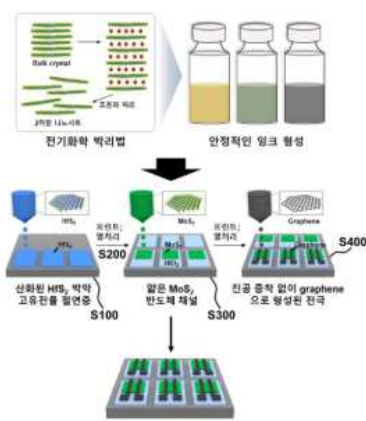


2차원 나노 소재 기반 잉크젯 프린팅 반도체 소자 제조 플랫폼

연구개발자: 신소재공학부 강주훈 교수

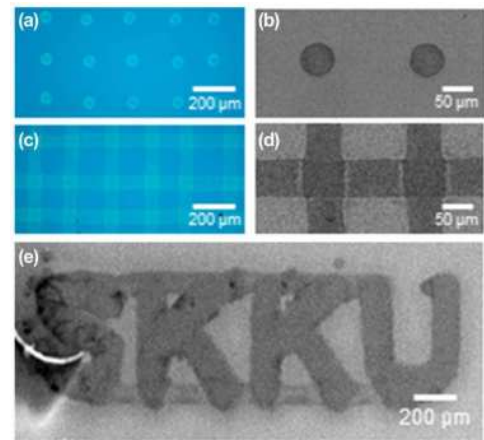
I 기술 개요

01 기술 요약



모든 구성요소가 잉크젯 프린팅된 저전압 구동 고성능 반도체 소자

[2차원 물질 분산액을 이용하여 잉크젯 프린팅된 반도체 소자 제조방법의 모식도]



[잉크젯 프린팅으로 형성한 다양한 패턴을 나타낸 이미지]

- 본 기술은 기존 반도체 제조 공정의 한계(고비용, 대면적/유연성 적용 어려움)를 극복하기 위해, 그래핀, 하프늄 화합물 등 2D 나노 소재를 활용하여 잉크젯 프린팅 및 코팅 방식으로 균일하고 초정밀한 박막(Thin Film)을 형성함에 따라 제조 비용을 낮추고, 유연하면서도 고성능인 차세대 전자소자 및 센서 개발을 위한 핵심 플랫폼 기술임

02 지식재산권 현황

| No | 발명의 명칭 | 출원번호 | 출원일 |
|----|--|--------------|------------|
| 1 | 2차원 물질 분산액을 이용하여 잉크젯 프린팅된 반도체 소자 및 이의 제조방법 | 2022-0074136 | 2022.06.17 |
| 2 | 2차원물질 분산액 제조방법 및 이를 이용한 대면적 반도체소자 제조방법 | 2021-0183419 | 2021.12.21 |
| 3 | 다진법 연산을 위한 준-이종 반도체 접합 전자소자 및 이의 제조방법 | 2021-0149797 | 2021.11.03 |
| 4 | 다진법 연산을 위한 이종 반도체 접합 전자소자 및 제조방법 | 2021-0086638 | 2021.07.01 |

2차원 나노 소재 기반 잉크젯 프린팅 반도체 소자 제조 플랫폼

03 기술의 우수성

■ 초정밀 마이크로 패턴 프린팅

-잉크젯 프린팅 방식을 통해 마이크로(μm) 크기의 점 또는 크로스바 패턴을 균일하고 조밀하게 형성할 수 있어, 초소형 전자소자 제조에 유리함

■ 고도 정렬된 나노시트 박막 형성

- 나노시트(HfO_2)가 면내 방향을 따라 고도로 정렬되도록 박막을 형성하여, 기존 박막 대비 우수한 전기적 성능과 균일성을 확보함

■ 전기적 특성 정밀 제어

-프린팅 또는 코팅 횟수 조절만으로 박막의 두께와 캐패시턴스(정전용량) 값을 정밀하게 조절할 수 있어, 소자의 성능을 맞춤형으로 최적화할 수 있음

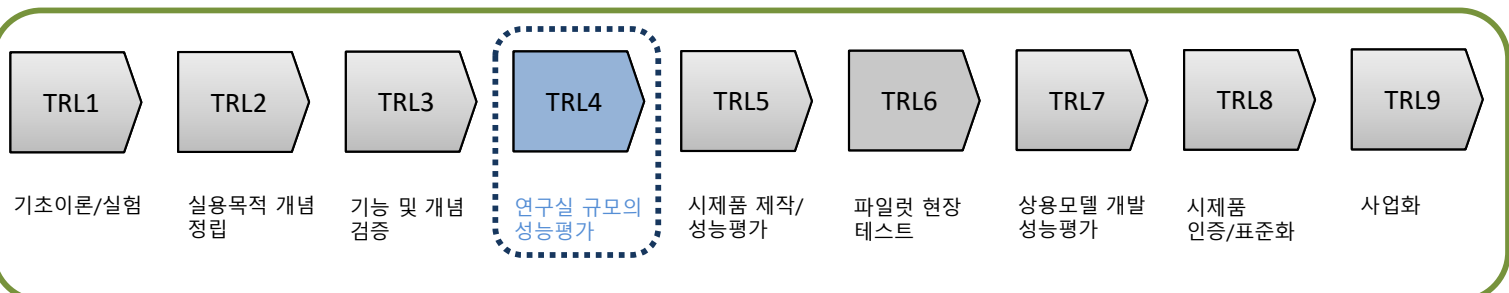
■ 저비용/대면적 공정 가능

-기존의 복잡하고 고가인 진공 증착 공정(CVD, PVD) 대신 잉크젯 프린팅 및 코팅(액상 공정, Wet Process)을 활용하여 제조 비용을 획기적으로 절감하고 대면적 및 유연 기판에 적용 가능함

■ 다기능성 2D 소재 플랫폼

-그래핀, 하프늄 화합물(HfS_2 , HfO_2) 등 다양한 2D 소재에 적용 가능한 범용적 플랫폼 기술로, 유연 전극, 고성능 유전체, 반도체 채널 등 다양한 기능을 동시에 구현할 수 있음

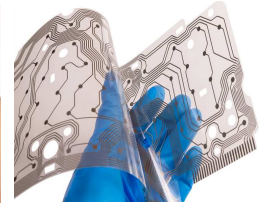
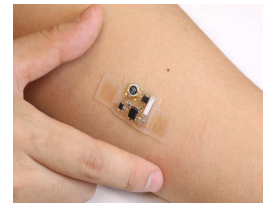
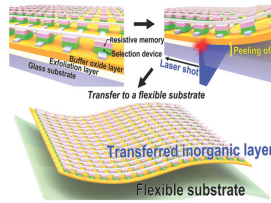
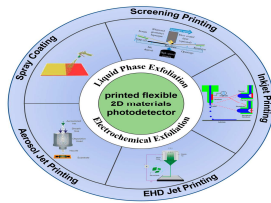
04 기술 개발 완성도



2차원 나노 소재 기반 잉크젯 프린팅 반도체 소자 제조 플랫폼

II 기술 동향

01 기술응용분야



[플렉서블 디스플레이 및 웨어러블 센서]

곡면 디스플레이·스마트 의류 등에 적용

[IoT용 고집적 저전력 트랜지스터 회로]

인쇄 기반 저전력 FET 구현으로 사물인터넷 소형 센서 노드에 적용

[인쇄형 메모리 및 스토리지 소자]

2D 소재 기반 전극/채널 구조를 활용한 RAM, memristor 등 메모리 소자 응용

[의료용 바이오센서]

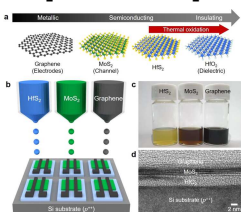
생체적합 기판에 인쇄 가능한 저온 공정을 통한 피부 부착형 바이오 센서

[전자종이 및 투명 전자소자]

고투명성 및 유연한 전자회로 기반 차세대 전자종이 디바이스에 활용

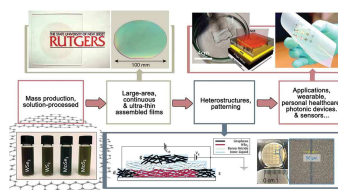
02 기술 동향

[2014~2016]



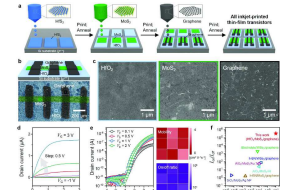
그래핀·MoS₂ 기반 2D 나노소재 전자소자 연구 활성화

[2017~2019]



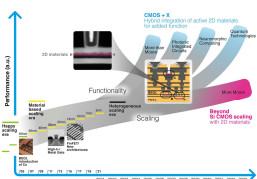
저온공정 기반 인쇄형 반도체 기술 등장

[2020~2022]



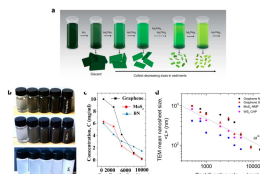
잉크젯/슬롯다이 공정 기반 정밀 패터닝 기술 확립

[2023]



하이브리드 잉크 조성(유매 조절, 분산 안정제 최적화) 연구 확산

[현재진행형]



저온·무진공 기반 인쇄 반도체 상용화

- 2차원 나노물질 기반 인쇄전자 기술은 초기의 박리형 그래핀·MoS₂ 연구에서 출발하여, 저온공정·대면적·플렉서블 기판 호환성 확보를 중심으로 산업화 단계로 진입하고 있으며, 차세대 플렉서블 디스플레이·웨어러블 센서·IoT 소자용 핵심 공정 기술로 확장되고 있음

2차원 나노 소재 기반 잉크젯 프린팅 반도체 소자 제조 플랫폼

III 시장 동향

01 시장규모

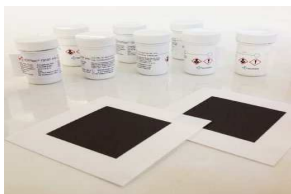


- 글로벌 2D 반도체 소재 시장 규모는 2024년에 101억 9천만 달러로 평가되었으며, 2032년까지 263억 3천만 달러에 이를 것으로 예상되며, 예측 기간(2026-2032년) 동안 12.6%의 CAGR로 성장할 것으로 전망됨

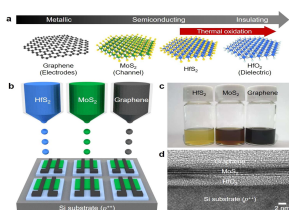
02 주요 시장 참여자



[Graphenea 社 CVD Graphene Wafers & Graphene Inks 제품]



[Haydale 社 Functionalised Graphene & 2D Nanomaterial Inks 제품]



[Versarien 社 2D Nanomaterial Inks for Electronics 제품]

- 고품질 그래핀 단일층 및 멀티층 CVD 스택을 생산하며, 2D 물질 기반 잉크화 및 전자소자용 기판 공급 플랫폼
- 그래핀 및 기타 2D 나노소재를 표면 기능화하여 잉크 및 복합재료화하며, 인쇄·전자센서 응용을 위한 고성능 잉크
- 고순도 그래핀, 전도성 잉크 및 인쇄전자 응용을 위한 2D 소재 솔루션

기술 이전 상담 및 문의