

보도자료

| | |
|-----|---------------------------------------|
| 보도일 | 즉시 보도 |
| | 2024. 2. 16.(금) |
| 문의 | 연구단장/연구책임자 이관형 교수(02-880-8366) / 교신저자 |
| | 신준철 연구원 / 제 1저자 |

■ 제목/부제

| | |
|----|--|
| 제목 | 서울대 재료공학부 이관형 교수 연구팀, 2차원 물질 기반 전기적으로 구속된 중성 엑시톤의 전계발광 최초 구현 |
| 부제 | - 반데르발스 이중 구조 기반 발광 트랜지스터에서 전기적으로 구속된 중성 엑시톤 전계발광 최초 구현 - 2차원 물질 발광소자 중 ~8.2%의 최고 효율을 달성하였으며, 세계적인 국제 학술지 ‘Advanced Materials’ 에 게재 |

■ 요약

| | |
|--------------|---|
| 연구 필요성 | - 2차원 반도체 물질은 원자 단위의 두께로 인해 광학의 기본 입자인 엑시톤의 결합 에너지가 매우 크며, 이로 인해 다양한 엑시톤 복합체를 형성할 수 있을 뿐만 아니라 벌크 물질에서 볼 수 없는 다양한 광학 현상들이 보고되고 있음. - 하지만 낮은 발광 효율로 인해 실질적인 광학 및 광전자 소자로서의 응용에는 제한이 있어, 발광 효율을 증가시키는 연구가 필요함. |
| 연구성과/ 기대효과 | - 2차원 발광 트랜지스터를 이용하여 주입되는 전자와 홀의 농도의 균형을 맞추고, 강한 전기장을 이용하여 1차원 영역으로 중성 엑시톤을 구속시킴으로써 상온에서 최대 8.2%의 효율 기록하였으며, 이는 2차원 물질 기반 발광소자 중 가장 높은 효율임. - 이러한 연구를 통해 2차원 물질 기반 차세대 광학 및 광전자 소자를 위한 발광 효율 개선 및 엑시톤 복합체의 제어에 대한 새로운 방법을 제시함. |
| Journal Link | https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adma.202310498 |

■ 본문

| |
|--|
| <input type="checkbox"/> 연구결과 |
| <input type="checkbox"/> 문단 1 |
| ○ 서울대학교 재료공학부 이관형 교수 연구팀은 전기적으로 구속된 중성 엑시톤의 전계발광을 2차원 물질 기반의 발광 트랜지스터에서 최초로 구현하였으며, 이를 통해 2차원 물질 기반 발광소자 |

중 가장 높은 8.2 %의 외부 양자 효율을 달성하였다.

□ 문단 2

- 2차원 반도체 물질인 전이금속 칼코겐화합물은 원자단위의 두께로 인해 광학의 기본 입자인 엑시톤의 결합 에너지가 매우 크며, 이는 다양한 엑시톤 복합체를 형성을 가능하게 하고 벌크 물질에서 볼 수 없는 다양한 광학 현상들을 가능하게 한다. 하지만 이러한 2차원 물질 기반 발광소자의 낮은 외부 양자 효율은 실질적인 광학 및 광전자 소자로서의 응용을 제한하여, 이를 개선하기 위한 연구가 필요하다. 이는 자유 전하의 불균형 주입과 비방사성 발광하는 엑시톤 복합체의 형성이 주요 원인이며 두 요소는 서로 상충하는 관계이다. 발광 효율을 높이기 위해 홀과 전자를 효율적 주입하고 균형을 맞추려 전기적 도핑을 증가시키는 경우, 오히려 비방사성으로 발광하는 충전된 엑시톤의 형성이 늘어나면서 효율이 감소한다, 이를 해결하기 위해서는 이관형 교수 연구팀은 반데르발스 이중 구조를 활용한 2차원 반도체 중 하나인 WSe_2 기반 발광 트랜지스터에서 전기적으로 구속된 중성 엑시톤의 전계발광이라는 새로운 발광 매커니즘을 보고하였다. 실리콘 및 그래핀 게이트로 구성된 더블 게이트 구조를 사용하여 WSe_2 채널 및 그래핀 전극을 국부적으로 전계 도핑함으로써 전자와 홀을 효율적으로 주입하고, 동시에 도핑에 사용된 강한 전기장으로 인해 WSe_2 내의 1차원 영역에 중성 엑시톤이 구속시키며, 충전된 엑시톤은 제거하였다.
- 따라서 주입된 전자와 홀의 균형을 맞추고 동시에 방사성으로 발광 되는 중성 엑시톤이 비율을 증가시켜 강한 전계발광을 이루었으며, 상온에서 8.2%의 높은 외부 양자 효율을 달성하였다. 이는 2차원 물질 발광소자 중에 가장 높은 외부 양자 효율이다. 이 연구는 2차원 발광 트랜지스터의 외부 양자 효율을 향상시키고 엑시톤 복합체 형성을 조절할 수 있는 새로운 접근 방식을 제시함으로써, 차세대 광학 및 광전자 소자의 활용 가능성을 높이는 연구가 될 것이다. 해당 연구결과는 재료과학 분야의 최고 권위 학술지인 ‘Advanced Materials’에 게재되었으며, 연구의 우수성을 인정받아 Inside cover에도 선정되었다. 본 연구는 한국연구재단 중견연구자 지원사업과 반데르발스 물질 선도연구센터의 지원을 받아 수행되었다.

□ 용어설명

- 1) 엑시톤 (exciton): 절연체 또는 반도체 내에서 전자와 양공이 전기적 인력에 의해 결합하여 형성된 준입자다. 엑시톤은 전기적으로 중성이며, 에너지가 방출될 때 빛을 발생하기 때문에 광학적으로 중요하다.
- 2) 엑시톤 복합체 (exciton complex): 두 개 이상의 엑시톤이 상호작용하거나 엑시톤과 다른 입자가 상호작용 형성되는 더 큰 구조의 준입자이다. 대표적으로는 엑시톤이 전자나 홀과 추가적으로 결합하여 형성하는 충전된 엑시톤이 있다.