

반도체가 자라는 '시작점'까지 설계... 고집적·저전력 AI 반도체 구현의 새 길

- KAIST·UNIST·한양대·TDS Innovation 연구팀, 2차원 반도체의 핵생성을 원하는 위치로 제어...네이처 게재
- 2차원 반도체 결정의 단일 중심 성장 성공, 차세대 적층 공정 활용으로 고집적·저전력 반도체 구현 기대

국내 연구진이 반도체 결정의 생성 위치를 정하고, 그곳에서 하나의 결정만 자라도록 제어하는 기술을 개발해 차세대 적층형 AI 반도체 구현을 위한 기반을 마련했다.

과학기술정보통신부(부총리 겸 과학기술정보통신부 장관 배경훈, 이하 '과기정통부')는 한국과학기술원(KAIST) 강기범 교수와 울산과학기술원(UNIST) 김병조 교수, 한양대학교 김우희 교수, 티디에스이노베이션(TDS Innovation) 등이 참여한 공동 연구팀이 산화물 장벽에서 나오는 화학 성분을 이용해 2차원 반도체 결정의 생성 위치를 정밀하게 제어하는 새로운 반도체 소재 성장 기술을 개발했다고 밝혔다.

과기정통부의 개인기초연구 사업과 나노소재기술개발 사업 등의 지원으로 수행한 이번 연구 성과는 세계 최고 권위의 학술지인 「네이처(Nature)」에 10월 8일(목) 자정(현지시간 10.7.(수) 16시, BST) 게재*됐다.

* 논문명 : Spatially deterministic nucleation of 2D semiconductors by etching flux

원자층 수준으로 얇은 두께를 가진 '2차원 반도체 소재'는 기존 연산 회로 위에 반도체를 더 쌓아 올려 AI 칩의 성능을 극대화하고 전력 소모를 줄일 수 있는 차세대 소재로 주목받고 있다. 이를 실제 칩에 활용하기 위해선 필요한 위치에 품질이 균일한 반도체를 형성할 수 있어야 한다.

2차원 반도체 결정의 성장은 원자들이 모여 작은 '결정핵'을 만들고, 여기에 원자들이 계속 붙으면서 성장한다. 그 과정에서 여러 곳에서 제각각 자라난

결정이 서로 만나면 원자 배열이 어긋나는 경계가 생길 수 있다. 이러한 경계는 전자의 원활한 이동을 방해해 반도체 전체의 품질과 성능이 크게 떨어지는 치명적인 한계가 있었다.

기존에도 미리 정한 영역에서만 반도체를 자라게 하는 ‘선택성장’ 기술은 있었다. 그러나 그 안에서 결정핵이 정확히 어디에 생길지는 확률에 맡겨져 있었다. 성장 영역을 정하더라도 내부의 결정핵 위치까지 정할 수는 없어, 얻을 수 있는 단결정의 크기와 위치 정밀도에 한계가 있었다.

연구팀은 성장 영역을 둘러싼 산화하프늄(HfO_2) 등의 산화물 장벽에서 나오는 산소 성분이 2차원 반도체인 이황화몰리브덴(MoS_2)의 결정핵 형성을 억제한다는 점에 주목했다. 이 억제 작용은 장벽에 가까운 가장자리에서 강하고, 장벽에서 먼 중앙에서는 약하게 나타난다.

이 차이를 이용해 성장 영역의 중앙에 하나의 결정핵이 형성되도록 유도했다. 장벽에 가까운 가장자리에서는 결정핵 생성이 억제되고 중앙에서만 하나의 핵이 생기며, 이 결정이 옆으로 자라나 여러 결정이 맞닿는 경계 없이 하나로 이어지는 단결정*으로 성장했다. 연구팀은 400개의 실험 패턴 중 99% 이상에서 중앙에 하나의 이황화몰리브덴 단결정을 형성하는 데 성공하였다.

* 단결정: 물질 내부의 전체 원자 배열이 하나의 결정 방향을 유지하며 길게 연속적으로 이어져 있는 상태

이번 성과는 반도체 소재가 자라는 영역을 정하는 데서 나아가, 그 안에서 성장이 시작되는 위치까지 설계할 수 있게 했다는데 의미가 있다. 향후 회로 설계에 맞춰 필요한 위치에 고품질 반도체를 직접 성장시키는 제조 기술로 발전해, 차세대 반도체 소자를 여러 층으로 쌓는 적층 공정의 기반이 될 것으로 기대된다.

특히 이러한 적층형 반도체 기술로 연산 처리 부분과 메모리를 수직으로 가깝게 배치하면 데이터 이동에 드는 시간과 에너지를 줄일 수 있어, 데이터 센터의 전력 부담을 완화하고 AI 서비스의 응답 시간을 단축하는 데 도움이 될 것으로 기대된다.

한국과학기술원 강기범 교수는 “이번 연구를 통해 2차원 반도체 성장 과정에서 결정이 어디에서 시작될지를 정밀하게 제어할 수 있는 새로운 가능성을 확인했다”며, “앞으로는 이러한 원천기술을 바탕으로 2차원 반도체를 실제 반도체 제조 공정에 적용하고, 궁극적으로는 연산과 메모리를 수직으로 집적하는 차세대 AI 반도체 기술로 발전시키고자 한다”고 밝혔다.

과기정통부 김성수 연구개발정책실장은 “이번 성과는 반도체 소재의 형성 원리를 탐구하는 기초연구와 이를 활용한 원천기술 개발을 통해 반도체 제조 공정의 새로운 해법을 제시한 사례”라며, “연구자들의 창의적인 연구를 이어가고, 그 성과를 미래 산업에 필요한 핵심 기술로 발전시킬 수 있도록 지원을 아끼지 않을 것”이라고 밝혔다.

담당 부서	과학기술정보통신부 기초연구진흥과	책임자	과장	박시정 (044-202-4530)
		담당자	주무관	서동근 (044-202-4537)
	과학기술정보통신부 원천기술과	책임자	과장	김동준 (044-202-4540)
		담당자	사무관	임영주 (044-202-4599)
연구 기관	한국과학기술원 신소재공학과	교신저자	교수	강기범 (042-350-3332)
	한양대학교 재료화학공학과	교신저자	교수	김우희 (031-400-5271)
	울산과학기술원 반도체소재 부품대학원	교신저자	교수	김병조 (052-217-3215)



내일을 만드는 과학기술
내일을 채우는 디지털·AI

대한민국
정책브리핑



주요내용 설명

<작성 : 한국과학기술원 신소재공학과 강기범 교수>

논문명	Spatially deterministic nucleation of 2D semiconductors by etching flux
저널명	Nature
키워드	Etching-flux-mediated single-centered nucleation (식각 플럭스 매개 단일 중심 핵생성), Area-selective growth (선택 성장), 2D TMDs (2차원 전이금속 칼코겐화물), Single-crystal (단결정)
DOI	10.1038/s41586-026-11095-1
저자	강기범 교수(교신저자/KAIST-TDS Innovation), 이창수(교신저자/TDS Innovation), 김우희 (교신저자/한양대학교), 김병조 (교신저자/UNIST) 박정원 박사(공동 제1저자/KAIST-TDS Innovation), 김지윤 석사과정생(공동 제1저자/KAIST), 강수민 석사(공동 제1저자/KAIST), 오지은 석박통합과정생(공동 제1저자/한양대학교), 선우영민 석박통합과정생(공동 제1저자/UNIST) 등

1. 연구의 필요성

- 모든 결정 성장 과정은 작은 핵이 형성되는 핵생성 단계에서 시작하며, 핵이 생성되는 위치와 개수는 최종 결정의 크기, 결정성 및 균일성에 큰 영향을 미친다.
- 2차원 전이금속 칼코게나이드 (2D TMD)는 원자 수준의 얇은 두께와 우수한 전기적 특성으로 차세대 반도체 채널 소재로 주목받고 있어, 원하는 위치에 균일한 단결정을 형성하는 기술이 중요하다.
- 일반적인 결정 성장 기술은 핵생성 밀도나 크기는 조절할 수 있지만 대부분 다결정 형태의 박막이 만들어진다.
- 최근에는 특정 영역에서만 물질을 성장시키는 선택성장(area-selective growth) 기술을 이용하여 단결정을 성장하고 있다. 물질이 성장되는 영역과 성장이 억제되는 배리어 영역을 구분하여, 성장 영역 내부에 단결정을 형성하는 방식이다. 하지만, 이 접근법은 성장 영역 내부에서는 여전히 여러 위치에서 확률적으로 핵생성이 일어날 수 있기 때문에 궁극적으로 핵생성을 완벽하게 제어하는 방법이 될 수 없다.

- 이에 따라 대면적 단결정 성장과 균일성 확보를 위해서는 단순히 ‘어디에서 성장할 것인가’를 넘어 ‘성장이 정확히 어느 지점에서 시작될 것인가’를 결정론적으로 제어하는 기술이 요구된다.

2. 연구내용

- 연구팀은 산화물 배리어에서 발생하는 측면 방향의 화학적 에칭 플럭스를 이용해 성장 영역 내부의 핵생성 확률을 공간적으로 변화시키는 EF-SCN (Etching-Flux-Mediated Single-Centered Nucleation) 기술을 개발했다.
- HfO_2 산화물 배리어에서 방출되는 산소 성분은 MoS_2 의 핵생성과 성장을 억제하며, 배리어와 가까운 영역에서 이러한 효과가 가장 강하게 나타난다. 이에 따라 성장 영역 패턴의 가장자리에는 ‘핵생성 억제 영역 (nucleation-suppressed region, NSR)’이 형성되고, 에칭 플럭스의 영향이 가장 작은 패턴의 중앙에만 ‘핵생성 활성 영역(nucleation-active region, NAR)’이 형성된다.
- 그 결과 2D MoS_2 단결정이 성장 영역의 기하학적 중앙에서 결정론적으로 형성되는 단일 중심 핵생성 기술을 구현했다.
- 연구팀은 성장 영역 크기, 공정 시간, 전구체 공급량에 따른 핵생성 거동을 분석해, 0, 1, 다중 핵생성을 제어하는 디자인 원리를 정립했다.
- 최대 10마이크로미터급의 큰 단결정 성장 및 400개 패턴에서 99% 이상의 단결정 수율을 확보했으며, 비정질 SiO_2 기판에서도 적용 가능했다. 또한, 다양한 산화물 배리어를 활용하여 430도의 저온에서도 단일 중심 핵생성이 구현되었다.
- 핵생성과 성장 영역을 공간적으로 분리하는 구조를 설계함으로써 삼각형 결정 형태의 한계를 넘어 직선형 단결정 MoS_2 를 제작했다. 해당 단결정을 이용한 FET는 최대 $117 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 의 전계효과 이동도를 나타냈으며, 하나의 큰 단결정에 여러 트랜지스터를 제작할 경우 이동도 상

대 표준편차를 7.8%까지 낮출 수 있었다.

- 위치와 방향이 정렬된 MoS_2 - MoSe_2 측면 이중구조를 성장시키고, 이를 기반으로 Ru 원자층 선택증착을 이용한 자가정렬 금속 접촉 소자를 구현했다.

3. 연구성과/기대효과

- 이번 연구는 기존 선택성장 기술 제어 범위를 ‘성장 영역’에서 ‘개별 핵이 발생하는 위치’까지 확장했다는 데 의의가 있다.
- 별도의 외부 시드 물질을 핵생성 지점에 배치하는 방식이 아니라, 성장 영역 주변에서 발생하는 측면 방향 화학 기상 플럭스로 핵생성 확률 분포를 설계했다는 점에서 새로운 성장 제어 개념을 제시한다.
- 핵생성 위치와 개수를 정밀하게 제어함으로써 단결정 크기 확대뿐 아니라, 결정 형상 설계, 저편차 소자 집적, 측면 이중접합 및 선택적 접촉 형성 등 다양한 구조로 확장할 수 있다.
- 향후 2차원 반도체를 이용한 고집적 로직 소자, 3차원 집적, 이중접합 기반 차세대 소자, 접촉 및 도핑 공정 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

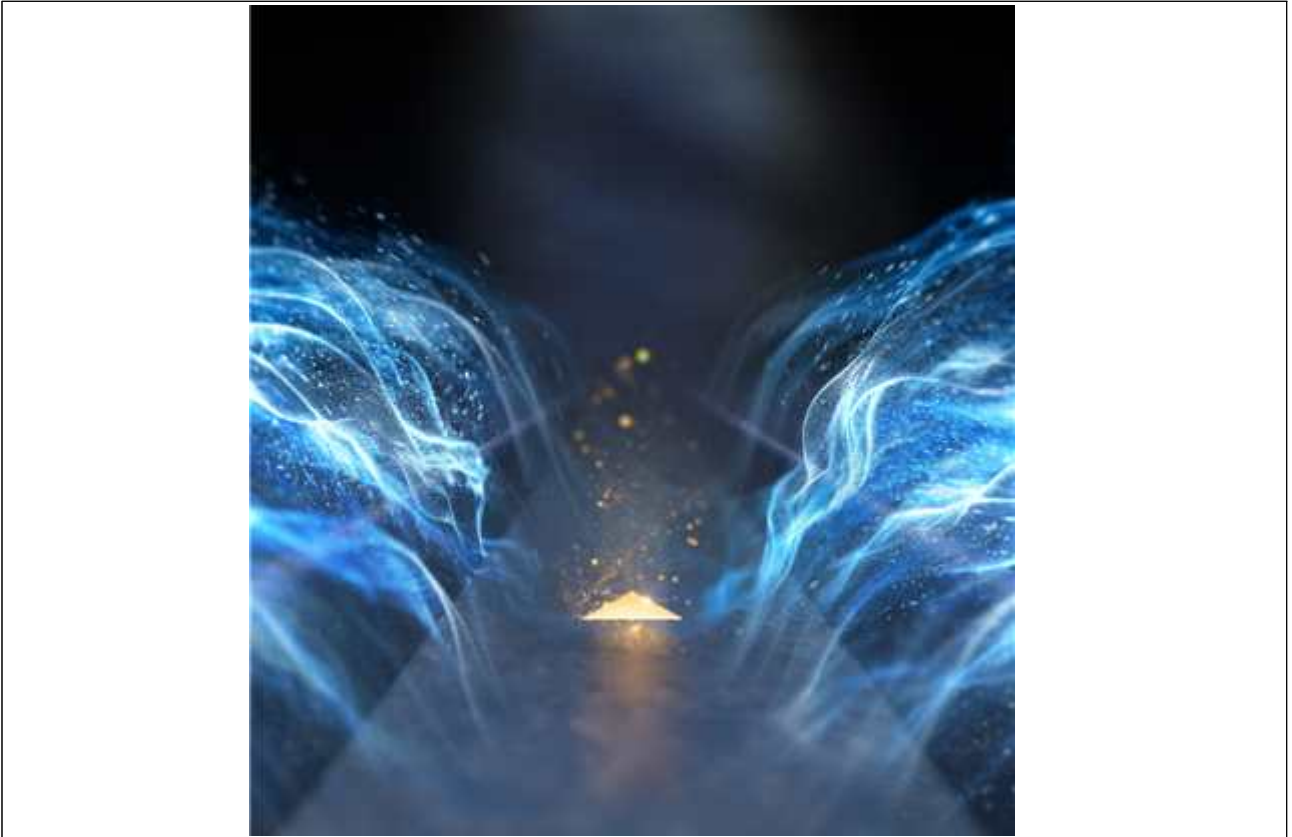
<용어 설명>

- 2차원 전이금속 칼코게나이드(2D TMD): 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W)등의 전이금속과 황(S), 셀레늄(Se) 등의 칼코겐 원소가 결합해 형성되는 원자층 두께의 반도체 물질. MoS_2 , WS_2 , WSe_2 등이 대표적이며, 차세대 초박막 반도체 채널 소재로 연구되고 있다.
- 핵생성(Nucleation): 결정 성장의 최초 단계로, 원자나 분자가 모여 안정적인 작은 결정핵을 형성하는 현상. 핵이 발생하는 위치와 개수는 최종 결정의 크기와 결정립 수 등에 직접적인 영향을 미친다.
- 선택성장(Area-Selective Growth): 기판 전체가 아닌 미리 지정된 영역

에만 선택적으로 물질을 증착하거나 성장시키는 기술.

- 에칭 플럭스 (Etching Flux): 본 연구에서 산화물 장벽으로부터 방출되어 성장 영역의 가장자리 방향에서 유입되며 MoS_2 의 핵생성 또는 성장을 억제하는 반응성 화학종의 흐름을 의미한다.
- EF-SCN: Etching-Flux-Mediated Single-Centered Nucleation 의 약자로, 에칭 플럭스를 이용해 성장 영역 중앙에 하나의 핵만 선택적으로 형성시키는 기술이다.
- 전계효과 이동도(Field-Effect Mobility): 트랜지스터 채널 내에 전하 운반자가 얼마나 효과적으로 이동하는지를 나타내는 대표적인 전기적 성능 지표이다.
- 2차원 측면 이종구조(2D Lateral heterostructure): 서로 다른 2차원 물질이 동일한 원자층 평면 내에서 옆으로 연결된 구조이다.

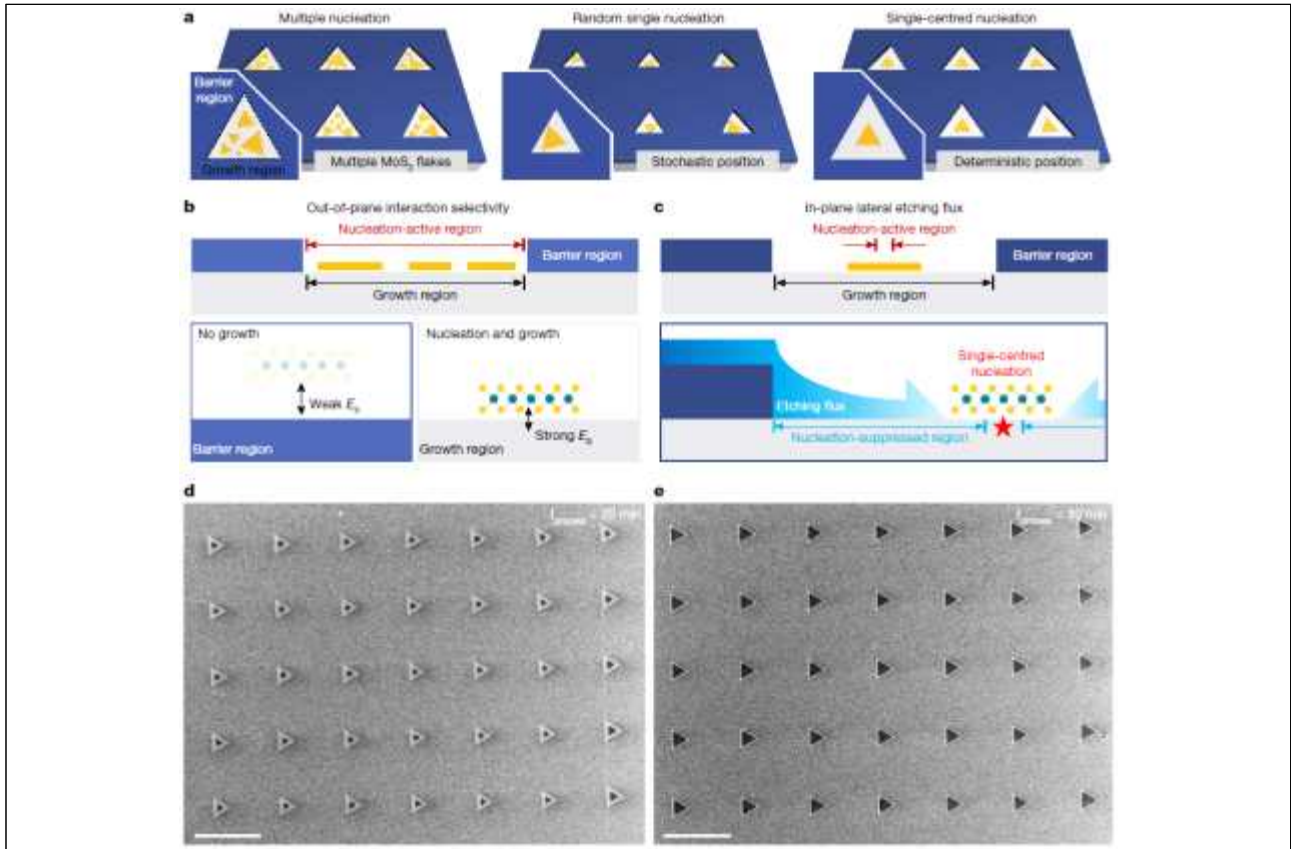
그림 설명



(그림1) 산소 성분이 결정 생성을 억제하는 ‘에칭 플럭스’로 작용해, 2차원 반도체가 정해진 한 지점에서만 자라기 시작하도록 제어하는 원리의 개념도

산화물 배리어(왼쪽과 오른쪽에 있는 남색으로 튀어나온 부분)에서 방출되는 에칭 플럭스(하늘색 가스)가 성장 영역 가장자리의 핵생성을 억제하고, 패턴 중앙에만 핵생성이 가능한 것을 보여주는 개념도. 이를 통해 2차원 반도체 결정이 임의의 위치가 아니라 패턴의 중심에서 시작되도록 유도할 수 있다.

그림설명 및 그림제공 : 한국과학기술원 신소재공학과 강기범 교수



(그림2) 기존 선택성장과 EF-SCN의 개념 비교 및 단일 중심 핵생성 대표 결과
 기존 선택성장에서는 성장 영역 내부에서 핵생성 위치가 무작위로 나타나거나 여러 개의 핵이 동시에 형성될 수 있다. 반면 연구팀이 개발한 EF-SCN 기술에서는 성장 영역 가장자리의 핵생성이 억제되어 패턴 중앙에서 단 하나의 핵이 형성된다. 아래 실험 이미지에서는 다수의 패턴에서 균일한 단일 중심 핵생성과 단결정 성장을 확인할 수 있다.

그림설명 및 그림제공: 한국과학기술원 신소재공학과 강기범 교수

연구 이야기

<작성 : KAIST 박정원 박사>

□ 연구를 시작한 계기나 배경은?

결정 성장에서 핵생성은 최종 박막의 크기와 품질을 결정하는 출발점입니다. 그러나 일반적인 성장 기술에서는 전체적인 핵생성 밀도나 성장 영역을 조절할 수는 있어도, 개별 핵이 정확히 어느 위치에서 만들어질지를 정하는 데에는 한계가 있습니다. 특히 물질의 성장 위치를 조절하는 전통적인 방식인 선택성장 기술에서도 성장되는 위치와 성장 안되는 위치를 정하는 것일뿐, 성장 영역 내에서 핵생성의 정확한 시작 위치를 제어하는 것은 불가능했습니다.

차세대 물질로 주목받는 2차원 반도체를 산업 수준으로 활용하기 위해서는 원하는 위치에 균일한 단결정을 반복적으로 형성하는 것이 중요하기 때문에, 결정이 성장할 위치뿐 아니라 최초의 핵이 만들어지는 위치 자체를 제어할 필요가 있다고 판단했습니다. 이에 물질 성장의 가장 궁극적인 목표라고 할 수 있는 성장 영역 내부의 핵생성 확률을 공간적으로 설계하는 방법을 연구하게 되었습니다.

□ 연구 전개 과정에 대한 소개

연구는 예상치 못한 관찰에서 출발했습니다. 산화물 배리어에서 산소 화학종이 방출되고, 이것이 2차원 반도체의 핵 형성과 성장을 막는다는 것을 확인한 것입니다. 이후 배리어를 단순히 성장이 일어나지 않는 영역이 아니라 주변 핵생성을 능동적으로 조절하는 요소로 보고 연구를 전개했습니다.

□ 연구하면서 어려웠던 점이나 장애요소는 무엇인지? 어떻게 극복(해결)하였는지?

단순히 중앙에서 결정이 성장하는 현상을 관찰하는 것만으로는 충분하지 않았습니다. 실제로 산화물 배리어에서 발생한 에칭 플렉스가 핵생성 위치를 제어한다는 것을 명확히 입증하고, 이를 일반적인 성장 원리로 정립하는 과정이 가장 어려웠습니다.

이를 위해 가열에 따른 산화물 배리어의 조성 변화, MoS₂의 에칭 거동, 성장 영역 내 핵생성 위치의 통계적 분포를 분석했으며, 성장 영역 크기-공정 시간-전구체 공급량을 체계적으로 변화시켜 핵생성 설계 규칙을 확립했습니다.

□ 이번 성과, 무엇이 다른가?

이번 연구의 가장 핵심적인 성과는 2차원 반도체 결정의 시작 위치를 결정론적으로 지정했다는 것입니다.

산화물 배리어에서 방출되는 에칭 플렉스를 이용하면, 배리어와 가까운 성장 영역 가장자리는 핵생성이 억제되고, 배리어에서 먼 중앙으로 갈수록 핵생성 확률이 높아지도록 만들 수 있습니다. 이를 통해 패턴의 기하학적 중앙에 하나의 핵만 형성되도록 유도하였습니다.

즉, 기존의 선택성장이 ‘어디에 물질을 성장시킬 것인가’를 정했다면, 이번 기술은 한 단계 더 나아가 ‘그 안에서 정확히 어디에서 성장이 시작될 것인가’를 결정합니다.

기존 선택성장에서는 성장 영역과 배리어 영역 사이의 표면 특성 차이를 이용해 물질이 증착되는 영역과 억제되는 영역을 구분했습니다. 하지만 성장 영역 내부에서는 핵생성 확률이 대체로 균일하기 때문에 핵이 생성되는 정확한 단 하나의 위치를 제어하는 것은 이론적으로 불가능합니다.

이번 연구에서는 산화물 배리어에서 발생하여 성장 영역 안쪽으로 유입되는 수평 방향의 화학 플렉스를 이용했습니다. 이 플렉스의 세기가 공간에 따라 달라지기 때문에 동일한 성장 영역 안에서도 핵생성 확률 분포를 만들 수 있습니다.

따라서 별도의 핵생성 물질을 특정 위치에 놓는 방식이 아니라, 성장 환경 자체를 설계하여 핵생성 위치를 제어했다는 점이 가장 큰 차이입니다.

□ 실용화된다면 어떻게 활용될 수 있나? 실용화를 위한 과제는?

우선 2차원 반도체 기반의 고집적 로직 및 메모리 소자에 활용할 수 있습니다. 원하는 위치에서 단결정을 형성하고 원하는 방향으로 성장시킬 수 있어, 회로가 설계된 위치에 맞춰 소자 채널의 위치와 주변부 구조를 성장 단계부터 설계할 수 있습니다.

또한 측면 이종접합을 이용한 자가 정렬 컨택 소자, 단일 채널 다중 소자, 위치 선택적 도핑 소자 등 2차원 반도체를 활용하는 Advanced device 플랫폼으로 발전할 수 있습니다.

향후에는 이러한 특성을 바탕으로 bottom-up 제조 공정으로 발전할 수 있습니다.

특히 단결정 채널을 성장한 뒤 원하는 위치로 전사하는 방식이 아니라, 실제 소자가 필요한 위치에서 직접 결정의 핵생성과 성장을 제어할 수 있다면 공정 단순화와 대면적 집적 측면에서 장점이 있을 것으로 기대합니다.

현재 기술은 MoS₂를 중심으로 실증했지만, 향후 다른 2차원 반도체와 다양한 에칭 플렉스 소재 및 대면적 공정으로 확장하는 연구가 필요합니다.

□ 꼭 이루고 싶은 목표나 후속 연구계획은?

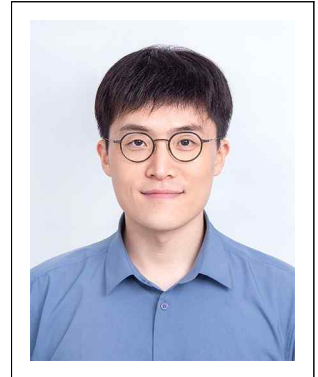
이번 연구는 반도체 결정 성장에서 핵생성을 공간적으로 설계할 수 있다는 것을 최초로 보였다는 것에 의미가 있습니다.

향후에는 더 큰 기판과 미세한 소자 패턴에서 핵생성 위치를 제어하고, 보다 낮은 온도와 실제 반도체 공정 환경에서도 높은 단결정 수율을 확보하는 연구가 필요합니다. 이를 위해서는 연구실 스케일의 장비가 아닌, 산업용 반도체 증착 장비의 개발이 반드시 필요할 것이라 예상합니다.

궁극적으로는 단결정 채널, 이종접합, 전극 증착 등을 성장 단계에서 필요한 위치에 직접 구현할 수 있는 2차원 반도체 통합 제조 플랫폼으로 발전시키는 것을 목표로 하고 있습니다.

연구자 소개

<강기범, 교신저자>



1. 인적사항

- 소 속 : KAIST (한국과학기술원) 신소재공학과,
TDS Innovation
- 전 화 : 042-350-3332

2. 학력

- 2003 ~ 2007 POSTECH 학사 (신소재공학)
- 2007 ~ 2012 POSTECH 박사 (신소재공학)

3. 경력사항

- 2012 ~ 2013 연세대학교 박사후연구원
- 2013 ~ 2016 코넬대학교 (Cornell University) 박사후연구원
- 2016 ~ 2017 시카고대학교 (University of Chicago) 박사후연구원
- 2018 ~ 2022 KAIST 신소재공학과 조교수
- 2019 포스코 청암재단 올해의 펠로 선정
- 2021 송암 미래석학 우수 연구상 수상
- 2021 한국 그래핀 학회 신진학술상 수상
- 2022 ~ 현재 KAIST 신소재공학과 부교수
- 2023 아시아태평양재료학술원 선정
- 2025 KAIST 미래선도기술 대표연구성과 선정
- 2025 KAIST 신소재공학과 우수강의상 수상
- 2025 차세대 과학기술한림원 회원 선출
- 2026 KAIST 신소재공학과 우수강의상 수상
- 2026 한국재료학회 GCIM Early Career Award 수상

4. 전문분야 정보

- 신소재 공학 (2차원 반도체 소재 합성 및 공정 기술 연구)

5. 연구지원 정보

- 2022 ~ 2025 과학기술정보통신부·한국연구재단 나노소재기술개발사업
- 2024 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 개인기초연구사업
- 2025 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 원천기술국제협력개발사업
- 2025 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 초고집적 반도체용 vdW 소재 및 공정기술개발사업
- 2025 ~ 현재 과학기술정보통신부·과학기술사업화진흥원 산학협력활성화지원사업
- 2026 ~ 현재 과학기술정보통신부·과학기술사업화진흥원 공공연구성과실증시범사업

<박정원, 공동 제1저자>

1. 인적사항

- 소 속 : KAIST (한국과학기술원) 신소재공학과,
TDS Innovation
- 전 화 : -



2. 학력

- 2017 ~ 2021 KAIST 학사 (신소재공학과)
- 2021 ~ 2026 KAIST 박사 (신소재공학과)

3. 경력사항

- 2026 ~ TDS Innovation

4. 전문분야 정보

- 신소재 공학 (2차원 반도체 영역 선택적 성장 및 증착 공정 연구)

5. 연구지원 정보

- 2025 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 나노소재기술개발사업
- 2026 ~ 현재 연구개발특구진흥재단 연구개발특구육성 사업
- 2026 ~ 현재 중소기업정보진흥원 투·융자연계기술개발(R&D) 사업
- 2026 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 차세대지능형반도체기술개발사업
- 2026 ~ 현재 과학기술정보통신부·과학기술사업화진흥원 공공연구성과실증시범사업

<김지윤, 공동 제1저자>

1. 인적사항

- 소 속 : KAIST (한국과학기술원) 신소재공학과
- 전 화 : 042-350-3372



2. 학력

- 2020 ~ 2025 KAIST 학사 (신소재공학)
- 2025 ~ 2027 KAIST 석사 과정 재학중 (신소재공학)

3. 전문분야 정보

- 신소재 공학 (2차원 반도체 기반 소자 연구)

<김우희, 공동 교신저자>



1. 인적사항

- 소 속 : 한양대학교 재료화학공학과 /
한양대학교 ERICA 차세대반도체융합공학부
신소재반도체전공
- 전 화 : 031-400-5271



2. 학력

- 2011 포항공과대학교 (신소재공학)
- 2006 한양대학교 학사 (신소재공학)

3. 경력사항

- 2019 ~ 현재 한양대학교 재료화학공학과 / 한양대학교 ERICA 차세대반도체융합공학부 교수
- 2017 ~ 2019 전북대학교 신소재공학부 조교수
- 2016 ~ 2017 Micron Technology SR Engineer
- 2014 ~ 2016 Stanford University Postdoctoral Scholar
- 2011 ~ 2014 삼성전자 반도체연구소 책임연구원

학회·대외활동

- 2022 ~ 현재 ALD Academy 조직위원장
- 2022 ~ 현재 한국반도체디스플레이기술학회 이사
- 2021 ~ 현재 삼성전자 DS CVD/ALD 직무교육 강의
- 2019 ~ 현재 한국재료학회 기술분과 이사
- 2019 ~ 현재 Vmemory 이사
- 2023 ~ 현재 GCIM (The Global Conference of Innovation Materials) program organizer
- 2022 ~ 현재 KISM (The Korean International Semiconductor Conference & Exhibition on Manufacturing Technology) program committee

- 2018 ~ 현재 KCS (The Korean Conference on Semiconductors) program committee

주요 교육·수상

- mySUNI 미래반도체대학 SK스페셜티 PBL 교육
- 한양대학교 강의 최우수상 4회
- 산학협력 최우수 교원 2회
- 산학협력단 우수연구자 선정

4. 전문분야 정보

- 차세대 반도체 향 ALD(원자층 증착, Atomic layer deposition) 기반 나노소자 및 AS-ALD(영역 선택적 원자층 증착, Area-selective atomic layer deposition) / ALE(원자층 식각, Atomic layer etching) 기반 패터닝 공정

5. 연구지원 정보

- 2025 ~ 현재 한국산업기술기획평가원/민관공동투자반도체고급인력양성
- 2025 ~ 현재 한국산업기술기획평가원/민관공동투자반도체고급인력양성
- 2024 ~ 현재 한국산업기술진흥원/글로벌산업기술협력센터

<오지은, 공동 제1저자>



1. 인적사항

- 소 속 : 한양대학교 재료화학공학과
- 전 화 : 031-400-5271

2. 학력

- 2022 한양대학교 학사 (재료화학공학)

3. 경력사항

- 2025 ~ 현재 과학기술정보통신부·한국연구재단 이공분야 학문후속세대지원사업 연구책임자
- 2024 WISSET·과학기술정보통신부 여대학원생 공학연구팀제 연구책임자

주요 교육·수상

- 한양대학교 BK21 우수연구활동상 (2025)
- GCIM Best Poster Award 2회 (2023, 2024)
- 한양대학교 BK21 Best Poster Award (2024)
- 한국반도체디스플레이기술학회 Best Paper Award (2023)
- 한국재료학회 Best Poster Award (2022)
- 대한금속·재료학회 Best Poster Award (2021)

4. 전문분야 정보

- 차세대 반도체 향 ALD(원자층 증착, Atomic layer deposition) 기반 나노소자 및 AS-ALD(영역 선택적 원자층 증착, Area-selective atomic layer deposition) / ALE(원자층 식각, Atomic layer etching) 기반 패터닝 공정

연구자 소개

<김병조, 공동교신저자>

1. 인적사항

- 소 속 : 울산과학기술원 반도체소재·부품대학원
- 전 화 : 052-217-3215



2. 학력

- 2004.03 ~ 2011.02 포항공과대학교 기계공학과 학사
- 2012.09 ~ 2019.02 서울대학교 기계항공공학부 박사

3. 경력사항

- 2019.03 ~ 2023.12 삼성전자 설비기술연구소 책임연구원
- 2024.01 ~ 현재 UNIST 반도체소재·부품대학원 조교수
- 2025.08 ~ 현재 UNIST 차세대 반도체 장비/공정 연구센터장
- 2019.04 대한기계학회 CAE 및 응용역학부문 우수학위논문상
- 2022.11 삼성전자 Best Paper Award 동상
- 2026.05 대한기계학회 CAE 및 응용역학부문 신진학술상

4. 전문분야 정보

- 멀티스케일/멀티피직스 시뮬레이션
- 반도체 공정 모델링: 플라즈마-재료 상호작용, 원자층 증착, 박막 성장 메커니즘
- 첨단 제조를 위한 Physical AI: 시뮬레이션과 실험 데이터를 결합한 가상 공정 플랫폼

5. 연구지원 정보

- 2025.01 ~ 현재 NVIDIA Academic Grant Program
- 2025.07 ~ 2029.12 한국연구재단 나노소재기술개발사업
- 2025.09 ~ 2028.08 한국연구재단 국가아젠다 기초연구

<선우영민, 공동제1저자>

1. 인적사항

- 소 속 : 울산과학기술원 반도체소재·부품대학원
- 전 화 : 052-217-1808



2. 학력

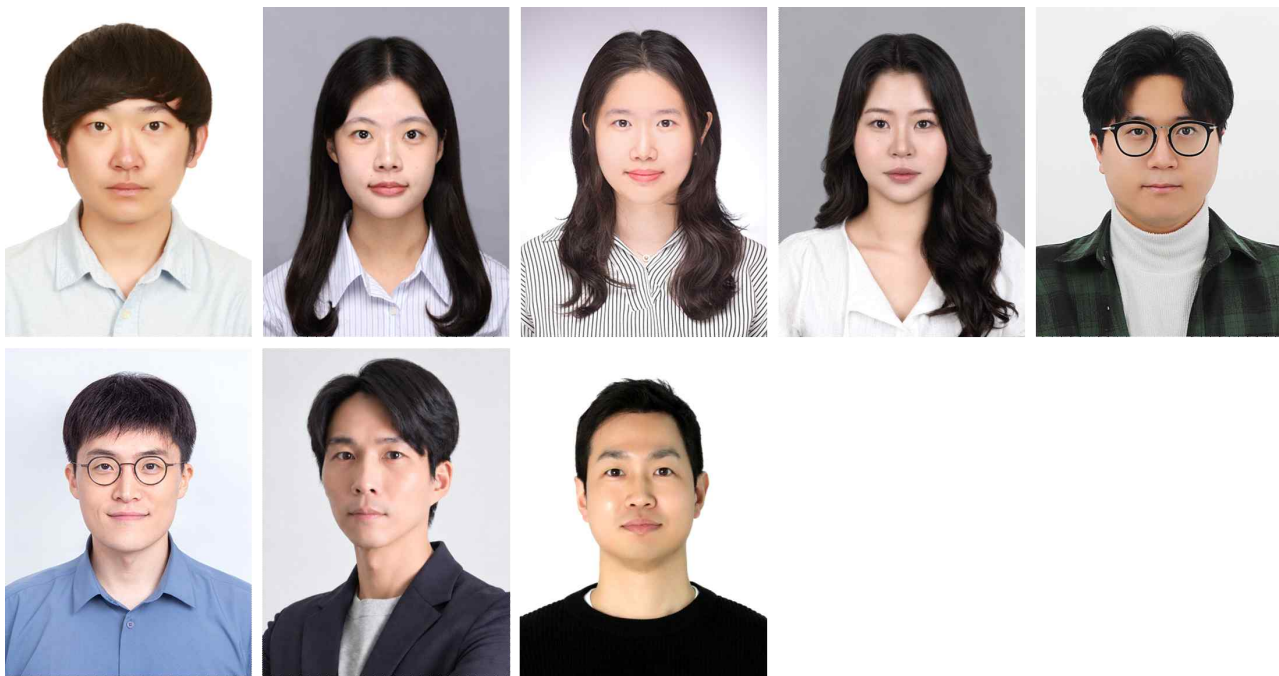
- 2017.03 ~ 2024.08 부산대학교 광메카트로닉스공학과 학사
- 2025.03 ~ 현재 UNIST 반도체소재·부품대학원 석·박사통합과정

3. 경력사항 (수상경력 포함)

- 2023.08 부산대학교 차세대 바이오헬스 인재양성 프로그램 금상

4. 전문분야 정보

- 반도체 식각·증착 공정의 원자 수준 시뮬레이션
- 2차원 반도체 핵생성·성장 거동의 확산 - 반응 모델링



[그림1] (윗줄 왼쪽부터) KAIST 박정원 박사, KAIST 김지윤 석사과정생, KAIST 강수민 석사, 한양대학교 오지은 석박통합과정생, UNIST 선우영민 석박통합과정생, (아랫줄 왼쪽부터) KAIST 강기범 교수, 한양대학교 김우희 교수, UNIST 김병조 교수