

Si 및 SiC 소자를 이용한 벅 컨버터의 스위칭 손실 및 성능 분석

임정우 최종목 조영훈 최규하
 건국대학교 전기기계 및 전력전자연구소

Switching Loss and Performance Analysis of the Buck Converter using Si and SiC devices

J.W. Lim, J.M. Choe, Y.H. Cho, G.H. Cheo
 Power electronics laboratory, Konkuk Univ.

ABSTRACT

In this paper, the switching losses and performances of Silicon Carbide(SiC) and Silicon based on the MOSFETs have been compared. To do this experiment, the buck converter using both SiC and Si devices have been built and tested. As a result, it has been confirmed that the converter with SiC devices shows better efficiency and performance compared with the converter using Si devices.

1. 서론

SiC기반 소자는 Si와 비교하여 약 10배에 달하는 높은 절연 파괴 전계강도, 높은 진성화 온도, 넓은 밴드갭, 고주파수 스위칭, 낮은 도통저항 그리고 높은 열전도성 등 뛰어난 물성치로 인해, 이전부터 전력전자용 전력반도체 소자를 위한 차세대 반도체 재료로써 집중되어 왔다. SiC기반 소자들은 이러한 장점들을 내세워 Si기반의 반도체시장을 점차적으로 바꿔가고 있다.^[1] 한편 스위치의 손실은 전력변환 시스템의 효율에 직접적인 영향 끼치게 되며 시스템의 부하에서 소비되는 전력량과 전력변환 회로의 구성방식에 따라 현저한 차이를 보이게 된다.^[2] 그러므로 SiC기반 소자와 Si의 특성을 비교한 데이터는 전력변환 애플리케이션의 소자선택에 중요한 근거가 될 수 있다. 따라서 본 논문은 스위칭 구간의 전압과 전류를 데이터화 하고, SiC와 Si의 스위칭 손실을 대조하여 그 효율을 확인하고자 한다.

2. 실험 장치 구성

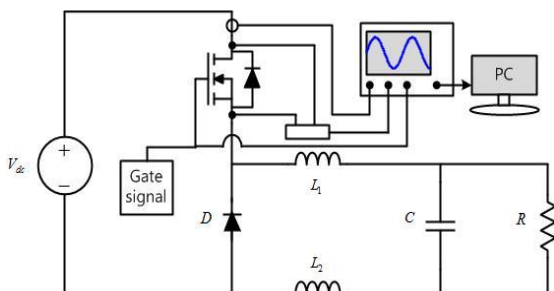


그림 1 스위칭 손실을 비교하기 위한 벅 컨버터
 Fig 1 The buck converter for testing of switching losses

그림 1은 본 스위칭 손실을 비교하기 위한 실험장치를 보여주고 있다. 컨버터의 제어는 오픈루프 방식으로 이루어지며, 스위치는 CREE사의 C2M0080120D와 Infineon사의 IPW65R041CFD를 사용하였다. 게이트 드라이버를 포함한 다른 모든 조건은 동일하게 하고, 컨버터에 사용된 스위치만 교체하며 실험을 진행하였다. 이 경우 각 스위치의 특성을 고려한 성능 최적화는 달성하기 어려우나 Si 및 SiC 소자들의 성능을 직관적으로 파악할 수 있을 것으로 예상된다. 표1은 사용된 벅 컨버터의 제정수를 보여주고 있다. 그림 2는 스위칭 전압과 전류를 측정하기 위한 구성도를 보여주고 있다.

표 1 벅 컨버터 사양
 Table 1 Specification of buck converter

Parameter	Value, Type	Parameter	Value, Type
입력전압	200V	출력전압	95~99V
입력전류	4.2~4.4A	부하저항	11 Ω
스위칭 주파수	20kHz	듀티	0.5

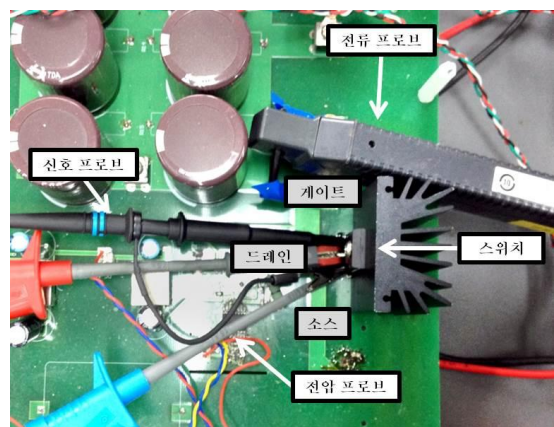


그림 2 실험용 스위치와 각각의 프로브위치
 Fig 2 The location of the switch and each probe

3. 실험결과

정밀한 실험결과 분석을 위하여 모든 실험데이터는 오실로

스코프로부터 추출하고, 그 추출한 데이터를 MATLAB 상에서 분석하였다.

3.1 스위치 turn-on 상황

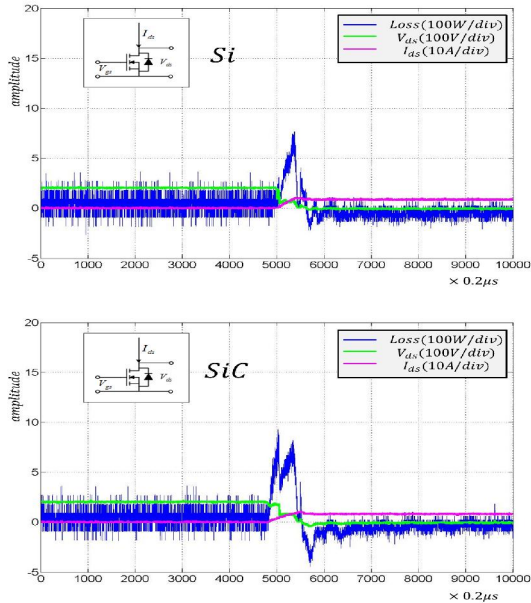


그림 3 MOSFET 스위치 on시기의 전압과 전류, 손실곡선
Fig 3 Turn on voltage, current and loss curves of the MOSFET's.

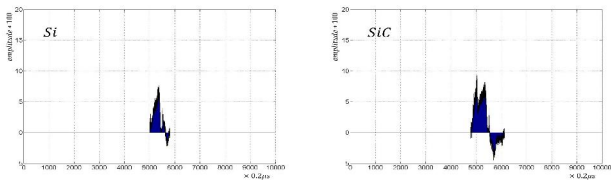


그림 4 Si와 SiC 스위치의 turn-on 스위칭 에너지비교
Fig 4 The integral area of Si and SiC

그림 3은 스위치가 on일 때의 과도상태 전압과 전류 파형을 보여주고 있다. 이상적인 전압과 전류파형은 $\pm\infty$ 의 기울기로 상승 또는 하강 해야 하지만, 실제파형에서는 유한한 기울기를 갖으며 상승 또는 하강하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 전압과 전류곡선의 교차점부분은 스위칭 손실로 발생하게 된다. 그림 4는 손실비교를 위한 스위칭 손실 에너지를 나타낸다.

3.2 스위치 turn-off 상황

아래의 그림 5는 각각 SiC MOSFET과 Si MOSFET의 스위치 off일 때의 전압, 전류, 스위칭 손실의 파형을 나타내고 있다. 본 실험에서 스위칭 손실을 전압과 전류 곡선의 과도상태로 정의하였기 때문에 Si의 off상태 손실곡선은 그림 6과 같은 형태의 손실에너지를 나타내고 있다.

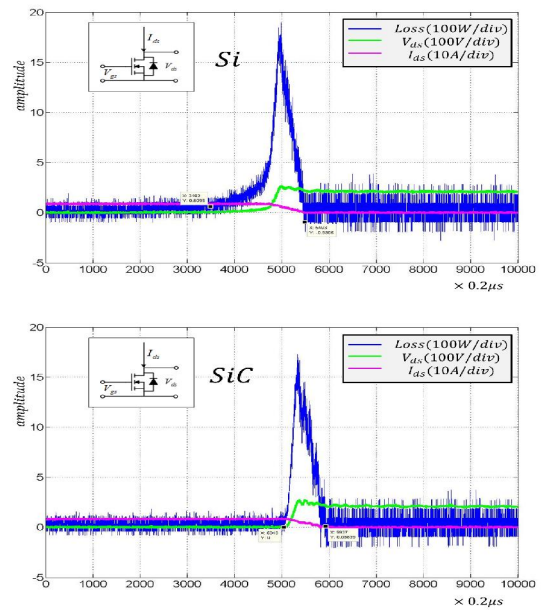


그림 5 MOSFET Turn off시기의 전압과 전류, 손실곡선
Fig 5 Turn off Voltage, current and loss curves of the MOSFET's

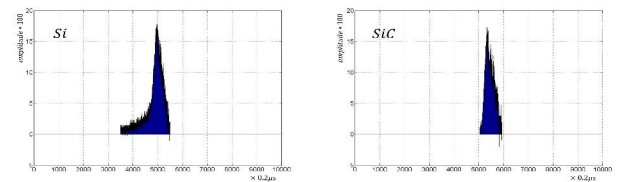


그림 6 Si와 SiC의 turn-off 스위칭 에너지 비교
Fig 6 The integral area of Si and SiC

4. 결론

스위치 on 상태일 경우에는 SiC의 스위칭 손실에너지영역이 Si에 비해 27% 더 컸지만, 스위치 off상태에서는 SiC가 Si 대비 28% 더 효율적인 것으로 확인되었다. 이는 사용한 SiC 소자가 1200V급으로, 600V급인 Si보다 더 큰 turn on 에너지를 요구하기 때문인 것으로 사료된다. 그림에도 불구하고 스위치 on/off 전체구간을 고려했을 경우, SiC가 Si대비 17% 이상의 스위칭 손실을 감소시키는 것으로 확인하였다.

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연 협력 기술개발사업(No. C0151283)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고 문헌

- [1] 김상철. "SiC 전력반도체 기술개발 동향." 전력전자학회지 14.1 (2009): 21-25.
- [2] 이승요. "태양광 발전 시스템을 위한 부스트 컨버터의 회로 구성에 따른 직류측 스위치 손실 분석." 전기학회논문지 P 61.4 (2012): 192-198.