

電鉄向け大容量パワーモジュール「HPnC」

“HPnC” High-Current Power Module for Railcars

三友 啓* MITOMO, Satoshi

市川 裕章* ICHIKAWA, Hiroaki

原田 孝仁** HARADA, Takahito

近年の地球温暖化対策の観点から、エネルギー効率の改善とCO₂排出量の削減が求められている。そのような中、さまざまな分野にパワー半導体を用いた電力変換装置が広く使われるようになってきている。特に、電鉄分野をはじめ、風力発電や太陽光発電といった再生可能エネルギー分野においても、装置の大容量化かつ小型化が進んでいる。そのため、これらの装置に搭載される大容量IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）モジュールに、並列接続による大容量化への対応やさらなる高電流密度化による小型化が要求されている。

これらの市場要求に応えるため、新規パッケージ（M292）に第7世代「Xシリーズ」チップを搭載した、大容量パワーモジュール「HPnC」（High Power next Core）を開発した。

① 特徴

表1に、HPnCの製品ラインアップとその特徴を示す。このHPnCは、第7世代XシリーズのIGBTとFWDチップを搭載した2 in 1回路構成である。また、サーミスタを内蔵し、モジュール内部の温度上昇を検知する。さらに、高放熱性と高信頼性を確保するため、絶縁基板には窒化アルミニウム（AlN）セラミック、ベース材には従来品のアルミニウムと炭化けい素の複合材料（AlSiC）と同等の線膨張係数で、かつ熱伝導に優れたマグネシウムと炭化けい素の複合材料（MgSiC）を採用し、電鉄用途に適した高信頼性を確保した。図1にモジュールの外観を示す。本パッケージは他社モジュールとの取付け互換性を確保している。

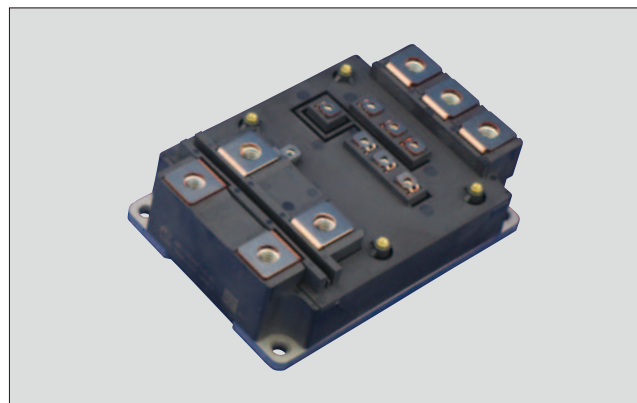


図1 「HPnC」

② 新規パッケージ HPnC の特徴

表2に、従来の電鉄向けモジュールHPM（High Power Module）とのパッケージ特性の比較を示す。

2.1 低インダクタンスパッケージ

HPnCは低インダクタンス化するために、図2のように、コレクタ端子とエミッタ端子間にラミネート構造⁽¹⁾を採用した。その結果、モジュールインダクタンスはHPMの42 nHに対してHPnCは10 nHとなり、76%低減した。

2.2 高電流密度化

3.3 kV系列第7世代XシリーズIGBTチップの採用による低損失化、従来品AlSiCベースよりも1.5倍の熱伝導率を持つMgSiCベースの採用によるジャンクション-ケース間温度の熱抵抗の低減により、電流密度は、従来のHPMの5.76 A/cm²に対して、HPnCは6.43 A/cm²

表1 製品ラインアップ

製品型式	定格電圧 (V)	定格電流 (A)	IGBT	FWD	パッケージ 型式	回路構成	サーミスタ	絶縁基板	ベース
2MBI1000XVF170-50	1,700	1,000	Xシリーズ	Xシリーズ	M292	2 in 1	内蔵	AlN	MgSiC
2MBI1200XVF170-50		1,200							
2MBI450XVF330-50	3,300	450							

* 電子デバイス事業本部産業事業部産業モジュール部

* 電子デバイス事業本部産業事業部産業モジュール部

** 電子デバイス事業本部開発統括部パッケージ開発部

表 2 パッケージ特性の比較

項 目	HPnC	HPM (従来品)	改善率 (%)
外 観			—
外形寸法 W×D×H (mm)	100×140×38	130×140×38	—
回 路	2 in 1	1 in 1	—
定格 (代表)	3,300 V/450 A+450 A	3,300 V/1,000 A	—
モジュールインダクタンス	10 nH	42 nH (2 in 1 構成時)	76.2
2並列接続時インダクタンス	2.5 nH	21 nH	88.1
設置面積 (cm ²)	140.0	173.7	19.4
電流密度 (A/cm ²)	6.43	5.76	11.6
RoHS	○	×	—
並列接続性	○	×	—

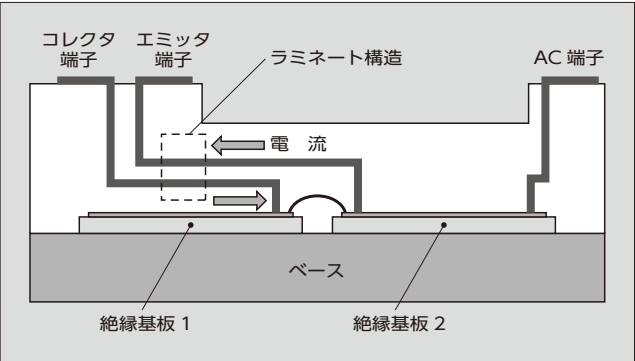


図 2 「HPnC」の断面ラミネート構造図

となり、約 12% の高電流密度化している。

2.3 並列接続における組立容易性と総合インダクタンスの低減

近年、大容量インバータに搭載される IGBT モジュールは、並列接続が容易にできることが重要である。

図 3 に HPM と HPnC のモジュール並列接続時の組立性比較を示す。HPM は主回路に取り付ける際、コレクタブスバー、AC ブスバー、エミッタブスバーの 3 層が重なり合い、ブスバーの組立構成が複雑であった。一方、HPnC は、エミッタブスバーとコレクタブスバーを 2 層構造にし、AC ブスバーを反対方向に独立して配置できるので、電源ラインが単純化し、組立性を改善できた。

また、HPnC は、コレクタ端子とエミッタ端子をコンデンサの直近に設置することができる。これにより、ブスバーを短くして、主回路のインダクタンスが低減できる。このようにして主回路インダクタンスとモジュール内部インダクタンスの両者を低減することにより、主回路インダクタンスとモジュール内部インダクタンスの和である総合インダクタンスを低減し、さらなる高速スイッチングが可能となる。

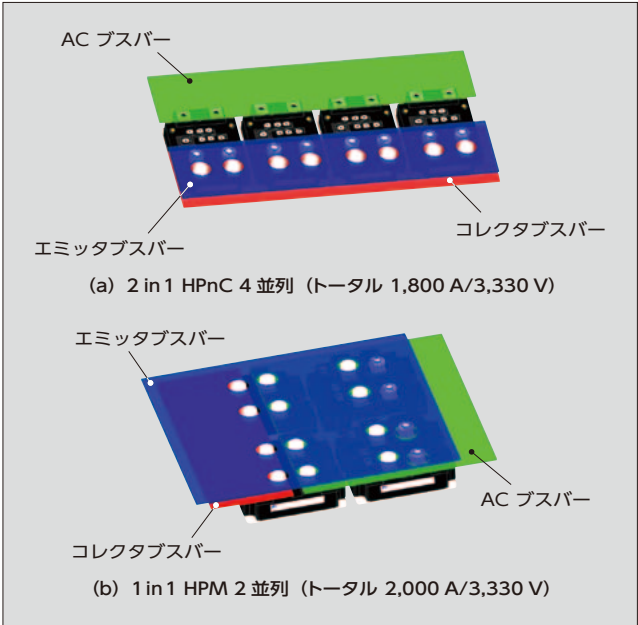


図 3 モジュール並列接続時の組立性比較

2.4 RoHS 対応

端子と DCB (Direct Copper Bond) 絶縁基板との接合には、従来の HPM でははんだ接合であるため、RoHS 対応が難しかった。HPnC は超音波接合の採用と接合する材料同士の線膨張係数を一致させているので、RoHS 対応をしつつ、従来品以上の高信頼性を達成した。

③ IGBT チップ特性の改善

図 4 に、接合温度 $T_{vj}=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ における従来の IGBT チップからの特性の改善を示す。ターンオフ損失 E_{off} は従来と同等だが、コレクタ・エミッタ電圧 $V_{CE(sat)}$ が、従来の 3.7 V に対して、X シリーズ IGBT チップは 2.7 V と 1.0 V 改善している。X シリーズ IGBT は、エッジ構造の最適

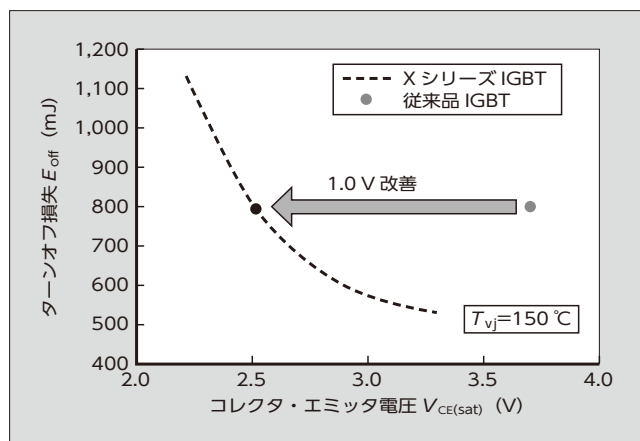


図4 3.3 kV「Xシリーズ」IGBTチップの特性改善

化による活性面積の拡大とドリフト層の厚さを薄くすることによって、 $V_{CE(sat)}$ と E_{off} のトレードオフを改善している。

参考文献

- (1) 関野祐介ほか. 1,700 V耐圧SiCハイブリッドモジュール. 富士電機技報. 2017, vol.90, no.4, p.228-232.

発売時期

2020年6月

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



*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。