

# SiC MOSFET 구동 집적회로 기술

전력반도체연구센터 | 김기현

- 본 기술은 고전압(≥1200V), 고온(≥200°C), 고속(≥100 kHz) 스위칭 환경에서 많이 적용되고 있는 차세대 반도체 소자인 SiC MOSFET을 안정적이고 효율적으로 구동하는 집적회로 기술임.
- 구동 집적회로에는 단락에 대한 보호회로 및 고 전압용 신호절연회로가 On-chip으로 구현됨. SiC MOSFET 및 구동 집적회로는 전기자동차(xEV) 인버터 및 컨버터, 태양광 발전용 인버터, 산업기기 등에 활용됨.

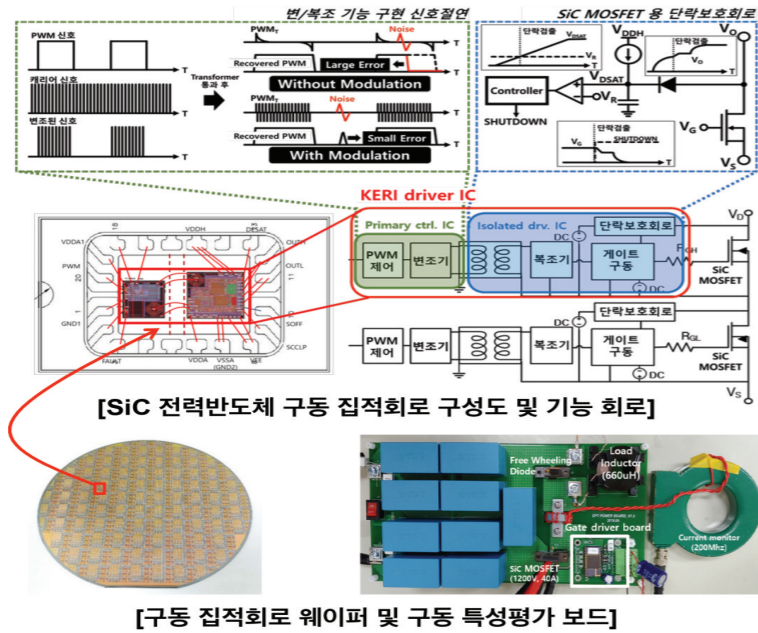
## 기술개념 및 구성

### 기술개념

▶ 본 기술은 차세대 전력반도체인 WBG SiC 전력반도체의 고속 스위칭 구동을 지원하며, 고전압 신호 절연 회로 및 보호 회로가 On-chip으로 내장된 구동 집적회로 기술임.

### 기술의 구성도

▶ 차세대 반도체인 SiC 전력반도체를 빠르면서도 안전하게 구동할 수 있는 게이트 구동 집적회로 기술임.



## 1. 기술 개요

### 기술개발의 필요성

- ▶ 차세대 전력반도체인 Wide Bandgap(WBG) SiC(Silicon Carbide) 전력반도체는 실리콘 기반 전력반도체에 비해 항복 전압이 높고 고온 구동이 가능하며, 손실이 낮기 때문에 고속 스위칭 구동이 가능함. 전용 게이트 구동 및 보호회로 구현 기술이 필요함.
- ▶ SiC 전력반도체는 단위면적당 전류 밀도가 높기 때문에 단락 상태에서 순간적으로 많은 전류가 흐르고, 패키지 내부 온도의 급격한 상승으로 인해 소자가 파괴되기까지 걸리는 시간이 짧기 때문에, 고속 동작의 보호회로 구현이 필요함.
- ▶ SiC 전력반도체는 빠른 스위칭 속도와 회로 내의 기생 인덕턴스로 인하여 과전압 및 과전류 특성이 나타남. 이러한 과전압 및 과전류는 컨버터 내에서 전자기 간섭(EMI)과 노이즈를 발생시켜 컨버터의 성능을 저하시킴. 고속 스위칭 구동을 위해서는 스위칭 노이즈를 고려한 구동 회로가 필요함.

## 2. 기술 내용

### 기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점
  - 단락 상태의 SiC 전력반도체를 2μs 이내에 보호 가능한 단락 보호회로 및 저전압 오동작 방지회로(UVLO), 과열 방지회로(TSD)가 내장된 SiC 전력반도체용 구동 집적회로
  - 1700V급 신호절연회로가 On-chip으로 구현됨으로써 전력시스템의 면적 효율 향상이 가능하며, 신호절연회로의 신호 지연시간이 100ns 이하 짧기 때문에 SiC 전력반도체의 고속 스위칭 구동이 가능함
  - 신호절연회로에 변/복조 기능을 적용함으로써 외부 노이즈에 강인함
  - SiC 전력반도체용 5A급 구동 집적회로 기술로써 100 kHz 이상의 고속 스위칭 구동을 지원함
- ▶ 기술의 상세 규격
  - SiC 전력반도체용 5A급 고속 구동 집적회로 기술
  - SiC 전력반도체용 빠른 응답(<2μs) 단락 보호회로 기술
  - 1700V 내압을 가지는 저 지연 On-chip 신호절연회로 기술

### 경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황
  - SiC 전력반도체용 구동 집적회로 기술

국내	기술명	SiC 전력반도체용 단락 보호회로 기술
	기술 내용	• Si 전력반도체용 단락 보호회로 기술을 응용하여 적용함 • SiC 전력반도체용 단락보호회로가 내장된 구동 IC는 없음
국내	기술명	On-chip 신호절연회로 기술
	기술 내용	• TIs는 커패시터 방식, INFINEON사는 인덕터 방식으로 신호절연회로를 구현한 구동 집적회로(IC)를 개발함
국외	기술명	SiC 전력반도체용 구동 집적회로 기술
	기술 내용	• 국내기업의 SiC 전력반도체용 구동 집적회로는 없음 • 구동 집적회로 기술에 대한 관심 기업은 증가하고 있음

### 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
ROHM, INFINEON, TI, ON SEMI, 사의 구동 IC	• 단락에 대한 면적 시간이 짧은 SiC 전력반도체를 고려하여 2μs 이내에 구현 가능한 단락보호회로 기술 • 고전압 및 고속 스위칭을 고려한 1700V급 저 지연 On-chip 신호 절연회로 기술

## 3. 기술의 시장성

### 기술 응용분야 및 제품

- ▶ 기술이 적용되는 사업분야 및 제품(시스템)
  - 친환경 자동차의 구동용 인버터, 컨버터 및 충전시스템(전기자동차(xEV), 하이브리드 자동차, 수소자동차 등)
  - 신재생 에너지용 전력변환 시스템(태양광 발전, 풍력 발전 등)
  - 산업 기기용 전력변환 시스템(산업용 UPS, 모터, 전력 송 배전 등)

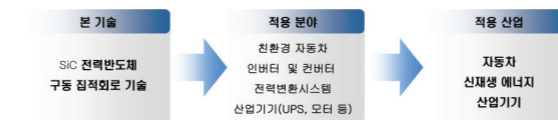


### 시장이슈

- 고전압 SiC 반도체는 1,500V를 목표로 개발 중이며, 2020년에는 중 고압 응용 분야 전력반도체에서 기존의 실리콘 반도체를 대체하고, 2022년에는 전력반도체가 기존의 실리콘 소재에서 SiC소재로 대다수 대체될 전망임
- 차세대 전력반도체인 SiC는 스위칭 손실이 적고 항복 전압이 높기 때문에 빠른 스위칭 환경의 고전압 시스템으로 적용 연구가 많이 이루어지고 있으나 안정적인 보호 회로의 부재로 인하여 실제 시스템으로 적용은 지연되고 있음

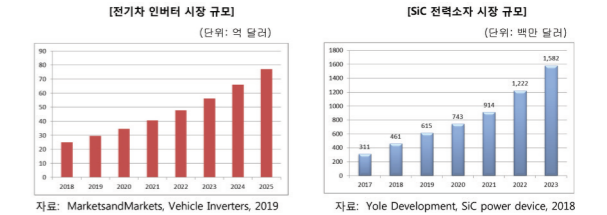
### Supply chain

- 본 기술은 차세대반도체인 SiC 전력반도체를 효율적이면서도 안정적으로 구동하기 위한 구동 집적회로 기술로, SiC 전력반도체와 함께 전기자동차(xEV) 구동용 인버터 및 컨버터 스태킹 및 풍력 발전용 전력변환 시스템 산업용 UPS 스마트 전력 송·배전 시스템 등에 적용 됨



### 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
등록	신호절연회로	한국	-	2019
출원	전력 스위칭용 단락보호회로	PCT 국외출원	PCT/KR2018/013276	2018
출원	게이트 구동회로 및 이를 포함하는 전력 스위칭 제어장치	PCT 국외출원	PCT/KR2018/012233	2018
출원	전력 스위칭용 게이트 구동회로	한국	10-2018-0056322	2018

### 기술의 완성도

- ▶ TRL 5 수준의 기술완성도 단계 : 확정된 소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능평가
- ▶ 개발 기술 범위 : SiC MOSFET 구동 집적회로 기술
  - 분리된 5A급 구동 출력(Source/Sink) 기술
  - SiC 전력반도체용 빠른 응답(<2μs) 단락 보호회로 기술
  - 1700V급 On-chip 신호절연회로 기술
  - 보호회로 기술 : 단락 보호(SCP), 저전압 오동작 방지회로 (UVLO), 과열 방지회로(TSD)
- ▶ 기술개발 완료 시기
  - 2018년 12월 : SiC MOSFET용 구동 집적회로 및 구동 드라이버 기술 개발

## 5. 기대 효과

### 기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
  - SiC MOSFET의 적용분야 중 가장 기대를 모으고 있는 분야는 전기자동차 분야로 SiC 적용 인버터의 경우 전기자동차의 보급이 본격화되는 2021년경에는 전 세계적으로 8조원 이상의 시장을 형성할 것으로 예상됨
  - SiC MOSFET의 낮은 스위칭 손실과 높은 스위칭 주파수 특징은 전기자동차용 인버터 시스템의 무게 및 크기를 감소시킬 수 있으며, 이로 인하여 주행거리를 10%이상 증가시킬 수 있음

### 기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
  - 기술 중속성이 강한 전력반도체 구동 집적회로 핵심기술을 확보함으로써 차세대 전력반도체 구동 기술을 선도 할 수 있음.
  - 국내 산업체 발굴 및 육성에 의한 차세대 전력반도체 및 구동 집적회로 분야의 국제 경쟁력을 향상시키고, 국내 반도체 산업의 고도화에 기여.
  - 친환경자동차의 인버터 및 컨버터의 핵심 부품 기술을 확보하고, 고밀도/고효율 전력변환시스템의 핵심 기술 확보

[R&R : 2-1-2]