

車載・産業機器に対応した 50A クラス IPM の開発

Development of 50A Class IPM for Automotive and Industrial

今井能孝*
Yoshitaka Imai

浅見亮範**
Akinori Asami

大瀧康幸***
Yasuyuki Otaki

内藤裕也****
Yuya Naito

朴昶瑩*****
Park Chang Young

概要 近年、自動車、産業機器市場では高電圧大電流モータドライバの需要が高まっている。今回、最大電圧1200V、最大電流50Aに対応し、同時に前モデルであるSAE6500シリーズよりパッケージサイズ30%縮小を実現したIPM SAM2シリーズを開発した。開発に際しては、サンケン電気独自のプラットフォーム開発プログラムであるSPP (Sanken Power-electronics Platform) を適用することで、開発効率向上を図り、同パッケージで複数の製品展開を実現した。

1. まえがき

近年、自動車市場においてはシステムの電動化が進んでおり、特にカーエアコンシステムには高圧バッテリーを電源とする電動コンプレッサの搭載が増えている。電動コンプレッサ内のモータを駆動するモータドライバには、小型化や高信頼性、高圧回路設計の簡易化などのメリットにより、従来のディスクリート構成から、『IGBT, Diode, ゲートドライバICなど必要な部品を一つのパッケージに搭載したIPM (Intelligent Power Module)』への切替えが進んでいる。

当社は民生エアコン向けIPMの実績があり、多数の製品を揃えている。そこで培った技術と経験を基に、自動車や産業機器のエアコンシステムで要求される高電圧大電流に対応したSAM2シリーズを今回開発した。開発に際しては、サンケン電気独自のプラットフォーム開発プログラムであるSPP (Sanken Power-electronics Platform) を適用することで、開発効率向上を図り、同パッケージで複数の製品展開を実現した。

2. 製品概要

今回開発したSAM2シリーズの外観写真を写真1に、製品ラインアップを表1に示す。

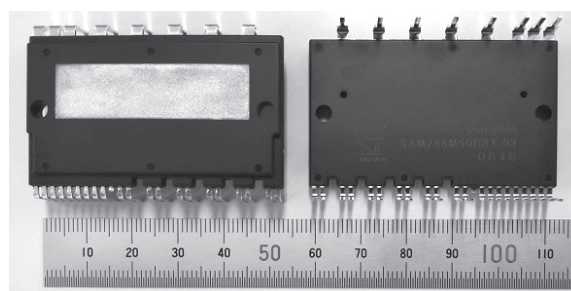


写真1 パッケージ外観

表1 SAM2製品ラインアップ

製品名	V_{CES}	I_c	用途
SAM265M50AS1	650V	50A	車載
SAM265M50BS1	650V	50A	産業機器
計画中	1200V	5A	産業機器
SAM212M10BS1	1200V	10A	産業機器
計画中	1200V	15A	産業機器

*パワーデバイス事業部 モジュール技術部 開発1課

**アセンブリ技術統括部アセンブリ開発部 開発2課

***プロセス技術統括部 デバイス開発部 デバイス設計2課

****プロセス技術統括部 IC設計部 IC設計課

*****ソウルパッケージデザインセンター

標準接続例を図1に示す。パワーチップとして、IGBTを6チップ、FWD (Free Wheeling Diode) を6チップ搭載しており、IGBT駆動用ICとして、ハイサイド

ドライバIC (以下H_MIC) を3チップ、ローサイドドライバIC (以下L_MIC) を1チップ搭載している。あわせてハイサイドドライバ電源用ブートストラップダイオードも搭載しておりオールインワン型IPMを構成している。保護機能としては、低電圧保護 (UVLO : Under Voltage Lock Out), 過電流保護 (OCP : Over Current Protection), エラー出力 (FO) を搭載している。

また、製品内部にサーミスタを搭載しており、製品外部にサーミスタ周辺回路を組むことで、システムとして過熱保護機能を提供している。

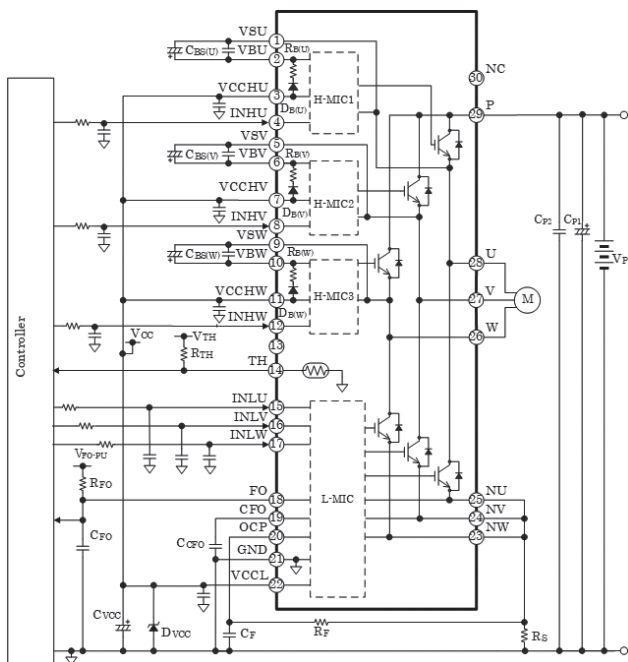


図1 標準接続例

3. スイッチング特性

動作時の特性として、図2に代表製品 (SAM265M50 BS1) のIGBTスイッチング損失, 図3に三相変調動作時の放射ノイズ特性を示す。一般的にスイッチング損失と放射ノイズ特性はトレードオフの傾向となるが、本開発

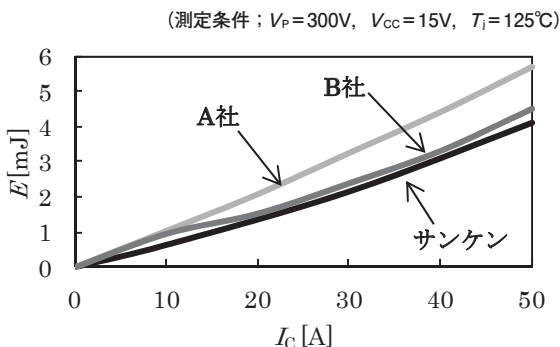


図2 IGBT スイッチング損失比較

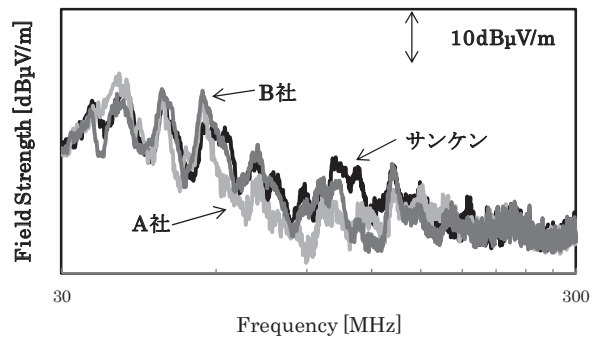


図3 放射ノイズ比較

においては、後述するFWDのソフトリカバリー技術により、放射ノイズ特性を大きく悪化させることなく、スイッチング損失の低減を実現できている。

4. サーミスタによる温度モニタ

SAM2シリーズでは、パワーチップの T_j を検出するためのサーミスタを搭載している。図4にSAM2内部構造図を示す。サーミスタは、温度検出精度上げるため、IGBT, FWDと同ステージ上に配置されている。検出精度の比較検証結果を図5に示す。LMICで T_j 検出しているA社に対して、半分以下の誤差率となり、検出精度の高さを確認できた。

$$\text{誤差率 [\%]} = (T_j - \text{検出値}) / T_j \times 100$$

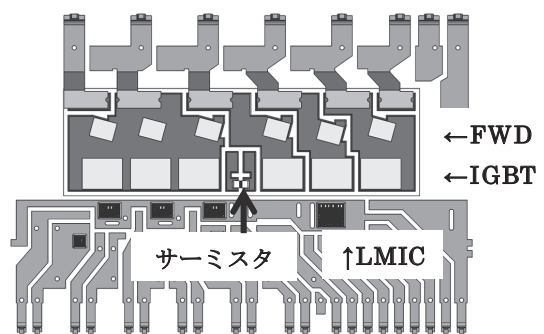


図4 SAM2 内部構造図

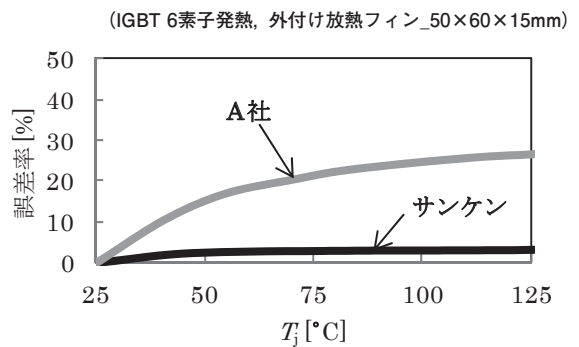


図5 温度検出精度

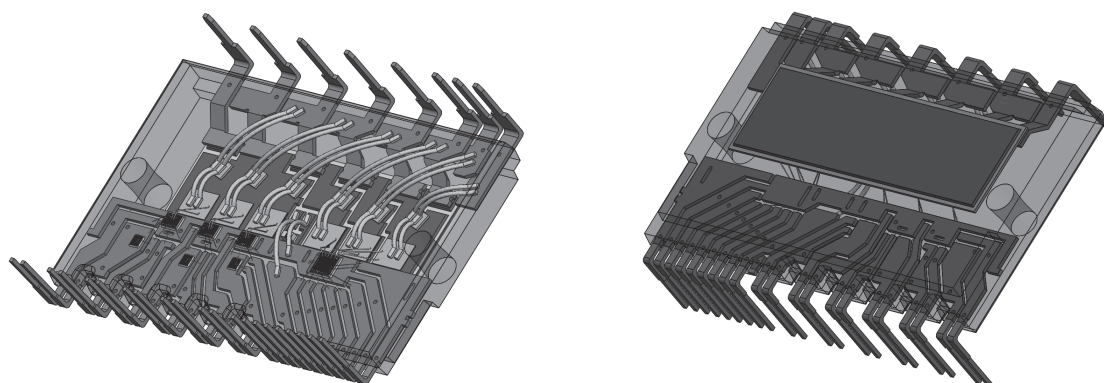


図6 SAM2パッケージ

5. パッケージ特徴

SAM2シリーズのパッケージはDBC構造SPPパッケージとして開発されている。その最大の特徴はDBC基板を使用し、基板上にチップを直接マウントすることである。DBC基板はセラミックをCuで挟んだ構造をしており、内部回路の形成および外部との絶縁、そして放熱フィンとしての機能を併せ持っている。

くの顧客要求に対応可能である。またプラットフォームとして部材を標準化することでコストの低減へも貢献している。

電圧定格は650V～1200Vに対応する。1200V耐圧実現にあたっては、パッケージ内部構造および外形において、十分な絶縁距離を確保するように設計している。フィン面の絶縁はDBC基板によって確保し、外形では図8に示すように、沿面距離は4.25mm、空間距離は3.1mmとしている。

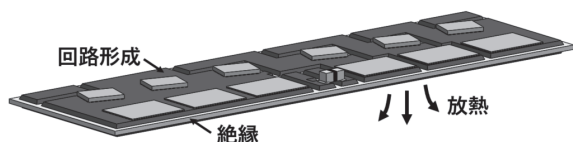


図7 DBC基板の特徴

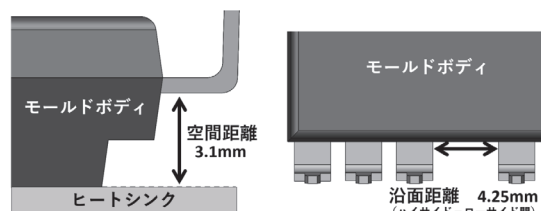


図8 SAM2パッケージの絶縁距離

放熱フィンであるDBC基板にパワーチップを直接マウントすることにより高い放熱性を実現している。これによりパワーチップを高密度に搭載することが可能となり、結果としてパッケージサイズを前モデルSAE6500比で30%削減しつつ、50Aの電流定格を実現している。またパッケージ内により多くの部品を搭載することも可能となる。

またパッケージ外形では複数の顧客要求を広く満足するため、外部端子長は2種類用意している。通常は2種類のリードフレームを必要とするが、分離工程で端子をカットする手法を用いることで、1種類のリードフレームで2種類の端子長を実現している。

DBC基板のCuパターンで回路形成が可能という特徴により、多品種への対応を容易にしている。DBC基板のCuパターンを変更するだけで、回路パターンをフレキシブルに変更可能であり、品種によって異なるチップサイズや部品の搭載位置に対しても容易に対応することができる。

パッケージの耐久性についても、信頼性要求(表2は主要項目)をクリアしており、高い顧客要求も十分に満足することができる。

DBC基板以外の部材においても、その選定ではSPPパッケージとして他品種へも展開可能なことを考慮している。例えばモールド樹脂においては、後述する電圧定格だけでなく、グリーン樹脂を採用することで、より多

Stress test
Temperature-Humidity-Bias
Autoclave
Temperature Cycling
Power Temperature Cycle
High Temperature Storage Life

試験条件は AEC-Q100 および AQG324 に準拠

6. FWD素子構造

車載，産業機器用途では低ノイズかつ低損失のデバイスが求められる。SAM2シリーズでは，FWDは自社開発した製品を採用している。図9にFWDの素子構造を示す。

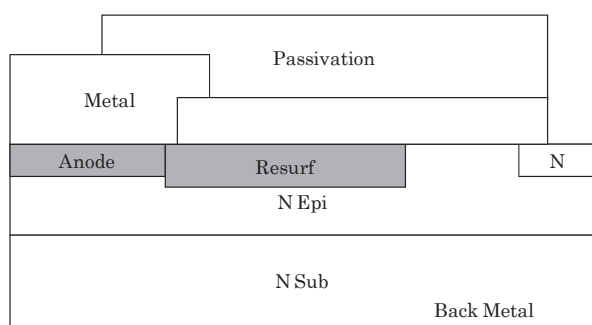


図9 FWD素子構造

アノード部は従来よりも低濃度とすることでキャリアの注入量を抑制している。加えて，ダイオードの特性を決める重要な要素であるライフタイムコントロールとして粒子線を用いている。図10に示すように，アノード部のキャリア密度および粒子線量を調整することにより，スイッチング時のリカバリ電流値を小さくし，スイッチング損失を低減させている。またキャリア密度の調整でソフトリカバリ化もでき，図3に示したような放射ノイズ特性に寄与している。

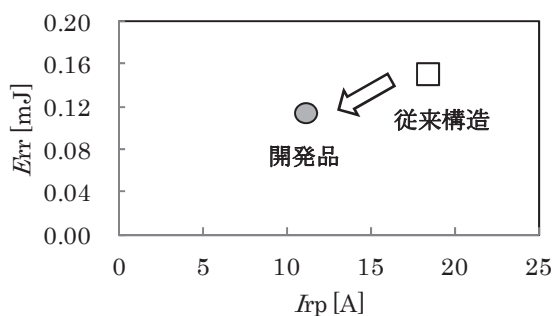


図10 FWDリカバリ特性

7. ハイサイドドライバIC

ドライバICはハイサイドスイッチ用高耐圧フローティングドライバと，ローサイドスイッチ用ドライバで，双方に制御回路および保護回路を集積している。その中で1200Vハイサイドドライバについて，写真2にチップ表面写真を示す。下記，写真上側が高圧部，下側が制御

回路部である。

ハイサイドドライバは， V_p (電源電圧) と同等電圧が印加されるので，1200V保証の当社第7世代BCDプロセスを開発した。最小デザインルール0.25 μ mの本プロセスを採用したことにより多機能化とチップサイズ縮小を達成することができた。

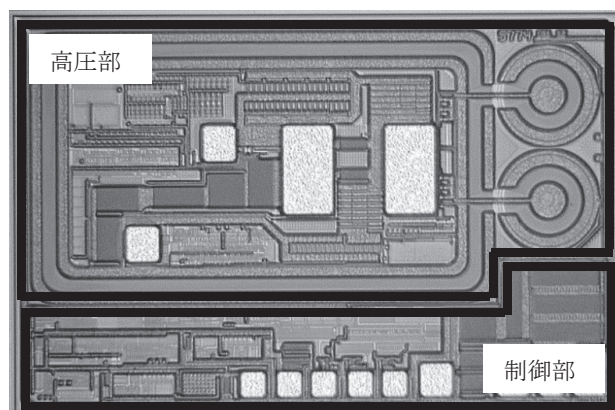


写真2 1200VハイサイドドライバICのチップ外観

8. むすび

車載，産業機器市場に対応した最大電圧1200V，最大電流50AのIPM SAM2シリーズを開発した。ドライバICサイズの縮小化や，パワーチップの高密度実装技術により，パッケージサイズは前モデルであるSAE6500シリーズより30%削減しつつ50A電流定格を実現した。加えて絶縁距離含め，各品質要求へ対応している。FWDをソフトリカバリ化することにより，損失低減と放射ノイズ特性への効果を確認できた。

今後の展開として，さらなる低損失化，低熱抵抗化，高周波化，製品ラインアップの拡充などをキーワードとして開発を継続していく。