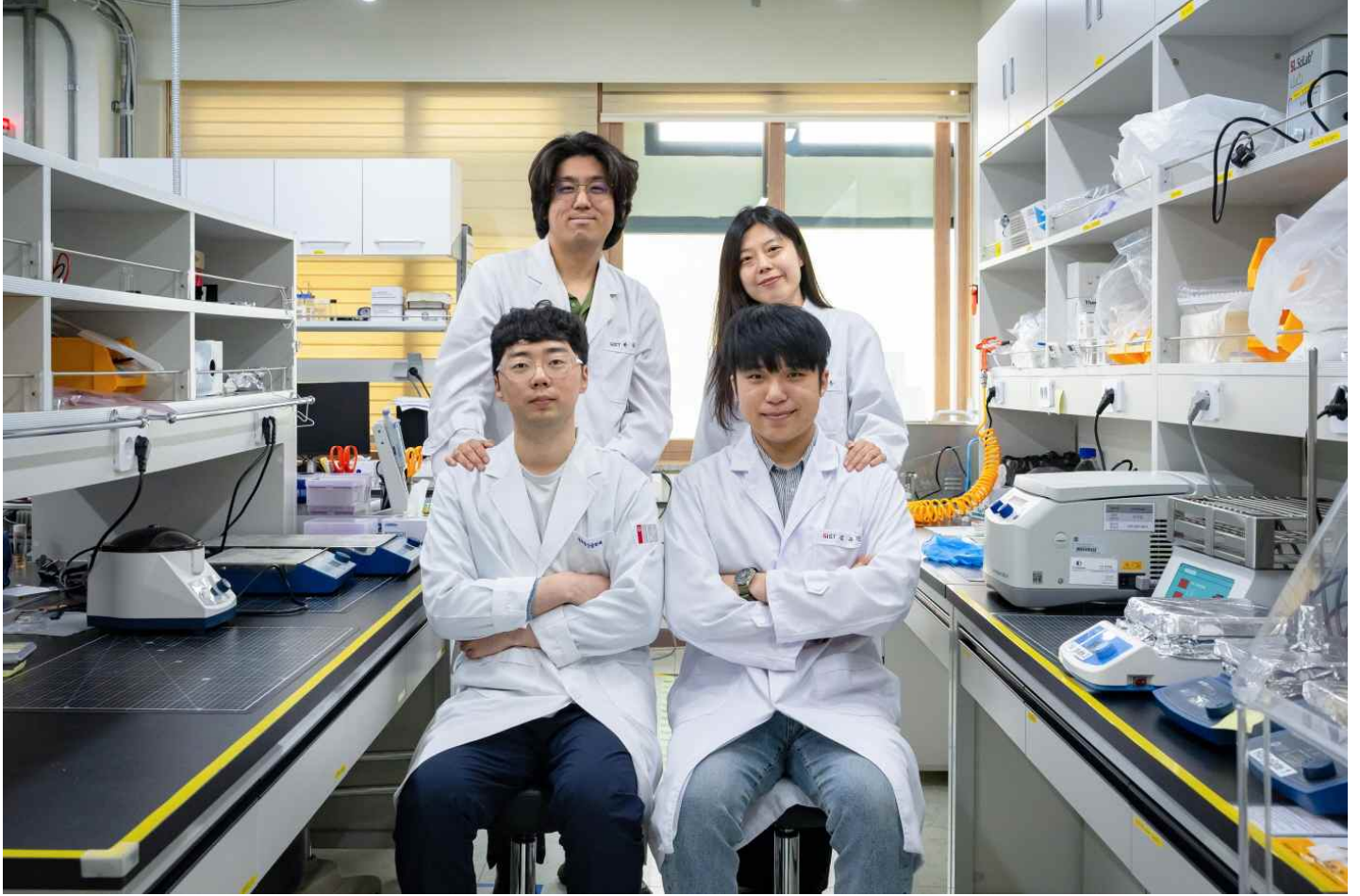


GIST, 비·안개에서도 시야 잃지 않는 라이다 센서 커버용 광학 코팅 개발

- 정현호 교수 연구팀, 펭귄 깃털을 모사해 자율주행용 무전력 방수, 방습 광소자 개발
- 햇빛만으로 6초 만에 습기 제거... 악천후에서도 라이다 신호 안정적으로 유지
- 대면적 제작 기술 및 내구성 검증을 통해 산업계 적용 가능 기대
- 국제학술지 《Nature Communications》 게재



▲ (뒷줄 왼쪽부터 시계방향으로) GIST 전기전자컴퓨터공학과 정현호 교수, 김도은 박사후연구원, 김규린 석박통합과정생, 이주형 석박통합과정생

비와 안개는 자율주행차의 눈 역할을 하는 라이다(LiDAR)*의 성능을 떨어뜨린다. 이에 따라 습기와 빗물에 의한 센서 성능 저하를 막을 수 있는 보호 기술 개발이 주목받고 있다.

* 라이다(LiDAR): 레이저를 이용해 주변 사물까지의 거리와 형상을 정밀하게 측정하는 광 센서 기술로, 자율주행차·로봇·스마트 모빌리티의 핵심 인지 장치로 활용된다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 전기전자컴퓨터공학과 정현호 교수 연구팀이 펭귄 깃털 구조를 모사한 '플라즈모닉 나선 구조체*'를 개발했다고 밝혔다.

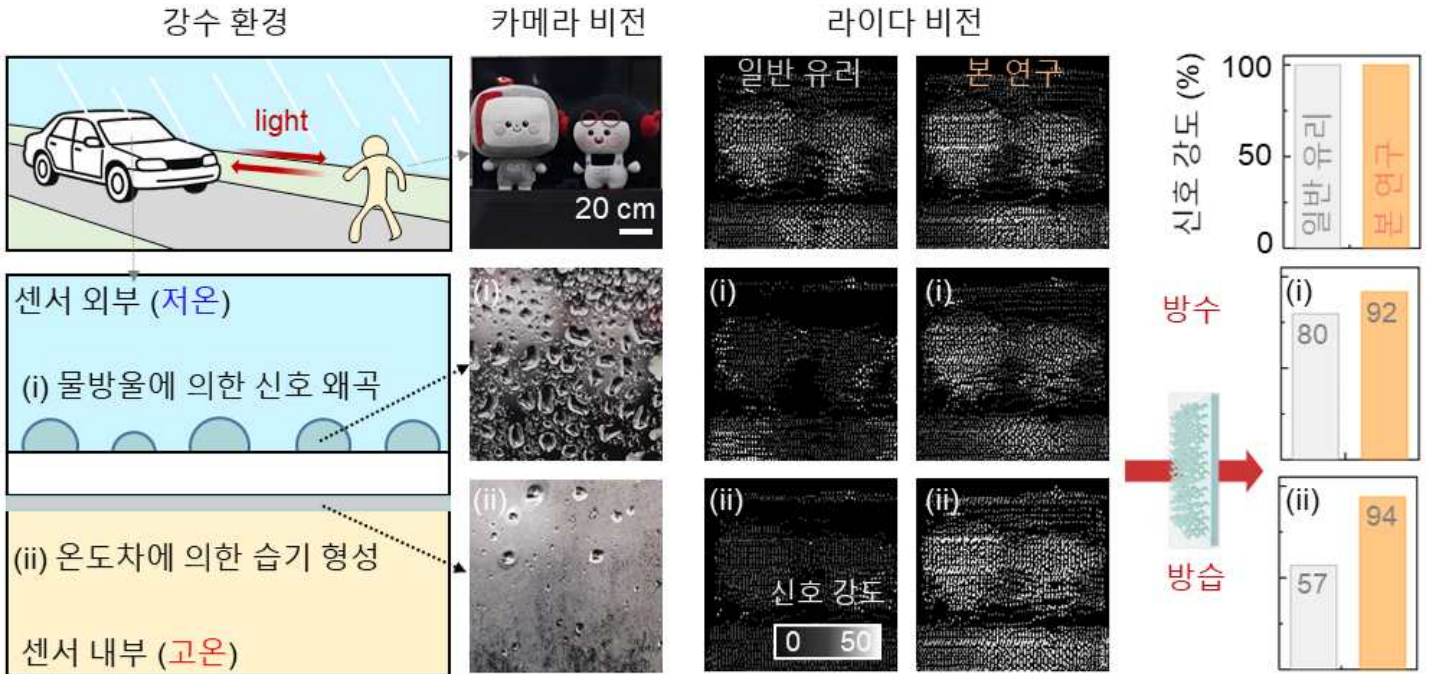
연구팀은 이를 활용해 별도의 전력 공급 없이 습기를 제거하고 빗물을 튕겨내는 광학 코팅 기술을 구현했으며, 악천후 환경에서도 라이다 신호를 안정적으로 수신할 수 있는 기반을 마련했다.

* 플라즈모닉 나선 구조체: 빛을 흡수해 열을 발생시키는 금속 나노입자와 물방울이 달라붙지 않도록

하는 나선형 미세구조를 결합한 인공 나노구조이다.

지금까지 개발된 김서림 방지 코팅과 발수 코팅은 각각 습기 제거 또는 물방울 제거에 특화돼 있어 두 기능을 동시에 구현하기 어려웠다.

또한 기존 광열 코팅은 햇빛을 열로 바꾸는 성능은 우수하지만, 라이다가 사용하는 근적외선 영역의 빛까지 함께 흡수해 센서 신호를 약화시키는 한계가 있었다.



▲ 악천후에서 발생하는 라이다 신호 저하 문제를 보여주는 도식. 악천후 상황에서 발생하는 라이다 신호 왜곡 문제를 나타내고, 일반 유리와 개발된 코팅을 적용한 경우의 라이다 영상 및 신호 강도를 비교했다.

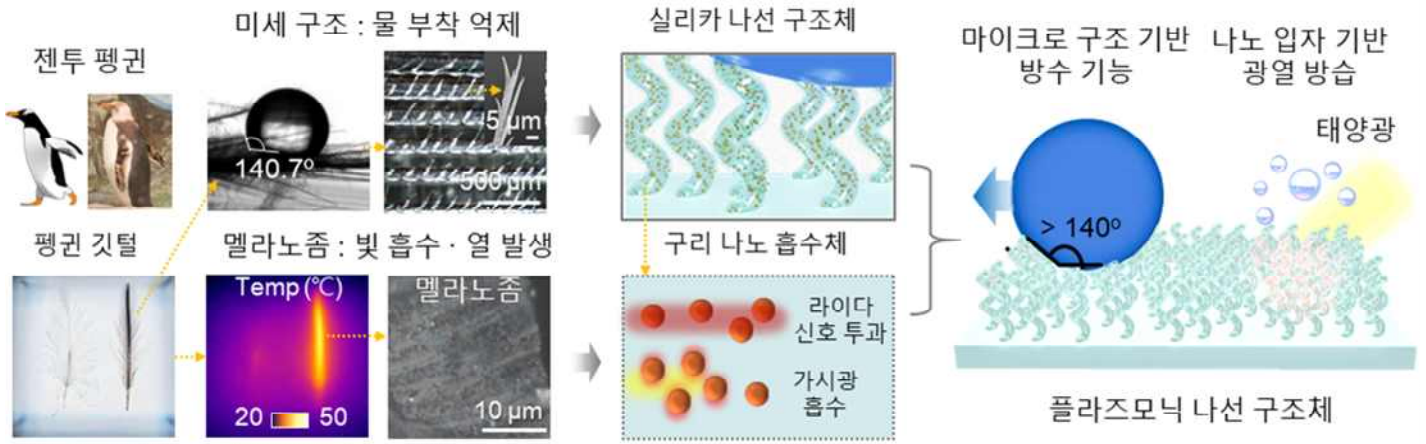
이에 연구팀은 극한 환경에서도 체온 유지와 방수를 동시에 수행하는 펭귄 깃털 구조에서 해답을 찾았다.

‘국립생태원 동물관리연구실 전시동물부’로부터 제공받은 펭귄 탈락 깃털 시료를 분석한 결과, 펭귄 깃털 속 나노 크기의 멜라노솜(melanosome)*이 빛을 흡수해 열을 발생시키고, 깃털 표면의 미세 구조가 물방울의 부착을 억제하는 역할을 한다는 점을 확인했다.

이러한 원리를 바탕으로 구리(Cu) 나노입자가 포함된 3차원 실리카(SiO₂) 나선 구조의 플라즈모닉 나선 구조체를 개발했다. 이 구조는 빛을 흡수해 열을 발생시키는 동시에 물방울의 부착을 억제해 습기 제거와 발수 기능을 동시에 수행한다.

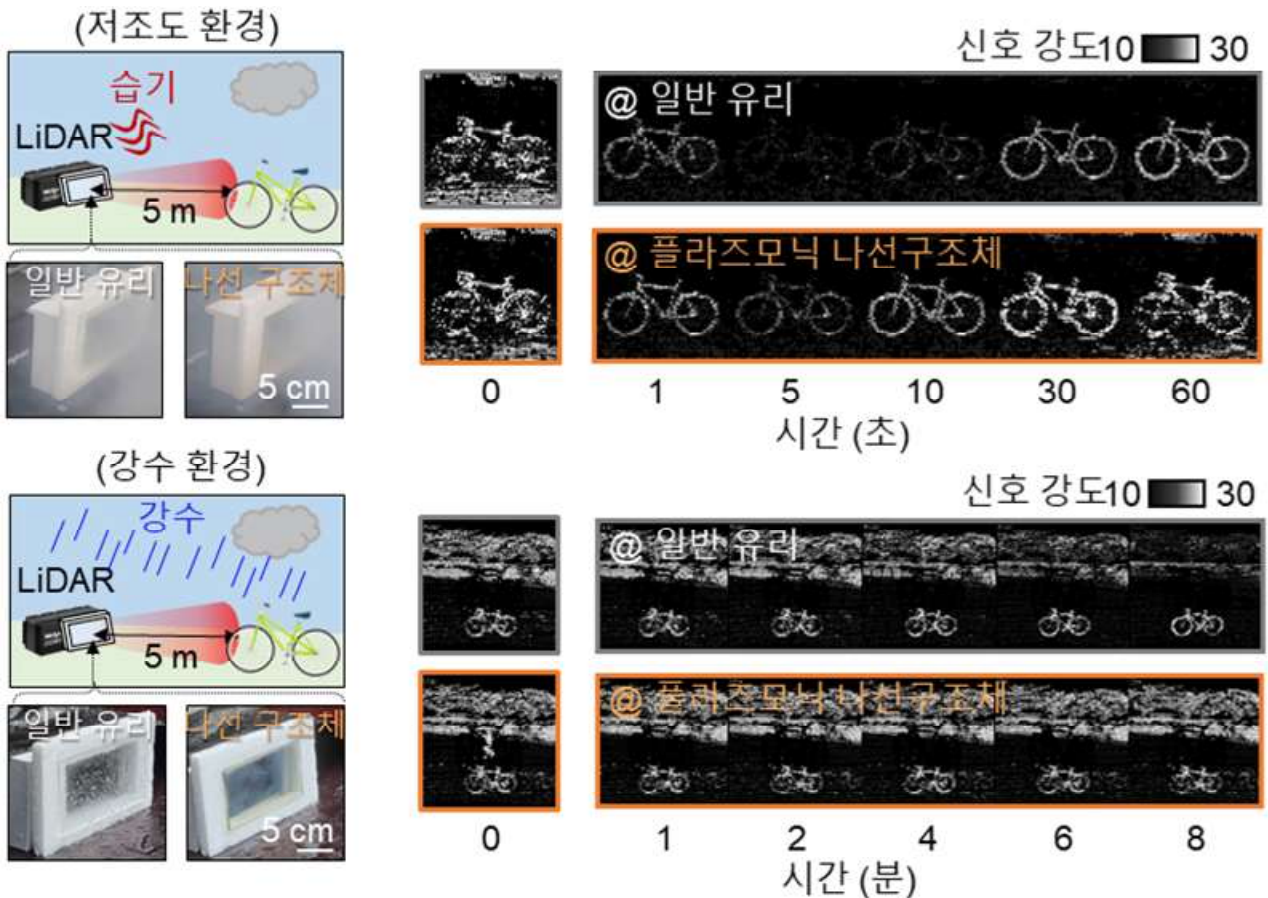
* 멜라노솜(melanosome): 동물의 털이나 깃털 속에 존재하는 나노 크기의 색소 입자로, 빛을 흡수해 색을 나타내거나 열을 발생시키는 역할을 한다.

플라즈모닉 나선 구조체가 적용된 코팅은 자율주행 라이다가 사용하는 근적외선(905nm) 영역에서 80% 이상의 투과율을 유지하면서도 햇빛만으로 습기를 빠르게 제거할 수 있었다.



▲ 펭귄 깃털 기능 모사 플라즈마 나선 구조체. 펭귄 깃털의 물 부착 억제 및 광열 발생 원리와 이를 모사한 플라즈마 나선 구조체의 방수 및 광열 방습 기능을 나타낸다.

일반적인 일조 조건에서 표면 온도는 약 9.3°C 상승했으며, 맺힌 습기는 6초 이내에 제거됐다. 실제 야외 라이다 실험과 내구성 평가에서도 안정적인 신호 수신 성능과 우수한 광학·발수 성능을 유지하는 것으로 확인됐다.



▲ 악천후 환경에서 라이다 동작 성능 검증. 저조도 환경 및 강수 조건에서 일반 유리와 플라즈마 나선 구조체의 라이다 영상 신호를 비교했다.

이번 연구를 통해 실제 차량용 센서 커버에 적용 가능한 성능과 내구성을 확보했다.

정현호 교수는 “별도의 전력 공급 없이 햇빛만으로 습기 제거와 발수 기능을 동시에 구현하면서도 라이다 신호를 저해하지 않는 새로운 개념의 광학 플랫폼을 제시한 것”이라며 “향후 자율주행차를 비롯해 로봇, 드론, 스마트 윈도우 등 다양한 야외 광학 시스템의 안정성을 높이는 데 활용될 것으로 기대한다”고 말했다.

연구팀은 이번 연구에 활용된 펭귄 깃털 시료를 기탁한 국립생태원에 감사의 뜻을 전했다.



▲ 연구에 활용된 '펭귄 탈락 깃털' 시료를 제공한 전투펭귄의 모습이다. 시료는 국립생태원 동물관리연구실 전시동물부에서 제공받았다. [국립생태원 제공]

전기전자컴퓨터공학과 정현호 교수가 지도하고 이주형 석박통합과정생, 김규린 석박통합과정생이 공동 제1저자로 참여한 이번 연구는 과학기술정보통신부와 한국연구재단의 우수신진연구사업, GIST 연구과제, 과학기술정보통신부 지스트-이노코어 (GIST-InnoCORE) 사업의 지원을 받았다.

연구 결과는 국제학술지 《네이처 커뮤니케이션즈(Nature Communications)》에 2026년 6월 27일 온라인으로 게재됐다.

한편 GIST는 이번 연구 성과가 학술적 의의와 함께 산업적 응용 가능성까지 고려한 것으로, 기술이전 관련 협의는 기술사업화센터(hgmoon@gist.ac.kr)를 통해 진행할 수 있다고 밝혔다.

논문 정보

○ 논문명, 저자 정보

- 저널명 : Nature Communications (IF: 15.7, Multidisciplinary Science 분야 상위 7.4% 2024년 기준)

- 논문명 : Plasmonic nanocomposite helices for weather-adaptive LiDAR function
- 저자 정보 : 이주형(공동 제1저자, GIST 전기전자컴퓨터공학과 석박통합과정생), 김규린(공동 제1저자, GIST 전기전자컴퓨터공학과 석박통합과정생), 김도은(공동 저자, GIST 전기전자컴퓨터공학과 박사후연구원), 김현민(공동 저자, GIST 전기전자컴퓨터공학과 석박통합과정생), 한장환(공동 저자, GIST 전기전자컴퓨터공학과 박사후연구원), 정현호(교신저자, GIST 전기전자컴퓨터공학과 교수)