

パワーデバイスの計測技術

林 伸亮^{*1}, 恩田敬治^{*1}, 吉田卓矢^{*1}

Power Device Measurement Technology

Nobuaki Hayashi^{*1}, Keiji Onda^{*1}, Takuya Yoshida^{*1}

1. はじめに

近年、パワーエレクトロニクス機器の更なる小型化・高効率化を目指して、窒化ガリウム (GaN) をはじめとするワイドギャップ半導体を用いたパワーデバイスの研究開発が盛んに行われ、鉄道車両のインバータに採用されるなど実用段階に移行しつつある。

豊田合成では GaN 系青色 LED の技術を生かして、縦型の GaN デバイスの開発を進めている。

市販されているパワーデバイス測定装置は、従来の Si 向けスペックであるため、縦型 GaN デバイスのような高速動作ができるデバイスを正しく評価するため、計測装置の開発を行った。

本稿では、パワーデバイスの高速性能を評価するための計測回路技術を報告する。

2. 動特性試験機の開発

高速動作を示す指標として逆回復時間 (Reverse recovery time, t_{rr}) がある。

評価条件を決めるために、代表的な SiC-SBD のデータシートを調査したが、逆回復時間についての記載がなかった。そこで従来の Si-SBD 向けスペックの試験条件として MIL 規格¹⁾に掲載されている計測条件を参考に、Si-SBD と SiC-SBD の t_{rr} 計測を行った。(計測条件は $V_F=100V$, $I_F=15A$, $R_L=100\mu H$ とし、 V_g と R_g で di/dt を決定) $di/dt=100A/\mu sec.$ の計測条件では、**図-1**の様に Si-SBD で t_{rr} が計測できたが、SiC-SBD では t_{rr} は計測できなかった (**図-2**)。

Si-SBD に比べ SiC-SBD は動作が速いため、 $di/dt=100A/\mu sec.$ の計測条件では SiC-SBD の動作速度の評価に適していないと判断し、更に高速の計測が必要と考えた。

そこで動作速度を高め、 $di/dt=500A/\mu sec.$ で t_{rr} を計測したところ、SiC-SBD でも t_{rr} を観測することができた (**図-3**)。

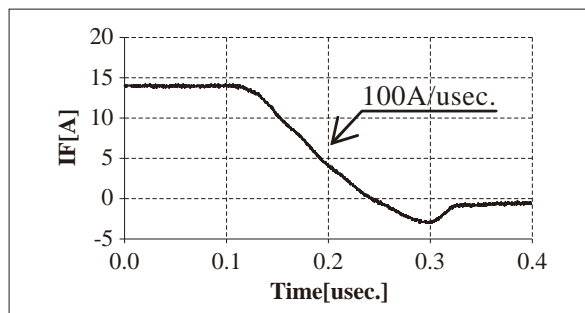


図-1 Si-SBD 電流波形

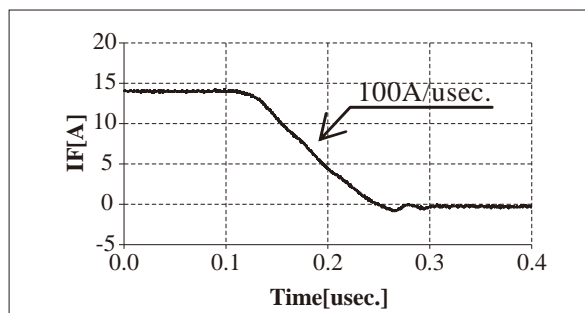


図-2 SiC-SBD 電流波形

その一方で、**図-3**の様に電流波形に振動 (リングング) が発生し、正しい計測結果を得ることが困難になることが判明した。

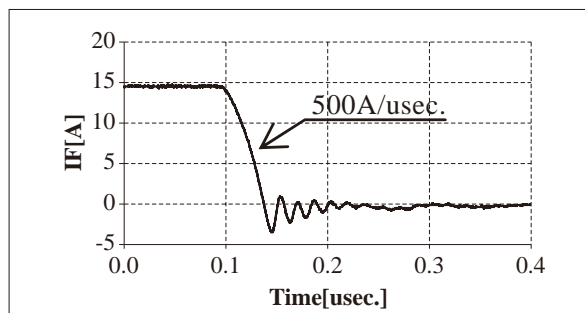


図-3 SiC-SBD 電流波形 (改善前)

GaN-SBD は SiC-SBD と同等以上の動作速度となり、高速試験時に正しい計測結果を得るために、リングングを低減させることが必要と考えた。

*1 電子デバイス開発部 電子技術室

リングングは計測回路の寄生インピーダンスに起因する可能性が高い^{2), 3)}ため、回路シミュレータにて回路の寄生インピーダンスを試算した。

図-4に示す計測回路の配線パターンによる寄生インピーダンスをシミュレータ上に追加し、図-5のシミュレーション結果から、MOSFETソース～SBDアノード間と、SBDカソード～R2シャント抵抗間に、合わせて約15nHの寄生インピーダンスがあることが解った。

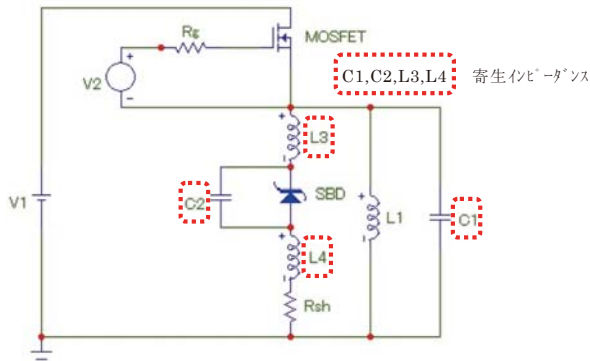


図-4 シミュレーション回路

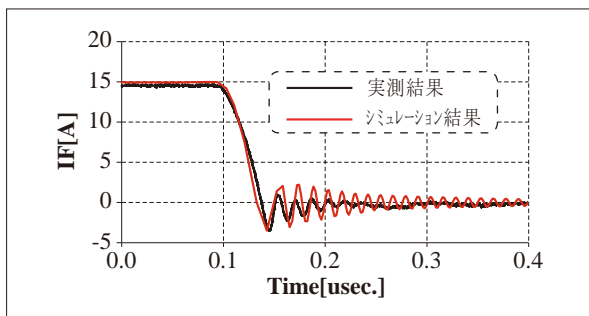
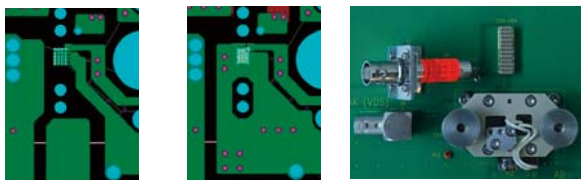


図-5 シミュレーション結果

この寄生インピーダンスがリングングの原因と断定し、デバイスセット計測回路の配線パターン幅を見直した(図-6)。



改善前 → 改善後 治具(改善後)

図-6 配線パターンと計測回路

このパターン幅の増強により、寄生インピーダンスを約5nHまで低減することができ、図-7に示す様な良好な電流波形を得る事ができた。

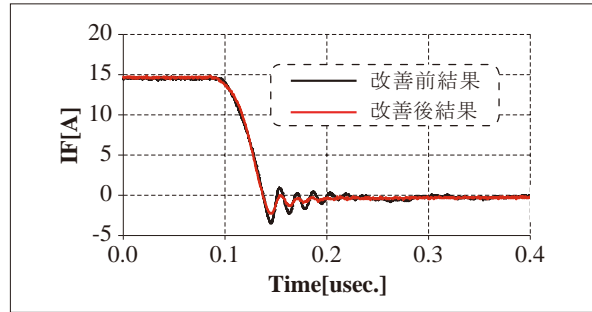


図-7 SiC-SBD 電流波形 (改善後)

3. まとめ

配線パターンの寄生インピーダンスを回路シミュレーションを用いて定量化し、高速デバイスに対応できる計測回路を開発した。

参考文献

- 1) MIL-STD-750-4 Test condition D
- 2) 石川光亮, 小笠原悟司, 竹本真紹, 折川幸司: 「圧銅多層基板を用いたSiC-MOSFETインバータの開発」, 2016年電気学会産業応用部門大会
- 3) 中村悠太, 葛本昌樹, 赤木泰文, 椋木康滋, 堀口剛司, 中山靖: 「ゲートドライブモデルを考慮したSiC-MOSFETターンオン動作のシミュレーション検討」, 2016年電気学会産業応用部門大会

著者



林 伸亮



恩田敬治



吉田卓矢