

自動車用タンク圧センサ「EPL11E-GM」 ——燃料漏れ検出用圧力センサ——

Fuel Tank Pressure Sensor for Vehicles “EPL11E-GM”
—Pressure Sensor for Fuel Leak Detection

篠田 茂* SHINODA Shigeru

自動車の安全性を高める動き、環境負荷を低減する動きがある中、自動車には電子制御による自己故障診断システム（OBD：On Board Diagnostics）を搭載し、燃料タンクシステムの燃料漏れを検出することが義務付けられている。これを受けて、富士電機は2007年にタンク圧センサ（燃料漏れ検出用圧力センサ）を製品化した。

自動車の電子制御化が進み、エンジン制御系のみならず、パワートレイン系、ボディ制御系、情報通信制御系などのECU（Electronic Control Unit）も使用されるようになり、これらの制御システムから発生するノイズに関してEMC（Electromagnetic Compatibility）の要求が厳しくなっている。富士電機はこのような市場ニーズに応えるため、従来製品の外形寸法を維持しつつ、パッケージ内にノイズ除去用のチップコンデンサを搭載してEMCを向上させた自動車用タンク圧センサ「EPL11E-GM」を開発した。

本稿では、EPL11E-GMの相対圧用途とゲージ圧用途について述べる。

1 特徴

EPL11E-GMの外観を図1に、基本仕様を表1に示す。

富士電機のタンク圧センサは、ワンチップ技術のメリットを最大限に生かして“小型・高信頼性”をコンセプトとしてきた。EPL11E-GMでは、EMCの強化が求められる

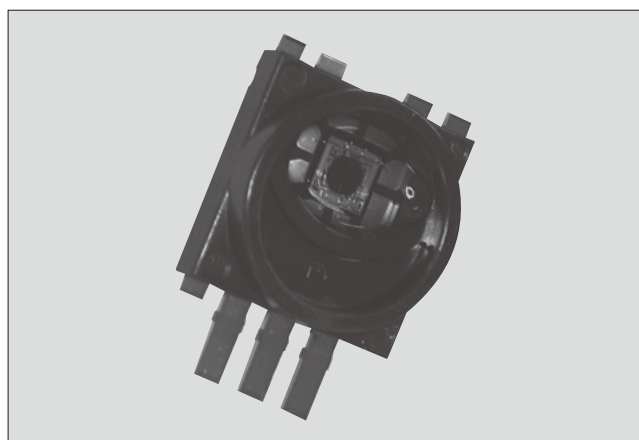


図1 「EPL11E-GM」

* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部自動車電装技術部

表1 「EPL11E-GM」の基本仕様

項目	仕様
外形寸法	15.6×11.5×6.6 (mm)
絶対最大電圧*1	16 V
絶対最大圧力	50 kPa
保存温度	-40~+130℃
使用温度	-30~+120℃
使用圧力*2	±6.666 kPa
出力範囲	0.5~4.5 V
インタフェース	Pull Up ≥ 300 kΩ Pull Down ≥ 100 kΩ
ダイアグ領域*3	<0.2 V, 4.8 V<
シンク電流	1 mA
ソース電流	0.1 mA
圧力誤差	<3.0% F.S.
温度誤差	<1.5倍
EMC耐性	ISO11452-2 (100 V/m, CW, 10k~2 GHz) ISO11452-4 (100 m, CW, 1 M~400 MHz) ISO7637 (Level IV)

* 1 : <1 min

* 2 : 相対圧、フルスケール圧力は任意に変更可能

* 3 : VCC配線の断線、VOUT配線の断線を検知、GND配線の断線を検知

中、従来のセンシング部、信号処理部をワンチップにした技術を踏襲しつつ、外付けのチップコンデンサを搭載することで、小型でありながらEMCを向上させている。

2 製品構成

タンク圧センサは原理的には^{（注）}ピエゾ抵抗式圧力センサである。センサ部、増幅回路部、特性調整回路部およびEMC保護素子を1チップに収めた構造である。

センサ部にはMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術によってダイアフラムを形成し、ダイアフラム上にピエゾ抵抗を配置している。ダイアフラムが圧力によって変形し、抵抗値が変動する。この抵抗値の変動を電気信号に変換して圧力を検出する。

図2にEPL11E-GMの圧力検出ユニットを示す。ダイアフラム上にICの形成と同時に拡散配線からなるピエゾ抵抗を形成し、四つのピエゾ抵抗でホイートストンブリッ

（注）ピエゾ抵抗：機械的応力によって抵抗値が変化する抵抗

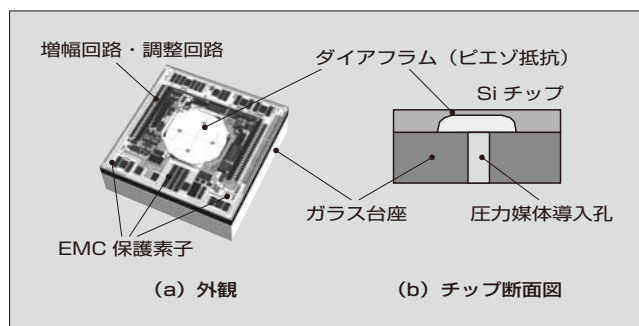


図2 圧力検出ユニット

ジを構成している。ダイアフラムは、富士電機独自の三次元エッチング技術により高精度に、かつ丸みを持たせて加工しており、過大圧力への耐性および高精度の薄膜加工技術による高感度特性を確保している。

本製品のチップは、ダイアフラムのセンサ部より出力される電圧信号を増幅する増幅回路と、センサ特性を補正する調整回路で形成している。自動車のエンジン制御系から発生するサージ電流やアセンブリ工程内での静電気、さらには外部からの電磁波などからセンサ内のCMOS (Complementary Metal-oxide-semiconductor) 回路を保護するための保護素子を備えている。

また、相対的な圧力または大気圧力に対するゲージ圧力を測定するために、圧力検出ユニットのガラス台座およびパッケージ裏面に圧力媒体導入孔を形成した。パッケージからの熱応力および接合層からの内部応力などを緩和させるために、ガラス台座を静電接合プロセスによって形成し、信頼性の高い気密性を確保した。

EPL11E-GMの感度は200～300 mV/kPaであり、富士電機製の主力製品の低圧用センサの10～40 mV/kPaに対して約10倍の高感度仕様である。EPL11E-GM用のチップ設計においては、増幅回路の増幅度アップと高精度化、ならびに高感度化と耐圧力性を備えるようにダイアフラムの最適化設計を行った。

さらに、EPL11E-GMは低圧用センサで使用している富士電機の標準パッケージと同じ外形寸法とし、相対圧用に圧力媒体導入孔を設けたパッケージを用いることにより小型化を実現した。

3 耐電磁ノイズ性

EPL11E-GMの特徴として、電磁ノイズに対する高い耐性が挙げられる。ISO11452に準拠した次の2種類のノイズ試験を行い、図3、図4に示すように良好な結果が得られた。

(a) 放射イミュニティ試験（アンテナ照射試験）

(b) バルクカレントインジェクション（BCI）試験

出力変動は±20 mV以下で出力レンジ4,000 mVの0.5%と低く、十分な耐ノイズ性があることを確認した。

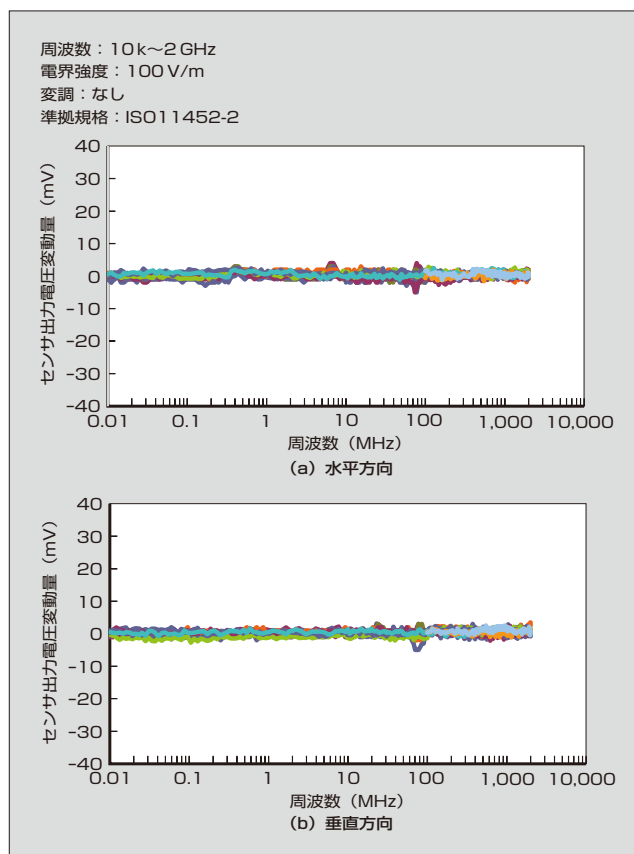


図3 放射イミュニティ試験（アンテナ照射試験）結果

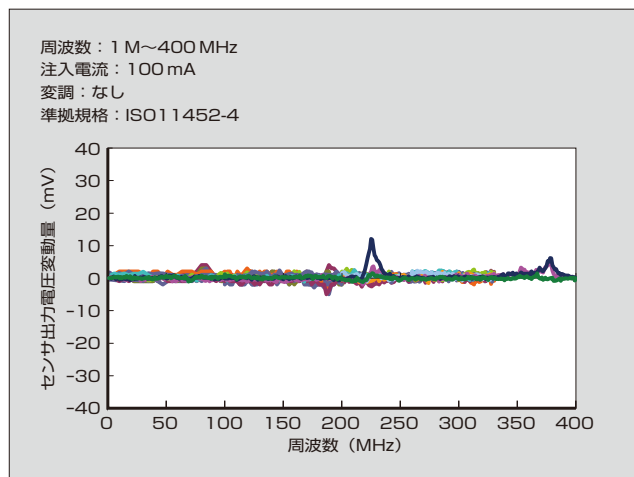


図4 バルクカレントインジェクション（BCI）試験結果

発売時期

2014年6月

お問い合わせ先

富士電機株式会社電子デバイス事業本部
事業統括部自動車電装技術部圧力センサ課
電話（0263）25-2777

（2014年2月20日Web公開）

「V シリーズ」 IPM ——中容量・小型パッケージ「P636 パッケージ」——

“V Series” IPM
—Medium Capacity and Compact Package “P636 Package”

皆川 啓* MINAGAWA Kei

寺島 健史* TERASHIMA Kenshi

近年、IPM (Intelligent Power Module) の主な用途である汎用インバータ、サーボ制御装置などのモータ駆動装置だけでなく、エアコン、太陽光発電用 PCS (Power Conditioner) などの市場においても、装置の小型化が強く求められている。そのため、IPM に対しては、さらなる小型化と出力電流の拡大の要求が高まっている。

これらの市場要求に応えるため、富士電機は現行の「V シリーズ」IPM のラインアップに追加して、新たに中容量 (600 V/50~100 A, 1,200 V/25~50 A) の小型パッケージの製品化を計画している。

本稿では、中容量・小型パッケージ「P636 パッケージ」の特徴とその技術的背景について述べる。

1 特徴

P636 パッケージの外観と外形図を図 1 に、ラインアップを表 1 に示す。P636 パッケージは、外形寸法 W90×D55×H18.5 (mm) の小型パッケージであるにもかかわらず定格電流が 600 V/100 A, 1,200 V/50 A までの中容量をラインアップした業界初の IPM である。装置の小型化と装置設計の自由度向上に貢献する製品である。

(1) 小型化

P636 パッケージのフットプリントサイズは、現行の V シリーズ IPM 「P630 パッケージ」に対して 54%、既存の中容量 IPM である Econo-IPM 「P622 パッケージ」に対して 26% 低減している。

(2) 過電流保護レベルの最適化

装置の最大負荷電流を拡大するために、過電流保護レ

ベルの最適化を図った。過電流保護レベルは、P622 パッケージが定格電流の 1.5 倍であるのに対して、P636 パッ

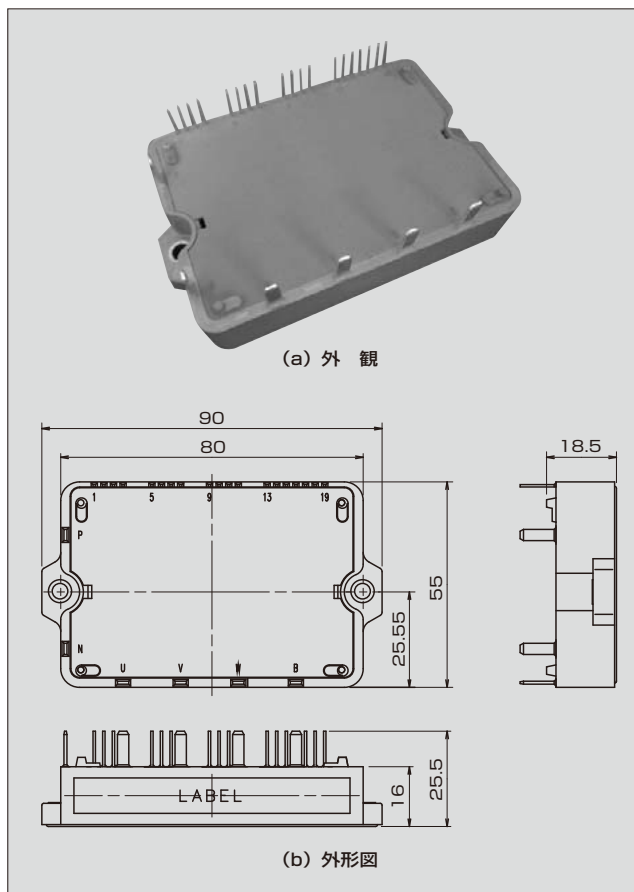


図 1 「P636 パッケージ」

表 1 「P636 パッケージ」のラインアップ

電 圧	定格電流		型 式		搭載機能				
	インバータ部	ブレーキ部	6 in 1	7 in 1	IGBT 駆動回路	制御電源 低下保護	チップ過熱 保護	過電流 保護	アラーム出力 (上下アーム)
600 V	50 A	30 A	6MBP50VFN060-50	7MBP50VFN060-50	○	○	○	○	○
	75 A	50 A	6MBP75VFN060-50	7MBP75VFN060-50	○	○	○	○	○
	100 A	50 A	6MBP100VFN060-50	7MBP100VFN060-50	○	○	○	○	○
1,200 V	25 A	15 A	6MBP25VFN120-50	7MBP25VFN120-50	○	○	○	○	○
	35 A	25 A	6MBP35VFN120-50	7MBP35VFN120-50	○	○	○	○	○
	50 A	25 A	6MBP50VFN120-50	7MBP50VFN120-50	○	○	○	○	○

* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部産業モジュール技術部

ケースは定格電流の2.0倍にアップしている。

(3) ブレーキ用素子の搭載

素子定格は、600V/50~100A および 1,200V/25~50Aの中容量帯をカバーしている。小型パッケージにもかかわらず、ブレーキ用素子を搭載しており、装置設計において、外付けブレーキ用素子が不要となる。

2 背景となる技術

(1) 高放熱絶縁基板の適用による低熱抵抗化

パッケージを小型化する上で、放熱性を改善してパワーチップの熱集中・熱干渉によるチップの温度上昇を抑制する必要がある。そこで、P636パッケージの絶縁基板には、既存のP622パッケージで使用しているアルミナ(Al₂O₃)絶縁基板に替わり、放熱性の高い窒化アルミニウム(AIN)絶縁基板を新たに採用した。

表2に、100A/600Vの同一定格素子におけるP622パッケージとP636パッケージの熱抵抗の比較を示す。P636パッケージは、P622パッケージよりも熱抵抗が約20%低くなった。

(2) 発生損失と放射ノイズの低減

パワーチップの温度上昇を抑制するためには、熱抵抗を低減するだけでなく、発生損失も低減する必要がある。図2に、600V/100AにおけるP622パッケージとP636パッケージのPWMインバータ動作時の発生損失についてシミュレーションで比較した結果を示す。キャリア周波数5kHzの運転条件の場合、P636パッケージはIPM

用に最適設計を行った第6世代IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)の適用により、前世代IGBT適用のP622パッケージと比較して約10%損失を低減している。

図2に示すように、IGBTとFWDの定常損失は全発生損失の約60%を占めている。“IGBTの定常損失とターンオフ損失”および“FWDの定常損失とターンオン損失・リカバリー損失”は、それぞれトレードオフの関係にある。そこで、発生損失の中で最も支配的なIGBTとFWDの定常損失を低減させるために、IGBTのV_{ce(sat)}とFWDのV_Fのトレードオフ曲線上の適用ポイントを見直した。

また、発生損失は、放射ノイズともトレードオフの関係にある。P636パッケージでは発生損失を低減しつつ、放射ノイズを抑制するために、前述のトレードオフ関係の最適ポイントの見直しにより、スイッチング時の電圧の立上がりdv/dtを低減し、図3に示すように従来よりも放射ノイズを抑制している。

(3) 出力電流の増加

P636パッケージは、P622パッケージよりも熱抵抗(IGBT部)が17%低減し、発生損失は10%低減したことで、同一のΔT_{jc}(チップ-ケース間温度)となる出力電流値は、30%増加させることができる。たとえば表3に示すように、同一のΔT_{jc}となる出力電流値は、P622パッケージが30A(実効値)であるのに対して、P636パッケージは39A(実効値)と増加させることができる。

表2 600V/100Aの同一定格素子における熱抵抗の比較

項目	「P622パッケージ」インバータ部		「P636パッケージ」インバータ部	
	IGBT	FWD	IGBT	FWD
熱抵抗 max. (°C/W)	0.36	0.67	0.30	0.52
低減率 (%)	-	-	17	22

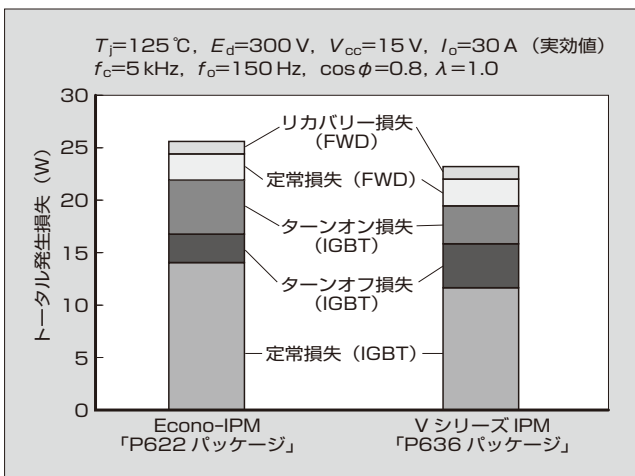


図2 600V/100Aにおけるトータル発生損失のシミュレーション比較

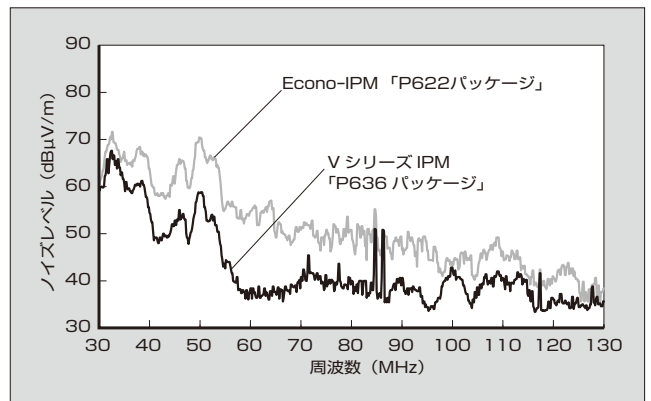


図3 放射ノイズ比較 (相対比較試験結果)

表3 600V/100Aにおける適用電流と温度上昇の比較

T_J=125°C, E_d=300V, V_{cc}=15V, f_c=5kHz, f_o=150Hz, cosφ=0.8, λ=1.0

製品	出力電流 (実効値) (A)	IGBT			FWD		
		トータル損失 (W)	熱抵抗 max. (°C/W)	ΔT _{jc} (°C)	トータル損失 (W)	熱抵抗 max. (°C/W)	ΔT _{jc} (°C)
Econo-IPM [P622パッケージ]	30	21.9	0.36	7.9	3.7	0.665	2.5
Vシリーズ IPM [P636パッケージ]	30	19.5	0.30	5.8	3.7	0.52	1.9
	39	26.0	0.30	7.8	5.0	0.52	2.6

30%増加 2.1°C低減 0.6°C低減

発売時期

600 V 系：2014 年 8 月

1,200 V 系：2014 年 12 月

お問い合わせ先

富士電機株式会社

営業本部半導体営業統括部営業第一部

電話 (03) 5435-7152

