

SiC パワーデバイスの実用化とその応用機器の開発

Development of SiC power device and its application to the power electronics system

三菱電機 (株) 開発本部 大森達夫

Mitsubishi Electric Corp. Corporate R&D Group, Tatsuo Oomori

E-mail: Omori.Tatsuo@aj.MitsubishiElectric.co.jp

1. はじめに

パワーエレクトロニクス (パワエレ) は、パワーデバイス (電力用半導体素子) による電力変換、電力開閉の技術であり、電気エネルギーの発生・輸送・消費を効率的・高精度に行う上でのキーテクノロジーである。現在、風力発電や太陽光発電、鉄道や自動車、産業機械、家電製品など生活に身近な様々なところに適用されて、機器の高性能化や省エネルギー化に大きく貢献している。パワーデバイスとして Si-IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) が広く用いられ、デバイスの微細化やトレンチ構造、薄ウエハ技術等による高性能化開発が継続的に行われている。一方、SiC や GaN に代表されるワイドギャップ半導体は、その優れた物理特性により Si と比較して大幅に高性能化できる可能性があるため、次世代パワーデバイス用半導体材料として精力的に研究されている。SiC については既にデバイス耐圧 600V~6,500V の縦型パワーデバイスが開発され、大幅な省エネ効果、小型・軽量化が実証され[1][2]、その応用機器が一部の鉄道[3]や家電製品、産業機器に適用されている。

2. SiC パワーデバイスの実用化とその応用機器の開発

本報告では、3.3kV 耐圧の大容量 SiC-MOSFET 開発を皮切りに、各種応用機器開発に展開した事例について紹介する。まず、実用化に必要な短絡耐量等の SOA (Safety Operation Area) や長期安定性などの信頼性を含めたデバイスの高性能化を、JFET ドーピングなどのデバイス構造開発やエピ技術等のプロセス技術開発により実現した。また開発された SiC デバイスを鉄道車両用推進制御装置に適用することにより、車両システムとして従来に比べて約 30%の省エネ化と、推進制御装置の約 65%体積低減を実現した。また更なる高性能化のため SiC-MOSFET のボディダイオードの順方向劣化対策の SBD (Schottky Barrier Diode) 内蔵 MOSFET を開発し、外付け SBD 無しのインバータ回路を従来の約 1/2 のチップ面積で実現した。また高耐圧・大容量 SiC モジュールを HVDC (High Voltage Direct Current) 送配電向け電力変換器に適用して、電力損失が従来に比べて約 1/2 に低減できることを示した。

3. 謝辞

本研究開発に関係した三菱電機の三浦氏、東氏、西川氏、山川氏、大井氏、他関係者各位に感謝致します。また本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 「次世代パワーエレクトロニクス」 (管理法人: (国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)) によって実施されました。また、この成果の一部は、(国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業の結果、得られたものです。

参考文献

- [1] S. Nakata et al., "Substantial Reduction of Power Loss in a 14kVA Inverter using Paralleled SiC-MOSFETs and SiC-SBDs", Mater. Sci. Forum, 615-617(2009) pp. 903-906.
- [2] K. Hamada, et al., "3.3kV/1500A Power Modules for the World's first all-SiC traction Inverter", Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 04DP07.
- [3] JR 東日本プレスリリース (2015年7月2日) <https://www.jreast.co.jp/press/2014/20140701.pdf>