

고해상도 현미경으로 만든 신개념 양자 컴퓨터

(2023.10.12., 양자정보연구지원센터)

□ 표면에 원자 단위로 조립된 새로운 전자 스핀 큐비트 플랫폼

- 주사 터널링 현미경(STM) 끝에서 마이크로파 신호 보내서 티타늄 원자 제어(Science 게재)
 - 단일 큐비트만 제어할 수 있는 표면의 이전 원자 양자 장치와 달리, QNS 연구진은 여러 큐비트를 동시에 제어할 수 있는 능력을 성공적으로 시연, 단일, 2, 3큐비트 게이트 적용 가능
 - 양자 컴퓨팅에 대한 선도적 접근 방식과의 경쟁 가능성은 낮지만, 연구자들은 다양한 다른 화학 원소나 분자의 양자 특성 연구에 사용 가능
 - 큐비트(고전 컴퓨터의 비트에 해당하는 양자 상태)라는 양자 상태를 환경 교란으로부터 분리하고 그런 계산이 달성될 만큼 미세하게 제어하는 것인 어려움
- 이화여대 IBS 양자나노과학연구단, 자연의 ‘original’ 큐비트인 전자 스핀 연구
 - 전자는 작은 나침반 바늘처럼 작동, 스핀 방향을 측정하면 고전 비트의 0과 1에 해당하는 ‘위(up)’ 또는 ‘아래(down)’ 라는 두 가지 가능한 값만 얻을 수 있음
 - 그러나 측정되기 전에 전자 스핀은 중첩이라는 가능한 중간 상태의 연속체에 존재할 수 있음, 양자 계산 수행의 핵심
- 표면에 있는 개별 원자 사용, 수행되는 최초의 양자 계산 수행
 - 산화마그네슘으로 만들어진 완벽하게 평평한 표면에 티타늄 원자를 산란시킨 후, 원자 분해능을 갖춘 STM 사용하여 원자 위치를 매핑함, STM 탐침 끝부분을 사용하여 티타늄 원자를 움직여 그

중 3개를 삼각형으로 배열

- STM 팁에서 방출되는 마이크로파 신호 사용, 티타늄 원자 중 하나에 있는 단일 전자 스핀 제어 가능, 마이크로파 주파수를 적절히 조정하여 마이크로파의 스핀이 다른 두 티타늄 원자의 스핀과 상호작용하도록 만들 수 있음
- 간단한 2큐비트 양자 연산을 설정하고 그 결과를 읽을 수 있으며, 나노초의 시간이 걸림, 개별 원자와 분자의 조합에서 스핀을 조작, 100큐비트까지 확장하는 것은 가능
- 정밀하게 조립된 원자 아키텍처를 사용하여 양자 감지, 계산 및 시뮬레이션 프로토콜 가능
 - 양자 정보의 기본 단위인 큐비트는 양자 컴퓨팅, 센싱, 및 통신 등 양자 응용의 핵심
 - 광자 장치, 이온 및 원자 트랩, 초전도 장치와 같은 다른 큐비트 플랫폼과 크게 다름
 - 원자 규모 제어를 통해 양자 상태를 일관성 있게 조작할 수 있으며, 원격 큐비트 제어 가능성을 확립하여 결함없는 환경에서 최대 수십 또는 수백 큐비트까지 확장 가능
 - 표면에 있는 여러 개별 원자의 양자 상태를 동시 제어할 수 있음, 사용 가능한 수많은 스핀 종과 정밀하게 조립할 수 있는 다양한 2차원 영상은 표면 기반 전자 스핀 접근법의 고유한 이점

(원문)

1. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-03141-z>
2. <https://thequantuminsider.com/2023/10/09/scientists-build-a-new-qubit-platform-atom-by-atom/>