

HVDC연구본부
전력반도체연구센터

김상철
책임연구원



V4 - 39

SiC 전력반도체 기술

Silicon Carbide Power Semiconductor Device Technology

기술 내용

- 차세대 수송수단인 전기자동차 및 신재생에너지의 전력변환을 위한 고효율 인버터 기술의 필요성 및 역할이 급증
- 현재 실리콘 전력반도체 소자가 인버터시스템의 핵심 전력변환 부품으로 사용되고 있으나, 실리콘 소자로 구성된 전 원장치를 고속화/경량화 하면서 동시에 고효율화, 고출력화를 달성하는 것은 점차 한계상황에 이르고 있음
- 실리콘 반도체 소자로 구성된 전력변환장치는 전력반도체 소자를 직병렬로 연결하는 방식으로 많은 공간을 차지하고, 열방출에 필요한 냉각장치 등 부대장치가 필요하며, 스위치 소자마다 트리기 회로를 연결하여 경량화/소형화 및 고속 스위칭 면에서 불리함
- 탄화규소 전력반도체소자는 재료 고유의 물질적 특성이 매우 우수하여 고효율, 고효율 전력변환소자 분야에 있어서 기존의 실리콘 등 타 반도체 소자에 비해 탁월한 장점을 갖는 소자임

기술의 특징 및 우수한 점

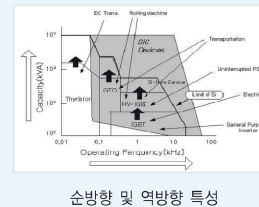
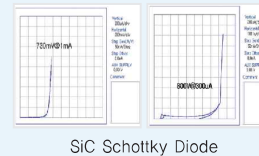
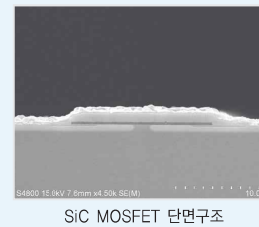
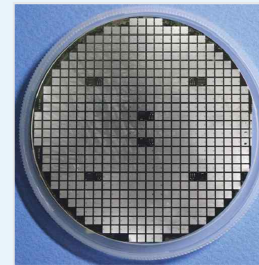
SiC 전력반도체소자는 기존 실리콘기반의 전력반도체 소자에 비해 넓은 에너지 밴드폭 (×3), 높은 항복전압특성(×10), 빠른 포화전자속도(×2) 및 우수한 열전도도(×3) 등으로 고온, 높은 전압에서의 소자 안정성이 우수하고 높은 동작주파수에서의 동작이 가능하여 기존의 전기·전자 시스템의 신뢰성을 향상시키고 전력변환효율을 높이며 시스템을 경량화시킬 수 있음

SiC Electronics의 우수성		
SiC 물성	SiC 소자 특성	SiC Electronics의 우수성
넓은 에너지 밴드 갭 (약 3.2eV, Si의 약 3배)	- 고온 안정성 (Tj ≥ 300°C) - 내(耐) 노이즈성	전기·전자 시스템의 → 고신뢰성, 고효율
높은 열전도성 (5W/cm·K, Si의 3배)	- 저손실 (Si의 1/3) - 높은 전류처리능력 (100A/cm²) - 넓은 SOA (Si 2배 이상)	(현재의 Si-시스템 손실을 12%를 3% 수준으로)
높은 절연파괴강도 (3×10⁹V/cm, Si의 10배)	- 고내전압 (최대 25kV 가능) - 저손실 (5kV소자, VF(0,005V))	- 경량/고밀도 - 저비용
높은 전자포화속도 (2×10¹⁰cm/s, Si의 2배)	- 고주파 (밀리미터파까지 가능) - 대 전력 (수십GHz에서 100W)	- 대용량화 용이 → All solid-state RF 송신 시스템 실현

연구성과 소개

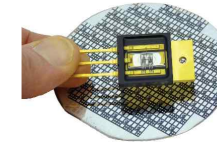
(주요성능 Spec)	단위	세계최고 수준, 보유국/보유기업	개발목표치	비 고
절연파괴전압	V	1,200V (독/SiCED, 미/Cree)	1,200	
순방향전류	A	40A (독/SiCED, 미/Cree)	40	
BV _{DS} ²/R _{onSP}	MW/cm²	70 MW/cm² (미/Cree)	72	
E _{off}	mJ	Si IGBT : 2.0mJ @ I _{CM} = 10A (독/Infineon) SiC MOSFET : 0.8 mJ @ I _{CM} = 10A (미/Cree)	0,752	*Cree SiC MOSFET 대비
R _{onSP}	mΩ·cm²	20 mΩ·cm² (미/Cree)	20	*SiC MOSFET

지재권구분	출원의 명칭	출원일	출원번호
특허	트렌치 구조 탄화규소 MOS 전계효과 트랜지스터	2008.09.18	10-2008-0080413
특허	이중 산화막을 갖는 고내압 탄화규소 쇼트키 다이오드 소자 및 그 제조방법	2005.01.07	10-2005-0001813



응용 제품

- SiC 전력반도체는 태양광 발전용 인버터, △친환경 자동차 구동용 인버터에 적용됨



시장 이주

- SiC 전력반도체는 기존 제품인 실리콘 보다 전력변환 손실이 적고 재료물성이 우수해 산업 기기, 태양전지, 전기자동차, 철도 등 파워 일렉트로닉 분야에서 실용화가 요구되고 있음
- 현재 국방용이나 R&D용 등에 제한적으로 사용되고 있는 전력 반도체가 앞으로 휴대폰, 노트북, 에어컨, 냉장고 등 다양한 가전제품 외에 하이브리드 자동차와 전기자동차 등에도 적용되면서 SiC 전력반도체 수요도 급증할 전망이다
- 전기자동차 시장이 성장하면서 전력변환장치의 무게와 부피를 줄여 자동차 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 SiC 전력반도체의 개발이 활발하게 이루어지고 있음

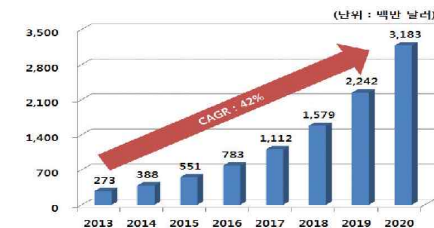
Supply Chain

- SiC 전력반도체 기술의 Supply Chain은 △SiC(탄화규소) 생산 △SiC 전력반도체 제조 △태양광 발전용 인버터/친환경 자동차 구동용 인버터로 구성됨



수요 전망

- 세계 SiC 전력반도체 시장은 2013년부터 2020년까지 연평균 42%로 성장하여 2020년에는 약 31억 8,300만 달러 규모에 이를 것으로 전망됨
- SiC 전력반도체는 기존 반도체보다 높은 전력변환률 투자효율 및 소형화 등의 이점으로 인해, 빠른 속도로 관련시장을 점유할 것으로 예측됨



자료 : markets and markets, Silicon Carbide (SiC) In Semiconductor Market by Technology, Product, and Application by Geography - Forecast and Analysis to 2013 - 2020, 2014
[세계 SiC 전력반도체 시장 규모]