

관리번호	2020-첨단기계-일반-품목-02	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제성격	■ 원천기술 □ 혁신제품		에너지/환경 기계시스템	공기조화/ 냉동기계
융합유형	■ 산업고도화형 □ 사회문제해결형 □ 신산업(시장)창출형 □ 해당없음			
해당여부	□ 특허연계 □ 표준연계 □ 디자인연계 □ 글로벌협력형 R&D □ 경쟁형 R&D □ 기획경쟁 □ 경진대회형 □ 규제개선 □ 안전관리형			

## 품목명

반도체 식각 공정용 1.5 kW급 초저온 냉각 시스템 개발  
(TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 6단계)

## 1. 개념 및 정의

### □ 개념

- 초미세 선폭(<10 nm) 및 고종횡비(High aspect ratio, >100)를 요구하는 반도체 식각 공정의 생산성과 안정성을 높이기 위한 식각 장비용 초저온 냉각 시스템 개발

### ○ 개발 내용

- 냉각온도 -120℃ 이하 및 냉각용량 1.5kW 급 비가연성<sup>1)</sup> 혼합냉매 적용 초저온 냉각 사이클 최적화 기술 개발
- 1) ASHRAE 기준 가연성 지수 A2L 이하
- 초저온 냉각 시스템용 고유용도(High effectiveness) 및 低 축방향 전도 열전달(Low axial conduction)의 복열식 열교환기(Recuperator) 기술 개발
- 냉각온도 -120℃ 이하 조건에서 안정적 순환이 가능한 고절연 및 비가연성 냉각유체(Coolant) 혼합 조성 최적화 기술 개발
- 식각장비 환경 모사를 통한 초저온 냉각 시스템 시제품 성능 평가 기술 개발

### □ 개발결과의 활용방안

- -120℃ 이하의 냉각 온도가 요구되는 초저온 산업 전반에 활용 가능함.
- 반도체 산업 : EDS(Electrical die sorting) 공정, 식각 공정 등 냉각 유체가 공급될 수 있는 모든 설비
- 농, 수산업 급속 냉동고 및 제약 바이오 산업 대형 보존 냉동고 등

### □ 핵심 목표 성능

핵심 성능지표		단위	달성목표
1	냉동기 최저 온도(T <sub>eva</sub> )	℃	-120 이하
2	정전척 공급 냉각 유체(Coolant) 유량	L/Min (LPM)	20 이상
3	COP (@T <sub>eva</sub> )	-	0.07 이상
4	냉각 용량(@T <sub>eva</sub> )	kW	1.5 이상

## 2. 국내외 기술 동향

### ○ 국내 기술 동향

- 오토캐스케이드 방식을 적용하여 EDS 공정용 냉각 온도 -100℃ 급 초저온 칩러를 개발한 바 있음.

- 반도체 칩러 산업체에서 제조하는 초저온 냉각 시스템은 현재 수준 -80℃에서 1 kW 이상의 냉각 용량을 구성하고 있음.
- 냉각 온도 -120℃, 냉각 용량 1.5 kW 이상 규모의 열전달 유체 적용 냉각 시스템 관련 국내 기술은 아직 부족한 상황임.
- 해외 기술 현황
  - (Brooks automation, 美) -120℃에서 1.5 kW 수준의 냉각용량을 낼 수 있는 제품을 상용화 되어 있으나, 수분 흡착 목적의 건공기(Clean dry air) 제조용이며, 반도체 설비 적용 기술 개발이 필요함.
  - (TS thermonics, 獨) -120℃ 부근의 냉각을 수행할 수 있는 초저온 냉각시스템을 개발하였으나, 열전달 매개체로 건공기를 적용하여 고절연성을 요구하는 반도체 장비에 적합하지 않음.
  - (Mydax, 美) 냉각 온도 -80℃에서 약 11 kW 수준 대용량을 지니는 시스템을 상용화 하였으나, 최저 냉각 온도가 높음.

### 3. 지원 필요성

#### □ 기술적 지원필요성

- 차세대 반도체 공정 장비 기술로 초미세 고종횡비 식각 장비 및 부품 기술이 필요하며, 소자 고도화로 인한 어려움을 극복하기 위해 반도체 소자 및 적층 공정 기술 개발에 관심이 증가되고 있음.
- 향후 3D 낸드 플래시 공정에서의 식각 종횡비(Aspect ratio)는 100이상을 요구할 것으로 예상되며, 이를 위해서는 미세한 선폭에 많은 ion 들이 hole 하부 식각 전면부까지 도달해야 함.
- 현재 식각 기술로는 깊이 효과(Depth effect)<sup>2)</sup>, 보잉(bowing)<sup>3)</sup> 등의 문제, 식각 부산물 배출 미흡 등의 문제로 물리적 한계에 봉착 중
  - 2) 깊이 효과(Depth effect) : 식각 깊이가 깊을수록 식각속도 하락
  - 3) 보잉(Bowing) : 대상 식각 위치의 벽면이 과도하게 식각되는 현상
- 초저온 식각(Cryogenic etching)은 높은 종횡비를 달성할 수 있는 기술이나, -100 ℃ 이하의 온도를 요구하여 산업에 적용되지 못하고 있는 실정
- 선진국 대비 초저온 분야 기술수준 격차 존재
  - 초저온 냉각 시스템은 수입 의존도가 높아 기술 자립도가 낮아 핵심 기술 개발을 통해 기술 국산화 제고 필요
- 기술적 파급효과
  - 초저온 냉각 기술의 선점 : 초저온 냉각기술은 반도체 공정 냉각 뿐만 아니라 식품 급속동결 및 바이오 보존 등 다양한 산업 분야에 적용 가능성 높음.
  - 식각 공정 장비에서 기술의 선점 : 초저온 식각은 아직 도입된 바가 없고, 매우 초기 수준의 기술이므로, 열 제어 기술 및 냉각 기술이 가장 시급한 상황임. 전방산업인 반도체 산업에서 요구되는 초미세 선폭 및 고종횡비 구조 식각 기술의 선점 가능.

#### □ 경제적 지원필요성

- 전공정 장비의 꾸준한 수요 증가

- 식각장비는 2016년 기준 세계 시장 62억달러이며, 국내 제조사의 점유율 약 5%로 확대 가능성이 높음.
- 반도체 설비 수요 증가가 확대될 전망
- 다양한 5G 서비스 개발과 함께 반도체 수요도 늘어날 전망이며, 클라우드 시스템으로 반도체 수요가 20년 중으로 대폭 증가.
- 세계 냉동냉장 설비시장의 수요 증가
- 세계 냉동냉장설비 시장은 2017년 24조 5,700억원에서 2022년 36조 3,600억원으로 매년 평균 8.2% 성장 예상.

☐ 정부/정책적 지원필요성

- 국내 초저온 산업의 소재, 부품, 장비에 대한 강한 기술 개발 노력
- 국내 초저온 냉각 시스템 시장의 핵심 부품(예: 열교환기, 저온용 밸브 등)에 대한 산업 육성 필요

#### 4. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 45개월 이내
- 정부출연금 : '20년 9억원 이내(총 정부출연금 35억원 이내)
- 주관기관 : 제한없음
- 기술료 징수여부 : 징수