

# 「V シリーズ」 IGBT モジュールの系列拡大 — 小型フレキシブル PIM —

Expansion of the IGBT Module “V Series”  
— Flexible PIM —

小松 康佑 KOMATSU Kosuke

甲斐 健志 KAI Kenshi

塩原 真由美 SHIOHARA Mayumi

富士電機は、産業機器の省エネルギーを実現するための IGBT モジュールを設計・開発し、社会に供給してきた。その適用範囲は多岐に渡っている。今回、小容量帯（～ 50 A）機器の高効率化・小型化・軽量化を目的として、小型フレキシブル PIM（Power Integrated Module）を開発し、系列化した。IGBT・FWD（Free Wheeling Diode）素子に第 6 世代「V シリーズ」を適用し、銅ベースレスのパッケージにより、取付け面積で 45% の小型化、質量で 75% の軽量化を達成した。ピン端子の形状は、顧客のニーズに応じてプレスフィットピンとソルダピンから選択できる。

Fuji Electric has been engaged design and development of insulated gate bipolar transistor (IGBT) modules for society to achieve energy efficiency in industrial machinery. These modules have a wide range of applications, and we have now developed a lineup of flexible power integrated modules (PIMs) for the purpose of increasing the efficiency and reducing the size and weight of low power devices (up to 50 A). For the IGBT free-wheeling diode (FWD), we have used the 6th generation “V series” and have reduced by 45% in footprint size and by 78% in weight by use of a copper baseless package. As for the pin terminal configuration, customers can choose between press-fit pins and solder pins according to their needs.

## 1 まえがき

パワーエレクトロニクスの分野では、従来、インバータ・コンバータ回路が電力の効率的変換に使用されてきた。現在、電力変換素子の主流は IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）である。

富士電機は、IGBT・FWD（Free Wheeling Diode）など複数の素子を 1 パッケージ化した IGBT モジュールを開発してきた。これをインバータ・コンバータ回路システムに用いて、主に産業分野の機器の省エネルギー化に貢献している。最近では、その応用分野は産業分野だけでなく、家電製品から電気鉄道に至るまで多岐にわたっている。各分野の顧客からは、高効率化・小型化・低価格化が強く求められている。家電製品のなかでは、特にエアコン市場などからその要求が強い。一方、半導体素子の小型化・高性能化により、従来は中容量のパッケージで対応していた定格電流の領域が、さらに小型のパッケージで対応できるようになってきている。このように、小型で小容量の IGBT モジュールの需要は、家電製品に加えて産業用途においても拡大している。

これらの需要に対し、富士電機では新しい小容量 IGBT モジュールとしてプレーキ付きインバータ・コンバータ用モジュール“小型フレキシブル PIM（Power Integrated Module）”を開発し、系列化した。

電気特性面では、最新の第 6 世代「V シリーズ」IGBT チップ・FWD チップを搭載し、低損失・小型化を実現している。構造面では、従来の IGBT モジュール製品とは異なり、銅ベースを使用しないことにより大幅な小型化・軽

量化を実現した。また、環境規制の RoHS 指令<sup>(注)</sup>に対応した鉛フリーパッケージである。

## 2 定格・外形

小型フレキシブル PIM の製品系列を表 1 に、外観を図 1 に示す。1,200 V 系は定格電流 10～35 A の範囲で 5 型式、

表 1 小型フレキシブル PIM の製品系列

定格電圧	定格電流	端子形状	パッケージ	型式名
1,200 V	10 A	プレス フィット ピン	M726	7MBR10VKA120-50
	15 A			7MBR15VKA120-50
	15 A		M727	7MBR15VKB120-50
	25 A			7MBR25VKB120-50
	35 A			7MBR35VKB120-50
	10 A	ソルダ ピン	M728	7MBR10VKC120-50
	15 A			7MBR15VKC120-50
	15 A		M729	7MBR15VKD120-50
	25 A			7MBR25VKD120-50
	35 A			7MBR35VKD120-50
600 V	10 A	プレス フィット ピン	M726	7MBR10VKA060-50
	15 A			7MBR15VKA060-50
	20 A			7MBR20VKA060-50
	30 A			7MBR30VKA060-50
	50 A		M727	7MBR50VKB060-50
	10 A	ソルダ ピン	M728	7MBR10VKC060-50
	15 A			7MBR15VKC060-50
	20 A			7MBR20VKC060-50
	30 A			7MBR30VKC060-50
	50 A		M729	7MBR50VKD060-50

〈注〉 RoHS 指令：電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限についての EU（欧州連合）の指令

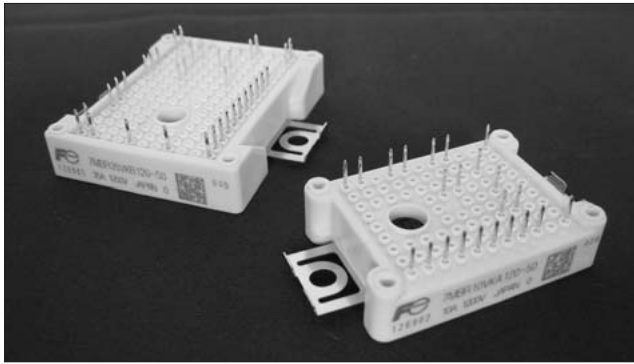


図1 小型フレキシブル PIM

600 V 系は定格電流 10 ~ 50 A の範囲で 5 型式を系列化した。さらに、端子形状が 2 種類あるため計 20 型式である。パッケージは容量に応じて、M726, M728, M727, M729 の 4 種類がある。

系列の製品は、いずれも三相コンバータ部、三相インバータ部、ブレーキ部および NTC (Negative Temperature Coefficient) サーミスタで構成されている。サーミスタによってモジュール内部のケース温度をリアルタイムにモニタすることで、異常時の確実な検出と保護を可能にしている。

また、顧客の組立工程に応じてモジュール端子の先端形状が選択できるように、プレスフィットピンのパッケージ (M726, M727) と、ソルダピンのパッケージ (M728, M729) の 2 種類を用意している。

### 3 電気的特性

インバータ部およびブレーキ部には、最新の V シリーズ IGBT および FWD を採用している<sup>(1)~(4)</sup>。

V シリーズは、これまでの「U シリーズ」で開発したフィールドストップ (FS) 構造とトレンチゲート構造を進化させている。小容量帯の製品に搭載するために、V シリーズの IGBT や FWD のチップ厚さを薄くし、かつ、チップ内のキャリア濃度分布を最適化することにより、チップの小型化と損失低減を達成した。V シリーズの特徴を次に示す。

- (a) FS 構造とトレンチゲート構造の最適化によるオン電圧  $V_{CE(sat)}$  とスイッチング損失の低減
- (b) 最高ジャンクション温度 175℃ 保証
- (c) 損失とノイズのトレードオフ改善<sup>(3)</sup>
- (d) ゲート抵抗  $R_g$  によるターンオン  $di/dt$  の制御性向上

図 2 に、7MBR35 VKD120-50 の  $V_{CC}=600V$ 、 $I_C=35A$ 、 $R_g=12\Omega$ 、 $T_j=150^\circ C$  におけるスイッチング波形を示す。ターンオフでは定格電圧を超える電圧サージは観察されず、逆回復では発振のないソフトリカバリー波形を実現している。

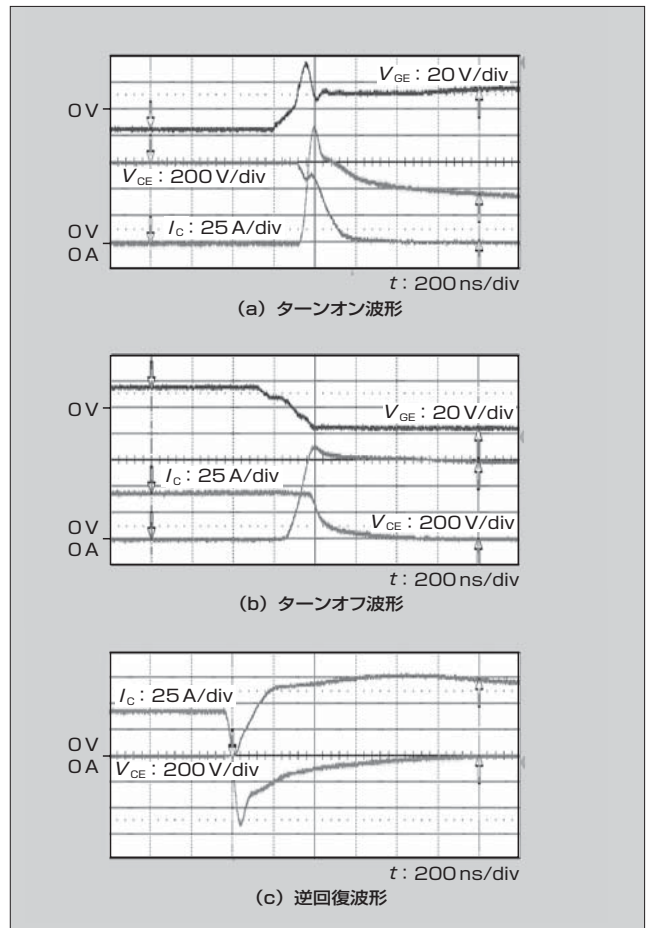


図2 スwitching波形 (「7MBR35VKD120-50」)

### 4 パッケージ構造

#### 4.1 小型化・軽量化

小型化・軽量化を達成するために、DCB (Direct Copper Bonding) 基板の外周部の寸法および回路パターン間の寸法を最適化した。外周部は、端子ケースとの嵌合 (かんごう) を考慮するとともに、回路パターンを最大限確保できるように設計した。また、回路パターン間は、絶縁性能の維持と回路パターンの最大化を両立する寸法にした。この結果、従来品と同等の絶縁耐量・信頼性を確保しつつ、銅ベースを不要にした。これにより、従来品に比べて大幅な小型化・軽量化に成功した。また、モジュールをクランプで放熱フィンに取り付ける構造を採用したことで、モジュールが小型・軽量になった。さらに、DCB 基板への締め付け時の応力も緩和している。

表 2 に、小型フレキシブル PIM の外形と質量を示す。M727, M729 パッケージは、50 A/600 V、15 ~ 35 A/1,200 V に対応している。従来品で同じ定格電流の M711 パッケージと比較すると、小型フレキシブル PIM は、取付け面積で 45%、質量で 75% 削減した。これにより、顧客装置の小型化・低コスト化に大きく貢献できる。

さらに、製品表示と製品管理のために DMC (Data Matrix Code) のレーザ捺印を行っている。長期保管や過

表 2 小型フレキシブル PIM の外形と質量

シリーズ名	小型フレキシブル PIM		EP2 (従来品)
パッケージ名	M726, M728	M727, 729	M711
定格電流/定格電圧	10 A, 15 A, 20 A, 30 A/600 V 10 A, 15 A/1,200 V	50 A/600 V 15 A, 25 A, 35 A/1,200 V	50 A, 75 A, 100 A/600 V 25 A, 35 A, 50 A/1,200 V
外形図			
寸法	M726: L62.8 x W33.8 x H16.4 (mm) M728: L62.8 x W33.8 x H15.5 (mm)	M727: L56.7 x W62.8 x H16.4 (mm) M729: L56.7 x W62.8 x H15.5 (mm)	L107.5 x W45 x H20.5 (mm)
質量	25 g	45 g	180 g

酷な環境下の保管でも、高いトレーサビリティが期待できる。

#### 4.2 端子配置, 端子形状

図 3 にピン端子の配置を、図 4 にピン端子の先端形状を示す。小型フレキシブル PIM は、ピン端子がモジュール上面から出る構造を採用している。ピン端子配置はモジュール上面内のほぼ全面から任意に選択できるので、ピン端子とアース間の絶縁距離を十分確保しつつ、さまざまな端子配置の要求に応えられる。

端子の先端形状は、顧客の組立工程に合わせてソルダピンとプレスフィットピンの 2 種類から選択できる。従来品のプレスフィットピンは、比較的定格電流が大きい従来パッケージの製品で、はんだフリーの組立工程に対応している<sup>(5)</sup>。小型フレキシブル PIM では、小型化するために最適な形状のプレスフィットピンを開発し、従来品と同等の

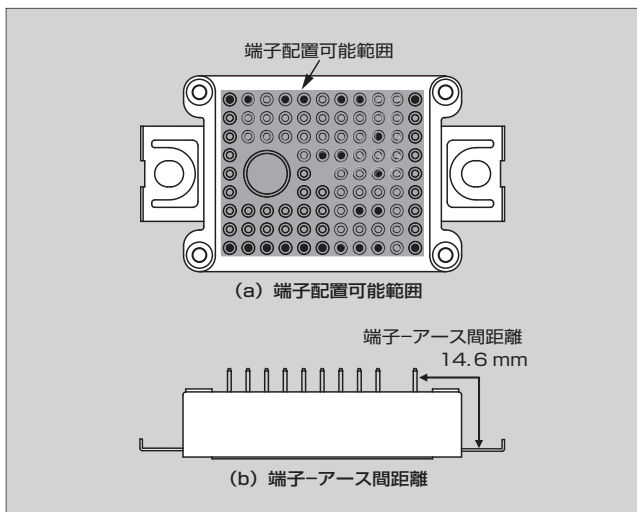


図 3 ピン端子の配置

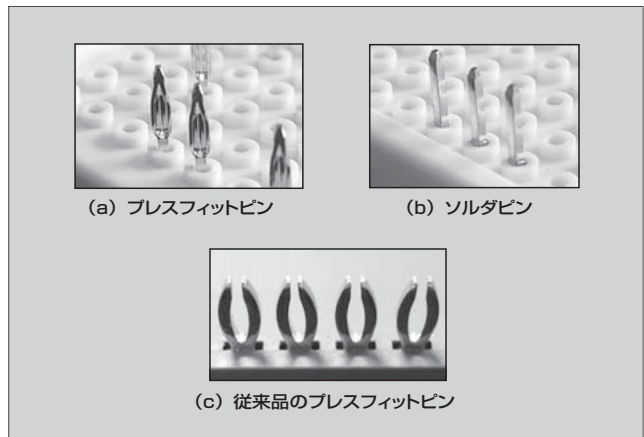


図 4 ピン端子の先端形状

接合信頼性を確保している。

パッケージは、環境対策として RoHS 指令に対応した鉛フリーパッケージとしている。

#### 5 回路構成

図 5 に、小型フレキシブル PIM の回路構成を示す。三相のコンバータ部、三相のインバータ部、ブレーキ部および NTC サーミスタを 1 パッケージに収めているため、1 台で三相交流インバータを構成できる。これにより、インバータシステムの小型化および顧客の設計の効率化が期待できる。

さらに、従来の PIM 製品と異なり、直流中間電圧マイナス側 (N ライン) を分離している。これにより、顧客装置においてシャント抵抗や電流コアなどで各相の電流検出を行うことができ、簡易ベクトル制御や、より確実な過電流保護が可能になる。

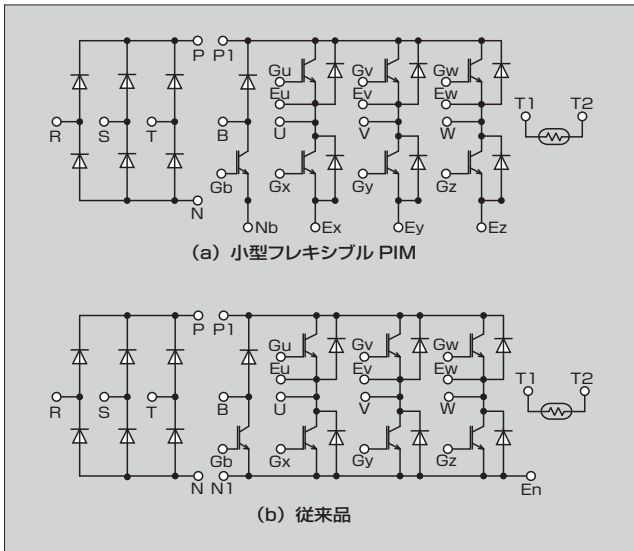


図5 小型フレキシブル PIM の回路構成

6 あとがき

ベースレス構造による小型化・軽量化ならびにお客さまの適用が容易な簡易パッケージをコンセプトとした小容量 IGBT モジュール“小型フレキシブル PIM”の製品系列と、その特徴について述べた。本製品は、最新の第6世代「Vシリーズ」IGBT および FWD を採用して電気特性を最適化しており、小容量インバータ装置に求められる高効率・小型・軽量に大きく貢献できるものと確信する。

今後も、素子の高性能・高信頼性を確保しつつ、市場要求を満足する小容量 IGBT モジュールの開発・系列化を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 仲野逸人ほか. 第6世代IGBTモジュール「VシリーズPIM」. 富士時報. 2007, vol.80, no.6, p.388-392.
- (2) 高橋孝太ほか. IGBTモジュール「Vシリーズ」の系列化. 富士時報. 2009, vol.82, no.6, p.380-383.
- (3) Igarashi, S. et al. Low EMI Techniques for New Generation IGBT Modules. Proc. PCIM. Europe. 2007 Powermodule p.13-17.
- (4) Kobayashi, Y. et al. The New concept IGBT-PIM with the 6th generation V-IGBT chip technology.
- (5) 関野裕介ほか. 「Vシリーズ」チップ搭載のPIM・6in1 IGBTモジュール系列. 富士時報. 2010, vol.83, no.6, p.379-383.



小松 康佑

IGBT モジュールの開発設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部パワー半導体事業統括部産業モジュール技術部。



甲斐 健志

IGBT モジュールの構造開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部パワー半導体事業統括部産業モジュール技術部。



塩原 真由美

IGBT モジュールの開発設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部パワー半導体事業統括部産業モジュール技術部。

特集 エネルギーマネジメントに貢献するパワー半導体





\*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。