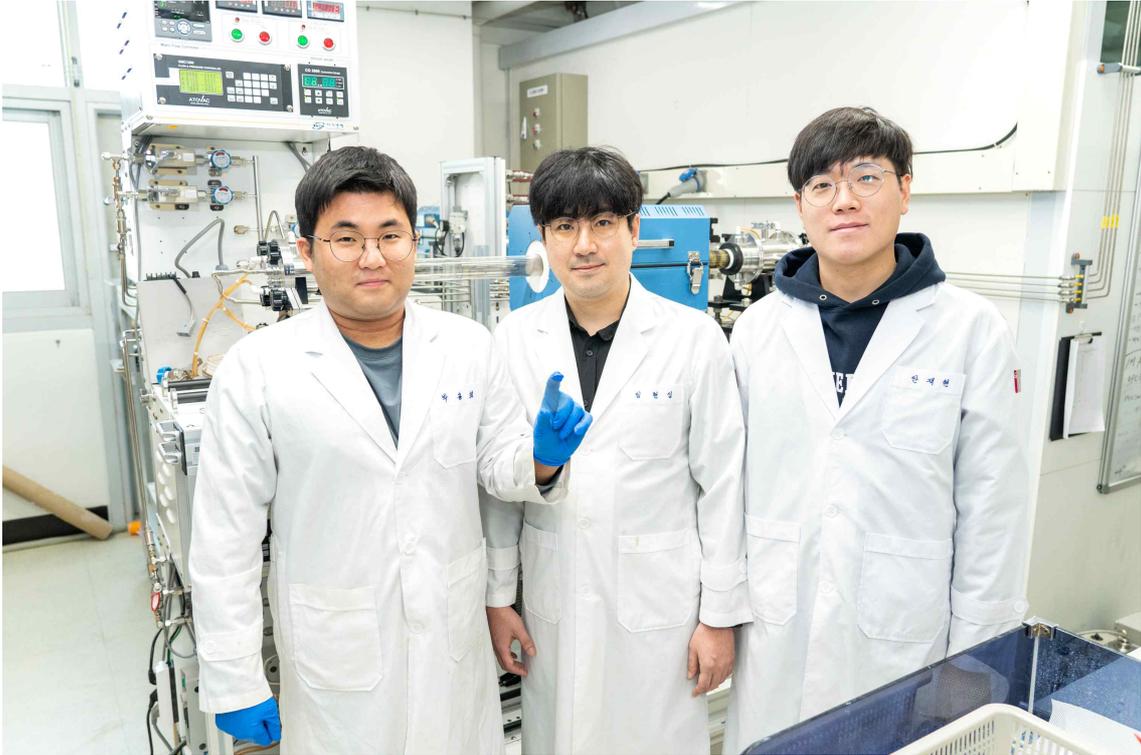


실리콘 뛰어넘은 차세대 반도체 소재 '성큼' 2차원 반도체 물질의 합성 메커니즘 규명

- 경계면 결함 획기적으로 저감하는 합성법 개발로 합성 공정의 경제성 확보
- 임현섭 교수팀, 재료 과학 및 화학분야 저명 국제학술지 ACS Nano에 논문 게재



▲ (왼쪽부터) 박용희 박사과정생, 임현섭 교수, 안채현 박사과정생

국내 연구진이 1nm(나노미터)보다 얇은 두께의 2차원 반도체 물질의 합성법을 개발해 **실리콘을 뛰어넘는 차세대 반도체 소재로 활용**할 수 있는 가능성을 확인했다.

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) **화학**과 임현섭 교수 연구팀은 2차원 몰리브덴 이황화물(MoS_2) 합성 공정을 개선해 결정 입자 사이의 경계를 획기적으로 줄이는 **대면적 단결정 합성법**을 개발했다.

기존 다결정 몰리브덴 이황화물에서 결정 입자 사이에 경계면이 존재하여 전하이동도가 느렸던 단점을 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

* **전하이동도(Mobility)**: 소재 내부에서 전자나 정공이 움직이는 속도. 전하이동도가 낮은 소재로 반도체를 만들면 전기적 신호 전달이 느려지는 문제가 발생한다.

* **몰리브덴 이황화물**: 2차원 구조를 갖는 전이금속 디칼코게나이드 종류로, 에너지밴드 사이에 존재하는 밴드갭이 있고 단층에서는 강한 형광을 발생한다.

* **대면적 단결정 합성**: 소재를 이루는 수많은 결정이 각기 다른 방향으로 성장할 때 생기는 결함을 방지하는 기술로, 원자 수준에서 결정 성장 방향을 동일한 방향으로 정렬시켜야 한다.

몰리브덴 이황화물은 **꿈의 소재라 불리는 그래핀*의 한계를 극복**할 수 있어 차세대 2차원 나노물질로 주목받고 있으나, 단결정 합성 과정에서 **결정 입자 사이의 경계**로 인해 반도체 산업에 활용이 어렵고 **합성 효율이 낮아 경제성이 부족**했다.

* 그래핀: 우수한 열전도율과 내구성을 갖춘 신소재이나 금속성을 가지고 있어 반도체 소재로 활용할 수 없다.

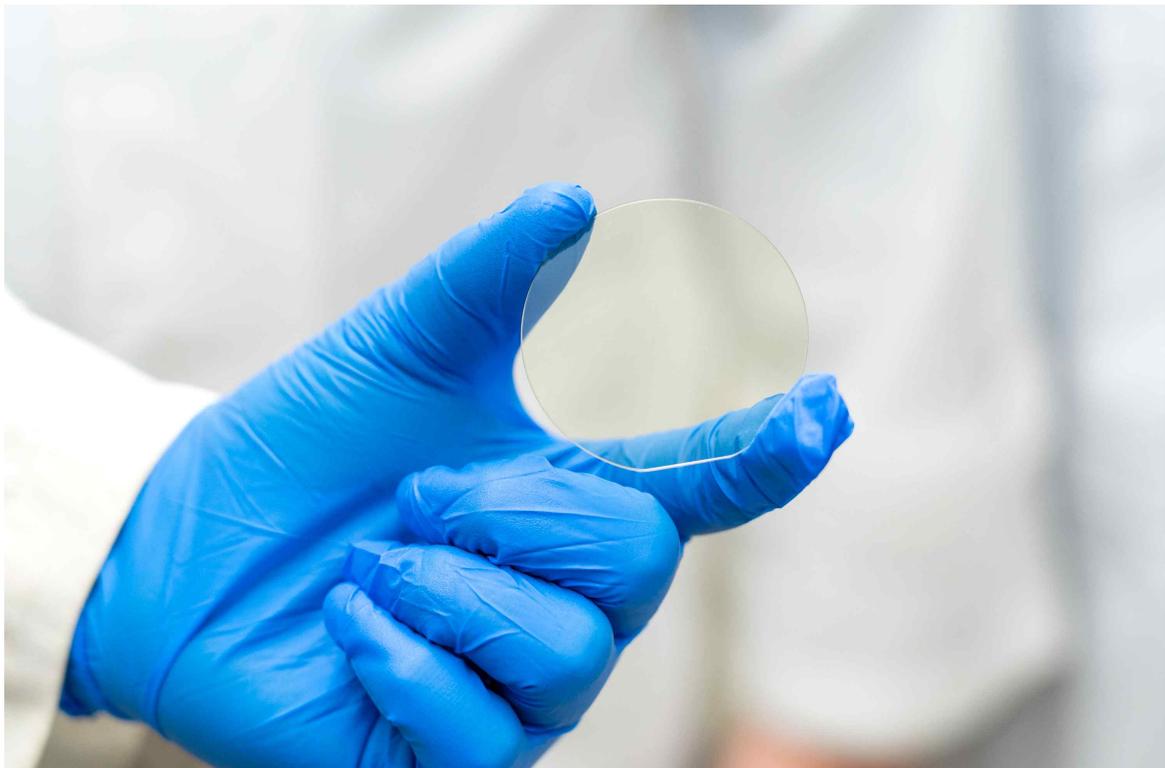
연구팀은 2차원 몰리브덴 이황화물의 합성에 사용되던 기존의 고체 전구체를 **무기 분자 전구체로 대체해 합성 효율을 높였고**, 사파이어 기판에서 2차원 몰리브덴 이황화물을 단일층 및 단결정으로 합성할 수 있는 신기술을 개발했다.

또한 단결정 합성법의 핵심적인 기법인 '에피텍셜 성장'에서 그간 베일에 싸였던 사파이어 기판의 말단 작용기의 역할을 규명했다.

* **에피텍셜 성장(Epitaxial Growth):** 기판 위 얇은 박막을 성장시킬 때, 기판과 박막의 격자 구조의 유사성이 유지되는 성장 기법

* **작용기(Functional group):** 분자들의 특징적인 화학 반응을 담당하는 분자 내의 특정 치환기 또는 부분으로, 동일한 작용기는 동일하거나 유사한 화학 반응을 겪는다.

알루미늄과 산소로 구성되어 있는 사파이어 기판은 공기 중 온도에 따라서 하이드록시기 또는 알루미늄기를 말단 작용기로 가질 수 있으며, 이 중 **알루미늄 말단 작용기가 2차원 몰리브덴 이황화물 단결정 성장에 핵심적인 역할**을 한다는 새로운 메커니즘을 표면 결정 구조 분석과 양자 계산을 통해 제시했다.



▲ **2차원 몰리브덴 이황화물 웨이퍼:** 몰리브덴 이황화물을 반도체 산업에 활용하려면 웨이퍼 수준의 대면적 합성이 필수적이다.

임현섭 교수는 "이번 연구를 통해 2차원 반도체 나노물질인 몰리브덴 이황화물을 차세대 반도체 소재로 활용하는 시점이 앞당겨질 것으로 기대한다"며, "특히 새롭게 밝혀낸 메커니즘은 다른 2차원 나노물질들의 대면적 단결정 합성 공정 개발에도 기여할 것"이라고 말했다.

지스트 임현섭 교수팀이 수행한 이번 연구는 한국연구재단의 우수신진연구사업, 기초과학연구실, 미래소재디스커버리 사업의 지원을 받아 수행되었으며, 재료 과학 및 화학분야 저명 국제학술지인 「ACS Nano」에 2023년 1월 12일 온라인 게재되었다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : ACS Nano, (Impact Factor: 18.027 (2021년 기준))
- 논문명 : Critical Role of Surface Termination of Sapphire Substrates in Crystallographic Epitaxial Growth of MoS₂ Using Inorganic Molecular Precursors
- 저자 정보 : 임현섭 (교신저자, 지스트), 박용희 (공동1저자, 지스트), 안채현 (공동1저자, 지스트), 안종국 (공동저자, 지스트), 김지현 (공동저자, 지스트), 정재훈 (공동저자, 울산대) 오주승 (공동저자, 포스텍), 류순민 (공동저자, 포스텍), 김소영 (공동저자, 포항산업과학연구원), 김승철 (공동저자, 지스트), 김태웅 (공동저자, 지스트)