



지스트(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도시기	배포 즉시 보도 부탁드립니다.	
배포일	2020.10.20.(화)	
보도자료 담당	홍보팀 김효정 팀장	062-715-2061
	홍보팀 이나영 선임행정원	062-715-2062
자료 문의	물리·광과학과 도용주 교수	062-715-5921

지스트, 위상 양자 간섭 무늬 최초 관측... 양자컴퓨팅 활용 기대

- 위상학적인 양자 간섭 현상을 선택적으로 제어하는 실험적 기법 확립... 차세대 양자컴퓨터 소재로 활용 기대

□ 지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 물리·광과학과 도용주 교수팀은 그동안 이론적으로 예측된 위상학*적인 양자 간섭 무늬**를 최초로 관측하였으며, 이러한 위상 양자 간섭 현상을 선택적으로 제어하는 실험적 기법을 구현하는데 성공했다.

* 위상학(Topology): 위상학은 연속적인 변형에도 변하지 않는 물체의 특성을 연구하는 수학의 한 분야다. 다양한 물질에 위상 물리가 적용된 것은 비교적 최근으로 약 10여 년 전 그래핀과 위상부도체가 발견되면서 고체 물질의 성질을 이해하는 중요한 연구분야로 떠올랐다.

** 간섭 무늬(Interference pattern): 간섭무늬는 두 개 이상의 파동이 중첩하여 만드는 밝고 어두운 띠로 된 무늬이다.

◦ 위상 부도체(Topological insulator)는 물질 내부는 부도체인데 물질 표면은 전기가 흐르는 특이한 물질로서, 표면 전도층의 전자들이 위상학적으로 보호받는 양자 상태에 놓여있기 때문에 차세대 양자컴퓨터*를 구현할 양자 물질로 주목을 받고 있다.

* 양자컴퓨터: 노벨물리학상(1965년) 수상자인 리처드 파인만 교수에 의해 1982년에 그

개념이 제안됐으며, 양자상태를 정보의 기본 단위로 활용하는 것으로 알려져 있다. 양자 컴퓨터는 양자 중첩 원리를 이용해 기존 컴퓨터보다 효율적으로 계산을 수행하는 차세대 컴퓨터로, 인공지능 등 미래 정보기술을 한 차원 혁신할 것으로 전망돼 왔지만 오류 누적 등 연산 정확성 측면에서 미비점이 지적돼 실용화에 어려움이 있다.

□ 금속이나 반도체를 극저온으로 냉각시킬 경우에 전자들은 양자 역학을 따르는 파동 함수의 특성을 갖게 되는데, 이러한 물질파(Matter wave)들은 상호 간섭 현상에 의해 고유한 저항 신호들을 발생시킨다.

◦ 그동안 이론적으로 예측된 위상학적인 양자 간섭 무늬를 실험으로 구현하거나 위상 반도체에서 발생하는 위상학적인 양자 간섭 현상을 선택적으로 제어하는데 어려움이 있었다.

□ 연구팀은 비스무스(Bi)와 셀레늄(Se)으로 이루어진 3차원 위상절연체 물질로 주목받고 있는 비스무스셀레나이드(Bi_2Se_3) 위상 반도체 나노 막대를 써서 양자 소자를 제작한 후, 절대 온도* 3도 미만의 극저온 환경에서 위상양자 소자의 자기 저항을 게이트 전압에 따라 측정함으로써, 위상이 역전된 두 종류의 AB 진동**이 번갈아 가면서 나타나는 위상학적인 AB 진동을 연속적으로 관측하는데 성공하였다.

* 절대 온도(Absolute temperature): 열역학의 표준온도로 켈빈(Kelvin) 온도라고도 하며, 절대 온도 영도(0 Kelvin)는 섭씨 영하 273.15 °C에 해당함.

** AB 진동(Aharonov-Bohm: 아로노프-봄): 튜브 형태의 금속이나 반도체의 경우에 축방향으로 자기장을 걸어 주면서 저항을 측정한다면 양자 역학적인 간섭 현상에 의해 자기저항값이 일정한 주기를 갖고 진동하는 것을 관측할 수 있게 되는데 이러한 자기저항 진동을 의미하며, 그 진동 주기는 자속 양자(magnetic flux quantum, $\Phi_0 = h/e$)의 크기로 일정하다고 알려져 있다.

◦ 또한 AB 진동 보다 정확히 두 배 빠르게 진동하는 또 다른 양자 간섭 효과인 AAS(Altshuler-Aronov-Spivak) 진동*을 같이 관측하였으며, AB 진동과 AAS 진동들의 상대적인 크기를 인위적으로 제어할 수 있음을 실험적으로 구현하였다.

* AAS(Altshuler-Aronov-Spivak) 진동: 시간 역전 대칭성(time-reversal symmetry)이 유지될 때, 여러번 충돌한 전자들이 이전의 충돌 경로를 고스란히 되집어서 다시 제자리로 돌

아오는 것이 양자역학적으로 가능한데, 이 때 자기장을 걸어줄 경우 절반의 자속 양자 ($h/2e$) 주기로 자기 저항이 진동하는 현상이다.

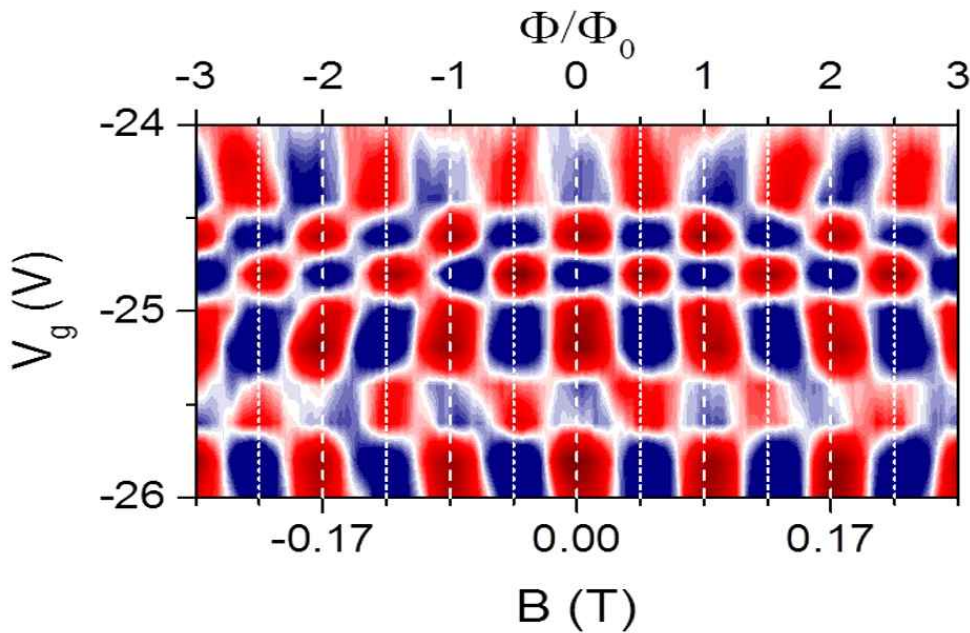
- 지스트 도용주 교수는 “이번 연구 결과는 그동안 이론적으로 예측된 위상학적인 양자 간섭 무늬를 최초로 구현한 실험 결과이며, 위상 부도체에서 발생하는 위상학적인 양자 간섭 현상을 선택적으로 제어하는 실험적 기법을 확립하였다는데 학술적 의미가 있다”면서 “향후 위상 부도체 나노 막대를 초전도체, 자성체, 또는 나노 진동자 등과 결합함으로써 다양한 위상학적인 양자 정보 소자들을 개발할 수 있을 것으로 기대된다”고 말했다.
- 이번 연구 성과는 지스트 도용주 교수(교신저자) 연구팀과 카이스트 물리학과 심홍선 교수, 미국 UC Davis 물리학과의 Dong Yu 교수 등의 긴밀한 공동 연구로 이루어졌으며, 한국연구재단 리더과제 (위상양자소자 연구단), GIST-Caltech 과제, 카이스트 SRC 과제(응집상 양자결맞음 선도연구센터) 등의 지원을 받았다. 연구 논문은 나노 소재/소자 분야의 전문 학술지(IF = 14.6, JCR 저널 랭킹 상위 5.3 %)인 ACS Nano 10월 8일자 온라인 판에 게재되었다. <끝>

논문의 주요 내용

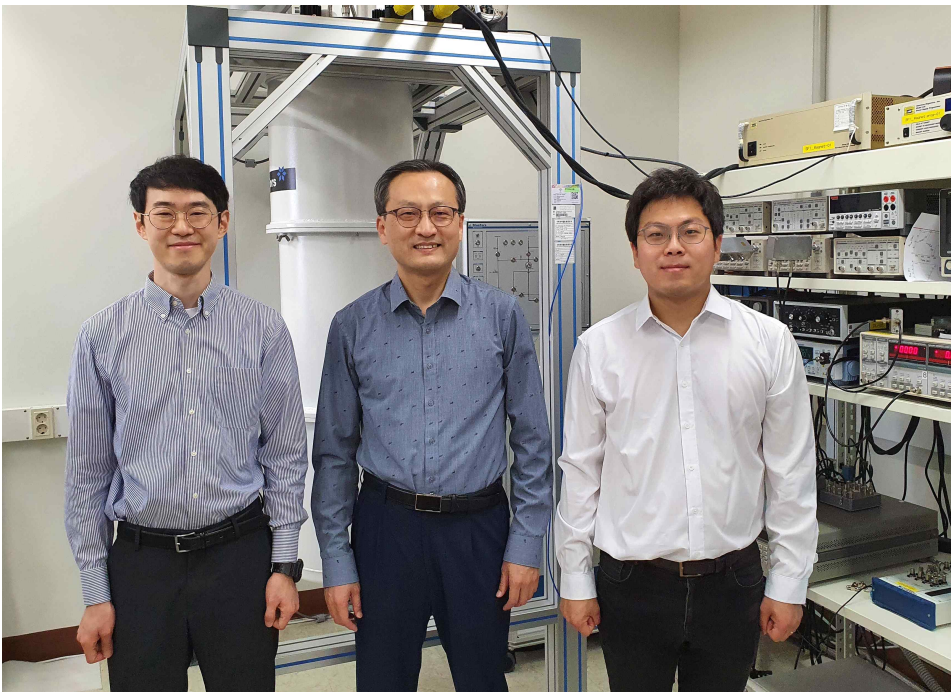
1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : ACS Nano (IF = 14.6, JCR ranking 상위 5.3 %)
- 논문명 : Adjustable Quantum Interference Oscillations in Sb-Doped Bi₂Se₃ Topological Insulator Nanoribbons
- 저자 정보 : 김홍석 박사후연구원 (공동 제1저자, 지스트 물리·광과학과), 황태하 박사과정 (공동 제1저자, 지스트 물리·광과학과), 김남희 박사과정 (공동저자, 지스트 물리·광과학과), Yasen Hou 박사과정 (공동저자, UC Davis 물리학과), Dong Yu 교수 (공동저자, UC Davis 물리학과), 심홍선 교수 (공동저자, KAIST 물리학과), 도용주 교수 (교신저자, 지스트 물리·광과학과)

그림 설명



[그림] 위상학적인 Aharonov-Bohm 효과를 따르는 양자 간섭 무늬를 보여주는 자기 진동 측정 결과. 적색과 청색은 각각 자기 저항의 증감을 가리킨다.



[사진] 공동 제1저자인 김홍석 박사(좌)와 박사과정 황태하 학생(우), 교신 저자인 도용주 교수(중앙). 배경 장치는 액체 헬륨 냉동기로서 위상 양자 소자를 절대 온도 0.007도 상태로 유지하는데 사용되었다.