

새로운 양자 물질, 암흑물질 탐색 획기적으로 향상시킬 가능성

(2026.10.19., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 물질로 경량 암흑물질 탐색 감도 획기적 향상

○ 양자 물질을 활용한 경량 암흑물질 탐색 방법 제안

- 암흑물질은 빛을 방출 · 흡수 · 반사하지 않아 직접 관측이 어려우며, 일반 물질과 상호작용할 때 발생하는 극미량의 에너지 신호를 통해 탐색해야 함
- 특히 경량 암흑물질은 상호작용 에너지가 매우 작아 기존 검출 물질로는 탐지하기 어려운 한계가 있음
- 연구진은 이러한 미세한 에너지 전달을 증폭할 수 있는 양자 물질로 티타늄 디셀레나이드(TiSe_2), 스트론튬 루테네이트(Sr_2RuO_4), 홀 도핑 다이아몬드(hole-doped diamond)를 제시함

○ 저에너지 집단 전자 여기 현상을 이용해 신호 증폭

- 세 물질은 모두 플라즈몬(plasmon)과 같은 저에너지 집단 전자 여기 현상을 가지고 있어 경량 암흑물질과의 미세한 상호작용에 상대적으로 강하게 반응할 수 있음
- 연구진은 제일원리 양자역학 시뮬레이션을 통해 각 물질의 암흑물질 상호작용에 대한 반응을 계산함
- 그 결과 기존 주요 후보 물질보다 넓은 암흑물질 질량 영역을 탐색할 수 있으며, 특히 TiSe_2 기반 검출기는 기존 기준 물질 대비 감도를 최대 2~3자릿수(order of magnitude) 향상시킬 수 있는 것으로 나타남

○ 방향성 검출을 통한 암흑물질 신호 식별 가능성

- 제안된 물질 중 2개는 암흑물질 입자가 결정 구조에 대해 어느

방향에서 입사하는지에 따라 검출 신호가 달라지는 방향성(directional) 감도를 보임

- 지구의 자전에 따라 암흑물질 입자의 상대적인 입사 방향이 변화하면서 검출 신호에 예측 가능한 일일 변조가 나타날 수 있음
- 이를 활용하면 실제 암흑물질 신호와 배경 잡음을 구별하는 데 도움이 될 것으로 기대됨

○ 실제 검출기 적용 가능성 및 향후 연구

- 세 가지 물질 모두 기존 합성 기술을 활용해 제작할 수 있으며, 특히 TiSe_2 는 대규모 생산에 적합한 후보로 평가됨.
- 기존 저에너지 임계값 검출 기술과 결합할 경우, 경량 암흑물질 탐색 감도를 높이는 차세대 검출기 개발로 이어질 가능성이 있음
- 연구진은 이번 연구가 세 가지 물질에 국한되지 않고, 다양한 양자 물질에 존재하는 미탐색 저에너지 집단 여기 현상을 암흑물질 검출에 활용할 수 있는 새로운 연구 분야를 제시한다고 설명함

○ 방향성 검출을 통한 신호 식별 및 차세대 검출기 개발 가능성

- 일부 제안 물질은 암흑물질 입자의 입사 방향에 따라 신호가 달라지는 특성을 보여, 지구 자전에 따른 일일 신호 변화를 활용해 암흑물질 신호와 배경 잡음을 구별할 수 있을 것으로 기대됨
- 세 물질 모두 기존 기술로 합성이 가능하며, 기존 저에너지 검출 기술과 결합해 차세대 암흑물질 검출기 개발에 활용할 수 있고, 향후 다양한 양자 물질로 연구가 확대될 가능성이 있음

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/09/14/new-quantum-materials-could-dramatically-boost-the-search-for-dark-matter/>