

<b>대분류</b>		전기·전자	<b>적용산업</b>	반도체
<b>RFP명</b>		대면적 고순도 및 도핑된 그래핀 소재/소자 플랫폼 상용화 지원		
<b>기초·원천기술 과제명</b>		그래핀 고유특성의 혁신 전자소자 개발		
<b>과제고유번호</b>		2012M3A7B4049888	<b>과제수행기관</b>	세종대학교
<b>총괄책임자</b>		홍석륜	<b>연락처</b>	hong@sejong.ac.kr / 02-3408-3209
<b>기술개요</b>	<b>개념</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 화학기상증착법을 이용한 결함 및 오염이 없는 대면적 고순도 및 도핑 농도가 제어된 그래핀 합성과 이를 활용한 상용화 기술개발</li> <li>○ 고순도 및 도핑 농도가 제어된 그래핀 등, 이종의 그래핀 소재를 합성하고 이를 조합하여 새로운 물성을 갖는 소재/소자를 제작하기 위한 전 범위 공정개발 및 안정화 기술</li> <li>○ 연구개발 맞춤형 대면적 그래핀의 합성, 전사, 패턴, 기능화 및 소재/소자 제작을 위한 공정개발</li> </ul>		
	<b>내용</b>	<p><b>&lt;개요&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 태양전지 및 슈퍼 커패시터와 같은 에너지 저장 및 변환, 바이오 및 화학센서, 투명전극, 전자소자용 기능성 재료, 고효율 방열 패키징, 금속 부식방지 코팅을 위한 나노탄소소재로 필요로 하는 다양한 융복합 연구가 급증하고 있음.</li> <li>○ 다양한 융복합 연구에 필요한 다양한 특성의 그래핀 소재의 공급이 필요하지만, 관련 그래핀 소재의 공급부족으로 인해 그래핀 응용을 위한 공정 및 요소 기술의 개발이 지연되고 있음.</li> <li>○ 융복합 연구·개발 종사자들에게 창의적인 연구와 다양한 응용 연구 수행을 위한 고순도 및 기능성 그래핀 시료들을 충분히 공급하여 시너지 있는 R&amp;D 연구환경을 제공.</li> <li>○ 융복합 연구개발을위한 고순도 맞춤형 그래핀 소재/소자의 진입장벽을 극복하여 상용화를 선도함.</li> </ul> <p><b>&lt;연구개발 내용&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>대면적 고순도 그래핀 고속합성 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기판 전면적에, 단일층, 고순도 그래핀을 1분 이내 합성이 가능한 고속 합성기술</li> <li>- 촉매금속의 결정성에 따라 다결정 또는 단결정 그래핀을 합성하고, 이에따른 그래핀의 전하이동도를 제어하는 기술</li> <li>- 촉매와 그래핀 사이의 계면에서 성장 메커니즘 전사모사 이론규명 및 합성 조건 최적화 확립</li> </ul> </li> <li>○ <b>대면적 질소도핑된 그래핀 고속합성 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 질소도핑된 단일층 그래핀을, 기판 전면적에 1분 이내에 합성이 가능한 고속 합성기술</li> </ul> </li> </ul>		

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다결정 및 단결정 촉매금속을 이용한 도핑된 그래핀 합성, 도핑농도 및 결합구조가 제어된 그래핀 합성기술</li> <li>- 그래핀의 도핑 구조의 안정성 및 도펀트의 형성 거동 전산모사 분석</li> <li>○ <b>그래핀의 패턴 기능화 및 이종접합구조 제작기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건식방법을 이용한 대면적 그래핀의 기능화 및 전하중성점 (디락포인트) 제어 기술</li> <li>- 전하중성점이 다른 이종 그래핀을 이용한 접합구조 제작 및 전자구조를 설계하는 기술 (예시: PN, PNP, NPN 등의 접합 소재/소자)</li> <li>- 전산모사를 통한 Dirac point 이동, 밴드정렬 및 계면 안정성 규명</li> </ul> </li> <li>○ <b>그래핀 기반 다기능성 집적소자 제작 및 안정화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상기의 모든 기술을 접목하여 그래핀 소재 기반의 다기능 전자소자를 집적, 제작, 평가 및 안정화하는 기술</li> </ul> </li> </ul> <p><b>&lt;연차별 연구개발 내용&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>(1차년도) 대면적 고순도 및 질소도핑된 그래핀 고속합성 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 전구체를 활용한 고순도 및 도핑농도가 제어된 그래핀의 고속 합성</li> <li>- 촉매 금속의 결정성 제어를 통한 그래핀 품질 제어</li> <li>- 대면적 그래핀의 청정전사 및 오염방지기술</li> </ul> </li> <li>○ <b>(2차년도) 이종 그래핀 접합구조의 물성 평가 및 최적화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건식방법에 의한 그래핀의 선택적 기능화 공정 최적화</li> <li>- 1차년도 개발된 이종 그래핀 구조형성을 위한 기술 최적화</li> <li>- 패턴된 그래핀의 이종접합 구조의 청정 계면 형성 안정화</li> <li>- 성장 및 도핑 메커니즘 전사모사 기반 이론규명</li> </ul> </li> <li>○ <b>(3차년도) 단일 및 이종 그래핀 접합 구조 기반 집적 전자소자 응용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고순도, 질소도핑, 기능화된 그래핀등, 동종및 이종 그래핀들을 활용한 집적 전자소자를 제작하는 방법</li> <li>- 소자 제작공정 표준화를 통한 소자의 수율증대, 균일성 및 안정화</li> <li>- 계면 안정성 및 소자특성 전사모사 분석</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>목표</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>(최종목표) 상용화를 위한 시장 맞춤형 그래핀 소재/소자 플랫폼 제공</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고순도, 질소도핑, 기능화된 그래핀 등 단일 그래핀 소재</li> <li>- 고순도, 질소도핑, 기능화된 그래핀 기반 이종접합 그래핀 소재</li> <li>- 고순도, 질소도핑, 기능화된 그래핀 기반 동종 및 이종접합 그래핀 집적소자 제작을 위한 최적 표준화 공정 및 플랫폼 제공 (유연/비유연 및 투명/불투명 기판 활용)</li> </ul> </li> </ul>

지원필요성

○ 개발 목표

성능 지표		단위	달성 목표
1	성장속도	cm <sup>2</sup> /min	> 50
2	전하중성점 (300 nm SiO <sub>2</sub> /Si 기판 기준)	V <sub>CNP</sub>	고순도 그래핀: 0 ~ 10
			질소도핑 그래핀: -100 ~ -30
			기능화된 그래핀: 10 ~ 100
3	전하이동도 (상온)	cm <sup>2</sup> /V·s	고순도 그래핀 >2000
			질소도핑 그래핀 > 80
			기능화된 그래핀 > 200
4	응용 소자 집적도	ea/cm <sup>2</sup>	> 50
5	집적소자(FETs) 제작 성공 수율	%	> 95

<그래핀 소재/소자 플랫폼 상용화 지원 필요성>

○ 차세대 전자소자용 소재의 수요증가 및 관련기술 확보 필요

- 반도체, 디스플레이, 센서, 고성능·저전력 소자에 대한 요구가 증가함.

- 기존 Si 소재의 한계를 극복할 수 있는 차세대 소재의 발굴이 지속적으로 제기되고 있음

- 2D 소재(그래핀 등)는 전기적 특성이 우수하나, 기술 성숙도 및 공정 안정성 측면에서 산업적용이 어려움

- 이에 따라 실험실 수준 연구를 뛰어넘어 그래핀 상용화를 위한 소재/소자 공정기술 표준화 및 안정화기술 확보가 요구됨

○ 대면적 고순도 그래핀 공정기술 개발

- 반도체, 디스플레이, 양자, AI 등의 첨단 산업 분야에서 고순도 대면적 그래핀에 대한 수요 증가함.

- 품질의 균일성, 도핑농도 제어, 기능화 공정등의 표준화 및 안정화 기술 부족, 실제 활용 가능한 수준의 소재공급은 매우 제한적임

- 특히 연구개발 단계에서 요구되는 맞춤형 소재(순수/도핑/기능화된 그래핀)에 대한 공급 인프라 부족은 관련 산업 및 융복합 연구 확장의 제약 요인으로 작용

○ 공정 통합 및 표준화 기반 확보를 통한 상용화 가능성 제고

- 그래핀의 합성 및 기능화, 전사, 패터닝, 소자제작까지의 전주기 공정이 개별적으로 연구되고 있으나, 이를 통합한 공정 플랫폼 및 표준화 기술은 미흡한 수준

- 대면적 공정의 재현성 확보 및 소자 수율 향상은 상용화를 위한 핵심 요소로, 관련 기술 확보 시 실질적인 산업 적용 가능성 제고 기대

<기대 효과>

- 고순도 대면적 그래핀 소재 및 공정 기술 확보를 통해 차세대 반도체 및 전자소자용 소재 기술의 선택지 확대 기대

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 맞춤형 그래핀 소재 공급 기반 구축을 통해 융복합 연구 활성화 및 소재·소자 개발 효율 향상 기대</li> <li>- 공정 통합 및 표준화 기술 확보 시, 그래핀 기반 소자의 초기 상용화 가능성 확보 및 관련 산업 생태계 형성 기여 기대</li> <li>- 중장기적으로는 차세대 나노소재 기반 기술 축적을 통해 글로벌 기술 경쟁 대응 및 미래 반도체 산업에서의 전략적 대응 역량 확보 기대</li> <li>- 이론적 해석 및 소자 특성 예측을 병행하여 실험 결과의 이해도를 높이고 소재·소자 개발의 효율성 및 신뢰성 향상 기대</li> </ul>
<b>활용(응용)분야</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 반도체 및 차세대 전자소자 분야 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고이동도 특성을 활용한 차세대 트랜지스터, RF 소자, 저전력 로직 소자 및 이종접합 구조 기반의 기능성 전자소자 (PN 접합, 센서 등)</li> </ul> </li> <li>○ 디스플레이 및 투명·유연 전자소자 분야 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 투명전극, 플렉서블, 스트레처블 전자소자 등 차세대 디스플레이 소재/소자로 활용</li> </ul> </li> <li>○ 센서 및 바이오·환경 모니터링 분야 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고감도 가스 센서, 바이오 센서, 화학 센서 등 다양한 센서 플랫폼에 적용 &amp; 표면 기능화 기반 선택적 감지 성능 향상 가능</li> </ul> </li> <li>○ 에너지 및 전극 소재 분야 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이차전지, 슈퍼커패시터, 촉매 전극, 태양전지 등 에너지 저장·변환 소자용 전극 소재 (도핑 및 기능화 그래핀을 활용한 성능 향상)</li> </ul> </li> <li>○ 연구개발용 소재·공정 플랫폼 분야 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 맞춤형 그래핀 소재 공급 및 공정 서비스 기반으로 대학·연구소·기업의 신소자 개발을 위한 테스트 베드 및 공정 플랫폼으로 활용</li> </ul> </li> </ul>
<b>지원기간</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발기간: 24개월</li> <li>○ 정부출연금: 총 정부지원연구개발비 10억 원 이내 (1차년도: 1.67억원 이내)</li> <li>○ 주관연구개발기관: 중소기업 (기초·원천기술 보유자 및 소속기관의 공동연구개발기관 참여 필수)</li> <li>○ 기술료 징수여부: 징수</li> </ul>