

# SiC 고전압 소자 기술

전력반도체연구소 | 김상철, 석오균

○ 본 기술은 물질 특성이 우수한 wide bandgap 물질인 탄화규소(SiC) 소재를 사용하여 전력변환시스템의 핵심 부품인 고전압 전력반도체 소자를 설계·제작하기 위한 기술로 화석연료를 사용하지 않는 친환경 자동차용 모터구동을 위한 인버터 시스템과 신재생에너지 발전 및 변환시스템, 산업 및 가전용 전력변환장치의 핵심 부품으로 단품패키지 또는 모듈패키지 형태로 적용됨.

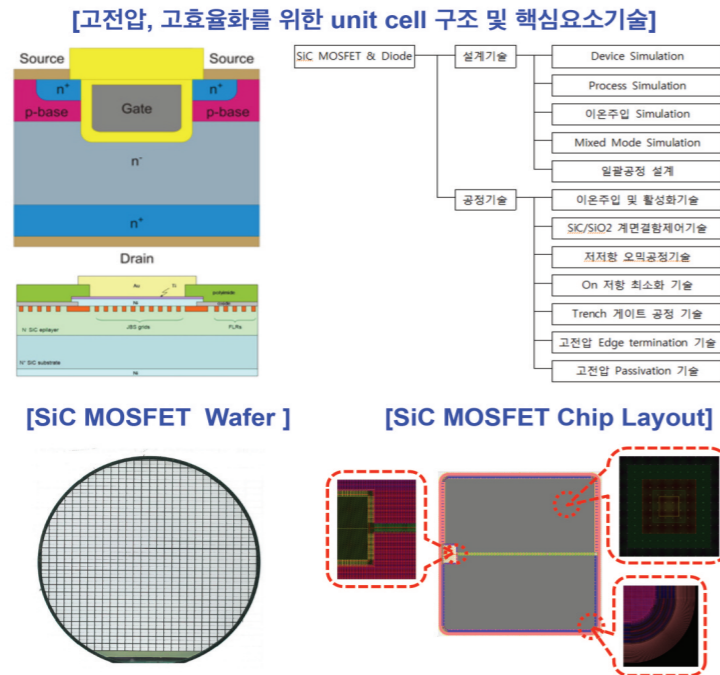
## 기술개념 및 구성

### 기술개념

▶ 본 기술은 차세대 친환경자동차 및 전력변환분야의 고효율화를 위해 wide bandgap 반도체 물질인 Silicon Carbide 웨이퍼를 이용한 고전압, 고효율 전력반도체의 설계 및 공정 기술임.

### 기술의 구성도

▶ 수 KV ~ 수십 KV급의 고전압 SiC 전력반도체 소자 제작을 위한 소자 설계 및 공정 기술임.



## 1. 기술 개요

### 기술개발의 필요성

- ▶ 현재까지 대부분의 전력반도체 소자는 실리콘을 기반으로 제작되고 있으나 실리콘의 물성적 한계에 따른 이론적 한계에 도달하였음.
- ▶ 기존에 널리 쓰이고 있는 실리콘에 비해 항복전압이 열배 이상으로 고내압 구현이 용이하며, 높은 saturation velocity에 의해 고속스위칭 방식의 전력공급장치 구현 가능함.
- ▶ 차세대 반도체 소재인 SiC는 재료가 갖는 우수한 물질특성으로 고효율 소자 분야에 있어서 기존의 실리콘 등 타 반도체 재료에 비해 탁월한 장점을 갖는 재료임.
- ▶ Wide bandgap 특성으로 고온 동작특성이 안정되어 고효율을 다루는 시스템에 있어서 인덕터, 커패시터 등 수동부품과 냉각장치 등의 시스템을 소형화 및 간소화 가능.

## 2. 기술 내용

### 기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점
  - Wide bandgap 물질인 SiC를 이용하여 고효율화 및 저손실화가 필요한 차세대 운송수단인 전기자동차 등 친환경자동차 및 전력변환시스템의 핵심 부품인 전력변환 소자임.
  - SiC 전력반도체 소자의 특성을 최적화 하기 위해서는 웨이퍼의 선정, 불순물의 주입 및 소자 내부손실 최소화를 위한 구조 최적화 등 설계 최적화가 필요함.
  - SiC 전력반도체소자는 화학적 안정성이 매우 높아 기존 실리콘 전력반도체와는 차별화된 공정 기술 개발이 필요함.
  - 극한환경에서 SiC 전력반도체소자 활용을 위한 고온 안정성, 내방사선 및 내화학 특성의 패키지 개발 필요.
- ▶ 기술의 상세 규격
  - Junction온도 200℃ 이상에서도 안정된 소자 동작 특성 구현을 위한 설계 기술
  - 높은 역방향 항복전압 특성 확보를 위한 설계 및 공정 기술

- 낮은 온-저항 확보를 위한 소자 구조 설계 기술
- 전류밀도 및 수율 향상을 위한 공정 안정화 기술

### 경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황
  - SiC 고전압 소자 기술

구분	기술명	기술 내용
국내	기술명	고전압, 고효율 SiC diode 및 MOSFET 소자 기술
	기술 내용	국내 Y사 등에서 SiC Diode 소자 생산 판매중, Planar 구조 SiC MOSFET 소자 양산 준비 중, Trench 구조 SiC MOSFET 소자 제작기술 개발 중.
국외	기술명	고전압, 고효율 SiC diode 및 MOSFET 소자 기술
	기술 내용	미국 CREE, 독일 Infernum 및 일본 Rohm사 등에서 제품 출시 및 version up 중임.

▶ 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
미국 CREE 독일 infernum 일본 Rohm	높은 전류밀도 특성으로 단위면적당 통전 능력이 우수하여 비용 절감 기대.

## 3. 기술의 시장성

### 기술 응용분야 및 제품

- 친환경 운송수단의 모터 구동 인버터 시스템 (하이브리드 자동차, 전기자동차, 수소자동차 및 고속 전기철도 등)
- 신재생 에너지 전력계통에 사용되는 전력변환시스템 (풍력발전, 태양광발전 등 스마트 그리드의 전력변환 반도체 소자)
- 산업용 전기제품 및 가전용 전자기용 전력변환부품 (모터구동용 인버터시스템, UPS, IT기기 등)

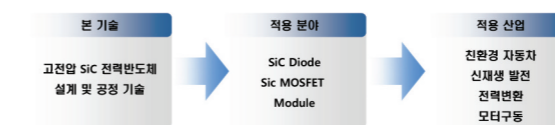


### 시장이슈

- 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
- 4차 산업혁명 시대에 접어들면서 전기차, 스마트가, 로봇, 신재생에너지, 스마트그리드 등 관련 산업이 급성장 하면서 전력반도체의 수요도 급증하고 있음

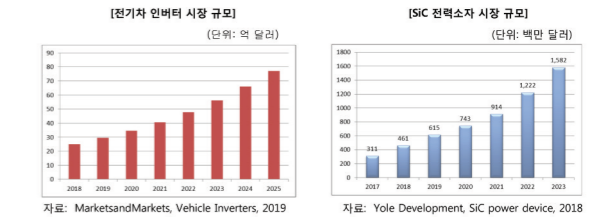
### Supply chain

- 본 기술은 SiC wafer를 사용하여 전력변환시스템의 핵심 부품인 고전압 전력반도체 소자를 설계 제작하기 위한 기술로 친환경 자동차의 모터구동을 위한 인버터 시스템, 친환경 신재생에너지 발전 및 변환시스템, 산업 및 가전용 전력변환장치의 핵심 부품으로 단품 또는 모듈 형태로 적용됨.



### 수요전망

- 세계 전기자동차용 인버터 시장은 2018년 25억 달러에서 연평균 성장률 17.57%로 성장해서 2025년 77억 달러로 전망됨
- SiC 전력소자 시장은 2017년부터 2023년까지 연평균 31% 성장하여 2023년 15억8,000만 달러에 이를 것으로 전망됨



## 4. 주요 연구성과

### 특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
특허	쇼트키 배리어 다이오드 제조 방법	한국	제 10-1615304	2016
특허	고전압용 소자의 필드 옥사이드 제조방법	한국	제 10-1591647	2016
특허	전계한계링이 형성된 전력반도체용 소자 및 그 제조방법	한국	제 10-1830174	2018
특허	폴리실리코를 이용한 실리콘카바이드 트랜치 쇼트키 배리어 다이오드 및 이의 제조방법	한국	PCT/KR2018/004407	2018

### 기술의 완성도

- ▶ TRL 6 수준의 기술완성도 단계 : 파일럿 규모 시제품 제작 및 성능평가 단계
- ▶ 개발 기술 범위 : SiC 고전압 소자 기술
  - 고전압 SiC Diode & MOSFET 소자 설계 기술
  - 650V, 1200V SiC Diode 개발(완료) 및 최적화
  - 1.2~3.3kV planar 및 trench형 SiC MOSFET 제작
- ▶ 기술개발 완료 시기
  - 2019년 12월 : 1.2kV급 SiC trench MOSFET 파일럿 시제품 제작

## 5. 기대 효과

### 기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
  - 고효율 전력반도체 활용을 통한 전력변환 손실을 기존 10%대에서 4%대로 절감 기대.
  - 친환경 자동차 적용을 통해 약 10% 연비향상 및 CO2 가스 배출 절감 기대.
- 미국, 일본 및 독일 등 3국 중심의 전력반도체 주도국에서 중국, 한국이 포함되는 5국 체제로의 변환 기대.
- 대국경화되는 메모리반도체 산업의 유류 장비 국내 활용을 통한 기술 수출 방지 및 자원 재활용.

### 기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
  - 전력반도체 경쟁력 확보 및 핵심 부품의 해외 의존도 탈피를 통한 기술 자립도 향상.
  - 친환경 운송시스템(EV/HEV/FCEV 및 Traction)의 핵심 부품 기술 자립으로 자동차 및 고속철도 기술 도약의 중심 역할 기대.
  - 가전 및 산업용 시스템의 대형화에 따른 에너지 사용량 증가추세에 대비하는 저손실, 고효율 전력변환소자 기술 확보