

# 1,200V／50A大型DIIPM Ver.4

田中智典\*  
白石卓也\*

1,200V／50A Large DIIPM Ver.4

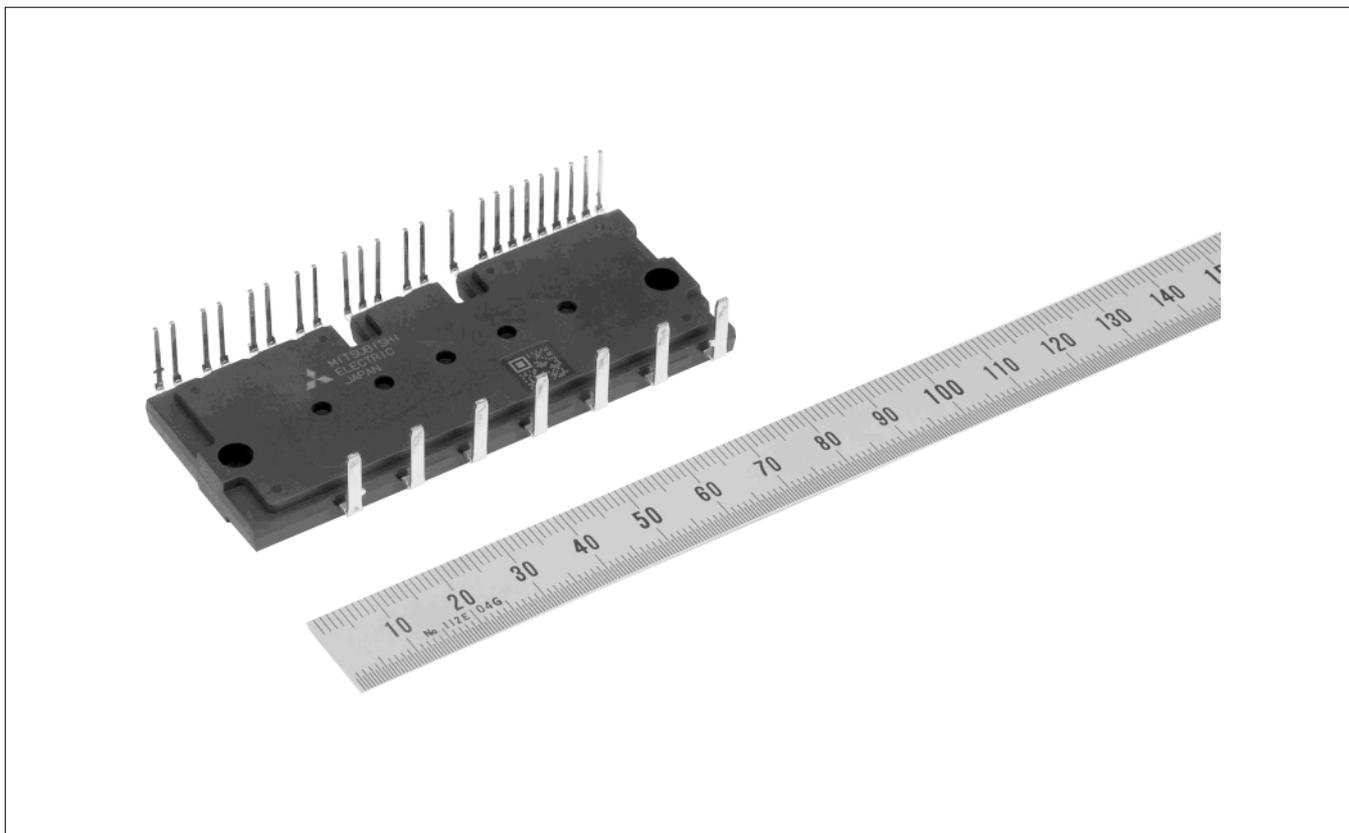
Tomofumi Tanaka, Takuya Shiraishi

## 要 旨

高効率で低消費電力需要に応じるため、モータ駆動システムのインバータ化が民生機器から産業機器まで幅広く進展している。三菱電機のDIIPM (Dual In-line Package-Intelligent Power Module) は省エネルギー・高機能に貢献できるキーデバイスとしてインバータ駆動用に多数採用されている。

海外市場向けのAC400V電源に対応可能な“1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズ”は従来定格電流35Aまでの製品化が完了しているが、今回、定格電流50Aクラスの開発を行った。

大容量化を達成するには発生損失の改善が課題であった。このシリーズの従来品では当社独自の第5世代LPT-CSTBT (Light Punch Through Carrier-Stored Trench-gate Bipolar Transistor) を搭載しているが、新製品の50Aクラスでは特性を改善した第6世代LPT-CSTBTを採用することで従来品より発生損失を低減し、このシリーズの従来品と同一外形サイズで大電流を実現した。またモジュールに内蔵されている温度検知機能の精度向上によって、温度制御性を向上させることが可能となった。



## “1,200V／50A大型DIIPM Ver.4”の外観

1,200V／50A大型DIIPM Ver.4は、従来の1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズと同様、LPT-CSTBT×6素子、FWD (Free Wheeling Diode) ×6素子によるインバータ回路と、それらを駆動するHVIC (High Voltage Integrated Circuit)、LVIC (Low Voltage Integrated Circuit) によって構成される。

## 1. ま え が き

モータ駆動用のインバータ回路構成としては、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールと駆動ICの組合せやケースタイプ構造のインテリジェントパワー半導体モジュールが採用されている。当社はトランスファモールド構造のインテリジェントパワー半導体モジュールDIIPMを1997年に製品化し省エネルギー・低コスト需要に貢献している。2008年に1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズ(5~35A)を市場に投入しているが、同一構造での高電流領域の要望に応じるために、今回、従来の1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズと同一外形サイズで定格電流拡大を実現した新製品の開発を行った。

本稿では、この新製品の特長について述べる。

## 2. 1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズの概要

今回の新製品である1,200V/50A大型DIIPM Ver.4は従来の1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズの製品と同一パッケージサイズである。表1に1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズのラインアップを示す。

### 2.1 回路構成

回路は従来クラスと同様、IGBTとFWDを各6素子搭載し、三相AC出力インバータのパワー回路部とパワーチップを駆動する制御IC(HVIC, LVIC)で構成される。図1に1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズの内部回路図を示す。

#### (1) パワー部

IGBT(6素子), FWD(6素子)による三相AC出力インバータ回路構成

#### (2) 制御IC部

HVIC：上アームIGBT駆動回路，高圧レベルシフト回路，制御電源電圧低下(Under Voltage)保護回路(エラー出力なし)

LVIC：下アームIGBT駆動回路，制御電源電圧低下保護回路，LVIC部アナログ温度出力回路，短絡(Short Circuit)保護回路(短絡保護は，下アームIGBTのエミッタセンス(V<sub>sc</sub>)端子に外付けの電流検出抵抗を接続し，所定のしきい値電圧に達すると下アームIGBTを遮断する)

## 2.2 内部構造

図2に1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズの断面構造を示す。1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズのパッケージ内部構造は，リードフレーム上にパワーチップであるIGBT及びFWD，制御ICチップであるHVIC及びLVICを搭載し，各チップ間をAlワイヤ及びAuワイヤで接続する。その後アルミヒートシンクと絶縁放熱シートを合わせてトランスファモールド化した構造である。

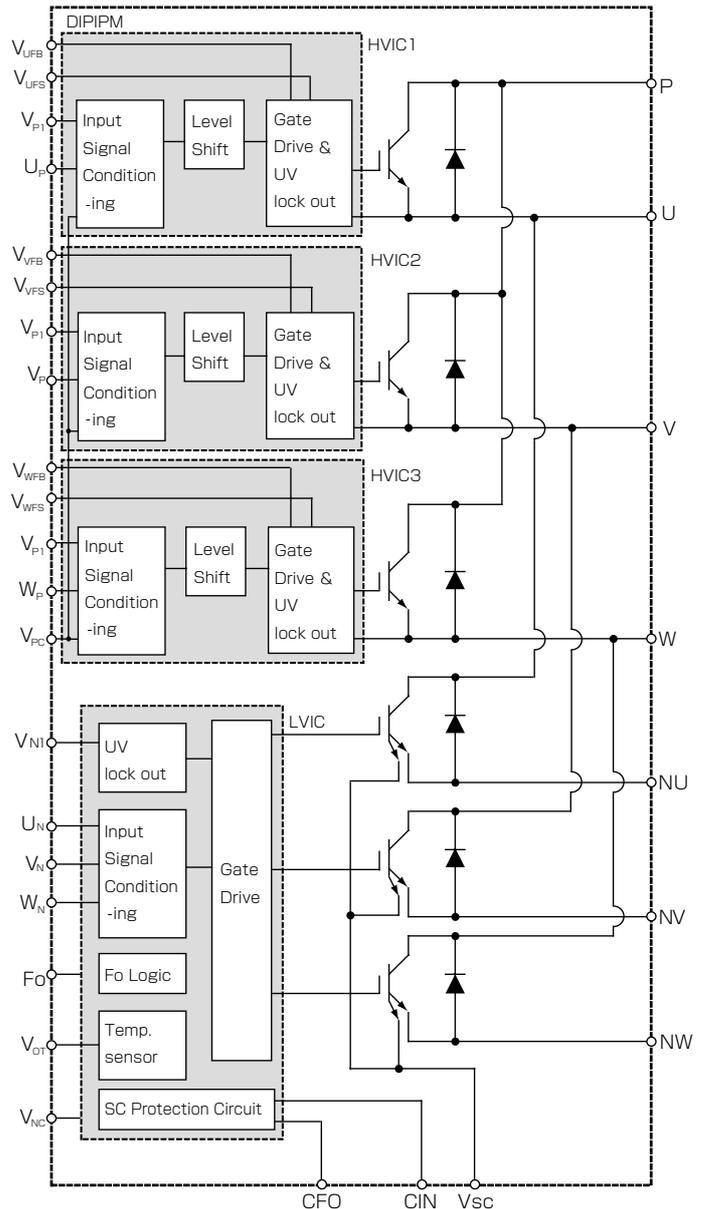


図1. 1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズの内部回路図

表1. 1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズのラインアップ

型名	PS22A72	PS22A73	PS22A74	PS22A76	PS22A78-E	PS22A79(NEW)
出力素子耐圧	1,200V					
定格電流	5A	10A	15A	25A	35A	50A
外形サイズ	31.0×79.0×8.0(mm)					
内蔵チップ	三相インバータを構成するIGBT, FWD, HVIC, LVICチップを内蔵					
その他	インバータエミッタ分割(3シャント)方式, 温度検知機能内蔵					

### 3. 1,200V/50A 大型DIIPM Ver.4の特長

今回の新製品である1,200V/50A大型DIIPM Ver.4の特長を次に示す。

#### 3.1 大容量化

新たに開発された第6世代LPT-CSTBTを採用して特性改善を図った。第6世代LPT-CSTBTは、微細加工によってセルの間隔を縮小したことでキャリア蓄積効果が向上し、さらには薄厚ウェーブプロセスの適用によって、このシリーズの従来品である定格電流35A“PS22A78-E”と比較して損失が15%低減した。図3にコレクタ電流 $I_c$ -飽和電圧 $V_{CE(sat)}$ 特性、図4に許容実効電流 $I_o$ -IGBT損失特性を示す。これによって従来品と同一外形サイズで定格電流50Aを可能とし、このシリーズを充実化した。各容量の製品に対して基板の共用化が可能となり設計効率向上に貢献できる。表2に1,200V/50A 大型DIIPM Ver.4の主な電気的特性を示す。

#### 3.2 短絡保護回路の最適化

今回の新製品は、従来の1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズと同様、エミッタ電流から分流したミリアンペアレベルのセンス電流に応じた電圧を検出し保護するセンス電流検出方式を採用した。センス電流を取り出すため、下アームのパワーチップには電流センス付きIGBTを搭載しており、エミッタ電流経路へのシャント抵抗接続が不要となるため、NU/NV/NW端子-V<sub>NC</sub>端子（図1）間インダクタンス起因のサージ電圧の発生を抑制でき、基板設計自由度を向上できる。またアンペアレベルのエミッタ電流で検出を行う場合、大電力用のシャント抵抗が必要となるが、センス電流で検出を行う場合には損失を低減できるためシャント抵抗選定の自由度が向上する。

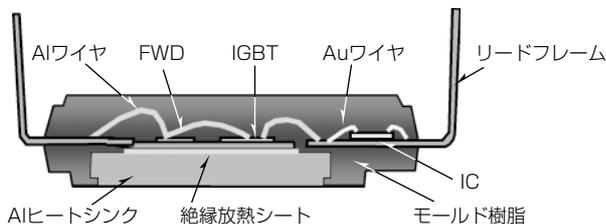
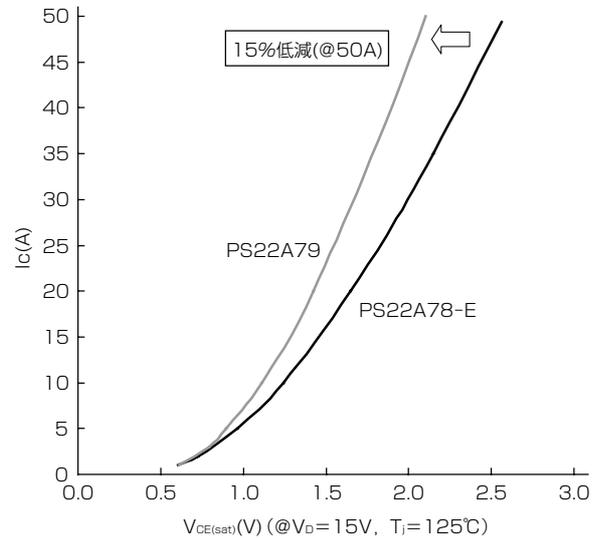


図2. 1,200V大型DIIPM Ver.4シリーズの断面構造

### 3.3 温度検知機能の高精度化

従来シリーズから搭載している温度検知機能は、制御IC(LVIC)内部に温度検出素子を内蔵してアナログ電圧信号を出力する方式であり、この機能を利用すれば外付けのサーミスタが不要となりシステムコストの低減が可能となる。今回はレーザトリミング技術を用いてアナログ電圧信号出力の高精度化を実現した。この技術はトリミングを行



PS22A79 : 新製品1,200V/50A  
PS22A78-E : 従来品1,200V/35A

図3. コレクタ電流 $I_c$ -飽和電圧 $V_{CE(sat)}$ 特性

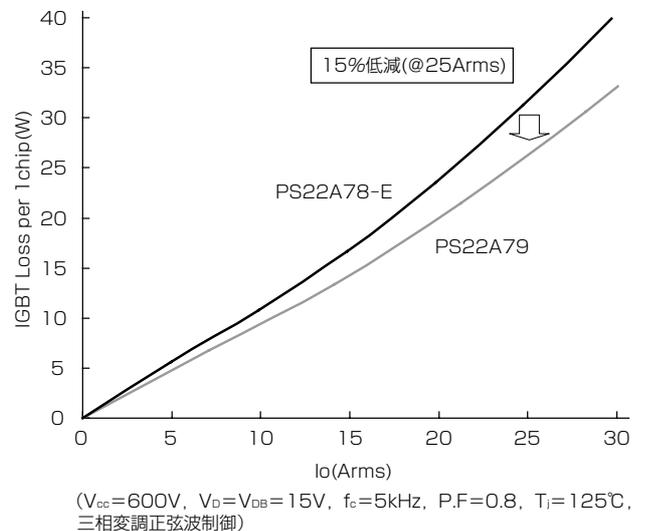


図4. 許容実効電流 $I_o$ -IGBT損失特性

表2. 1,200V/50A 大型DIIPM Ver.4の電気的特性

項目	記号	条件	最小値	標準値	最大値	単位	
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	$V_D = V_{DB} = 15V, V_{IN} = 5V, I_c = 50A$	$T_j = 25^\circ C$	-	1.9	2.6	V
			$T_j = 125^\circ C$	-	2.1	2.8	
FWD順電圧降下	$V_{EC}$	$T_j = 25^\circ C, I_c = 50A, V_{IN} = 0V$	-	2.5	3.2	V	
スイッチング時間	$t_{on}$	$V_{CC} = 600V, V_D = V_{DB} = 15V, I_c = 50A, T_j = 125^\circ C$	誘導負荷 (上-下アーム)	0.7	1.5	2.4	$\mu s$
	$t_{rr}$		-	0.5	-		
	$t_{c(on)}$		-	0.5	0.8		
	$t_{off}$		-	2.5	3.7		
	$t_{c(off)}$		-	0.4	0.8		

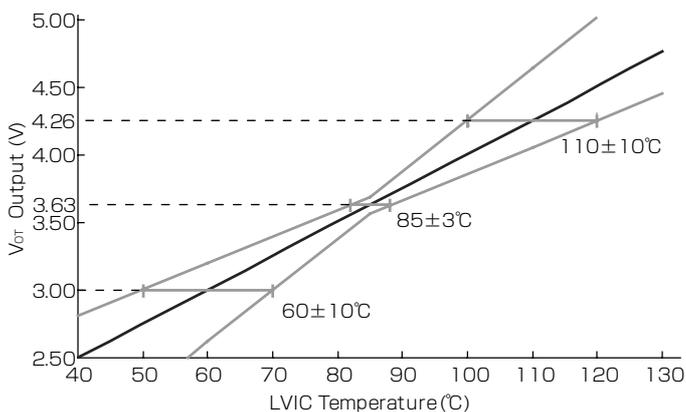


図 5. アナログ温度出力V<sub>or</sub>-LVIC温度特性(従来品)

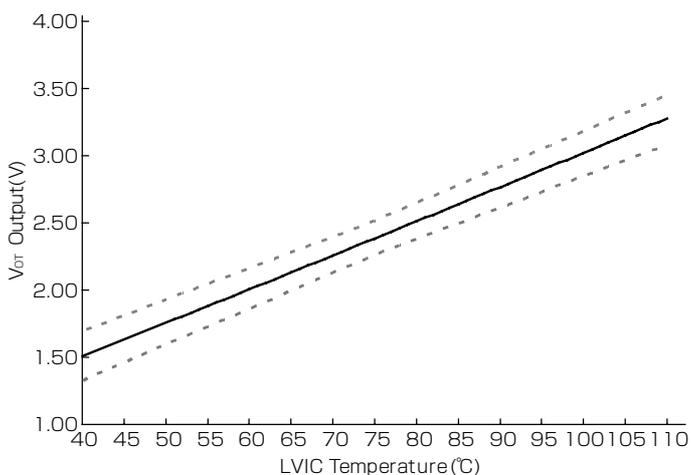


図 6. アナログ温度出力V<sub>or</sub>-LVIC温度特性(新製品)

う際、信号出力特性の調整が可能となり出力精度が向上している。信号アナログ電圧信号からIGBTチップ接合温度が所望の温度以下となるような制御を行う場合、アナログ電圧信号出力のばらつき分を考慮して制御を行うため、温度精度が低いと製品としての通常動作範囲が狭くなる。高精度化によって、最大定格近くまで使用可能となるため、放熱設計の軽減や小型化に貢献できる。図 5 に従来品、図 6 に新製品のアナログ温度出力V<sub>or</sub>-LVIC温度特性を示す。

#### 4. む す び

今回開発した1,200V/50A大型DIPIPM Ver.4の構造、機能及び特長について述べた。今後は今回開発したキーテクノロジーの展開を行い、高機能の製品開発を進め、インバータ市場への継続的な製品提供を行うことによって地球環境保全に貢献していく所存である。

#### 参 考 文 献

- (1) 高橋徹雄, ほか: 新型パワーモジュール用第6世代IGBTと薄ウェーハダイオード, 三菱電機技報, 84, No.4, 224~227 (2010)
- (2) Kawafuji, H., et al.: New 5-35A/1,200V Transfer Mold IPM with heat dissipating insulation sheet, PCIM (2008)