

GIST, 북극 순록의 눈 본뜬 나노 광필터 개발...

햇빛에도 색상 왜곡 없어 자율주행차 등 활용 가능

- GIST 정현호·송영민 교수 공동연구팀, 머리카락 2000분의 1 두께 나노 광필터 세계 최초 개발.. 전력 사용량은 50% 절감하고 변조 속도는 50% 높여
- 자율주행차, 이동형 로봇, CCTV 등 활용 기대.. 계가계측 분야 저명 국제학술지 「Microsystems & Nanoengineering」 게재



▲ (왼쪽부터) 김도은 연구원(박사과정), 정현호 교수, 김규린 연구원(통합과정), 김주환 연구원(통합과정)
북극 지역에 서식하는 순록은 여름철 황금색을 띠던 눈동자가 겨울철이 되면 파란색으로 변한다. 파란색 눈은 극지방 동절기의 청색광 환경에서 빛 흡수를 극대화하는데 이는 쌓인 눈 속 먹이 찾기에 유리하게 진화한 것이다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 전기전자컴퓨터공학부 정현호 교수와 송영민 교수 공동연구팀이 북극 순록의 눈에서 영감을 받아 **전기적으로 빛의 투과도***를 조절하여 외부 빛의 색상에 관계없이 물체의 색상을 일정하게 유지시키는 능동 나노 광필터를 개발했다고 밝혔다.

빛을 투과하거나 차단하는 on/off 두 가지 상태만 구현되었던 기존 능동 광필터와는 달리, 이번 연구에서 개발된 소자는 **연속적으로 색상을 변경하여 색온도를 따뜻한 색에서 차가운 색으로 자유롭게 변화시킬 수 있어 자율주행차, 이동형 로봇, CCTV 등에서 활용이 기대된다.**

* 투과도: 물체에 빛을 쏘았을 때 들어온 빛의 세기 대비 통과한 빛의 세기를 말한다.

북극의 순록은 계절마다 색상이 변하는 태양 빛에 적응하기 위해 눈 내부에 있는 **휘판***의 반사도를 조절한다. 이를 통해 계절에 관계없이 물체를 일정한 색으로 볼 수 있는 **색상 보정 능력**을 갖는다.

* **휘판**: 많은 척추동물 눈 안에 있는 기관으로, 망막의 바로 뒷부분에 놓여 빛을 반사하여 시신경이 볼 수 있을 만큼 빛을 전달하는 기관을 말한다.

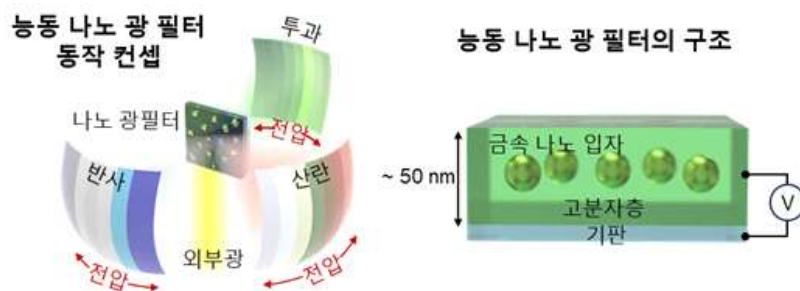


▲ **계절에 따라 적응하는 북극 순록의 눈**: 북극 순록은 계절에 따라 눈의 색상이 바뀌며 이는 태양광 색상에 적응하여 휘판의 반사도가 변화하기 때문이다 외부 빛 조건에 적응하는 눈을 통해 일반적으로는 계절에 따라 물체의 색이 달라지지만 북극 순록은 동일한 색상으로 본다.

연구팀은 **금속 나노입자와 전기적으로 동작하는 고분자***가 혼합된 구조체를 사용하여 전기 신호에 따라 색을 변조할 수 있는 **능동 광 제어 기능**을 부여했다.

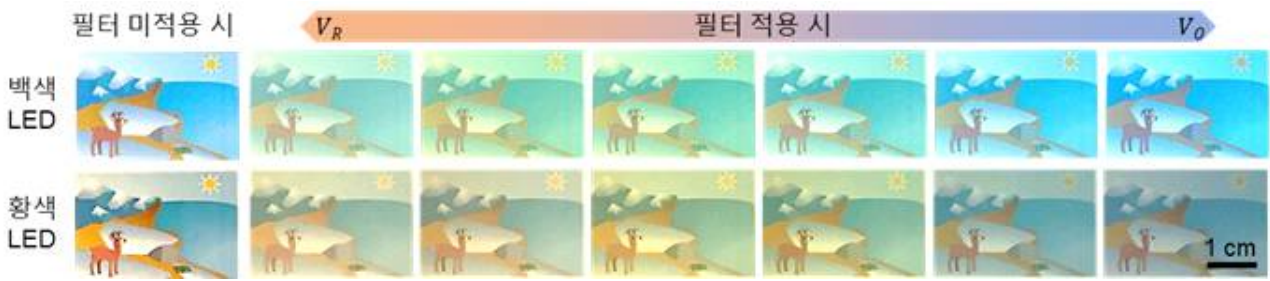
이 소자는 **50 나노미터(대략 머리카락 두께의 2000분의 1) 두께**만으로 물체의 색상을 보정하는 **세계 최초의 필터**로서, 종전의 색상 보정 필터 기술(세계 최고 수준 기준)과 비교해 전력 사용량을 **50%($0.4\mu\text{W}/\text{cm}^2 \rightarrow 0.15\mu\text{W}/\text{cm}^2$)** 낮추고 변조 속도는 **1.5배($0.2 \text{ Hz} \rightarrow 0.3 \text{ Hz}$)** 향상시켰다.

* **고분자**: 분자량이 낮은 분자가 수없이 많이 연결되어 이루어진 높은 분자량의 물질을 말한다.



▲ **북극 순록에서 영감을 얻은 능동 나노 광필터**: (좌) 능동 나노 광필터의 동작 개략도, 전압 변화에 따른 광학 특성 변화를 통해 색 필터링, 변조 능력을 갖는다. (우) 능동 나노 광필터의 구조로 금속 나노 입자와 전기 신호에 따라 광학 특성 (굴절률)이 바뀌는 고분자의 혼합 구조로 구성된다.

이번 연구 결과는 **카메라 이미지 기반으로 물체를 인지하는 객체 인지 성공률을 높이기 위한 소자**로 활용할 수 있으며, 자율주행차에 적용할 경우 낮과 밤(자연광), 터널 운전(인조광) 등 **빛 조건이 불규칙하게 변화하는 상황에서 주행하더라도 색상의 왜곡 없이 물체 인지가 가능하다.**



▲ 북극 순록 눈에서 영감을 얻은 능동 나노 광필터의 빛 조건에 따른 물체 색 유지 능력: 백색광과 황색광 두 가지 광원으로 물체를 볼 때 제작된 필터를 적용하면 동일한 색으로 보정 가능.

제1저자인 김규린 학생은 "이번 연구는 플라즈모닉스*를 실제 산업 분야에 적용할 수 있다는 점에서 의미가 있다"며 "특히 복잡한 구조체 없이 수십 나노미터의 얇은 두께로 구현할 수 있어 향후 객체 인지 기술 개발에 도움을 줄 수 있을 것"이라고 설명했다.

* 플라즈모닉스(Plasmonics): 금속 내의 전자가 빛을 받았을 때 상호작용을 일으키는 현상을 말한다. 정현호 교수의 나노시스템 연구실은 반도체 공정법을 이용한 3차원 나노구조체 제작을 시작으로 나노디스플레이 및 적응필터, 카이랄성을 이용한 센서 및 나노로봇 등 나노기술 기반의 다양한 연구를 이어 가고 있다.

이번 연구 결과에 대해 정 교수는 "미량의 전압으로 빛의 색을 제어한다는 발상이 관심을 끄는 연구"라고 평하며, "우리 연구실이 앞으로 계속 선보일 많은 흥미로운 연구의 '신호탄'으로 봐 달라"고 주문했다.

전기전자컴퓨터공학부 정현호 교수와 송영민 교수가 지도하고 김규린, 김도은, 고소은, 한장환, 김주환, 고주환 연구원이 수행한 이번 연구는 과학기술정보통신부와 한국연구재단이 추진하는 미래유망융합기술파이오니어사업의 지원을 받았으며, 계기 및 계측(Instruments & Instrumentation) 분야 상위 3% 저널인 '마이크로시스템 앤 나노엔지니어링(Microsystems & Nanoengineering)'에 2024년 2월 1일 온라인으로 게재됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Microsystems & Nanoengineering (IF: 7.7, Instruments & Instrumentation 분야 상위 3%, 2023년 기준)
- 논문명 : Programmable directional color dynamics using plasmonics
- 저자 정보 : 김규린(제1저자, GIST), 김도은, 고소은, 한장환, 김주환, 고주환, 송영민 (교신저자), 정현호 (교신저자)