

양자 센서, 새로운 유형의 자기 현상 규명 가능성 제시

(2026.06.24., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 센서로 새로운 자기 현상 발견 가능성, 연구 결과 발표

- 양자 센서 활용 신형 자성체(알터자성체) 식별 기술 제안
 - 미국 University at Buffalo 연구진이 최근 발견된 새로운 자성체인 Altermagnetism(알터자성체)을 보다 쉽게 식별할 수 있는 양자 센싱 기술을 제안함
 - 연구 결과는 Physical Review Letters에 게재되었으며, 다이아몬드 내 미세 자기 결함을 활용해 알터자성체의 존재 여부를 판별하는 이론적 방법을 제시함
 - 연구진은 해당 기술이 차세대 전자소자의 핵심 소재로 주목받는 알터자성체 연구를 가속화하는 중요한 실험적 기반이 될 것으로 기대함
- 기존 자성체와 차별화되는 제3의 자성체 ‘알터자성체’
 - 지난 약 100년 동안 자성체는 크게 강자성체(Ferromagnet)와 반강자성체(Antiferromagnet) 두 종류로 구분되어 왔음
 - 강자성체는 전자 스핀이 같은 방향으로 정렬되어 외부 자기장을 형성하는 일반적인 자석으로, 냉장고 자석이나 컴퓨터 메모리 등에 활용됨
 - 반강자성체는 인접한 전자 스핀이 반대 방향으로 배열되어 전체 자기장이 상쇄되며, 외부에서는 자성이 거의 나타나지 않음
 - 반강자성체는 에너지 효율이 높고 빠른 정보 처리 특성을 보유하지만 제어가 어려운 한계가 있음
 - 최근 10년 사이 발견된 알터자성체는 전체적으로는 반강자성체처럼 자기장이 상쇄되지만, 전자의 거동은 강자성체와 유사한 특성을 나타냄
 - 이에 알터자성체는 반강자성체의 고속 스위칭 특성과 강자성체의

제어 용이성을 동시에 갖춘 새로운 자성체로 평가받고 있음

○ 알터자성체 개념의 등장 배경

- 2019년 독일 Johannes Gutenberg University Mainz 연구진은 기존 이론으로 설명되지 않는 자기 현상을 분석하는 과정에서 알터자성체 개념을 처음 제안함
- 연구진은 산화루테늄(Ruthenium Dioxide)이 반강자성체처럼 순자화(net magnetization)는 없지만 전류가 흐를 경우 강자성체와 유사한 특성을 나타낼 것으로 예측함
- 이러한 분석 결과를 바탕으로 기존 강자성체 · 반강자성체와 구별되는 새로운 자성 형태인 알터자성체 이론이 정립됨

○ 알터자성체의 기술적 가치

- 알터자성체는 전자 스핀 구조가 복잡하게 배열되어 있어 전체 자기장은 상쇄되지만 전자의 이동과 정보 전달 과정에서는 강자성체와 유사한 효과를 제공함
- 이러한 특성은 초고속 정보 저장 및 처리 기술 구현에 유리하며, 기존 전자소자 대비 전력 소모를 크게 줄일 것으로 기대됨
- 특히 차세대 스핀트로닉스(Spintronics) 및 저전력 반도체 기술의 핵심 소재 후보로 주목받고 있음
- 연구진은 알터자성체가 상용화될 경우 정보 전송 효율을 획기적으로 향상시키고 전자기기의 소형화 및 저전력화를 가능하게 할 것으로 전망함

○ 다이아몬드 기반 양자 센싱 원리

- 연구진은 알터자성체 후보 물질을 질소-공공(Nitrogen-Vacancy, NV) 결함을 포함한 다이아몬드와 인접하게 배치하는 방식을 제안함
- NV 결함은 질소 원자와 인접 탄소 원자 공백으로 형성되는 미세 자기 결함으로, 주변 자기장의 변화에 매우 민감하게 반응함
- 연구자는 해당 결함의 자기 스핀을 다양한 방향으로 회전시키고

스핀이 원래 상태로 복귀하는 속도(이완 속도)를 측정함

- 특정 방향에서 이완 속도가 더 빠르게 나타날 경우 알터자성체에서 예측되는 복잡한 스핀 배열의 존재를 확인할 수 있음
- 이를 통해 물질 내부의 미세한 자기 구조를 비파괴적으로 분석할 수 있음

○ 기존 측정 기술 대비 장점

- 제안된 양자 센싱 기술은 측정 과정에서 물질에 미치는 영향을 최소화하는 비침습적(non-invasive) 방법임
- 기존 측정 기법은 강한 자기장이나 외부 자극을 가해 물질의 원래 특성을 변화시킬 가능성이 있었음
- 반면 다이아몬드 기반 양자 센서는 물질을 크게 교란하지 않으면서도 방향성 자기 패턴을 정밀하게 탐지할 수 있음
- 연구진은 이러한 특성이 알터자성체 후보 물질을 검증하는 데 중요한 장점이 될 것으로 평가함.

○ 향후 전망 및 과제

- 현재 제안된 양자 센싱 시스템은 양자 동역학 시뮬레이션에 기반한 이론 단계에 머물러 있음
- 실제 실험을 통해 알터자성체를 안정적으로 검출할 수 있는지에 대한 검증이 필요함
- 연구진은 이론이 실험적으로 입증될 경우 200종 이상으로 예상되는 알터자성체 후보 물질 탐색이 크게 가속화될 것으로 전망함
- 알터자성체의 실용화는 차세대 저전력·고속 전자소자 개발과 정보처리 기술 혁신에 중요한 전환점이 될 것으로 기대됨

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/06/01/study-quantum-sensor-may-be-able-to-identify-new-type-of-magnetism/>