

2021. 10. 5.(화) / 즉시

문의 : 담당자 연락처(02-880-6602)
 연구단장/연구책임자 김창영(880-6602), 양범정(880-6602) 교수/ 교신저자
 연구단/연구진 손병민, 이은우 연구원 / 공동 제1저자

부호가 다른 이차원 자기 홀극의 발견 및 제어

- 이차원 극초박막 강자성 페로브스카이트에서 부호가 뒤집히는 홀 효과 발견 및 원리 규명
 - 차세대 전자 소자로 활용될 가능성 열어

□ 내용 1

- 서울대학교 물리천문학부 김창영·양범정 교수팀은 이차원 극초박막 강자성 물질에서 부호가 다른 자기 홀극의 발견 및 제어에 성공했다.
- 연구팀은 자기 홀극을 이용한 비정상 홀효과의 제어를 보여줌으로써, 차세대 전자 소자의 가능성을 제시하였다.

□ 내용 2

- 기술의 발전에 따라 과학자들의 관심은 삼차원의 큰 소자에서 평평한 이차원의 작고 정교한 소자로 옮겨간다. 실제 2016년 ‘저차원에서 일어나는 위상학적 상전이’가 노벨 물리학상의 주제로 선정될 만큼 저차원에서 일어나는 현상이 많은 관심을 받고 있다.
- 김창영·양범정 교수팀은 이차원강자성 물질에서 나타나는 자기 홀극을 발견하고 원리를 밝혔으며, 자기 홀극의 제어를 통해 이차원 극초박막 강자성 페로브스카이트가 차세대 소자로 응용될 가능성을 열었다.
- 김창영 서울대 물리천문학부 교수는 “같은 물질이라도 이차원으로 만들면 전혀 다른 물성을 가질 수 있다”라며 “본 연구는 미래 전자 소자를 위한 소재 연구에서 중요한 전환점이 될 것”이라고 강조했다.
- 서울대학교의 이번 연구는 물질 분야 권위지인 ‘네이처 머티리얼스(Nature Materials, IF=43.841) 誌에 10월 4일자로 게재되었다.

연구결과

Sign-tunable anomalous Hall effect induced by two-dimensional symmetry-protected nodal structures in ferromagnetic perovskite oxide thin films

Byungmin Sohn*, Eunwoo Lee*, Se Young Park#, Wonshik Kyung, Jinwoong Hwang, Jonathan D. Denlinger, Minsoo Kim, Donghan Kim, Bongju Kim, Hanyoung Ryu, Soonsang Huh, Ji Seop Oh, Jong Keun Jung, Dongjin Oh, Younsik Kim, Moonsup Han, Tae Won Noh, Bohm-Jung Yang#, and Changyoung Kim#
 (Nature Materials, *in press*)

기술이 발전함에 따라 과학자들의 관심은 삼차원의 큰 소자에서 평평한 이차원의 작고 정교한 소자의 발견 및 개발로 옮겨간다. 이러한 경향은 최근 수십 년간 서서히 나타나고 있었으며, 2016년에는 ‘저차원에서 일어나는 위상학적 상전이’가 노벨 물리학상의 주제로 선정될 만큼 저차원에서의 발현 현상은 국내외 학계에서 많은 관심을 받고 있다.

러나, 삼차원의 물질이 저차원으로 변하게 되면 일반적으로 반도체 소자으로써 응용되기에 유용한 현상들이 더 이상 나타나지 않는 경우가 많다. 특히, 차세대 전자 소자로 응용될 가능성이 매우 높은 스핀트로닉스의 경우, 저차원에서는 특성을 잃어버리게 되는 경우가 많이 보고되고 있다.

김창영 교수, 양범정 교수, 손병민 박사후연구원, 이은우 박사과정생(서울대학교 물리천문학부)은 박세영 교수(숭실대학교 물리학과)와의 공동연

구로 이차원 강자성 페로브스카이트(perovskite)인 SrRuO_3 초박막에서 비정상 홀 효과의 부호가 뒤집히는 현상을 발견하고, 이의 원리를 규명하였다. 연구진은 SrRuO_3 의 이차원 역격자 공간에서 부호가 다른 베리 곡률이 나타나고, 이러한 베리 곡률이 여러 부호를 가지는 자기 홀극의 역할을 한다는 사실을 밝혀내었다.

나아가, 연구진은 이러한 서로 다른 (+ & -) 부호를 가지는 자기 홀극을 이용하여, 에너지 및 자화량의 변화에 따라 홀 효과의 부호 및 크기를 제어할 수 있다는 것을 알아내었다. 해당 소재는 삼차원의 형태로 산업에서 전극 등으로 많이 이용되는 물질로, 이차원에서의 이러한 특성의 발견을 통해 본 물질이 차세대 반도체 소자로 쓰일 가능성을 열어줄 것으로 기대한다.

교신저자인 김창영 교수는 “같은 물질이라도 2차원으로 만들면 전혀 다른 물성을 가질 수 있다”라며 “본 연구는 미래 전자소자를 위한 소재 연구에서 중요한 전환점이 될 것”이라고 말했다.

이번 연구는 물질 분야 권위지인 ‘네이처 머티리얼스 (Nature Materials, IF=43.841) 誌에 10월 4일 자로 게재되었다.

용 어 설 명

1. 비 정상 홀 효과 (Anomalous Hall effect)

- 홀 효과를 발견한 E. Hall에 의해서 1881년 발견된 현상으로 니켈 등 강자성물질의 홀 효과가 당시의 예상보다 100배 이상 크게 나오는 현상. 현재는 하단에 나오는 베리곡률 효과로 잘 설명이 됨.

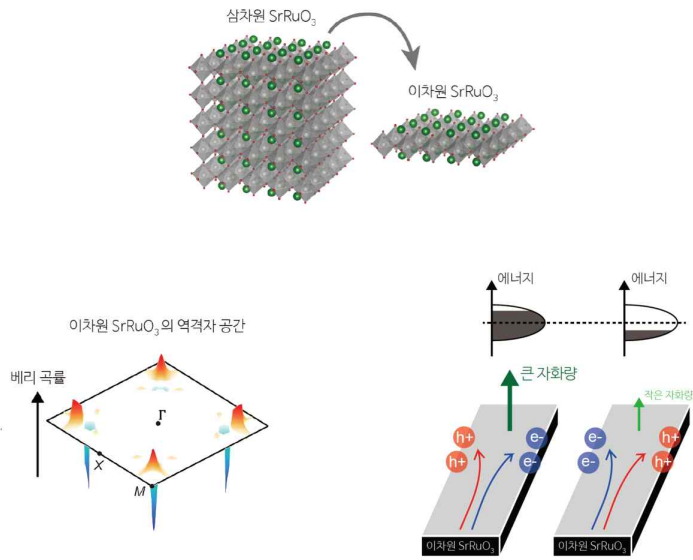
2. 베리 곡률 (Berry curvature)

- 1984년 M. Berry에 의해서 시작되어 제안된 개념으로, 진짜 자기장은 아니지만, 자기장의 역할을 하는 가상의 장(fictitious field)을 이야기 함. 베리 곡률은 고체 내부 전자 파동 함수의 양자역학적 특성에 의하여 만들어지는 것임. 베리 곡률의 발견은 현재 위상물질학의 발전의 초석이 되었음.

3. 자기 홀극 (Magnetic monopole)

- 자기는 전기의 + & - 전하와는 다르게 N & S 극이 따로 존재할 수 없다. 하지만 특별한 경우 고체의 운동량 공간에서 N 혹은 S극이 따로 존재하는 상황이 일어나게 된다. 이를 자기 홀극 이라 한다.

그림 설명



3차원 강자성 페로브스카이트 물질인 SrRuO₃를 매우 얇게 만들어 2차원계와 같이 만들면 (상) 베리 곡률이 3차원의 경우와는 다른 특이한 형태를 가지게 된다 (좌,하). 이러한 베리 곡률 분포를 가지는 계의 경우, 바이어스 전압을 인가하여 비정상 홀 효과를 조정하는 것이 가능하다. 또한, 자화의 크기를 바꾸어 비정상 홀 효과를 조정 할 수도 있게 된다 (우,하).