

해외 양자팹 관련 시설 동향 분석

(2020.12.11., 양자정보연구지원센터)

□ 캐나다 Waterloo Institute for Nanotechnology

- 양자 나노팹 센터 (캐나다, 민-관)
 - Mike & Ophelia Lazaridis Quantum-Nano Centre(QNC)는 나노기술 및 양자정보과학 최첨단 연구 허브 역할
 - Waterloo Institute for Nanotechnology(WIN)과 Institute for Quantum Computing(IQC)이 최첨단 건물에 위치
 - 양자 나노팹 시설은 세계적 수준의 초멸균 클린룸/제조 시설 갖추
 - Quantum-Nano Fabrication and Characterization Facility(QNFCF)는 워털루 대학 연구부서 아래 운영되는 핵심 연구 플랫폼
 - 등록 회원은 광범위한 실습교육 및 표준 운영 절차와 나노제작 과정 접근에 대한 혜택 있음
- 실험실 장비
 - 증착, 리소그래피, 드라이 에치, 웨트 벤치, 특성화, 패키징 랩, 샘플 준비실, 계측 연구소, OMICRON 멀티 모듈 UHV 성장 및 분석 시스템

□ 영국 Centre for Superconducting and Hybrid Quantum Systems

- 런던대학교 Royal Holloway SuperFab (민-관)
 - 세계적 규모의 대학 클린룸과 초전도 하이브리드 양자 시스템 (UK-CSQS) 영국 센터 본거지
 - National Physical Laboratory(NPL), JEOL과 공동으로 Holloway 물리학과 소유, 운영하는 사용자 개방형 시설
 - 초전도에 기반한 기본 현상의 응용을 통해서 양자 소자 기술 개발
- 클린룸과 나노제조 시설 및 초전도 양자 기술 제공
 - JEOL JBX-8100FS 전자 빔 리소그래피, 플라시 전자 빔 금속 증

착, 스퍼터링 및 에칭, 광 리소그래피, 소자 특성화

- 큐비트 파운드리, 하이브리드 장치 및 센서, 인공 양자 시스템, 양자광학, 양자제한 증폭기 및 양자 계측, 재료 발견 및 이용, 극저온 및 마이크로파 측정 전문지식

□ 미국 SEEQC Chip Foundry

○ 최첨단 칩 파운드리(민간)

- 세계에서 가장 진보된 다층 초전도 전자 칩 설계 시설 소유 및 운영
- SFO 프로세서 향상 및 특수용도의 하드웨어 제작 가능, 큐비트칩과 결합해 3D 멀티칩 양자 컴퓨팅 시스템 가능
- 완전한 니오븀 기반의 초전도 집적회로 제조 라인은 신뢰성 입증
- 기업, 정부 학교에 칩 주문제작 서비스 및 초전도 웨이퍼와 칩 단위 솔루션 제공

○ 추가 서비스 시설

- 포괄적인 설계 규칙, 기능 및 DC 파라메트릭 테스트, CAD 지원 및 검증 서비스, 마스크 세트 구성, 검증 및 생성, 극저온 기능 및 고속 테스트
- 광리소그래피, 증착, 에칭, 다이싱, 와이어 본딩, 맞춤형 사양 갖춘 플립칩 본딩 등 사용자 지정 제작 포함

□ 미국 MIT Lincoln Laboratory

○ 양자 정보와 집적화된 나노시스템(미국, 국방부)

- 초전도와 이온트랩 양자비트 개발, 양자역학 센싱 향상 방법연구
- 기존 자력계보다 1000배 이상 에너지 효율적인 다이아몬드 기반 자기장 센서 생산
- 에너지 결핍 센서와 광통신과 레이저 레이더 트랜시버 응용을 위한 고전 초전도 회로와 광집적회로, 반도체 제조기술의 선도연구
- 최근, 고성능 미래 컴퓨팅 기술을 위한 초전도 단일 플릭스 양자

집적회로 개발에 집중, 새로운 CMOS 제조 공정 개발

○ 전자-광 집적화 시설 및 양자 컴퓨팅 랩

- 전자-광 집적화 시설은 광전소자 및 광집적회로(PIC), CMOS 전자 집적회로 및 하이브리드 전자-광 집적화 서브 시스템 개발
- 양자컴퓨팅 연구실은 단일 원자 포획하기 위한 트랩이온과 조셉슨 접합 기반 초전도 회로 연구, 극저온 냉각 초고진공 시스템과 극저온 희석 냉장고, 전자파 테스트 및 측정 장비 포함

□ 미국 Sandia National Laboratory

○ Sandia에서 Quantum Information Sciences(미국, 국방부)

- 양자정보과학 분야 세계 최상급 연구 수행
- 고전 정보처리방법에 비해 민감도, 속도, 보안이 좋은 양자정보프로그램 기술발전 목표
- 마이크로 전자공학 양자소자 제조, 나노기술, 고성능 컴퓨팅 같은 집중된 연구 프로그램을 통해 양자정보 프로그램 만듦
- 설계와 테스트, 시스템 제어와 측정의 전 분야를 지원

○ 전문기술

- 큐비트: 큐비트 설계, 개발, 제조, 테스트, 얽힘, 노이즈 모델링, 디자인 툴
- 통신: 양자키 분배(QKD), 광원개발, 단일원자 검출기, 양자 네트워크
- 양자 공학: 아키텍처, 양자게이트 견고한 제어, 큐비트와 양자 처리기 성능 특성화
- 센싱: 초고정밀 시간, 가속 센싱, 자력계, 전자기장 센싱, 원자 물질과 간섭계 센싱
- 알고리즘과 앱: 알고리즘 개발, 큐비트 응용 시연
- 모델링 및 시뮬레이션: 양자소자 모델링, 설계툴킷, 오류수정 시뮬레이터

- 공학: 원자시계와 원자 간섭계 레이저, 광원, 제어전자, 집적광학, 진공패키징 및 시스템

□ 미국 Advanced Quantum Testbed

- AQT at Berkeley Lab(미국, 에너지부)
 - 초전도 회로 기반의 양자 계산 발전을 위한 공동 연구기관
 - 양자계산 및 시뮬레이션, 양자 프로세서 개발, 양자 제어 연구
- 시설 및 Testbed
 - 초기 128 큐비트 완전제어 목표로 1000mW 희석 냉동기
 - 다중 프로세서 아키텍처 병렬 작동 포함
 - Testbed 사용자: 하드웨어 전체 접근 가능(아키텍처, 작업, 제한 및 결함에 관한 상세 자료 포함), 참여와 결과 공유
 - 2020년 B73 센터 포함 새로 오픈

□ 캐나다 D-wave Quantum Computing Company

- 양자컴퓨터 분야 세계 최초 상용 공급업체
 - 양자컴퓨팅에 접근할 수 있는 시스템, 소프트웨어 구축과 초전도 회로의 제조
 - Quantum Processing Units(QPUs) : 반도체 집적회로 제작 시 사용되는 과정을 수정하여 실리콘 웨이퍼에 스탬프한 것
 - Rainier QPU : D-wave 원 양자 컴퓨터 내부 개발 타입

□ 영국 Kelvin Nanotechnology

- 세계적으로 인정하는 양자소자, 부품 공급회사로 OEM, 학계, NPL 및 NIST에 5년 이상 양자 부품 공급
 - 자기 광 트랩 그레이팅, 원자 전이 조절 가능한 레이저, 마이크로 이온 트랩 및 응용

- 마이크로 이온 트랩은 향후 양자 컴퓨터의 기초 형성
- 자기 광 트랩에서 차가운 원자 형성은 양자기반기술의 핵심 요소
- 시설 및 장비
 - James Watt Nanofabrication Centre (JWNC) 통해 나노제조 서비스 제공
 - 리소그래피: E-빔 리소그래피, 광리소그래피, 나노임프린트
 - 플라즈마 공정: 반응성 이온 에칭, 유도 결합 플라즈마 RIE, 초점 이온 빔, 습식 에칭
 - 금속화: E-빔 증발, 열 증발, 스퍼터 코팅, PECVD, 열 산화
 - 특성: 스캐닝 전자 현미경 검사법, 원자력 현미경 검사법, Profilometry, Ellipsometry, 광학 현미경 검사법

(원문)

1. <https://uwaterloo.ca/institute-nanotechnology/facilities-equipment/quantum-nanofab-facility>
2. <https://www.royalholloway.ac.uk/research-and-teaching/departments-and-schools/physics/research/superfab/>
3. <https://seeqcfoundry.com/chip-foundry/>
4. <https://www.ll.mit.edu/r-d/advanced-technology/quantum-information-and-integrated-nanosystems>
5. <https://www.sandia.gov/quantum/>
6. <https://aqt.lbl.gov>
7. <https://www.dwavesys.com/tutorials/background-reading-series/introduction-d-wave-quantum-hardware#h1-4>
8. <https://www.kntnano.com/quantum/>