

小容量 IGBT モジュール

特集

小松 康佑 (こまつ こうすけ)

早乙女 全紀 (そうとめ まさゆき)

井川 修 (いかわ おさむ)

1 まえがき

近年、インバータや無停電電源装置 (UPS) などの電力変換装置には、電力用半導体デバイスとして主に、低損失性、高破壊耐量、駆動回路の設計の容易性を兼ね備えた IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) が適用されている。

富士電機においても、1988 年の製品化以来、さまざまな市場のニーズに応え、高機能・高信頼性の IGBT モジュールを市場に提供してきた。また、従来は産業用途であった IGBT モジュールも、省エネルギー化の要求から家電製品などに適用範囲を拡大しており、小容量分野でのニーズは非常に高くなっている。小容量の電力変換装置においては、高効率・低価格・軽量・コンパクトが強く求められ、その要求は装置に適用される電力用半導体デバイスにも要求される。これらの市場要求に対して、小容量 IGBT モジュール「Small-Pack」(インバータ用モジュール) および「Small-PIM」(ブレーキ付インバータ/コンバータ用モジュール)を開発し系列化した。

特性面に関しては駆動の容易性に加えて、その低損失性から、トレンチ IGBT を採用している。構造面に関しては、従来の IGBT モジュール製品に採用されている放熱用銅ベースを使用しないことによって、大幅な軽量化を実現した。また、環境規制への対応として、欧州の RoHS 指令^注に対応した鉛フリーパッケージとした。

本稿では、これらのデバイスの特徴と製品系列について紹介する。

2 Small-Pack, Small-PIM の系列・特性

表 1 に Small-Pack, Small-PIM の製品系列・特性を示す。600 V 系は、IGBT にトレンチ NPT (Non Punch Through) 構造を採用し、コレクタ - エミッタ間飽和電圧 ($V_{CE(sat)}$) の低減を図っている。FWD (Free Wheeling

注 RoHS : 電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限

表 1 Small-Pack, Small-PIMの製品系列および特性

電圧定格 (V)	パッケージ	電流定格 (A)	型名
600	Small-Pack1	10	6MBI10UE-060
		15	6MBI15UE-060
		20	6MBI20UE-060
		30	6MBI30UE-060
	Small-Pack2	50	6MBI50UF-060
	Small-PIM	10	7MBR10UF060
		15	7MBR15UF060
20		7MBR20UF060	
1,200	Small-Pack2	10	6MBI10UF-120
		15	6MBI15UF-120
		25	6MBI25UF-120
		35	6MBI35UF-120
	Small-PIM	10	7MBR10UF120
		15	7MBR15UF120

Diode) にはコストと特性のバランスを考慮し、従来から実績のある、PiN 構造のダイオードを適用している。

1,200 V 系は、IGBT にトレンチ FS (Field Stop) 構造を採用し、 $V_{CE(sat)}$ の低減と、ターンオフスイッチング損失 (E_{off}) の大幅な低減を達成している。FWD は 600 V と同様に PiN 構造のダイオードを適用している。

Small-Pack では、600 V 系で電流定格 10 ~ 50 A, 1,200 V 系で電流定格 10 ~ 35 A まで系列化した。

Small-PIM では、600 V 系で電流定格 10 ~ 30 A, 1,200 V 系で電流定格 10 ~ 15 A まで系列化し、さらに 600 V 系列では単相コンバータ仕様にも対応可能である。このような豊富なラインアップから、顧客の用途に合わせた製品を提供可能としている。また、Small-Pack, Small-PIM すべての系列に NTC (Negative Temperature Coefficient) サーミスタを内蔵している。このため、モジュール内部のケース温度をリアルタイムに確認することが可能となり、異常時のより確実な保護を可能にしている。



小松 康佑

IGBT モジュールの開発・設計に従事。現在、富士日立パワーセミコンダクタ株式会社松本事業所開発設計部。



早乙女 全紀

IGBT モジュールの開発・設計に従事。現在、富士日立パワーセミコンダクタ株式会社松本事業所開発設計部。



井川 修

IGBT モジュールの開発・設計に従事。現在、富士日立パワーセミコンダクタ株式会社松本事業所開発設計部グループマネージャー。電気化学会会員。

特集

図1 Small-Pack, Small-PIM の外形図

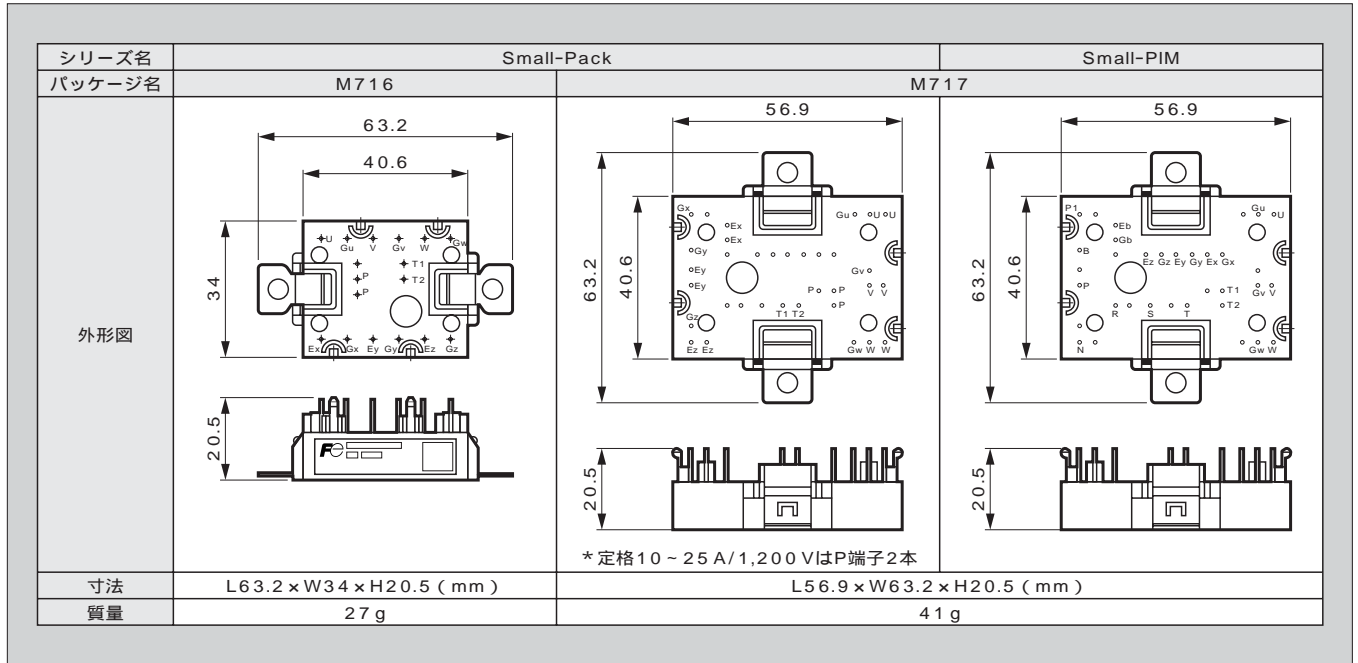


図2 600 V IGBT セル構造比較

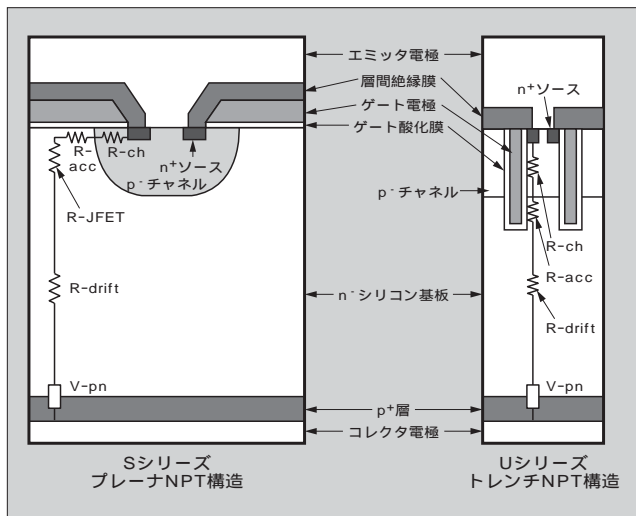


図3 600 V IGBT 出力特性の比較

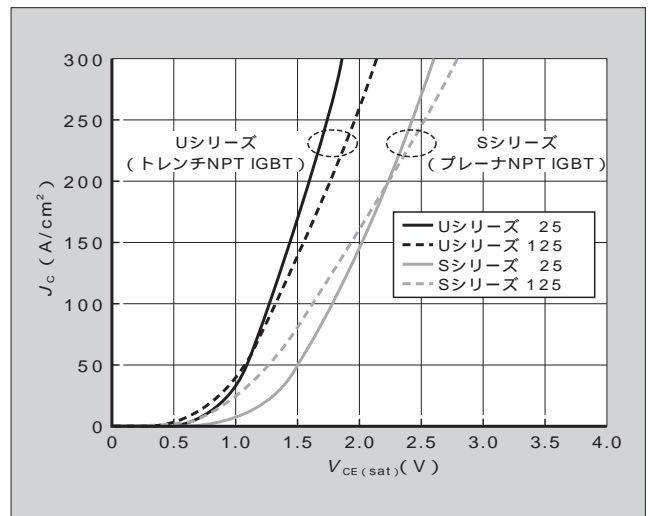


図1に Small-Pack, Small-PIM の外形図を示す。

③ パワー素子の特徴

3.1 600 V 系

本製品は 600 V 系として、IGBT に U シリーズ IGBT (トレンチ NPT) を適用している (図 2)。トレンチ型 IGBT ではセル密度を大幅に増加することができるので、チャンネル部の電圧降下を最低限に抑えることができる。また、プレーナ型デバイス特有のチャンネル間に挟まれた JFET (Junction Field Effect Transistor) を構成する部分がトレンチ型デバイスでは存在しないので、この部分の電圧降下を完全になくすことができる。上記のように、ト

レンチ表面構造を採用することにより、 $V_{CE(sat)}$ を大幅に低減した。図 3 に $V_{CE(sat)}$ とコレクタ電流密度 (J_c) の出力特性の比較を示す。

3.2 1,200 V 系

1,200 V 系には U シリーズ IGBT (トレンチ FS) を適用している。図 4 に従来品との構造比較を示す。また、図 5 に $V_{CE(sat)}$ と J_c の出力特性の比較を示す。図から、前世代の S シリーズ (プレーナ NPT-IGBT) に対し、飛躍的に特性が改善されていることが分かる。また、FS-IGBT ではドリフト層の厚さが薄いため過剰キャリアが少なく、また、空乏層が伸びきった状態での中性領域の残り幅が少ないため、ターンオフ損失を低減することができる。

図4 1,200 V IGBT セル構造比較

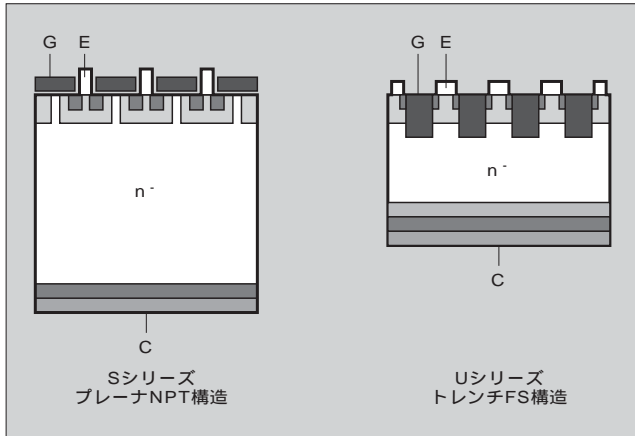


図5 1,200 V IGBT 出力特性の比較

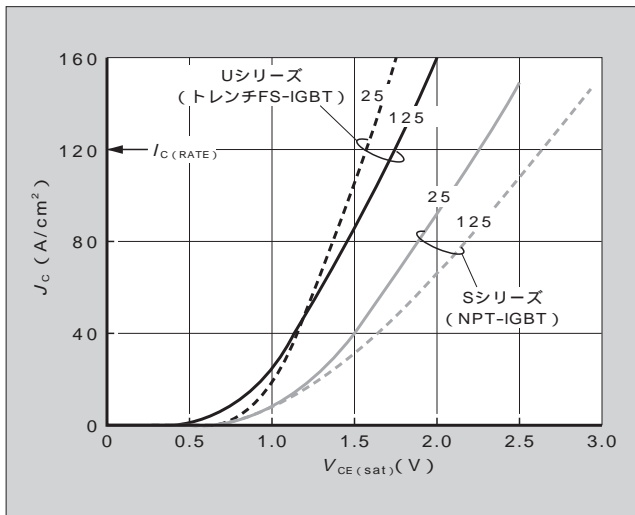


図6 従来製品と Small-PIM の外形比較

シリーズ名	Small-Pack	Small-PIM	従来製品 EP2
パッケージ名	M716	M717	M711
外形図			
寸法	L63.2 x W34 x H20.5 (mm)	L56.9 x W63.2 x H20.5 (mm)	L107.5 x W45 x H20.5 (mm)
質量	27 g	41 g	180 g

4 パッケージ構造

Small-Pack, Small-PIM は製品コンセプトとして、次の2点に重点をおいて開発を行った。

4.1 小型化・軽量化・低コスト化

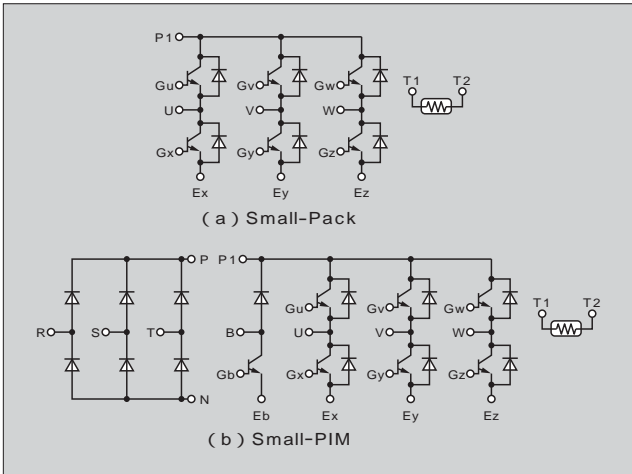
小容量帯の製品として、トータルコストダウンのために小型・軽量化が必須である。Small-Pack, Small-PIM はこれらを達成するために、従来の製品とは異なる方法で作られている。従来の富士電機製モジュールでは銅ベース付き構造を採っていたが、Small-Pack, Small-PIM では DCB (Direct Copper Bonding) の最適化により銅ベースレス化を達成した。これにより大幅な軽量化を達成し、コスト低減にも貢献している。また、従来のモジュールは、モジュール本体に放熱フィンとの取付け部を構成しているが、Small-Pack, Small-PIM では、クランプによる放熱フィンへの取付け方法を採用している。これは、本体の大幅な小型化・軽量化に貢献し、さらにモジュールの低コスト化に寄与している。図6に従来製品と Small-Pack との比較を示す。Small-Pack は取付け面積で25%の低減、質量で87%の低減を達成した。これにより、顧客装置の小型化・低コスト化に貢献できることが期待される。

4.2 鉛フリー構造

近年、環境問題に対する意識が高まってきており、欧州では RoHS 指令が2006年7月に発効する。本製品は当初から RoHS 対応を視野に入れ、鉛フリー構造を前提として開発を行った。

本製品では Sn-Ag 系鉛フリーはんだのフラックス成分の変更や、はんだ接合条件の最適化を図り、IGBT, FWD チップ接合部の鉛フリー化、およびピン端子めっき、サーミスタなど、すべての部分で鉛フリー化を達成した。特に

図7 Small-Pack, Small-PIM の回路構成



端子めっき部には、端子形状・めっき組成を含む表面材料構成の検討を行い、ウィスカー対策を実施した。このように本製品は、鉛フリー化を達成しているため、RoHS 指令に対応した顧客の要求を満足することが期待できる。

5 Small-Pack, Small-PIM の回路構成

図7 a)に Small-Pack の回路構成、図7 b)に Small-PIM の回路構成を示す。Small-Pack, Small-PIM とともに直流中間電圧マイナス側を分離している。これにより、顧客装置での相ごとの電流検出を可能にし(電流コア, シャント

抵抗方法など)、過電流などのトラブルに対し、より確実な保護を可能にしている。

6 あとがき

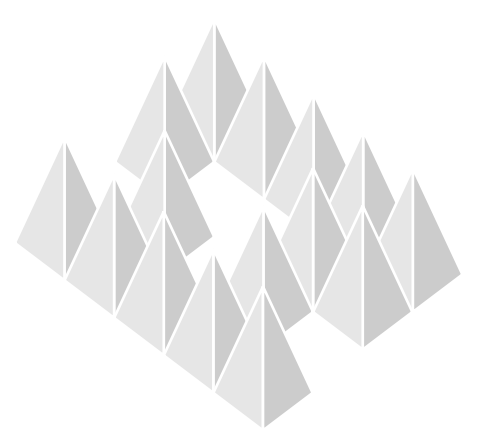
銅ベースレス構造による小型・軽量化および鉛フリーパッケージをコンセプトとした小容量 IGBT モジュール「Small-Pack」「Small-PIM」の特徴、および製品系列について紹介した。本製品は放熱用銅ベースレス構造、取付け部にクランプを採用することによって、軽量・小型に加えてコストダウンを実現しており、インバータ回路装置に求められる小型・軽量・低コストに大きく貢献できるものと確信する。

富士電機では、今後も素子の高性能・高信頼性を保ちつつ、小型・軽量・低コストの市場要求を満足する小容量 IGBT モジュールの開発を行っていく所存である。

参考文献

- 1) 百田聖自ほか . T, U シリーズ IGBT モジュール (600 V). 富士時報 . vol.75, no.10, 2002, p.559-562.
- 2) 小野澤勇一ほか . U シリーズ IGBT モジュール (1,200 V). 富士時報 . vol.75, no.10, 2002, p.563-566.
- 3) Nishimura, Y. et al. New generation metal base free IGBT module structure with low thermal resistance. The 16th International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICs (ISPSPD'04). Kitakyushu, Japan. 2004-05.

特集





*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。