

# 第 6.5 世代車載用圧力センサ

## 6.5th-Generation Automotive Pressure Sensors

鶴澤 良平 UZAWA, Ryohei

西川 睦雄 NISHIKAWA, Mutsuo

田中 貴英 TANAKA, Takahide

現在、自動車には環境負荷の低減が強く求められている。エンジンの高効率化や排出ガスのクリーン化といった制御システムに必要な車載用圧力センサには、高温動作、耐腐食性、耐帯電性、小型化などが求められる。富士電機はこれらに応えるため、第 6.5 世代車載用圧力センサを開発した。第 6 世代をベースに、排出ガスや気化燃料に対する耐腐食性能と耐帯電性能を付与し、センサ精度の信頼性を向上させつつ小型化した。また、温度特性の最適化で 150℃における動作保証の実現と、ダイアグ電圧領域と通常出力電圧範囲を分離して誤検知を防止するクランプ機能を追加した。

There is increasing demand for reducing the environmental load of automobiles. Automotive pressure sensors, which are indispensable for control systems for high efficient engines and cleaner exhaust gas, are required to achieve high-temperature operation, corrosion resistance, electrification resistance, and miniaturization. In order to meet these demands, the 6.5th-generation automotive pressure sensors have been developed. They inherit from the 6th-generation series while providing several enhancements, such as improved electrification resistance and corrosion resistance to exhaust gas and vaporized fuel, as well as a smaller size and improved reliability of sensor accuracy. They optimize temperature characteristic to guarantee operation at 150℃ and add a clamp function to prevent erroneous detection by separating the diagnostic voltage range from the normal output voltage range.

### 1 まえがき

現在、自動車には安全性や快適性の向上に加えて、大気汚染物質の排出ガス規制や CO<sub>2</sub> の排出規制など、環境負荷の低減が強く求められている。これらの規制に対応するため、ハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車といった電動車両化に向けた制御システムの開発が加速している。一方、ガソリンエンジン車やディーゼルエンジン車においても、空気と燃料の混合比を緻密に制御して燃費の向上を図ることや、燃焼後のガスを再循環させて大気汚染物質の排出量を低減し、排出ガスをクリーン化する技術の普及が加速している。圧力センサは、エンジンの高効率

化や排出ガスのクリーン化といったエンジン制御において、必要不可欠なデバイスの一つとして用いられ、その重要性は年々高まっている。

富士電機は、1984年に車載用圧力センサの量産を開始した。それ以来、厳しい使用環境に耐える信頼性や、検出精度の向上要求に対して、高い信頼性技術と、回路技術および高度な MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を提案することで、国内外の自動車に採用されている。2010年からは、CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) プロセスによるデジタルトリミング型の第 6 世代車載用圧力センサを量産している<sup>(1)</sup>。

本稿では、従来の第 6 世代車載用圧力センサをベースに、

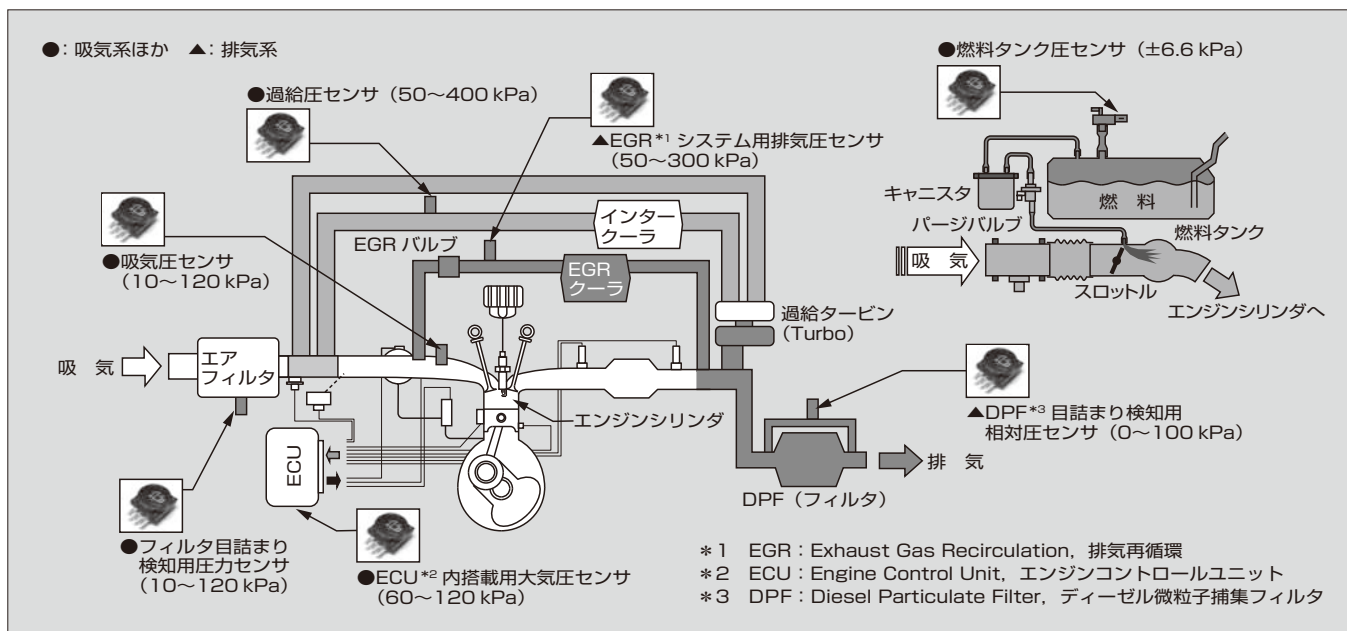


図 1 車載用圧力センサの使用例

基本コンセプトである“*All in one chip*”を継承し、耐腐食性能と耐帯電性能を付与し、150℃動作を保証しつつセンサセルのサイズを小型化した、第 6.5 世代車載用圧力センサについて述べる。

## 2 圧力センサの概要

### 2.1 車載用圧力センサの使用例

図 1 に車載用圧力センサの使用例を示す。自動車の燃費を向上させるため、ほとんどの燃料噴射システムは電子制御化されている。この電子制御式燃料噴射システムには、吸気圧を測定する MAP (Manifold Absolute Pressure) センサまたは温度検出機能付きの TMAP (Temperature Manifold Absolute Pressure) センサが用いられている。また、自動車が高地を走行した際の燃費悪化を防ぐための高地補正用の大気圧センサや、吸気系エアフィルタボックスの目詰まりを検出するための圧力センサ、排出ガスを再利用するシステムである EGR (Exhaust Gas Recirculation) システム用排気圧センサ、ターボエンジンに搭載される過給圧検出用センサなど、燃費の向上や、大気汚染物質の排出を抑制するエンジンシステム制御に圧力センサが多く用いられている。

さらに、日本の 2016 年の排出ガス規制の強化や欧州での 2014 年の Euro6 に代表される排出ガス規制の強化に対応するものとして、DPF (Diesel Particulate Filter) の目詰まり検出用の圧力センサが挙げられる。

そのほかにも、安全面の規制に対応するものとして、欧米でのタンク漏れ検出用のタンク圧センサ (FTPS: Fuel Tank Pressure Sensor) などが挙げられる。

また、エアコン冷媒圧制御用、電気自動車に用いられるヒートポンプ圧力制御用、トランスミッションなどの油圧制御用としても、圧力センサの需要は高まってきている。自動車に用いられる圧力センサは、このように用途と需要が急速に拡大している。

### 2.2 車載用圧力センサの搭載環境

従来、吸気圧センサや過給圧センサの測定媒体 (対象) は大気が主であった。しかしながら、前述のように圧力センサの用途が広がっており、現在は測定媒体に排出ガス、ガソリンや軽油の気化燃料が混入する過酷なものとなっている。よって、これらの測定媒体に対する耐腐食性や電荷を持つ気化燃料に対する耐帯電性が求められている。

また、燃費の向上や快適性向上のための室内スペース増加を目的として、エンジンルームの小型化および高実装密度化が進んでいる。これに伴い、圧力センサの搭載環境は高温化するとともに、他のさまざまな電子機器から発生する電磁ノイズにさらされる。そこで、動作保証温度の高温化と EMC (Electromagnetic Compatibility: 電磁両立性) の強化が求められている。

## 3 第 6.5 世代車載用圧力センサの特徴

### 3.1 製品概要

図 2 に開発した第 6.5 世代車載用圧力センサと、従来品の第 6 世代車載用圧力センサの外観を示し、表 1 に第 6.5 世代車載用圧力センサの仕様を示す。

第 6.5 世代車載用圧力センサは、耐腐食性能・耐帯電性能を付与し、高温動作保証温度を従来製品の 125℃から 150℃に上げた。また、故障を検出するため、ワイヤハーネス断線検出領域 (ダイアグ電圧領域) と通常使用領域を分離するためのクランプ機能を追加した。センサセルのサイズは、第 6 世代車載用圧力センサに対して体積比で約

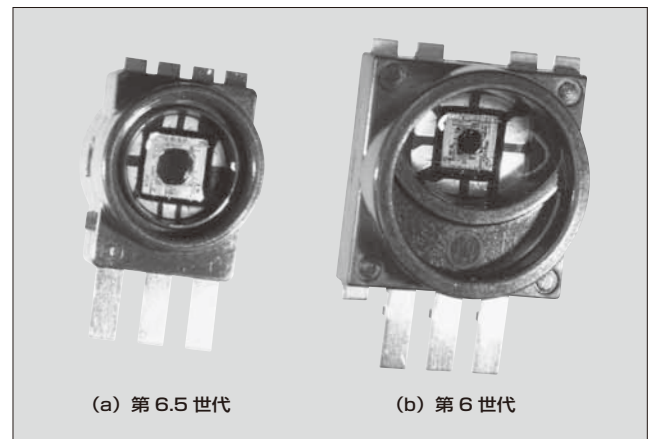


図 2 車載用圧力センサ

表 1 第 6.5 世代車載用圧力センサの仕様

項目	仕様	
製品サイズ (樹脂部)	W7.5×H10×D5.6 (mm)	
使用温度範囲	-40 ~ +150℃	
使用圧力範囲 (吸気圧センサ)	20 ~ 120 kPa	
定格圧力	圧力レンジ×3倍	
電源電圧	5±0.25 V	
出力電圧 (電源電圧5V時)	0.5 ~ 4.5 V	
シンク・ソース能力	シンク1 mA, ソース0.1 mA	
クランプ機能	クランプ電圧0.3V/4.7V (typ.)	
耐腐食性能	JASO M 611-92/B法 準拠 (ガソリン・ディーゼル成分)	
ESD (外部インタフェース端子)	MM (0 Ω, 200 pF)	±1 kV以上
	HBM (1.5 Ω, 100 pF)	±8 kV以上
過渡電圧サージ	ISO 7637 (2011) 規格 Pulse1, 2, 3a, 3b LEVEL-IIIクリア	
インパルス	±1 kV以上	
ラッチアップ (電流注入法)	±500 mA以上	
EMS (G-TEM) (100 V/m)	変動: 1%FS以下	
過電圧 (Vcc ~ GND間)	16.5 V (max.)	
逆接 (Vcc ~ GND間)	0.3A (max.)	

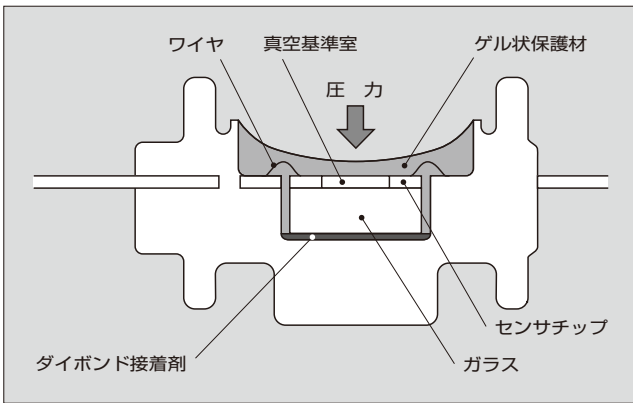


図 3 センサセルの断面構造

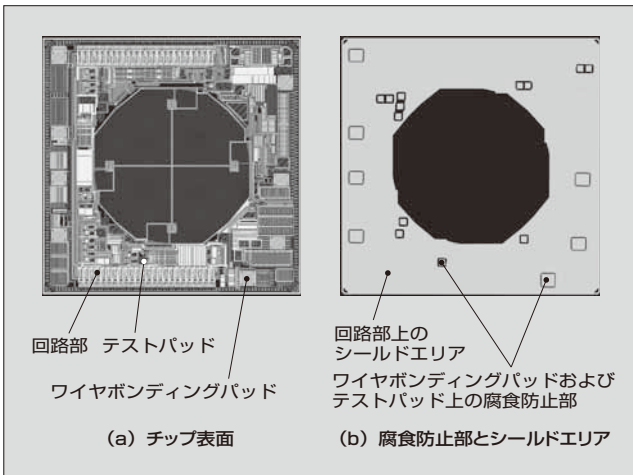


図 4 腐食防止部とシールドエリア

48% に小型化している。

### 3.2 耐腐食性能

図 3 に、圧力センサにおけるセンサセルの断面構造を示す。すすなどの外来異物に対し、圧力を伝達できるゲル状保護材により、センサチップやワイヤを保護している。本製品では、測定媒体に含まれる排出ガス、ガソリンおよび軽油の気化燃料がゲル状保護材を透過し、チップ表面のワイヤボンディングパッドが腐食することを防止するため、図 4 に示すように、ワイヤボンディングパッドおよびテストパッド上に腐食防止部を採用した。

### 3.3 耐帯電性能

図 5 に、圧力センサに内蔵される圧力検出部の概要を示す。富士電機独自のエッチング技術により、シリコンの一部を薄膜に加工してダイヤフラムを形成する。ダイヤフラム上に配置した拡散配線からなる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。圧力が印加されて、ダイヤフラムが変形すると、各ピエゾ抵抗値が変化し、ホイートストンブリッジの出力に電位差が生じる。圧力検出部は、この電位差を増幅して圧力を電気信号に変換している。

本製品では、電荷を持つ気化燃料がゲル状保護材の上に

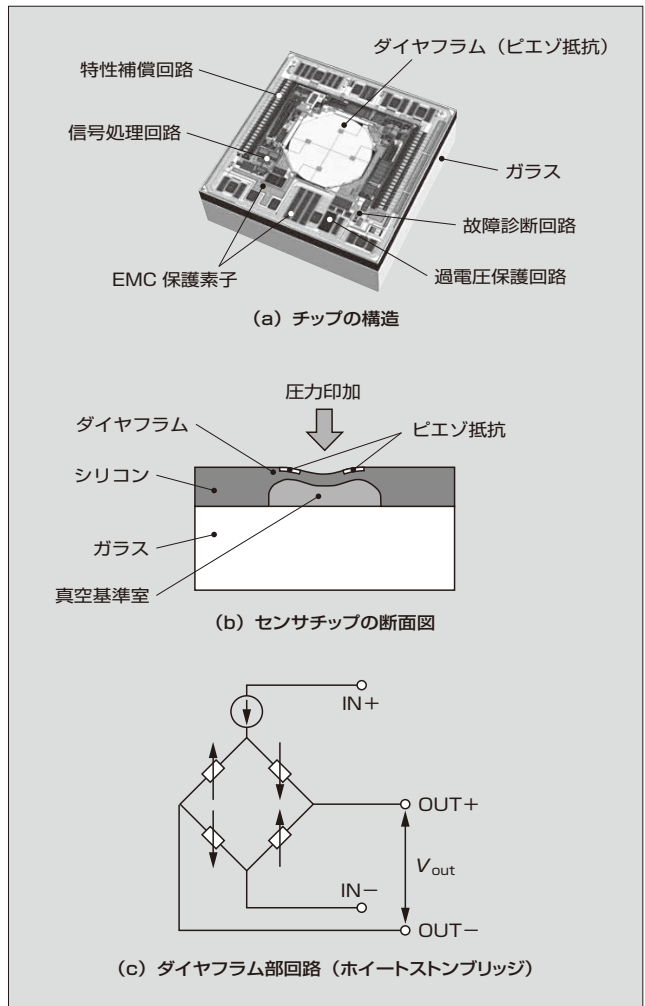


図 5 圧力検出部の概要

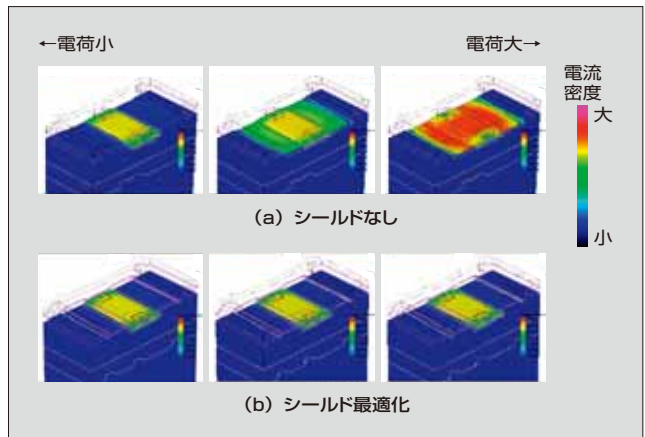


図 6 チップ表面電荷とピエゾ抵抗領域の変化の例

付着することによってピエゾ抵抗値が変動し、センサ特性が悪化することを防ぐために、MEMS の可とう部（ダイヤフラム部）にポリシリコンを用いたシールド構造を採用した。また、図 4 に示すように腐食防止部と同一の層を用いて、ダイヤフラム部を除く回路部の耐帯電性能を向上するためのシールドエリアを形成した。

構造の最適化に当たっては、デバイスシミュレーションを用いて解析した。図 6 に、チップ表面電荷とピエゾ抵抗

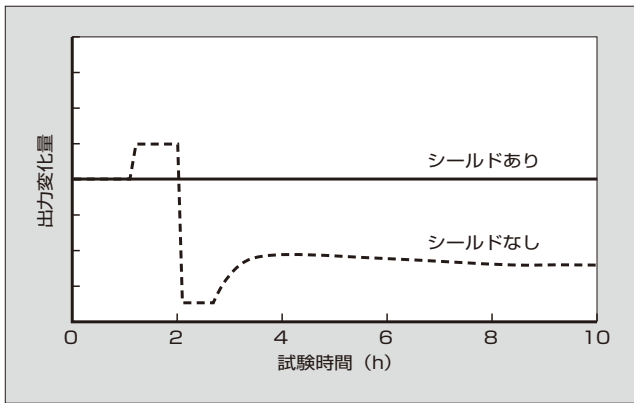


図 7 耐帯電性能試験結果

領域の変化の一例を示す。シールドがない構造では、チップ表面に帯電した電荷量が大きくなるに従って、ピエゾ抵抗の抵抗値が変化してしまう (図 6 (a))。そこで、ピエゾ抵抗上にシールドを適切に配置することにより、チップ表面の帯電した電荷密度にかかわらず、ピエゾ抵抗が一定となった (図 6 (b))。図 7 に、この構造を用いた本製品に実際に電荷を印加し、出力特性の変化を取得した結果を示す。シールドの適切な配置と、図 4 に示す回路部のシールドエリアにより、出力が安定することを確認した。

### 3.4 高温動作保証・クランプ機能

図 8 に本製品の回路ブロック図を示す。各回路ブロックの温度特性の最適化を図ることで、高温動作領域における特性悪化を抑制し、150℃における動作保証を実現している。

図 9 に本製品の圧力-出力特性図を示す。ワイヤハーネスの断線時に、センサの出力をダイアグ電圧領域にすることで、上位システムは故障を検知している。一方、過大圧力や過小圧力が印加された場合に、出力がダイアグ電圧領域に至って断線と誤検知される可能性がある。本製品では出力電圧をクランプする回路を搭載し、ダイアグ電圧領域と通常出力電圧範囲を確実に分離することで、誤検知を防止するクランプ機能を追加した。

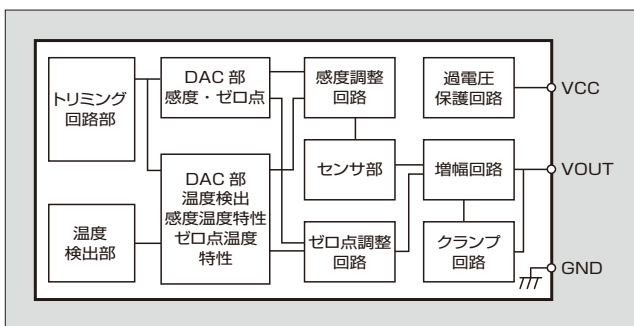


図 8 第 6.5 世代車載用圧力センサの回路ブロック図

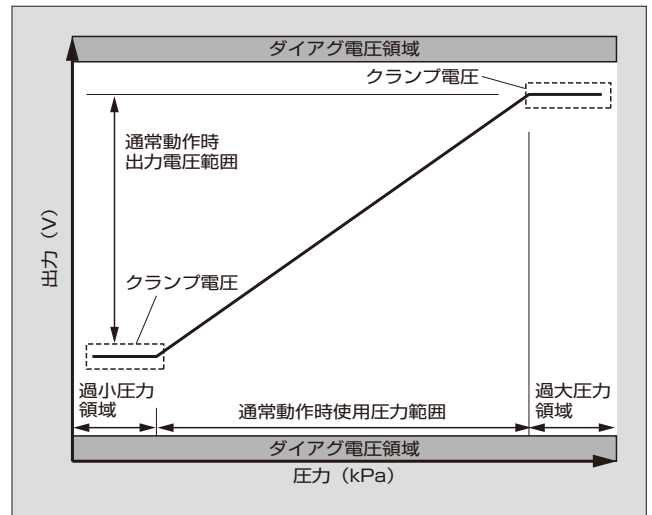


図 9 第 6.5 世代車載用圧力センサの圧力-出力特性図

## 4 あとがき

第 6.5 世代車載用圧力センサについて述べた。国内外に広く製品展開を行っていくに当たり、圧力センサには、燃費の向上や環境規制、安全規制への対応といった面から製品性能の向上に対する厳しい要求がますます加速すると予想される。今後もこれらの市場要求に応え、市場に必要なとされる製品開発を行っていく所存である。

### 参考文献

- (1) 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.



#### 鵜澤 良平

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電装ディスクリート部。



#### 西川 睦雄

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電装ディスクリート部チームリーダー。



#### 田中 貴英

パワー IC やセンサ IC のデバイス・プロセスの研究開発に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部開発統括部デバイス開発部。IEEE 会員。



\*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。