

큐비트, 복잡한 환경에서도 지속될 수 있음

(2024.01.23., 양자정보연구지원센터)

- 큐비트가 환경으로부터 보호되는 다양한 방법 이해 및 최적화 연구
 - 양자 컴퓨터의 핵심 구성요소인 큐비트 디자인할 때 깨끗한 선과 미니멀리즘 같은 디자인 동향이 중요함
 - 양자 정보를 오래 유지할 수 있는 큐비트를 만드는 것은 실용적인 양자 컴퓨팅에 큰 장벽 중 하나임
 - 큐비트의 긴 수명, 즉 ‘결맞음(coherence)’ 을 유지하는 것이 핵심, 이를 위해서 깨끗한 환경이 필요함
 - 그러나 일반적으로 큐비트는 환경과 상호작용하면서 정보를 잃게 되는 결잃음(decoherence) 현상을 갖게 됨
 - 전통적으로 큐비트를 다른 방해 요소들로부터 서로 멀리 떨어뜨리는 것이 일반적인 전략으로 여겨져 였음
 - 실제 큐비트 설계에 대한 ‘최소화(minimalistic)’ 접근 방식은 문제가 있음
 - 적합한 초순수 물질을 찾는 것이 어렵고, 큐비트를 극도로 희석하는 것은 결과적으로 기술 확장을 어렵게 만들
 - 이에 PSI(Paul Scherrer Institute), ETH Zurich 및 EPFL 연구자들은 큐비트 혼잡한 환경에서도 오랜 수명을 가질 수 있는 방법 제시
 - 쓰레기에서 보석 채취
 - 희귀 희토류 금속 테르븀(terbium) 사용하여 고체 상태 큐비트를 생성, 이는 결정 속에 많은 양의 테르븀 이온이 존재하는 상황에서 기대 이상의 긴 결맞음을 갖는 큐비트 보석들이 발견됨
 - 일반적인 방법으로 희귀 희토류 이온을 희석시켜 단일 이온을 얻는 것보다, 결정 안에서 희귀 희토류 이온을 넣고 보석을 쓰레기

로부터 골라냄으로써 효과적인 전략임을 입증함

- 희토류 이온으로 큐비트가 생성되면 일반적으로 위 또는 아래를 향할 수 있는 핵 스핀과 같은 개별 이온의 특성이 이 2-상태(two state) 시스템으로 사용됨

○ 페어링(pairing)하면 보호 기능이 제공됨

- 이 연구에서 주목할 점은 큐비트가 단일 이온에서 형성되는 것이 아니라 강하게 상호작용하는 이온 쌍에서 생성된다는 것임, 단일 이온의 핵 스핀을 사용하는 대신 쌍은 서로 다른 전자 껍질 상태의 중첩을 기반으로 큐비트를 형성함
- 이로써 쌍 이온의 물리적 특성으로부터 보호받으며, 지저분한 환경에 영향을 덜 받는 것으로 나타남
- 최종적으로는 적절한 물질을 사용할 경우, 큐비트 결맞음이 더 오래 유지될 수 있는 가능성이 열리게 됨

○ 큐비트에 빛 비추기

- 마이크로파 분광법으로 테르븀 도핑된 yttrium lithium fluoride을 조사할 때 큐비트 쌍 현상을 우연히 발견함
- 또한, 빛을 사용하여 재료의 양자 효과를 조작하고 측정하며 동일한 종류의 큐비트가 광학 레이저 광의 더 높은 주파수에서 작동할 것으로 예상됨
- 한편, 테르븀은 통신용 마이크로파 범위에서 쉽게 자극될 수 있어 매력적인 도핑 물질임
- 연구팀은 결맞음 시간 측정에 사용되는 잘 알려진 스핀 에코 테스트에서, 쌍 이온에서 수명이 단일 이온과 비교했을 때 최대 100배까지 더 길다는 특이한 피크를 발견함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/01/17/bless-this-mess-qubits-can-last-in-cluttered-environments/>