상온에서 안정적인 큐비트 생성

(2024.01.17., 양자정보연구지원센터)

□ **일본 연구팀, 양자 결맞음을 상온에서 달성 발표(Science Advances)**

○ 양자 컴퓨팅과 감지 기술에 중요한 발전을 나타냄

- 양자 컴퓨팅은 컴퓨팅 기술의 다음 주요 발전으로, 양자 감지는 양자 역학적 큐비트의 양자적 특성을 활용한 감지 기술
- 여러 시스템이 큐비트 구현에 사용되며, 그 중 하나는 전자의 내재된 스핀을 이용하는 방법, 현재까지 4개의 전자를 얽혔고 외부 분자에 반응하는 양자 감지 달성은 어려웠음

○ Chromophore(빛을 흡수하고 색을 방출하는 염료 분자)를 금속-유기 프레임워크(MOF, metal-organic framework)에 포함시킴으로써 가능해짐

- 크로모포어는 상온에서 원하는 전자 스핀을 singlet fission 과정을 통해 전자를 여기시키는 데 사용될 수 있음, 상온에서는 양자 비트에 저장된 양자 정보가 양자 중첩과 얽힘을 잃게 되는 문제가 있음
- 크로모포어를 펜타신(5개의 벤젠 고리로 이루어진 polycyclic aromatic hydrocarbon) 기반으로 한 UiO형 MOF에 도입, 분자 운동을 억제하고 상온에서 양자 결맞음을 달성함
- 이 MOF 구조는 펜타신 유닛 내 충분한 운동을 가능하게 하여 전자가 삼중 상태에서 quintet 상태로 전이할 수 있었으며, 상온에서 **quintet multiexciton 상태의 양자 결맞음을 유지**하기에 충분히 분자 운동을 억제함

○ **얽힌 quintet의 상온 양자 결맞음을 처음으로 생성**

- 마이크로파 펄스로 전자를 광자극한 결과, 상온에서 100나노초 이상에 걸쳐 상태의 양자 결맞음을 관찰할 수 있었음

- 결맞음 시간은 나노초 동안만 관찰되었지만, 이 결과는 상온에서 여러 큐비트 생성을 위한 물질 설계의 길을 열 것으로 예상됨

ㅇ quintet multiexciton 상태 큐비트 생성이 가능

- 다중 양자 게이트 제어 기반의 상온 분자 양자 컴퓨팅과 다양한 대상 화합물의 양자 감지를 가능케 할 것임

ㅇ 금속-유기 구조(MOF)에서 얽힌 multiexcitons의 실온 양자 결맞음

- 다양한 유형의 큐비트 중에서 분자 물질을 사용하는 경우, 특정 큐비트 구조를 정확하게 생성할 수 있는 능력, 화학 구조를 변경하여 큐비트 특성을 제어할 수 있는 능력, 많은 큐비트를 통합할 수 있는 확장성 등의 장점이 있음
- 대부분의 큐비트는 극저온이 필요하지만, 일부 분자 큐비트는 광여기(photoexcitation)에 의해 초기화될 수 있으므로 상온에서 양자 컴퓨팅 및 생명체의 양자 감지에 특히 유망함
- 광생성된(photogenerated) 분자 큐비트 중 singlet fission(SF)은 high-spin quintet 상태를 생성할 수 있는 고유한 특징으로 고급 논리 게이트 작동 및 얽힘 강화 감지에 유용함
- SF는 하나의 광여기된(photoexcited) singlet(S1)에서 두 개의 triplet 엑시톤(T1)이 생성되는 과정으로 태양전지의 효율을 향상시키기 위해 에너지 분야에서 주로 연구되어 옴
- SF에서 파생된 quintet multiexciton는 CNOT 게이트 연산관 같은 다중 큐비트를 사용하는 분자 양자 컴퓨티의 향후 개발에서 중요한 역할을 할 수 있음
- 5TT는 빛에 의해 생성될 수 있을 뿐만 아니라 SF의 역과정인 triplet-triplet 소멸을 통해 빛의 의해 감지될 수 있으므로 단일 스핀 수준에서 해결할 수 있는 가능성이 있음

(원문)

1. https://phys.org/news/2024-01-generating-stable-qubits-room-temperature.html