


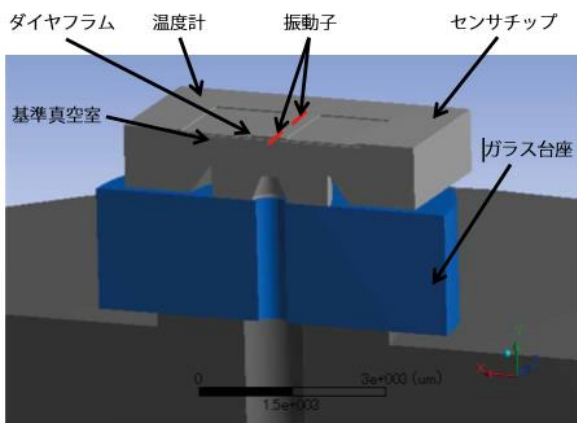
横河電機は、独自の単結晶シリコンを用いた差圧伝送器（DPhart）を搭載した電磁気駆動方式振動センサーを製品化している。このほど本技術を進化させ、MEMS 構造を採用して磁石が不要な静電駆動式の高精度の気圧センサーを開発した。小型化、高精度化できる特徴を活かした各種センサーにより応用分野を拡大する。

企業名	 YOKOGAWA Co-innovating tomorrow			横河電機株式会社
主力事業	計測、制御、情報の技術を軸に最先端の製品やソリューションを提供する			
所在地	〒180-8750 東京都武蔵野市中町 2-9-32			
TEL	0422-52-5555	URL	<a href="http://www.yokogawa.co.jp/">http://www.yokogawa.co.jp/</a>	
資本金	434 億 105 万円 (2019 年 3 月末)	従業員数	連結：1 万 8329 人	

**【本技術の概要】**

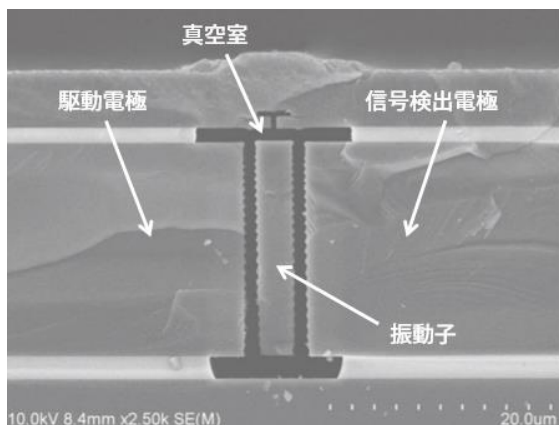
横河電機は、環境計測分野で様々なセンサー需要が高まる中、高精度な気圧センサーを開発した。シリコン単結晶を用いたシリコンレゾナント気圧センサーは高い安定性と精度を持つことから、産業計測の分野で広く用いられている。従来のシリコンレゾナントセンサーに用いられる振動子は、電磁気力で駆動するため磁石が必要であった。一方、MEMS 構造を用いたシリコンレゾナントセンサーの振動子は、静電気力によって駆動するため磁石が不要で小型化及び高温での使用が可能となることから、気圧・圧力センサー・歪みセンサー・加速度センサーなど様々なアプリケーションへの用途拡大が期待されている。気圧センサーは気圧に加え、高度や速度計測などにも応用することが期待できる。これらの背景を踏まえ同社は、シリコンレゾナントセンサーを用いて、精度 2.5 Pa、分解能 0.1 Pa 相当の圧力標準器と同等の性能を持った気圧センサーを開発した。

**【基本構造及び動作原理】**



気圧センサー断面モデル

開発した圧力センサーの断面像では、振動子はダイアフラム上に形成され、ダイアフラムの直下に圧力の基準となる真空室を形成した。振動子はその両側の真空ギャップを介して2つの電極に挟まれ、一方の駆動電極との間の交流の静電気力によって電極と垂直方向に励振される。同時に、他方の信号検出電極との間の静電容量の変化によって、周波数に応じた交流電流を出力する構造となっている。



振動子部の断面図

外部から本センサー上面に圧力が印加されるとダイヤフラムが撓たわみ、振動子の軸方向に応力が加わり圧力に応じた共振周波数の変化が生じる。この現象を利用して、共振周波数を測定することにより印加された圧力の大きさを測定することができる。振動子は従来のシリコンレゾナントセンサーと同様にダイヤフラム上の2か所に配置され、それぞれの共振周波数の差によってダイヤフラム直下の真空室の圧力とセンサー上部に印加される圧力の差圧である絶対圧を検出することができる。またセンサーチップ上にダイオードを用いた温度計が形成されており、これにより温度補償を行っている。

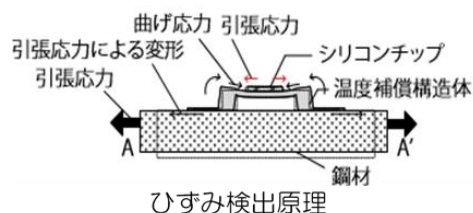
【特徴】

- ① 単結晶シリコン振動子と超低ノイズ回路により1千万分の1を検出。
- ② 圧力標準器と同等の分解能 (0.1Pa 相当)。
- ③ 省電力化 (電池駆動)、小型化実現。
- ④ 高圧印加時でも共振、検出可能。
- ⑤ 単結晶シリコンレゾナントセンサー搭載により、長期間安定した特性を発揮する。

【本技術の応用事例・想定用途】

横河電機は1980年代からシリコンレゾナント圧力センサー開発を続けており、このセンサーが搭載されたセンサー差圧伝送器「DPharp シリーズ」は長年にわたり実績を積み重ね、両端固定梁構造の振動子を自励振回路駆動の基本構造とし、様々な物理量を検出可能とした。その応用事例として次のようである。

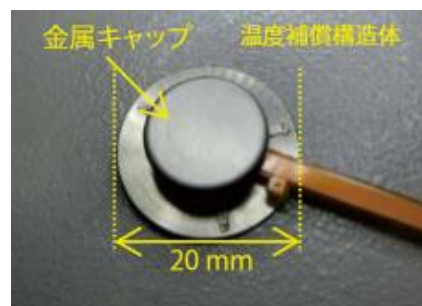
- ① 圧力：MEMS ダイヤフラムの変形で圧力を検出。
- ② ひずみ：台座の変形を直接ひずみとして検出。
- ③ 加速度：MEMS カンチレバーと組み合わせて加速度を検出。
- ④ 傾斜：MEMS カンチレバーと組み合わせて傾斜を検出。
- ⑤ 力：MEMS カンチレバーと組み合わせて力を検出。
- ⑥ 温度：温度に応じた膨張・収縮による張力変化を温度として検出。



1. 具体例

・ひずみセンサー

ひずみセンサーに引張応力が印加された時の動作は、温度補償構造体を用いず直接鋼材にシリコンチップを取り付けた場合、鋼材が引っ張られると 薄いシリコンチップは鋼材の変形に合わせ変形し、シリコンチップが引張応力によりひずむことで、測定できる。また、温度補償構造を持つひずみセンサに引張ひずみ検出応力が印加された時の動作は、鋼材が引っ張られると、温度補償構造の側



ひずみセンサー外観

壁が鋼材の変形に合わせて変形し、温度 補償構造の上面がたわむ。鋼材に発生した応力が緩和されてシリコンチップに伝わり、ひずみを測定できる

• **新規レゾナントセンサー**

従来のシリコンレゾナントセンサー技術を応用した新しい気圧センサーは、圧力を超分解能で検出し、小型・低消費電量（電池駆動）を特長とする。試作した気圧センサーの誤差の最大値は 2.1 Pa であった。使用した標準器の精度は 2.5 Pa であり、試作したセンサーは標準器と同等の特性と考えられた。また、このセンサーは 110 kPa の測定レンジに対して、0.1 Pa の分解能で圧力を測定することができた。

• **サニタリ用アダプタシステム「EJAC60J」を開発・発売**

EJAC60J は、圧力伝送器「EJA560J」と多様なアダプタで構成されている。「EJAC60J」に使用されている圧力伝送器「EJA560J」は、圧力の伝達にシリコンオイル等の封入液を使用せず、食品、医薬品業種の顧客が安心して利用できる。同社では、この製品の特長を生かし、国内やアジアをはじめとする各国の食薬市場に向け、販売を拡大していく。



シリコンレゾナント気圧センサー



サニタリ用アダプタシステム「EJAC60J」

2. **技術開発・事業展開**

横河電機は、1991 年、単結晶のシリコンレゾナントセンサー（伝送器の心臓部にあたる圧力検出部に微小電子機械システム MEMS 技術を応用）を世界で初めて工業計測製品に応用した「DPharp EJ シリーズ」を発売。1994 年には、高性能で優れた安定性を特長とする「DPharp EJA シリーズ」を、2004 年には、上位機種として「DPharp EJX(R) シリーズ」を発売した。高信頼の製品として、全世界で 700 万台の納入実績を持つまでになっている。これらの技術成果を背景に、気圧・圧力センサー・歪みセンサー・加速度センサーなどへの用途を拡大し、気圧センサーは気圧に加え、高度や速度計測などへ応用することが期待される。

専門家による目利きコメント

同社が開発した MEMS 技術を応用した単結晶のシリコンレゾナントセンサー技術を応用した気圧センサーは、高安定性、高精度かつ小型、軽量という特長に加え、システムなども含めたトータルソリューションとして貢献が期待される可能性を持つと見られる。IoT 社会の到来により環境計測以外の分野にも展開が期待される。

お問い合わせ	横河電機株式会社
	担当部署：マーケティング本部 事業開発センター サービス開発統括部 SDR 開発課 TEL：070-4244-2285