

車載用燃料タンク圧検知相対圧センサ

Relative Pressure Sensor for Automobile Fuel Tanks

加藤 博文 KATO, Hirofumi

芦野 仁泰 ASHINO, Kimihiro

佐藤 栄亮 SATO, Eisuke

近年、自動車には環境負荷の低減が強く求められるようになり、一例として、米国では燃料漏れの検出が義務化されている。富士電機は、気化燃料を回収してシリンダで焼却処理を行う気化燃料排出抑制装置の制御用途として、エンジンルーム内の配管に直接取り付けることが可能な車載用燃料タンク圧検知相対圧センサを開発した。第6世代小型圧力センサの技術をベースに、気化燃料への耐性の向上、保護機能の向上およびEMC（Electromagnetic Compatibility：電磁両立性）の強化を行うことで、耐久性の確保と高精度な検知を両立させた。

In recent years, there has been increasing regulation to reduce the environmental burden of automobiles. One example of such regulation is the requirement to detect fuel leaks in the United States. Fuji Electric has developed a relative pressure sensor for automobile fuel tanks capable of being directly mounted to a pipe inside the engine room. The sensor is used for controlling vaporized fuel exhaust suppression devices that recover vaporized fuel to incinerate it in the cylinder. Based on our 6th-generation compact pressure sensor technology, we have successfully improved resistance to vaporized fuel, enhanced protective functions and reinforced EMC to both ensure durability and achieve high-precision detection.

1 まえがき

自動車には安全性や快適性に加えて、環境負荷の低減が強く求められるようになってきた。一例として、米国市場でのOBD（On-Board Diagnostics）規制による、燃料漏れに対する検出の義務化が挙げられる。気化燃料が大気中に放出されると、静電気による引火の危険性や化学反応による大気汚染物質への変化が生じる。この規制は、危険性や環境負荷を低減するために気化燃料漏れを抑制することを目的としている。富士電機は、このOBD規制に対応するため、燃料タンク漏れ検出用に1チップで2点間の差圧を検知する車載用相対圧センサを開発⁽¹⁾、2007年に製品化した。

今回、気化燃料を回収してシリンダで燃焼処理を行う燃料蒸発ガス排出抑制装置^(注)の制御用に、エバポラインに直接取り付けが可能な車載用燃料タンク圧検知相対圧センサ（タンク圧センサ）を開発した。

2 タンク圧センサの特徴

図1にタンク圧センサの外観を示す。従来、富士電機の圧力センサは、1チップ技術の特長を最大限生かして小型・高信頼性の製品を基本コンセプトとしている。タンク圧センサでは、新たに次に示す特徴を盛り込んでいる。

(1) 気化燃料への耐性の向上

気化燃料は、圧力センサを構成する部材中のチップ用ダイボンド材の変質や、それに起因した破壊故障を引き起こす恐れがある。タンク圧センサでは、気化燃料に触れても

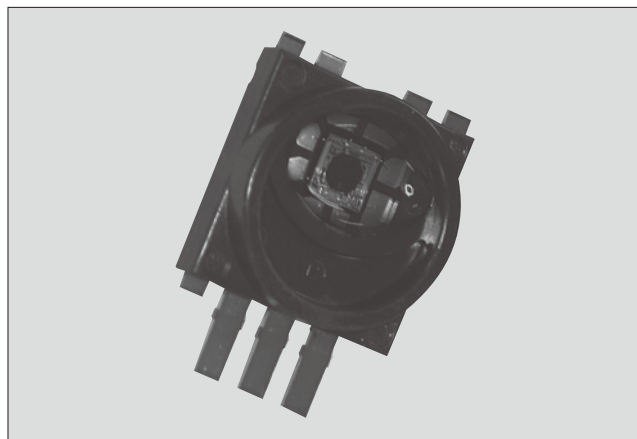


図1 タンク圧センサ

変性しない材料を選定し、従来の高信頼性を確保しつつ、気化燃料を含んだ圧力媒体にも対応させている。

(2) 保護機能の向上

エンジン内部に取り付けられるタンク圧センサは、大気圧と燃料配管圧力の差圧を検知する相対圧センサであるため、常に車内外からの外来異物の影響が懸念される。そこで、双方の受圧面をゲル状の保護材で覆うことにより、センサチップの異物からの保護と高精度圧力検知を両立させている。さらに、センサセルの大気圧受圧面側にエアフィルタを搭載することで、外部からの異物に対する保護機能をよりいっそう向上させている。

(3) EMCの強化

昨今、自動車にはさまざまな電子機器が搭載されており、それらから発生する電磁ノイズに対するEMC（Electromagnetic Compatibility：電磁両立性）の強化が求められている。センシング部、信号処理部およびサージ保護素子を1チップ化する従来の技術を踏襲しつつ、チッ

〈注〉 エバポライン：気化燃料を回収してシリンダに送るための燃料搬送ライン

ブコンデンサを新たに搭載することで、寸法を維持したまま EMC を向上させている。

③ タンク圧センサの構造

3.1 圧力検出ユニット

図 2 に圧力検出ユニットの概要を示す。Si 基板の一部をエッチングにより薄膜に加工してダイヤフラムを形成する。ダイヤフラム上には拡散配線からなるピエゾ抵抗を配置し、四つのピエゾ抵抗によりホイートストンブリッジを構成している。富士電機が得意とする三次元エッチング技術により、高精度かつ丸みのある等方性の形状のダイヤフラムを形成することができ、高感度と過大耐圧性を確保している。

ダイヤフラム式の圧力センサは、ダイヤフラム両面の圧力差（差圧）によって生じた変形量を表面に形成したピエゾ抵抗の抵抗変化として検知する。従来の富士電機の圧力センサは、真空を基準に圧力を測定する絶対圧センサであり、静電接合プロセスによってガラス台座を接合して真空基準室を設けている。一方、タンク圧センサは大気圧との差圧を測定できるようにするために、ガラス台座に圧力媒体導入孔を設けた。

3.2 信号処理回路

図 3 に信号処理回路の基本構成を示す。信号処理回路は、2010 年度に開発して量産化した第 6 世代低圧センサ（100 ~ 400 kPa）の技術⁽²⁾をタンク圧用（-80 ~ +5 kPa）に最適化したものである。ホイートストンブリッジから出力される電圧信号を増幅する高精度増幅器と、センサ特性を補

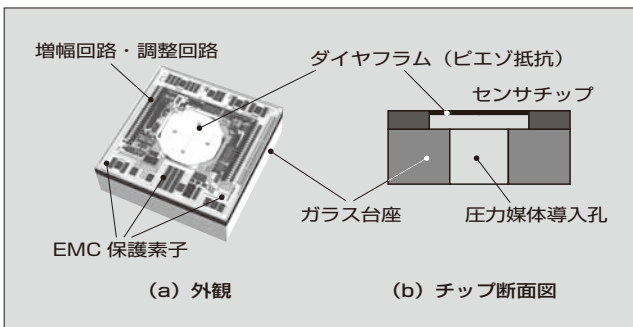


図 2 圧力検出ユニットの概要

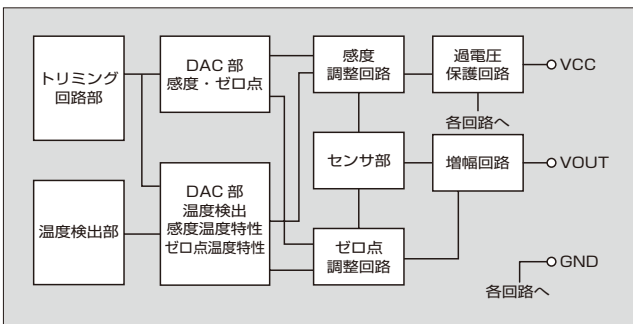


図 3 信号処理回路の基本構成

正する調整回路を備えている。また、自動車のエンジン制御系から発生するサージ波形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内部回路を保護するための保護素子も備えている。

3.3 センサセルの構造

図 4 に、圧力センサ（絶対圧センサ）とタンク圧センサ（相対圧センサ）におけるセンサセルの断面構造を示す。いずれのセンサセルにおいても、EMC を向上するためのチップコンデンサを搭載している。タンク圧センサでは、相対圧を測定できるようにするため圧力導入口を設けている。また、従来品と容易に置き換えられるようにするため、多くの箇所の外形寸法を合わせている。

富士電機のセンサセルでは、センサチップをダイボンド材によって固定している。タンク圧センサは燃料タンク内部の圧力の測定用であるため、燃料に対して耐性も併せ持つダイボンド材を新たに選定した。

加えて、図 5 に示すように、センサチップ全体をゲル状の保護材で覆うことによってセンサチップやワイヤボンディングなどの内部構造を外来異物から保護しながら、印

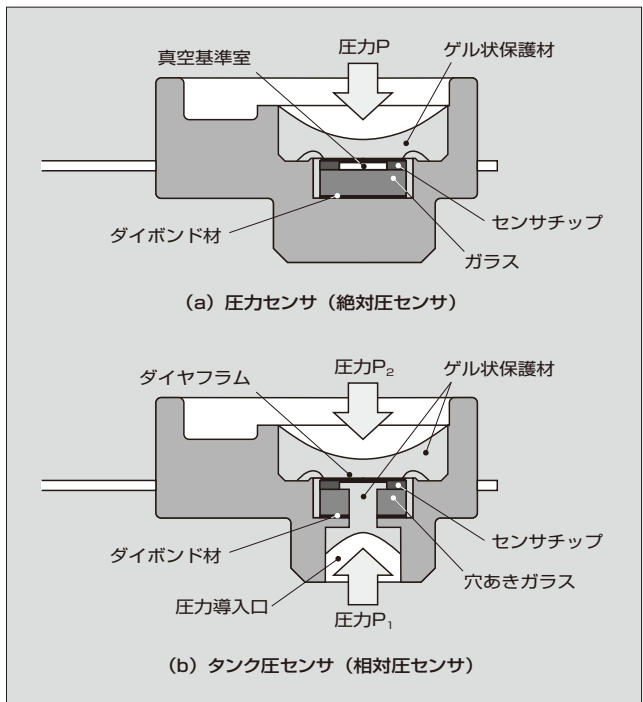


図 4 センサセルの断面構造

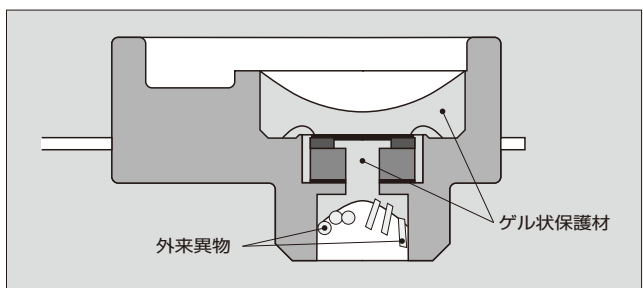


図 5 ゲル状の保護材による異物からの保護

加圧力を検知できる構造としている。これにより圧力検知の高精度化と製品の長寿命化を両立している。

3.4 外装パッケージ構造

図6に、ダイレクトマウントタイプの樹脂ハウジングケースにセンサセルを樹脂接着剤により固定したパッケージの断面構造を示す。この構造はエバポラインへの直接取付けが可能なので、富士電機では“外装パッケージ構造”と呼んでいる。センサセルを固定している樹脂接着剤は気密を確保する役割も担っており、圧力導入口から入った気化燃料を含んだ空気が大気圧受圧面側へ流れ込まないようにしている。また、圧力センサでは温度特性を考慮したOリングを使用し、圧力導入口の気密を確保しているのに対し、タンク圧センサでは温度特性に加えて燃料耐性を持つOリングを採用し、世界各国32種類の燃料に対する耐久性を確認している。

この外装パッケージは、エンジン内部に直接取り付けることができ、内部のセンサセルを変更することでさまざまな圧力レンジに対応することができる。また、外装パッケージの形状が同一であるため、取付け部周辺のレイアウトやワイヤハーネスを流用することができる。

タンク圧センサの片面は大気圧に解放されている。圧力センサはエンジンルーム内の配管上に取り付けられているので、粉じんや雨水、泥水などにさらされる。異物や水分が容易に入り込む環境では、それらに起因した断線や短絡による故障、ならびに結露や氷結の発生などによるセンサ特性異常が生じることが想定される。

この課題に対応するため、センサセルについてゲル状の保護材により内部構造を保護するとともに、外装パッケージにエアフィルタ付きの樹脂キャップを取り付けている。図7にエアフィルタ取付け周辺部の断面図を示す。

このエアフィルタは熱溶着により樹脂キャップに取り付けられており、エンジンルーム内の使用で想定されるエアフィルタへの最大荷重以上の耐久性を確保している。また、フィルタ自身の耐久性としてISO 20653, JIS D 5020によ

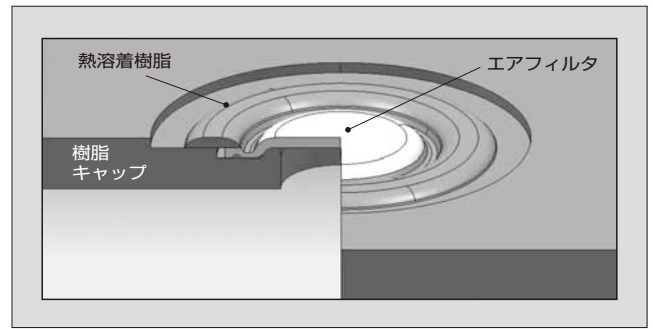


図7 エアフィルタ取付け周辺部の断面図

り規定される車載IP試験規格の耐じん性 (IP6KX) と耐水性 (IPX9K) を満足している。

エアフィルタは粒径の大きな粉じんや液体は通さず、空気のみ透過させる性質を持ち、はっ水性と防水性もある。このエアフィルタ付きの樹脂キャップを大気圧受圧面側に取り付けることによって、粉じんや泥水が容易に侵入するエンジンルーム内においても汚染の影響を受けることなく安定した圧力検知を実現している。

3.5 EGR・DPFへの適用

タンク圧センサは、これまでに述べたセンサチップやセンサセルの構造および外装パッケージ構造によって、気化燃料を含んだ空気や外来異物に影響されにくい高耐久性と高精度な検知性能を持っている。また、センサチップに対する耐腐食処理を組み合わせることによって、排ガス中の浮遊粒子状物質 (SPM: Suspended Particulate Matter) や窒素酸化物、硫黄酸化物などの環境負荷物質の発生・排出を抑制するためのEGR (Exhaust Gas Recirculation: 排気再循環) およびDPF (Diesel Particulate Filter: ディーゼル微粒子捕集フィルタ) といった、より搭載環境が厳しいアプリケーションへの適用も可能である。

4 仕様

タンク圧センサの圧力-出力特性を図8に、基本仕様を

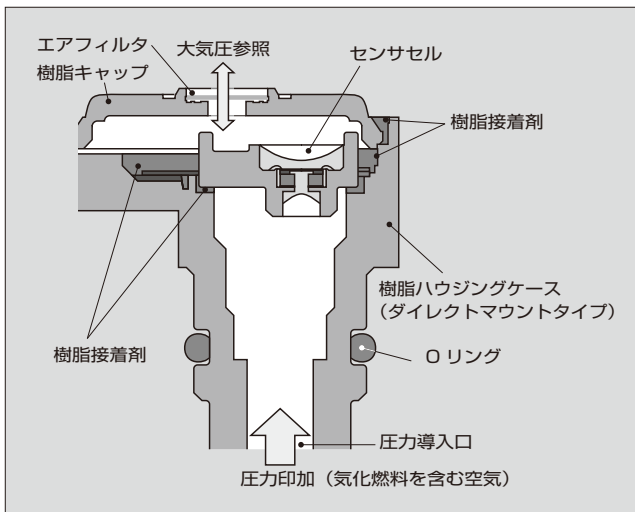


図6 外装パッケージ構造

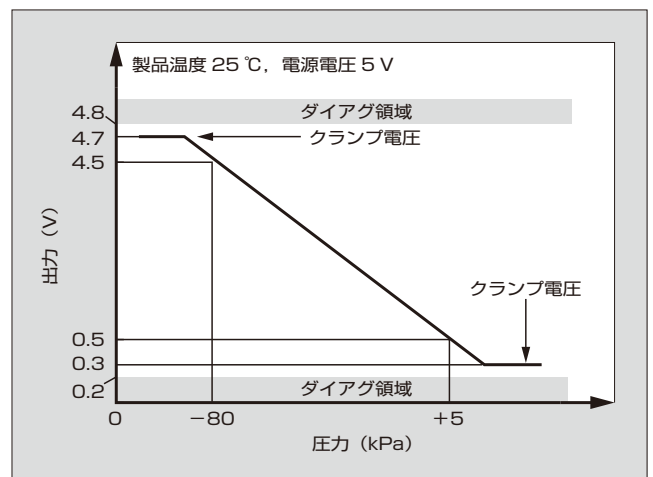


図8 タンク圧センサの圧力-出力特性

表1 タンク圧センサの基本仕様

項目	単位	仕様
使用温度範囲	℃	-40 ~ +135
使用圧力範囲 *1	kPa	-80 ~ +5
センサ出力範囲	V	0.5 ~ 4.5
インタフェース	kΩ	Pull Up=300 もしくは Pull Down=100
クランプ領域	V	<0.3 / >4.7
ダイアグ領域 *2	V	<0.2 / >4.8
シンク電流	mA	1
ソース電流	mA	0.1
圧力誤差	%F.S.	<1.5
温度誤差	倍	2.0 (max.)
対応 EMC 規格		ISO 11452-2 (100 V/m, CW, 10kHz ~ 2 GHz) ISO 11452-4 (100 m, CW, 1 ~ 400 MHz) ISO 7637 (Level IV)
対応燃料		ガソリン ディーゼル軽油 (DIN EN 590) E10, E25, E85, M15, M100 バイオディーゼル (DIN EN 14214)
フィルタ耐じん性		IP6KX
フィルタ耐水性		IPX9K
端子配列		(出力) - (GND) - (電源)

* 1 : 圧力導入口より圧力を印加した場合の値
* 2 : 電源配線の断線, 出力配線の断線の検知

表1に示す。製品形態は外装パッケージ構造である。

5 あとがき

車載用燃料タンク圧検知相対圧センサについて述べた。今後、世界各国の環境規制や安全規制に伴って、自動車用

途の圧力センサへのニーズはますます高まることが予想される。一方、製品に要求される精度、品質、環境適合性およびコストはこれまで以上に厳しくなることも予想されている。これらの要求に応えるために富士電機として常に世界のトップレベルの技術開発と、お客さまに喜ばれる製品開発を目指す所存である。

参考文献

- (1) 植松克之ほか. 自動車用燃料タンク漏れ検出用圧力センサ. 富士時報. 2006, vol.79, no.5, p.372-374.
- (2) 西川睦雄ほか. 第6世代小型圧力センサ. 富士時報. 2010, vol.83, no.6, p.420-424.



加藤 博文

半導体圧力センサの設計・開発に従事。現在、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。



芦野 仁泰

半導体圧力センサの設計・開発に従事。現在、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。



佐藤 栄亮

半導体圧力センサの設計・開発に従事。現在、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。





*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。