

高温動作型圧力センサ

キ - ワ - ド : 圧力センサ , 高温動作型 , ダイアフラム式 , 酸化クロム薄膜 , パッシベーション膜

概要

流体の圧力を検知する検出器には、水銀マノメータやブルドン管のような機械的なものから、半導体式圧力センサや金属歪みゲージのような電気式など様々な検出器があります。特に、電気式は出力が電気信号で取り出せるため、様々な圧力センサが開発されています。しかし、高温雰囲気で使用できる汎用型の圧力センサはほとんど有りません。一般によく用いられている半導体式圧力センサは、非常に高感度で信号処理回路も半導体技術によりセンサと同一チップ内に集積化でき小型であるなどの特徴を有していますが、抵抗の温度係数が大きいこと温度変化による出力誤差が大きく温度補償を入れる必要があること、圧力検出部分や集積化した回路の動作温度に制限があること、などにより 120 付近が上限とされており、一般に動作温度の仕様は 60 ~ 80 までにされています。また、金属歪みゲージは温度係数が小さく温度変化による出力への影響は半導体式圧力センサに比べて遙かに少ないですが、感度が小さいという難点があります。このため、高温で動作が可能な汎用型の圧力センサの開発が求められており、様々な試みがなされています。当所でも高温

雰囲気で使用可能な汎用性のある特性良い圧力センサの開発を行い高温動作型圧力センサの実用化を行いましたので紹介します。

センサ素子の構造

図 1 は開発した高温動作型圧力センサの概略図です。本センサはダイアフラム式になっています。圧力を電気信号に変換する検出体には Cr - O 薄膜を用いており、この薄膜が薄いステンレスのダイアフラム上に形成されています。図に示した矢印のように下から圧力を受けるとダイアフラムが変形し Cr - O 薄膜に歪みがかかります。この時に発生する Cr - O 薄膜の電気抵抗の変化から圧力を検出することができます。ダイアフラムに圧力がかかると、ダイアフラムの表面に作用する応力はダイアフラムの中心部と周辺部では応力の向きが反転します。そこで、Cr - O 薄膜をダイアフラムの中心部と周辺部に 2 個ずつ配置してブリッジ回路を形成し高感度な出力を得るようにしています。センサの表面には、高温による劣化から防止するために保護膜（パッシベーション膜）を形成しています。

センサの特性

高温雰囲気で使用されるセンサとして、高温で動作すること、センサ出力が温度変化に影響されないこと、高温雰囲気でセンサが劣化しないことが重要な課題になります。また、あらゆるセンサに言えることですが、センサの出力が線形であること、すなわち測定される物理量とセンサ出力の大きさが直線関係にあることが重要になります。これにより、あとの信号処理が簡単になります。以下

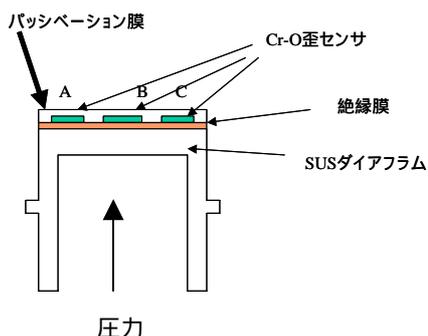


図 1 高温動作型圧力センサの概略図

にこれらの課題を中心に開発したセンサの特性について説明します。

(1) 圧力検出材料

圧力は Cr - O 薄膜の電気抵抗の変化から検出するので、温度により抵抗が大きく変化すると圧力検出体として不適です。すなわち、温度により抵抗が大きく変わる検出体で同じ圧力の室温から高温までの雰囲気測定しても測定値が大きく変わることになります。このため、Cr - O 薄膜の抵抗の温度係数(TCR)が重要となります。図 2 は、Cr - O 薄膜を反応性スパッタ法で作製するときの酸素流量と作製された膜の TCR の関係を示しています。酸素流量が 2.3 sccm 近傍で作製された膜の TCR が最も小さくなるのがわかります。従って、この酸素流量でセンサとしての Cr - O 薄膜を作製すれば温度による抵抗の変化が小さい薄膜が作製されることになります。

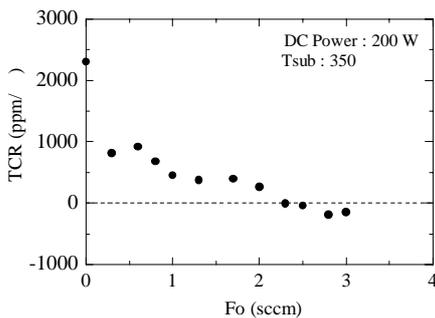


図 2 Cr - O 薄膜の TCR と O₂ 流量の関係

(2) センサの保護膜

圧力センサを高温雰囲気中使用するためには、高温によって受けるセンサのダメージを防ぐ対策を施さなければなりません。特に大気中の高温で用いるケースが多いことが想定されますので、酸化による劣化を防ぐための耐酸化性薄膜によりセンサ表面を覆う必要があります。表 1 に 4 種類の薄膜の耐酸化性について調べた結果を示します。表 1 はそれぞれの薄膜を大気中の各温度で 72 時間曝した結果です。200 度ではいずれの膜も良好な耐酸化性を示しています。中でも、AlN、Si₃N₄ 膜は 400 ~ 500 度という高温まで耐酸化特性を有していることが判明しました。

図 3 は保護膜に AlN を用いて 250 度の雰囲気で測定した圧力 - 出力特性です。非常に良い直線的な特性を示しており、高温動作型センサとして良好な特性を有していることがわかります。

表 1 保護膜の各温度に対する耐酸化性

	AlN	Si ₃ N ₄	DLC	Zr - Al - N
室温				
200				
400			×	
500				×

○ : 良好 × : 不良 ◻ : 未測定

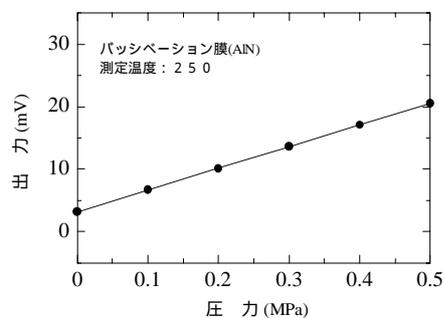


図 3 250 度におけるセンサの出力特性

センサの実用化

開発した高温動作型圧力センサを実用化するために、室温での繰り返し圧力試験、連続高温放置試験、動圧試験など各種信頼性試験を行っていますが、150 度の高温に対して良好な信頼性が得られており、図 4 に示すような 150 度仕様の高温動作型圧力センサの実用化を行いました。現在さらに、250 度仕様の実用化に向けて信頼性試験を実施中です。



図 4 実用化した高温動作型圧力センサ