보도자료

미래를 개척하는 지식 공동체
서 울 대 학 교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

보도일시	즉시 보도
	2023. 10. 17.(화)
문의	연구단장/연구책임자 이관형 교수(02-880-8366) / 교신저자
	백지환 연구원 / 제1저자

■ 제목/부제

제목	**서울대, 2차원 층상 구조의 제로 트위스트 결맞음 구조 최초 형성**
부제	**- 서울대 이관형 교수 연구팀, 봉지화 열처리 방법을 이용한 원자 재구성 유도를 통한 결맞음 구조 형성** **- 완벽하게 정렬된 2차원 층상 구조 형성을 통해 양자 효과 극대화**

■ 요약

연구 필요성	**- 뒤틀림 각도를 완벽하게 조절하여 다양한 광학 및 전기적 특성을 제어하여 이 분야에서의 연구는 미래의 기술 및 응용에 대한 기반을 제공할 것으로 기대** **- 2차원 물질의 계면 물성에 대한 새로운 이해를 제공하여 광학 및 전자 장치 분야에서 혁신적인 응용 가능**
연구성과/ 기대효과	**- 2차원 반데르발스 층상 물질의 완벽한 결정 방향 정렬 및 상 제어 가능** **- 완벽한 적층 각도 정렬에 따른 층간 엑시톤 발광 효율 증가**

■ 본문

□ 서울대학교 재료공학부 이관형 교수 연구팀은 **세계 최초로 뒤틀린 열적으로 유도된 원자 재배열(thermally induced atomic reconstruction)을 통해 적층된 전이금속칼코겐화물(Transition metal dichalcogenide, TMD)의 다중층(multilayers)을 완전 결맞음(fully commensurate, FC) 구조로 재구성할 수 있음을 확인**하였다.

□ 반데르발스(van der Waals) 층상 구조는 층간 뒤틀림 각도(twist angle)에 따라 모아레 초격자(moiré superlattices)[1]를 형성하여 다양한 광학적, 전기적 특성의 변화를 보여 “트위스트로닉스(twistronics)” 라는 새로운 분야를 개척했다. 뒤틀림 각도는 반데르발스 층상 구조의 양자 효과를 결정하는 중요한 요소이다. 지금껏 기초 연구 및 다양한 응용 물리 분야에서 뒤틀림 각도를 제어하려는 많은 시도가 있었지만, 두 2차원 물질의 뒤틀림 각도를 완벽히 0도에 맞게 정렬시키는 것

은 실험적 한계로 인해 보고된 바가 없었다.

□ 본 연구진은 봉지화 열처리(encapsulation annealing) 방법을 이용해 뒤틀린 TMD 이중층에 열과 압력을 가하여 이론적으로 가장 안정한 구조인 제로 트위스트 결맞음 구조로 원자들이 재구성됨을 보고하였다. 본 결과는 TMD 이중층의 뒤틀림 각도에 상관없이 2차원 물질의 완벽한 제로 트위스트(zero-twisted) 결맞음 구조를 형성할 수 있음을 보고하여 2차원 물질의 계면 물성 연구에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

□ 특히 이관형 교수 연구팀은 한 층의 전자와 다른 층의 정공이 쌍을 이루는 "층간 엑시톤(interlayer exciton)" 이 두 원자층의 결정 방향이 정렬됨에 따라 발광 세기가 크게 증가함을 확인하였고, 광발광(Photoluminescence) 피크의 반치폭이 이론치에 근접함을 보고하였다. 해당 연구결과는 재료과학 분야의 최고 권위 학술지 Nature Materials에 2023년 10월 12일 온라인 게재되었으며, 한국연구재단 중견연구자지원사업과 차세대지능형반도체 사업의 지원으로 수행되었다.

□ **연구결과**

Thermally Induced Atomic Reconstruction into Fully Commensurate Structures of Transition Metal Dichalcogenide Layers

Ji-Hwan Baek, Hyoung Gyun Kim, Soo Yeon Lim, Seong Chul Hong, Yunyeong Chang, Huije Ryu, Yeonjoon Jung, Hajung Jang, Jungcheol Kim, Yichao Zhang Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Pinshane Y. Huang, Hyeonsik Cheong, Miyoung Kim, Gwan-Hyoung Lee*

(Nature Materials, *published 13th Oct 2023*)

뒤틀린 TMD 층상 구조를 봉지화 어닐링(encapsulation annealing) 방법으로 열과 압력을 가하면 TMD 층의 원자들이 열역학적으로 가장 안정한 위치로 재배열되며 결정 방향이 0° 또는 60°로 정렬되는 완전 결맞음(fully commensurate) 구조를 형성한다. 완전 결맞음 구조는 기존의 자발적인 원자 재배열과 달리 주기적인 도메인 구조가 형성되지 않고 전면적으로 정렬된 구조를 가져 TMD 층상 구조의 계면 특성을 제어할 수 있다.

□ **용어설명**

- 무아레 초격자(moiré superlattices): 규칙적인 원자 배열을 가진 두 결정이 겹쳐질 때 나타나는 새로운 큰 격자 구조.