

양자 컴퓨팅을 위한 플랫폼

(2023.06.05., 양자정보연구지원센터)

- 실리콘 기반 양자 컴퓨터, 확장된 양자 프로세서에 대한 가장 큰 잠재력을 가진 플랫폼
 - 실리콘 큐비트, 양자점 구조에 한정된 전자 또는 정공 스핀 사용하거나 개별 도펀트(dopant) 원자의 핵 스핀 사용하여 생성 가능
 - 잠재적 실리콘 기반 양자 컴퓨팅 시스템은 양자 처리 장치(큐비트 배열 사용), 양자 고전 인터페이스 및 고전 처리 계층의 세 가지 별개 계층으로 나눌 수 있음
 - 현재 실리콘 큐비트 사용한 시연은 소규모 장치로 제한, 99% 충실도 초과 내결함성 양자 컴퓨팅에 필요한 이론적 임계값 초과하는 2큐비트 게이트 보고서 발표(올해 초), 6큐비트 시스템 제어에 대한 보고서 뒤이어 발표
 - 고급 집적 회로 기술에서 사용되는 것과 유사한 핀 전계 효과 트랜지스터(FinFET) 구조에서 홀 스핀 큐비트 생성 보고, FinFET 장치는 표준 CMOS 기술 사용 제작되며 4K 이상 온도에서 작동 가능
 - 전 광학 리소그래피 및 완전 산업 처리 사용, 300mm 반도체 제조 시설에서 스핀 큐비트 제조 방법 보고, 높은 수율 제공, Delft 공대 연구원과 Intel 연구원 간 협력팀은 고급 반도체 제조 방법으로 실리콘 큐비트 생성 방법 시연
 - 플랫폼과 관계없이 오류는 양자 컴퓨팅의 불가피한 부분, 작동 중 오류를 감소 위한 조치가 필요함
 - 양자점 구조에 한정된 전자 스핀 기반으로 실리콘 큐비트의 오류율 줄이는 접근 방식 제공(2019.4. 펄스 공학을 통해 비간섭 잡음 한계에

- 접근하는 실리콘 큐비트 충실도), 최첨단 실리콘 장치와 비교하여 실리콘 큐비트 오류율을 3배로 줄이기 위해 펄스 공학 기술 사용
- 양자 컴퓨터 제작 위해 큐비트 제어하고 읽을 수 있는 인터페이스 필요함
 - 그러나 확장된 시스템에서는 일반적으로 밀리켈빈 온도에서 작동하는 수백만 개의 통합 큐비트 필요, 현재 CMOS 기술이 도움
 - ※ CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)
 - 100mK에서 여러 큐비트에 대한 제어 펄스 제공할 CMOS 기반 인터페이스 보고서(2021.1. 다중 큐비트에 대한 제어 신호를 생성하기 위한 극저온 CMOS 칩)
 - CMOS 기술 사용하여 실리콘 양자점과 판독 전자 장치 통합 방법에 대한 보고서(2022.1. 실리콘 양자점과 다중 분산 판독 전자 장치를 통합한 극저온 CMOS 칩)
 - 실리콘은 현재 큐비트 결합을 위한 경쟁에서 다른 플랫폼보다 뒤쳐져 있으나, 실리콘 큐비트의 산업적 제조 잠재력 보여줌
 - 4K 이상에서 작동하는 스핀 큐비트가 현재 고급 집적 회로에서 사용되는 것과 유사한 실리콘 핀 전계 효과 트랜지스터 구조에서 생성될 수 있음(2022. 4K 이상의 핀 전계 효과 트랜지스터의 홀 스핀 큐비트)
 - 전 광학 리소그래피와 완전 산업 공정 사용하여 300mm 반도체 제조 시설에서 스핀 큐비트 제작 가능함(2022. 첨단 반도체 제조로 만든 큐비트), 실리콘 양자 컴퓨터 실현을 향한 중요한 이정표

(원문)

1. <https://www.nature.com/articles/s41928-023-00974-4>
2. <https://www.nature.com/articles/s41928-022-00750-w>