와 만나 무지개처럼 번져 보이는 현상을 줄이고, 영상의 색과 밝기를 더욱 균일하게 개선해야 한다. 또한 대면적 나노임프린트 공정으로 제작 기술을 확장해 제조비용과 생산성을 개선하는 과정이 필요하다.

□ 후속 연구에서 필요한 과제는?

더 다양한 눈의 위치와 영상 방향을 고려해 나노구조와 빛의 전달 경로를 함께 최적화하는 연구가 필요하다. 외부 빛에 의한 무지개 현상과 제작 과정에서 발생하는 산란을 줄이는 것도 중요한 과제다. 이와 함께 대면적에서도 정밀한 나노구조를 균일하게 제작할 수 있는 공정을 검증해야 한다. 향후에는 AI 기반 영상 처리와 연계해 주변 밝기와 사용 환경에 따라 영상의 색과 대비를 조절하는 방향도 검토할 수 있다.

연구자 소개



<노준석, 교신저자>

1. 인적사항

○ 소 속 : 포항공과대학교
기계공학과・화학공학과・전자전기공학과

○ 전 화 : 054-279-2187

2. 학력

○ 2007 서울대학교 기계공학 학사

○ 2008 미국 일리노이대학교 어바나샴페인 기계공학 석사

○ 2013 미국 캘리포니아대학교 버클리 기계공학 및 나노공학 박사

3. 경력사항

〈교수 경력〉

○ 2014.08 ~ 현재 포항공과대학교 기계공학과・화학공학과 교수

○ 2024.02 ~ 현재 포항공과대학교 전자전기공학과 교수

○ 2019.06 ~ 현재 포항공과대학교 무은재석좌교수

○ 2024.12 ~ 현재 포항공과대학교 연산석좌교수

〈주요 수상 경력〉

○ 2026 국제광공학회(SPIE) Fellow

○ 2024 (美) ACS Nano Lectureship 수상

○ 2024 과학기술정보통신부 이달의 과학기술인상 수상

○ 2023,2024 (英) Clarivte Highly Cited Researchers

○ 2022 홍진기 창조인상 수상

○ 2022 한국공학한림원 젊은공학인상 수상

○ 2019 젊은과학자상(대통령상) 수상

4. 전문분야 정보

○ 나노광학, 메타표면 및 메타물질, 평면 광학소자

5. 연구지원 정보

○ 2024 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 기초연구사업(중견연구)

○ 2024 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 STEAM연구사업(글로벌융합연구지원)

○ 2022 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 미래유망융합기술파이오니어사업

<윤정근, 공동 제1저자>



1. 인적사항

○ 소 속 : 삼성리서치

○ 전 화 : 02-6147-3733

2. 학력

○ 2013 성균관대학교 전기전자공학부 학사

○ 2015 성균관대학교 전기전자공학부 석사

○ 2019 서울대학교 전기정보공학부 박사

3. 경력사항

○ 2019.03 ~ 현재 삼성전자 삼성리서치

4. 전문분야 정보

○ 나노광학, 메타표면 및 메타물질, 평면 광학소자

<강현정, 공동 제1저자>

1. 인적사항

○ 소 속 : 포항공과대학교 기계공학과

○ 전 화 : 054-279-6806

2. 학력

○ 2022 인하대학교 기계공학 학사

○ 2022 ~ 현재 포항공과대학교 기계공학과 석·박사통합과정

3. 경력사항

○ 2022.09 ~ 2023.02 POSTECHIAN Fellow 선정

○ 2024.09 ~ 2026.08 한국연구재단 박사과정생 연구장려금 선정

○ 2025.03 ~ 2027.08 대통령과학장학생(박사과정) 선정

4. 전문분야 정보

○ 나노광학, 메타표면 및 메타물질, 평면 광학소자