

# 第7世代「Xシリーズ」IGBT モジュール

7th Generation “X Series” IGBT Modules

川畑 潤也\* KAWABATA, Junya

百瀬 文彦\*\* MOMOSE, Fumihiko

小野澤 勇一\*\* ONOZAWA, Yuichi

近年、エネルギー消費量の増加に伴うエネルギー資源の枯渇や、CO<sub>2</sub> 排出量の増加による地球温暖化の加速が世界的に深刻な問題となっている。このような中、産業、民生、自動車、再生エネルギーなどのさまざまな分野でパワー半導体デバイスを用いた電力変換装置の適用が広がっており、ここには IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールが主に用いられている。電力変換装置の今後のさらなる普及のためには、装置の小型化 (コストダウン) や高効率化 (低損失化)、高信頼性が不可欠である。

富士電機では電力変換装置のさらなる小型化・高効率化・高信頼性化を実現するために、新たなチップ技術およびパッケージ技術を適用した第7世代「Xシリーズ」IGBT モジュールを開発した (図1)。Xシリーズ IGBT モジュールでは、IGBT と FWD (Free Wheeling Diode) のチップの小型化・低損失化のみならず、高温動作時に低下が懸念される種々の特性を向上させることにより信頼性の向上も実現させた。パッケージの放熱性、耐熱性ならびに信頼性の向上により、IGBT の連続動作時の最高温度  $T_{jop}$  を第6世代「Vシリーズ」IGBT モジュールよりも 25℃ 高い 175℃ に向上させた。

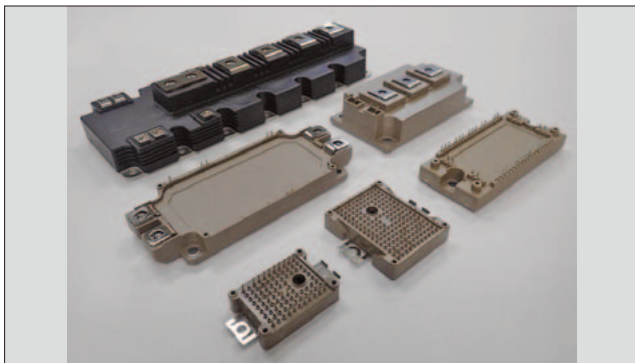


図1 第7世代「Xシリーズ」IGBT モジュール

\* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部モジュール技術部

\*\* 富士電機株式会社技術開発本部電子デバイス研究所次世代モジュール開発センターパッケージ開発部

\*\* 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

## 1 特徴

IGBT モジュールの小型化・低損失化と  $T_{jop}=175℃$  の実現により、図2 に示すように V シリーズ IGBT モジュールに比べて出力電流が約 35% 増加し、電力変換装置のさらなる高パワー密度化による小型化を可能にした。

### 1.1 IGBT モジュールの小型化・低損失化

X シリーズ IGBT モジュールは、IGBT と FWD の低損失化、ならびにパッケージの高放熱化と高信頼性化により、さらなる小型化・低損失化を達成した。

例として、EP2 パッケージを適用した 1,200 V ・ 75 A 定

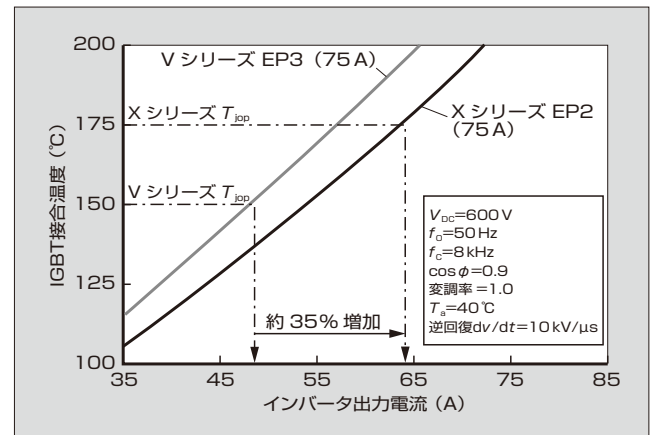


図2 インバータ出力電流と IGBT 接合温度

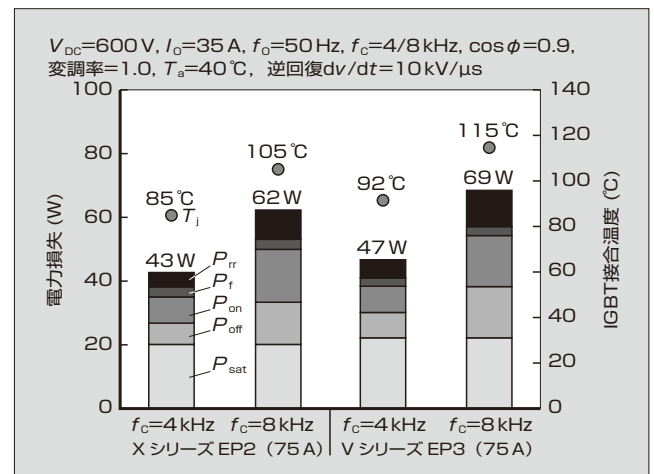


図3 通常運転時の電力損失と IGBT 接合温度

表1 第7世代「Xシリーズ」IGBT モジュールのラインアップ

パッケージ	回路構成	外形 W×D (mm)	定格電流		
			650V定格製品	1,200V定格製品	1,700V定格製品
Small PIM1	PIM	33.8×48	10, 15, 20, 30 A	10, 15 A	—
Small PIM2		56.7×48	50 A	25, 35 A	—
EconoPIM*2		45×107.5	50, 75, 100 A	35, 50, 75 A	—
EconoPIM3		62×122	100, 150 A	75, 100, 150 A	—
EconoPACK*	6 in 1	62×122	—	100, 150, 200 A	—
Std. 2in1	2 in 1	34×94	100, 150, 200 A	100, 150, 200 A	75, 100, 150 A
		45×92	300, 400 A	200, 300 A	—
		62×108	400, 600 A	300, 400, 450, 600 A	150, 200, 300, 400 A
		80×110	600 A	450, 600 A	300, 400 A
Dual XT		62×150	—	300, 450, 600, 800 A	300, 450, 600, 800 A
EconoPACK+	6 in 1	150×162	—	300, 450, 600 A	300, 450 A
PrimePACK*2	2 in 1	89×172	—	600, 900, 1,200 A	650, 1,200 A
PrimePACK3		89×250	—	1,400, 1,800 A	1,000, 1,400, 1,800 A

\* EconoPIM, EconoPACK, PrimePACK : Infineon Technologies AG の商標または登録商標

格製品について述べる。Vシリーズ IGBT モジュールの最大電流定格は 50 A であったが、Xシリーズ IGBT モジュールは、IGBT と FWD の低損失化とパッケージの高放熱化によってチップサイズを小型化し、同一パッケージで 75 A まで拡大した。同じ電流定格で比較すると、従来は EP3 パッケージを使用していたところで EP2 パッケージに置き換えることによって、フットプリントを約 36% 低減した。図 3 に通常運転時の電力損失と IGBT 接合温度の比較を示す。Vシリーズ IGBT モジュールに比べて、電力損失は約 10%、接合温度は 10℃ 低下し、小型化と低損失化が可能になった。

### 1.2 $T_{jop}=175^{\circ}\text{C}$ の実現

Xシリーズ IGBT モジュールでは、電力変換装置のさらなる高出力電流化を可能とするため、高温動作時の特性や耐量、ならびにパッケージの耐熱性や信頼性を向上させたことで、 $T_{jop}$  を従来の 150℃ から 175℃ に向上した。

### 1.3 製品ラインアップ

表 1 に Xシリーズ IGBT モジュールのラインアップを示す。

## 2 背景となる技術

### 2.1 IGBT と FWD の低損失化

IGBT モジュールを小型化するためには、IGBT と FWD の損失を大幅に低減してチップサイズを小型化することが不可欠である。IGBT と FWD のオン電圧とスイッチング損失の関係を示すトレードオフ特性を図 4 に示す。第 7 世代 IGBT はドリフト層の薄化、ならびに表面ゲート構造の最適化によってオン電圧を大幅に低減するとともに、ミラー容量の低減によってターンオフ損失を低減した。

また、第 7 世代 FWD においても、ドリフト層の薄化

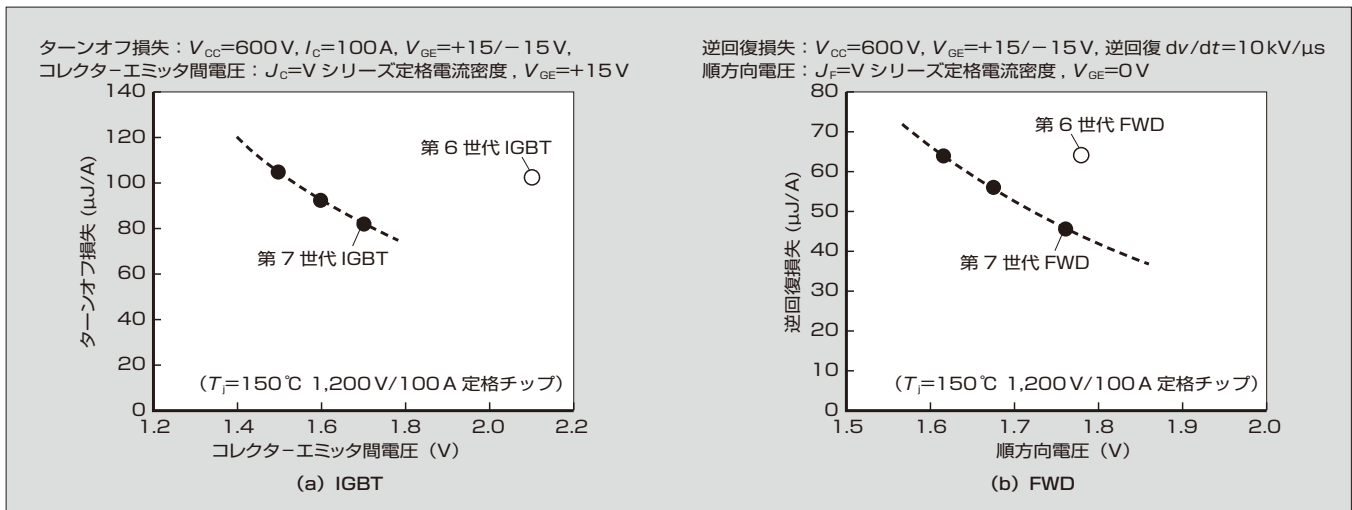


図 4 トレードオフ特性

による順方向電圧の低減に加えて、少数キャリアライフタイムコントロールの最適化によって、逆回復損失の低減と滑らかな逆回復波形を実現した。このような大幅な損失低減などにより、第7世代のIGBTとFWDはチップサイズの小型化を実現した。

## 2.2 高放熱のAlN絶縁基板

チップサイズと製品の小型化によるパワー密度の上昇は、IGBT接合温度の上昇や熱集中を引き起こす。この課題を解決するために、高放熱の新しいAlN（窒化アルミニウム）絶縁基板を開発した。AlNは高放熱のセラミックスとしてよく知られており、XシリーズIGBTモジュールでは長期信頼性のさらなる向上と低熱抵抗化を実現した。開発したAlN絶縁基板は、セラミックスの焼成条件の見直しにより曲げ強度を向上させたことで、従来のAlN絶縁基板に比べて大幅に薄くしたことにより、熱ストレスが緩和し、温度サイクル耐量が大幅に向上した。また、熱抵抗も約45%低減し、小型化に伴うIGBTの接合温度の上昇という課題を解決した。

## 2.3 高信頼性・高耐熱パッケージ

$T_{jop}=175^{\circ}\text{C}$ の実現に当たって課題となるのが、熱ストレスの繰返しに対するパッケージの寿命（ $\Delta T_j$ パワーサ

イクル耐量）の低下とシリコングルの長期絶縁性能の低下である。XシリーズIGBTモジュールでは、チップ上のアルミニウムワイヤとチップ下はんだの材料や接合方法を最適化し、 $\Delta T_j$ パワーサイクル耐量がVシリーズIGBTモジュールに比べて約2倍向上した（ $T_{jmax}=175^{\circ}\text{C}$ 、 $\Delta T_j=50^{\circ}\text{C}$ ）。また、従来のシリコングルは $175^{\circ}\text{C}$ の環境下では硬化しやすく、ゲルが裂けて絶縁性能が低下することが課題であった。開発したシリコングルは、組成を見直して $175^{\circ}\text{C}$ 環境下での硬化を抑制し、長期的な絶縁性能を確保した。これらの新技術によって、XシリーズIGBTモジュールでは $T_{jop}=175^{\circ}\text{C}$ が可能となり、さらなる高信頼性化を実現した。

## 発売時期

2015年8月から順次サンプル展開

2016年4月から順次量産

## お問い合わせ先

富士電機株式会社

営業本部半導体統括部営業第1部

電話 (03) 5435-7152





\*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。