

車載用インテリジェントパワーデバイスの開発

細谷 太・相馬 治・天田 健嗣
太田 充・嶋田 英志・Tai Siew Chin

要 旨

近年、自動車における電子化は著しく、車載装置を制御するスイッチの半導体化が進んでいます。NECエレクトロニクスは、車載用途で要求される過酷な使用条件に対応する高い信頼性を持つインテリジェントパワーデバイスの開発を進めています。

キーワード

●インテリジェントパワーデバイス ●過電流保護 ●過熱検知 ●TO-252 ●MCP

1. まえがき

NECエレクトロニクスでは、自動車電装用のインテリジェントパワーデバイスをエンジン制御用と車体制御/安全制御用の大きく2つの用途に分けて、それぞれのニーズに最適な製品開発を進めています。これらの用途では、高性能と高信頼性が求められるとともに、自動車の居住性や経済性を高めるために、小型化・省エネルギー化や低コスト化への対応も欠かせないものとなっています。そのような流れのなかで、昨今は電子制御ユニット（以下、ECU）の信頼性・耐用年数向上のため、ユニット内で多数使用されているメカニカル・リレーの置き換えとなるインテリジェントパワーデバイス製品へのニーズが高まっています。弊社では、上記のニーズに応えるために、大電流/低オン抵抗、低暗電流特性で、かつ、過電流/過熱検知機能などの保護機能ならびに自己診断出力機能を

を備えたハイサイドスイッチ製品を小型パッケージ(TO-252)で実現しました（図1）。

2. インテリジェントパワーデバイスに対する市場の要求

車載装置を制御するスイッチは、車中に張り巡らされたワイヤハーネスが、車体に短絡するなどして過電流状態に陥る可能性があります。そのような場合はただちにスイッチの出力を遮断するなどして、スイッチ自身はもちろんのこと、スイッチが実装されるECU、ワイヤハーネスの発煙・発火を防ぐ必要があります。このため、インテリジェントパワーデバイスはスイッチの役割をするMOSFETと、過電流や過熱といった異常状態を検出し、素子自身を保護する機能、および出力状態をモニタするため自己診断情報を出力する機能が必要になり、これらの機能を小型かつ低コストで実現することが要求されています。また近年では、信頼性に加え、異常状態が長時間続く場合、あるいは繰り返し起こる場合を想定し、異常状態に対するロバスト性も要求されています。

車体制御の用途に用いられる製品の場合は、省エネルギーの観点から、暗電流の極小化が必須となっています。加えて、たとえば、ランプ駆動用途の場合、ランプ点灯時、フィラメントが温まるまで突入電流が流れますが、この突入電流と異常電流とを判別しなければなりません。また、玉切れ検出することが法令化されており、これを実現するための自己診断出力の高精度化が必須となっています。上記のようにインテリジェントパワーデバイスには、非常に複雑な機能、高精度な特性が求められています。

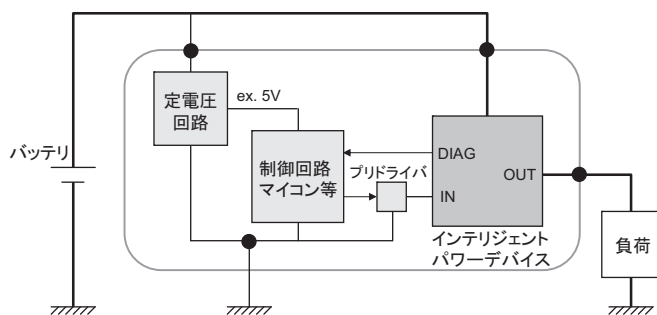


図1 インテリジェントパワーデバイス使用例

3. 今回開発したインテリジェントパワーデバイスの特徴

3.1 スタック型MCP構造を採用し、小型・低価格を実現

抵抗が小さく発熱量が少ないことが特長のUMOS構造（トレンチセル型構造）の電界効果トランジスタ(FET)チップと、これを制御するコントロールチップを、縦方向に積み重ねたスタック型マルチ・チップ・パッケージ(MCP)を採用しました。この技術により、ヘッドライトなどの車載装置に最適な10mΩのオン抵抗値を、JEDECが規格化した、ピン数5本のTO-252という小型パッケージで実現しました。

また、FETチップとコントロールチップをそれぞれに最適な工程で製造して組み合わせることができ、同じ機能をワンチップで実現した場合に比べ低価格で実現できます。

3.2 出力状態をモニタ可能

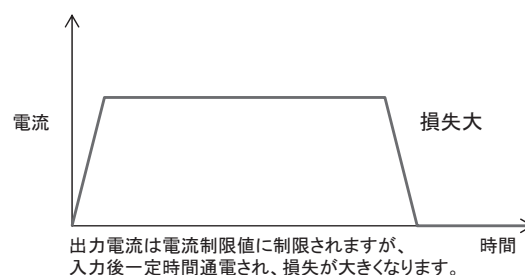
通常動作時には出力電流に応じたセンス電流を出力する機能を搭載しています。一般的に、センス電流は抵抗を介し電圧に変換され、マイコンのA/D変換でモニタされます。出力電流とセンス電流の比は製品の特性として規定化されており、この比をもとに出力電流値を計算することができます。マイコンは計算によって求められた出力電流値によって、インテリジェントパワーデバイスに接続されている車載装置が正常に駆動されているか、ショート/オープンといった異常状態になっているかを判定することが可能になります。また、インテリジェントパワーデバイス自身が、過大電流の通電や過剰な発熱などの異常状態を検出した場合、マイコンに異常を知らせるための自己診断出力機能を搭載しています。これらの機能により、出力の状態を正確に把握することができ、ECUの高信頼性化に貢献します。

3.3 高いロバスト性を実現

負荷ショート保護方式として、業界で一般に使用されている電流制限方式でなく、過電流検出即断方式を採用しました。この方式をとることにより、異常状態時に素子が受けるストレスの軽減を図っています（図2 参照）。

ショート状態による過電流と判定する検出値は、通常に負荷が接続されている状態に流れうる電流値以上に設定されて

a)電流制限方式



b)過電流検出即断方式

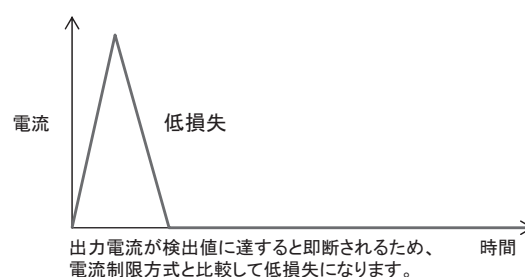


図2 負荷ショート保護方式比較（負荷ショート状態で入力アクティブ）

いるため、たとえばランプ駆動時の突入電流を、ショート状態による過電流と誤判定するようなことはありません。また、この検出値は、FETチップのドレインソース間電圧に依存する特性としており、異常状態時に素子が受けるストレスを最小限にすることを可能としています。

ショート状態が繰り返し、または長時間継続された場合の素子の発煙・発火のリスクをあらかじめ確認しておくためにAEC(Automotive Electronics Council)により負荷ショート信頼性試験規格(AEC Q100-012)が設けられています。今回開発したインテリジェントパワーデバイスは、前述のような保護方式を採用することで、AECの定める負荷ショート信頼性試験で、最上級グレードの成績を実現しました。

3.4 スルーレートを制御しノイズを低減

ON、OFFのスルーレートを調整し、急激な電流の変化を抑制する機能を搭載しています。これにより、急激な電流の変化が原因で発生し、車載装置の正確な稼働に悪影響を及ぼすノイズを削減することができます。

4. 製品の特性と今後の製品展開

写真1に5Pin TO-252の外観写真、図3に今回開発した製品の断面構造図、写真2にSEM写真を示します。図3、写真2にあるように、FETチップの上に、コントロールチップをマウントするスタック構造を採用しています。図4に内部ブロック図を、表に主要特性を示します。

また、図5に今後の製品展開を示します。エンジン制御用途には、ECUの高温条件での動作に貢献すべく、高品質・高信頼性を保ちつつ、高温動作保証に対応する製品の開発を進めています。車体制御/安全制御用途には、今回開発した製品をベースに、バッテリー逆接続時の保護動作や自己診断出力の高精度化といった機能改善、さらなる大電流/低オン抵抗の製品開発を進めるとともに、パワーSOPパッケージによる多出力製品の開発を進めています。

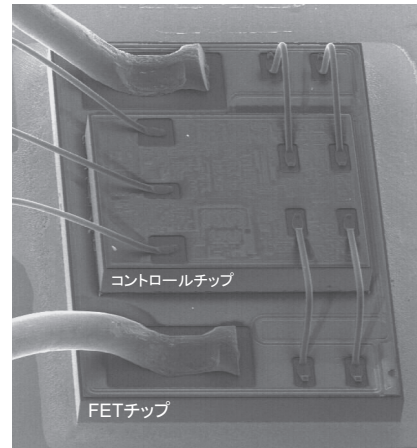


写真2 SEM写真

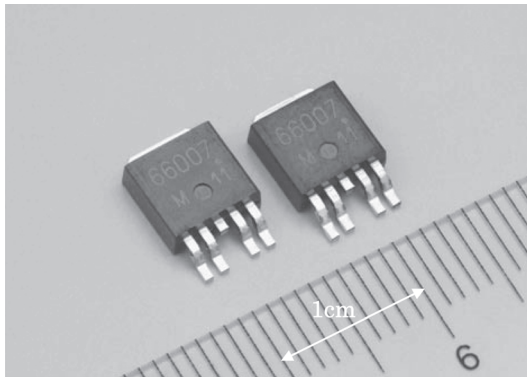


写真1 5Pin TO-252の外観写真

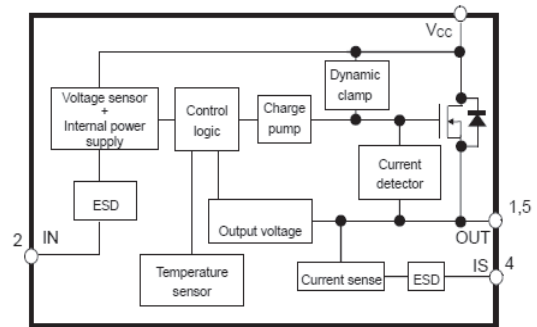


図4 内部ブロック図

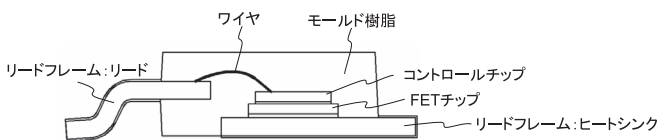


図3 断面構造図

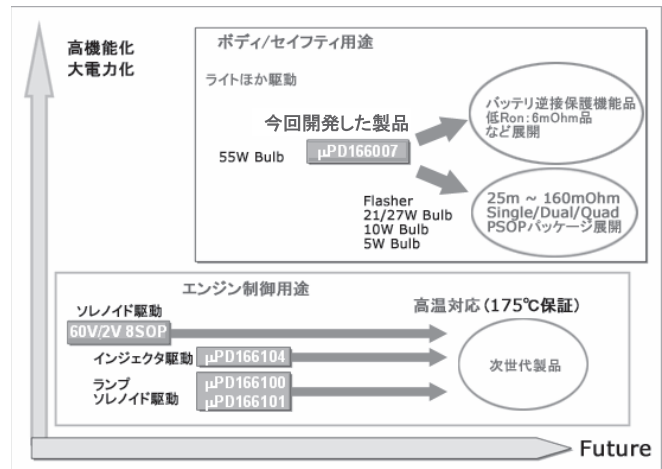


図5 今後の製品展開

表 主要特性

絶対最大定格 (Tch=25°C)

項目	記号	条件	品名		単位
			μ PD166007 (量産中)		
			定格		
電源電圧	Vcc1		28		V
電源電圧(負荷ショート時)	Vcc2		18		V
出力耐圧(ロードダンプ時)	Vcc3	td=250ms	36		V
チャンネル温度	Tch		150		°C

電气的特性 (Vcc=12V, Tch=25°C)

項目	記号	条件	品名			単位
			μ PD166007 (量産中)			
			MIN	TYP	MAX	
オン抵抗	Ron	IL=7.5A		8	10	mΩ
スタンバイ電流	Icc(off)	IIN=0A		4	6	μA
バッテリー逆接続時出力電圧	Vds(rev)	Vcc=-12V, IL=-7.5A, RIS=1kΩ		0.8	0.84	V
ターンオン時間	ton	RL=2.2Ω, Ta=-40°C~150°C		200	400	μs
ターンオフ時間	toff	RL=2.2Ω, Ta=-40°C~150°C		250	700	μs
負荷ショート検出電流値	IL12.3(SC)	Von=3V	76	105		A
出力クランプ電圧(L負荷OFF時)	Von(CL)	IL=40mA	30	34	40	V
過熱検出温度	Tth		150	175		°C
電流センス比	KILIS *1	VIS<Vout-6V, IIS<IIS.lim IL=30A	8300	9400	10600	
		VIS<Vout-6V, IIS<IIS.lim IL=7.5A	8000	9500	10800	
		VIS<Vout-6V, IIS<IIS.lim IL=2.5A	6500	9600	12800	
センス電流オフセット電流	IIS.offset	VIN=0V, IL=0A	0		60	μA

*1 KILIS=IL/IIS

5. むすび

今回開発した、リレー置き換え用のインテリジェントパワーデバイスはスタック型マルチ・チップ・パッケージ(MCP)技術により、低オン抵抗の出力特性と保護機能、自己診断出力機能を小型パッケージで実現し、ECUの小型化・高信頼性化に貢献します。

弊社は今後も、ウェハプロセス、パワーパッケージの開発や、最適な保護機能を追及することにより、さらに高性能・高ロバスト性のインテリジェントパワーデバイスを開発していきます。

執筆者プロフィール

細谷 太
NECエレクトロニクス
表示・PMD事業本部
パワーマネジメントデバイス事業部
主任

天田 健嗣
NECエレクトロニクス
営業事業本部
マーケティング部

嶋田 英志
NEC Electronics America
Automotive SBU

相馬 治
NECエレクトロニクス
表示・PMD事業本部
パワーマネジメントデバイス事業部

太田 充
NEC Semiconductors Malaysia
Discrete Manufacturing Division
Manufacturing Engineering Department
Deputy Department Manager

Tai Siew Chin
NEC Semiconductors Malaysia
Discrete Manufacturing Division
Manufacturing Engineering Department
Associate Specialist