特集論文

太陽光発電用新IPMシリーズ(小型パッケージ)

周　磊杰*
魚田紫織*
西田信也*

New Photo-Voltaic IPM Series（Small Package）

Zhou Lei Jie, Shiori Uota, Nobuya Nishida

要　旨

パワーデバイス応用機器の省エネルギー化が進む中，装置の低電力損失化に加え，装置の小型化も重要な開発要素となっている。

近年堅調な需要拡大を示す太陽光発電(パワーコンディショナ)市場でも装置の小型化が重要な要素となっており，パワーコンディショナのキーパーツであるIPM(Intelligent Power Module)でも，小型化の要求が高まっている。

このような背景の下，太陽光発電用途向けIPM(Photo-Voltaic IPM，以下“PV-IPM”という。)として，メインコンセプトを小型化，かつ電力損失を旧製品と同等以下，として新PV-IPM開発を行った。

本稿で述べる新PV-IPMは，次のアプローチで小型サイズ，低電力損失の要求に応えた。

①パワーチップの仕様調整によって，パワーチップをシュリンクし，旧PV-IPM比でIPM設置面積を30%削減し，容積を46%削減した。

②制御回路の駆動能力を増強し，かつ，①との組合せによって，太陽光発電用途でトータル損失を旧製品と同等以下(５%削減)とした。

また，長寿命化方策として，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の改善も行った。

新PV-IPM

旧PV-IPM

太陽光発電用IPM(PV-IPM)シリーズの外観

左：新PV-IPM：定格　50～75A 4in 1／5in 1／6in 1
右：旧PV-IPM：定格　50～75A 4in 1／5in 1／6in 1

*パワーデバイス製作所

1. まえがき

各国が国策として地球温暖化対策に取り組む中，太陽光発電を始めとするクリーンエネルギーの市場が拡大している。中でも太陽光発電(パワーコンディショナ)は，一般家庭への普及も拡大しており，**図1**に示すとおり，世界市場で12%/年も需要が拡大している。太陽光発電では，電力制御を行うパワーコンディショナを備えており，その中に搭載されるIPMは，省電力面でもサイズ面でもシステムへの影響が大きい重要部材である。太陽光発電用途向けIPMとして重要な要素は低電力損失であるが，今後の需要拡大，特に一般家庭への普及を考慮すると，小型サイズということが非常に重要な要素となる。

そこで今回，太陽光発電用途向けに，メインコンセプトを小型化，かつ電力損失を旧製品(以下“旧PV-IPM”という。)と同等以下として新製品(以下“新PV-IPM”という。)開発を行ったので，それについて述べる。

2. 製品ラインアップ

旧PV-IPMのラインアップを継承し，新PV-IPMとして全6定格をラインアップした。ラインアップ一覧及び新旧PV-IPMの形名を**表1**に示す。定格電圧は600V，定格電流は50A，75Aの2仕様，回路構成は単相インバータ(4in1)，単相インバータ+チョッパ(5in1)，単相インバータ+2チョッパ(6in1)である。回路構成を**図2**に示す。パワーコンディショナは，太陽電池モジュールで発生した直流電圧をチョッパ回路で昇圧し，さらに単相インバータ部で交流電圧に変換するものであり，単相インバータ部のみを備えたIPMが4in1回路，単相インバータ部とチョッパ回路を備えたIPMが5in1回路である。さらに，単相インバータ部と直流電圧2入力に対応するIPMが6in1回路である。今回，4in1～6in1までを同一の小型パッケージでラインアップした。

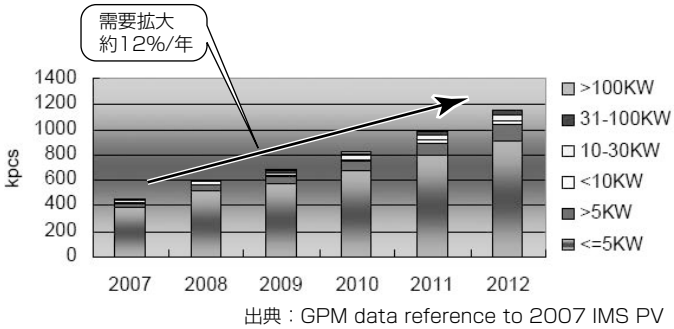


図1．パワーコンディショナの世界市場需要量

表1．PV-IPM製品のラインアップ

電圧定格	電流定格	回路構成	旧PV-IPM型名	新PV-IPM型名
600V	50A	4 in 1	PM50B4LA060	PM50B4L1C060
		5 in 1	PM50B5LA060	PM50B5L1C060
		6 in 1	PM50B6LA060	PM50B6L1C060
	75A	4 in 1	PM75B4LA060	PM75B4L1C060
		5 in 1	PM75B5LA060	PM75B5L1C060
		6 in 1	PM75B6LA060	PM75B6L1C060

3. 小型化

新PV-IPMでは，“小型化”をメインコンセプトとし，三菱電機汎用IPMの600V／50A品の小型パッケージを流用することで，旧PV-IPMの設置面積から30%縮小した。新旧PV-IPMの外形比較を**図3**に示す。旧PV-IPM(**図3**(a))は設置面積66cm^2 (5.5×12(cm))であるのに対し，**図3**(b)に示す新PV-IPMは45cm^2 (5×9(cm))である。次に，小型パッケージ採用にいたる技術について述べる。

3.1 パワーチップの仕様調整

一般産業用途ではスイッチングキャリア周波数が5kHz前後で使用されるのに対して，太陽光発電用途では10～20kHzと高いスイッチングキャリア周波数で使われる。これに着目し，高周波スイッチングに適するようにパワーチ

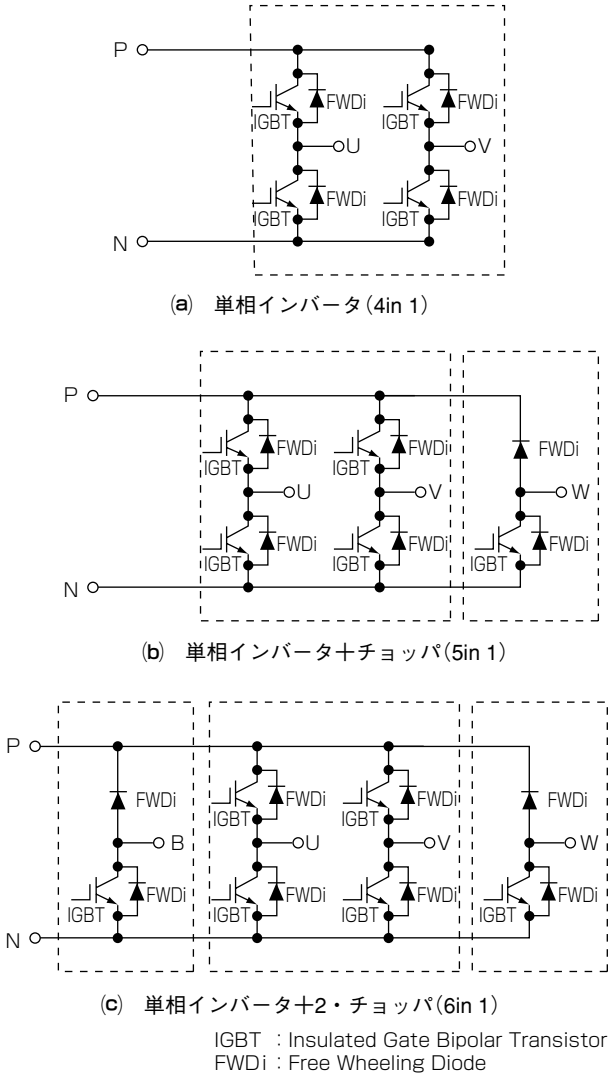


図2．PV-IPMの内部回路構成

ップの仕様を調整することで，損失は同等以下で，チップサイズのシュリンクを実現した。

具体的には，パワーチップの損失にはスイッチング動作時に発生するスイッチング損失（以下“SW損失”という。）と電流通電時に発生する定常損失（以下“DC損失”という。）があり，両者は**図4**のようにトレードオフの関係にある。**図4**で，トレードオフカーブを2つ記載しているのはチップサイズの差異を示すもので，チップサイズが小さい程，トレードオフカーブは悪化するが，今回の新PV-IPMでは下記手順の考え方で仕様調整を行った。

①小型化のためにチップサイズをシュリンク（DC損失，SW損失悪化）

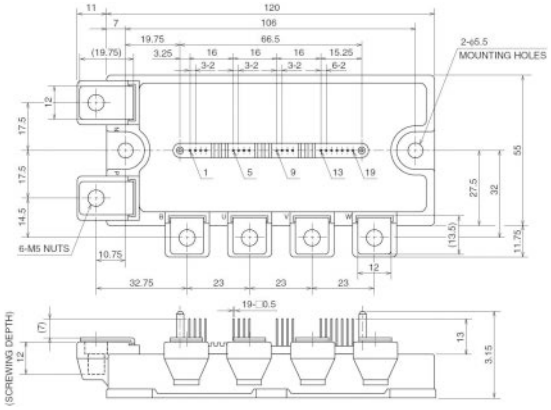
②太陽光発電（高周波スイッチング）用途向けにトレードオフカーブ上でSW損失が旧PV-IPMよりも低減するようにパワーチップの仕様を調整

このアプローチによって，トータル損失が低減する分はIPMサイズの小型化に還元し，旧PV-IPMに対して損失を同等以下でサイズダウンを実現した。

3.2　制御回路の駆動能力増強

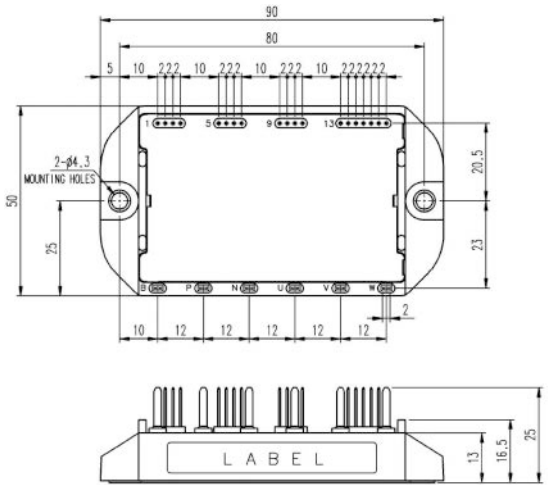
小型パッケージ（当社汎用IPMの600V/50A品）の流用に伴って，制御ICは旧PV-IPMから回路構成を変更することで，IC単体で60%のサイズダウンを実現した。さらに今回は，汎用IPMに搭載したICをベースとし，定格拡大（～75A），SW損失低減をねらい，IC＋バッファ駆動方式を採用した。**図5**(a)は旧PV-IPM，**図5**(b)は新PV-IPMにおける定格電流動作時のターンオンスイッチング波形を示す。SW損失は電流Iceと電圧Vceの時間積分であり，図中の斜線部分であるが，旧PV-IPMに対して新PV-IPMではターンオンスイッチング損失を低減した。バッファ駆動方式に伴う部品点数の増加に対しては，製造方式及びプリント基板レイアウトを最適化することで電子部品実装可能エリアを拡大し，小型パッケージへの適用を可能にした。

図6は太陽光発電用途を想定した新旧PV-IPMでの損失シミュレーション比較である。**3.1節**，**3.2節**で述べた技術によって，新PV-IPMでは，DC損失が旧PV-IPMより18%悪化するものの，SW損失が旧PV-IPMより23%改善し，トータル損失は旧PV-IPMに対して，同等以下（5%低減）で，設置面積30%削減を実現した。



サイズ：（L）66.75×（W）131×（H）31.5（mm）

(a)　旧PV-IPM



サイズ：（L）50×（W）90×（H）25（mm）

(b)　新PV-IPM

図3．外形図

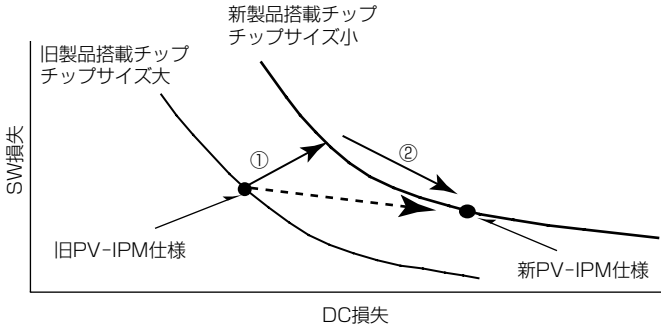
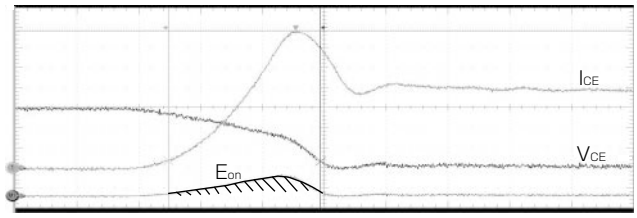
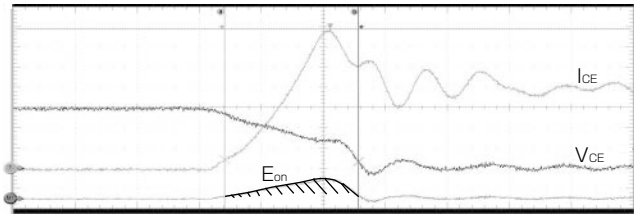


図4．トレードオフの改善



ICE：20A/div，VCE：100V/div，t：50ns/div

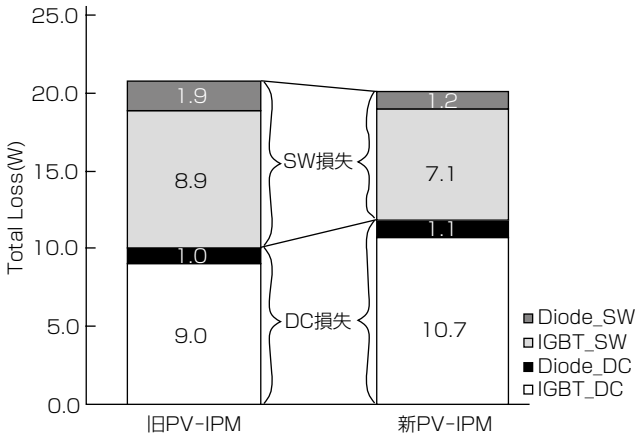
(a)　旧PV-IPMのSW波形



ICE：20A/div，VCE：100V/div，t：50ns/div

(b)　新PV-IPMのSW波形

図5．新旧PV-IPMスイッチング（SW）波形



対象：600V／75A定格
条件：V_{CC}=380V，f_C=18kHz，出力電流20Arms，PF=0.8，力率1

図6．新旧PV-IPM損失シミュレーション比較

4. 長 寿 命 化

開発品のパワーサイクルカーブを**図7**に示す。1,000kcycle時の⊿Tjは，旧PV-IPM⊿45℃に対し，新PV-IPMでは⊿60℃となり温度使用範囲を拡大した。

新PV-IPM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し，長寿命化のニーズに応えている。

5. む す び

新PV-IPMで，パワーチップの仕様調整，駆動能力増強によるアプローチで旧PV-IPMと損失同等以下で，設置面積を30%削減した。また，ワイヤボンディングの最適化によるパワーサイクル寿命の改善も実現した。

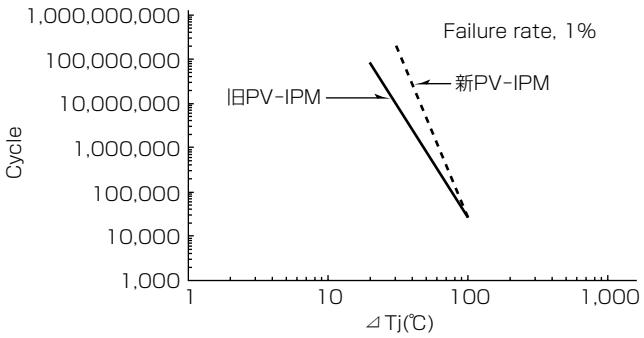


図7．パワーサイクルカーブ

この製品は太陽光発電用途向けIPMの効率改善，またパワーコンディショナの外形小型化の市場ニーズから生まれた製品であることから，今後の新エネルギー市場拡大の一助になるものと確信している。

今後も各応用製品に適合した機能，性能を持つIPMを提案し，地球環境保全に貢献していく所存である。

参 考 文 献

(1) 田畑光晴，ほか：低駆動電力新トレンチIGBTモジュール“NFシリーズ”，三菱電機技報，**77**，No.9，563～566（2003）
(2) 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）
(3) 魚田紫織，ほか：新大容量2in1 IPM“V1シリーズ”，三菱電機技報，**84**，No.4，248～250（2010）