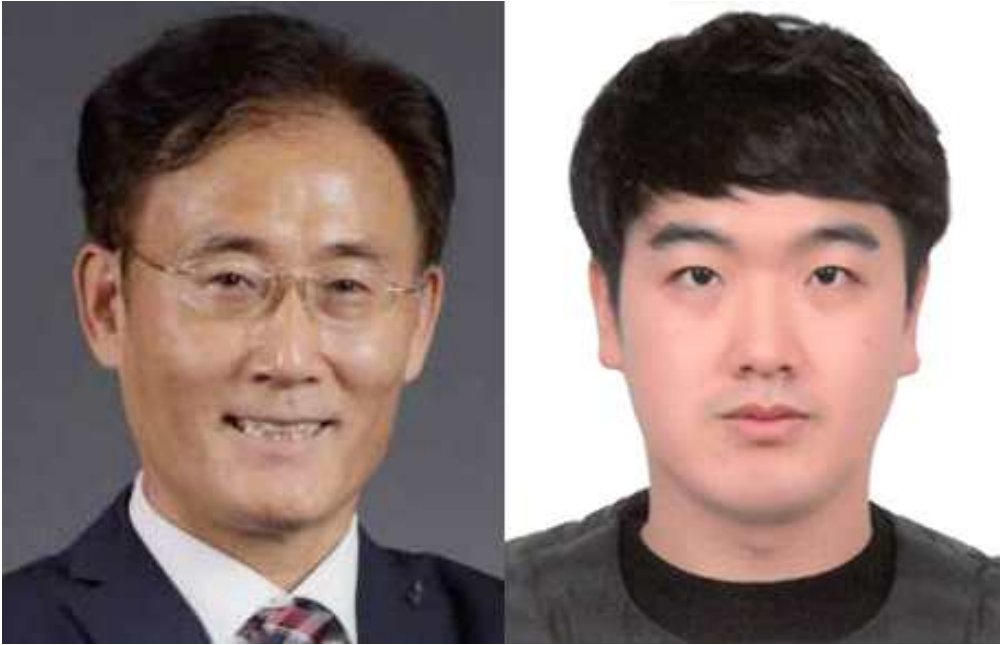


대량 생산 가능한 소형 분광기 개발

- 적은 수의 필터로 고해상도 실현... 웨이퍼 증착 공정을 통한 필터 배열 대량 생산으로 비용 절감



▲ 왼쪽부터 이흥노 교수, 김철순 연구원

국내 연구진이 피부 상태 자가 진단, 실시간 물질 탐지 등에 사용될 수 있는 분광기의 해상도를 높이고 대량 생산할 수 있는 기술을 개발했다.

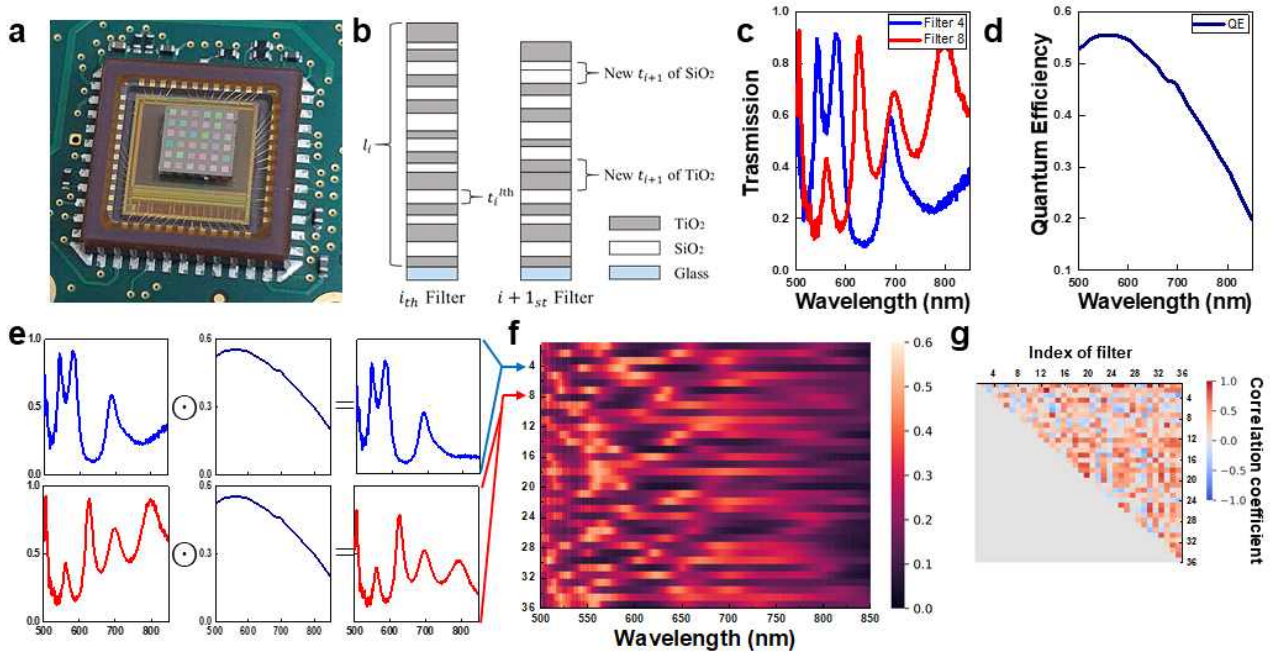
지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 전기전자컴퓨터공학부 이흥노 교수 연구팀은 기존 필터 배열 방식 분광기의 저해상도 문제점을 수학적 계산 기술로 보완하여 가시광선/초근적외선 범위의 넓은 파장 범위에서 동작하는 고해상도 소형 분광기를 개발했다.

분광기는 파장에 따른 빛의 세기를 측정하는 기구로, 물질을 통과하거나 반사된 빛의 특성을 분석할 수 있어 다양한 연구 및 산업 분야에 활용된다. 하지만 높은 가격과 부피가 크다는 단점 때문에 실생활에 이용하는데 한계가 있다.

연구팀은 특정 파장 범위의 빛만 투과하도록 제작되는 밴드패스 형태의 광학 필터와 달리, 하나의 광학 필터가 여러 파장 영역의 빛을 감지하도록 설계/제작했다. 이러한 필터 36개를 배열 형태로 만들었으며, 이 배열을 CMOS 이미지 센서 위에 부착하여 500 - 850 nm 파장 대역의 빛의 세기를 측정하는데 성공했다.

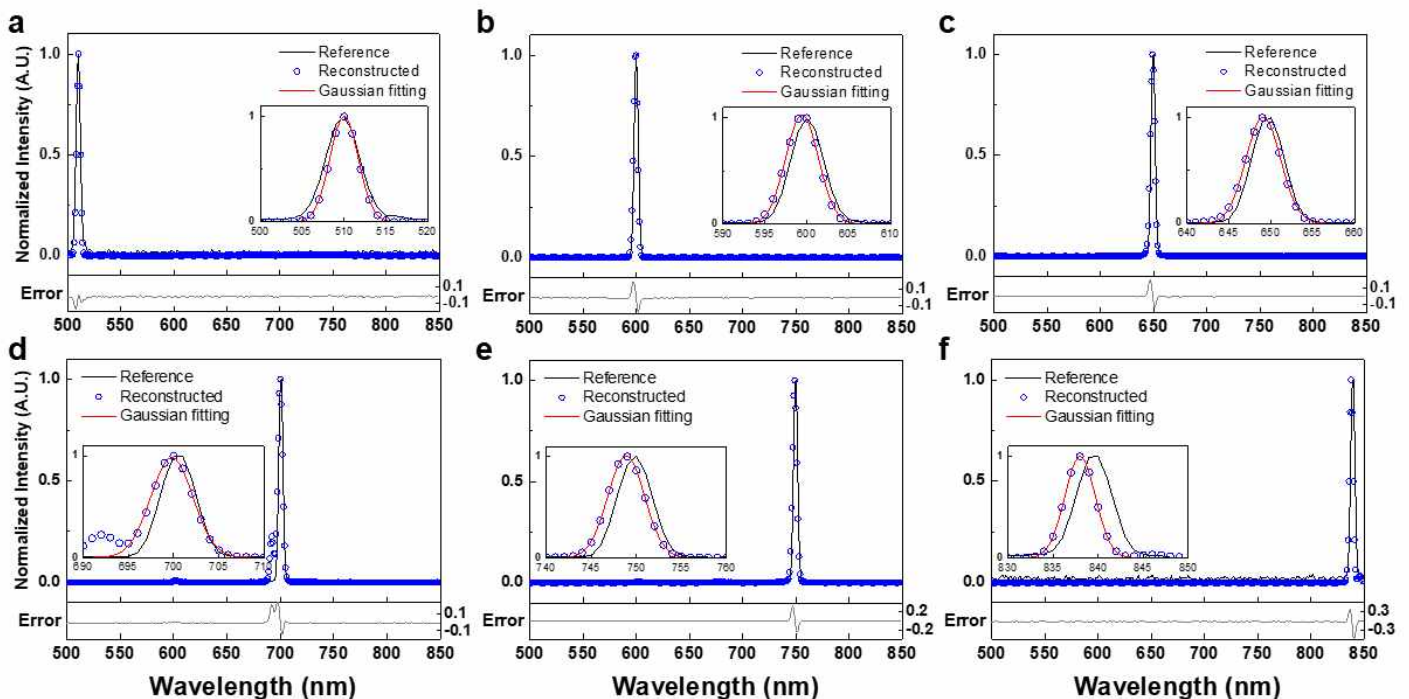
CMOS 이미지 센서를 통해 측정된 36개의 빛의 세기를 수학적 최적화 기술을 활용하여 500 - 850 nm 파장 범위 350개의 분광 정보로 복원했다. 단색광, LED 광원, 할로겐 광원 등 다양한 광원에 대한 분광 성능을 광학 실험을 통해 검증했다.

연구팀이 제작한 분광기는 작고 가벼워 피부 자가 진단, 실시간 물질 탐지 등을 위한 휴대용 분광기로 사용할 수 있다. 또한, 웨이퍼 증착 공정을 통한 필터 배열 대량 생산이 가능함에 따라 고성능의 소형분광기를 낮은 가격에 제작할 수 있을 것으로 기대된다.



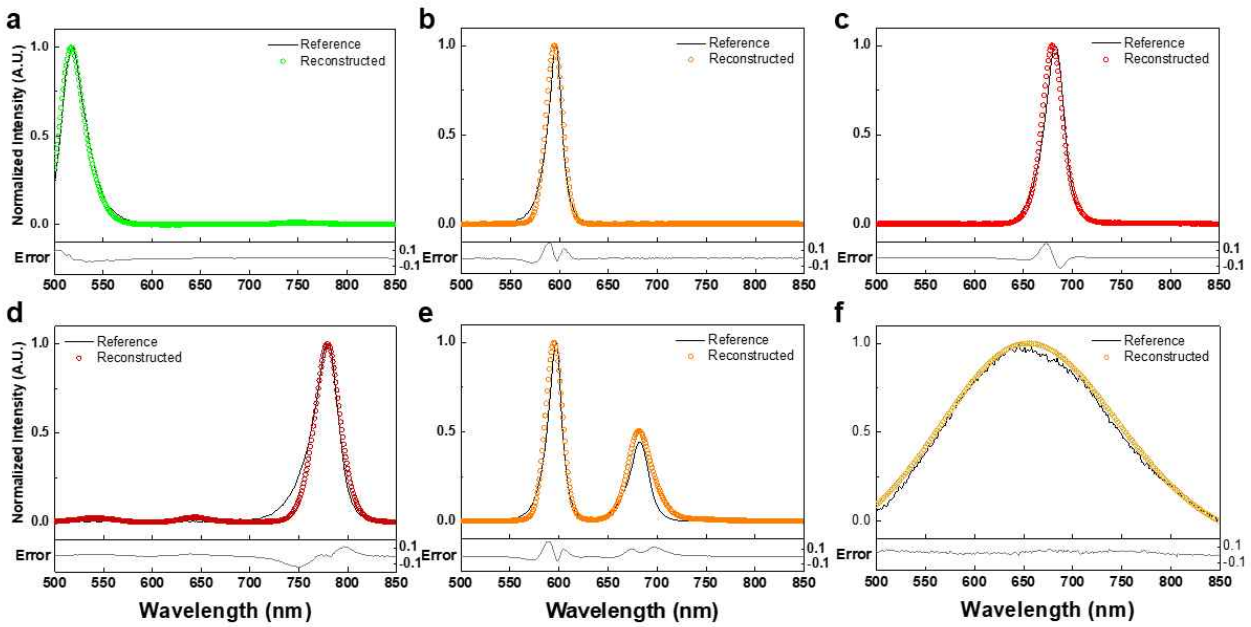
▲ 필터 배열 기반 계산 분광기. (a) CMOS 이미지 센서에 부착된 필터 배열 사진. (b) 필터 배열 디자인, (c) 필터 투과 특성, (d) CMOS 이미지 센서 양자 효율 (e) 필터와 CMOS 이미지 센서의 스펙트럼 감도, (f) 36개 스펙트럼 감도의 히트맵, (g) 스펙트럼 감도 사이의 상관계수 삼각 행렬

기존의 계산 분광기를 위한 필터 배열 제작 방식은 균일한 필터 배열을 생산하는데 어려움이 있었다. 그림자 마스크를 이용하는 스텐실 리소그래피 기술을 활용하여 36개의 배열을 균일하게 대량으로 생산할 수 있었다.



▲ 단색광원 복구 실험 결과. (a) 510 nm, (b) 600 nm, (c) 650 nm, (d) 700 nm, (e) 750 nm, (d) 840 nm

이흥노 교수는 "이번 연구를 통해 대량 생산이 가능한 계산 분광기를 만드는데 성공했다"면서, 연구성과의 후속으로 "기술사업화를 위해 투자를 유치하고 전 세계 수출을 목표로 휴대폰에 카메라처럼 탑재 가능한 모듈을 만들고자 한다"고 밝혔다.



▲ LED 및 할로겐 광원의 분광 정보 복원 결과. (a) 녹색 LED, (b) 주황색 LED, (c) 빨간색 LED, (d) 적외선 LED, (e) 주황색과 빨간색 LED, (f) 할로겐 광원

전기전자컴퓨터공학부 이흥노 교수(교신저자)가 주도하고, 김철순 연구원(제1저자)이 참여한 이번 연구성과는 한국연구재단 재원으로 도약연구지원사업의 지원을 받아 수행되었으며, 국제학술지 'Scientific Reports'에 2022년 3월 8일 온라인 게재되었다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Scientific Reports, Journal Impact Factor: 4.380 (20년 기준)
- 논문명 : Mass production-enabled computational spectrometers based on multilayer thin films
- 저자 정보 : Cheolsun Kim(제1저자, GIST 전기전자컴퓨터 박사 졸업), Pavel Ni(공저자, GIST 전기전자컴퓨터 박사 졸업), Kang Ryeol Lee (공저자, (주)에스엔아이), and Heung-No Lee(교신저자, GIST 교수)