

SOP-8 パッケージハイサイド IPS

木内 伸(きうち しん)

大江 崇智(おおえ たかし)

八重澤 直樹(やえざわ なおき)

① まえがき

自動車産業界では5年以上前から、「安全」をキーワードとする商品がメーカーの主軸となるといわれてきた。事実、現在ではABS (Antiskid Brake System)、エアバッグといった安全確保のための電子装置は、どの車両においてもほぼ標準装備となっている。また、数年前から、その各システムを統合制御することで、予防安全性能を向上させる車両安定性制御装置付き車両が、各社から発売されている。

さらに、近年では2010～2015年をめどに、ITS (Intelligent Transportation Systems: 自動運転を目的とする高度道路交通システム)の整備が進められており、ITSの自動車としてのプラットフォームとなるASV (Advanced Safety Vehicle: 先進安全自動車)の第2期開発計画が、運輸省推進の下で1996年からスタートしている。このような時代背景からITSと連動するASVの開発が、燃料電池自動車の開発とともに急ピッチで進められている。

これらの「安全」をキーワードとする電子制御装置の大規模化により、自動車電装メーカーでは、ECU (Electric Control Unit)の基本性能は向上させながら、その小形・低コスト化を切望している。以下にそのECUに対する電装メーカーの要求内容を具体的にまとめる。

- (1) 電子制御装置全体の大規模化に伴うECUの小形・薄形化
- (2) 電子制御装置全体の大規模化に伴うワイヤハーネスの低減
- (3) ECUの低コスト化
- (4) ECUの高性能化(自動車としての安全性・快適性の向上)
- (5) ECUの高信頼性化

高度な自動車エレクトロニクスシステム実現のためには、その目的に適合した高度な半導体が必要不可欠であることはいうまでもない。そのなかで、インテリジェントパワーデバイスはセンサやLSIとともに、今後の自動車エレクトロニクスシステム化のための重要なキーデバイスといえる。

前述のECUに対する要求を、ECUに使用される半導体に対する要求として置き換え、以下にまとめる。

- (1) 半導体デバイスの小形・薄形化 パワー半導体のSMD (Surface-Mounted-Device: 表面実装デバイス)パッケージ化
- (2) システムに必要なとされる電流値以上の電流が流れる異常時でも、その電流を検出・制御する機能
- (3) 半導体デバイスの低コスト化
- (4) 半導体デバイスの高性能化
- (5) 半導体デバイスの高信頼性化

富士電機では、上記の半導体デバイスへの要求にこたえる新製品、SOP-8 パッケージ IPS (Intelligent Power Switch) F5044Hを開発した。

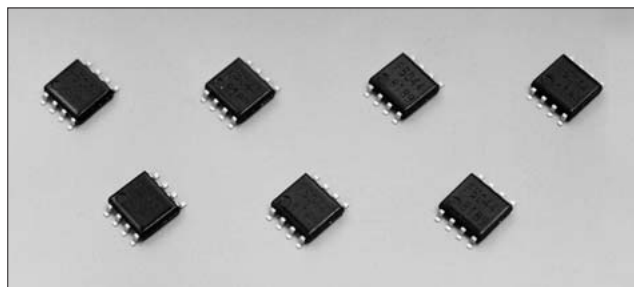
IPSは、駆動、制御、保護、自己診断、状態検出出力などの制御回路と、パワーデバイスを1チップ化することで、従来上記の回路を自動車メーカー側で付加してきた場合に比べ、電子部品の集積を低価格で実現可能にし、小形かつ信頼性の高いシステムを可能にするデバイスである。

② 製品の紹介

2.1 主要特性の紹介

SOP-8 パッケージ IPS F5044Hのパッケージの外観を図1に、最大定格を表1に、電気的特性を表2に、論理表を表3に、回路ブロックダイアグラムを図2に示す。さらに主な特徴を以下に紹介する。

図1 SOP-8 IPS F5044H パッケージの外観



木内 伸

インテリジェントパワーデバイスの開発・設計に従事。現在、松本工場半導体開発センターパワー半導体開発部。



大江 崇智

インテリジェントパワーデバイスのチップ開発・設計に従事。現在、松本工場半導体開発センターパワー半導体開発部。



八重澤 直樹

インテリジェントパワーデバイスの開発・設計に従事。現在、松本工場半導体開発センターパワー半導体開発部。

表1 F5044Hの最大定格 (T_C = 25)

項目	記号	定格	条件	単位
ドレイン-ソース間電圧	V _{DS}	50/33	0.25s/DC	V
電源電圧	V _{CC}	50/33	0.25s/DC	V
出力電流	I _{OUT}	3	内部制限値	A
入力電圧	V _{IN}	- 0.3 ~ V _{CC} + 0.3	DC	V
ステータス電流	I _{ST}	5		mA
接合部温度	T _J	150		
保存温度	T _{stg}	- 55 ~ + 150		

表2 F5044Hの電気的特性 (T_C = 25 , V_{CC} = 13 V)

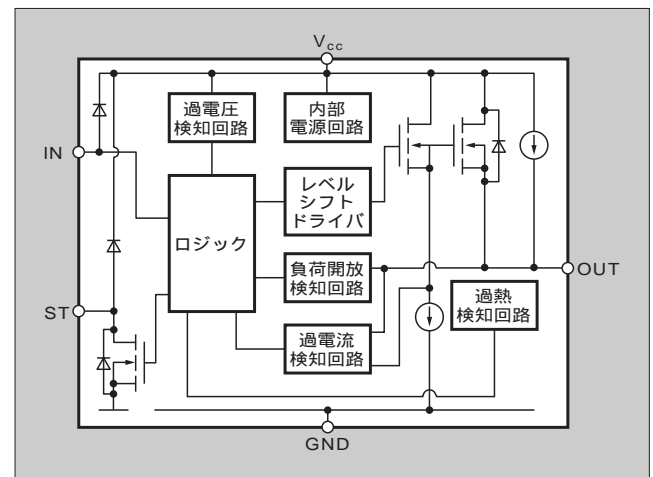
項目	記号	条件	規格値		単位
			最小	最大	
動作電源電圧	V _{CC}		6	28	V
静止電源電流	I _{CC}	V _{CC} = 13 V R _L = 10 V _{IN} = 0 V		3	mA
入力電圧	V _{IN(H)}	V _{CC} = 13 V	3.5		V
	V _{IN(L)}	V _{CC} = 13 V		1.5	V
入力電流	I _{IN(H)}	V _{CC} = 13 V V _{IN} = 5 V		12	μA
オン抵抗	R _{DS(on)}	V _{CC} = 13 V I _{out} = 1.25 A		0.12	
過電流検知	I _{OC}	V _{CC} = 13 V	3	6	A
過熱検知	T _{trip}	V _{CC} = 13 V	150	200	
過電圧検知	V _{OV}		28	33	V
スイッチング時間	t _{on} /t _{off}	V _{CC} = 13 V R _L = 10		100/40	μs
L負荷クランプ電圧	V _{clamp}	V _{CC} = 13 V L = 10 mH	-(50 - V _{CC})	-(60 - V _{CC})	V
負荷開放検知	R _{LOPEN}	V _{CC} = 13 V V _{IN} = 0 V	5	30	k

- (1) 過電流・過熱検知による負荷短絡保護
- (2) 過電流検知時、出力電流発振モード下における出力ピーク電流カットによる、低ノイズ化・ワイヤハーネス細線化
- (3) インダクタンス負荷ターンオフ時の逆起電圧に対する電圧クランプ (L 負荷クランプ) 回路内蔵による、インダクタンス負荷高速動作可能
- (4) 出力段パワー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) の低損失化
- (5) 制御回路の低消費電流化 (従来の 1/2 , IPS オン時) による低 EMI (Electromagnetic Interference) ノイズの低減
- (6) 駆動回路内蔵による、マイクロコンピュータ直接駆動可能
- (7) 負荷状態・保護状態出力用ステータス端子内蔵
- (8) システム自身のフェイルセーフ対応として、入力端子開放時の出力オフ機能内蔵

表3 F5044Hの論理表

	IN	ST	OUT	備考
正常動作	L H Open	L H L	L H L	
負荷開放検知	L	H	H	自己復帰
過電流検知	L H	L L	L L	出力発振モード 自己復帰
過熱検知	L H	L L	L L	自己復帰
過電圧検知	L H	L H	L L	自己復帰

図2 F5044Hの回路ブロックダイアグラム



- (9) 自己分離形 CMOS/DMOS (Complementary MOS/ Diffusion MOS) プロセスの採用による低価格化
- (10) SOP-8 SMD パッケージの採用による小形化・自動実装対応

2.2 用途

F5044H は 3 A の電流定格であり、自動車電子システムにおける、油圧ソレノイドバルブ、ランプ、モータなどの制御、あるいは、自動車電子システム内リレーの半導体化用に開発したデバイスである。

なお、F5044H は、出力段パワーデバイスには n チャネル MOSFET を使用しているが、ゲート電圧昇圧用チャージポンプ回路を内蔵しているハイサイド形の半導体素子である。ハイサイド形のメリットは、負荷の電食を回避できる。負荷状況をモニタして、フィードバック制御をかけたい用途の場合における、モニタ回路の設計が容易である (ECU 設計者はモニタ回路を GND 電位基準で設計できる) などが、これらのメリットを生かしたい用途には最適のデバイスである。

③ 特性

3.1 過電流保護

何らかの原因により出力線がボディシャーシに接地した

図3 従来品 F5001H と F5044H の過電流検知動作比較

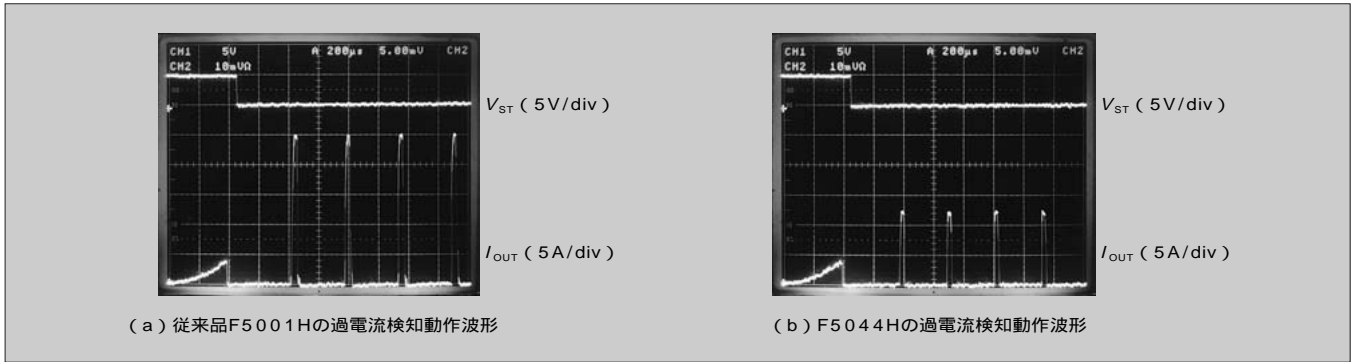
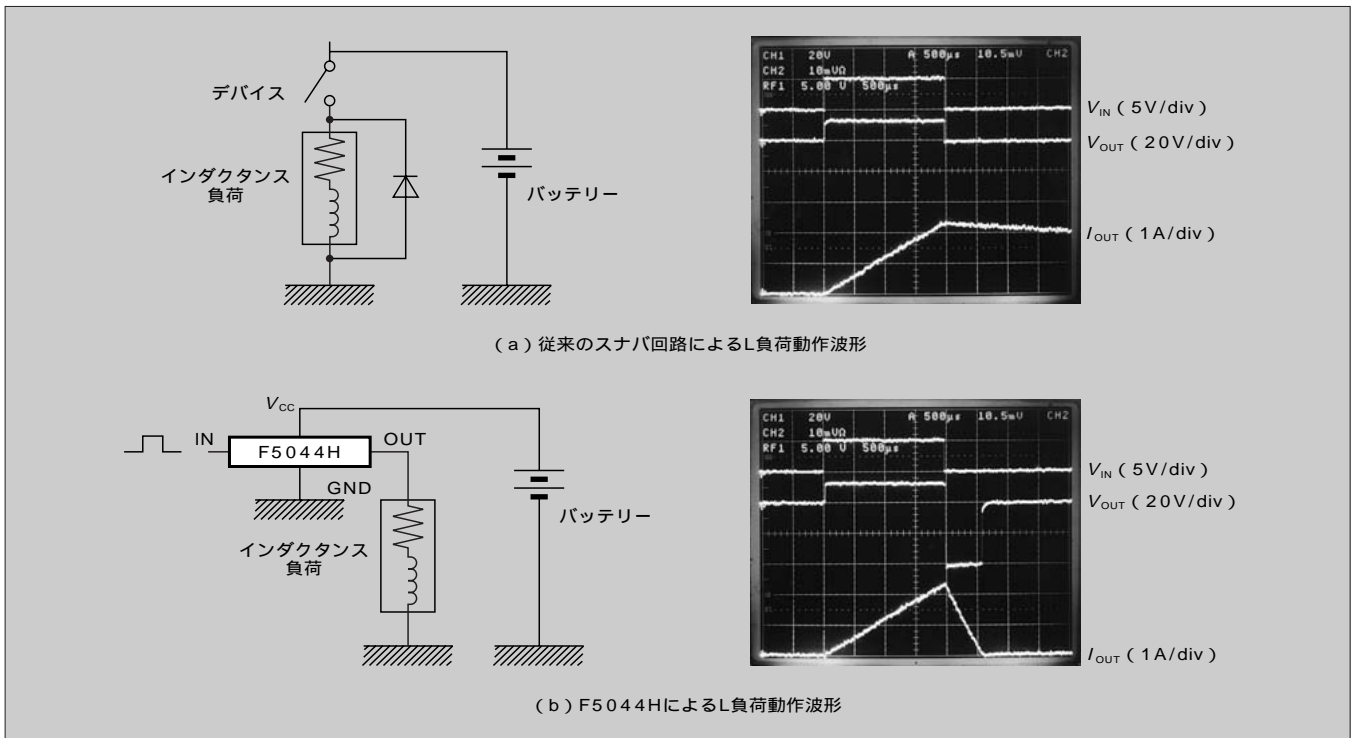


図4 F5044H によるソレノイドバルブ動作波形



場合など、IPS 出力段パワー MOSFET には過大電流が流れる。一般にパワー MOSFET は、低オン抵抗化のためセルの微細化などを実施しており、電流抑制力が低く、過大電流が流れた場合は、回路配線の焼損、素子の破壊といった、システムにとって致命的な結果になる場合がある。IPS は、このような過大電流が流れた場合においても、システム、負荷、素子自身を保護するための過電流保護および過熱保護回路を内蔵している。

図3に、F5044H の出力電流を 0 A から徐々に上昇させた場合の過電流検知状態から、出力電流発振状態に移行する一連の保護動作を、従来品 F5001H と比較する形で示す。この二つの動作波形を比較した場合、過電流検知後に実効電流を下げるための出力電流発振状態における、ピーク電流値が従来品 F5001H は 25 A 程度であるのに対し、F5044H は 12 A 程度と、出力電流ピークカット機能が働いていることが分かる。これは、たとえ負荷にこのような過大な電流が流れるという異常状況下においても、デバイスによる

出力電流発振時に発生するノイズを低く抑えるためである。現在の自動車システムにおける制御装置として必要不可欠であり、その搭載数が今後も増加の一途をたどる各種センサの誤動作の原因とならないようにするためにも、今後の IPS には、このような低ノイズタイプの過電流方式が望ましい。さらに、本機能により F5044H は、過電流検知値以上の出力電流を流すことはあり得ず、さらに過電流検知状態下においても出力電流値を制御・抑制しているため、ワイヤハーネスの細線化が可能となり、燃費向上のキーポイントとされるワイヤハーネスの軽量化に貢献すると考える。

3.2 L 負荷ターンオフ時逆起電圧クランプ機能

ソレノイドバルブのような、自動車に数多く使用される誘導性負荷をシステムに用いるデバイスの場合、この誘導性負荷に蓄積される $LI^2/2$ のエネルギー処理が問題となる。F5044H には、この誘導性負荷をターンオフする際に発生する逆起電圧を約 50 V でクランプし、誘導性負荷に蓄積

図5 従来品 F5001H と F5044H のパッケージサイズなどの比較

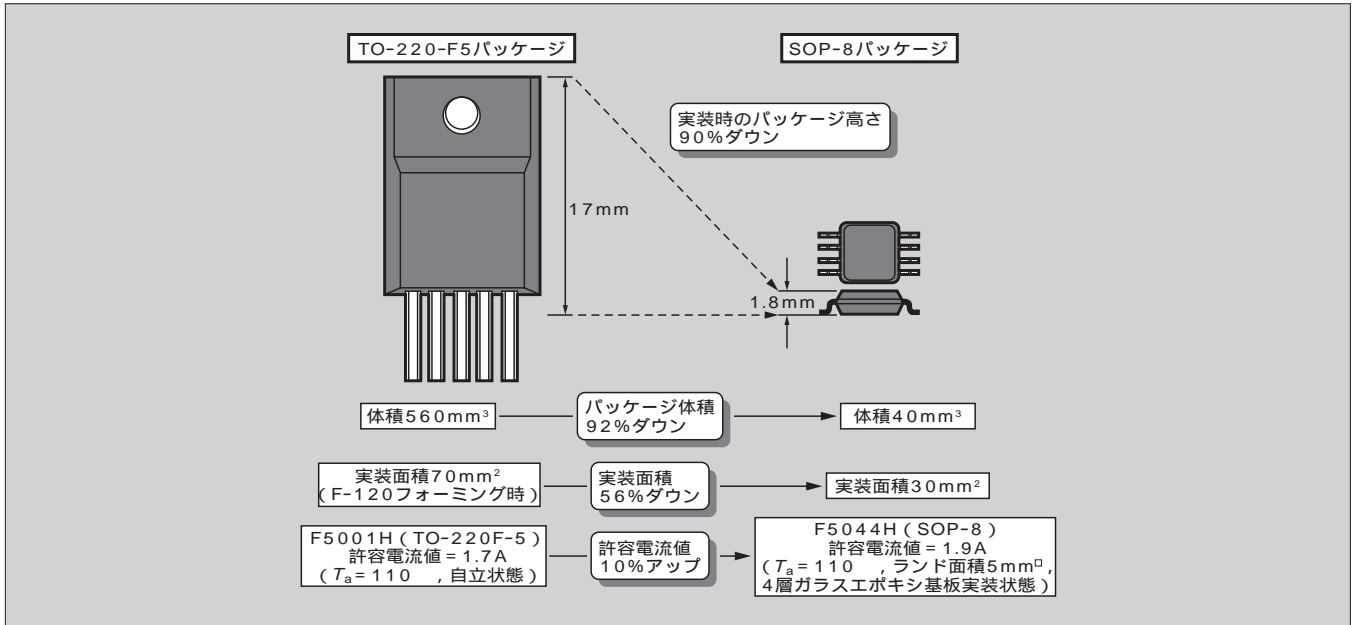
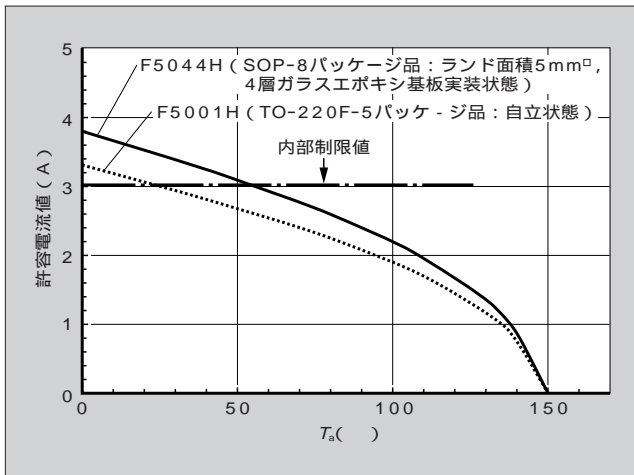


図6 F5001H, F5044H の許容電流温度依存性の比較



されたエネルギーを、出力段パワー MOSFET 自身で吸収する L 負荷クランプ回路を内蔵しており、ターンオフ時のエネルギーデューティが低い場合、スナバ回路などの周辺回路が不要となる。F5044H による実際のソレノイドバルブ駆動波形を、従来のスナバ回路によるエネルギー処理の場合と比較する形で図4に示す。L 負荷クランプ電圧を、出力段パワー MOSFET の耐圧 60V に近い値に設定することで、誘導性負荷に蓄積されたエネルギーを高速に処理していることがよく分かる。これは同時に、システム設計側で特別な周辺回路部品を追加せずとも、誘導性負荷を PWM (Pulse Width Modulation) 制御させることが十分

可能であることを意味する。

3.3 低損失化

従来の IPS シリーズは、TO-220 フルモード 5 端子パッケージを採用していたが、新製品 F5044H では小形・SMD タイプの SOP-8 パッケージを採用することとした。パッケージを大幅に小形化しながら、従来品と同等の電流定格・許容損失を確保するため、オン抵抗は 120 mΩ (最大) に低減した。従来の TO-220F-5 パッケージ IPS F5001H と、新製品である SOP-8 パッケージ IPS F5044H のパッケージサイズなどの比較を図5に、F5001H と F5044H の許容電流温度依存性の比較を図6に示す。パッケージ高さおよび体積を従来品の 1/10 に小形化しながらも、許容電流 1.9A (Ta = 110 時) と、従来品と同一許容電流の確保に成功している。

4 あとがき

インテリジェントパワーデバイスの新製品として F5044H の概要、特性などについて紹介してきた。自動車エレクトロニクス分野で使用されることを前提に、本稿ではその製品を紹介したが、IPS シリーズはその汎用性の高さから各種用途への応用が可能である。

今後富士電機では、さまざまな用途に対応できるインテリジェントパワーデバイスの系列拡大と、さらなる性能向上のための技術確立を推進していく所存である。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。