보 도 자 료	고객가치를 창조하는 세계일류정보연구기관 한국과학기술정보연구원

대전(본원): 대외협력팀 박한철 042 - 869 - 0961 / 이종성 0976 / 강동기 0967
서울(분원): 대외협력팀 이승혜 02 - 3299 - 6185
문의: 국가슈퍼컴퓨팅연구소 선임연구원 류훈(042-869-0610)

배포번호 : 2014-13 배포일자 : 2014.04.21.(월)	매수 : 보도자료 5매	배포처 : 대외협력팀

류훈 KISTI 박사, 실리콘 기반 양자컴퓨터 구현 가능성 높여

- 국제공동연구를 통한 연구결과, 네이처지에 게재 -
- 세계 최초 실리콘 기반 다중 큐비트 시스템 구현에 성공 -

차세대 첨단 컴퓨터로 알려진 양자컴퓨터를 실용화하기 위한 난제를 해결할 방법이 국내 연구진이 포함된 국제공동연구를 통하여 밝혀졌다.

류훈 한국과학기술정보연구원(원장 박영서, 이하 KISTI) 국가슈퍼컴퓨팅연구소 선임연구원은 호주의 뉴 사우스 웨일즈 대학교(Univ. of New South Wales)와 미국의 퍼듀 대학교(Purdue University)와의 공동연구를 통해 '실리콘을 기반으로 한 다중 큐비트 시스템의 구현'이 가능함을 입증하고, 그 연구결과를 지난 14일자 (한국시간) 네이처지에 게재하여 큰 주목을 받고 있다. *(논문명: Spin Blockade and Exchange in Coulomb-Confined Silicon Double Quantum Dots)*

이번 연구는 미래창조과학부가 지원하고 KISTI가 수행하는 첨단 사이언스·교육 허브 개발사업(EDISON)의 일환으로 진행된 국제협력이 맺은 결실이다.

양자컴퓨터는 현존하는 디지털 슈퍼컴퓨터보다 월등히 계산 성능이 뛰어난 것으로 주목받고 있다. 그러나 기존 디지털 컴퓨터의 비트(bit)와 같은 역할을 하는 정보의 기본 단위인 큐비트(Qubit)[1]의 "안정성"과 "정보 유지의 시간", 그리고 시간당 정보 처리량을 늘리기 위한 "다중 큐비트 시스템의 구현" 문제 등으로 그 실용화에 어려움이 있었다.

인 원자를 집적한 실리콘 기반의 큐비트 시스템은, 정보 유지 시간(Decoherence time)이 길어 (초저온에서 10^{18}(초) 이상) 다중 큐비트 기반의 확장성 있는 양자컴퓨터 개발 연구에 매력적이라고 여겨져 왔으나, 실제 실리콘과 인을 기반으로 한 다중 큐비트 시스템을 구현한 사례는 아직 없었다. 이번 연구는 인 원자 2~3개를 실리콘에 집적하는 방식으로 다중 큐비트 시스템을 구현하고 그 동작의 안정성까지 이론적으로 검증해 냄으로써, 실리콘 기반의 양자컴퓨터 구현 가능성을 한 단계 끌어올린 것으로 평가받고 있다.

류훈 박사는 호주 뉴 사우스 웨일즈 대학교에서 제작된[2] 샘플의 성능이 다중 큐비트 시스템으로서 안정적이라는 사실을 슈퍼컴퓨터 기반의 계산을 통해 이론적으로 규명하였고, 계산을 가능하게 한 3차원 반도체 물질의 전자구조 계산 SW를 직접 개발하여 계산 연구 수행을 이끌었다.

이번 연구의 의의는 실리콘 기반의 양자컴퓨터 구현 가능성을 높였다는 실험적 의의와 더불어, KISTI 국가슈퍼컴퓨팅연구소가 계산연구를 통해 국내외의 차세대 반도체 소자 설계·공정에 기여할 수 있는 가능성을 열었다는 데 있다.

연구성과에 대하여 류훈 박사는 "현재 연구결과는 실리콘 기반의 양자컴퓨터 개발을 위한 기본단계"라고 말하며 "실용화를 위해서는 큐빗의 확장성(Scalability)을 더 높여야 하고, 이를 위해 수십에서 수백 개의 인 원자를 실리콘에 집적하여 그 동작의 안정성을 확보하는 것이 중요하다"고[3] 밝혔다. 더불어 "현재의 연구 결과

1) 0과 1의 두 값을 동시에 가질 수 있는 '중첩 상태'에서 여러 개의 연산을 동시에 수행할 수 있다.
2) 호주 뉴 사우스 대학교는 주사형 터널 현미경(Scanning Tunneling Microscope) 기반의 공정 방식을 이용해 실리콘에 인(Phosphorus, 燐) 원자 2~3개를 삽입하여 스핀 기반 큐비트(Spin-based Qubit) 소자를 제작하였다. 한편 퍼듀 대학교는 계산도구를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다.
3) 최근 상용화되었다고 발표된 캐나다의 D-wave Two 시스템은 초전도체를 기반으로 512-qubit CPU를 장착하였다. 그러나 여전히 동작의 안정성에 대한 논쟁이 남아있다.

는 2~3개의 인 원자를 집적한 것으로, 향후 큐빗 시스템의 확장성을 높일 수 있는 방법을 계산을 통해 연구할 계획"이라고 덧붙였다.

한편, 장차 실리콘-인을 기반로 한 양자컴퓨터 실용화에 성공할 경우, 현재 캐나다가 독주하고 있는 초전도체 기반 양자컴퓨터에 맞서 시장에 경쟁구도를 불러 일으켜 성능 개선 및 가격 완화에 크게 기여할 수 있을 전망이다.(끝)(이하 참고자료 및 인적사항)

[참고자료]

□ 논문 개요

제목: Spin Blockade and Exchange in Coulomb-Confined Silicon Double Quantum Dots
게재지: Nature Nanotechnology
게재일: 4월 13일 (영국시간. 한국시간 4월 14일)
문서정보:
- DOI: 10.1038/nnano.2014.63
- http://www.nature.com/nnano/journal/vaop/ncurrent/full/nnano.2014.63.html

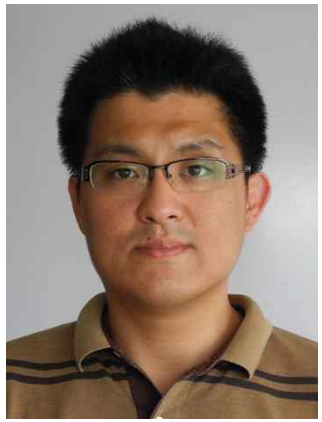
연구내용 (요약):
(1) Scanning Tunneling Microscope 공정을 이용해 다수(2~3개)의 인(Phosphorus)원자를 실리콘(Silicon)벌크 반도체의 원하는 위치에 심어 Spin-based Qubit 소자 제작.
(2) 실험적으로 구현된 소자로부터 측정한 Spin-blockade 현상이 온전한 Spin-to-Charge conversion에 의한 것이라는 (Spin-based Qubit Detection) 사실을 계산을 통해 이론적으로 규명

□ 연구의 활용성

양자 컴퓨터는 시간이 굉장히 오래 걸려서 일반 컴퓨터로는 풀기가 어려운 난제들을 확률적 알고리즘을 이용해 정해진 오차범위 내에서 푸는 데 효율적이다. 양자 컴퓨터를 이용해 계산할 수 있는 대표적인 난제로는 "큰 수의 소인수 분해"를 기반으로 한 RSA (Rivest Shamir Adleman) 공개 키 암호 해독이 있으며, 이러한 가능성 때문에 미국에서는 군(Army Research Office)에서 양자 컴퓨터 개발 연구에 많은 투자를 하고 있는 실정이다.

양자역학을 기반으로 한 반도체 재료 및 소자의 특성 계산은, 필요한 계산량이 매우 커 슈퍼컴퓨터 기반의 병렬화가 필요하다. VASP이나 Gaussian과 같은 상용 계산 도구의 경우, 계산할 수 있는 도메인의 크기가 너무 작아 실제 실험으로 만들어진 소자의 특성을 직접 계산 하거나 sub-10nm 크기를 가지는 차세대 소자의 설계를 위한 계산을 수행하는 데 어려움이 있다. 본 연구에 쓰인 실증적 타이트 바인딩 방법론(empirical tight-binding approach)에 기반한 전자구조 계산 도구는 원자수준으로 해석할 수 있는 도메인 크기가 최대 100nm3에 달해 차세대 소자 설계를 위한 계산연구를 수행하는 데 적합하다.

[인적사항]



1. 인적사항

- 소속 : 한국과학기술정보연구원 국가슈퍼컴퓨팅연구소 슈퍼컴퓨팅융합연구센터 첨단응용환경개발실
- 전화 : 042-869-0610
- 이메일 : elec1020@kisti.re.kr

2. 학력/경력

- 서울대학교 공과대학 전기공학 학사
- 미 Stanford 대학 전기공학 석사
- 미 Purdue 대학 전기공학 박사
- 한국과학기술정보연구원 선임연구원

2. 주요 업무

- 차세대반도체 특성계산연구: sub-10nm 반도체 나노선 전계효과 트랜지스터 및 양자점기반의 광전자소자 특성계산연구
- 슈퍼컴 기반의 대용량 계산 병렬화/최적화: Large-scale 편미분방정식 (PDE) 계산의 병렬화 및 최적화
- e-Science: 일반물리/반도체공학 교육용 계산 SW 개발 (첨단 사이언스 교육.허브 개발 사업)