

ガソリタンク内圧センサユニット

自動車電装事業部 永野 僚 治*1
(株)東北フジクラ 蓬田 拓・伊藤 清成・高橋 茂樹
斎藤 久人・小山内 清隆

Fuel Tank Pressure Sensor Unit

R. Nagano, T. Yomogida, K. Ito, S. Takahashi, H. Saito & K. Osanai

われわれは、当社の標準的な樹脂パッケージの圧力センサ素子とデジタルトリミングASICモジュール回路を用いることによって、小型、低コスト、高性能、高信頼性を有するガソリタンク内圧センサユニットを開発した。

We have developed Fuel Tank Pressure Sensor Unit there have small-size, low-cost, Hi-accuracy and Hi-performance. That used sensing element of plastic package of Fujikura standard, and digital trimming ASIC module circuit.

1. ま え が き

自動車排出ガスを規制しようという動きは、環境保護や温暖化防止といった観点から、近年その厳しさを増す傾向にある。特に北米では排出ガスに関わる規制として、燃料系から発生するガソリンベーパーを制限するエバポエミッション規制などが制定されており、ガソリタンク内圧センサユニットはガソリタンクを含む燃料配管系全体のリークを検出するためのキーデバイスとして使われている。燃料配管系リーク検査の具体的方法は、走行中のあるタイミングで配管系を閉じると同時に所定の圧力を印加ホールドすることで、この時の配管内圧力変化量からリーク箇所の有無を判定するというものである。この検知機構は、市場走行中に排出ガスレベルの変動を分刻みで感知し、排気に係わるエンジン機器の異常を検出してドライバに警報することを義務づけた、いわゆる車載故障診断システムレベルII（OBD2：On Board Diagnostics Phase Two）でも重要な役目を果たしている。

従来こうしたガソリンベーパーが存在する環境では、主としてステムと呼ばれる金属製パッケージにセンサチップをはんだ接続したキャンパッケージセンサユニットが使われてきたが、今回われわれは本アプリケーションに樹脂モールドパッケージ圧力センサを使い、耐環境性能を確保しながら、高精度化ガソリタンク内圧センサユニットを開発した。

樹脂モールド圧力センサは民生用途として当社の標準的な製品であるが、ガソリンベーパー下における耐久性能向上手段として、センサチップのダイボンドにフッ素系

エラストマを採用するなどの性能改善策を盛り込み、デジタルトリミングASIC（Application Specific Integrated Circuit）¹⁾による回路調整と組み合わせることで高い圧力精度を達成することができた。

2. 圧力センサ素子パッケージ

圧力センサの素子パッケージは、金属キャンパッケージとCuを主成分としたリードフレームを樹脂でモールドした樹脂パッケージの2つに大別される。表1に圧力センサパッケージの比較を示す。金属キャンパッケージはその剛性や耐熱性から自動車用途において十分な信頼性を持っている反面、樹脂パッケージと比較して高い材料コストがネックである。

図1に樹脂パッケージセンサの断面を示す。

圧力センサチップと各パッケージはダイボンドと呼ばれる工程で接着される。当社の標準的な樹脂パッケージセンサでは接着材料としてジメチルシリコーン系樹脂を使用しているが、このシリコーン樹脂は耐ガソリン性、耐水性に劣ることから、本アプリケーションのようなガ

表1 センサ素子パッケージ比較
Comparison of sensor package

| 項 目 | 金属キャン | 樹脂モールド |
|-------------------|------------|-------------|
| パッケージ材料 | SPC, コパール等 | PPS等 |
| 耐薬品性 (パッケージ材料) | ○ | ○ |
| ダイボンド材料 | 共晶はんだ | ジメチルシリコーン樹脂 |
| 耐薬品性 (ダイボンド) | ○ | × |
| 熱応力 | ○ | △ |
| 製造コスト | × | ◎ |

*1 センサ技術部秋田分室長

◎：優，○：良，△：可，×：不可

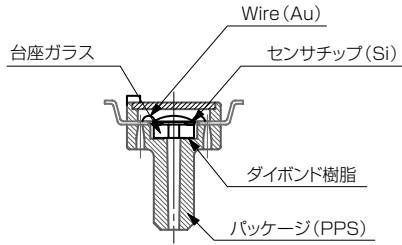


図1 樹脂モールドパッケージ圧力センサ素子構造図
Structure of pressure sensing element plastic mold package

表2 ダイボンド樹脂比較
Comparison of die bond material

| 項目 | 樹脂A (標準) | 樹脂B (カスタム樹脂) | 樹脂C (耐水性強化) |
|---------|-------------|-----------------|----------------|
| ダイボンド材料 | ジメチルシリコーン | フッ素エラストマ樹脂 | |
| 接着力 | ◎ | ○ | ○ |
| 耐薬品性 | × | ◎ | ◎ |
| 耐水性 | × | △ | ○ |
| 作業性 | ○ | ○ | △ |
| 熱応力緩和 | × | ○ | ○ |

◎：優，○：良，△：可，×：不可

表3 センサ調整方式比較
Comparison of method of sensor signal conditioning

| 項目 | OPアンプ回路 モジュールA | OPアンプ回路 モジュールB | 集積化圧力センサ | ASIC搭載 モジュール |
|--------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 調整媒体 | 半固定抵抗 | 厚膜抵抗 | 圧力センサ内 チップ薄膜抵抗 | EEPROM (ASIC内) |
| 方法 | 摺動抵抗の回転 | レーザー トリミング | レーザー トリミング | データ書込み |
| 信号処理 | OPアンプ | | 圧力センサチップ 内のOPアンプ | ASIC |
| 調整精度 | ○ | | ○ | ◎ |
| 耐EMI | 貫通コンデンサ シールドケース等で対応 | | | ASICの耐ノイズ性 チップコンデンサ 4層基板 |
| 電子部品点数 | 約30 | | 1 | 約10 |
| 電源電圧 | 5~15V | | 3~6V | 5~8V |
| 出力レンジ (@Vcc=5V) | 1~4V | | 0.5~4.8V (@Vcc=5.0V) | 0.5~4.5V |
| コスト | × | × | ◎ | ○ |
| 車載用途 | × 半固定抵抗 信頼性 | △ コスト的に不利 | ○ 25kPa以上 で対応可 | ○ 性能，信頼性 |

◎：優，○：良，△：可，×：不可

ソリンバーパ環境では樹脂の膨潤などで接着性能が著しく低下してしまう懸念がある。そこでわれわれはダイボンドの接着樹脂を改善することにより、まず樹脂パッケージの耐薬品性向上をはかった。

2.1 ダイボンド樹脂

ダイボンド樹脂材料の比較を表2に示す。フッ素エラストマの耐ガソリン性、耐水性が良好であることから実際に耐薬品性と接着強度の耐久性能について評価を行った。フッ素エラストマをダイボンド樹脂として組立てたセンサを80℃のガソリンおよび温水に1,000時間浸漬させ、その後3MPaの耐圧試験を実施し、ダイボンドの耐圧剥がれが発生しないことを確認した。

3. モジュール回路

圧力センサの出力調整（増幅，温度補償，オフセット電圧調整）方式には、以下のものがある。

1. 圧力センサ素子+OPアンプ搭載モジュール
2. 集積化圧力センサ^{2) 3)}
3. 圧力センサ素子+ASIC搭載モジュール

表3にセンサ調整回路の比較を示す。

本アプリケーションは、低圧レンジでさらに小型化、高精度が要求されるため、デジタルトリミングASIC搭載モジュールを採用することにした。

3.1 ASIC搭載モジュール

デジタルトリミングASICは、圧力センサの増幅，温度補償回路を内蔵し、デジタルデータによりセンサ出力特性を製品仕様に合わせた出力値に調整することが可能である。

当社では、1998年からデジタルトリミングASICを使用したモジュール製造を開始しているが、低圧レンジ（10kPa以下）の製品において確実に数量を増やしている。ASICの利点は、出力調整範囲が広く、回路変更なしにセンサ素子の仕様を広くできることと、また4層基板やコンデンサなどわずかな電子部品と組み合わせることで、シールドケースや貫通コンデンサを用いずに耐ノイズ性を向上できるなどの優れた点がある。

デジタルトリミングでは、調整データをASIC内のEEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) に書き込み、保持、そのデータを読み込み、瞬時に演算することでセンサから出力電圧が得られ

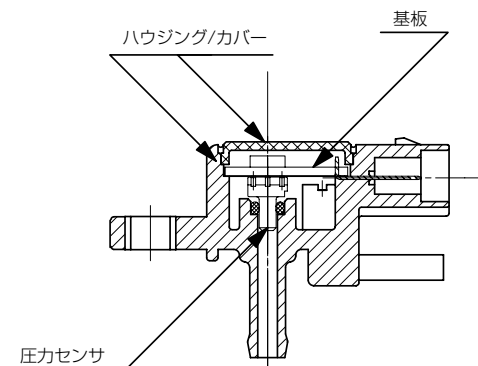


図2 ガソリタンク内圧センサユニットの構造
Structure of fuel tank pressure sensor unit

表4 ガソリタンク内圧センサユニットの仕様
Specification of fuel tank pressure sensor unit

| | |
|---------------|---------------|
| 電源電圧 | DC5V |
| 使用可能圧力(kPa) | -6.666~6.666 |
| 圧力媒体 | ガソリンベーパー, 水蒸気 |
| 温度補償範囲 | -30~100℃ |
| 出力電圧(V) | 0.5~4.5 |
| オフセット電圧(@25℃) | 2.5V |

る。データが消えない限り、出力値が狂うことはない。従ってEEPROMのデータ保持性能がASICに求められる重要なポイントとなる。EEPROMのメモリセルはゲート酸化膜で絶縁された多結晶ポリシリコンに形成されており、酸化膜からのリーク電流が多ければ電荷を保持できなくなってしまう。高温加速試験によるデータ保持性能確認実験では150℃、1,000時間放置でEEPROMのデータは試験後も保持されていることを確認した。

本ユニットは使用温度範囲が広いいため、温度補償の調整方法について検討する必要がある。通常の圧力センサモジュールの温度補償は0~50℃といった狭い範囲であり、この程度の温度範囲では25℃に対して0℃あるいは50℃のどちらか一方で調整を行えば良い。しかし本製品でこのような調整を行うと、温度特性の二次曲線の変化が顕著に現れてしまうために、温度補償範囲のどちらか一方の温度で出力特性が規格に対して厳しくなる。そこで試作時の特性データから調整条件にフィードバックをかけ、温度補償アルゴリズムの最適化をはかった。

4. ガソリタンク内圧センサユニットの構造

ガソリタンク内圧センサユニットの構造を図2に示す。圧力センサ素子はASICと共に4層のガラスエポキシ基板に実装されている。圧力センサ素子の圧力導入ポートは水素添加アクリロニトリル-ブタジエン-ラバ (H-NBR) のOリングを介して、ユニットのハウジングに取り付けられる。センサが実装された基板はハウジングのタブ端子とはんだによって電氣的に接続され、ハウジングの開口部から確認できる基板のASIC実装面には、トリミング用パッドが5箇所設けられている。センサ実装基板をハウジングに取り付けた後のセンサ出力調整は、1) 調整前に組

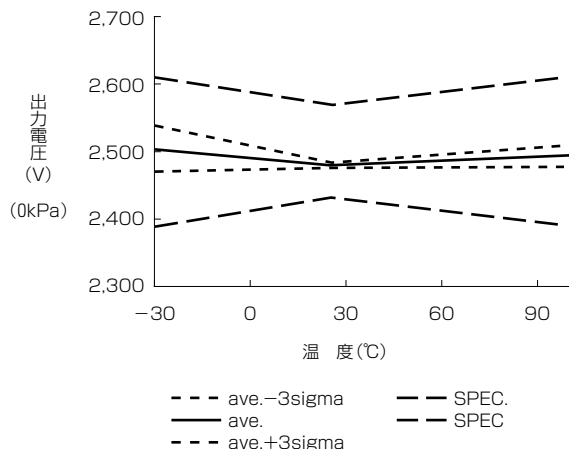


図3 オフセット出力-温度特性
Characteristic of offset voltage - temperature of fuel tank sensor unit

表5 信頼性試験結果
Results of reliability test

| 試験名 | 結果 |
|---------|----|
| 高温放置試験 | 合格 |
| 低温放置試験 | 合格 |
| 高温高湿試験 | 合格 |
| 高温作動試験 | 合格 |
| 低温作動試験 | 合格 |
| 静電気試験 | 合格 |
| 耐サージ試験 | 合格 |
| 耐ガソリン試験 | 合格 |
| 耐酸性試験 | 合格 |
| 凍結試験 | 合格 |
| 耐ノイズ試験 | 合格 |
| 掃引振動試験 | 合格 |

立て応力を緩和することができる、2) 組立て応力を加味した状態でトリミングができる、3) 調整後にセンサに応力を加えないことでセンサ特性の精度を保つことができるといった利点を有する。開口部は、トリミング・特性測定後、ハウジングのカバーによって塞がれる。

5. 製品特性

表4にガソリタンク内圧センサユニットの仕様を示す。

適用圧力レンジは±6.666kPaの連成圧で、オフセット電圧は2.5V、スパン電圧は4Vである。

トリミング作業は、調整バラツキを抑えるために最適化をはかった。図3に0kPa印加時のセンサ出力特性を示す。低温、高温のばらつき幅は、ほぼ等しく、6σで見た場合においても、十分な余裕を持って出力特性を収束させることができた。

6. 信頼性試験

信頼性試験結果を表5に示す。すべての項目において合格を確認している。

耐ノイズ試験結果を図4に示す。本製品ではASICおよび4層基板によるノイズ侵入抑制とコンデンサによるノイズ除去により、耐ノイズ性を製品要求レベルの1/3に抑えることができた。

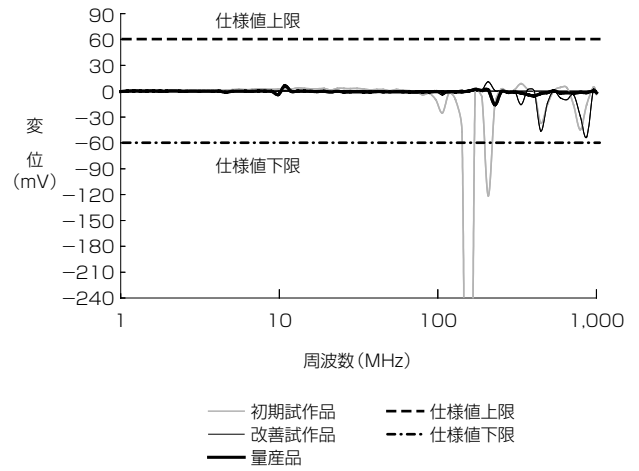
7. む す び

当社の得意とする樹脂パッケージセンサとASICモジュールの2つの技術を用いて、ガソリタンク内圧センサユニットを開発し、現在、本センサユニットの量産製造を開始している。

この製品を今後、自動車用途に圧力センサを展開する足がかりとしたい。

参 考 文 献

- 1) 高橋ほか：半導体圧力センサのデジタルトリミング，フジクラ技報，第96号，pp.54-60，1999
- 2) 伊藤ほか：ワンチップ集積化圧力センサ，フジクラ技報，第84号，pp.180-186，1993
- 3) 蓬田ほか：低電圧駆動集積化圧力センサ，フジクラ技報，第101号，pp.75-80，2001



試験条件 TEMセル法 電界強度100V/m 周波数1~1,000MHz

図4 ノイズ試験結果
Result of noise test