

SiC-MOSFET の p 型コンタクト抵抗が スイッチング特性に及ぼす影響評価

永瀬 唯*, 中田 修平 (金沢工業大学)
富永 貴亮 (三菱電機)

Effect of p-type Contact Resistance of SiC MOSFET on Switching Characteristics
Yui Nagase, Shuhei Nakata (Kanazawa Institute of Technology)
Takaaki Tominaga (Mitsubishi Electric Corporation)

1. はじめに

SiC-MOSFET は、優れた特性を有しパワエレ機器の省エネに有効である^[1]。しかし、ソース電極と p ボディ間のコンタクト抵抗(R_{pk})が大きいためスイッチング時の変位電流により、p ボディ領域の電位変動が発生する^[2]。この現象がスイッチング特性に及ぼす影響を評価した結果と、回路モデルによる検証結果を報告する。

2. 実験装置と結果

図 1(a)に実験回路を示す。下側アームには評価用 MOSFET を配置しダブルパルス法によりスイッチング特性を評価した。MOSFET とゲート駆動回路の間にゲート抵抗 (R_g) を配置し、スイッチング速度を調整した。スイッチング時の R_{pk} の影響を評価するため、高 R_{pk} の MOSFET (TypeA) と、低 R_{pk} の MOSFET (TypeB) を用いた。

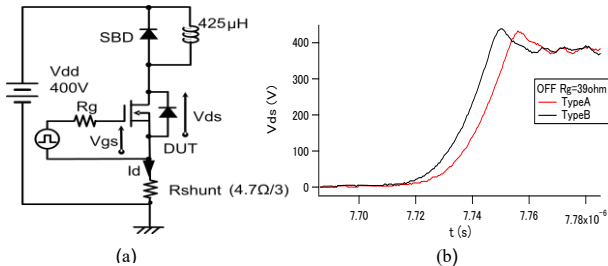


図 1 (a)実験回路図 (b)ターンオフ時のドレイン電圧波形
Fig. 1. (a) Experimental circuit diagram and (b) Drain voltage

図 1(b)にターンオフ時のドレイン電圧波形を示す。赤と黒は、TypeA と TypeB の波形を表している。図より、TypeA のドレイン電圧の立上りは TypeB よりも遅く、 R_{pk} が MOSFET のスイッチング速度を低下させることが分かる。これは、スイッチング時の変位電流が R_{pk} に流れ、p ボディ電圧の変動を引き起こし、閾値電圧などのチャネル特性を変化させる現象と考えられる^[2]。

図 2(a)に、TypeA と TypeB のターンオフ損失の比 (Eoff 比 = $E_{off(A)}/E_{off(B)}$) と dV/dt の関係を示す。図より、 dV/dt が増加するにつれて Eoff 比は増加し、40V/ns 付近で最大値に達し、その後 dV/dt とともに減少することが分かる。

図 2(b)は、 R_{pk} を考慮した MOSFET 回路モデルを用いたシミュレーションで得られた Eoff 比と dV/dt の関係を示している。図のように、Eoff 比は dV/dt の 40V/ns 付近で最大値に達した。このように、 R_{pk} を考慮した MOSFET 回路を用いることで、実験結果と同様の傾向を再現できた。

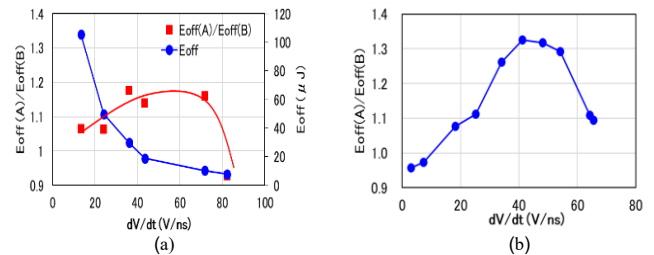


図 2 (a)ターンオフ損失及び type A と type B の素子のターンオフ損失の比と dV/dt の関係 (b)シミュレーションで得られた type A と type B の素子のターンオフ損失の比と dV/dt の関係
Fig. 2. (a) dV/dt dependence of Eoff and Eoff(A) / Eoff(B) and (b) Calculated dV/dt dependence of Eoff(A) / Eoff(B).

3. 結論

本研究では R_{pk} が異なる素子を用い R_{pk} がスイッチング損失に及ぼす影響を評価し、以下の結論を得た。

- 1) R_{pk} の影響でスイッチング速度が遅くなりスイッチング損失が増加する。
- 2) R_{pk} の影響による損失の増大は、 dV/dt の増加に伴い増大し 40V/ns で最大値をとる。
- 3) R_{pk} の影響を考慮した回路モデルを用いることで、実験と同様の dV/dt 依存性を持つことが確かめられた。

文 献

- [1] T. Kimoto and J. A. Cooper, "Fundamentals of Silicon Carbide Technology", (Wiley, 2014).
- [2] T. Tominaga, T. Iwamatsu, Y. Nakao, H. Amishiro, H. Watanabe, S. Tomohisa, N. Miura, and S. Nakata, "Body Potential Control via p-Type Contact Resistance and its Influence on Switching Characteristics of 4H-SiC MOSFETs", IEEE Trans. Electron Devices, 69, 285 (2022).