

ピエゾ抵抗による 圧力測定技術

ピエゾ抵抗技術は圧力測定と同義語として用いられることが多いが、果たしてピエゾ抵抗とはいったい何か？ 何故この技術が圧力測定に利用されるのか？

By Dr. Soren Boyn

圧 力

温度と同じく、圧力は多くのシステムにおいて非常に重要な要素です。加えて、正確にコントロールされた圧力状態は産業プロセスに必要不可欠です。圧力測定が機械やプラントのモニター及び制御に最も重要で、頻繁に利用される技術である理由は、まさにここにあります。大気圧は重要な環境の変動要素であり、液柱の静水圧を測定することにより、地下水の水位や液面タンクレベルを求めることもできます。

電氣的な圧力測定は、測定対象の圧力を受けて電気信号に変換するセンサを必要とします。測定対象の圧力によって抵抗値が変化するのが捉える方式を、抵抗型圧力測定（resistive pressure measurement）と呼びます。

抵抗型圧力測定（Resistive Pressure Measurement）

変形することで抵抗値が変化する金属の薄い膜（ストレインゲージ）を用いるのが、一番簡単な例です。引っ張られると膜は長く薄くなり、電気抵抗値が上昇します。圧縮されると短くなり径が太くなりますので、抵抗値は小さくなります。測定対象の圧力を制御された機械的変形に変換させるために、ストレインゲージを弾性膜に取り付けます。通常、ストレインゲージは接着剤を使って貼り付けます。圧力が膜の片側に加わると膜が変形し、膜上での位置によりストレインゲージが圧縮、または引っ張られます（図1）。圧力が高いほど膜の変形度合いは大きくなるので、抵抗値の変化量

は直接、圧力の大きさに依存することになります。より正確な測定のために、複数のストレインゲージをホイット・ストーン・ブリッジに組み合わせ、抵抗値の変化を電圧信号として測定する方法があります。

ピエゾ抵抗型圧力測定 (Piezoresistive Pressure Measurement)

古代ギリシャ語である piezein (絞る、つぶすなどの意味) に由来することからも、ピエゾ抵抗技術は本質的に圧力と結びついています。ピエゾ抵抗型圧力測定の基本原理は抵抗型圧力測定と同じで、伸縮により抵抗値が変化するというものです。しかしながらピエゾ抵抗素子に使われる材料では、伸縮の際に起こる機械的張力が電気伝導度の変化にもつながるところが、前者と異なる点です。ピエゾ抵抗は原子配置が変わることが基礎になっており、電荷の移送に直接影響を与えます。電気伝導度の変化から生じる抵抗の変化量は、純粋な変形によりもたらされるそれよりも格段に大きくなります。

半導体はピエゾ抵抗素子に用いられる材料でも一般的なもので、強力なピエゾ抵抗影響を持っています。半導体の電気伝導度は導電体 (銀、銅、アルミニウムなど) と絶縁体 (ガラスなど) のあいだにあります。ピエゾ抵抗型圧力セルはシリコンで作るのが標準的ですが、これは電気回路の製造にも用いられます。そのためこれらのセンサは“センサチップ”と呼ばれることもあります。

ウェーハとして知られる厚さ 1mm 以下の水晶シリコンディスクが、ピエゾ抵抗センサのベースとなります (図 2)。ドーピング (不純物添加) と呼ばれる工程で外来原子をシリコン表面に導入します。すると電導度に影響を及ぼし導入されたエリアがピエゾ抵抗を形成します。次のステップでシリコンウェーハの一定部分を薄くして、膜が直接シリコンに形成されてピエゾ抵抗が図 1 のような位置に来るようにします。圧力が膜の片側にかかると膜が変形してピエゾ抵抗に機械的ストレスをもたらし、抵抗の位置により抵抗値が増減します。センサチップの圧力の感度は膜の厚さにより決まります。

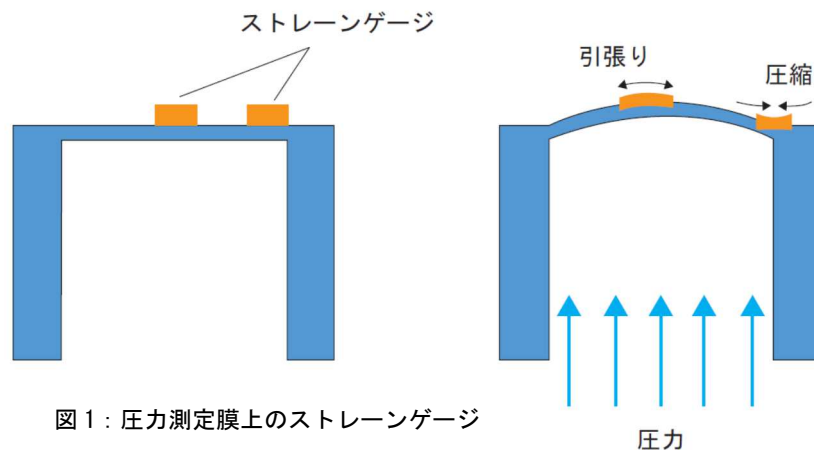


図 1 : 圧力測定膜上のストレインゲージ

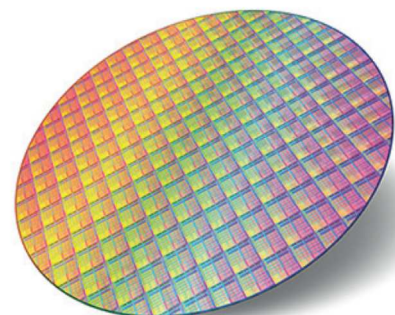


図 2 : ウェーハ

その後、シリコンの背面をガラスに接着します（図3）。絶対圧センサでは、この工程で真空中に閉じ込めた基準室を作ります。ゲージ圧測定の場合、背面のガラスには基準圧ポート（穴）を設けます。ピエゾ抵抗型圧力測定セルにおいては、ストレーンゲージと異なり測定抵抗が膜の内側に組み込まれていて、接着の必要がありません。これが長期に渡る安定性と非常に低いヒステリシス（弾性誤差）を可能にしているのです。ピエゾ抵抗が持つ抵抗値の変化量は、ストレーンゲージのそれと比べると約50倍にもなります。

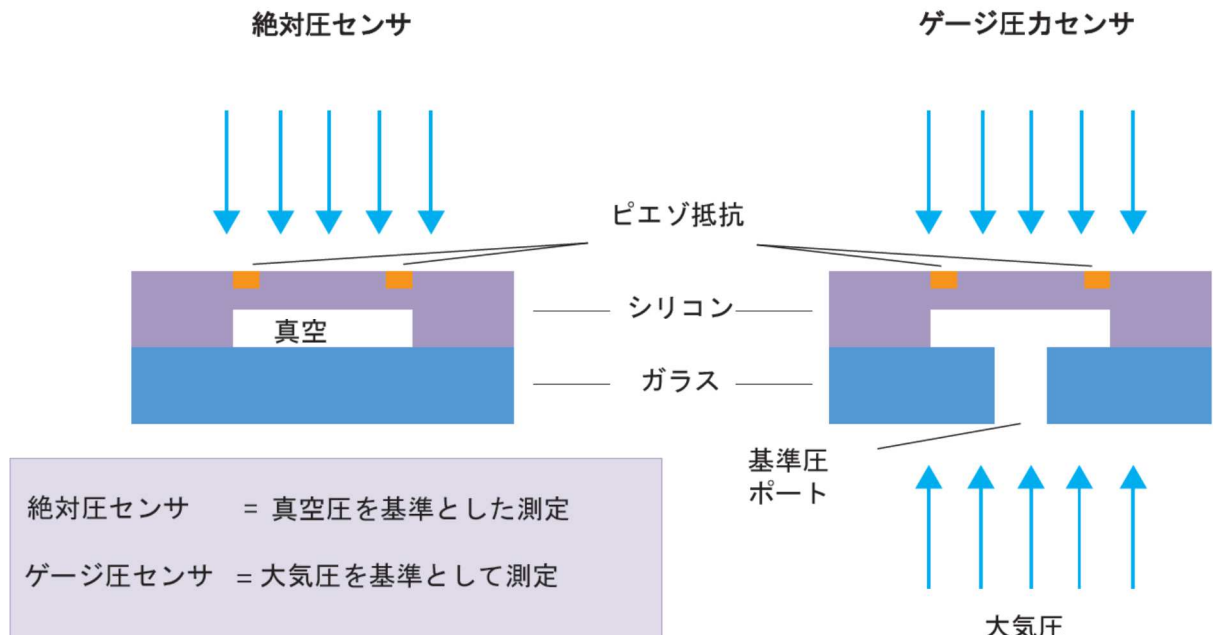


図3：ピエゾ抵抗型圧力センサチップの構造

測定媒体とセンサチップを直接接触させないように、センサチップを耐圧メタルハウジングに収納し、オイルで満たしたあと薄い膜で密閉します（図4）。この膜と伝達媒体としてのオイルを介して、圧力がセンサチップに加わる仕組みになっています。測定セルが媒体から完全に切り離されている（アイソレートされている）ので、腐食性の液体やガスにも使用が可能になります。

なぜピエゾ抵抗技術を圧力測定に用いるのか？

出力信号が大きい、製造プロセスが確立されているなどの複数の要因で、ピエゾ抵抗技術は今日の圧力測定における中心的な存在となっています。ストレーンゲージの接着が不要なため安定性に優れる点も、もうひとつの要因です。

圧力を受けると、センサチップの水晶シリコンはゴムのように変形します。そのため長い圧力サイクルの後でも疲労や安定性の問題の心配がありません。センサチップは確立された半導体製造プロセスにより製造されるので、非常にコンパクトで長期安定性に優れた測定セルを作り出すことが可能なのです。ピエゾ抵抗型圧力センサには可動部がないので、衝撃や加速度にも優れた耐性があります。ストレーンゲージに比べ抵抗値の変化が大きいことから出力信号も大きく、それにより高分解能かつノイズの低い電気変換が可能です。アナログまたはデジタル信号との組み合わせにより、非常に正確で温度影響の小さい圧力測定を実現できます。

“アイソレートされた” ピエゾ抵抗型圧力測定セルの強みは、その多用途性にあります。あらゆる媒体に使用でき、幅広い圧力レンジをカバーするだけでなく、多くの産業用途に適応できるフレキシブルさがあります。ケラー社はアイソレートされた測定セルの設計及び製造において絶対的なノウハウを有しています。45年に及ぶ経験をもとに、あらゆるアプリケーションに対応できます。産業用途から研究分野まで、ケラー社のピエゾ抵抗型圧力センサは今日も様々なシーンで活躍しています。

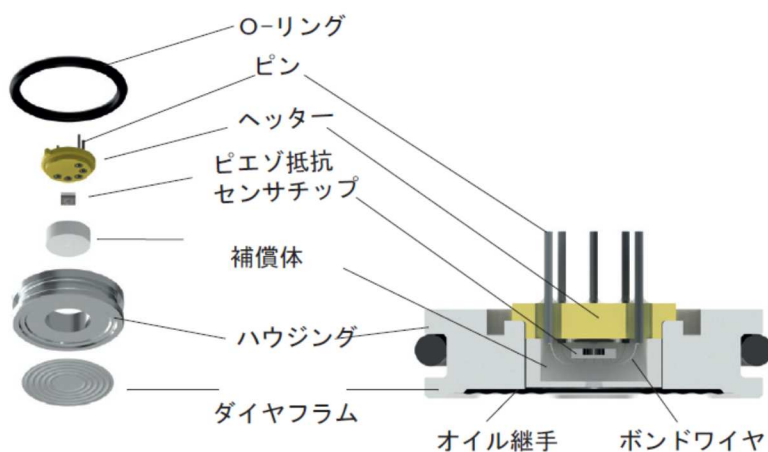


図4：ピエゾ抵抗型圧力センサの構造



図5：圧力センサ

ピエゾ抵抗技術のメリット・デメリット

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + 確率された製造プロセス + 広範囲の圧力レンジをカバーできる + 長期安定性に優れる + 圧力サイクルに強い + 耐圧が高い + ヒステリシスが無い + コンパクトサイズ + 衝撃・振動に強い + ゲージ圧・絶対圧どちらにも対応 + あらゆる媒体に使用できる | <ul style="list-style-type: none"> + あらゆる産業分野で使用可能 + 出力信号が大きい = 高分解能 ・ 温度補償が必要 ・ 設計及び製造に高度な技術が必要 - 微圧に向かない (<0.01hPa) - 200°C以上の高温媒体には特注が必要 |
|--|--|

ケラー社の英文技術資料を翻訳編集しております。記載内容は英文が優先されます。

	
	<p>代理店 株式会社 サヤマトレーディング 〒114-0001 東京都北区東十条 6-10-12 TEL:(03)3903-2181 FAX:(03)3903-0123 e-mail:sales-team@sayama.com https://www.sayama.com/</p>