

금 나노막대를 이용한 빛의 회전 구현

(2026.05.12., 양자정보연구지원센터)

□ 금 나노막대를 이용한 빛의 스핀 제어 기술 개발

- 빛(light)의 스핀(spin), 즉 원형 편광(circular polarization)은 광통신, 정보 저장, 양자정보처리 분야에서 핵심적으로 활용되는 특성임
 - 일반적으로 빛의 편광은 빛이 통과하거나 상호작용하는 물질의 형태와 구조에 의해 결정됨
 - 특히 나노미터(nm) 크기 영역에서는 구조의 모양이 편광 특성을 강하게 좌우하기 때문에, 회전하는 빛(원형 편광)을 생성하기 위해서는 복잡한 비대칭(chiral) 구조가 필요하다는 한계가 존재함.
 - 예를 들어 길쭉한 나노구조는 라디오 안테나처럼 긴 축 방향으로 선형 편광(linear polarization)을 형성하는 경향이 있어, 빛의 회전을 구현하기 어려웠음

□ 도쿄이과대학교 연구진, 단순 나노구조에서 원형 편광 구현

- 일본 도쿄이과대학교(Tokyo University of Science)와 일본 분자과학연구소(Institute for Molecular Science) 공동연구진은 단순한 금 나노막대(gold nanorod) 구조만으로 빛의 회전을 유도하는 새로운 방법을 개발함
 - 연구는 물리학과 마크 새드그로브(Mark Sadgrove) 교수가 주도하였으며, 연구 결과는 2026년 2월 학술지 Nano Letters 에 게재됨
 - 연구진은 길이 약 150nm의 금 나노막대에 전자빔(electron beam)을 중심에서 약간 벗어난 위치(off-center)로 조사하면, 나노막대 주변 빛이 회전 특성을 가지게 된다는 사실을 확인함.
 - 이는 기존처럼 복잡한 구조를 제작하지 않고도 빛의 스핀을 생성할 수 있다는 점에서 중요한 의미를 가짐

□ 비대칭 자극을 통한 빛의 회전 생성 원리

- 연구진은 해당 현상을 일상적인 예시로 설명함
 - 책상 위에 놓인 펜의 한쪽 끝을 튕기면 펜이 앞으로 이동하는 동시에 회전하는 것처럼, 나노막대 역시 중심에서 벗어난 힘을 받으면 비대칭 운동이 발생하게 됨.
 - 실제로 전자빔이 나노막대 중심에서 멀리 떨어질수록 빛의 회전 특성(spin)은 더욱 강해지는 것으로 나타남.
 - 특히 기존에는 길쭉한 구조에서 선형 편광만 생성될 것으로 예상되었으나, 비대칭 자극만으로도 원형 편광이 생성될 수 있음을 입증함.
 - 이는 단순 구조 기반 광 스핀 생성 메커니즘을 제시한 새로운 접근으로 평가됨

□ 광섬유를 활용한 빛의 스핀 검출 성공

- 연구진은 빛의 회전 여부를 검증하기 위해 특수 초박형 광섬유(optical fiber)를 활용한 실험을 수행함
 - 일반적인 광학 실험에서는 빛의 밝기만 측정할 수 있어 원형 편광 여부를 직접 확인하기 어려움
 - 이에 연구진은 빛의 회전 방향에 따라 광섬유 내부에서 진행 방향이 달라지는 특수 광섬유를 사용함
 - 시계 방향으로 회전하는 빛과 반시계 방향으로 회전하는 빛이 서로 다른 방향으로 이동하는 특성을 이용하여, 빛의 스핀 상태를 정밀하게 측정할 수 있었음
 - 또한 전자빔 위치를 나노막대의 한쪽에서 다른 쪽으로 이동시키자 광섬유 내부 빛의 진행 방향 역시 반대로 바뀌었으며, 이를 통해 빛의 회전 방향이 전환되었음을 확인함
 - 실험 결과는 시뮬레이션 예측과도 매우 잘 일치하는 것으로 나타남

□ 차세대 광학·양자소자 응용 가능성 확대

- 이번 연구는 단순한 나노구조에서도 빛의 스핀을 효율적으로 생성·제어할 수 있음을 입증한 성과로 평가됨
- 특히 단일 광자(single photon) 수준에서도 빛의 스핀 제어가 가능할 것으로 기대되어 양자광학 및 양자통신 분야 활용 가능성이 높음.
- 또한 집적형 광회로(integrated optical circuit)에서는 작은 공간 안에서 빛을 효율적으로 제어하는 기술이 매우 중요한데, 이번 방식은 구조가 단순하고 소형화가 가능하다는 장점을 가짐
- 향후 해당 기술은 광 기반 정보 인코딩, 신호 전송, 광 스위칭 및 양자정보처리 기술 등에 적용될 수 있을 것으로 전망됨
- 연구진은 앞으로 다양한 나노구조와 소재를 활용해 빛의 스핀 제어 기술을 더욱 정밀화하고, 차세대 포토닉(photonic) 및 양자기술 개발에 활용할 계획임

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/04/13/making-light-spin-with-a-gold-nanorod/>