

650V 급 실리콘 카바이드 파워 소자의 서지 전류 성능 비교

백미란, 권태성, 이재욱
인피니언 테크놀로지스 코리아

Surge current capability comparison of 650V silicon carbide power devices

Miran Baek, Taesung Kwon, Jaewook Lee
Infineon Technologies, KOREA

ABSTRACT

실리콘 카바이드(SiC) MOSFET은 와이드 밴드갭(WBG) 소자로, 이미 여러 논문에서 기존의 실리콘(Si) 전력 반도체보다 뛰어난 전기적 성능을 입증하였다.^[1] 특히 스위칭 손실이 매우 낮아 높은 스위칭 주파수를 요구하는 애플리케이션에도 적용을 가능하게 한다. 그러나 높은 전력 밀도를 가짐에도 불구하고 SiC 전력 반도체에 대한 서지 전류 성능 연구는 많이 이루어지지 않았다.

본 논문에서는 인피니언 테크놀로지스의 650V 급 SiC MOSFET의 바디 다이오드와 650V 급 SiC 쇼트키 다이오드의 비반복 서지 전류의 성능 및 불량 모드의 차이를 실험을 통해 비교하였다.

실온에서 냉각 후 전기적 특성 평가를 진행하였다. 쇼트키 다이오드의 경우 순방향 전압 강하(VF)와 역 바이어스 누설 전류를 측정하였으며, MOSFET은 서지 전류 인가 후 온 저항(Rdson), 문턱전압(Vth), 게이트-소스 간 누설 전류, 드레인-소스 간 누설 전류 등을 측정하였다. VDC 전압의 가변을 통해서 서지 전류의 크기를 조절하였으며, DUT의 손상이나, 특성의 변화가 나타날 때까지 VDC를 증가시켰다. 온도는 150°C 조건에서 진행하였다.

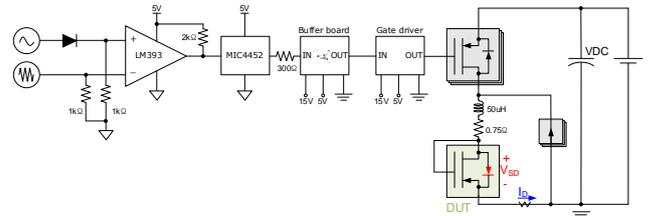


그림1 서지 전류 평가를 위한 회로 구성
Fig.1 Test circuit for surge current evaluation

1. 서론

최근 SiC MOSFET과 다이오드는 차세대 전력 반도체 분야에서 매우 주목을 받고 있다. 특히 스위칭 손실이 기존의 실리콘(Si) 전력 반도체 대비 매우 낮고, 이는 고속 스위칭을 가능케한다. 또한 시스템 효율을 보다 극대화할 수 있다. 이에 따라 PFC 등 빠른 스위칭 주파수를 요구하는 회로에 SiC 전력 반도체를 적용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 Inrush 전류 등 또한 만족하기 위해 소자의 선정 시 서지 전류의 성능 또한 중요한 특성 중 하나로 고려되어야 한다.

본 논문에서는 SiC MOSFET의 바디 다이오드와 SiC 쇼트키 다이오드의 비반복 서지 전류 특성에 대해 실험을 통해 비교하였다.

2. 서지 전류 성능 비교

1.1 실험 셋업

1.1.1 테스트 회로의 구성

비반복 서지 전류 평가를 위한 테스트 회로가 그림 1에 묘사되어 있다. 보조 스위치로 사용된 IGBT는 DUT와 직렬로 연결되어 DUT에 인가되는 서지 전류를 제어한다. 서지 전류는 1ms의 sine 반파이고, 전류가 인가된 후 충분히

1.1.2 실험 소자

실험을 위해 사용된 소자는 인피니언의 650V 급 SiC MOSFET^[2]의 바디 다이오드와 SiC 쇼트키 다이오드^[3]이다. 각 소자의 정적 특성은 아래 표 1에 비교하였다. SiC MOSFET의 바디 다이오드를 평가할 때에는 게이트-소스 간 전압을 0V로 인가하였고, 각 3개의 DUT를 진행하였다.

표 1 실험 소자의 전기적 특성

Table 1 Electrical characteristics of the test device (Tj=25°C)

Device type	Body diode	Schottky
Product	IMZA65R020M2H	IDW30G65C5
Chip size	8.91 mm ²	5.47 mm ²
VF	4.3V @46.9A	1.5V @30A
Continuous DC current	52.3A	30A

1.2 실험 결과

그림 2는 SiC MOSFET의 바디 다이오드와 SiC 쇼트키 다이오드의 칩 사이즈에 따른 비반복 서지 전류 결과를 보여준다. 특히 30A의 쇼트키 다이오드와 20m 옴의 SiC MOSFET 결과를 보면, 쇼트키 다이오드의 칩 사이즈가 40% 정도 더 작음에도 불구하고 유사한 서지 내량을 갖는 것을

알 수 있다.

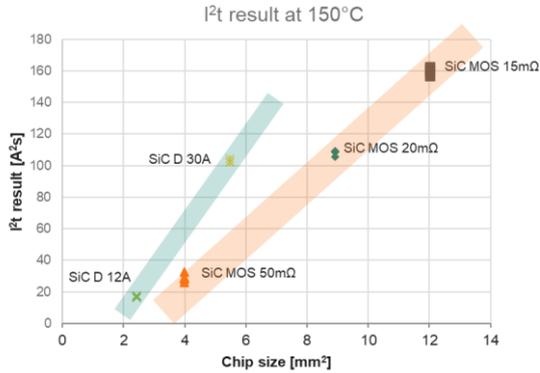


그림2 칩 사이즈에 따른 서지 전류 실험 결과
Fig.2 Surge current results according to chip size.

1.2.1 SiC 쇼트키 다이오드의 서지 전류 실험 결과

서지 전류를 인가하고 나서 다이오드의 주요 정적 특성인 VF와 역 바이어스 누설 전류(IR)를 측정하였다. 그림 3은 IDW30G65C5의 서지 전류에 따른 정적 특성 변화를 보여준다. 490A까지는 특성 변화가 거의 미미하지만, 500A에서는 눈에 띄는 변화가 나타나기 시작하였다. 이때 VF는 약 0.1V 증가한 반면에, 역 바이어스 누설 전류에서 급격한 증가가 발생하였다.

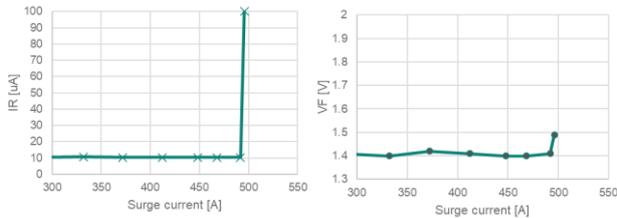


그림3 SiC 쇼트키 다이오드 (IDW30G65C5)의 서지 전류 인가 후 특성 변화
Fig.3 Characteristic results of SiC Schottky diode (IDW30G65C5) after applying surge current.

1.2.2 SiC MOSFET 바디 다이오드의 서지 전류 실험 결과

앞서 쇼트키 다이오드와 마찬가지로, SiC MOSFET의 경우 서지 전류를 인가 후 주요 전기적 특성인 Vth, Rds(on), 게이트-소스 간 누설전류(IGSS), 드레인-소스 간 누설 전류(IDSS) 등을 측정하였다. 그림 4는 IMZA65R020M2H의 실험 결과를 보여준다. 주목할 점은 쇼트키 다이오드와는 달리, 드레인-소스 간 누설 전류 IDSS의 변화는 거의 없으며, Vth의 변화가 두드러지게 나타났다. Rds(on)의 감소는 Vth의 변화가 반영된 것으로 볼 수 있다. 이는 바디 다이오드의 서지 전류 스트레스로 인해 MOSFET의 특성 변화를 야기한다는 것을 의미한다.

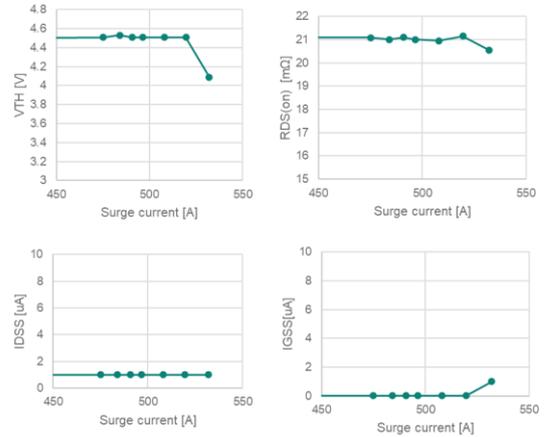


그림4 SiC MOSFET 바디 다이오드 (IMZA65R020M2H)의 서지 전류 인가 후 특성 변화

Fig.4 Characteristic results of SiC MOSFET body diode (IMZA65R020M2H) after applying surge current.

3. 결론

본 논문에서는 인피니언의 650V 급 SiC MOSFET의 바디 다이오드와 SiC 쇼트키 다이오드의 비반복 서지 전류 성능을 비교하였다. 실험 결과는 SiC 쇼트키 다이오드의 경우 SiC MOSFET의 바디 다이오드보다 더 높은 비반복 서지 전류 내량을 보여준다. 또한 SiC 쇼트키 다이오드는 역 바이어스 누설 전류가 급격히 증가하는 반면, SiC MOSFET의 경우 Vth 및 게이트-소스 간 누설전류의 변화가 주된 불량 모드임을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] J. Millán et al., "A Survey of Wide Bandgap Power Semiconductor Devices," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 29, no. 5, pp. 2155-2163, May 2014.
- [2] Infineon, CoolSiC™ MOSFET 650 V G2, IMZA65R-020M2H datasheet, 2024, available online at <http://www.infineon.com>
- [3] Infineon, CoolSiC™ Schottky Barrier diodes 650 V G5, IDW30G65C5 datasheet, 2013, available online at <http://www.infineon.com>