新製品紹介

高速 IGBT と SiC−SBD を組み合わせた高速ハイブリッドモジュール

High Speed Hybrid Modules Combining High Speed IGBTs with SIC−SBDs

臼井　亮輔 * USUI, Ryousuke　　加藤　由晴 ‡ KATO, Yoshiharu

近年，地球温暖化の進行を抑制するため，CO_2 をはじめとした温室効果ガスの排出量の低減が求められている。これを実現するために，さまざまな分野でさらなる省エネルギー（省エネ）化を進める必要がある。インバータに代表される電力変換機器において省エネ化を進めるには，パワーデバイス，回路，制御などの構成要素の技術革新が必要であり，パワーデバイスではさらなる低損失化を達成していくことが重要な使命である。また，電力変換装置のさらなる小型化と高効率化を実現するために，高い周波数で電力変換を行うアプリケーションが増加しており，スイッチングの高速化と低損失化が求められている。そこで富士電機は，スイッチング速度 20 kHz 以上で動作する高速 IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）と SiC−SBD（Schottky Barrier Diode）を組み合わせて，従来のパッケージに収めた高速ハイブリッドモジュールを製品化した（**表 1**）。

1　特　徴

高速 IGBT と SiC−SBD を組み合わせた高速ハイブリッドモジュールでは，従来の Si モジュールと同じパッケージを採用して互換性を持たせた。ダイオードには富士電機製の SiC−SBD チップ（耐圧 1,200 V）を採用し，IGBT には第 6 世代「V シリーズ」をベースに高速スイッチング用に最適化したチップを採用した。1,200 V/200 A 定格品において，第 7 世代「X シリーズ」Si モジュールに比べて，約 56 % 損失を低減している。

表 1　高速ハイブリッドモジュール

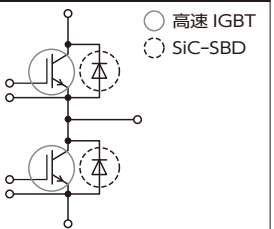
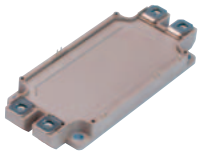
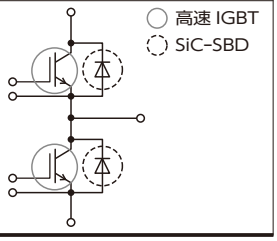
パッケージ	等価回路
Standard 2 in 1 M276	
 Dual XT M254	

表 2　高速ハイブリッドモジュールの製品系列

パッケージ	回路構成	外形寸法 W×D×H（mm）	定格電圧（V）	定格電流（A）
Standard 2 in 1	2 in 1	62×108×30.9	1,200	200
				300
Dual XT	2 in 1	62×150×20.5	1,200	300

1.1　製品系列

表 2 に高速ハイブリッドモジュールの製品系列を示す。今回，2 in 1 の回路構成のモジュールを開発した。

1.2　インバータの発生損失

M276 パッケージの 1,200 V/200 A 定格品を例として，これを搭載したインバータの発生損失について述べる。**図 1** に，インバータにおける発生損失のシミュレーション結果を示す。スイッチング周波数 20 kHz 以上の高速スイッチング領域において，高速ハイブリッドモジュールを搭載したインバータの発生損失は，X シリーズ Si モジュールを搭載した場合に対して，約 56 % 低減できる。また，スイッチング周波数を高くすると，この低減の割合は大

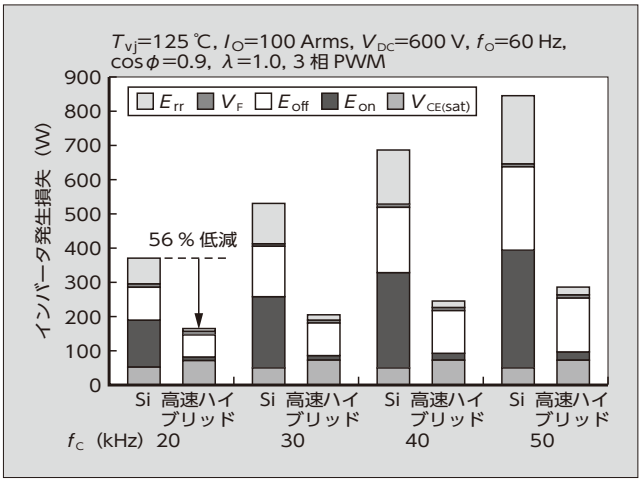


図 1　インバータ発生損失のシミュレーション結果

* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部産業事業部産業モジュール部

‡ 富士電機株式会社電子デバイス事業本部開発統括部デバイス開発部

きくなり，インバータの高周波動作による高効率運転や小型化に貢献できる。

2 背景となる技術

2.1 SiC-SBD によるターンオン損失および逆回復損失の低減

図 2 に，高速ハイブリッドモジュールと X シリーズ Si モジュールの逆回復波形の比較を示す。高速ハイブリッドモジュールは逆回復電流のピーク値がかなり小さい。これは SiC−SBD はユニポーラデバイスであるため，少数キャリアの注入がないことに起因する。1,200 V/200 A 定格品の高速ハイブリッドモジュールの逆回復損失は，X シリーズ Si モジュールに対して 92% 低減している。

また，FWD（Free Wheeling Diode）における逆回復電流のピーク値は，対向アームの IGBT におけるターンオン電流のピーク値に反映される。逆回復電流のピーク値を小さくすると，ターンオン電流のピーク値も小さくなるため，ターンオン損失を低減できる。**図 3** に，高速ハイブリッドモジュールと X シリーズ Si モジュールのターンオン波形の比較を示す。逆回復波形と同様に，ターンオン電流のピーク値がかなり小さい。1,200 V/200 A 定格品の高速ハイブリッドモジュールのターンオン損失は，X シリーズ Si モジュールに対して 84% 低減している。

2.2 高速 IGBT によるターンオフ損失の低減

高速 IGBT は，既存の V シリーズ IGBT をベースに，寄生容量を大幅に低減させた活性部構造とホールの注入

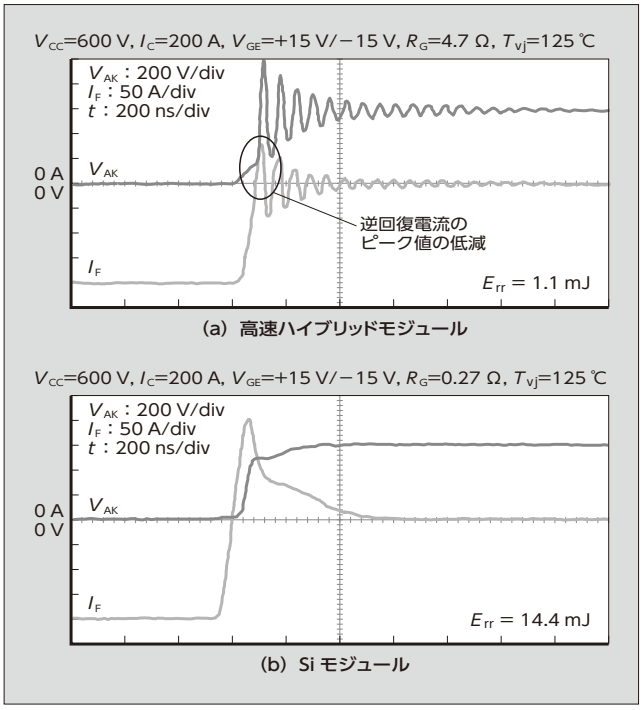


図 2　逆回復波形

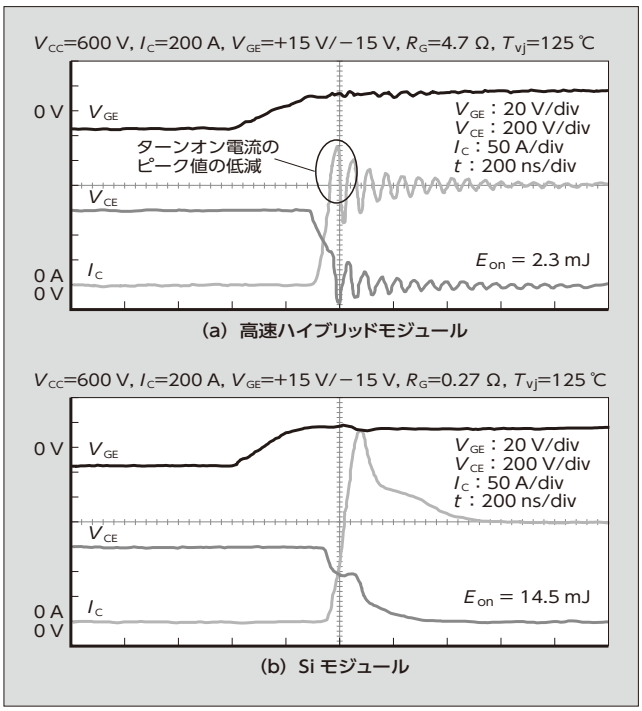


図 3　ターンオン波形

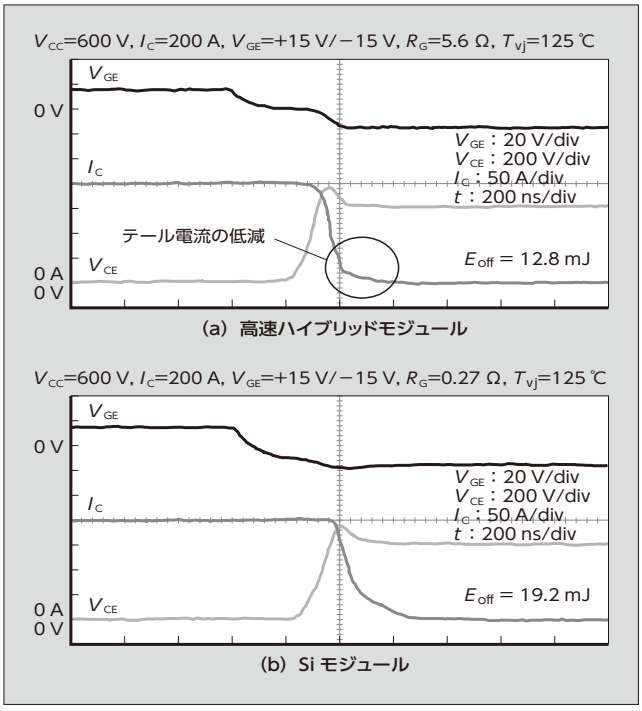


図 4　ターンオフ波形

を抑制するコレクタ層の不純物濃度を低くすることによりターンオフ損失を低減させている。**図 4** に，高速ハイブリッドモジュールと X シリーズ Si モジュールのターンオフ波形の比較を示す。高速ハイブリッドモジュールはターンオフ時のテール電流を大幅に改善し，X シリーズ Si モジュールに対して 33% 低減している。

発売時期

2019 年 8 月から順次量産

お問い合わせ先

富士電機株式会社
電子デバイス事業本部営業統括部営業第一部
電話（03）5435−7152

（2018 年 10 月 30 日 Web 公開）

富士電機

Innovating Energy Technology

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。