



PRESSURE SENSOR

圧力センサ



Smart圧力センサSPDシリーズは、シリコンをベースとし、多くの種類のパッケージ化が可能です。計測圧力範囲は、ゲージ圧/差圧で 10 mBarから20 Barの間で変えることができます。絶対圧力計測用では、ダイの製造過程で参照真空チャンバーが形成されます。ブリッジ出力型の圧力センサでは、ブリッジの抵抗値が変化するために、適切に使用するには汎用トランスデューサーインターフェース(UTI103)を併用することが必要となります。

Smartec圧力センサは、液体あるいは気体の圧力による膜の曲げの原理に基づいています。膜の上には導電性の薄い被膜層があり、これが膜とともに曲げられます。膜が曲がるとこの導電性被膜層の抵抗が変化します。Smartec圧力センサは4つの抵抗被膜層を用いて、従来のひずみゲージと同等な安定したホイートストーンブリッジを構成します。

膜(および被膜層)の曲げ変形量は非常に小さい($\ll 1$ mm)のですが、これでも抵抗値の変化を計測するのに十分です。被膜層の抵抗体には、膜の曲げ方向により引張りあるいは圧縮が生じます。被膜層が圧縮されると抵抗が減少し、引張られると抵抗が増加します。実際のセンサでは、これによりホイートストーンブリッジにそれぞれ正あるいは負の不均衡が発生します。

一般には、被膜層の抵抗は温度によっても変化しますので、温度補正が必要となります。Smartec圧力センサでは、安定したアナログ出力を得るために、増幅器の中でこの温度補正を行っています。



三誠エレクトロニクス株式会社

〒153-0064 東京都目黒区下目黒2-20-20 第8千陽ビル6F

TEL:03(3490)6480(代表) FAX:03(3490)6488

<http://www.sanele-parts.jp>

圧力センサ(Smart Pressure Device:SPD)の概要

■ 1. 基本作動原理

圧力センサは、液体あるいは気体の圧力による膜の曲げの原理に基づいています。膜の上には導電性の薄い被膜層があり、これが膜とともに曲げられます。この曲げは2つの異なった方法により計測することができます。

第一の方法は、膜上の導電性の(抵抗を持つ)被膜層とセンサパッケージ内の参照層間の距離を測る方法です(図1bを参照)。この2つの層はコンデンサを構成し、層間距離が変化するとその静電容量が変化するので、それを計測します。

第二の方法は、膜が曲げられると導電性被膜層の抵抗が変化し、それを測る方法です。4つの抵抗被膜層を適切に配置し、従来のひずみゲージと同等な安定したホイートストーンブリッジを構成します(図1aを参照)。

この圧力計測の2つの方法は、ともに広く用いられています。Smartec社の圧力センサは、膜上に形成された薄い被膜層による抵抗体で構成されています。

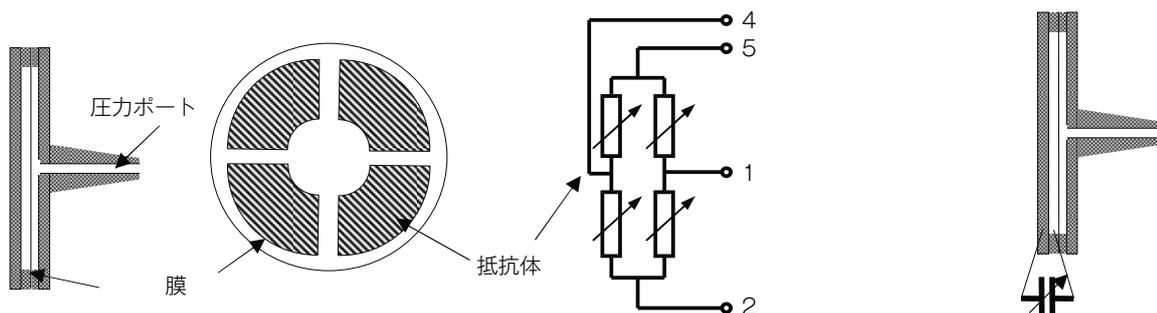


図1a 歪ゲージ型圧力センサの原理

図1b 膜の曲げに基づく静電容量計測

膜(とともに被膜層)の曲げ変形量は非常に小さい($\ll 1$ mm)のですが、これでも抵抗の変化を計測するには十分です。被膜層の抵抗体には、膜の曲げ方向により引張りあるいは圧縮が生じます。被膜層が圧縮されると抵抗が減少し、引張られると抵抗が増加します。実際のセンサでは、これによりホイートストーンブリッジにそれぞれ正あるいは負の不平衡が発生します。

一般には、被膜層の抵抗は温度によっても変化しますので、温度補正が必要となります。

これ以降の記述では、抵抗変化を用いた圧力測定についてのみ説明し、静電容量変化を用いる計測については省略します。

■ 2. 圧力センサの形式

センサ内の膜は、膜の両側に圧力差が生じると曲がります。圧力センサには、ゲージ圧形式、絶対圧形式および差圧形式の3つの形式があり、それぞれの形式に応じた適用分野があります

ゲージ圧形式は、測定媒体の圧力と大気圧との差圧を計測するもので、したがって膜の片側は常に大気圧となっています。

絶対圧形式は、真空に対する値を示し、膜の片側は真空となっています。

差圧形式は、2つの圧力の差圧を測定するもので、センサの両サイドの圧力は特定の圧力ではありません。

Smartec社では、3つのすべての形式を製品として提供しており、以下にそれぞれについて詳細を示します。

■ 2.1 ゲージ圧センサ

図2にゲージ圧センサの測定原理を示します。膜の一方は計測する圧力がかかった液体あるいは気体媒体であり、もう一方は大気に開放されています。このことは、計測された圧力は、大気圧に対する差圧ということです。大気への導通部は、通常通気孔と呼ばれます。

この形式では、外部(大気)と圧力側とを隔てるものは薄膜のみです。このために、膜が損傷を受けると(例えば圧力衝撃により)圧力側が直接通気孔につながってしまい、圧力側の気体あるいは液体がセンサからあふれ出し、危険な状況に至る可能性があります。このために、危険性のある気体の圧力の計測では、この形式のセンサを使用せず、絶対圧形式を用います(2.2を参照)。

ゲージ圧センサは、膜の片側が大気に通じる通気孔を有しており、汚染等により通気孔が塞がれると計測エラーが生じます。したがって、この種のセンサを耐久性の高いケース内に収める場合には、通気孔が常に開いているようにしなければなりません。

代表的な使用例としては、自動車のタイヤ圧力計測装置があります。

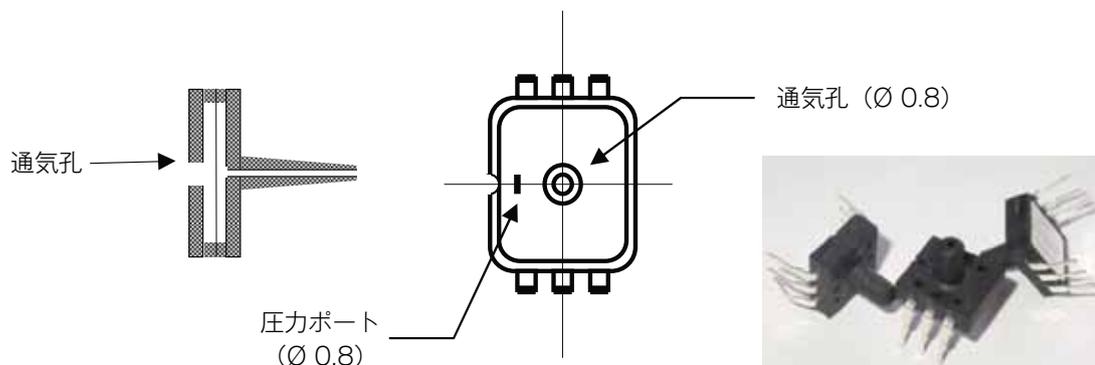


図2 ゲージ圧形式圧力センサの測定原理

■ 2.2 絶対圧センサ

絶対圧形式の圧力センサには通気孔はなく、膜の片側は真空になっています。したがって真空に対する差圧を測定するので、絶対圧センサと呼ばれます。図3に絶対圧センサの測定原理を示します。

完全な真空状態のチャンバーを形成することは非常に難しいのですが(現実的には不可能です)、Smartercセンサでは、参照チャンバーは極めて真空に近い圧力(25×10^{-3} Toorあるいは 5×10^{-4} PSI)となっています。



図3 絶対圧センサの測定原理

よく知られているように、“ほぼ”真空のチャンバーでは、温度変化による影響を避けるために、非常に高い真空度が必要になります。チャンバー内の残差気体が温められると真空チャンバー内の圧力が上昇してしまいます。

この種のセンサは、LPGやLNG等の爆発の危険のある領域での使用に適しています。ケースは完全に密封することができ、例えば圧力タンクの中に設置可能です。膜に亀裂が入った場合(圧力衝撃等で)にも、真空チャンバーが圧力媒体につながるだけで、センサは壊れても危険な状態は発生しません。絶対圧センサの特別なものが、気圧センサと呼ばれるものです。このセンサは、圧力範囲が限られた絶対圧センサと考えることができます。原理上は、この圧力範囲は約1000 mBarから 0 mBarまでですが、分解能の高い気圧センサは、1000 ~ 800 mBarの範囲で設計されており、通常は大気圧の測定に用いられます。

この絶対圧センサの使用例の代表が、自動車用LPGタンクの圧力計測装置です。

■ 2.3 差圧センサ

差圧センサには、膜の両側に圧力孔があり、一方は高圧用、もう一方は低圧用です。膜の曲げは両側の差圧に関連性があります。図4に差圧形式圧力センサの測定原理を示します。

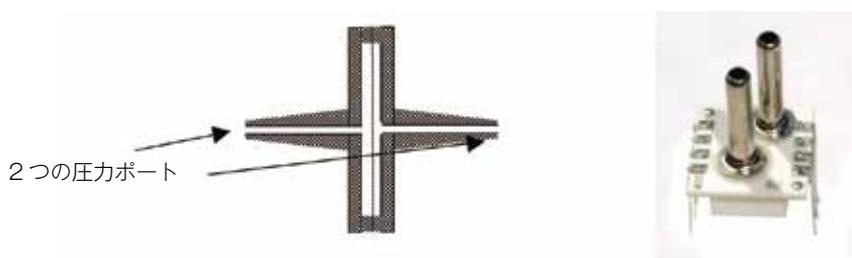


図4 差圧センサの測定原理

■ 3. 出力形式

圧力がゼロの場合、あるいは膜の両側の差圧がゼロの場合でも、ホイートストーンブリッジの出力はある値を持ち、この値はオフセットと呼ばれています。圧力センサが計測できる圧力範囲(最小圧力から最大圧力まで)をスパンと呼びます。

このブリッジは、膜の曲げを検出するだけでなく、温度変化にも反応します。したがって、正確な計測を行うためにはオフセットとスパン(圧力がかかっている場合)の両方に関して温度補正を行わなければなりません。そのために、温度変化に対するオフセットの変化とスパンの温度変化(係数)が示されています。精度をあまり必要としない場合には、補正なしにブリッジの出力電圧がそのまま用いられます。

高精度の計測を行うためには、センサのユーザは温度の影響を補正しなければなりません。

他のメーカーの圧力センサでは、ブリッジサーキット内に温度補正を行う抵抗が組み込まれているものもあります。ブリッジ出力を持つSmartecセンサのみが、ユーザによって外部からブリッジ出力の補正を行う必要があります。デジタル出力と同時にアナログ出力機能を有する他のタイプのセンサは、当社の工場内で補正が行われています。この温度補正は、センサに組み込まれた信号処理器により行われるので、ユーザは一切補正を行う必要がありません。

■ 3.1 ブリッジ

上述のように、センサの基本エレメントは膜の上に被覆されたブリッジです。このブリッジは、膜の曲げを検出するだけでなく、温度変化にも反応します。したがって、正確な計測を行うためにはオフセットとスパン(圧力がかかっている場合)の両方に関して温度補正を行わなければなりません。そのために、オフセット量そのものとともに、オフセットとスパンの温度変化(係数)が示されています。精度をあまり必要としない場合には、補正なしにブリッジの出力電圧がそのまま用いられます。

■ 3.2 アナログ出力

アナログ出力付きのSmartecセンサは、内部で温度補正が行われています。この補正は工場基準で、定められた温度範囲ではマイクロコントローラに設定してあるルックアップテーブルにしたがって行われます。これにより、アナログ出力は非常に精度が高く、またオフセット量も安定しています。装置内部にある信号処理器を介することにより物理的な圧力と出力の間に若干の時間遅れが発生します。一般的には、この遅れは1 ~ 2 msの範囲です。

アナログタイプの差圧センサは、さらに2つのタイプに分けられます。それは両方のポートの圧力が同じ場合、つまり差圧がゼロの場合に、一つは出力電圧(オフセット電圧)が中間値(GndとVccの中間)となるものと、もう一つは出力電圧がゼロ(GNDレベル)となるものです。前者のタイプは差動タイプと呼ばれ、後者はシングルタイプと呼ばれています。シングルタイプでは、一方向の差圧しか計測できず、その方向の差圧に対する出力変化は差動タイプに比べて2倍大きくなります。

■ 3.3 デジタル出力

デジタルデータのオンライン出力は、14ビットのデジタル出力です。データ転送用語で表現すると、これは各8ビットデータが2ワードとなります。最上位のデータバイトの2ビットは用いられずに常にゼロです。センサの精度はセンサの物理的な構造により決まり、デジタル化(14ビット)によりセンサのアナログ精度が改善されることはないことに注意してください。

センサの過荷重や過小荷重を検出するために、レンジを14ビットの10 %から90 %に制限しています。

さらに詳細な情報に関しては、製品のデータシートを参照してください。

■ 4. 主な用語とその定義

絶対圧	真空に対する圧力
大気圧	絶対真空に対する外部空気の圧力。これは場所、高度天候に依存します。 単に気圧(Barometric pressure)とも呼ばれます。
ゲージ圧	大気圧に対する圧力
差圧	2つの場所の圧力差
出力スパン	最大圧力レベルでの出力と最小圧力レベルでの出力との差
最適直線 (ベストストレートライン)	決められた圧力レベルでの複数の圧力計測値を数学的に最適近似した直線。各計測点において出力を平均し、それらから最小二乗法を用いて直線を求める。
ゼロオフセット	絶対圧センサでは、圧力が 0 PSI(真空)の時のセンサ出力、ゲージ圧および差圧センサでは、センサを大気圧にした時の出力
圧力範囲	計測できる最大圧力と最小圧力の差

SPD圧力センサ情報

精度	最適直線出力とボリュームテストに基づく出力との差。精度にはすべての誤差が含まれる（一般には、フルスケール出力に対するパーセントで示される）。
線形性	1セットの計測値が最適直線からどの程度離れているかを示す指標（一般的には、フルスケールに対するパーセントで示される）。
レシオメトリック	センサの出力（アナログ）が電源電圧に比例することを示す。もし、Vccが 10 %低下すると出力電圧も 10 %低下する。
応答時間	圧力がステップ変化した時に、出力が95%に到達するまでに必要な時間
限界圧力	センサの仕様に影響を与えないで適用可能な最大圧力
温度補正	組み込みの信号処理器で温度補正が可能な温度範囲。この範囲以外では、センサの仕様が保障されない。温度補正範囲とも呼ばれる。

■ 5. センサの表示

センサの入力と出力が多岐にわたっているために、センサの表示を標準化することが必要で、ほとんどのSmartec社のセンサには製品のタイプを示す識別コード表示がされています。またSmartec社が供給するすべてのセンサには、エリアコードと製造された週も示されています。

Smartec圧力センサの総称コードは、

SPDppptohhh<H>

で示されます。

すべてのコードはSPD(Smart Pressure Device)で始まります。

「ppp」フィールドは、圧力範囲をPSI(3桁)で示します。

「t」フィールドは、センサのタイプを示し、Aは絶対圧(Absolute)、Gはゲージ圧(Gauge)、Dは差圧(Differential)を示します。

「o」フィールドは、出力形式を示し、Bはブリッジ、Gはアナログ、Iは $^{\circ}\text{C}$ 、Dはデジタルあるいはシングルを示します。

「hhh」フィールドは、パッケージ形式を示し、DIP、SIP、SOC、TO5があります。

もし製品コードに大文字の「H」がある場合には(通常はコードの最後にある)、その製品がハイブリッドタイプ(MEMS:微小電子機械システム)であることを示します。

SPD圧力センサ情報

「ppp」フィールドで示されるセンサの圧力範囲は、3桁の数字で示され、PSI単位で示されることに注意してください。しかし、非常に小さな圧力範囲であるSPD102DADIPHセンサは例外となります。このケースでは、「ppp」は mmH₂O単位での圧力(102 mmH₂O = 0.15 psi)です。

いくつかの例

参照コード	圧力範囲	タイプ	出力	パッケージ
SPD015GBDIP	15 PSI	ゲージ型	ブリッジ	デュアルインライン型
SPD102DAhyb	102 mm H ₂ O	差圧型	アナログ	デュアルインライン型
SPD002GASIP	2 PSI	ゲージ型	アナログ	シングルインライン型

■ 6.単位

以下に圧力計測に関する主要な単位を示します。SI単位では、圧力はパスカル(N/m²)ですが、多くの場合にPSI(ポンド/インチ²)が用いられています。この他に広く用いられている単位に、Barやkgf/cm²があります。

いろいろな圧力単位の換算を下記に示します。

$$1 \text{ Bar} = 14.5038 \text{ PSI (実用上は } 15 \text{ PSI)}$$

$$1 \text{ Bar} = 1 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ Bar} = 10 \text{ m H}_2\text{O} = 10^4 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$100 \text{ mm H}_2\text{O} = 10 \text{ m Bar}$$

$$1 \text{ Pa} = 0.145038 \times 10^{-3} \text{ PSI}$$

$$1 \text{ PSI} = 6.89476 \times 10^3 \text{ Pa}$$

換算を簡単にするために、ここでは15 PSI = 1 Barとします。

※圧力センサーには多品種ありますのでSmartec社ホームページSupportより
貴社に適した品番のものをお選び下さい。

詳しくは Smartec社ホームページをごらん下さい。



URL www.smartec-sensors.com