

技術開発レポート

省エネルギーに貢献するパワーモジュール

1. はじめに

電力を制御するパワー半導体モジュールは、電気製品・電力制御装置に幅広く使用されており(図1)、省エネルギー化の一環として、低損失化、大容量化、小形・軽量化、高機能化、低ノイズ化などの技術開発が進められています。

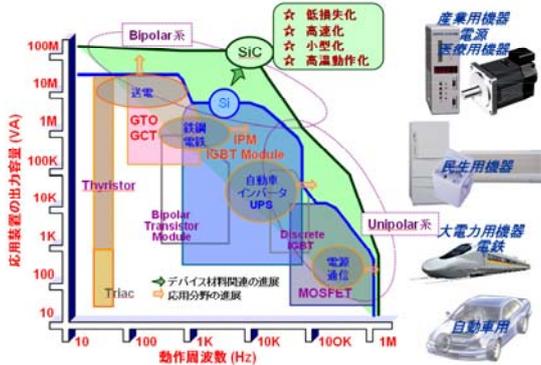


図1. パワーモジュールの適用範囲
(動作周波数と電力容量に対する適合素子の応用範囲)

2. パワーモジュールの開発動向

IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)に代表されるSiパワーモジュールは、エネルギー変換器としての制御可能なパワー密度の観点から、近年、長足の進歩(図2)を遂げており、更なる進歩に向けて開発が進められています。

自動車、電鉄、電力系統などに使われるモジュールの特に重要な性能として信頼性があります。信頼性確保のためには、制御可能な安全動作領域(SOA: Safety Operation Area)内での使用が必須です。モジュールに広いSOAを持たせると使い易くなりますが、高速化や低損失化と背反関係にありますので、総合的な改良開発が進められています。

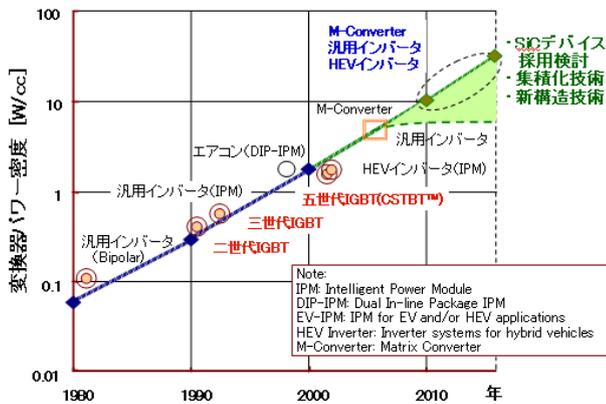


図2. パワーモジュールの取り扱い電力容量の変遷
(モジュール体積で規格化した数値で表現)

3. キーデバイスと先端デバイスの開発状況

半導体の中で先端的な役割を担っているメモリーやロジックチップで開発された微細・高精度加工技術を応用したサブミクロン級デザインルール of 六世代 IGBT が開発されています。六世代 IGBT は CSTBT™ という低損失化構造とともに紙と同程度の薄さにウエハを加工するプロセス技術が適用され、1200V 級で従来と同じ SOA と通電損失を確保しながらスイッチング損失を 20% 低減(図3)しています。

三次元デバイスシミュレーションによるチップの持つ容量特性の制御や回路シミュレーションによるモジュール内部の電極配線の最適化などで低ノイズ化が、また、過電流保護や温度保護機能、制御回路を内蔵した IPM(Intelligent Power Module) の高機能化が、高性能パワーモジュール技術として取り込まれています。

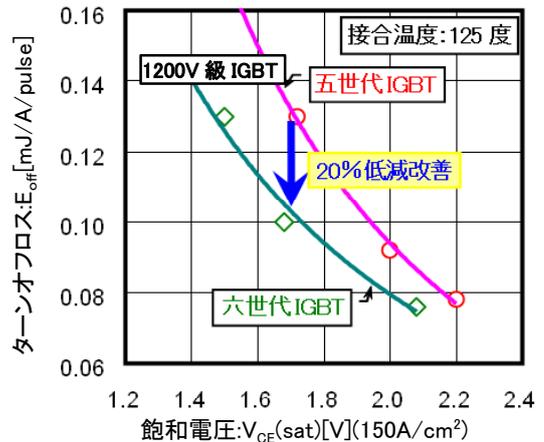


図3. IGBTの飽和電圧とターンオフロスの関係改善状況

SiC(Silicon Carbide)はSiよりもパワーデバイスに適した材料物性から革新的な性能改善をもたらすものとして世界中で開発が進められています。Si比で、インバータ損失を4分の1程度に低減できる試作結果もあり、1000V級SBD(Schottky Barrier Diode)は製品化されており、スイッチング素子も製品化開発が急ピッチで進められています。

4. まとめ

パワーエレクトロニクス機器の省エネルギー化のためにパワーモジュールは、LSIの先端的な微細加工技術や、構造・回路設計技術、新素材技術も取り込んで信頼性や利便性を改良しつつ電力損失低減が進められています。

佐藤 克己 (三菱電機 パワーデバイス製作所)
(平成20年12月19日受付)