

白物家電用モータドライバ IC SIM6897M の開発

Development of the Motor Driver IC SIM6897M

前川 祐也*
Yuya Maekawa

大滝 健嗣**
Takeshi Ohtaki

概要 近年、白物家電製品に搭載されるモータドライバICに対しては、基板サイズの小型化要求にともなうパッケージの小型化、電源事情が悪い地域での破壊防止のための高耐圧化、そしてより一層の省エネを実現するための低損失化の要求がある。

これら要求を背景にSIM6897Mでは高電流密度化したフィールドストップIGBT (FS-IGBT) を採用することでチップサイズをシュリンクし、小型SIMパッケージで10A定格化を実現している。あわせて高耐圧化および低損失化を実現し、市場要求にに応じている。また、FS-IGBTを駆動するためのMIC (Monolithic Integrated Circuit) には最新の微細化プロセスを使用することで、チップサイズをシュリンクするとともに、温度モニタ機能を搭載する等の保護機能強化をおこない、市場での破壊リスク低減を図っている。

1. まえがき

近年、白物家電メーカーにおいて、セット内の基板の小型化が進んでいることから、搭載されるモータドライバICに対しては、パッケージサイズの小型化が要求されている。

図1に当社SCMパッケージとSIMパッケージの外形サイズ比較を示す。SCMおよびSIMパッケージはともにDIPパッケージであり、SCMは放熱フィン付きの中型サイズであり、SIMはフルモールドの小型サイズのパッケージとなっている。主に10～30A定格製品をSCMパッケージとし、5A定格以下の製品をSIMパッケージとし電流定格によってパッケージを使い分けてきた。

10A定格製品においては、許容損失含めた発熱面ではSIMパッケージでカバー出来る領域であるものの、搭載するパワー素子のチップサイズが大きく搭載することができずにSCMパッケージに搭載してきた。

10A定格製品を小型SIMパッケージに搭載するためには、高電流密度したIGBTプロセスが必要であった。

また、白物家電市場においては、これまでインバータ

化白物家電が普及していなかった新興国でも省エネ規制が始まり、世界的に省エネ化の動きが高まっている。これらを背景に、インバータ化された白物家電の普及が加速し、モータドライバICにとって大きな市場となってきた。今後も加速していく省エネ化に追従するため、モータドライバICの低損失化は避けては通れない状況となっている。

また、近年は低損失化に加え、電源電圧が安定しない地域でのインバータ家電の普及が加速しており、不安定な電源電圧によりモータドライバICが破壊しないように、パワー素子の高耐圧化が求められている。白物家電向けに用いられるモータドライバICの定格電圧は600Vが一般的となっており、パワー素子の実力耐圧も600V

SIM : 縦 14.8mm × 横 36.0mm × 厚み 4.0mm

SCM : 縦 19.0mm × 横 47.0mm × 厚み 4.4mm

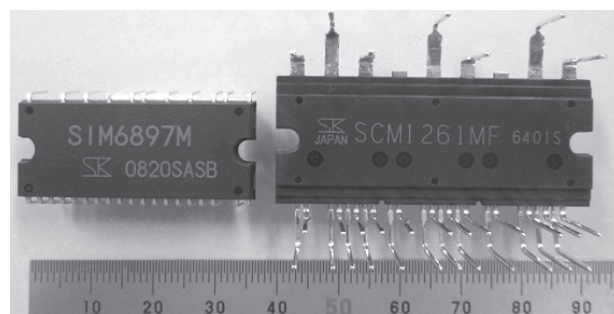


図1 SCMとSIMの外形サイズ比較

* デバイス事業本部 技術本部 IPM 事業部 開発2課

** デバイス事業本部 技術本部 プロセス技術統括部

デバイス開発部 デバイス設計1課

を満たせるように設計されていることが多い。これら要求に応えるべく600V以上の高耐圧化をおこなう場合、 $V_{CE(sat)}$ とのトレードオフ関係もあり、チップサイズが大きくなってしまふ。逆にチップサイズを維持すると $V_{CE(sat)}$ が増加するため、省エネ化の要求を満たすことができなくなる。このため、高耐圧化と低損失化のトレードオフ関係を解消するためにも新たなIGBTプロセスが必要となっている。

その他の要求としては、低コスト化、アブノーマル時にも破壊しない等の品質の向上が求められる。

2. 市場要求を満たす開発製品

SIM6897Mは、前項で述べた課題を解決し、かつ市場要求を満たすため開発着手した。

課題を解決するための開発コンセプトは2つある。1つ目は、高耐圧且つ高電流密度を可能とするFS-IGBTを開発し搭載することである。これにより、小型SIMパッケージによる10A定格製品を実現するとともに、高耐圧化及び低損失化の実現を狙う。

また、2つ目の開発コンセプトは、MICプロセスを最新の微細化プロセスを採用することで、チップサイズをシュリンクするとともに温度モニタ機能を含めた品質向上をはかることである。

2.1 700V FS-IGBTの開発

当社のトレンチIGBT開発はPT (Punch Through)-IGBTからスタートし、FS-IGBTへと世代を進めてきた。今回、小型化、低損失化、高耐圧化など高まる市場要求に対応するため、さらなる特性改善を盛り込んだFS-IGBTを開発した。耐圧設計に対しては、従来600Vとしていた耐圧を高耐圧化し、定格700V耐圧とすべく設計した。

図2に当社のトレンチIGBT開発経緯と本新製品の構造を示す。(a) PT-IGBTでは高不純物濃度のP型基板の上にN型エピ層を形成しホールの高注入により低 $V_{CE(sat)}$ を実現していた。しかしながら、ホール注入量が多いためターンオフ時の損失が増大してしまう。そのため、ライフタイムキラーを形成して損失を減少させる手法を用いているが、 $V_{CE(sat)}$ 、リーク電流の増大などの背反事項があるためにトレードオフ改善には限界があった。

これに対し(b) FS-IGBTではP型エピウェーハは使用せずイオン注入で裏面拡散層を形成するので、イオン注入条件の調整によりホール注入量を精度良く制御することが可能となり、 $V_{CE(sat)}$ とスイッチング損失のトレードオフ特性を向上させることができた。

今回(c)新製品ではFS構造を用いつつさらなる低損失化のために、N-ドリフト層をさらに薄化しN-ドリフト層抵抗を低減した。表面MOS構造は低 $V_{CE(sat)}$ 化のためにトレンチセルピッチを微細化しチャンネル抵抗を低減しつつホール蓄積度を向上させた。これら構造を改良することでトレードオフ特性改善を実現した。一方、上記施策は飽和電流増大、熱容量低下により負荷短絡耐量の低下をとまなうが、セル領域におけるNエミッタを調整することで製品要求の耐量を確保した。

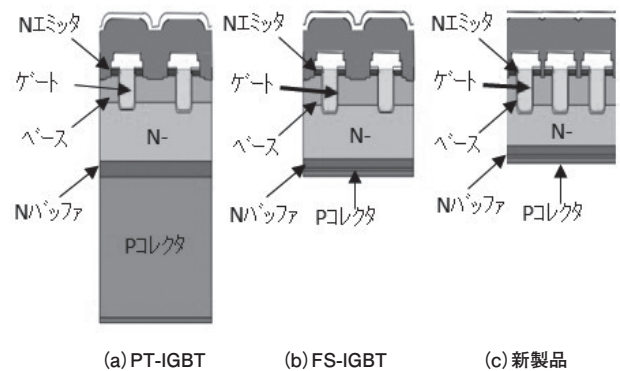


図2 当社トレンチIGBTの構造と特徴

図3に $V_{CE(sat)}$ - E_{off} トレードオフ特性を示す。FS構造の採用、N-ドリフト層の薄化、表面MOS構造の最適化によりトレードオフ特性改善が可能となり低損失化と高耐圧化の両立が可能となった。また、従来品に対してチップサイズを縮小し1.7倍の高電流密度化を実現したことで、小型SIMパッケージへの搭載やチップコストダウンが可能となった。

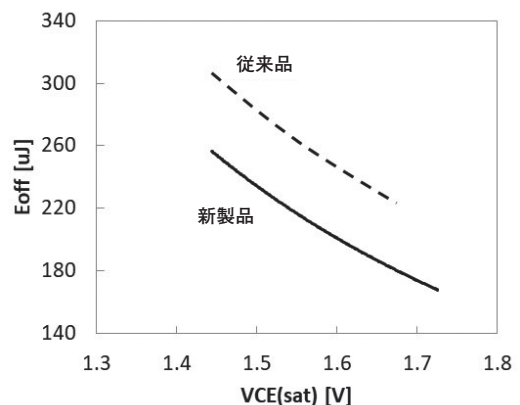


図3 $V_{CE(sat)}$ - E_{off} トレードオフ特性

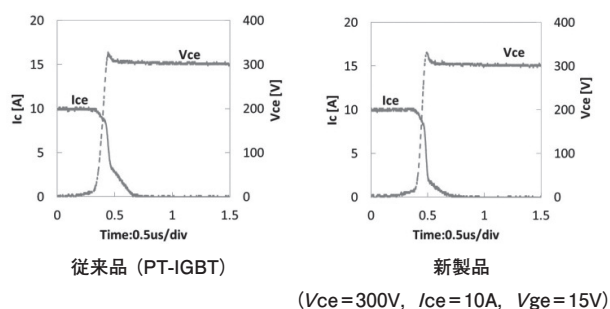


図4 L 負荷ターンオフ波形

図4に室温でのL負荷ターンオフ波形を示す。従来品に比べIceのテール電流が少なく、 dv/dt が急峻となりスイッチング損失が低減されていることが分かる。

今回の開発において小型化、低損失化、高耐圧化といった製品要求を満足する結果が得られており700V FS-IGBTのプロセスを確立することができた。本製品への搭載に限らず、このプロセスをベースにして様々な製品用途への展開を進めている。

2.2 MICのチップシュリンクと品質改善機能追加

図5に従来品SIM6800Mシリーズと新製品SIM6897MのMICチップサイズ比較を示す。SIM6897Mでは、MICを最新の微細化プロセスへ置き換えたことにより、品質改善機能の搭載をおこないつつMICチップトータルサイズを従来品より21%シュリンクできた。

最新の微細化プロセスでは、酸化膜厚の薄厚化によりコンデンサ素子やMOS素子のサイズシュリンクをしていることや、プロセスルールの微細化が可能になったこ

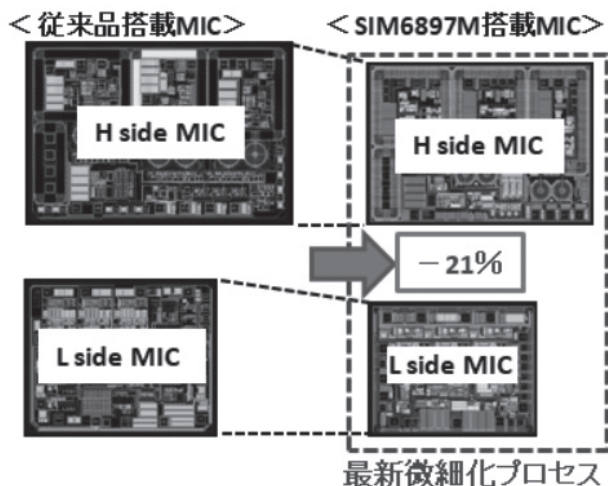


図5 従来品と新製品の搭載MICチップサイズ比較

とから、素子集積度が向上している。

品質改善機能の1つとして、前項にて紹介している製品SCM1272MAに搭載している温度検出精度改善版の温度モニタ機能 (Thermal Monitor) を本製品SIM6897Mにも搭載している。

微細化プロセスによる素子集積度の向上を活用し、今後もさらなるMICの高機能化を目指し、優位性のある差別化をおこなう。

3. 製品概要

SIM6897Mは、パワー素子のIGBT/FRD、それを制御するHigh side MICとLow side MIC、電流整流用ブートストラップダイオードの5種のチップをリードフレーム上へマウントし、高熱伝導樹脂でモールドしている。

チップ-チップ間およびチップ-フレーム間は細線ワイヤーを使用し電氣的な接続をおこなっている。

パッケージサイズは、縦14.8mm×横36.0mm×厚み4.0mmとなる。

図6にSIM6897Mの内部ブロック図を示す。保護機能は、従来品と同様に、UVLO、OCP、TSDを搭載している。Low side MIC内に構成された温度モニタ機能 (Thermal Monitor) により高精度のパッケージ温度検出を提供できる。

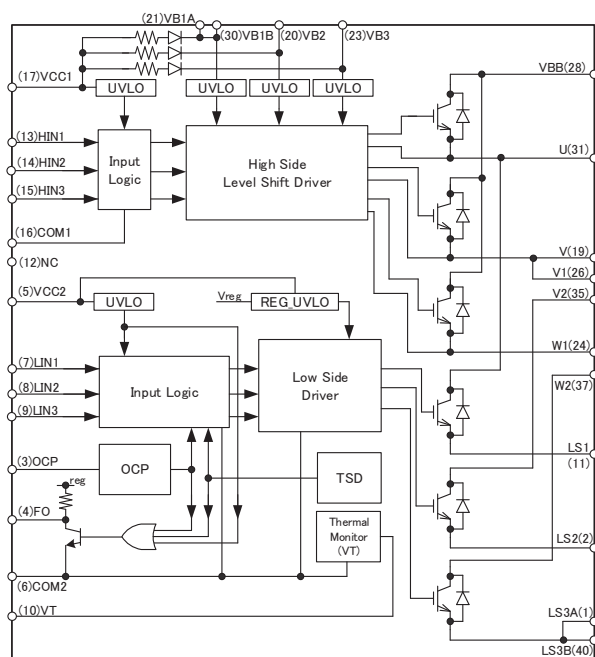


図6 SIM6890Mシリーズ内部ブロック図

表1にSIM6897Mを含めSIM6890Mシリーズの主な仕様を示す。SIM6897Mを含むSIM6890Mシリーズでは以下項目の特性改善をおこなっている。

- ・ 過電流保護トリップ電圧値および精度
従来品：1.0V ± 10% → 新製品：0.5V ± 8%
- ・ 過電流保護保持時間
従来品：25us(min) → 新製品：5.0ms(min)

過電流保護トリップ電圧の見直しおよび高精度化により、電流検出用シャント抵抗による損失低減が可能となるほか検出電流の精度改善により効率的なモータ回転制御を提供可能となるなど、さらなる低損失化が可能となった。

また、過電流保護保持時間の拡張により、アブノーマルに、上下同時オン指令が入力端子へ継続的に印加される等により繰り返し過電流保護モードとなったとしても破壊に至ることはなく、白物家電で致命的な音鳴り破壊やパッケージ破裂破壊のリスクを低減できる。

4. むすび

今回新たに開発したFS-IGBTにより、パワー素子の小型化に加えて高耐圧化と低損失化という市場要求特性を満たすことができた。

MICの機能面においては、安全性をより高めるための優位性ある品質改善を実現した。

これらにより、従来の10A定格製品は中型サイズのSCMパッケージに搭載してきたが、今回開発したSIM6897Mでは、小型サイズのSIMパッケージへ搭載を可能とし、基板の小型化に寄与することができ、市場要求を満たす製品が実現できた。

今後も、さらなる小型化、低損失化に寄与する製品開発を継続すると共に、15～20A定格製品への拡大を進めていく。

表1 SIM6890Mシリーズの主な仕様

項目	記号	仕様値						単位	条件
		SIM6891M	SIM6893M	SIM6894M	SIM6892M	SIM6896M	SIM6897M		
出力パワー素子	—	SJ MOS			IGBT			—	
定格出力耐圧	VCES	600						V	
定格出力電流	I_o	2.5	5.0	3.0	5.0	3.0	10.0	A	
IGBT出力飽和電圧 TYP/MAX	VCE(SAT)	—	—	—	1.75/2.2	1.8/2.3	1.5/2.0	V	I_c = 定格出力電流 I_o ※ 97M : I_c = 8A
MOSFETオン抵抗 TYP/MAX	Rds(on)	2.0/2.5	0.45/0.60	1.3/1.5	—	—	—	Ω	I_d = 定格出力電流 $I_o \div 2$
絶縁耐圧 (MIN)	Viso	1500						Vrms	裏面-リード端子間 AC 1分間
端子間隔	P	1.778						mm	
熱抵抗 (接合-ケース間)	R (J-C)	3.6						°C/W	全素子動作
熱抵抗 (接合-周囲間)	R (J-A)	25.0						°C/W	全素子動作
ブートストラップ電源 低下保護電圧	VUVHL	10.0 ± 1.0						V	
	VUVHH	10.5 ± 1.0						V	
制御電源低下保護電圧	VUVLL	11.0 ± 1.0						V	
	VUVLH	11.5 ± 1.0						V	
過熱保護動作および解除温度※	TDH	150 ± 15						°C	
	TDL	120 ± 15						°C	
過電流保護トリップ電圧	Vtrip	0.5 ± 8%						V	
過電流保護保持時間 MIN/TYP	Tocp	5/10						ms	

※ Low side MICの温度であり、パワーチップの温度ではありません。
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。