

프린스턴, 신형 큐비트로 양자컴퓨터 신뢰성 1000배 향상 전망

(2025.11.21., 양자정보연구지원센터)

□ 프린스턴 공대 연구진이 현존 최고 성능 대비 3배 더 긴 수명 (coherence time)을 가진 초전도 트랜스몬 큐비트 개발

○ 개요

- 새 큐비트는 1ms 이상 유지되며, 이는 산업 표준 대비 약 15배 향상
- 기존 구글·IBM 양자프로세서와 호환 가능하며, 구글 ‘Willow’ 프로세서에 적용 시 1,000배 성능 향상 가능
- 시스템 규모가 커질수록 효과가 지수적으로 증가, 1,000큐비트 시스템 기준 약 10억 배 성능 향상 전망

○ 연구 필요성과 의의

- 양자컴퓨터의 한계: 짧은 큐비트 수명
- 양자컴퓨터가 유용한 계산을 수행하지 못하는 가장 큰 이유는 큐비트가 매우 짧은 시간 내에 정보 손실
- 큐비트의 긴 수명 확보는 복잡 연산·오류 보정의 핵심 기술
- 이번 연구는 10여 년간의 트랜스몬 기술 개발 중 가장 큰 단일 향상

○ 기술적 접근 및 혁신 요소

- 새로운 재료 조합: 탄탈럼(Ta) + 실리콘(Si)
- 기존 알루미늄·사파이어 기반 트랜스몬의 한계를 극복하기 위해 탄탈럼 금속 사용 → 표면 결함이 적어 에너지 손실 감소
사파이어 대신 고순도 실리콘 기판 사용 → 잔여 에너지 손실원 제거
- 탄탈럼은 강한 내식성 → 세정·가공 과정에서 성능 저하가 거의 없음
- 탄탈럼과 실리콘의 직접 결합은 소재 특성 차이로 어려웠으나 연구진이 기술적 난제 해결

○ 두 단계 개선 전략

- ① 탄탈럼 기반 초전도 회로 개발 → 사파이어 기반 트랜스몬 대비 큰 수명 증가
- ② 기판을 실리콘으로 교체 → 남아있던 주요 손실원 제거
- 재료·제조·측정 기술 개선을 통합하여 트랜스몬 역사상 가장 큰 도약 달성
- 연구진과 협력 구조
 - (프린스턴 내 3개 연구 그룹의 공동 성과) Houck 그룹: 초전도 회로 설계 및 시스템 최적화, de Leon 연구진: 소재·제조·측정 기반 연구, Cava 연구진: 초전도 재료 전문성 제공
 - (산업체 협력 및 관심) 구글 Quantum AI가 연구를 부분 후원, 기술을 산업 규모로 확장하는 데 관심
 - 대형 프로세서 업체가 즉시 적용 가능한 설계로 평가
- 적용성과 확장 가능성, 기존 프로세서와 호환
 - 트랜스몬 구조 유지하므로 구글, IBM 기존 회로에 쉽게 적용 가능
 - 대규모 양자프로세서의 병목인 재료·제작 품질 문제를 직접 해결
 - 양자컴퓨팅 실용화에 중요 전환점
 - 긴 수명은 더 많은 논리 연산, 더 적은 오류, 더 효율적인 오류 보정으로 연결
 - 큐비트 품질 향상은 시스템 전체 성능을 동시에 상승시키는 핵심 요소
- 연구 성과의 핵심 의미
 - 이번 탄탈럼-실리콘 기반 트랜스몬은 실용적 양자컴퓨터로 가는 주요 장벽을 직접 해결한 연구
 - 향후 산업체에서 대규모 프로세서에 적용 가능한 가장 유망한 차세대 큐비트 설계

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/11/05/princeton-engineers-say-new-qubit-could-make-current-quantum-computers-1000-times-more-reliable/>