

관리번호		2026-반도체·디스플레이- 1-품목공모-22		RFP 유형코드	목적·내용	성과물 특성	지원유형
					R	1	1
					원천연구	시작품·시제품 제작 및 검증 (TRL 5~6)	일반연구개발
국가전략연구 기획평가전문분야		PM분야	반도체· 디스플레이	RB분야	반도체 첨단패키징	RB 세부분야	-
					SI반도체		-
사업명		나노·소재기술개발 - 반도체첨단세라믹소재부품공정혁신기술개발(R&D)					
RFP명		초고집적 반도체 식각 공정용 고내플라즈마·고순도 Sub-micron 결정립 세라믹 기반 정전척 부품 실증 및 원천 소재 기술 개발					
		(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 6단계)					
지원 정보	지원기간	2026.07 ~ 2030.12		정부지원금	8,150백만원		
	1단계 (1차년도)	2026.07 ~ 2028.12 (2026.07 ~ 2026.12)		1단계 (1차년도)	4,564백만원 (964백만원)		
	2단계	2029.01 ~ 2030.12		2단계	3,586백만원		
	주관기관유형	■ 제한없음 □ 대학/출연(연)/국·공립연/특정연 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인					
	주관기관 외 필수참여기관	□ 제한없음 ■ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인					
키워드	한글	정전척, 내플라즈마, 서브마이크로 결정립, 초고순도 세라믹, 소결 치밀화, 초고집적 반도체 공정					
	영문	Electrostatic Chuck (ESC), Plasma-Resistant, Submicron-Grained, Ultra-High-Purity, Densification, Advanced Semiconductor Etching Processes					

1. 추진배경	
<p>○ 세부 추진배경 [기술 개요 및 정의]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 기술은 초고집적 반도체 식각 공정용 정전척(ESC) 및 세라믹 부품에 대해, 고밀도 플라즈마 환경에서 요구되는 내플라즈마성, 입자 억제, 전기·열 안정성을 확보하기 위한 초고순도 소재 설계, Sub-micron 미세구조 제어, 고밀도 소결 기술을 개발하는 원천 소재 기술임 - Al₂O₃, AlN 기반 원료 합성부터 미세조직 제어, 소결 및 부품화까지 포괄하며, 고내플라즈마·고내구성 ESC 세라믹 소재의 국산화를 목표로 함 - 최근 Å급 초미세 공정 및 3D 구조(GAA, FinFET, V-NAND)로 반도체 산업이 고도화됨에 따라, 플라즈마 밀도와 공정 온도가 상승하는 등 공정 환경이 더욱 가혹해지고 있음. 특히 HBM 및 HARC 공정 확대로 미세 입자 제어가 수율에 결정짓는 핵심 요소로 부각됨에 따라 공정 장비 부품의 오염 억제력 및 장기 신뢰성 확보가 산업계의 핵심 해결 과제로 대두되고 있음 - ESC는 정전기력으로 웨이퍼를 고정하고 He 가스를 통해 열전달을 제어하는 핵심 부품으로, 공정 온도 정밀 제어에 중요한 역할을 수행하는바, ESC 소재는 내플라즈마성, 입자 억제, 전기적 안정성, 열 관리, 기계적 신뢰성을 동시에 만족해야 함 - 특히 유전체층의 불순물, 기공, 결함은 입자 발생과 누설 전류를 유발하므로, 초고순도 조성 및 치밀한 Sub-micron 미세구조 확보가 필수적이며, 최근 기존 Al₂O₃와 함께 고열전도·고내식 신규 소재 개발이 병행되고 있음 	

[해외 기술 및 산업동향]

- 반도체 장비용 ESC 시장은 미국·일본 기업이 주도하며, Applied Materials, Lam Research, Tokyo Electron 등이 장비를, 일본 기업들이 핵심 세라믹 부품을 공급하고 있음
- Kyocera, NGK Insulators, Shinko Electric, TOTO 등은 고순도 소재와 정밀 가공 기술을 기반으로 ESC 및 세라믹 부품 시장을 사실상 독점하고 있음
- ESC는 장비 맞춤형 부품으로 장비사-부품사 간 장기 공동개발 구조가 형성되어 있어 시장 진입 장벽이 매우 높음. 글로벌 ESC 시장은 2023년 약 11억 → 2030년 약 17억 달러(CAGR 5.4%)로 성장 전망이며, 특히 HARC 공정용 고부가 ESC 수요가 증가할 것으로 예상됨. 시장은 아시아 중심(약 45%) 구조이며, Johnsen-Rahbek 방식 ESC 적용도 확대되는 추세임. 주요 기업은 Applied Materials (약 18%), Kyocera(약 14%)를 중심으로 일본 기업들이 소재 경쟁력을 기반으로 시장을 주도하고 있음

표 1. 반도체 공정용 정전척 세라믹 부품 시장의 일본 중심 구조

구분	기업	국가	핵심 기술/역량	시장 위치
장비 OEM	Applied Materials	미국	반도체 장비-부품 통합 설계, 정전척 시스템 제어 기술	글로벌 장비 1위
소재·부품	Kyocera	일본	AlN, Al ₂ O ₃ 기반 ESC 세라믹 소재 원천기술 및 대형 소결 기술	글로벌 ESC 핵심 공급사
소재·부품	Shinko Electric	일본	고열전도 AlN 기반 ESC 기술, 고정밀 미세구조 제어	AlN ESC 시장 선도
소재·부품	NGK Insulators	일본	대구경 세라믹 소결 및 복합 기능 ESC 제조 기술	고신뢰 ESC 제조
국내 기업	-	한국	ESC 재생 및 일부 신규 부품 제조 기술	국산화 단계

[국내 기술 수준 및 산업 현황]

- 국내 반도체 산업은 삼성전자, SK하이닉스를 중심으로 세계 최고 수준의 제조 경쟁력을 확보하고 있으나, 장비용 핵심 부품·소재는 여전히 해외 의존도가 높은 구조임. 특히 식각 공정용 HARC ESC는 약 90% 이상을 해외에 의존하고 있으며, 핵심 세라믹 소재 및 제조 기술 역시 일본·미국 중심으로 형성되어 있음
- 국내 기업은 범용 Al₂O₃ 기반 ESC 및 일부 세라믹 히터 분야에서는 일부 국산화를 달성했으나, 초고집적 반도체 식각 공정용 고내플라즈마 세라믹, Multi-zone 히터 등 핵심 기술은 격차가 존재함. 특히, 초고순도 소재 정제, Sub-micron 미세구조 제어, 고밀도 소결 및 플라즈마 내구성 기술 등에서 약 3~5년 이상의 기술 격차가 유지되고 있음
- 또한, 원료 측면에서도 Al₂O₃ 및 AlN 분말은 일부 국산화에도 불구하고, 초고순도 소재는 여전히 일본 의존도가 높은 상황임

[과제 추진의 필요성]

- 반도체 공정의 초미세화 및 3D 구조 확대로 HARC 기반 고출력 플라즈마 공정이 확대되며, ESC는 웨이퍼 고정 및 정밀 온도 제어를 담당하는 핵심 부품으로 중요성이 증가하고 있음
- 고밀도 플라즈마 환경에서 세라믹 내 기공·불순물은 입자 오염과 이상 식각을 유발하여 수율 및 장비 신뢰성에 직접적인 영향을 미치므로, 초고순도·치밀 미세구조 기반 고내플라즈마 소재 기술 확보가 필수적임. 그러나 ESC 및 세라믹 부품 시장은 일본·미국 중심 구조로, 국내는 핵심 소재·부품 기술에서 높은 해외 의존도와 공급망 리스크를 보유함
- 따라서 고내플라즈마·고순도 ESC 소재 및 공정 기술의 국산화는 반도체 장비 핵심 부품의 기술 자립과 산업 경쟁력 확보를 위한 필수 과제임

[강원특별자치도 지역 기반 기술개발의 필요성]

- 강원특별자치도는 '미래산업 글로벌도시' 전략의 일환으로 반도체 및 첨단 소재 산업을 핵심 성장동력으로 육성하고 있으며, 강릉·원주 등을 중심으로 반도체 관련 산업 기반이 확대되고 있음
- 강원특별자치도 내 연구기관과 기업 간 협력 R&D를 통해 반도체 고부가 공정에 필수적인 첨단 세라믹 소재·부품의 원천기술을 확보하고, 지역 특화형 반도체 소재 산업 생태계 조성 및 자생적 경쟁력 강화 도모

2. 과제목표

- 최종 목표 : 초고집적 반도체 식각 공정용 장비 부품 적용을 목표로, 고플라즈마·고절연 Sub-micro 결정립 기반 초고밀도(99 % 이상) 세라믹 원천 소재 기술 확보 및 이를 기반으로 12인치 (Φ300 mm) 대면적 세라믹 부품 상용화 모듈 개발

○ 단계별 목표

1단계('26~'28)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초고순도(≥99.9 %) 세라믹 정전척 소재 및 부품 제조 원천 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> - (≥99.9 %) 고순도 세라믹 소재 및 소결 공정 확보 - Sub-micro 결정립 고순도·고밀도 세라믹 소결체 구조 개발 - 부품 타입에 따른 정밀 체적 저항 제어 기술 - Wafer Dechucking 및 냉각 효율 향상을 위한 표면 가공 기술 개발 - 고플라즈마성 확보: 단결정 사파이어 기준 식각률 20% 이하 수준의 내부식성 조직 제어 ○ 시제품 개발 성과 1건 이상 제시
2단계('29~'30)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 12인치 (Φ300 mm)급 초고순도(≥99.95 %) 세라믹 정전척 부품 제작 및 신뢰성 검증 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 유전체 두께/전극 위치 등 300 mm 급 정전척 설계 최적화 기술 확보 - 초정밀 경면 가공 기술 개발 - 신뢰성 확보 및 최종 인증 (Beta Test) 확보: 수요기업(장비사 및 반도체 제조사) 양산 라인 장착을 통한 신뢰성 평가(수명, 파티클 발생량 등) ○ 최종 시제품 1건 이상 실증 검증 완료

3. 성과지표

○ 성과지표

항목		1단계	2단계 (최종목표)	비고
필수	상대밀도(%) 이론밀도 대비	≥95	≥99	- Kyocera(日), Shinko(日) 제품 기준
	Purity (%)	≥99.9	≥99.95	- 극한 조건에서 진행되는 HARC 공정에서의 ESC 세라믹 소재 내 미량 금속 불순물이 공정 안정성 및 수율에 직접적인 영향을 미치기 때문에 일반 산업용 세라믹 보다 훨씬 높은 수준의 초고순도 관리가 요구
	절연 강도 (kV/mm)	≥12	≥15	- ≥12의 기준은 ESC 구동 전압 대비 약 4~5배 이상의 안전 마진 확보, 장시간 플라스마 환경에서의 절연 안정성 확보를 고려하여 설정
	식각률 (μm/h)	≤2	≤1.2	- 식각률을 검증할 수 있는 구체적 시험 조건 제시

자율	평탄도 (μm)	단계별 자율제시	- TOTO(日), Kyocera(日) 12인치 정전척 기준
	경도	단계별 자율제시	-
	체적 저항 ($\Omega\cdot\text{cm}$) 운전 온도	단계별 자율제시	- Coulomb type과 Johnsen-Rahbek(JR) 등에 따라 요구 특성 다름 - JR 동작 저항 범위 $10^8\text{--}10^{13} \Omega\cdot\text{cm}$, Coulomb type은 운전 온도에서 $10^{14}\text{--}10^{15} \Omega\cdot\text{cm}$ 이상의 고저항 필요
	열전도도 ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	단계별 자율제시	-
	열팽창계수	단계별 자율제시	- 실리콘 웨이퍼와의 열팽창 차이로 인한 파티클 발생, Warpage 발생 등 억제하기 위해 $4\sim 5\times 10^{-6}/\text{K}$ 범위 내에서 관리
	소결체 결정립크기 (D_{50} , D_{90})	단계별 자율제시	-
	SCI(E) 논문 (편)	단계별 자율제시	-
	특허 출원 (건)	단계별 자율제시	-
	특허 등록 (건)	단계별 자율제시	-
	기술이전 (건)	단계별 자율제시	-

4. 특기사항				
기본 특성분류	주요 항목별 담당여부	국가전략기술	<input checked="" type="checkbox"/> Y (반도체·디스플레이 소재·부품·장비)	<input type="checkbox"/> N
		혁신도전형 R&D	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		특허로 R&D(舊 IP-R&D)	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		경쟁형 R&D	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		보안과제	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		기술료 징수	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
		3책5공 적용	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
		국제공동연구 의무	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		지자체 예산매칭 의무	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
	ESG	<input type="checkbox"/> E(환경) <input type="checkbox"/> S(사회) <input type="checkbox"/> G(지배구조) <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음		

- 실제 제출하는 과제명은 연구자의 아이디어가 포함될 수 있는 제목으로 연구계획서 제출
- 본 사업은 지방과학기술진흥협의회* 심의 결과를 근거로 연구 개발 수행을 위한 조직·시설·인력이 강원 특별자치도에 상시적으로 보유된 연구개발기관, 대학 및 기업의 참여를 권장함. 또한, 주관연구개발기관은 과제 신청 시 해당 지자체와 합의한 내용이 포함된 합의서를 반드시 과제 신청 시 제출하여야 함
* 국가과학기술자문회의 심의에 따른 지방과학기술진흥협의회 의결(2025.4.30.), 총예산의 29% 이상 지자체 매칭
- 강원도 지역 내 기업 간 지속적인 협력 관계 및 공급망 네트워크 구축, 이를 통한 지역 산업 생태계 경쟁력 제고를 위해 총 연구기간 동안 지역 내 관련 소재·부품·장비 전·후방 기업 2개 이상 참여 필수(주관 또는 공동연구개발기관에 한함)
- 본 과제는 '반도체첨단소재라믹소재부품공정혁신기술개발' 사업 내 구성된 5개 과제 간 유기적 협력 및 통합 성과 관리를 위한 총괄 기능을 수행하여야 함. 연구 결과물의 성공적인 시장 진입 및 사업화를 위하여, 특허 전략 수립 및 기술사업화를 위한 기관을 연구개발기관으로 참여하기를 권고함
- 연차 점검(필요 시) 및 단계평가를 통해 연차별·단계별 추진 현황 및 성과를 점검받고, 점검·평가·추진 위원회의 의견에 따라 연구개발과제의 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 계속 지원 여부 등 조정 가능

5. 연구개발기간 및 연구개발비

- 연구개발기간 : '26.7. ~ '30.12.(총 54개월 내외, (3+2)30개월+24개월)
- 정부지원연구개발비 : 총 8,150백만원 내외('26년 964백만원)

	1단계('26.7. ~ '28.12. / 33개월)			2단계('29.1. ~ '30.12. / 24개월)	
지원기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	'26.7.~'26.12.	'27.1.~'27.12.	'28.1.~'28.12.	'29.1.~'29.12.	'30.1.~'30.12.
정부지원연구개발비	964백만원	1,800백만원	1,800백만원	1,798백만원	1,788백만원
지자체부담금 (강원특별자치도, 강릉시)	386백만원	630백만원	630백만원	632백만원	632백만원
합계	1,350백만원	2,430백만원	2,430백만원	2,430백만원	2,420백만원

※ 연차별 연구비 규모 및 연구기간은 정부예산 사정에 따라 변경 가능

- 선정 과제 수 : 1개 연구개발과제