

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-141223

(P2011-141223A)

(43) 公開日 平成23年7月21日(2011.7.21)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 1 L 9/00 (2006.01) G 0 1 L 9/00 C 2 F 0 5 5

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

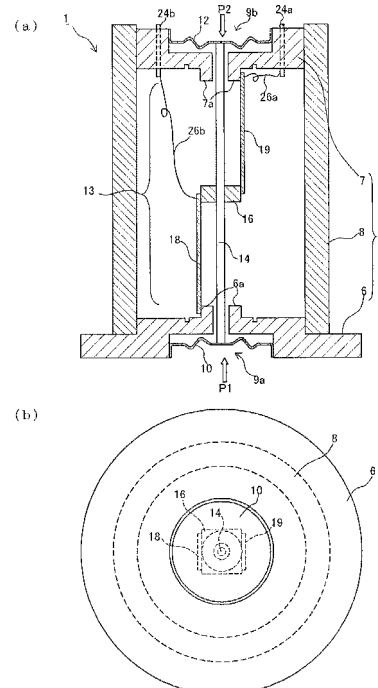
(21) 出願番号	特願2010-2662 (P2010-2662)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成22年1月8日 (2010.1.8)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
		(74) 代理人	100095728
			弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	本山 久雄
			東京都日野市日野421-8 エプソント
			ヨコム株式会社内
		Fターム(参考)	2F055 AA40 BB05 CC55 EE23 FF11
			FF43 GG11

(54) 【発明の名称】 圧力感知ユニット、及び圧力センサー

(57) 【要約】

【課題】力伝達部の構造を簡素化し、小型、低コスト、高精度で温度変化に強い圧力感知ユニットを得る。

【解決手段】圧力感知ユニット1は、第1のダイアフラム10及び底板6と、第2のダイアフラム12及び天板7と、外周側壁8と、を有するハウジング5と、ハウジング5内部に配置されて力の検出方向を検出軸とする感圧部とからなる。感圧部は、第1、第2ダイアフラム10、12を夫々の中央領域で連結して一体化し、力の伝達を可能としたセンターシャフト14と、該センターシャフト14に固定された可動受け台16と、底板6に設けた第1固定受け台6aと、に両端部が取り付けられ、検出軸を前記センターシャフトと平行に設定された第1の感圧素子18と、を有する。そして、可動受け台16と天板7に設けた第2固定受け台7aとに両端部が取り付けられ検出軸をセンターシャフト14と平



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の圧力入力口を有する底板と、該第 1 の圧力入力口と対向する第 2 の圧力入力口を有する天板と、前記底板と前記天板とを接続する外周側壁と、を有するハウジングと、前記第 1 の圧力入力口を閉止するとともに外面を受圧面とする第 1 のダイアフラムと、前記第 2 の圧力入力口を閉止するとともに外面を受圧面とする第 2 のダイアフラムと、前記ハウジング内部に配置されて力の検出方向を検出軸とする感圧部と、を有する圧力感知ユニットであって、

前記感圧部は、前記第 1、第 2 ダイアフラムを夫々の中央領域で連結して一体化し力の伝達を可能としたセンターシャフトと、

前記センターシャフトに固定された可動受け台と前記ハウジング内の前記底板に設けた第 1 固定受け台とに両端部が取り付けられ検出軸を前記センターシャフトと平行に設定された第 1 の感圧素子と、

前記可動受け台と前記天板に設けた第 2 固定受け台とに両端部が取り付けられ検出軸を前記センターシャフトと平行に設定された第 2 の感圧素子と、を有することを特徴とする圧力感知ユニット。

【請求項 2】

前記第 1、及び第 2 の感圧素子は、両端部に基部を有し、

前記基部間を接続する振動腕を有する振動素子であることを特徴とする請求項 1 に記載の圧力感知ユニット。

【請求項 3】

前記第 1、及び第 2 の感圧素子は、両端部に基部を有し、

前記両基部間を接続する 2 つの振動腕を有する双音叉型振動素子であることを特徴とする請求項 1 に記載の圧力感知ユニット。

【請求項 4】

前記第 1、及び第 2 の感圧素子は、圧電性材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の圧力感知ユニット。

【請求項 5】

前記第 1、及び第 2 の感圧素子は、水晶材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の圧力感知ユニット。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の圧力感知ユニットと、

前記第 1、及び第 2 感圧素子を励振する発振回路と、前記発振回路の出力周波数をカウントするカウンタと、前記カウンタのデータを処理する演算回路と、を有する IC とを備えたことを特徴とする圧力センサー。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、圧力感知ユニット、及び圧力センサーに関し、特に感圧部に 2 個の感圧素子を用い、且つこれらを差動的に動作させて、検出感度、温度特性等を改善した圧力感知ユニット、及び圧力センサーに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来から、水圧計、気圧計、差圧計等の感圧素子に圧電振動素子を使用した圧力センサーが知られている。圧電振動素子を用いた圧力センサーは、圧電振動素子に検出軸方向の圧力が作用すると、圧電振動素子の共振周波数が変化し、当該共振周波数の変化から圧力センサーに印加される圧力を検出する。

特許文献 1～3 には、感圧素子に圧電振動素子を用いた圧力センサーが開示されている。圧力導入口よりベローズ内に圧力が加わると、当該ベローズの有効面積に応じた力が、

10

20

30

40

50

ピボット（撓みヒンジ）を支点とした力伝達手段を介して、圧電振動素子に圧縮力、あるいは引張り力（伸長力） F として加えられる。圧電振動素子には、この力 F に応じた応力が生じ、該応力により圧電振動素子の共振周波数が変化する。圧力センサーは、圧電振動素子の共振周波数の変化を検出することにより、印加された圧力を求めることができる。

【0003】

図10は、特許文献1に開示された圧力センサーの構成を示す断面図であり、対向して配置された第1及び第2の圧力入力口102、103を有する筐体104と、筐体104の内部に配置された力伝達部材105とを備え、力伝達部材105の一端を挟むように第1のベローズ106、及び第2のベローズ107が接続されている。そして、第1のベローズ106の他端開口を第1の圧力入力口102に接続し、第2のベローズ107の他端開口を第2の圧力入力口103に接続している。さらに、力伝達部材105の他端と、基板108のピボット（支点）ではない方の端部との間に、感圧素子としての双音叉型振動素子109が配置されている。

10

圧力を高精度に検出する場合、ベローズの内部には、液体が充填される。当該液体としては、ベローズの内部の蛇腹部分への気泡の入り込みや、滞留を防止するために、一般的に粘性の高いシリコンオイル等が用いられる。このように、第1のベローズ106の内部には、粘性のあるオイル110が充填されており、圧力測定の対象が液体の場合は、第1の圧力入力口102に開けられた開口部111により液体と前記オイルとが接触して相対する構造となっている。なお、開口部111はオイルが外部に漏れないような開口径が設定されている。

20

【0004】

また、特許文献3には、図11の断面図に示すような圧力センサーが開示されている。図11において、120はハウジング、121は圧力導入口、122a、122bはベローズであって、該ベローズ122a、122bには力伝達部材125が連結され、該力伝達部材125の可撓部125aと固定部125bとの間に感圧素子130が接着固定されている。図11に示す圧力センサーの圧力導入口121よりベローズ122a、122bに圧力が加わると、ベローズ122a、122bの有効面積に応じた力が、力伝達部材125の上下にかかり、差圧に相当する力がピボット135を支点にして、感圧素子130に圧縮力、あるいは引張り（伸長）力として加わり、この力に応じて感圧素子130の共振周波数が変化し、これを検知することにより圧力を測定するものである。

30

ベローズ122a、122b、力伝達部材125、感圧素子130及びハウジング120は、それぞれ異なった材料により構成されているので、使用環境の温度変化等により熱歪みが発生し、圧力測定精度を劣化させることになる。そこで、感圧素子130の支持部を力伝達部材可撓部125aと、該力伝達部材と隔設し、且つ圧力センサハウジング120内に設けた感圧素子130の固定部材140との間に橋架固定することにより、周囲温度の変化に伴う熱歪みの影響を感圧素子130に加えることのないよう構成する。

そして、ベローズライン、力伝達部材、力伝達部材支柱と感圧素子固定部に分けて熱歪みの解析を行った。例えばハウジングにステンレス、ベローズにニッケル、力伝達部材に燐青銅、感圧素子に水晶を用い、それぞれの線膨張係数を適用し、各部材の寸法を設定し、感圧素子130の固定部材の線膨張係数を設定すれば、その最適な長さを求めることができ、熱歪みの影響を受けることのない圧力センサーを構成できると開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開昭56-119519号公報

【特許文献2】特開昭64-9331号公報

【特許文献3】特開平2-228534号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

50

しかしながら、特許文献 1 に開示の圧力センサー 101 では、図 10 に示す第 1 のペローズ 106 に充填されているオイル 110 が、他の構成要素、例えば、力伝達部材 105 や双音叉型振動子素子 109 などに比べて熱膨張係数が大きく、圧力センサー 101 を構成する各部材に温度変化による熱歪みを生じさせる。この熱歪みによる応力が双音叉型振動子 109 の信号にノイズとして重畳し、圧力センサーの測定精度を劣化させるという問題があった。

また、第 1 のペローズ 106 に充填されているオイル 110 は、圧力測定の対象となる液体と接触して相対しているが、圧力センサーの設置方法により、オイル 110 が圧力測定の対象となる液体側への流出や、液体が第 1 のペローズ 106 側への流入もあり、第 1 のペローズ 106 に充填されたオイル 110 内に気泡が発生する虞がある。オイル 110 内に気泡が発生すると、圧力の伝達媒体として機能が劣化し、圧力測定値に誤差を生ずる虞がある。

さらに、オイル 110 は、圧力測定対象の液体と接触しているため、圧力センサーの設置方法によっては、オイル 110 が圧力測定対象の液体側に流出する虞があり、異物混入を嫌う液体の圧力測定には、オイル 110 を使用した従来のような圧力センサーを使用することができないという問題があった。

また、特許文献 1、3 に開示の圧力センサーは、力伝達部材 105、125 が、複雑な構造をしており、圧力センサーを小型化する際に障害となっている。また、力伝達部材 105、125 は、くびれ部の細かい撓みヒンジが不可欠の部品であり、該部品のために圧力センサーの製造コストが上昇するという問題があった。

本発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、内部に受圧媒体としてのオイルを使用せず、力伝達部材の構造を簡素化することにより、小型、高精度、低コストで温度変化に強い圧力感知ユニット、及び圧力センサーを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0008】

〔適用例 1〕本発明の圧力検知ユニットは、第 1 の圧力入力口を有する底板と、該第 1 の圧力入力口と対向する第 2 の圧力入力口を有する天板と、前記底板と前記天板とを接続する外周側壁と、を有するハウジングと、前記第 1 の圧力入力口を閉止するとともに外面を受圧面とする第 1 のダイヤフラムと、前記第 2 の圧力入力口を閉止するとともに外面を受圧面とする第 2 のダイヤフラムと、前記ハウジング内部に配置されて力の検出方向を検出軸とする感圧部と、を有する圧力感知ユニットであって、前記感圧部は、前記第 1、第 2 ダイヤフラムを夫々の中央領域で連結して一体化し力の伝達を可能としたセンターシャフトと、前記センターシャフトに固定された可動受け台と前記ハウジング内の前記底板に設けた第 1 固定受け台とに両端部が取り付けられ検出軸を前記センターシャフトと平行に設定された第 1 の感圧素子と、前記可動受け台と前記天板に設けた第 2 固定受け台とに両端部が取り付けられ検出軸を前記センターシャフトと平行に設定された第 2 の感圧素子と、を有することを特徴とする圧力感知ユニットである。

【0009】

同一カットアングルの圧電基板を用い、ほぼ同様な形状に第 1 及び第 2 感圧素子を形成して、第 1、及び第 2 感圧素子を差動で動作させると、双方の周波数温度特性は、ほぼ同じとなるので、温度変化による第 1、及び第 2 感圧素子の差周波数はほぼ零となり、温度変化による圧力感知ユニット 1 の検出誤差を最小にすることができるという効果がある。また、エージングについても同様であり、差周波数を求めることにより、エージングによる圧力検出誤差を最小にすることが可能になるという利点がある。

また、静圧特性が改善されるという効果がある。つまり、大気圧の変動は、圧力感知ユニットの第 1 及び第 2 ダイヤフラムに同時に作用するので、大気圧の変動の影響を除去で

10

20

30

40

50

きるという効果がある。

また、第 1、及び第 2 感圧素子には夫々同じ大きさで符号の異なる力が作用するので、第 1 及び第 2 感圧素子の差周波数を求めると、周波数変化は 2 倍となり、感圧素子の応力検出感度は 2 倍になるという効果がある。

【 0 0 1 0 】

[適用例 2] また、圧力検知ユニットは、前記第 1、及び第 2 の感圧素子が、両端部に基部を有し、前記基部間を接続する振動腕を有する振動素子であることを特徴とする適用例 1 に記載の圧力感知ユニットである。

【 0 0 1 1 】

以上のように、前記第 1、及び第 2 の感圧素子を、振動素子を用いて形成すると、圧力の検出感度が高い圧力感知ユニットが得られるという効果がある。

10

【 0 0 1 2 】

[適用例 3] また、圧力検知ユニットは、前記第 1、及び第 2 の感圧素子が、両端部に基部を有し、前記両基部間を接続する 2 つの振動腕を有する双音叉型振動素子であることを特徴とする適用例 1 に記載の圧力感知ユニットである。

【 0 0 1 3 】

以上のように、前記第 1、及び第 2 の感圧素子を双音叉型振動素子で形成すると、圧力の検出感度が極めて高いという効果がある。

【 0 0 1 4 】

[適用例 4] また、圧力検知ユニットは、前記第 1、及び第 2 の感圧素子が、圧電性材料から形成されていることを特徴とする適用例 1 乃至 3 の何れかに記載の圧力感知ユニットである。

20

【 0 0 1 5 】

以上のように、前記第 1、及び第 2 の感圧素子が、圧電材料を用いて形成されているので、これらの駆動は励振電極を形成するだけでよく、圧力の検出感度が高く、且つ再現性に優れ、小型化、低コスト化に効果がある。

【 0 0 1 6 】

[適用例 5] また、圧力検知ユニットは、前記第 1、及び第 2 の感圧素子は、水晶材料から形成されていることを特徴とする適用例 1 乃至 4 の何れかに記載の圧力感知ユニットである。

30

【 0 0 1 7 】

以上のように、前記第 1、及び第 2 の感圧素子が、水晶材料を用いて形成されているので、長年の加工技術、例えばフォトリソグラフィ技法、エッチング手法等が活用でき、形状寸法の精度のよい第 1、及び第 2 の感圧素子が形成できる。その上、圧力感度、精度の優れた第 1、及び第 2 の感圧素子が形成できるという効果がある。更に、第 1、及び第 2 の感圧素子は、再現性に優れ、温度特性が零温度係数を有する二次特性となるという効果がある。

また、前記第 1、及び第 2 の感圧素子の駆動は励振電極を形成するだけでよく、小型化、低コスト化に効果がある。

【 0 0 1 8 】

40

[適用例 6] 本発明の圧力センサーは、適用例 1 乃至 5 の何れかに記載の圧力感知ユニットと、前記第 1、及び第 2 感圧素子を励振する発振回路と、前記発振回路の出力周波数をカウントするカウンタと、前記カウンタのデータを処理する演算回路と、を有する IC と、を備えたことを特徴とする圧力センサーである。

【 0 0 1 9 】

本発明の圧力センサーは、適用例 1 乃至 5 の何れかに記載の圧力感知ユニットと、前記 IC とを用いて構成されており、前記圧力センサーが厳しい条件で使用される場合でも、圧力検出感度、温度特性、再現性が優れ圧力センサーが得られるという効果がある。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

50

【図 1】本発明に係る圧力感知ユニット 1 の構造を示す概略図であり、(a) は断面図、(b) は底面図。

【図 2】圧力感知ユニット 1 の外周側壁を除去した断面斜視図。

【図 3】圧力感知ユニット 1 の外周側壁を除去した内部の要部斜視図。

【図 4】双音叉型圧電振動素子を説明する図で、(a) は振動モードの平面図、(b) は振動腕に形成した励振電極と、ある瞬間に発生する電荷の符号を示す図、(c) は励振電極の結線図。

【図 5】圧力感知ユニット 2 の構造を示す概略図であり、(a) は断面図、(b) は底面図。

【図 6】圧力感知ユニット 2 の外周側壁を除去した断面斜視図。

10

【図 7】圧力感知ユニット 3 の構造を示す概略断面図。

【図 8】圧力感知ユニット 3 の外周側壁を除去した断面斜視図。

【図 9】圧力センサー 4 の構成を示すブロック図。

【図 10】従来の圧力センサーの構成を示す断面図。

【図 11】従来の圧力センサーの構成を示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図 1 は、本発明の第一の実施形態に係る圧力感知ユニット 1 の構成を示す概略図であり、同図 (a) は断面図、同図 (b) は底面図である。また、図 2 は、図 1 に示す圧力感知ユニット 1 の外周側壁を除去した垂直方向の断面斜視図であり、図 3 はハウジングの外周側壁を除去した要部斜視図である。

20

圧力感知ユニット 1 のハウジング 5 は、第 1 の圧力入力口 9 a を有した底板 (第 1 フランジ) 6 と、第 1 の圧力入力口 9 a と対向する第 2 の圧力入力口 9 b を有した天板 (第 2 フランジ) 7 と、底板 (第 1 フランジ) 6、及び天板 (第 2 フランジ) 7 とを接続する中空円筒状の外周側壁 8 と、を備えている。

圧力感知ユニット 1 は、ハウジング 5 の第 1 の圧力入力口 9 a を閉止すると共に外面を受圧面とし、圧力入力口 9 a の圧力により撓む第 1 ダイアフラム 10 と、第 2 圧力入力口 9 b を閉止すると共に外面を受圧面とし、圧力入力口 9 b の圧力により撓む第 2 ダイアフラム 12 と、を備えている。ハウジング 5 の第 1 及び第 2 の圧力入力口 9 a、9 b は、それぞれ同一圧力が加えられると同一の量だけ変形する (撓む) 第 1、及び第 2 ダイアフラム 10、12 で封止されて、中空密閉容器が構成され、内外を遮断すると共に内部を真空状態として用いられる。

30

【0022】

圧力感知ユニット 1 は、ハウジング 5 内部に配置されて力の検出方向を検出軸とする感圧部 13 と、第 1、第 2 ダイアフラム 10、12 を夫々の中央領域で連結して一体化し、力の伝達を可能としたセンターシャフト 14 と、を有している。

感圧部 13 は、センターシャフト 14 の途中に固定された可動受け台 16 と、ハウジング 5 内の底板 6 に設けた第 1 固定受け台 6 a とに両端部が夫々取り付けられ、検出軸をセンターシャフト 14 と平行に設定された第 1 の感圧素子 18 を有している。更に、可動受け台 16 と、天板 7 に設けた第 2 固定受け台 7 a とに両端部が夫々取り付けられ、検出軸をセンターシャフト 14 と平行に設定された第 2 の感圧素子 19 を有している。

40

センターシャフト 14 は、ハウジング 5 の軸芯に沿って配置され、第 1、及び第 2 ダイアフラム 10、12 と夫々垂直に接続されている。つまり、第 1、及び第 2 ダイアフラム 10、12 の一方の撓み量が、力伝達部材のセンターシャフト 14 を介して、他方のダイアフラムに伝達されるように構成されている。センターシャフト 14 は、ステンレス等の金属、またはセラミック等の変形を生じない剛性材料で形成されている。

圧力感知ユニット 1 は、第 1、第 2 ダイアフラム 10、11 のそれぞれの撓み量の差によるセンターシャフト 14 の検出軸方向の変化を、可動受け台 16 を介して第 1 及び第 2 の感圧素子 18、19 に対し、検出軸方向に沿った力として伝達するように配置構成され

50

ている。

第 1 実施例の圧力感知ユニット 1 は、天板（第 2 フランジ）7 に複数の小孔を開け、これらに絶縁端子（ハーメ端子）24 a、24 b を貫通させて第 1 及び第 2 の感圧素子 18、19 からの信号を外部に取り出すように構成されている。

本出願人は、特願 2009 - 006884 にてハウジング 5、及び力伝達構造がほぼ同様な「圧力センサー」を開示しているが、本発明とは感圧部 13 の構造が大きく異なる。

【0023】

第 1 の感圧素子 18（第 2 の感圧素子 19）は、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、ランガサイト等の圧電材料から形成されることが望ましい。例えば、第 1 の感圧素子 18（19）は、平板状の圧電基板、例えば水晶ウエハーにフォトリソグラフィ技

10

法とエッチング手法、真空蒸着法等を用いて、複数個を同時に形成することにより、量産化が容易である。

感圧素子 18（19）が、双音叉型圧電振動素子で構成される場合について、図 4 を用いて簡単に説明する。

双音叉型圧電振動素子 18 は、図 4（a）に示すような一对の基部 18 c、18 d 及び該基部 18 c、18 d 間を連結する一对の振動腕 18 a、18 b を備えた圧電基板からなる応力感応部と、該圧電基板の振動領域上に形成した励振電極と、を備えている。図 4（a）の破線は双音叉型圧電振動素子 18 の振動姿態を示す平面図である。双音叉型圧電振動素子 18 の振動モードが、一对の振動腕 18 a、18 b の長手方向の中心軸に対して、互いに対称な振動モードで振動するように励振電極を配置する。図 4（b）は振動腕 18 a、18 b に形成した励振電極と、ある瞬間に励起される励振電極上の電荷の符号を示した平面図である。また、図 4（c）は励振電極の結線を示す模式断面図である。

20

【0024】

双音叉型圧電振動素子 18、例えば双音叉型水晶振動素子は伸張・圧縮応力に対する感度良好であり、高度計用、或いは深度計用の応力感応素子として使用した場合には、分解能力が優れているために僅かな気圧差から高度差、深度差を知ることができる。双音叉型水晶振動素子の周波数温度特性は、上に凸の二次曲線であり、その頂点温度は水晶結晶の X 軸（電気軸）の回りの回転角度に依存する。一般的には頂点温度が常温（25）になるように各パラメータを設定する。

双音叉型水晶振動素子的一对の振動腕に外力 F を加えたときの共振周波数 f_F は式（1）のように表わされる。

30

$$f_F = f_0 (1 - (KL^2 F) / (2EI))^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 f_0 は外力がないときの双音叉型水晶振動素子の共振周波数、K は基本波モードによる定数（= 0.0458）、L は振動ビームの長さ、E は縦弾性定数、I は断面 2 次モーメントである。断面 2 次モーメント I は $I = dw^3 / 12$ より、式（1）は式（2）のように変形することができる。ここで、d は振動ビームの厚さ、w は幅である。

$$f_F = f_0 (1 - S_F)^{1/2} \quad (2)$$

但し、応力感度 S_F と、応力 σ とはそれぞれ次式で表される。

$$S_F = 12 (K / E) (L / w)^2 \quad (3)$$

$$= F / (2A) \quad (4)$$

40

ここで、A は振動ビームの断面積（= $w \cdot d$ ）である。

以上の式から双音叉型水晶振動子に作用する力 F を圧縮方向のとき負、伸張方向（引張り方向）を正としたとき、力 F と共振周波数 f_F の関係は、力 F が圧縮力で共振周波数 f_F が減少し、伸張（引張り）力では増加する。また応力感度 S_F は振動ビームの L / w の 2 乗に比例する。

図 1 に示した感圧素子 18（19）は、水晶基板を用いた双音叉型水晶振動子に限らず、伸張・圧縮応力によって周波数が変化する振動素子であればどのような素子でもよい。例えば振動体に駆動部を接着した振動素子、シングルビーム振動素子、厚み滑り振動素子、SAW 振動素子等を用いることが可能である。

【0025】

50

図 1 に示す圧力感知ユニット 1 の動作について説明する。圧力感知ユニット 1 の第 1 及び第 2 のダイアフラム 10、11 には、それぞれ外圧 P_1 、 P_2 の圧力が加わっているものとする。

弾性のある第 1 のダイアフラム 10 に圧力 P_1 が加えられると、圧力感知ユニット 1 のハウジング 5 内は真空であるので、圧力 P_1 によりダイアフラム 10 は内側に撓み、この撓み力がセンターシャフト 14 を介して可動受け台 16 に、図 1 (a) の底板 6 から天板 7 方向に (紙面の向上に) 力 F_1 が加わる。一方、第 2 のダイアフラム 12 には外圧 P_2 が加わり、該圧力 P_2 により第 2 のダイアフラム 12 が、図 1 (a) の天板 7 から底板 6 方向に (紙面の下向きに) 撓み、この撓み力がセンターシャフト 14 を介して可動受け台 16 に力 F_2 を加える。

可動受け台 16 には、第 1 のダイアフラム 10 にかかる圧力 P_1 による力 F_1 と、第 2 のダイアフラム 12 にかかる圧力 P_2 による力 F_2 と、の差圧 ($P_1 - P_2$) に相当する力 ($F_1 - F_2$) が加わることになる。この力により可動受け台 16 と、底板 (第 1 フランジ) の固定受け台 6a との間に配置された第 1 の感圧素子 18 に引張力 (伸長力)、又圧縮力が加わり、共振周波数が変化する。同時に、可動受け台 16 と、天板 (第 2 フランジ) の固定受け台 7a との間に配置された第 2 の感圧素子 19 には、圧縮力、又は引張力 (伸長力) が加わり、共振周波数が変化する。第 1、及び第 2 の感圧素子 18、19 の夫々共振周波数の変化量の絶対値は同じであるが符号が異なる。

【0026】

本発明の圧力感知ユニット 1 の特徴は、第 1 の感圧素子 18 と、第 2 の感圧素子 19 とに、互いに逆の力が作用するように構成されている点である。つまり、 $P_1 > P_2$ の場合は、第 1 の感圧素子 18 に引張力 (伸長力) が加わり、他方の第 2 の感圧素子 19 には圧縮力が加わる。逆に $P_1 < P_2$ の場合は、第 1 感圧素子 18 に圧縮力が加わり、他方の第 2 感圧素子 19 には引張力 (伸長力) が加わるように構成されている。

図 1 (a) に示すように、第 1 及び第 2 の感圧素子 18、19 を差動で動作させる利点は、次の通りである。第 1 の利点は、同一カットアングルの圧電基板を用い、ほぼ同様な形状に第 1 及び第 2 感圧素子 18、19 を形成すると、双方の周波数温度特性は、ほぼ同じとなるので、温度変化による第 1 及び第 2 感圧素子 18、19 の差周波数はほぼ零となり、温度変化による圧力感知ユニット 1 の検出誤差を最小にすることが可能となる。第 1 及び第 2 感圧素子 18、19 のエージングについても同様であり、差周波数を求めることにより、エージングによる圧力検出誤差を最小にすることが可能である。

【0027】

第 2 の利点は、静圧特性が改善されることである。つまり、大気圧の変動は、圧力感知ユニット 1 の第 1 及び第 2 ダイアフラムに同時に作用するので、大気圧の変動の影響は取り除けることができる。

第 3 の利点は、例えば $P_1 > P_2$ の場合、第 1 感圧素子 18 には引張力 (伸長力) が加わり、その周波数は増加するが、第 2 感圧素子 19 には圧縮力が加わり、その周波数は減少する。つまり、第 1 及び第 2 感圧素子 18、19 の差周波数を求めると、周波数変化は 2 倍となり、感圧素子の応力検出感度は 2 倍になるという効果がある。 $P_1 < P_2$ の場合の場合も同様である。

第 1、及び第 2 の感圧素子 18、19 が、水晶材料を用いて形成されると、長年の加工技術、例えばフォトリソグラフィ技法、エッチング手法等が活用でき、形状寸法の精度のよい第 1、及び第 2 の感圧素子 18、19 が形成でき、その上、圧力感度、精度の優れたものが得られるという効果がある。更に、第 1、及び第 2 の感圧素子 18、19 は、再現性に優れ、温度特性が零温度係数を有する二次特性となるという効果がある。

また、第 1、及び第 2 の感圧素子 18、19 の駆動は励振電極を形成するだけでよく、小型化、低コスト化に効果がある。

【0028】

図 5 (a)、(b) は第 2 の実施例の圧力感知ユニット 2 であり、図 1 に示した圧力感知ユニット 1 の変形例である。図 5 (a) は圧力感知ユニット 2 の断面図であり、同図 (

10

20

30

40

50

b) は底面図、図 6 は外周側壁を除去した断面斜視図である。圧力感知ユニット 2 が圧力感知ユニット 1 と異なる点は、ハウジング 5 の内部で底板 (第 1 フランジ) 6 と天板 (第 2 フランジ) 7 との間に、センターシャフト 1 4 と平行に複数のガイドシャフトである支持棒 2 2 a、2 2 b を設けた点である。支持棒 2 2 a、2 2 b の端部は、底板 (第 1 フランジ) 6、及び天板 (第 2 フランジ) 7 にダボ穴を形成し、これに圧入して固定する。これらにより底板 (第 1 フランジ) 6 と、天板 (第 2 フランジ) 7 との間隔を一定に保ち、外力によるハウジング 5 の変形を防ぎ、圧力検出精度を劣化させないようにしている。

【0029】

図 7 は第 3 の実施例の圧力感知ユニット 3 の断面図であり、図 1 に示した圧力感知ユニット 1 の変形例である。図 8 は圧力感知ユニット 3 の外周側壁を除去した断面斜視図である。圧力感知ユニット 3 が圧力感知ユニット 1 と異なる点は、感圧素子の配置の違いである。圧力感知ユニット 1 では、図 1 に示すように第 1 及び第 2 感圧素子 1 8、1 9 は、可動受け台 1 6 の端面にセンターシャフト 1 4 に対し対称に固定されているが、圧力感知ユニット 3 では、第 1 及び第 2 感圧素子 1 8、1 9 は、可動受け台 1 6 の同じ端面に、同一平面上に並列するように固定されている。

10

【0030】

図 9 は、圧力センサー 4 の構成を示すブロック図である。圧力センサー 4 は、上記の圧力感知ユニットと、上記の圧力感知ユニットの第 1 及び第 2 感圧素子 1 8、1 9 を励振する発振回路 5 1、5 2、該発振回路 5 1、5 2 の出力周波数をカウントするカウンター 5 3、5 4、及び該カウンター 5 3、5 4 の信号を処理する演算回路 5 5 を有する IC 5 0 と、表示部 5 8 と、を備えている。

20

本発明の圧力センサー 4 は、圧力感知ユニット 1、2、3 と、前記 IC とを用いて構成されており、前記圧力センサーが厳しい条件で使用される場合でも、圧力検出感度、温度特性、再現性が優れた圧力センサーが得られるという効果がある。

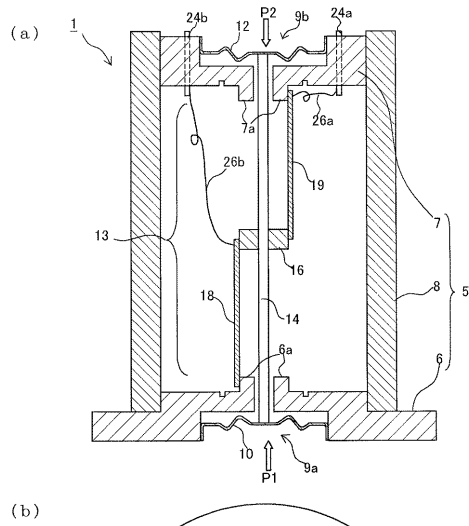
【符号の説明】

【0031】

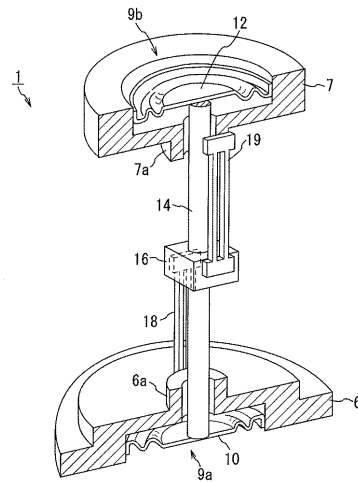
1、2、3 ... 圧力感知ユニット、4 ... 圧力センサー、5 ... ハウジング、6 ... 底板 (第 1 フランジ)、6 a ... 第 1 固定受け台 (ボス部)、7 ... 天板 (第 2 フランジ)、7 a ... 第 2 固定受け台 (ボス部)、8 ... 外周側壁、9 a ... 第 1 の圧力入力口、9 b ... 第 2 の圧力入力口、1 0 ... 第 1 ダイアフラム、1 2 ... 第 2 ダイアフラム、1 3 ... 感圧部、1 4 ... センターシャフト、1 6 ... 可動受け台、1 7 ... 圧力検出部、1 8 ... 第 1 の感圧素子、1 9 ... 第 2 の感圧素子、2 2 a、2 2 b ... 支持棒、2 4 a、2 4 b ... 絶縁端子 (ハーメ端子)、5 1、5 2 ... 発振回路、5 3、5 4 ... カウンター、5 5 ... 演算処理部、5 6 ... 表示部

30

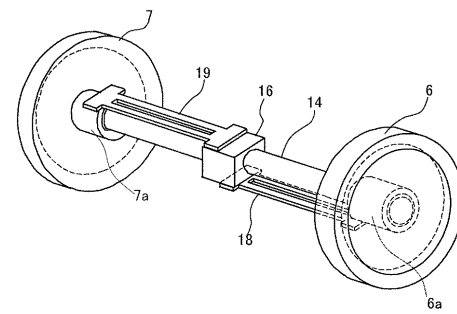
【図 1】



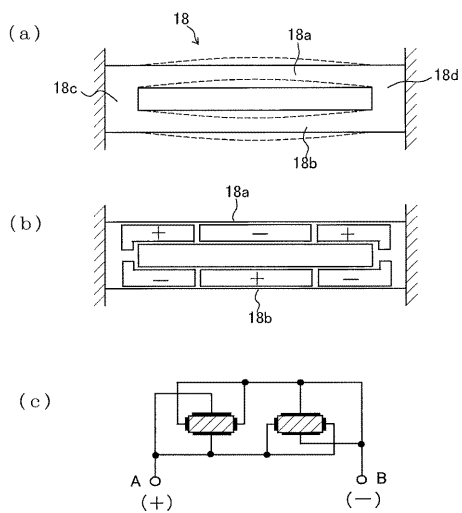
【図 2】



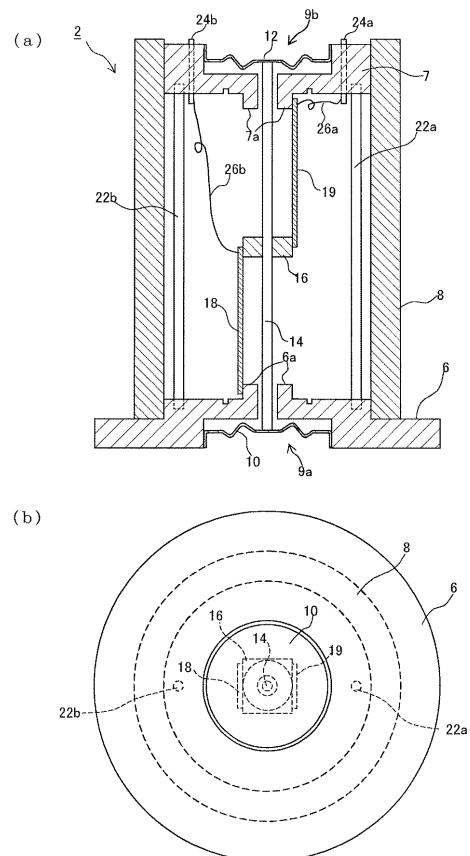
【図 3】



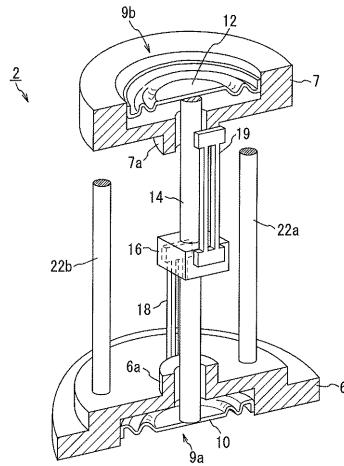
【図 4】



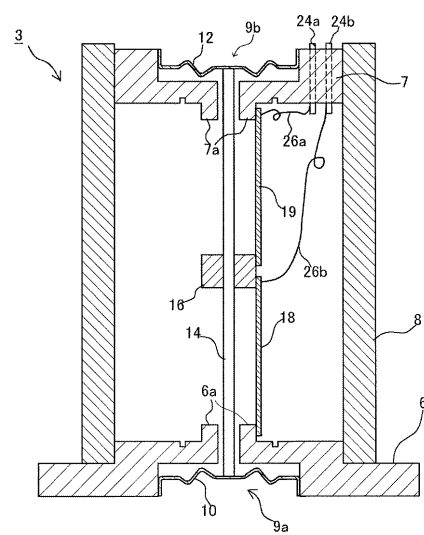
【図 5】



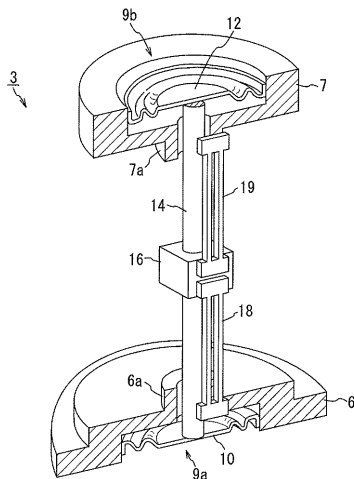
【図 6】



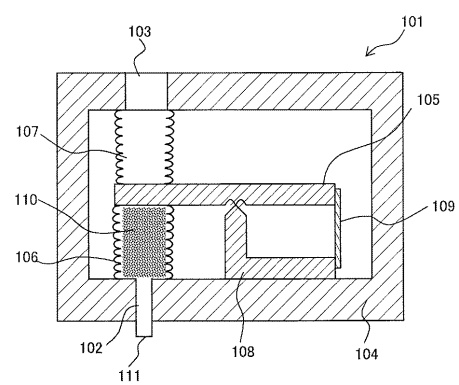
【図 7】



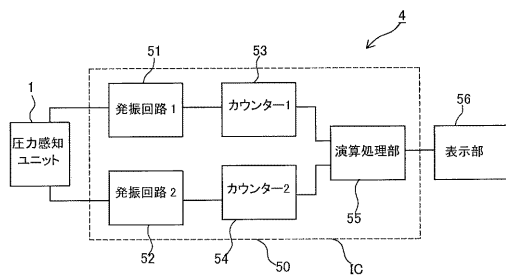
【図 8】



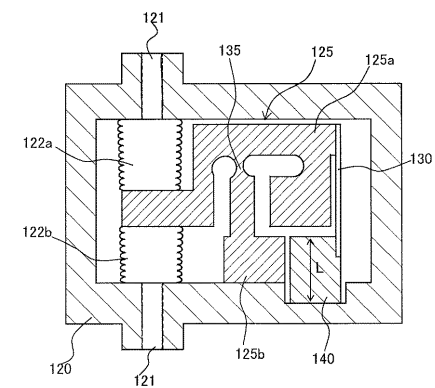
【図 10】



【図 9】



【図 11】



フロントページの続き

【要約の続き】

行に設定された第2の感圧素子と、を有する。

【選択図】図1