

전자-광자 양자 시스템을 칩 위에 구현

(2025.08.07. 양자정보연구지원센터)

□ 전자-광자 양자 시스템의 칩 집적 구현

○ 연구 개요

- 보스턴 대학, UC 버클리, 노스웨스턴대학 공동 연구팀이 세계 최초로 전자-광자 양자 시스템을 단일 실리콘 칩 위에 통합함
- 해당 연구는 Nature Electronics에 게재되었으며, 상업용 45나노미터 CMOS 반도체 공정을 활용해 양자광원과 제어 전자계를 집적화함
- 이 기술은 대량 생산 가능한 ‘양자 광 공장(quantum light factories)’ 칩을 실현하고, 복수 칩 기반 대규모 양자 시스템 구축의 기반을 마련함

○ 기술적 주요 성과

- 칩 내 12개의 양자광원을 병렬로 구현하고, 각각의 광원이 입력 레이저와 동기화되도록 실시간 제어 기능을 온칩(온칩 히터-제어 로직)으로 구현
- 핵심 소자인 마이크로링 공진기는 양자광 쌍을 생성하는 역할을 하며, 온도 변화와 제작 편차에 민감한 구조이나 내장된 포토다이오드와 제어 시스템으로 안정화됨
- 이로써 칩 전체가 온도 변화나 외부 간섭에도 일관된 양자광 출력을 유지하며 작동 가능함

○ 집적화 및 제조 기술

- 전체 시스템은 상용 45nm CMOS(complementary metal-oxide semiconductor) 플랫폼에서 구현되어, 기존의 양자 시스템이 갖는 실험실 기반 제한성을 넘어 상업적 확장 가능성을 확보함
- 이 CMOS 공정은 GlobalFoundries와 Ayar Labs 협력 하에 개발되었으며, 광 인터커넥트 및 AI 컴퓨팅에도 활용되는 고성능 집적

플랫폼임

- 연구팀은 전자회로, 광학소자, 양자측정 기술을 통합 설계 (co-design)하여 복잡한 양자 시스템을 단일 칩 상에 구현하는 데 성공함
- 기술 및 산업적 의의, 양자 시스템의 실용화 가능성 제시
 - 양자 컴퓨팅, 통신, 센싱 등 차세대 기술에 필요한 ‘양자광 리소스 유닛’을 안정적으로 공급할 수 있는 소형 칩 개발은 핵심 이정표임
 - 내장 제어 기능 덕분에 칩의 동작 신뢰성이 높아졌고, 향후 대규모 양자 네트워크 및 연산 시스템에 직접 활용 가능함
- 융합 연구와 인력 양성의 모범 사례
 - 본 연구는 전자공학, 포토닉스, 양자광학 전문가들의 협업으로 이루어졌으며, 학제 간 융합의 모범 사례로 평가됨
 - 참여한 대학원생 및 연구진 다수가 양자 및 실리콘 포토닉스 산업체(Ayar Labs, PsiQuantum, Aurora, Google X 등)로 진출하며 기술의 상용화를 가속화함
- 미래 기술로서의 확장성
 - 본 칩은 추후 보안 통신망, 고정밀 센서, 양자컴퓨터 등 다양한 응용 기술의 기반 모듈로 사용될 수 있음
 - 상용 반도체 공정으로 제작 가능하므로, 대량 생산 및 비용 효율성 측면에서도 유리하며, 산업적 파급력이 큼
 - 연구는 NSF, Pakard Fellowship, Catalyst Foundation 등 다양한 기관의 지원을 받았으며, 공공-민간 협력을 통한 기술 진보의 예시로 볼 수 있음

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/07/21/scientists-put-electronic-photonic-quantum-system-on-a-chip/>