

# 스핀 큐비트의 향상된 판독

(2023.02.27., 양자정보연구지원센터)

## □ 스핀 기반 큐비트 상태 측정의 혁신적인 방법 시연

- 두 개의 독립된 팀, 실리콘 전자 스핀을 큐비트로 사용하여 시연
  - 양자 컴퓨터는 계산 단위 또는 큐비트 상태 결정하는 방법이 필요함
  - 큐비트 판독은 신속 정확해야 하며, 많은 큐비트 연결이 용이하도록 하드웨어를 사용하여 수행되어야 함, 하드웨어는 컴퓨팅 아키텍처에 쉽게 통합되어야 함
  - 양자 프로세서 판독 시스템의 세 가지 주요 메트릭은 측정 속도, 충실도 및 설치 공간(footprint)
- 영국 Quantum Motion Tech., 큐비트 판독을 위한 분산형 전하 센서 사용한 소형 센서 개발(*Phys. Rev. X*)
  - 실리콘에서 전자 스핀의 결맞음 시간보다 훨씬 짧은 시간 척도에서 고충실도 판독을 시연
  - SET(single-electron transistor)와 같은 표준 분산 전하(dissipative charge) 센서에 비해 SEB(single electron box) 공간이 줄어들고, 고도로 연결된 QD 기반 양자 프로세서 개발 촉진 및 분산 전하 감지를 확장 가능한 스핀 기반 양자 프로세서의 판독 방법론
  - 설치 공간이 작아 기존 센서보다 적은 수의 전극이 필요함, 높은 판독 충실도와 속도 제공,  $6\mu\text{s}$  미만의 측정 시간에 99.2% 충실도로 큐비트의 올바른 상태 식별
  - 이 시간 척도는 실리콘 스핀 기반 큐비트가 결잃음을 통해 상태를 잃어 오류 수정 구현에 걸리는 일반적인 시간보다 훨씬 짧음
  - 향후 개선 위해, 센서의 가장 중요한 기술적 매개변수 식별하는 구체적 모델 생성,  $1.2\mu\text{s}$ 에서 99.97% 충실도가 가능함

- 호주 UNSW 대학 연구팀, 소형의 여러 큐비트 상태를 측정 가능한 원자 규모의 게이트 기반 센서 설계(*PRX Quantum* 4)
  - 큐비트 칩의 공간 절약을 위해 최근 큐비트 제어 및 판독(게이트 기반 센서)에 도입한 물리적 게이트가 사용되는 다목적 게이트 전극 개발, 현재까지 센서당 단일 큐비트만 판독 가능
  - 하나의 큐비트보다 훨씬 더 많은, 최대 95% 충실도로 3큐비트 판독 달성 가능, 최적화 버전은 99% 이상의 충실도에 도달함
  - 현재 장치의 경우, 3~4큐비트에 불과한 것과 비교하여 선형 배열에서 전류 센서가 약 15큐비트에 적용 가능함을 추정
  - 확장된 범위가 스핀 기반 양자 컴퓨터에서 판독 센서의 수와 총 설치 공간을 크게 줄일 수 있다고 제안
  - SLQD(single-lead quantum dot) 전하 센서를 사용하여 단일 스핀 기준, 단일 샷 전자 스핀 판독 시연
  - 99.8% 충실도(내결함성 임계값 이상)는 SET 사용 단일 스핀 단독으로 달성, SLQD 접근방식 사용
  - 고충실도 단일 샷 스핀 판독은 대규모 스핀 기반 양자 컴퓨팅의 필수 요구 사항임, 현재까지 가장 민감한 센서는 무선 주파수 단일 전자 트랜지스터(rf SET)
  - 대조적으로 게이트 기반(또는 분산형) 센서는 큐비트 제어에 사용되는 기존 리드에 큐비트 판독 기능을 통합하여 추가 근위 전하 센서 없이 스핀 측정 허용함
  - SLQD는 rf SET와 직접 분산 센서의 이점을 결합한 게이트 기반 센서임, 하나의 전자 저장소만 필요하지만 단일 스핀 기반에서 직접 판독 수행이 가능함

(원문)

1. <https://physics.aps.org/articles/v16/s27>