



서울대학교

보도자료

즉시 보도 가능

| | | | | |
|-----------|-------|---|-------|---------|
| 서울대학교 | 배 포 일 | 즉시 | 매 수 | 총 8 매 |
| 연구처 연구지원과 | 담당과장 | 이선희 | 배포 부서 | 기획처 홍보팀 |
| | 자료문의 | Uwe R. Fischer 교수 서울대학교 자연과학대학 물리·천문학부 e-mail : uwe@phya.snu.ac.kr 강명균 학생 Cell Phone : 010-4121-9377 e-mail : penguin3@snu.ac.kr | | |

당신의 양자 정보를 지켜 드립니다:
국내 연구진, 양자 컴퓨터 가능성을 열다
-양자 컴퓨터 개발 난제 해결에 돌파구 제시-

- 국내 연구진이 SQUID (superconducting quantum interference device)와 BEC (Bose-Einstein condensate)의 단일 루드베리 원자 (Rydberg atom)를 결합한 양자 복합 시스템으로 양자 컴퓨터의 기본 요소인 qRAM (quantum random access memory)의 처리속도와 정보 저장기간을 동시에 늘릴 수 있는 방법을 제시했다.
- 양자 컴퓨터는 기존의 컴퓨터에 비해 월등히 높은 계산 성능을 줄 것으로 기대되고 있으나, 양자 컴퓨터에서 기존 컴퓨터의 비트 (bit)와 같은 역할을 하는 큐빗(qubit)의 안정성과 유지 시간, 처리 속도 등을 해결하는 것이 난제로 여겨져 왔다.
- qRAM은 컴퓨터의 RAM과 같은 역할로써, 기존의 qRAM에는 주로 대량 생산이 쉬운 고체 상태가 유력한 후보로 간주되고 있다. 예를 들어, 다이아몬드 구조 안의 nitrogen vacancy 등의 방법을 사용해 소자 안의 원자 개수 N의 제곱근인 배의 효율을 내는 것으로 측정되었는데 이는 소자 안에 100배의 원자를 더 넣으면 10

배의 처리속도를 낸다는 의미이다.

○ SQUID-BEC 결합은 고체 상태의 초전도체로 이루어진 SQUID와 극저온 원자 기체의 대표적 예인 BEC를 결합해 다량생산이 가능한 고체 상태 물질들의 장점과 양자 현상을 불순물 등의 간섭 없이 제어 가능한 BEC의 장점을 결합할 것으로 기대되고 있다.

○ 본 연구에서는 고체 상태인 초전도체로 만든 SQUID의 양자 정보를 BEC의 Rydberg atom을 이용해 저장하는 방법을 제안하였다. 또 이를 통해 양자정보의 저장시간도 길어지면서 정보 전송 속도가 원자 개수 N에 비례하는 효율을 내는 방법을 이론적으로 확립 하여 제시하였다. 따라서 100배의 원자 개수로 100배의 처리 속도를 낼 수 있다.

□ 서울대 물리천문학부 Uwe R. Fischer 연구팀의 이번 연구결과는 물리학계의 권위지 ‘*Physics Review Letters*’ 온라인판을 통해 12월에 발표될 예정이다.

(논문명: *Ultrafast quantum random access memory utilizing single Rydberg atoms in a Bose-Einstein condensate*)

□ Fischer 교수는 “이번 우리 그룹의 이론적 제안은 연관된 실험을 하는 실험물리학자들로부터 많은 관심을 모으고 있다. 그리고 우리가 제안한 방식이 향후 양자 컴퓨터와 관련된 연관분야에 흥미로운 발전의 계기가 될 것이라 생각한다.” 고 하였다.

□ 본 연구는 한국연구재단의 지원을 받았다.

- 붙임: 1. 연구결과개요
2. 용어설명
3. 그림 및 모델 설명
4. 연구자 이력사항

연구 결과 개요

Safeguard your quantum information rapidly before it gets lost

(당신의 양자정보를 사라지기 전에 지켜 드립니다)

논문명: *Ultrafast quantum random access memory utilizing single Rydberg atoms in a Bose-Einstein condensate*

I. 서론

컴퓨터의 계산 성능과 저장 용량은 같은 수의 기본 요소에서 얼마나 더 많은 정보를 다룰 수 있는지에 의해 정해진다. 통상의 컴퓨터는 0과 1의 두 상태만이 허용되는 비트(bit)를 다룬다. 큐빗은 양자 중첩 원리(quantum superposition principle)에 의해 하나의 큐빗에서 무한히 많은 상태가 가능하다. 따라서 양자 컴퓨터는 월등히 높은 성능을 가질 것으로 기대되고 있으며 관련된 연구들은 많은 주목을 받고 있다.

고체 상태의 물질을 이용한 양자 컴퓨터의 가능성에 대해서는 그간 많은 수의 실험과 제안이 있어왔다. 그러나, 큐빗에 저장된 양자 정보가 고체 상태의 물질에 존재하는 많은 원치 않는 교란(disturbance) 때문에 결핵짐 (decoherence)을 통해 빠르게 손실되는 것이 문제였다. 때문에 아직 양자 정보를 다루는 진정한 의미의 양자 컴퓨터의 출현은 멀고, 연관된 연구들도 바로 적용 가능하다고 보다는 기본적인 수준이다.

이 문제를 해결하기 위해 최근 두 가지의 양자 시스템을 결합하는 양자 복합 시스템(hybrid quantum system)에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구진은 SQUID (Superconducting Quantum Interference Device; 초전도 양자 간섭 장치)와 BEC (Bose-Einstein Condensate; 보즈-아인슈타인 응축)를 결합해 두 시스템의 장점을 취하는 방법에 대해 제안했다. 이를 기본 요소로 삼아 qRAM (quantum random access memory; 양자 RAM) 을 구성할 시 현재까지 연구들 중 가장 높은 수준의 정보 전송률과 저장 시간을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

II. 본론

본 연구에서는 양자 컴퓨터의 기본 요소인 qRAM을 SQUID와 두 초미세 상태로 구성된 binary BEC안의 뢰드베리 원자를 자기적으로 결합시켜 만들 수 있음을 설명하였다. 이

렇게 구성된 qRAM은 양자 정보를 상대적으로 긴 시간동안 높은 신뢰도를 유지하면서 저장하고, 다시 꺼낼 수 있을 것으로 기대된다. 제안된 방법은 특히 기존의 다이아몬드 안의 nitrogen vacancy 등의 다른 qRAM과 비교할 때 장점이 있다. 포함된 총 원자 개수를 N 이라 할 때 N 의 제곱근에 비례하는 것과 달리 제안된 방법은 N 에 바로 비례하여 보통 1백만개의 원자를 가지는 BEC의 경우를 생각하면 1000배의 전송 속도를 낼 수 있다. 때문에 두 양자 시스템 간의 정보 전달이 매우 빠르게 진행 될 수 있으며, 양자 정보가 결핵짐으로 인해 사라지기 전에 저장하여 긴 저장 시간과 정보의 신뢰도를 높일 수 있다.

양자 복합 시스템에서는 들뜸 (excitation)으로 인해 큐비트를 구성하지 못하는 문제가 생길 수 있다. 큐비트를 만들기 위해서는 시스템이 가지는 힐베르트 공간(Hilbert space)를 제한해야 하는 데, 들뜸으로 인해 원치 않는 양자 상태로 전이하는 문제가 있을 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하는 방법을 제시하였다. 루드베리 원자를 이용함으로써 SQUID와 BEC를 결합할 경우에 대해, 시스템의 힐베르트 공간을 이상적인 큐비트에 가깝게 제어할 수 있음을 보였다. 루드베리 원자는 높은 양자수(quantum number)를 가지고 있어 원자의 크기가 커지게 되고 이는 높은 쌍극자 모멘트(dipole moment)를 주어 SQUID와의 결합을 크게 하여 원치 않는 들뜸을 막고, 전송 속도 또한 높일 수 있다.

III. 결론

이번 연구에서는 SQUID와 BEC를 결합한 양자 복합 시스템을 이용해 높은 정보전송 속도와 긴 저장시간을 갖는 qRAM을 만들 수 있음을 보였다. 본 연구는 실제 실험에 직접적으로 연관된 제안이며 적용 가능성 또한 높다고 생각된다. 이미 SQUID와 BEC를 결합하는 초기 단계의 실험이 진행중인 것을 고려할 때, 이번의 제안은 차후 미래의 qRAM에 관련된 흥미로운 실험과 시도를 자극하는 계기가 될 것으로 기대된다.

용 어 설 명

1. 양자 컴퓨터

양자 컴퓨터 (quantum computer)는 기존 컴퓨터들이 사용하는 비트 대신 큐비트 (qubit)을 다룬다. 그리고 이 큐비트는 양자 중첩 원리 (quantum superposition principle)에 기초하여 구성된다. 아주 작은 수의 큐비트으로도 많은 양의 정보를 저장할 수 있다.

2. qRAM (Quantum random access memory)

양자 컴퓨터의 기본 저장 요소 중 하나로써, 기존 컴퓨터의 RAM과 같은 역할을 하지만 중첩된 양자 상태를 저장할 수 있어야 한다.

3. SQUID (Superconducting quantum interference device: 초전도 양자 간섭 장치)

초전도체로 구성된 고리 모양의 장치로 시계방향으로 전류가 도는 상태와 반시계방향으로 전류가 도는 상태의 양자 중첩의 형태로 양자 정보를 저장하고 수 마이크로 초 (백만분의 1초)정도 유지한다.

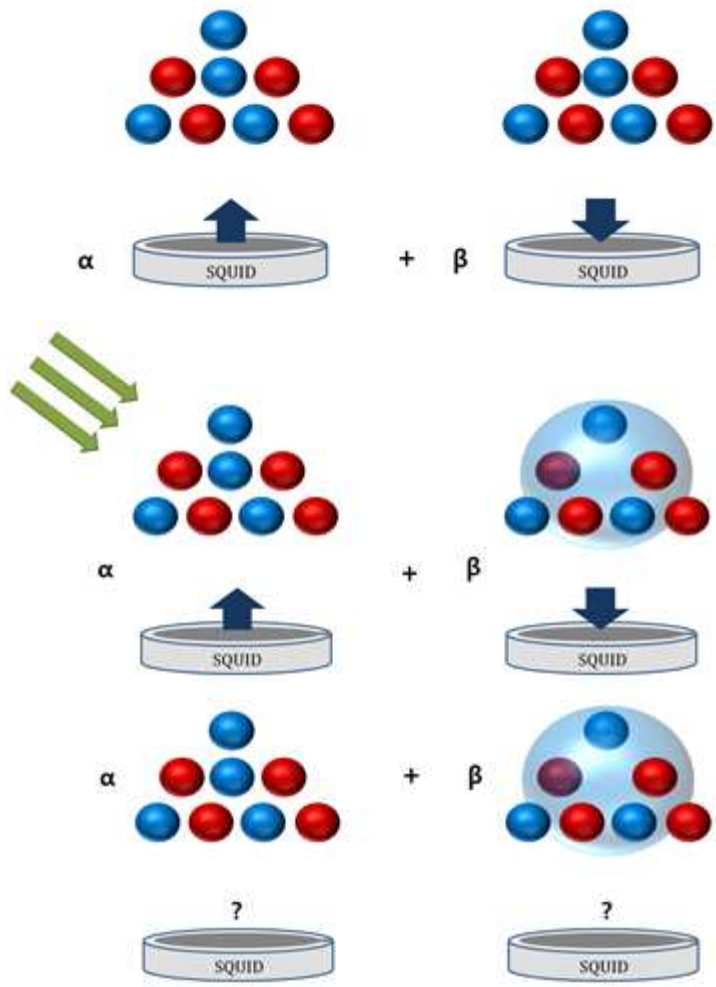
4. BEC (Bose-Einstein Condensate, 보즈-아인슈타인 응축)

1 마이크로 켈빈 (절대온도 0도보다 백만분의 1도만큼 높은)의 온도를 가진 매우 희박한 밀도의 극저온 기체로써 중첩된 양자 상태를 길게는 수 초 동안 저장할 수 있다.

5. 뢰드베리 원자 (Rydberg atom)

10에서 100 사이의 높은 양자수 (quantum number)를 갖는 원자 상태. 양자수를 n 이라 할 때, n 이 증가함에 따라 양자수의 제곱에 해당하는 n^2 로 원자의 크기가 보통 원자 크기보다 100에서 1만배 가량 커지게 된다. 이 큰 원자 크기는 SQUID와의 결합을 매우 크게 하여 정보 전송 속도를 증가시키고 원치 않는 들뜸을 막아 큐비트의 안정성을 높인다.

그림 및 모델 설명



○ 그림 1. (위) 양자 정보는 α 와 β 로 표현되는 SQUID 안의 0과 1 상태의 양자 중첩상태로 먼저 저장된다. 그림의 위 방향 화살표는 상태 1, 아래 방향 화살표는 상태 0을 의미하며 이 두 상태는 SQUID에서 시계방향, 시계 반대방향으로 전류가 흐르는 양자 상태의 대칭과 반대칭 중첩 상태이다.

(가운데) SQUID의 에너지 준위를 조정하면 SQUID와 BEC (빨간 구와 파란 구, 각각의 색은 다른 초미세 상태를 뜻한다)는 자기장을 통해 결합하게 된다. 레이저 (녹색 화살표)를 쬐이면 BEC는 상태 0에 대응해 뢰드베리 원자 (투명한 파란 구)를 만들고, 상태 1에 대해서는 만들지 않는다. 이렇게 수십 나노초 (10억 분의 1초)만에 SQUID의 양자 정보인 α 와 β 가 BEC로 전달되게 된다.

(아래) SQUID의 양자 정보는 수 마이크로 초 만에 결핵짐 (decoherence)때문에 사라지지만, BEC 안의 양자 정보는 수 밀리 초(천 분의 1초)에서 수 초까지 보존된다.

Uwe R. Fischer 교수 이력사항

1. 인적사항

- 소속 : 서울대학교 물리천문학부
- e-mail : uwe@phya.snu.ac.kr
- 홈페이지 : <http://phya.snu.ac.kr/fischer>



2. 학력

- 1995 - 1999 University of Tübingen, 독일, Ph.D.

3. 경력사항

- 1994 - 1997 University of Illinois at Urbana-Champaign, Postdoc
- 1994 - 1997 University of Innsbruck, 오스트리아, Postdoc
- 2004 - 2004 University of Tübingen, Habilitation in theoretical physics
- 2004 - 2009 University of Tübingen, Assistant professor
- 2009 - 현재 서울대학교 물리천문학부 부교수

Kelly R. Patton 연구원 이력사항

1. 학력

- 2001 - 2006 University of Georgia, Ph.D.

2. 경력사항

- 2006 - 2009 University Hamburg, 독일, Postdoc
- 2009 - 2011 Louisiana State University, Postdoc
- 2011 - 2013 서울대학교, Postdoc