포논 분할: 선형 역학 양자 컴퓨팅 플랫폼 구축

(2023.06.18., 양자정보연구지원센터)

□ 새로운 유형의 양자 컴퓨터를 향한 단계, 포논 분할(split)

ㅇ 선형 역학 양자 컴퓨팅(Linear Mechanical Quantum Computing) 플랫폼

- 빔 스플리터에서 2 포논(phonon) 간섭은 LMQC의 핵심

ㅇ 양자 역학 법칙에 따르면 양자 입자는 근본적으로 분할할 수 없음, 시카고 대학 PME 연구원은 포톤 분할하려 할 때 일어나는 일 탐구

- 최초 두 가지 실험에서, 음향 빔 분할기 장치 사용, 포논을 "분할" 양자 특성 입증
- 빔 스플리터가 하나의 포논에 대한 특별한 양자 중첩 상태 유도, 두 포논 사이에 간섭을 추가로 생성하는 사용할 수 있음, 새로운 종류의 양자 컴퓨터 제작 위한 첫 번째 주요 단계(Science 게재)

ㅇ 포논을 중첩으로 "분할"

- 단일 포논을 생성하고 감지하는 방법 발견, 최초로 두 개의 포논을 얽히게 함(Cleland 연구팀)
- 포논의 양자 능력 입증 위해, 사운드 빔을 반으로 분할, 절반은 전송, 나머지 절반은 소스로 다시 반사시킬 수 있는 빔 스플리터 만듦
- 포논을 생성 및 감지하는 두 개의 큐비트 포함하는 전체 시스템은 매우 낮은 온도에서 작동, 리튬 니오베이트(lithium niobate) 같은 물질의 표면을 이동하는 개별 표면 탄성파 포논 사용
- 양자 물리학은 단일 포논은 나눌 수 없음, 빔 스플리터에 단일 포논을 보냈을 때, 분할하는 대신 포논이 동시에 반사되고 전송되는 상태인 **양자 중첩 상태**가 됨, 포논을 관찰(측정)하면 이 양자 상태가 두 출력 중 하나로 붕괴됨
- 두 큐비트에서 포논을 캡처하여 중첩 상태 유지 방법을 찾아냄, 양자 중첩이 포논에서 두 큐비트로 전달됨, 2 큐비트 중첩을 측

정하여 “빔 스플리터가 양자 얽힘 상태를 생성하고 있다는 표준 증거” 산출(Cleland)

○ 포논이 광자처럼 행동함을 보여줌

- 두 번째 실험에서, 1980년대 광자로 처음 입증된 추가적 근본적인 양자 효과 제시하고 싶어함
- Hong-Ou-Mandel 효과로 알려진, 두 개의 동일한 광자가 반대 방향에서 빔 스플리터로 동시 전송될 때, 중첩된 출력이 간섭하여 두 광자가 항상 하나 또는 다른 출력 방향으로 함께 이동하는 것을 발견
- **포논으로 실험**했을 때도 같은 일이 일어남(중요), 중첩된 출력은 두 개의 검출기 큐비트 중 하나만 포논을 캡쳐(한 방향으로 가고 다른 방향으로 가지 않음)
- 큐비트는 한 번에 두 개가 아닌 하나의 포논만 캡쳐할 수 있지만, 반대 방향에 배치된 큐비트는 포논을 “듣지” 않아 두 포논이 같은 방향으로 가고 있다는 증거 제공(two-phonon interference)
- 포논을 사용한 양자 얽힘 상태 구성은 포톤을 사용한 것보다 훨씬 큰 도약임, 포논은 분할할 수 없지만 양자역학적 방식으로 함께 작동하는 수 천조 개의 원자가 필요함

○ 새로운 선형 역학 양자 컴퓨터 생성

- 중첩과 얽힘이라는 이상한 양자 능력을 이용, “선형 광학 양자 컴퓨터(linear optical quantum computer)” 라고 하는 광자 사용, 광자 대신 포논 사용하는 선형 역학 양자 컴퓨터 자체가 새로운 종류의 계산을 수행할 수 있음
- 시카고 대학 플랫폼은 포논을 큐비트와 직접 통합, 포논은 최고의 선형 양자 컴퓨터와 큐비트 기반 양자 컴퓨터의 성능을 결합하는 **하이브리드 양자 컴퓨터**의 일부가 될 수 있음
- 포논을 사용하여 컴퓨팅의 필수 부부인 논리 게이트를 만드는 것임

(원문)

1. https://phys.org/news/2023-06-phonons-quantum.html