

애플리케이션 노트

AN2201

Revision:	KOR-01
발행일:	2023-12-05
작성자:	Daniel Prindle, Grady
결재자:	Martin Röblitz, Stefan Häuser, Kendrick

키워드:다이오드, SiC, Schottky, SBD, 역방향 회복, MOSFET

SiC 다이오드의 동적 특성

- 1. 서론.....1
 - 1.1 실리콘 vs 실리콘 카바이드.....1
 - 1.2 반도체 도핑.....2
 - 1.3 pn 접합 vs.쇼트키 배리어 접합.....2
 - 1.4 MOSFET 바디 다이오드.....3
- 2. 다양한 다이오드 유형별 턴오프 동작.....4
 - 2.1 MOSFET 바디 다이오드.....4
 - 2.2 역병렬 쇼트키 배리어 다이오드 장착 SiC MOSFET.....5
 - 2.3 쇼트키 배리어 다이오드만 장착한 경우.....6
 - 2.4 I_{LC} 기생 진동.....7
- 3. SEMİKRON 모듈 데이터시트.....8
 - 3.1 SiC MOSFET만 장착한 경우.....8
 - 3.2 SiC MOSFET 와 쇼트키 배리어 다이오드.....9
 - 3.3 IGBT 와 쇼트키 배리어 다이오드(하이브리드 모듈).....10
 - 3.4 쇼트키 배리어 다이오드만 장착한 경우.....10
- 4. 결론.....10

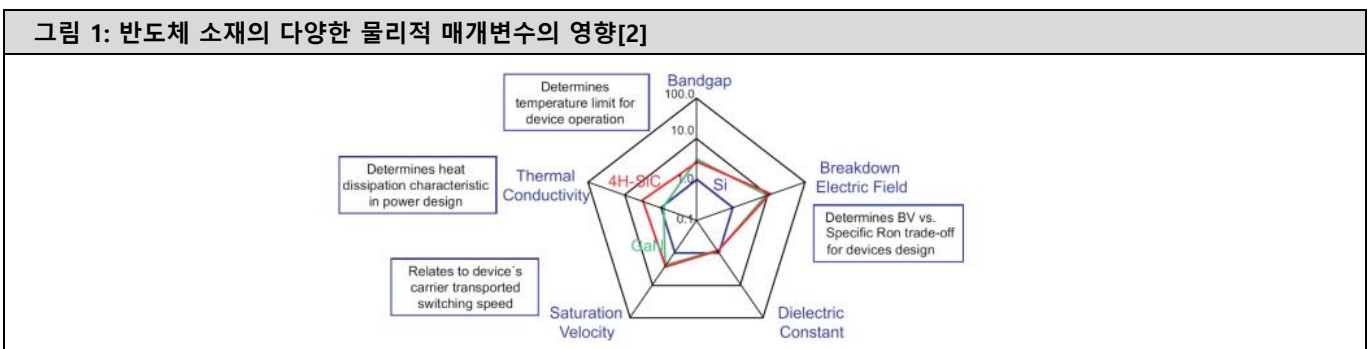
1. 서론

이 애플리케이션 노트는 실리콘 카바이드(SiC) 쇼트키 배리어 다이오드(SBD)의 스위칭 동작에 대해 기술하고 MOSFET PN 바디 다이오드와의 차이점을 설명합니다.

1.1 실리콘 vs 실리콘 카바이드

실리콘 및 실리콘 카바이드 제품은 베이스 소재가 서로 다릅니다. 실리콘 제품은 순수 Si 웨이퍼로만 만들지만, SiC 웨이퍼에는 실리콘과 탄소가 모두 들어 있습니다. 이러한 소재의 차이로 인해 SiC 는 순수 실리콘에 비해 더 높은 스위칭 속도와 발열 손실 등에서 다양한 이점이 있습니다(그림 1).

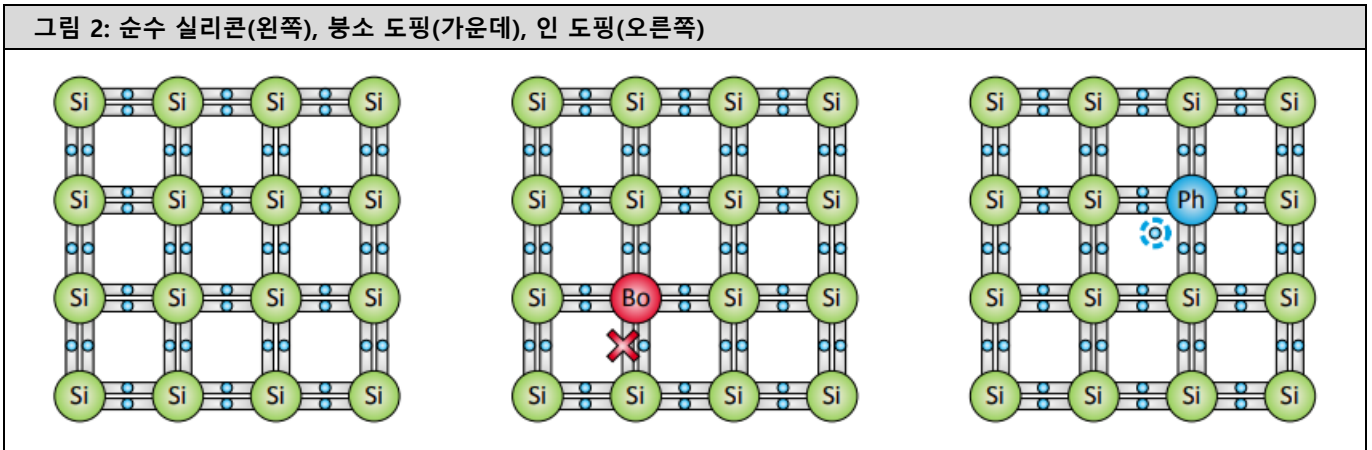
그림 1: 반도체 소재의 다양한 물리적 매개변수의 영향[2]



1.2 반도체 도핑

실리콘 결정 구조에 다양한 원소를 주입하여 양 또는 음의 도핑을 할 수 있습니다. 예를 들어, 붕소는 실리콘보다 전자 수가 하나 더 적습니다. 붕소가 실리콘 원자의 자리를 차지하면(그림 2, 왼쪽/가운데), 붕소에서 빠진 전자가 "정공(hole)"(전자의 부재)이 생성됩니다. 붕소 도핑된 실리콘을 이제 양 도핑 되었다고 하고(p) 도핑의 상대적인 양은 때로는 + (강하게) 또는 - (약하게)로 표시합니다.

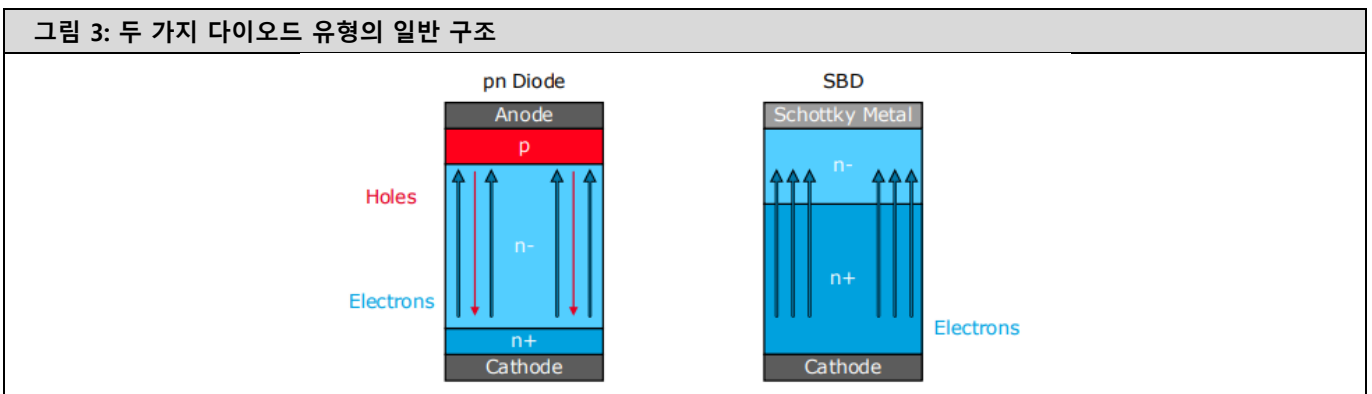
반대로 인은 실리콘보다 전자가 하나 더 많습니다. 실리콘을 인으로 도핑 하면(그림 2, 오른쪽), 이러한 여분의 전자가 음전하 캐리어가 됩니다. 인으로 도핑된 실리콘을 음 도핑(n)되었다고 합니다. 다른 양 및 음의 불순물이 사용됩니다.



1.3 pn 접합 vs. 쇼트키 배리어 접합

PN 접합은 양(p) 및 음(n)의 도핑 실리콘이 만나는 지점에서 형성됩니다. pn 다이오드는 단일 pn 접합으로 구성됩니다(그림 3, 왼쪽). 순방향 바이어스 되는 경우 n-도핑 영역의 자유 전자와 p-도핑 영역의 정공이 결합을 통과하면서 전자-정공 플라즈마를 생성합니다. 전자와 정공이 모두 전도할 때 전류를 전달하므로 PN 다이오드를 양극 장치라고 합니다.

쇼트키 배리어 접합은 금속층이 n-도핑 반도체와 직접 접촉할 때 형성됩니다. 이 접합부가 다이오드로 작용하며, 이렇게 생기는 소자를 쇼트키 배리어 다이오드(SBD)라고 합니다. 이러한 소자에는 p-불순물(dopant)이 없으므로 전도 과정에서 정공이 생기지 않습니다. 이러한 정공이 없다는 것은 SBD의 전류 캐리어로 전자만 사용됨을 의미하므로(그림 3, 오른쪽), 단극 장치라고 부릅니다.



실리콘 PN 다이오드는 일반적으로 대략 0.7V 순방향 바이어스 됩니다. 바이어스에 대한 PN 접합부가 없으면 쇼트키 배리어 다이오드의 초기 순방향 전압 강하가 Si의 경우 0.3V의 범위에서 더 낮습니다.

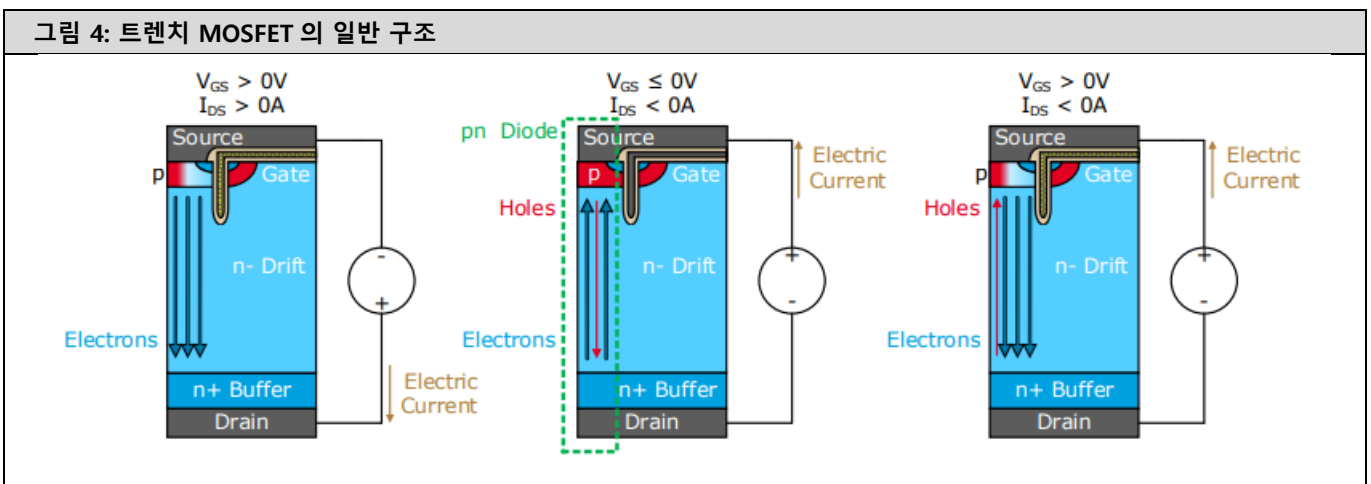
실리콘 카바이드 디바이스의 밴드갭이 더 넓습니다(그림 1). 이 에너지는 전류를 전달하는데 사용할 수 있는 경우 가전자대(valence band)에서 전도대로 전자를 이동시키기 위해 필요한 에너지입니다. 이렇게 넓은 밴드갭 때문에 접합부를 순방향 바이어스 하는데 더 많은 에너지가 필요하며, 결과적으로 SiC pn 다이오드가 Si에 비해 전압 강하가 훨씬 큼니다.

이러한 이유로 실리콘 카바이드(및 여타 "밴드갭이 큰" 소재)로 만든 다이오드는 일반적으로 PN 이 아닌 쇼트키 배리어 유형입니다.

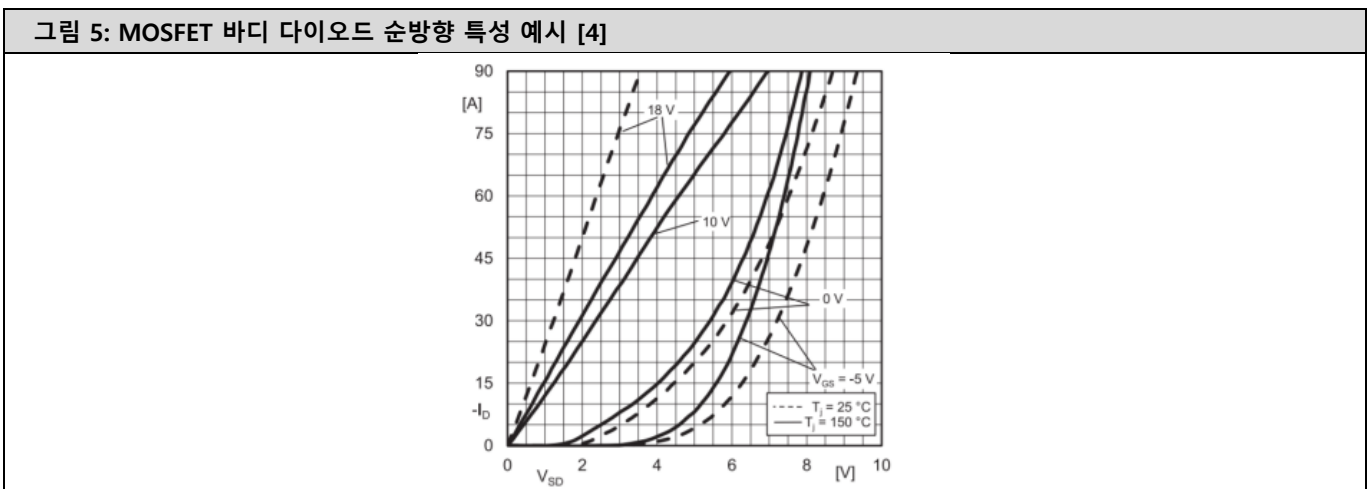
SiC 에 SBD 가 자주 사용되는 또 다른 이유는 차단 전압 용량과 관련이 있습니다. 역방향 바이어스에 대한 PN 접합부가 없으면 SBD 의 항복 전압이 훨씬 낮아집니다. 이로 인해 그동안 고전압 전력 전자 기기에 대한 실리콘 SBD 의 적용이 제한적이었습니다. 그러나, SiC 의 높은 절연파괴 전계 강도로 인해 650V 및 더 높은 SBD 의 상용화가 가능해졌습니다.

1.4 MOSFET 바디 다이오드

MOSFET 에 양의 게이트 전압이 인가되면 p-도핑 바디 영역이 바이어스 되고 채널이 열립니다. 그러면 양의(전통적인) 전류가 디바이스를 통해 드레인에서 소스로 흐를 수 있습니다 (그림 4, 왼쪽). MOSFET (Si 또는 SiC)의 p-도핑 바디 및 n-도핑 드리프트 영역이 pn 다이오드를 형성합니다. MOSFET 가 역방향 바이어스 되면 이 "바디"가 순방향 바이어스(활성) 됩니다(그림 4, 가운데).



바디 다이오드는 MOSFET 의 드레인-소스 채널과 전기적으로 역병렬이므로 다이오드의 동작은 게이트 전압에 따라 크게 달라집니다. MOSFET 채널이 꺼져 있는 경우 ($V_{GS} \leq 0V$), 바디 다이오드는 전류에 대한 순방향 전압이 기하급수적으로 증가하는 일반적인 pn 다이오드처럼 작동합니다(그림 4, 가운데). 양의 게이트 전압에서는 MOSFET 채널이 부분적으로 열려 낮은 임피던스 경로(그림 4, 오른쪽)를 이용할 수 있고 전자가 대부분의 전류를 전달합니다. 이렇게 하면 바디 다이오드만 전도하는 경우에 비해 전압 강하가 더 낮습니다(그림 5).



2. 다양한 다이오드 유형별 턴오프 동작

전력 전자 회로에서 안정성 및 스위칭 손실을 평가하기 위한 주요 매개변수는 다이오드의 턴오프 시 동작입니다. 앞서 설명한 pn 및 쇼트키 배리어 다이오드는 스위치 오프 시 다른 동작을 나타냅니다(예: 하프 브리지 회로에서 전류가 다이오드에서 MOSFET 로 정류되는 경우).

물리적 장치를 측정할 때에는 총 드레인-소스 전류(I_{DS} 또는 I_f)만 측정할 수 있습니다. 반도체 구조(예: pn, SBD)에 따라서 다른 전하 캐리어가 총 전류에 기여합니다.

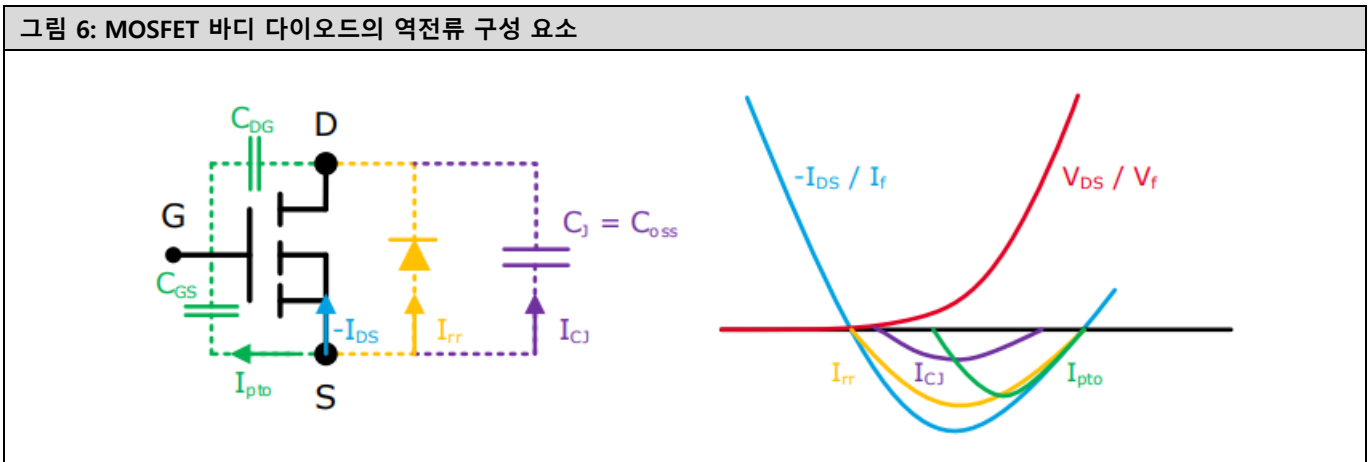
총 전류는 장치 유형에 따라 장치 내 여러 전류로 구성됩니다. 전류의 각 부분을 V_{DS} (V_f)로 곱한 후 통합하면, 부분 스위칭 에너지가 계산되어 측정된 총 스위칭 에너지에 기여합니다.

2.1 MOSFET 바디 다이오드

MOSFET 의 경우, 다이오드 턴오프($-I_{DS}$ / I_f) 시 장치를 통해 측정된 전류는 최대 3 개의 구성 요소 전류로 이루어집니다.

- 역회복 전류, I_{rr}
- 용량성 접합 전류, I_{CJ}
- 기생 턴온 전류, I_{pto}

그림 6: MOSFET 바디 다이오드의 역전류 구성 요소



다음 설명은 병렬 동적 프로세스에 대한 이해를 돕기 위해 사용되는 단순화 모델 접근 방식입니다.

pn 다이오드(즉, MOSFET 본체 다이오드)의 I_{RR} 은 턴오프 전 흐르는 전류량에 비례하는 전자-정공 플라즈마의 재결합으로 생성되는 역회복 전류입니다. 플라즈마가 장치에서 제거되기에 따라 역회복 전하(Q_{rr}) 가 칩에서 소실됩니다. 이것은 손실 메커니즘으로 장치 내에서 열을 발생시키는데 이를 E_{rr} 이라고 합니다.

I_{CJ} 는 전류의 또 구성요소로 충전되어 장치 전체에 전압이 축적되면서 접합 커패시턴스로 흐릅니다. 커패시턴스로 유입되어 발생하는 에너지를 대략적으로 추정할 수 있습니다($E_{CJ} \approx \frac{1}{2} \cdot C_J \cdot V^2$). 그러나 이것은 순전히 용량성이기 때문에 회로의 미미한 저항성 손실 외에 E_{CJ} 에 의한 실제 전력 손실은 발생하지 않습니다. 측정된 전력은 접합부의 전기장에 저장됩니다.

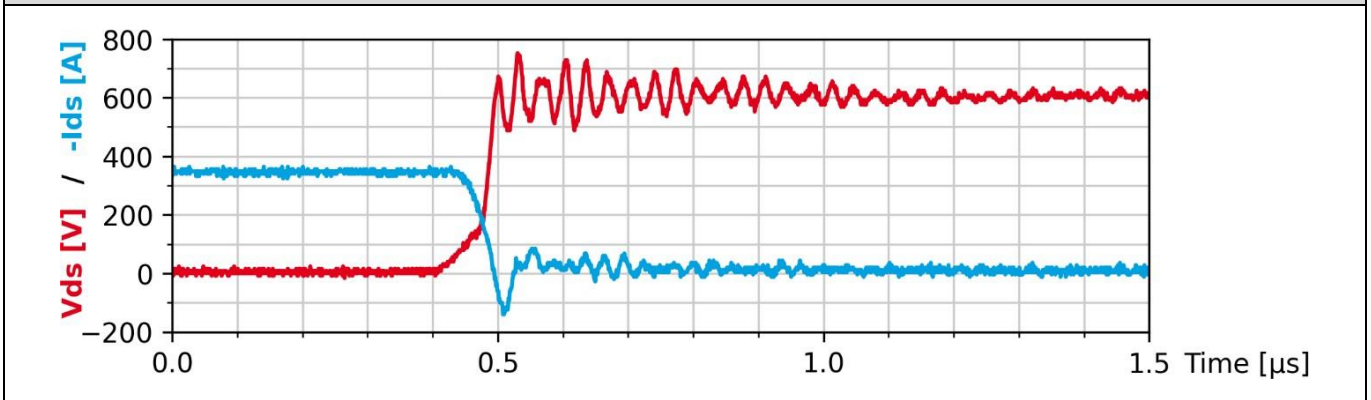
I_{PTO} 는 게이트 전압이 문턱 전압 이상으로 상승할 경우 MOSFET 를 통해 흐르는 전류입니다. 많은 SiC MOSFET 의 경우 문턱 전압이 낮고 V_{GSoff} 가 높습니다(예: 0 에 근접함. IGBT 의 경우 -15V 가 아닌 -4V). SiC 장치의 높은 스위칭 속도로 인해 dv/dt 가 높아져 기생 턴온이 발생할 수 있습니다.

드레인-게이트 및 게이트-소스 커패시턴스가 직렬로 연결됩니다(그림 6, 녹색 회로). 이 때 용량성 전압 분배가 생성됩니다. 드레인에서 소스로 양의 dv/dt 를 적용하면 C_{GS} 가 충전되고 채널이 약간 열려 MOSFET 가 의도치 않게 턴온될 수 있습니다. 이것이 손실 메커니즘으로 장치 내에서 열을 발생시키는데 이를 E_{pto} 이라고 합니다.

반드시 손상을 가하지는 않지만, 이 짧은 전도 시간으로 인해 장치 내에서 추가적인 손실이 발생합니다. 또한 이러한 손실이 항상 칩에 고르게 분포하지도 않습니다. 과도한 E_{pto} 가 장치에 반복적으로 흐르게 되면 로컬 핫스팟이 발생할 수 있습니다.

실제 SiC MOSFET 바디 다이오드의 턴오프 동작의 예는 그림 7 과 같습니다. 이 모듈은 잘 알려진 62mm SEMITRANS 3 패키지의 SKM350MB120SCH15 입니다. 측정은 600V 및 350A 에서 실시했습니다. 피크 역방향 회복 전류는 -140A 입니다.

그림 7: SKM350MB120SCH15 다이오드 턴오프 샘플

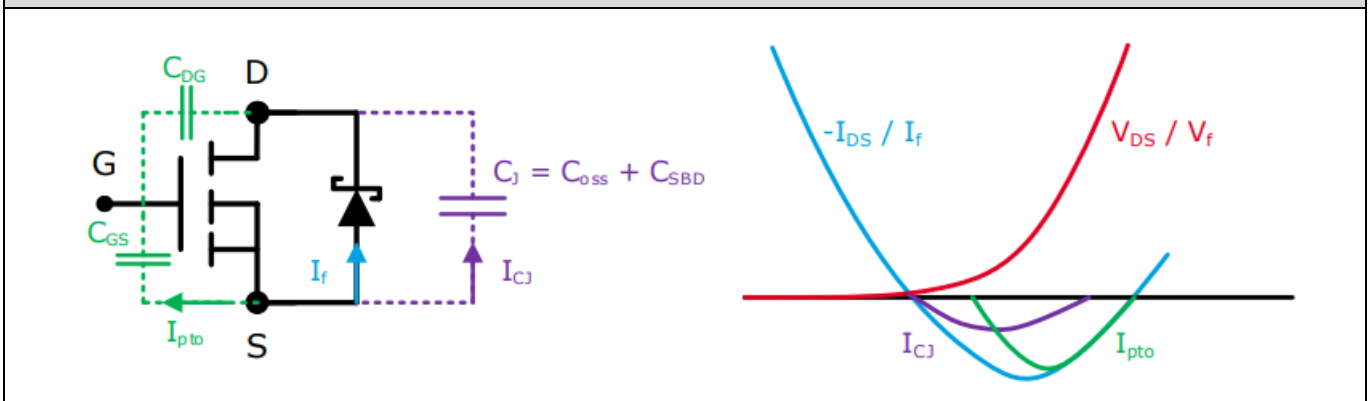


2.2 역병렬 쇼트키 배리어 다이오드 장착 SiC MOSFET

역병렬 쇼트키 배리어 다이오드가 있는 SiC MOSFET 의 경우, 다이오드 턴오프(- I_{DS} / I_f) 시 장치를 통해 측정된 전류는 두 가지 전류로 구성됩니다.

- 용량성 접합 전류, I_{CJ}
- 기생 턴온 전류, I_{pto}

그림 8: SiC MOSFET 및 쇼트키 배리어 다이오드의 역전류 구성 요소



정상 작동 시 SBD 는 대부분의 전류를 전달하고 바디 다이오드는 최소량만 전달합니다. 결과적으로 바디 다이오드에 아주 소수의 정공이 생깁니다. 기본적으로 SiC MOSFET 의 pn 바디 다이오드에 의해 역방향 회복 전류가 생성되지 않습니다. 앞서 설명한 바와 같이 이 손실 재조합 메커니즘(E_{rr})은 SBD 에 존재하지 않습니다. 이러한 근본적인 동작 차이로 인해 SiC 쇼트키 배리어 다이오드의 경우 스위칭 손실이 훨씬 낮습니다.

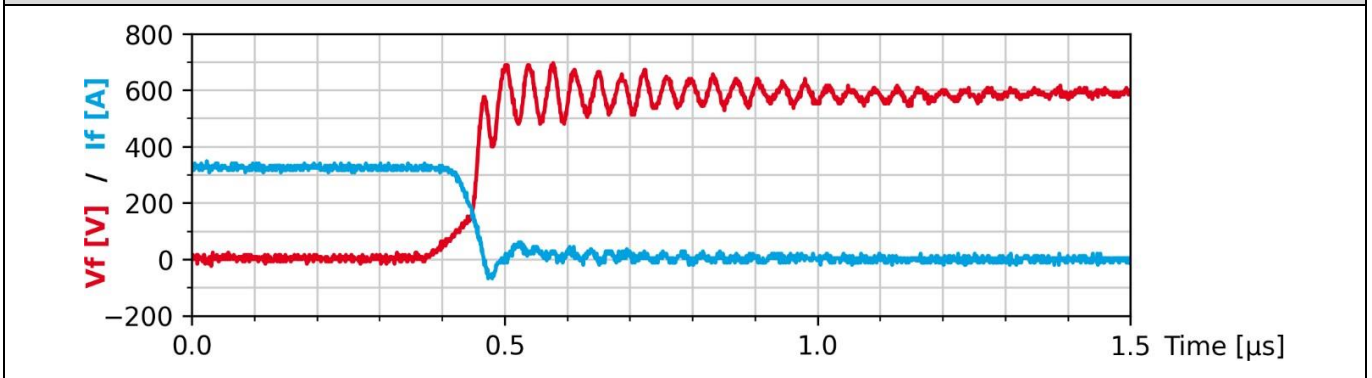
I_{pto} 는 I_{rr} 과 매우 유사하게 나타날 수 있으며 I_{rr} 이 예상되지 않는 경우 가령, SBD 가 MOSFET 와 병렬로 연결된 경우 발생할 수 있습니다. I_{pto} 가 있다면, SBD 가 아닌 MOSFET 에 열이 발생할 수 있으므로 손실 원인을 SBD 추정하는 것을 피하는 것이 중요합니다.

SEMİKRON DANFOSS 데이터시트의 새로운 용어 $E_{rr(MOSFET)}$ 는 E_{CJ} 와 E_{pto} 에서 발생한 에너지를 설명합니다. E_{CJ} 는 순수하게 용량성이고 장치 자체의 발열에 크게 기여하지 않으므로 $E_{rr(MOSFET)}$ 에서 E_{CJ} 를 빼면 실제 장치 손실을 보다 정확하게 추정할 수 있습니다. SEMİKRON DANFOSS 는 $E_{rr(MOSFET)}$ 에서 E_{CJ} 를 사전에 빼지 않으므로 장치 데이터시트가 실제 측정값을 더 잘 반영할 수 있습니다.

SiC MOSFET 와 병렬로 연결된 실제 쇼트키 배리어 다이오드의 턴오프 동작의 예는 그림 9 와 같습니다. 이 모듈은 SKM350MB120SCH17 로 별도의 SBD 를 추가한 SKM350MB120SCH15 와 동일합니다. 바디 다이오드 I_{rr} 이 부족하여 잔여

역방향 전류 피크가 훨씬 더 낮습니다. 그 결과 역회복 전류가 0A가 아니라 -70A로 감소했습니다. 역방향 회복 전류로 보이는 것은 실제로 I_C 와 I_{pto} 의 조합입니다. 정확한 비율 결정은 직접적인 측정으로는 가능하지 않습니다.

그림 9: SKM350MB120SCH17 다이오드 턴오프 샘플

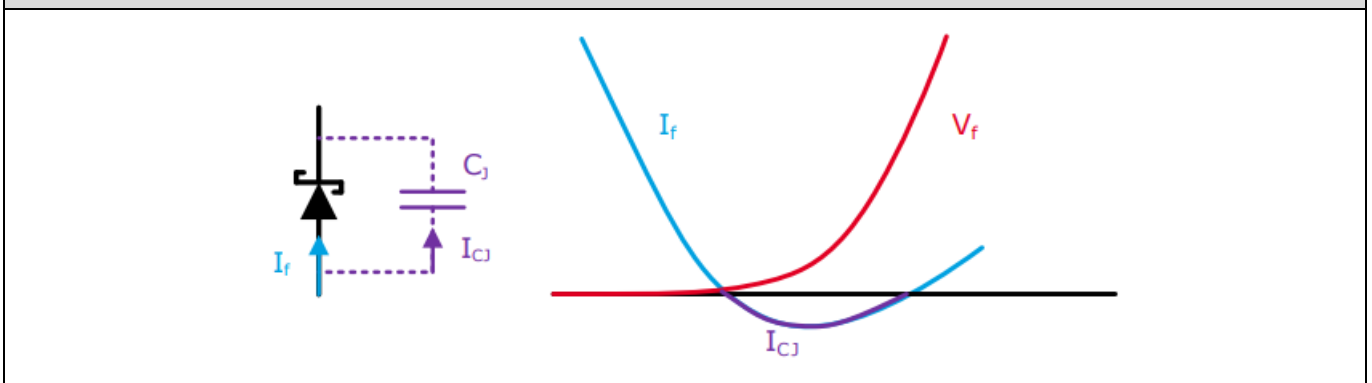


2.3 쇼트키 배리어 다이오드만 장착한 경우

쇼트키 배리어 다이오드만 사용되는 경우, 다이오드 턴오프 시 측정된 전류 (I_f)는 아래와 같이 단 한 가지 전류로만 구성됩니다.

- 용량성 접합 전류, I_C

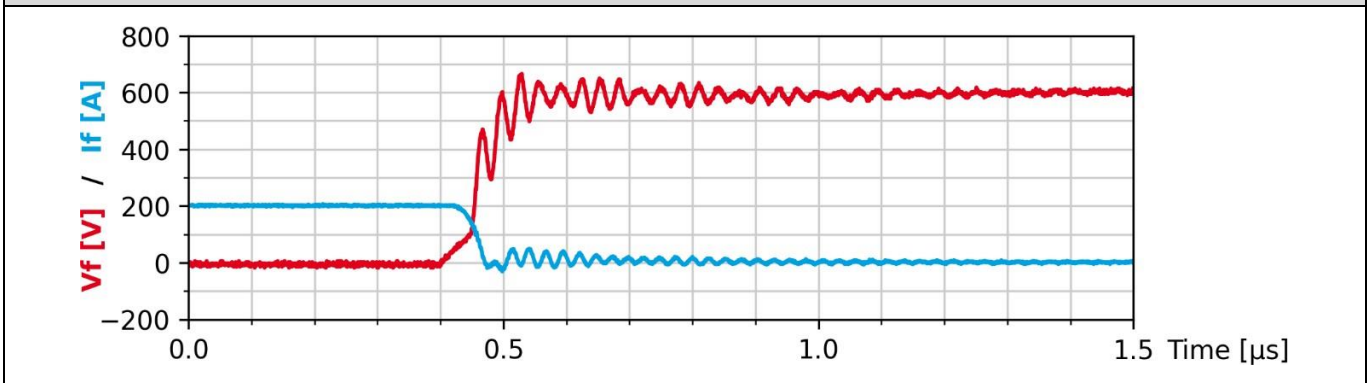
그림 10: 쇼트키 배리어 다이오드만 장착된 경우 역전류 구성 요소



2.1에서 설명한 바와 같이, 이러한 용량성 전류는 칩에 손실을 유발하지 않습니다. 따라서 SiC SBD만 장착된 경우 스위칭 손실은 무시할 수 있습니다.

실제 쇼트키 배리어 다이오드의 턴오프 동작의 예는 그림 11 과 같습니다. 이 모듈은 SEMITRANS3 패키지의 SKM200GB12T4SiC2 이고, 고속 IGBT 가 역병렬 SBD 와 페어링 된 하이브리드-SiC 솔루션입니다. V_{GEof} 가 -15V 이고 그에 따른 dv/dt 가 SiC MOSFET 에 비해 훨씬 낮기 때문에 IGBT 의 기생 턴온 위험은 거의 0 입니다. 다이오드 턴오프 시 쇼트키 다이오드만 사용됩니다. 역회복은 기본적으로 제거되었습니다. IGBT 및 SBD 의 접합 커패시턴스 재충전에 의해 발생한 전류의 일부가 여전히 남아 있고 시스템 기생효과로 인한 링잉이 일부 발생합니다.

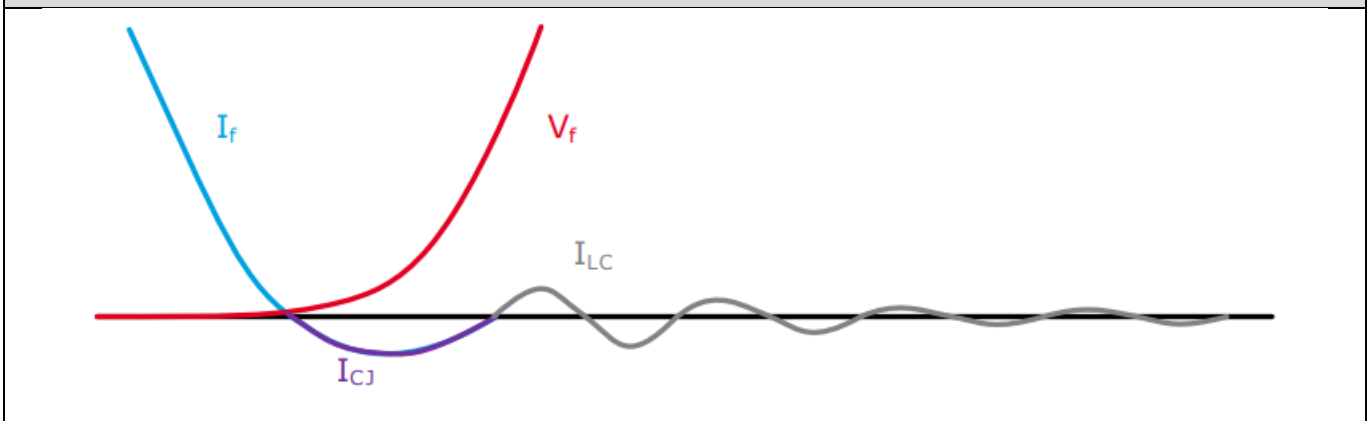
그림 11: 샘플 SKM200GB12T4SiC2 다이오드 턴오프



2.4 I_{LC} : 기생 진동

앞서 살펴 본 회로의 경우, 시스템의 정류 인덕턴스 및 커패시턴스에 따라 턴오프 중이나 이후에 전류 오버슈트가 일부 발생할 수 있습니다. SiC SBD 의 경우에는 이러한 링잉이 단순히 기생효과의 산물로, 칩 내의 재조합으로 유발되지 않습니다. 이러한 진동은 회로 도체의 저항성 손실 이외에 다이오드에 열을 발생시키지 않습니다.

그림 12: 역방향 회복이 아닌 링잉



3. SEMİKRON 모듈 데이터시트

이제 SEMİKRON DANFOSS 모듈에서 다양한 종류의 장치에 대한 역방향 회복 손실이 어떻게 명시되는지 살펴보고자 합니다.

3.1 SiC MOSFET 만 장착한 경우

MOSFET 만 장착된 모듈은 바디 다이오드에 의존하기 때문에 음의 전류를 턴오프하면 역회복이 발생합니다. 그 결과, 바디 다이오드에 대한 I_{rr} , Q_{rr} , E_{rr} 이 지정됩니다 (그림 13). 이들 값에 기생 턴오프 효과가 포함될 수 있습니다. 하지만 손실이 모두 동일한 스위치에서 발생하므로 이러한 손실을 구분할 필요는 없습니다. 모두 동일한 위치와 시점에 발생하기 때문에 직접 측정을 통한 분리가 가능하지 않고 필요도 없습니다. 이러한 값에는 장치에 전력 손실을 유발하지 않는 접합 커패시턴스 C_{oss} 충전으로 유발되는 영향도 포함됩니다.

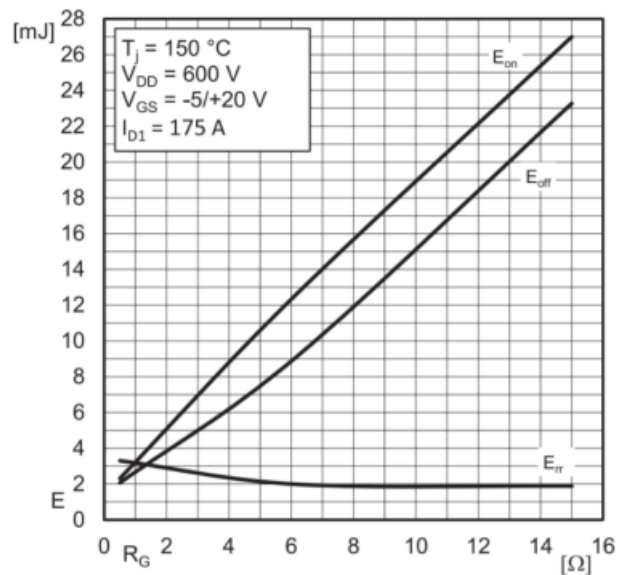
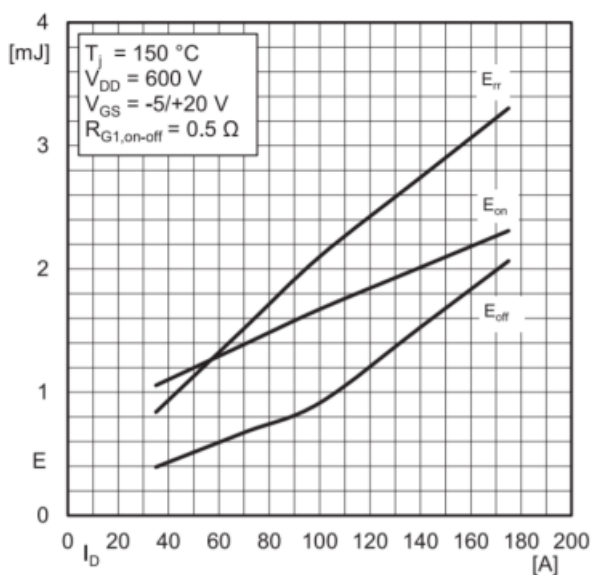
한 예로 SKM350MB120SCH15 에 대한 양은 아래 식으로 대략 추정할 수 있습니다. 접합 커패시턴스 값은 접합 전압에 따라 달라집니다.

$$E_{CJ} \approx \frac{1}{2} \cdot C_{oss} \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.1nF \cdot (600V)^2 = 0.2mJ$$

pn 다이오드와 마찬가지로 전류, di/dt , 및 접합 온도가 모두 MOSFET 의 바디 다이오드의 역회복 동작에 영향을 미칩니다. 따라서 이러한 값들은 데이터시트에 제공되며 다른 데이터시트와 비교할 때 고려해야 합니다.

그림 13: SKM350MB120SCH15 데이터시트의 예제값[6]

t_{rr}	$V_{DD} = 600 V$	$T_j = 150 ^\circ C$	62	ns
Q_{rr}	$-I_D = 175 A$	$T_j = 150 ^\circ C$	7.2	μC
I_{rr}	$di/dt_{off} = 7.5 kA/\mu s$	$T_j = 150 ^\circ C$	232	A
E_{rr}	$V_{GS} = -5 V$	$T_j = 150 ^\circ C$	3.3	mJ
	$R_{Gon} = 0.5 \Omega$			



3.2 SiC MOSFET 와 쇼트키 배리어 다이오드

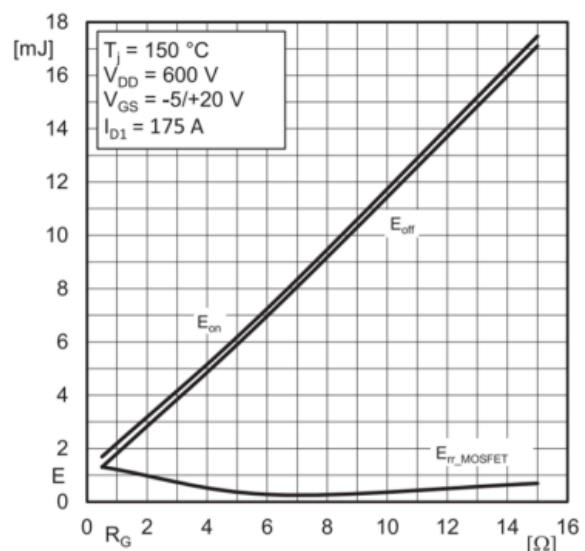
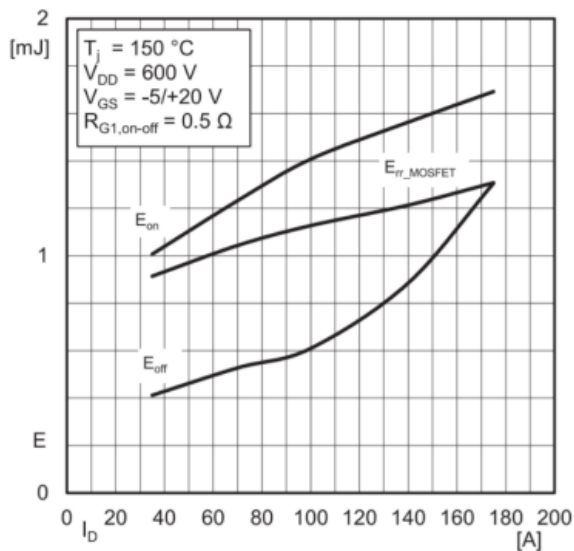
바디 다이오드의 역회복 동작을 추가로 개선하기 위해 SBD 를 MOSFET 와 역병렬로 설치하는 경우가 많습니다. MOSFET 의 E_{pto} 손실과 SBD 의 상당한 스위칭 손실 부족을 구분하고자 $E_{rr(MOSFET)}$ 가 동적 곡선에 포함됩니다. MOSFET 의 C_{oss} 를 충전하는 것과 더불어 다이오드의 접합 커패시턴스도 역시 충전해야 합니다.

$$E_{Cj} \approx \frac{1}{2} \cdot (C_{oss} + C_j) \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot (1.1 + 0.42) \text{ nF} \cdot (600 \text{ V})^2 = 0.27 \text{ mJ}$$

모듈 데이터시트에 명시된 SBD 접합 커패시턴스와 저장된 전하량으로 동적 동작을 설명하기에 충분합니다(그림 14)

그림 14: SKM350MB120SCH17 데이터시트의 예제값[7]

C_j	parallel to C_{oss} , $f = 1 \text{ MHz}$, $V_R = 800 \text{ V}$, $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	0.42	nF
Q_c	$V_R = 800 \text{ V}$, $di/dt_{off} = 500 \text{ A}/\mu\text{s}$, $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	0.33	μC

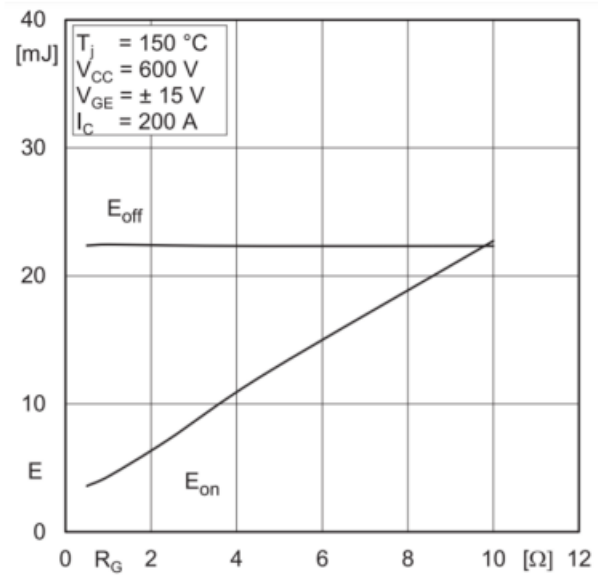
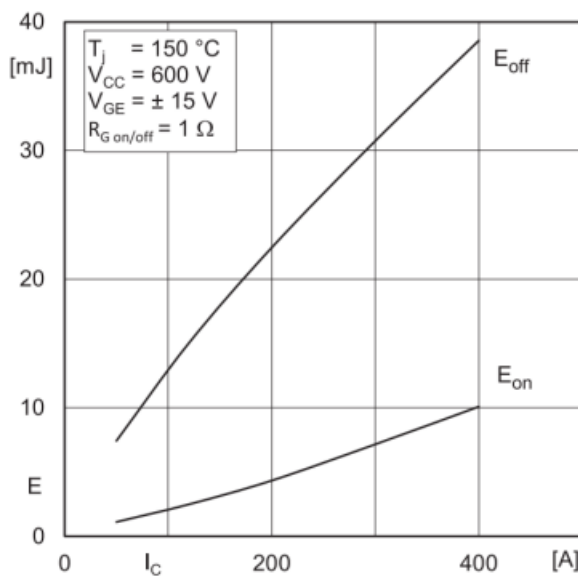


3.3 IGBT 와 쇼트키 배리어 다이오드(하이브리드 모듈)

Si IGBT 및 SiC SBD 를 장착한 이온바 하이브리드 모듈은 다이오드 모드에 대해 Q_c 를 지정하지만 Q_{rr} , I_{rr} , E_{rr} 등은 지정하지 않습니다. IGBT 의 기생 턴온(E_{pto}) 위험은 턴오프 게이트 전압이 -15V 인 경우에는 거의 0 입니다. dv/dt 역시 SiC MOSFET 에 비해 훨씬 낮습니다. 다이오드 턴오프 시 쇼트키 다이오드만 사용됩니다. E_{rr} 은 SBD 에 의해 발생하지 않아 지정되지 않습니다. C_j 와 Q_c 가 포함되어 있어 E_C 의 계산이 가능합니다(그림 15).

그림 15: SKM200GB12T4SiC2 데이터시트의 예제값[5]

C_j	$f = 1 \text{ MHz}, V_R = 800 \text{ V}, T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, parallel to C_{oss}	0.68	nF
Q_c	$V_R = 800 \text{ V}, di/dt_{off} = 500 \text{ A}/\mu\text{s}$	0.53	μC



3.4 쇼트키 배리어 다이오드만 장착한 경우

SBD 만 장착할 경우에는 데이터시트에 동적 동작 설명을 위해 C_j 와 Q_c 만 지정되어 있습니다. 그림 16 은 SEMIPACK2 패키지의 단일 SBD 인 SKKE60S12 에 대한 이러한 값을 나타낸 것입니다. 앞서 설명한 대로 SBD 는 재조합을 통해 역회복 전하를 발생시키지 않습니다. 따라서 단독 사용 시 SiC SBD(예: 정류기 또는 벽/부스트 컨버터)에 다른 동적 값이나 곡선이 필요하지 않습니다.

그림 16: SKKE60S12 데이터시트의 예제값[8]

C_j	$f = 1 \text{ MHz}, V_R = 800 \text{ V}, T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	0.340	nF
Q_c	$V_R = 800 \text{ V}, di/dt = 500 \text{ A}/\mu\text{s}, T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	0.26	μC

4. 결론

실리콘 카바이드로 인해 더 높은 전압의 쇼트키 배리어 다이오드의 생산이 가능해졌습니다. 이 다이오드는 몇 가지 중요한 점에서 전통적인 실리콘 PN 다이오드와 다릅니다. 역회복 전류의 부족은 비직관적으로 보일 수 있지만, 특히 높은 스위칭 주파수 애플리케이션에서 상당한 이점이 있습니다.

기호 및 용어

문자 기호	용어
SiC	실리콘 카바이드
SBD	Schottky 배리어 다이오드
GaN	질화 갈륨
MOSFET	금속 산화막 반도체 전계효과 트랜지스터
IDS / ISD	드레인 투 소스/소스 투 드레인 전류
Err / Irr / Qrr	역방향 회복 에너지/전류/전하
ECJ / ICJ	정선 커패시턴스 에너지/전류
Epto / Ipto	기생 턴온 에너지/전류
VGSoff / VGEoff	게이트 턴오프 전압

용어와 기호에 대한 자세한 설명은 "Application Manual Power Semiconductors"를 참조하십시오 [2].

참고자료

- [1] www.SEMİKRON.com
- [2] A. Wintrich, U. Nicolai, W. Tursky, T. Reimann, "Application Manual Power Semiconductors", 2nd edition, ISLE Verlag 2015, ISBN 978-3-938843-83-3
- [3] C. Schmidt, M. Röblitz, "A Performance Comparison of SiC Power Modules with Schottky and Body Diodes", PCIM 2017
- [4] Understanding the Turn-off Behaviour of SiC MOSFET Body Diodes in Fast Switching Applications, P. Sochor et al., PCIM Europe digital days 2021
- [5] SKM200GB12T4SiC2 Datasheet, Retrieved 2021-11-09, <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-datasheet-skm200gb12t4sic2-22892220.pdf>
- [6] SKM350MB120SCH15 Datasheet Rev. 1.0, Retrieved 2021-10-07, <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-datasheet-skm350mb120sch15-21920190.pdf>
- [7] SKM350MB120SCH17 Datasheet Rev. 1.0, Retrieved 2021-10-07, <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-datasheet-skm350mb120sch17-21920420.pdf>
- [8] SKKE60S12 Datasheet Rev. 1.0, Retrieved 2021-10-07, <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-datasheet-skke60s12-07920630.pdf>

중요 정보 및 주의 사항

이 문서의 정보는 제품 특성에 대한 보증 또는 보장으로 간주되지 않을 수 있습니다("품질 보증"). 이 문서는 특정 애플리케이션에 따라 달라질 수 있는 일반적인 애플리케이션에서 예상되는 제품의 통상적인 특성만을 설명합니다. 따라서 사전에 각 애플리케이션에 대해 제품을 테스트해야 합니다. 애플리케이션 조정이 필요할 수 있습니다. SEMİKRON DANFOSS 제품의 사용자는 SEMİKRON DANFOSS 제품을 포함하는 애플리케이션의 안전에 대한 책임을 지며 특정 SEMİKRON DANFOSS 제품의 결함으로 인해 애플리케이션이 신체적 상해, 화재 또는 기타 문제를 초래하지 않도록 적절한 안전 조치를 취해야 합니다. 사용자는 애플리케이션 설계가 모든 관련 법률, 규정, 규범 및 표준을 준수하는지 확인할 책임이 있습니다. SEMİKRON DANFOSS의 공인 대리인이 서명한 서면 문서를 통해 SEMİKRON DANFOSS가 달리 명시적으로 승인한 경우를 제외하고, SEMİKRON DANFOSS 제품은 당해 제품의 고장 또는 그 제품 사용의 결과로 인해 인명 피해가 초래될 수 있음을 합리적으로 예상할 수 있는 애플리케이션에 사용할 수 없습니다. 제3자의 지적 재산권 미침해에 대한 보증을 포함하되 이에 국한되지 않는 이 문서에 제공된 정보의 정확성, 완전성 및/또는 그 이용과 관련하여 어떠한 확약이나 보증도 제공되지 않으며 어떠한 책임도 지지 않습니다. SEMİKRON DANFOSS는 애플리케이션 또는 제품의 사용으로 인해 발생하는 어떠한 책임도 지지 않으며 특허권, 저작권, 영업 비밀 또는 기타 지적 재산권이나 타인의 권리에 따른 라이선스를 양도하지 않습니다. SEMİKRON DANFOSS는 애플리케이션으로 인해 발생할 수 있는 제3자의 지적 재산권 미침해 또는 주장된 미침해에 대해 어떠한 확약이나 보증도 하지 않습니다. 이 문서는 이전에 제공된 모든 정보를 대체 및 대신하며 업데이트로 대체될 수 있습니다. SEMİKRON DANFOSS는 변경할 권리가 있습니다.

SEMİKRON-DANFOSS KOR

경기도 광명시 새빛공원로 67 광명역자이타워 A 동 1207~1212 호

• Tel: +82-2-6370-4799 • Fax: +49 911-65 59-262

sales.skcor@semikron-danfoss.com