特集論文

新大容量 2 in 1 IPM “V1シリーズ”

魚田紫織*　後藤　章**
西田信也*
為谷典孝*

High Power Dual IPM "V1−Series"

Shiori Uota, Nobuya Nishida, Fumitaka Tametani, Akira Goto

要　旨

京都議定書の締結から13年，地球環境保全のための省エネルギー化は世界共通の課題であり，これを実現するためのキーパーツとして，IPM(Intelligent Power Module)が注目されている。

また，アプリケーションは，従来需要のあったサーボ・インバータ分野のみならず，クリーンエネルギー，建設機器など多岐にわたって拡大しており，これに伴い，低損失化要求に加え，大容量化，高寿命化の要求も高まっている。

このような市場ニーズにこたえるために，今回次の特長を持つ大容量 2 in 1 IPM“V1シリーズ”をリリースした。

(1) 多岐アプリケーションへ対応しやすい 2 in 1 の回路構成とし，大容量帯のラインアップを充実化した。

(2) 旧世代 2 in 1 “Vシリーズ”から簡便な置き換えを可能とするため，外形及び端子配列をVシリーズと共通化した。

(3) 熱設計技術を適用したIPM内部デザインによって，放熱性を向上させ，Vシリーズと同一外形で大容量化(大電流)を実現した。

(4) 回路最適化によって，負荷短絡時の過大な電流を抑制することで，旧世代製品よりも短絡破壊耐量を改善した。

(5) ワイヤボンディング(IPM内部の電気的接続)条件最適化によって，パワーサイクル1,000cycle時の⊿Tjは，旧世代Vシリーズ⊿32℃，Lシリーズ⊿45℃に対し，V1シリーズでは，⊿60℃に改善した。

(6) 先行リリースしたL1シリーズ(6 in 1，7 in 1)と同様の0.8μmフルゲートCSTBT(Carrier Stored Trench-gate Bipolar Transistor)を並列駆動することで大容量化を実現し，旧世代Vシリーズから21%，Lシリーズから23%の低損失化を達成した。

V1シリーズ小型パッケージ

V1シリーズ大型パッケージ

新大容量 2 in1 IPM V1シリーズの外観

V1シリーズ小型パッケージ　定格：600V／400A，600A，1,200V／200A，300A，450A
V1シリーズ大型パッケージ　定格：600V／800A，900A，1,200V／600A

1. まえがき

各国が国策として省エネルギー化対策に取り組む中，IPMは多岐にわたって応用分野を拡大しており，更なる低損失化に加え，大容量化，高寿命化のニーズが高まっている。

今回，このような市場ニーズにこたえるため，新大容量2 in 1 IPM“V1シリーズ”を開発した。V1シリーズIPM製品ラインアップを**表1**に示す。

V1シリーズは，大容量帯ラインアップの充実化とともに，旧世代“Vシリーズ”からの置き換えによる応用機器側の負荷軽減のため，外形及びピン配置をVシリーズと共通化した。

また，旧世代製品からのパワーサイクル寿命向上に加え，先行リリースしたL1シリーズと同様の，5世代フルゲートCSTBTチップ搭載による低損失化によって，市場ニーズにこたえる製品である。

本稿では，V1シリーズの特長と要素技術について述べる。

2. V1シリーズIPMの特長

2.1 パワーデバイス(低損失化)

旧世代Vシリーズではプレーナ型IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を，Lシリーズではチャネル密度を制御するPCM(Plugging Cell Merged)技術を採用したCSTBTを搭載していた(**図1**)。

PCM CSTBTは，プレーナ型IGBTと類似したゲート電荷量，短絡耐量を持ち[1]，かつプレーナ型よりも低損失であるため，旧世代Lシリーズでは，この構造を採用していた。

V1シリーズでは，更なる低損失化の要求にこたえるため，このPCM構造の低損失版として，先にリリースしたL1シリーズと同様のフルゲートCSTBTを採用している(**図2**)。

V1シリーズと旧世代Vシリーズ，Lシリーズの損失シミュレーション比較結果を**図3**に示す。フルゲートCSTBT採用によって，V1シリーズのトータル損失は，旧世代Vシリーズから21%，Lシリーズから23%低減した。

2.2 制御(短絡破壊耐量向上)

V1シリーズでは，低損失化に加え，フルゲートCSTBTチップを並列駆動することで大容量化を実現している。

チップの並列駆動では，ゲート発振，チップ間電流アンバランス，これらに伴う負荷短絡時の過大電流の発生が懸念され，旧世代製品よりも短絡破壊耐量が劣化するおそれがある。

この問題を解決するため，V1シリーズでは，パターン及び回路の最適化設計を行い，フルゲートCSTBTの並列駆動を実現した。これによって，旧世代製品からの低損失化と大容量化を達成可能となった。

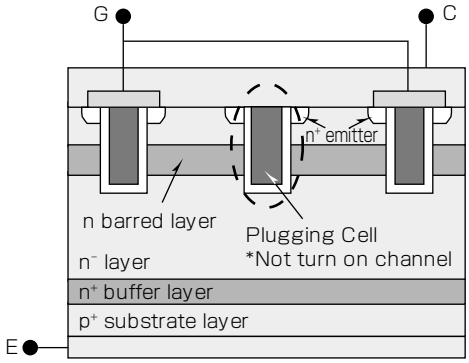


図1．PCM CSTBTの構造

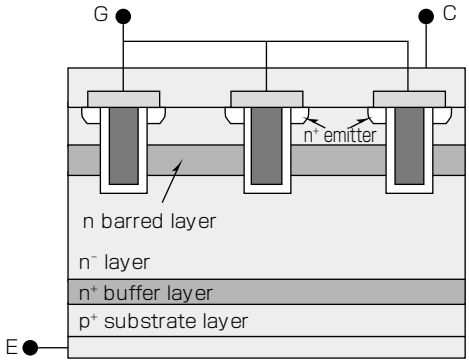


図2．フルゲート CSTBTの構造

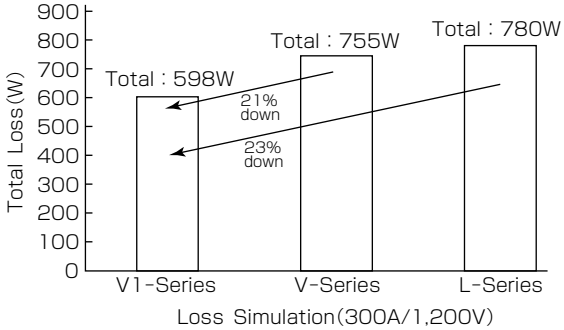


図3．損失シミュレーション比較結果
(条件：V_{CC}=600V，f_o=15kHz，I_o=180Apeak，PF=0.8，変調率1，Tj=125℃)
＊Lシリーズは1/3モジュールで算出

表1．V1シリーズIPM製品ラインアップ

電圧定格	電流定格	V1シリーズ 形名	V1シリーズ パッケージ	(参考)旧世代Vシリーズ 形名	(参考)旧世代Vシリーズ パッケージ
600V	400A	PM400DV1A060	小型	PM400DVA060	小型
	600A	PM600DV1A060	小型	PM600DVA060	大型
	900A	PM900DV1B060	大型	−	−
1,200V	200A	PM200DV1A120	小型	PM200DVA120	小型
	300A	PM300DV1A120	小型	PM300DVA120	大型
	450A	PM450DV1A120	小型	−	−
	600A	PM600DV1B120	大型	−	−

＊1　大型パッケージの形名は暫定である。
＊2　パッケージサイズ(mm)：小型：120×70×29, 大型：120×90×34
＊3　IPM保護機能：OT(Over Temperature)，SC(Short Circuit)，UV(Under Voltage)

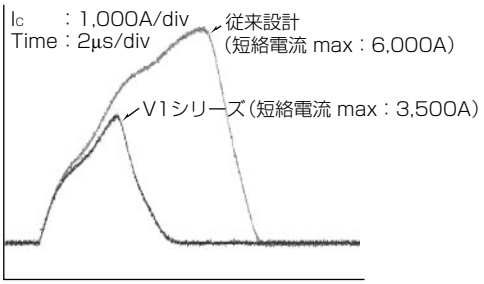
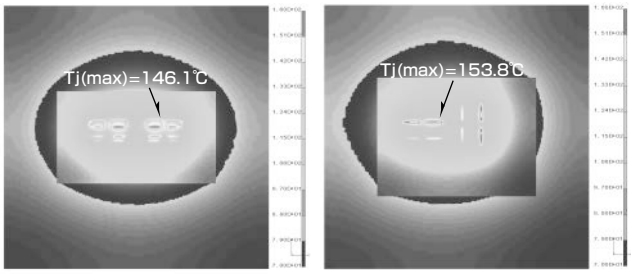


図4．回路，パターン適正化設計による短絡電流抑制結果（条件：V_{CC}=200V，Ta=125℃，V_D=15V，L負荷=0.1m，600A／1,200V）



(a)　V1シリーズ（小型パッケージ）　(b)　Vシリーズ（大型パッケージ）

図5．熱シミュレーション比較結果（V1シリーズ vs 旧世代Vシリーズ）（パワー印加条件：IGBT 100W，FwDi 38W）

負荷短絡時のV1シリーズの電流波形を**図4**に示す。従来設計では約6,000A発生する過大な負荷短絡時ピーク電流をV1シリーズでは42%抑制しており，IGBTの保護性能を向上させた。

2.3　構　　造

2.3.1　熱設計（大容量化）

V1シリーズIPMでは，パワー部の熱干渉及びワイヤボンド配線による熱シミュレーションを適用した構造設計によって，旧世代Vシリーズよりも放熱性を向上させた。

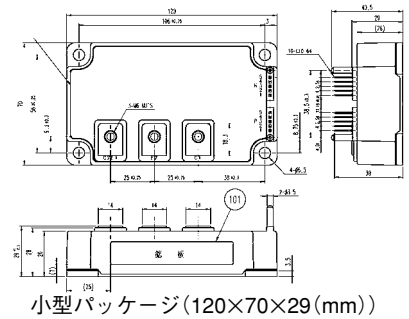
V1シリーズと旧世代Vシリーズ（大型パッケージ）の熱シミュレーション比較結果を，**図5**に示す。

V1シリーズでは，チップサイズがVシリーズよりも小さいため，チップの熱抵抗は大きくなるが，同一パワー印加時のチップ温度最大値Tj（max）は，Vシリーズ（大型パッケージ）153.8℃に対し，パッケージが小型化しているにも関わらず，146.1℃と抑制されている。また，V1シリーズでは，チップの熱干渉性を見直すことで，チップ温度が上昇しにくい設計としている。

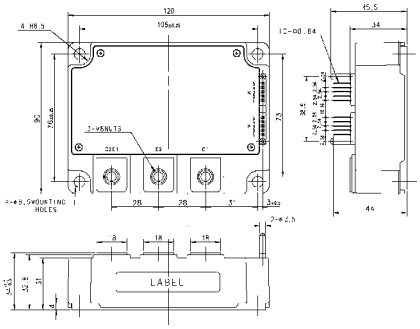
このような放熱設計によって，V1シリーズではチップの小型化を実現し，旧世代Vシリーズでは大型パッケージの製品を小型パッケージに集約可能となった。また，V1シリーズでは，Vシリーズからスムーズに置き換えられるよう，外形及び端子配列を共通化した（**図6**）。

2.3.2　ワイヤボンディング（高寿命化）

V1シリーズでは，ワイヤボンディング条件の最適化によって，パワーサイクル寿命を改善することで，高寿命化のニーズにこたえている。



小型パッケージ（120×70×29（mm））



大型パッケージ（120×90×34（mm））

図6．V1シリーズの外形

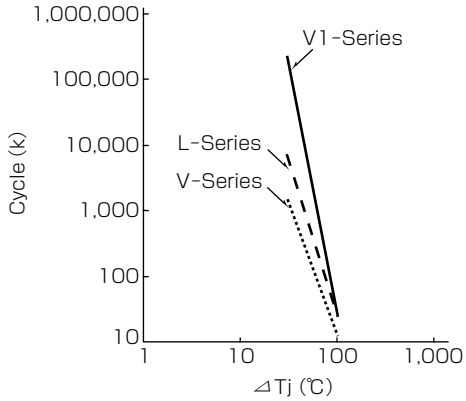


図7．パワーサイクルカーブ

パワーサイクルカーブを**図7**に示す。1,000cycle時の⊿Tjは，旧世代Vシリーズ⊿32℃，Lシリーズ⊿45℃に対し，V1シリーズでは⊿60℃に改善した。

3. む　す　び

新大容量2in1IPM V1シリーズについて述べた。この製品は，低損失化に加え，多様化するIPM応用製品市場からの大容量化，高寿命化のニーズを受けて実現した製品であり，市場の期待に添うものであると考える。

今後は，更に大容量帯のラインアップを充実させるとともに，各応用製品に適した機能，性能を持つIPMを開発・提供し，地球環境保全に貢献していく所存である。

参 考 文 献

(1)　井上貴公，ほか：新チップ内蔵IPM“L1／S1シリーズ”，三菱電機技報，**81**，No.5，345～348（2007）