

SLIMDIPシリーズの ラインアップ拡充と将来展望

牧島 仁*
Hitoshi Makishima
高倉一希*
Kazuki Takakura
浜崎海翔*
Kaito Hamasaki

*パワーデバイス製作所

SLIMDIP Series Lineup Expansion and Future Prospects

要 旨⁽¹⁾

三菱電機は、1997年からパワーチップとそれを駆動するICチップを内蔵したトランスファーモールド構造の“DIPIPM”を製品化しており、1パッケージ化による品質向上及びインバーターシステムの設計負荷軽減に貢献してきた。2015年に業界最小^(注1)のパッケージを実現した“SLIMDIP-S”“SLIMDIP-L”を発売して以降、高キャリア周波数駆動に適した“SLIMDIP-W”，ノイズ低減を実現した“SLIMDIP-X”，最大定格30Aの大電流化を実現した“SLIMDIP-Z”とラインアップを拡充させた。近年、多機能・高性能化しているエアコンや、洗濯機、冷蔵庫など家電製品の省エネルギー化に貢献している。

(注1) 2015年4月23日現在、当社調べ

1. ま え が き⁽¹⁾

当社は業界に先駆けて^(注2)DIPIPMを製品化して以降も、市場要求の変化に応じた製品を次々と開発、量産化してきた。近年、家電の高機能化と世界的な省エネルギー意識向上に伴い、白物家電市場ではインバーター化率が急速に進んでいる。SLIMDIPシリーズは、家庭用エアコンなど白物家電や小容量ファン駆動向けに開発した小容量IPM(Intelligent Power Module)で、製品の小型化、低コスト化を実現しつつ、1パッケージで幅広い容量帯をカバーすることを可能にした製品である。SLIMDIPシリーズは、RC-IGBT(Reverse Conducting - Insulated Gate Bipolar Transistor)×6素子によるインバーター回路と、それを駆動するHVIC(High Voltage Integrated Circuit)、LVIC(Low Voltage Integrated Circuit)及びBSD(BootStrap Diode)×3素子で構成している。

SLIMDIPシリーズに採用しているRC-IGBTには当社独自の第7世代IGBTの技術を用いている。

本稿ではSLIMDIPシリーズの概要、特長、及び今後の展望について述べる。

(注2) 1997年8月25日現在、当社調べ

2. SLIMDIPシリーズの概要⁽¹⁾

2.1 パワー部

IGBTとFWD(Free Wheeling Diode)を1チップ化したRC-IGBT(6素子)による三相AC出力インバーター回路を構成している。図1にRC-IGBTの断面構造図を示す。

2.2 制御部

図2にSLIMDIPシリーズの外観と内部回路図を示す。

HVIC(1素子)にはP側IGBT用駆動回路、高圧レベルシフト回路、フローティング電源電圧低下保護回路(UV、エラー信号(Fo)出力なし)を内蔵している。また、ブートストラップ回路方式の採用によって、15V単一電源駆動が可能である。

LVIC(1素子)にはN側IGBT用駆動回路、保護機能として制御電源電圧低下保護回路(UV)、短絡電流保護回路(SC)に加え、過熱保護回路(OT)及びアナログ温度出力回路(VOT)を内蔵している。短絡電流保護は、外部接続のシャント抵抗で過電流を検知し、LVICにフィードバックしてIGBTを遮断させる。UV、SC及びOTの動作時にFoを出力する。

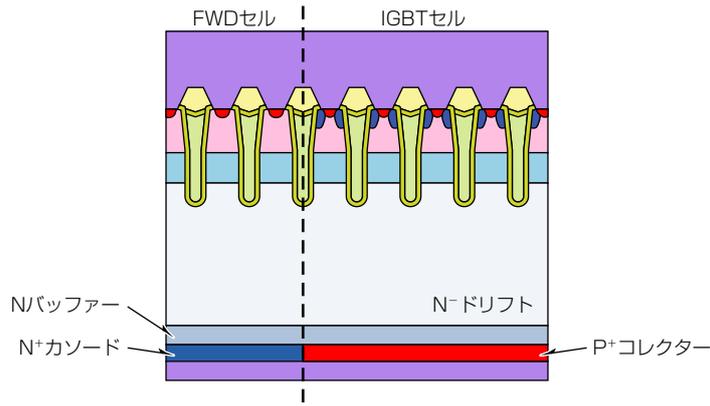
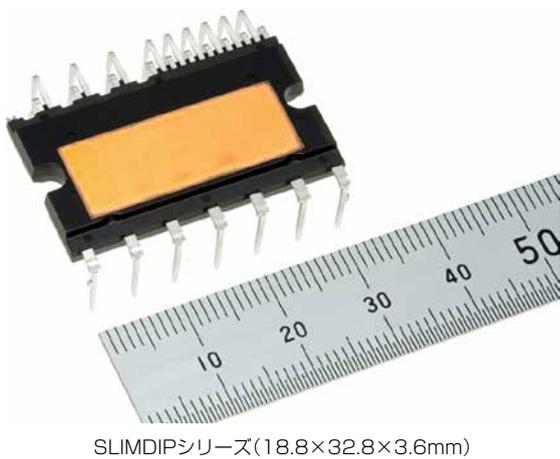


図1-RC-IGBTの断面構造⁽²⁾



SLIMDIPシリーズ(18.8×32.8×3.6mm)

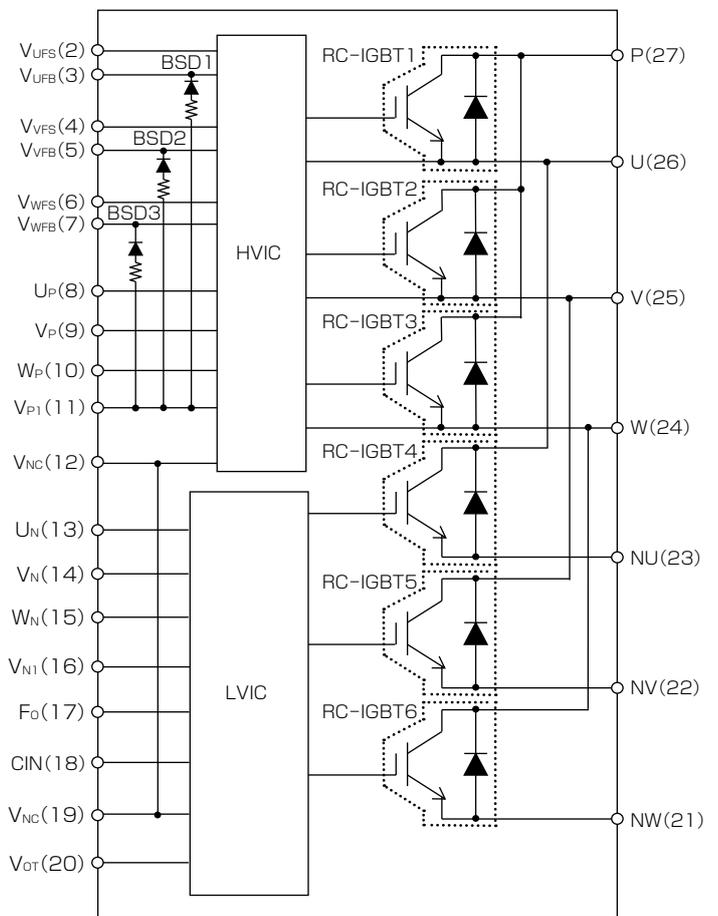


図2-SLIMDIPシリーズと内部回路図

3. SLIMDIPシリーズの特長⁽¹⁾

3.1 RC-IGBTの搭載

SLIMDIPシリーズでは、基板占有面積の縮小を目的にパッケージサイズの小型化を追求するため、IGBTとFWDを一つのチップ上に形成した構造を持つRC-IGBTを採用している。このRC-IGBTには当社独自の第7世代IGBTの技術を用いている。図3に示すようにチップ搭載数を半分にできる。この結果、図4に示すパッケージサイズは超小型DIPIMと比較して30%小型化した。

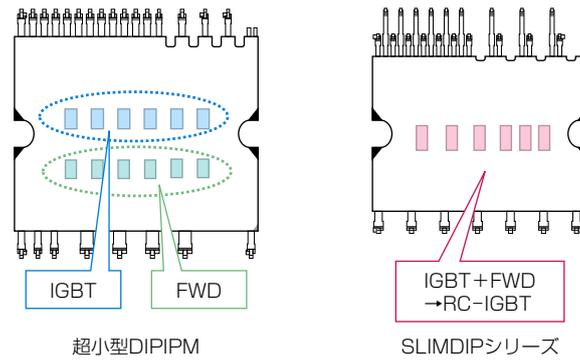


図3- RC-IGBTの搭載

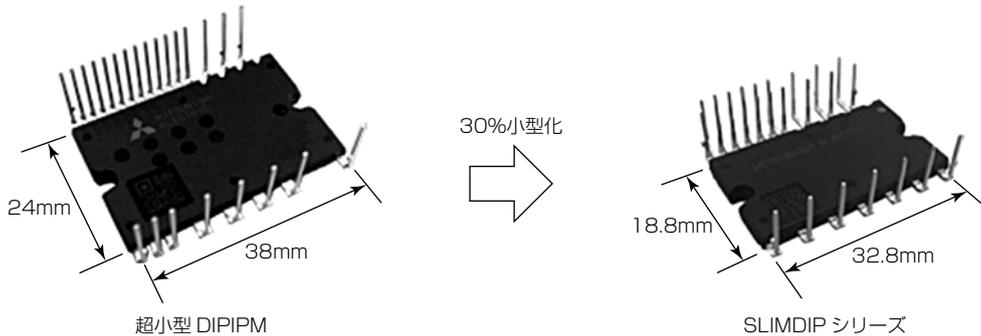


図4-パッケージサイズ比較

3.2 配線パターンの簡素化

SLIMDIPシリーズではパッケージサイズの小型化に加えて、システム基板上の配線パターンの簡素化も実現している。DIPIPMのP側IGBTを駆動させるために用いるブートストラップ回路には、制御電源電圧を安定化させるために、外部にコンデンサを接続する必要がある。従来の超小型DIPIPMシリーズの端子配列では、制御電源端子の基準をパワー側に引き回していたため、余分な基板エリアが必要になっていた。SLIMDIPシリーズでは、P側駆動電源の基準端子を制御側に3本設けることで、長い配線パターンを基板上に引き回す必要がなくなり、基板設計の簡素化、基板エリアの縮小に貢献した(図5)。

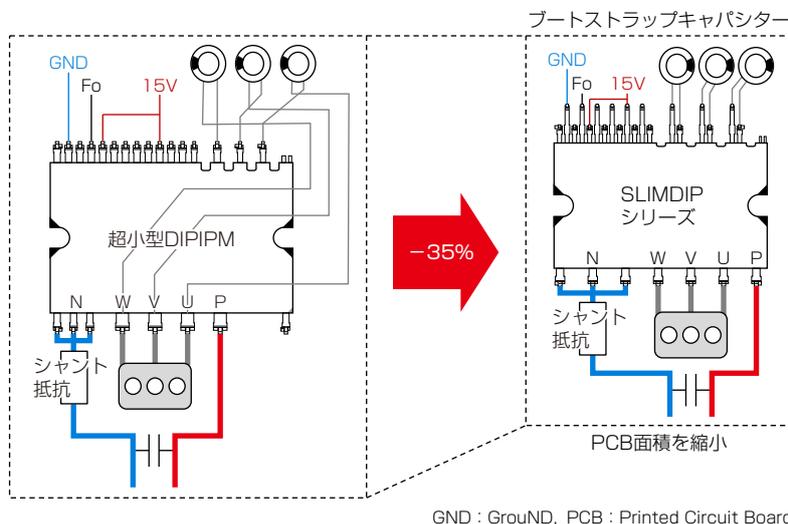


図5-PCB配置比較

3.3 機能と最大定格の拡大

超小型DIPIPMシリーズでは温度保護機能として過熱保護(OT)又はアナログ温度出力(VOT)のどちらかの機能を選択する仕様であるが、SLIMDIPシリーズでは両方の機能を持つ仕様である。超小型DIPIPM Ver.6に対してケース温度 T_c の最大温度や絶縁耐圧も拡大しており、機能と最大定格の両方を拡大することによってシステム設計の向上に寄与している。

3.4 ラインアップ拡充

2015年のSLIMDIP-SとSLIMDIP-Lのラインアップから始まり、SLIMDIP-W, SLIMDIP-M, SLIMDIP-X, SLIMDIP-Zと定格電流5~30Aを同一パッケージで製品展開した。表1に示すようにSLIMDIP-X及びSLIMDIP-Zのラインアップ追加によって、SLIMDIPシリーズでの適用範囲を拡大させた。定格電流15Aでは、低キャリア周波数駆動に適応したSLIMDIP-Lと高キャリア周波数駆動に適応したSLIMDIP-Wをラインアップすることで、アプリケーションに合わせた最適なデバイスを選定することが可能になる。図6にキャリア周波数-出力電流特性グラフを示す。

表1-SLIMDIPラインアップ

形名	主用途	定格	キャリア周波数
SLIMDIP-S	冷蔵庫, ファン	5 A/600V	高速
SLIMDIP-M	ファン, 洗濯機	10 A/600V	高速
SLIMDIP-L	エアコン	15 A/600V	低速
SLIMDIP-W	洗濯機, エアコン	15 A/600V	高速
SLIMDIP-X	エアコン	20 A/600V	中速
SLIMDIP-Z	エアコン	30 A/600V	中速

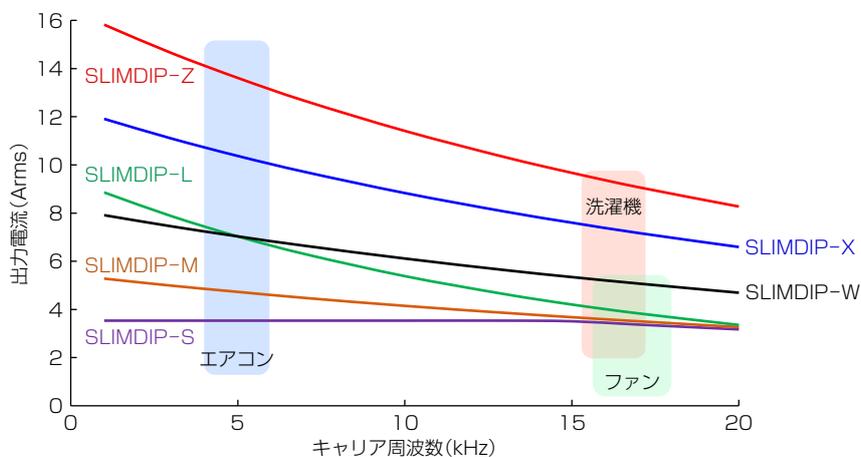


図6- キャリア周波数-出力電流特性

4. 今後の展望

近年、各国の脱炭素化に向けた規制の強化によってエネルギー性能を重視する動きがある。一方でアジア圏を中心にコスト重視の動きは根強く、今後は需要の二極化が拡大すると考えられる。市場の要求に対して、SLIMDIPシリーズで白物家電のインバーター化・高効率化をトータルでサポートしていくために、生産効率に優れる12インチウエハー対応のパワー半導体を適用し安定供給に努めるとともに、SiC(シリコンカーバイド)など次世代パワー半導体の適用による付加価値向上に努めていく。

5. む す び

SLIMDIPシリーズは、RC-IGBT搭載によるパッケージ小型化、ピン配置による配線パターンの簡素化、及び現行品に対し機能と定格を拡大することで、顧客のインバーターシステムの設計負荷を大幅に削減した。近年、脱炭素化に向けた各国の規制は厳しくなる一方であり、パワーデバイスに求められる期待は年々高まっている。今後も幅広い用途でのインバーター機器普及に貢献できるよう、市場ニーズに対応する製品開発を続けていく。

参 考 文 献

- (1) 柴田祥吾, ほか: RC-IGBT搭載パワーモジュール“SLIMDIPシリーズ”, 三菱電機技報, **90**, No.5, 307~310 (2016)
- (2) 安田幸央, ほか: パワーモジュールの最新動向と展望, 三菱電機技報, **96**, No.3, 139~143 (2022)

