

高放熱モジュール SIM2 パッケージ技術

Package Technology of High Heat Dissipation Module SIM2

境 春 彦*
Haruhiko Sakai

Choi Jin Taek **

前 川 祐 也***
Yuya Maekawa

概要 近年、カーボンニュートラル社会実現への要求が加速している。そのため、省エネルギーが強く要求され、半導体製品も貢献が求められている。特に、白物家電はインバータ化が加速し、高圧三相モータドライバICには高効率化が求められ、同時に、小型化と低コスト化が求められている。SIM2-151は、高電流密度化したFS-IGBTを搭載し高効率化を実現した。さらに、放熱経路を見直しDCB基板を採用することで、放熱性を維持しつつ小型化も実現した。また、端子数と端子配置を最適化し小型化と端子間絶縁性を両立させた。

1. まえがき

近年、世界各地で気候変動や自然災害が頻発し、SDGsが社会に浸透してきたことなどから、省エネルギーに対応した製品を求める声が高まっている。このことは日常生活に関わりの深い白物家電においても同様であり、当社では省エネが実現可能なインバータ化で必須となるモータドライバICの開発から生産、販売をおこなってきた。

最近では白物家電製品に内蔵する制御基板の小型化が進んでいる。この要求からモータドライバICも、パッケージサイズおよび実装面積の小型化が求められている。その一方で導電性異物による端子間ショート防止のため、高電位差端子間の間隔を広げたいという小型化とは逆行する要求もある。

小型化によりパッケージの熱容量は小さくなり、放熱性は悪い方向になる。さらに、端子間寸法は小さくなり、絶縁を得ることはより困難になる。このような相反する要求を成立できる製品を開発した。

2. 小型パッケージ製品SIM2-151の特長

今回開発したSIM2-151は、出力素子、プリドライバおよび制限抵抗付きブートストラップダイオードを1パッ

ケージにした高圧三相モータ用ドライバICで、出力素子にはField Stop IGBT (FS-IGBT)を採用している。

図2にSIM2-151の内部ブロック図を示す。保護機能は、制御電源低下保護 (UVLO)、過電流保護 (OCP)、サーマルシャットダウン (TSD)、温度モニタ出力 (Thermal Monitor) を搭載している。

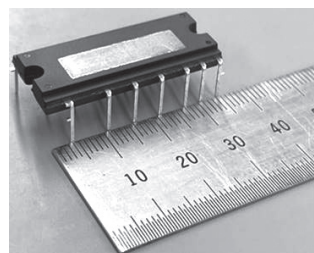


図1 SIM2

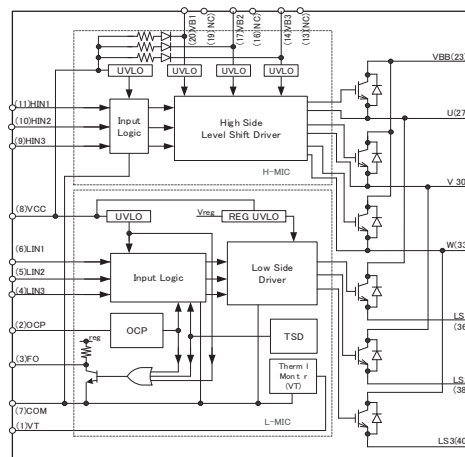


図2 SIM2-151 Block Diagram

* マーケティング本部 アッセンブリ技術統括部
アッセンブリ開発部 開発1課

** Seoul Package Design Center

*** マーケティング本部 パワーモジュール開発統括部
IPM 開発部 開発1課

保護機能の項目は従来品と同様となるが、過熱時における動作温度の変更や精度の改善でアブノーマル時の熱破壊リスクを低減している(表1)。

表2にSIM2-151の主な仕様を示す。従来品からIGBTの出力飽和電圧を1.7V→1.6Vに低減し、省エネ化に貢献する仕様とした。

表1 温度保護精度の改善

項目	SIM2-151	従来品
TSD 保護動作温度および精度	120°C ± 5°C	150°C ± 15°C
温度モニタ出力電圧精度 (125°C時)	± 4%	± 5%

図3に従来品との外形、熱抵抗の比較を示す。デュアルラインラインの一方に高圧印加パワー端子、もう一方に制御端子を配置することで空間距離をとっている。制御端子側にも一部高圧印加するハイサイド用制御端子があるが、端子間の距離を調整し、空間距離と沿面距離要求をみたす。

		SIM2	従来品
パッケージ			
	樹脂サイズ mm	35.7 × 14.6	47 × 19
	樹脂厚 mm	4.2	4.4
	サイズ比率 %	58%	100%
	熱抵抗比率 %	95%	100%

図3 パッケージ比較

端子について、リードフォーミング形状は千鳥形状を設けない構成としている。これにより顧客の要求する実装しやすさを実現している。

SIM2は、従来品のSCMから樹脂サイズで42%削減している。同時にSCMとほぼ同等の放熱性能を実現している。これを実現するために必要なパッケージの要素技術は、

- ・DCB 基板露出構造
- ・可動ピンモールド技術
- ・電流経路・配線技術
- ・絶縁技術

である。以降、これらについて説明する。

3. SIM2パッケージの要素技術

3.1. DCB基板露出構造

パワーモジュールのパッケージには高い放熱性が要求される。そのため、最も発熱の大きいパワーチップから外付けヒートシンクへ、ダイレクトに熱を伝達する放熱フィンを露出する構造とした。放熱フィンには、絶縁性と優れた熱伝導性を兼ね備えるDCB基板を選定した。

DCB基板は絶縁層となるセラミックを挟んで、銅パターンが両面にある。一方の片面は回路として配線され、他方の片面は一面銅パターンを付けセラミックを保護する。

図4に、パッケージの断面構造を示す。

SIM2は従来品SCMと比較すると、放熱フィン露出構造は同じだが、絶縁層に高分子材を使用しているのに対し、より熱伝導率の高いセラミック材とすることで、絶縁層での放熱性を大きく改善した。

表2 SIM2-151 主要仕様

項目	記号	仕様値	単位	条件
		SIM2-151		
絶縁耐圧 (MIN)	Viso	2000	[Vrms]	裏面FIN-リード端子間AC1分間
熱抵抗 (接合-ケース間)	R (J-C) Q	3.2	[°C / W]	IGBT1 素子当り
	R (J-C) F	3.8	[°C / W]	FRD1 素子当り
定格出力耐圧	VCES	600	[V]	
定格出力電流	Io	15	[A]	
IGBT出力飽和電圧 TYP/MAX	VCE (SAT)	1.6 / 2.05	[V]	Ic=15A
FRD順電圧降下 TYP/MAX	Vf	2.0 / 2.4	[V]	If=15A
ブートストラップ電源及び制御電源低下保護電圧	VUVLL	11.0 ± 1.0	[V]	
	VUVLH	11.5 ± 1.0	[V]	
過電流保護トリップ電圧	Vtrip	0.5 ± 5%	[V]	
過電流/短絡保護保持時間 MIN/TYP	Tocp	5/10	[ms]	
TSD動作および解除温度 (※1)(※2)	TDH	120 ± 5	[°C]	
	TDL	100 ± 5	[°C]	
温度モニタ出力電圧 (※1)	Vt	3.13 ± 4%	[V]	Tj (L-MIC) = 125°C

※1 MICの温度であり、パワーチップの温度ではありません。

※2 過渡状態ではLow side MICとパワーチップの温度差が大きくなるので、この機能で熱破壊防止を保証するものではありません。

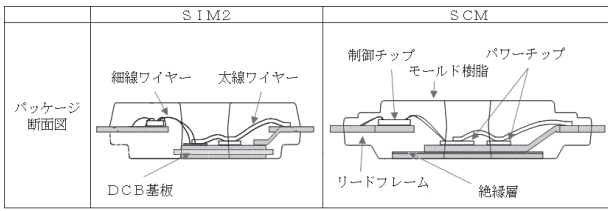


図4 パッケージの断面構造

3.2. 可動ピンモールド技術

DCB基板露出構造を実現するために必要な技術が、可動ピンモールド技術である。

モールド樹脂封止工程で、放熱フィンをパッケージ面に露出するには、DCB基板をモールド金型にピンで押し付けて樹脂封止する必要がある。固定のピンでは、ピンで押さえた部分のDCB基板が露出してしまい、フルモールドとならない。そのため熱硬化のモールド樹脂が硬化する前にピンを可動させ、その部分に樹脂を充填する。

なお、脆性材料のセラミックをピンで強く押さえるとクラックの懸念がある。一方、押さえが弱いと放熱フィン露出面に樹脂が回り込んでしまう。SIM2では、可動ピンによる押さえのストレスと樹脂回り込みを制御する。

3.3. 電流経路・配線技術

パワー出力部の電流経路は、電流量を満たし、さらに低抵抗であることが求められる。

15A定格を満たすために、パワー出力部の内部配線は、太線ワイヤーを採用した。パワーチップおよびDCB基板とリードフレーム接合は、はんだ接合とした。将来の大電流定格化を見据えて、パワー端子幅を拡張し、自由度のあるDCB基板を使ったワイヤボンダプロセスを採用した。

一方、制御部の内部配線は、制御ICを高圧出力端子と逆側のリードフレーム上に搭載し、小型化設計に有利な細線ワイヤーを採用した。

3.4. 絶縁技術

本製品には、外付けヒートシンクが取り付けられるため、高圧印加時にパッケージ端子とヒートシンク間の絶縁性が要求される。図5に空間距離と沿面距離を示す。空間距離はヒートシンク取付高さから端子高さの距離になる。これはダウンセットしたリードフレームにより解決した。沿面距離は図の太線で示す表面の距離である。沿面距離はモールド樹脂のトラッキング性能と深い関係を持ち、その樹脂のグレードにより変わる。SIM2では高いトラッキング性能を持つ樹脂を選定した。また、モ-

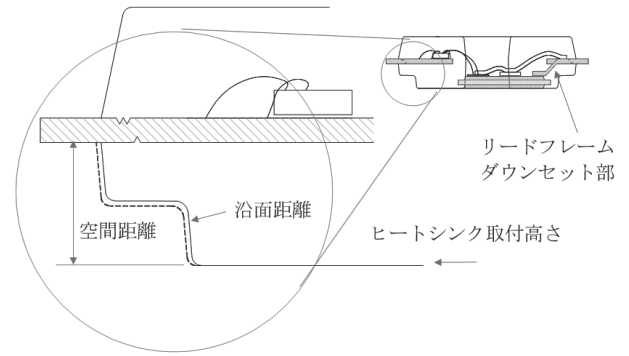


図5 断面方向の絶縁、トラッキング性

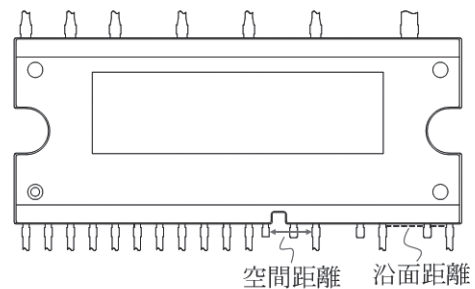


図6 平面方向の絶縁、トラッキング性

ールド形状に段差を付けることで市場要求の沿面距離を実現した。

パッケージ上面から見た平面方向の端子間の絶縁性も要求される。図6にSIM2の平面方向の端子間で最も厳しい空間距離と沿面距離を示す。

従来三相別の3チップ構成から、ハイサイドとローサイド別の2チップ構成に制御ICの構成を変更し、端子配置の最適化をおこない、市場要求の空間距離を満たす設計とした。沿面距離については、モールド樹脂外形を一部凹形状にすることで、市場要求をみたした。

4. むすび

本製品は、高電流密度化したFS-IGBTを搭載し、パワーチップの低損失化を実現した。制御ICは、過熱時の動作温度変更、精度向上により熱破壊のリスク低減したものを搭載し、市場要求である小型化、低損失化、高品質化を満たす製品とした。

新パッケージSIM2は、DCB基板を使うことで、大型の当社従来品の放熱特性を維持しつつ大幅な小型化を実現した。絶縁性は、制御端子数および端子配置の最適化により、市場要求をみたした。

今後も幅広い市場ニーズに応えられるように、パッケージの改良、開発に注力し、省エネルギー化社会の実現に貢献し続ける製品の開発を進めていく。