

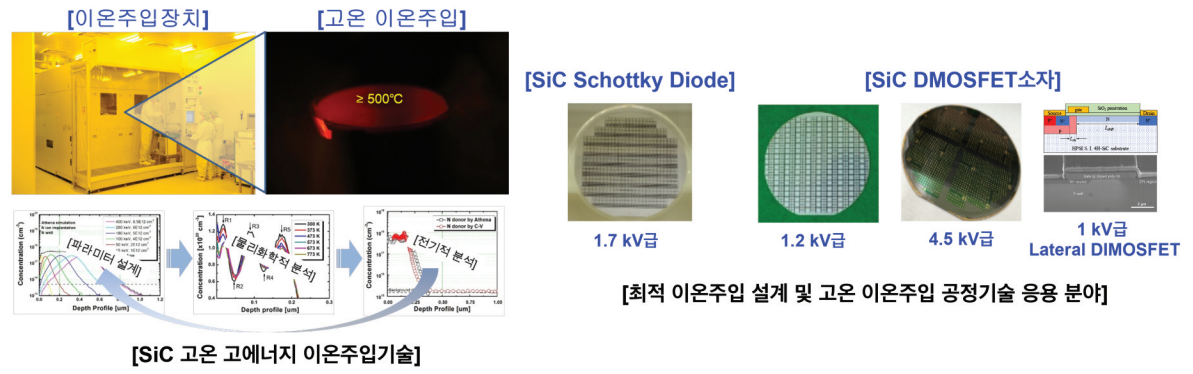
031 고온 고에너지 이온주입 기술

전력반도체연구센터 | 문정현

○ 본 기술은 고효율 전력변환을 위한 고성능 SiC 전력반도체 소자 기술을 구현함에 있어서 다양한 가속에너지, 다양한 농도를 이용한 이온주입 설계 최적화 기술과 저 결합, 고 활성화율을 갖는 고온 이온주입 기술을 개발하는 것임. 고전압 수직형 SiC MOSFET 및 Schottky Barrier Diode(SBD), 수평형 SiC Integrated Circuit(IC) 소자, 차세대 diamond 전력소자 등의 반도체 접합을 형성하기 위해 활용됨.

기술개념 및 구성

- 기술개념
 - ▶ 본 기술은 다양한 도펀트의 가속에너지, 단위 면적당 이온개수를 이용한 최적 이온주입 설계 기술과 저 결합, 고 활성화율을 갖는 고온 이온주입 기술을 개발하는 것임.
- 기술의 구성도
 - ▶ 고효율 SiC 전력반도체 소자용 최적 이온주입 설계 및 고온 이온주입 공정기술임.



1. 기술 개요

- 기술개발의 필요성
 - ▶ 전기자동차, 신재생 에너지 산업 등이 현실화됨으로써 에너지 변환효율이 우수한 차세대 전력 반도체 산업이 주목받게 되었음. 이제는 단순히 전력반도체 부품 산업으로서의 위상을 넘어서 전기자동차, 전철, 태양광 및 풍력에너지 등의 그린 산업에 핵심 기술로 떠오르고 있음.
 - ▶ 국내에서는 KERI를 중심으로 2000년도부터 SiC 전력반도체를 연구해 왔으며 고전압 다이오드 및 전력용 SiC 트랜지스터를 개발하는 일부 성과를 창출하였으나 거액의 투자가 필요한 고온·고에너지 이온주입(ion implantation) 연구기반이 국내에 전무, 100% 외국기관에 의존하는 등 국내의 핵심기술기반의 부재로 애로를 겪고 있음.
 - ▶ 개화기를 맞이한 국내 차세대 전력반도체 산업이 2030년 3대 강국으로 성장하기 위해서는 고온·고에너지 이온주입 기술 개발을 통한 산학연 기술지원이 매우 시급함

- 다양한 이온주입 설계 및 평가기술을 기반으로 차세대 전력반도체 소자 개발에 활용이 가능함.
- ▶ 기술의 상세 규격
 - 도펀트별 이온주입 온도 최적화 기술
 - SiC planar MOSFET용 retrograded junction 구현 기술
 - SiC trench MOSFET용 deep junction 구현 기술
 - SiC 이온주입 후 열처리 기술
- 경쟁기술과 차별성
 - ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황
 - SiC 전력소자용 이온주입 공정기술

구분	기술명	기술내용
국내	기술명	도펀트별 이온주입 온도 최적화 기술
	기술내용	도펀트별 온도 최적화 기술은 연구되지 않았음
국외	기술명	SiC planar MOSFET용 retrograded junction 구현 기술
	기술내용	Single 이온주입 조건을 이용한 p-well 형성 기술
국외	기술명	SiC trench MOSFET용 SiC 상온 deep junction 구현 기술
	기술내용	SiC trench MOSFET용 deep junction을 형성하기 위한 상온 고에너지 이온주입 기술

2. 기술 내용

- 기술의 특징
 - ▶ 기술의 특징점
 - 고온 이온주입 기술로 저결합 고효율특성 확보가 가능하여 산업용 및 항공우주응용을 위한 다양한 전력소자 응용분야에 활용이 가능함.
 - 최적화된 이온주입 기술의 database화를 통하여 설계 마진이 확장된 고효율 이온주입 기술은 안정적인 고온 동작 특성, 높은 파괴전압, 높은 전류밀도를 갖는 고신뢰성 SiC 전력반도체 구현이 가능함.
 - 소형 경량화된 full SiC 전력반도체 모듈로 인해 다른 장치와의 융합이 용이하고, 이동형 장치에 적용이 가능함.

▶ 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
Single 이온주입 기술	• 설계 및 평가기술을 기반으로 상용화에 적합한 최적의 junction 형성 기술
SiC 상온 이온주입 기술	• 저결합 및 고 활성화도 특성을 갖는 고온 이온주입 기술

3. 기술의 시장성

- 기술 응용분야 및 제품
 - 전기자동차, (고속)전철 등 모빌리티용 전력변환장치
 - 태양광, 풍력에너지 전력변환장치
 - 산업용 대용량 모터 구동 전력변환장치
 - 전기자동차용 급속 충전 시스템

■ 시장이슈

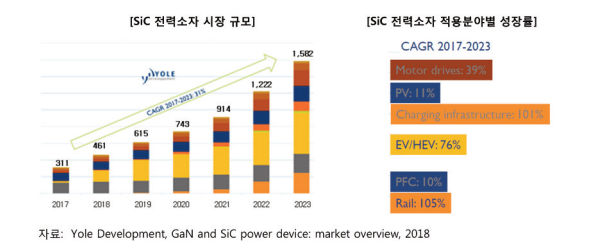
- SiC 전력반도체는 높은 전력변환효율을 바탕으로 고전압, 고내열용 전력 소자에 활용이 기대되고 있고, 대표적으로 인버터, 태양광발전, 풍력발전, 철도용 등의 송 배전 분야에 적용을 기대할 수 있음
- 현재 전력전자 분야의 응용장치인 범용 인버터, 수직제어(VC) 동작기계, 산업용 로봇 등은 그 진보와 함께 고효율, 소형화 등을 요구하고 있음. 또한 전기/전자 장치의 대용량화로 인하여 고전압 SiC 전력반도체 소자의 필요성이 매우 증대됨

■ Supply chain



■ 수요전망

- SiC 전력소자 시장은 2017년부터 2023년까지 연평균 31% 성장하여 2023년 15억8,000만 달러에 이를 것으로 전망됨
- '17년부터 '23년까지 SiC 전력소자 적용분야별 연평균 성장률은 충전 인 프라 101%, EV/HEV 76%, 전철 105%, 모터 39%, 태양광발전 11%로 전망됨



4. 주요 연구성과

- 특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	절연 또는 반절연 SiC 기판에 구현된 SiC 반도체 소자 및 그 제조 방법	한국	10-1964153	2019
출원	절연 또는 반절연 6H-SiC 기판에 구현된 SiC 반도체 소자 및 그 제조 방법	한국	10-2017-0119479	2017
출원	낮은 결합 밀도 및 저저항을 갖는 SiC 금속 산화물 반도체 소자의 제조 방법	한국	10-2017-0100294	2017
출원	SiC 반도체의 깊은 준위 결합 제거 방법	한국	10-2018-0119346	2018

■ 기술의 완성도

- ▶ TRL 5~6 수준의 기술완성도 단계 : 시작품 개발
- ▶ 개발 기술 범위 : 고전압 SiC DMOSFET소자 및 SiC Lateral DIMOSFET 소자 이온주입 기술 개발
 - Semi-insulating SiC 기판을 이용한 소자 구현 기술
 - Deep junction을 이용한 고전압 중단구조 형성 기술
 - Retrograded junction을 이용한 well 형성 기술
 - 최적 이온주입 온도를 이용한 고효율 N+source 형성 기술
- ▶ 기술개발 완료 시기
 - 2016년 12월 : 4.5 kV급 planar DMOSFET 소자 기술 개발
 - 2018년 12월 : 고전압 SiC Lateral DIMOSFET소자 기술 개발

5. 기대 효과

- 기술 도입 효과
 - ▶ 경제적인 효과
 - 파워반도체 전체 시장규모는 2019년도 \$ 566M으로 시작으로 2023년에는 \$ 1,517M 규모로 약 3배 이상 성장할 것으로 예상하고 있으며, 그 중 고전압 대용량 분야(철도, 전기자동차, 신재생에너지)는 전체 시장규모의 2/3이상 점유하고 있으며, 관련 시장도 대폭 성장할 것으로 예상
 - 선진 기업에서 SiC MOSFET을 양산함에 따라 SiC 모듈 시장도 현재 Full SiC 모듈을 요구하고 있으며, 2017년부터 2023년까지 연평균 68%의 높은 성장률을 보일 것으로 예상

■ 기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 기술 중속성이 높은 고전압 SiC 전력 소자용 이온주입 공정기술을 확보함으로써 고효율 전력변환용 전력반도체 제조 기술을 선도 할 수 있음.
 - 국내 산업체 발굴 및 육성에 의한 SiC 전력반도체 분야의 국제 경쟁력을 향상시키고, 국내 전력반도체 산업의 고도화에 기여.
 - 고온 고에너지 이온주입 기술은 SiC 파워반도체 응용분야인 신재생 에너지, 고출력/대용량 산업기, 친환경 전기자동차, 뿐만 아니라 고전압 직류송전(HVDC), 고속철도, 경전철, 중전철 저변 확대에 기여함.