

superradiance 발견, 양자 얽힘 범위 17배 확장

(2025.09.22., 양자정보연구지원센터)

□ 무거운 전자가 새로운 유형의 양자컴퓨터 가능성을 열 수 있다고 보고

○ 연구 배경

- 나뮈르대학교(UNamur) 연구진과 하버드대, 미시간공대(MTU), Sparrow Quantum 협력 연구진이 초방사(superradiance) 현상 연구
- 초방사(Superradiance): 원자 등 발광체들이 서로 상호작용하여 동기화된 강한 빛을 방출, 합창단처럼 개별 발광체보다 강력한 광 출력 생성
- 기존 조건: 발광체가 매우 가까이 있어야 하므로 실용적 확장이 어려움
- 최근 발견: 발광체를 굴절률이 거의 0인 매질에 배치하면 공간적 거리 제약이 완화 → 원자 간 광학적 근접 유지 가능

○ 연구 목적

- 나뮈르 · 하버드 · MTU 연구진, Sparrow Quantum 지원 아래 광자 칩(photonic chip) 설계
- 목표: 초방사를 이용하여 양자 얽힘(entanglement) 범위를 최대 17배까지 확장
- 발광체: 질소 빈(NV) 다이아몬드 구조, 양자광학에서 널리 사용
- 응용 가능성: 양자컴퓨터, 초고속 · 초보안 통신, 고효율 레이저, 민감 광 센서

○ 연구 방법

- 굴절률 거의 0인 매질에서 발광체 배치 → 전자기학적 계산과 수치 시뮬레이션 수행
- 분석 모델과 수치 모델 결합, 광자 칩 상의 얽힘 장거리화 검증
- 다수 연구자 협력: Adrien Debacq(PhD, UNamur), Olivia Mello(Harvard), Larissa Vertchenko(Sparrow Quantum)
- 다중 파트 얽힘 가능성 탐구 → 클러스터 상태(cluster state) 구

축, 대규모 분산 양자컴퓨팅 및 통신 네트워크 구현 가능성

○ 주요 결과

- 초방사 현상과 near-zero 굴절률 매질 결합 → 얽힘 범위를 기존 진공 대비 17배 확장
- 얽힘 유지 범위 확대 → 광자 칩 내 멀티파티 양자 얽힘 가능
- 이론적 모델, 시뮬레이션 기반 설계 → 실제 소형 광자 칩에 구현 가능
- 얽힘 유지와 장거리 전송 가능성 확인 → 양자 정보 처리 및 통신 효율 극대화

○ 연구 의의

- **고전 전자기학 → 양자 영역 전환**: 초방사는 본질적으로 양자 현상
- 얽힘 범위 확장으로 유니버설 단방향 양자컴퓨터, 분산 양자컴퓨팅, 양자 통신망 구현 가능성 강화
- 초고속, 초보안 통신 및 고성능 광자 기반 장치 개발 전망
- 이론적 연구를 실험적 구현으로 전환하는 것이 향후 과제
- 최종 목표: 인간 머리카락 두께 수준의 소형 양자시스템 실현 → 휴대 가능한 양자컴퓨터 가능성 제시

○ 결론 및 제언

- 나뮴르대 연구팀의 발견은 광자 칩 상에 장거리 얽힘 유지하는 첫 사례
- near-zero 굴절률 매질 활용으로 공간적 거리 제약 없이 초방사 구현 가능
- 멀티 큐비트 얽힘과 클러스터 상태 구현 → 분산 양자컴퓨팅 및 양자 통신 인프라 개발 가능
- 실험적 구현 통해 이론적 설계 → 실제 광자 칩 적용 전환 필요
- 장기적으로, 소형 · 고효율 · 장거리 얽힘 광자 시스템 기반 차세대 양자컴퓨터 및 양자 통신망 개발 가능

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/09/07/superradiance-discovery-extends-quantum-entanglement-range-17-fold/>