IBK기업은행 금융그룹 IBK투자증권

IBKS Global Spot Comment

www.ibks.com

2026. 04. 21

해외주식

조 경 진

02)6915-5464

ckjins@ibks.com

비전문가도 쉽게 이해하는 양자 컴퓨팅(3)

양자 컴퓨터의 핵심, 큐비트 구현 방식

양자 컴퓨터의 핵심 연산 단위인 큐비트는 다양한 방식으로 구현된다. 현재 산업에서는 초전도, 이온트랩, 중성원자, 광자 등 다양한 물리적 방식이 큐비트 구현 기술로 개발되고 있으며, 각 방식은 고유한 동작 원리와 제어 방식, 기술적 특징을 갖고 있다. 이에 따라 성능의 특성과 확장 경로, 상용화 가능성 역시 차별화된다. 따라서 양자 컴퓨팅 기술을 이해하기 위해서는 이를 어떤 방식으로 구현하는지에 대한 이해가 선행될 필요가 있다.

1) 초전도(Superconducting)

초전도 방식은 조셉슨 접합 기반 전기회로를 극저온(-273℃) 환경에서 동작시켜 큐비트를 구현하는 구조다. 전자회로 기반이기 때문에 제어 속도가 빠르고, 반도체 공정과의 접점이 있다는 점에서 산업화와 시스템 통합 측면에서 가장 앞선 방식 가운데 하나로 평가된다. 반면 극저온 냉각 장치가 필수적이며, 큐비트 수가 늘어날수록 배선과 패키징, 제어 복잡도가 높아진다. 현재 상용화와 시스템 통합 측면에서 가장 앞선 방식 중 하나로 평가된다. 초전도 방식 대표 기업은 IBM, 구글, 리게티컴퓨터 등이 있다.

2) 이온트랩(Trapped Ion)

이온트랩 방식은 전하를 띤 이온을 전기장 안에 가두고 레이저로 제어하는 구조다. 원자 자체의 물리적 특성이 균일해 개별 큐비트의 편차가 작고, 긴 코히런스 시간과 높은 게이트 정확도를 확보하기에 유리하다. 큐비트 간 연결성도 상대적으로 유연한 편이다. 다만 레이저와 진공 장비 등 정밀한 제어 시스템이 필요하고, 일반적으로 연산 속도는 초전도 방식보다 느리다. 즉 이온트랩은 속도보다는 정밀성과 안정성 측면에 강점이 있는 방식이다.

3) 중성원자(Neutral Atoms)

중성원자 방식은 전하가 없는 원자를 빛으로 포획해 배열한 뒤, 원자 간 상호작용을 이용해 계산을 수행하는 구조다. 2차원 또는 3차원 배열을 비교적 유연하게 구성할 수 있어 확장성 측면에서 주목받고 있으며, 특정 구간에서 다수의 큐비트를 유연하게 연결할 수 있다는 점도 장점이다. 반면 광학 제어 난도가 높고, 대규모 시스템으로 갈수록 오류를 얼마나 안정적으로 관리할 수 있는지가 과제로 남아 있다. 최근 가장 빠르게 부상하는 방식 중 하나로 평가된다.

본 조사분석자료는 당사 리서치본부에서 신뢰할 만한 자료 및 정보를 바탕으로 작성한 것이나 당사는 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없으며, 과거의 자료를 기초로 한 투자참고 자료로서 향후 주가 움직임은 과거의 패턴과 다를 수 있습니다. 고객께서는 자신의 판단과 책임 하에 종목 선택이나 투자시기에 대해 최종 결정하시기 바라며, 본 자료는 어떠한 경우에도 고객의 증권투자 결과에 대한 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다.

4) 광자(Photonic)

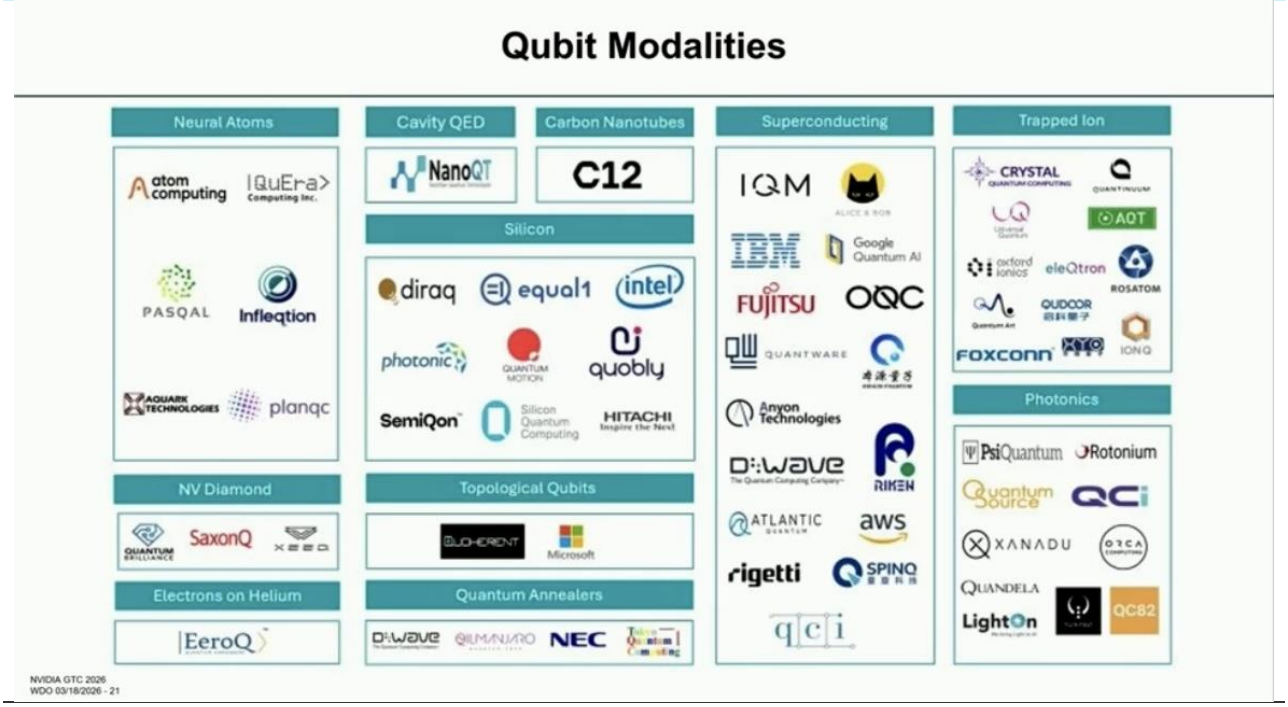
광자 방식은 빛의 입자인 광자를 큐비트로 사용하는 구조다. 광자는 외부 환경의 영향을 상대적으로 덜 받고 장거리 전송에 유리해, 양자 네트워크나 모듈형 양자 컴퓨팅 구조에서 강점을 가진다. 상온 운용 가능성 역시 다른 방식 대비 장점으로 거론된다. 다만 원하는 시점에 단일 광자를 정확히 생성하고, 손실 없이 전달, 제어, 검출하는 것이 기술적 병목이다. 따라서 광자 방식은 네트워크 확장성과 모듈화 측면에서 높은 잠재력을 보유하고 있지만, 범용 대규모 시스템으로 가기 위해서는 광손실과 검출 효율 문제 해결이 선행되어야 한다.

큐비트 구현 방식의 차이는 크게 다섯 가지 기준으로 정리할 수 있다. 첫째, 큐비트를 무엇으로 구현하는가. 둘째, 어떤 신호로 제어하는 가. 셋째, 큐비트 간 연결을 어떻게 형성하는 가. 넷째, 시스템 운용에 어떤 환경이 필요한가. 다섯째, 오류 보정과 대규모 집적에 얼마나 유리한가이다. 양자 컴퓨팅 산업이 아직 초기 단계에 머물러 있다는 점을 감안하면, 단순한 물리 큐비트 수보다 코히런스 시간, 게이트 정확도, 연결성, 오류보정 적합성, 제조 난이도와 시스템 비용을 함께 보는 것이 중요하다.

정리하면 초전도는 빠른 제어와 시스템 통합, 이온트랩은 높은 정확도와 안정성, 중성원자는 유연한 배열과 확장성, 광자는 장거리 전송과 모듈형 구조에서 각각 강점을 갖는다. 반면, 초전도는 냉각과 배선 복잡도, 이온트랩은 속도와 장비 복잡성, 중성원자는 대규모 제어와 오류 관리, 광자는 광손실과 검출 효율이 핵심 과제로 남아 있다.

아직까지는 양자 컴퓨팅 산업은 단일 표준으로 수렴하기보다 복수의 기술 방식을연구 개발하는 단계에 있으며, 향후 산업의 핵심은 어느 방식이 먼저 실용성과 확장성, 그리고 오류보정 가능성을 입증하느냐에 달려 있으며, 당분간은 여러 기술이 병행 발전하는 흐름이 이어질 가능성이 높다.

그림 1. 큐비트 구현 방식 기업 분류



자료: NVDIA GTC 2026, IBK투자증권

표 1. 주요 큐비트 구현 방식별 특성 비교

구분	초전도 (Superconducting)	이온트랩 (Trapped Ion)	중성 원자 (Neutral Atom)	광자 (Photonic)
구현 매체	극저온 초전도 전기회로의 양자 상태	전하를 띤 이온(원자)	빛으로 포획한 중성 원자	단일 광자 또는 광자의 경로 · 편광 상태
제어 수단	마이크로파 신호	레이저	레이저	광학 소자, 레이저, 광회로
연결 구조	인접 회로 간 커플러 기반	공통 진동 모드 기반	리드베리 상호작용 기반	광간섭 · 광회로 · 측정 기반
운용 환경	극저온 냉각	초고진공 · 정밀 레이저	초고진공 · 광학 트랩	상온 가능 · 광학 장비
확장 및 오류 보정	집적화 · 시스템 통합 강점, 배선 · 냉각 부담	높은 정확도 강점, 속도 · 장비 복잡성 부담	대규모 배열 확장 잠재력, 오류 관리 검증 필요	네트워크 · 모듈형 확장, 광손실 · 검출 효율 부담

자료: 업계자료, IBK투자증권

Compliance Notice

동 자료에 게재된 내용들은 외부의 압력이나 부당한 간섭없이 본인의 의견을 정확하게 반영하여 작성되었음을 확인합니다.
동 자료는 기관투자가 또는 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.
동 자료는 조사분석자료 작성에 참여한 외부인(계열회사 및 그 임직원등)이 없습니다.
조사분석 담당자 및 배우자는 해당종목과 재산적 이해관계가 없습니다.
동 자료에 언급된 종목의 지분율 1%이상 보유하고 있지 않습니다.
당사는 상기 명시한 사항 외 고지해야 하는 특별한 이해관계가 없습니다.

IBK기업은행 금융그룹 IBK투자증권