

(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2017-194467

(P2017-194467A)

(43) 公開日 平成29年10月26日(2017.10.26)

(51) Int.Cl.
G01L 9/04 (2006.01)

F I
G O 1 L 9/04

テーマコード (参考)
2 F O 5 5

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-82778 (P2017-82778)
(22) 出願日 平成29年4月19日 (2017.4.19)
(31) 優先権主張番号 16166285.3
(32) 優先日 平成28年4月20日 (2016.4.20)
(33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 506154029
センサータ テクノロジーズ インコーポ
レーテッド
アメリカ合衆国 02703-0964
マサチューセッツ州 アトルボロ、プレザ
ント ストリート 529
(74) 代理人 110000855
特許業務法人浅村特許事務所
(72) 発明者 アルベール フェルディナンド ズヴェイ
ゼ
オランダ国、フリーゼンフェーン、ヨハン
ネス カンプフィスストラート 60

最終頁に続く

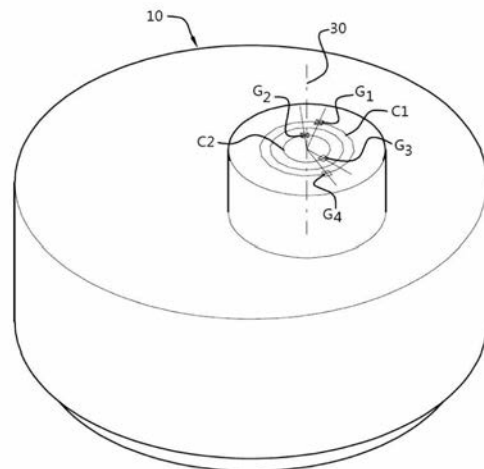
(54) 【発明の名称】 圧力センサを製造する方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 デバイス内の流体圧力を測定するための圧力センサを製造する方法を提供する。

【解決手段】 圧力センサは、密封構造および膜を有するポート要素を備える。膜には4つのひずみゲージG1～G4が取り付けられ、流体圧力を検知するのに、ひずみゲージG1～G4がホイートストンブリッジに構成される。第1の有限要素動作は、一様な圧縮ひずみの膜中心軸の周りの第1の等高線C1、および一様な引張ひずみの膜中心軸の周りの第2の等高線C2を決定し、流体圧力が膜に印加される場合、第1の等高線C1上のひずみは、第2の等高線C2上の逆のひずみである。第2の有限要素動作は、ホイートストンブリッジの出力における最も高い誤差信号と最も低い誤差信号との間の差が、圧力センサに作用する寄生的な力の影響下で最小であるような、第1および第2の等高線C1、C2上のひずみゲージG1～G4の4つの位置を決定する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

デバイス内の流体圧力を測定するための圧力センサを製造する方法であって、

- ポート要素 (1 0) を提供することであって、前記ポート要素が、密封構造 (1 4) と、前記流体圧力に晒される流体側およびひずみ検知側を有する膜 (1 2) とを備え、前記密封構造が、前記ポート要素が前記デバイスの開口部に取り付けられる際に密封をもたらす、前記膜が膜中心軸 (3 0) を有し、前記ポート要素がポート中心軸 (2 0) を有することと、

- 流体圧力が前記膜に印加されると、2つのひずみゲージ (G 1、G 4) が圧縮ひずみ状態にされ、2つのひずみゲージ (G 2、G 3) が引張ひずみ状態にされるように、4つのひずみゲージ (G 1 ~ G 4) を前記ひずみ検知側に位置付けることと、

- 前記4つのひずみゲージを接続してホイートストンブリッジ回路を形成することと、を含み、

前記方法が、位置決定動作をさらに含み、前記位置決定動作が、

- 前記ポート要素の数学的モデルを生成することと、

- 第1の有限要素動作が、前記数学的モデルを使用した有限要素アルゴリズムを用いて、前記膜の前記検知側で、圧力に対して一様な第1のひずみ感度を有する前記膜中心軸の周りの第1の等高線 (C 1) と、圧力に対して一様な第2のひずみ感度を有する前記膜中心軸の周りの第2の等高線 (C 2) と、を決定することであって、流体圧力が前記膜に印加される場合、前記第1の等高線上の面の圧縮度が前記第2の等高線上の面の伸長度と等しい、ことと、

- 第2の有限要素動作が、前記数学的モデルを使用した有限要素アルゴリズムを用いて、前記第1の等高線上で、前記4つのひずみゲージのうちの第1のひずみゲージ (G 1) 用の第1の位置、および前記4つのひずみゲージのうちの第4のひずみゲージ (G 4) 用の第4の位置と、また前記第2の等高線上で、前記4つのひずみゲージのうちの第2のひずみゲージ (G 2) 用の第2の位置、および前記4つのひずみゲージのうちの第3のひずみゲージ (G 3) 用の第3の位置と、を決定することであって、特有の寄生的な力が、前記密封構造上の任意の場所または前記ポート要素の任意のその他の場所に印加される場合、前記対応する決定された4つの位置に取り付けられた前記4つのひずみゲージを備える前記シミュレートされたホイートストンブリッジによって測定された最も高い誤差信号と最も低い誤差信号との間の差が、最小である、ことと、を含み、

前記方法が、

- 前記第1の等高線 (C 1) 上の前記2つの位置に前記4つのひずみゲージのうちの2つを、また前記第2の等高線 (C 2) 上の前記2つの位置に前記4つのひずみゲージのうちの2つを、位置付けることと、をさらに含む、ことを特徴とする、方法。

【請求項 2】

前記第1の有限要素動作が、前記検知側上の半径方向の圧縮ひずみ度を使用して、前記第1の等高線を決定し、前記検知側上の半径方向の引張ひずみ度を使用して、前記第2の等高線を決定する、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記第1の有限要素動作が、前記検知側上の半径方向の圧縮ひずみ度を使用して、前記第1の等高線を決定し、前記検知側上の接線方向の引張ひずみ度を使用して、前記第2の等高線を決定する、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記膜が円形膜である、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記第1の位置および前記第2の位置が第1の半径方向線上にあり、前記第3の位置および前記第4の位置が第2の半径方向線上にある、請求項1から4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記第1の位置および前記第2の位置が第1の半径方向線上にあり、前記第3の位置および前記第4の位置が第2の半径方向線上にある、請求項1から4のいずれか一項に記載の方法。

10

20

30

40

50

前記ポート要素が非軸対称である、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記密封構造が、前記円形膜の前記膜中心軸と一致しない密封中心軸を有する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 2 の有限要素動作が、前記有限要素アルゴリズムを用いて、前記密封構造に作用する均一な力をシミュレートすることによって、前記 4 つのひずみゲージの前記第 1 から第 4 の位置をさらに決定し、前記シミュレートされたホイートストンブリッジによって測定された最も高い誤差信号が最小である、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記密封構造が同心である、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記ポート要素が少なくとも 1 つの対称面を有する、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記膜が円形膜であり、前記 4 つのひずみゲージが 2 つのハーフブリッジひずみ検知要素として具体化され、1 つのハーフブリッジひずみ検知要素が 2 つのひずみゲージを備え、前記 2 つのひずみゲージの両方が、前記 2 つのひずみゲージの中心点を通る線に平行な方向のひずみを測定し、前記中心点が互いから所定の距離にあり、前記方法が、第 1 の円の半径と第 2 の円の半径との間の差が前記所定の距離と等しくなるように、前記第 1 の円および第 2 の円を決定し、前記第 1 の位置および第 2 の位置が、前記第 1 および第 2 の円上の第 1 の半径方向線を使用することによって決定されており、前記第 3 の位置および第 4 の位置が、前記第 1 および第 2 の円上の第 2 の半径方向線を使用することによって決定されている、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記膜が円形膜であり、前記 4 つのひずみゲージが 2 つのハーフブリッジひずみ検知要素として具体化され、1 つのハーフブリッジひずみ検知要素が 2 つのひずみゲージを備え、前記 2 つのひずみゲージのうちの 1 つが前記 2 つのひずみゲージの中心点を通る線に平行な方向のひずみを測定し、もう 1 つが前記中心点を通る前記線に垂直な方向のひずみを測定し、前記中心点が互いから所定の距離にあり、前記第 1 の有限要素動作が、第 1 の円の半径と第 2 の円の半径との間の差が前記所定の距離と等しくなるように、前記第 1 の円および前記第 2 の円を決定し、前記第 1 の位置および第 2 の位置が、前記第 1 および第 2 の円上の第 1 の半径方向線を使用することによって決定されており、前記第 3 の位置および第 4 の位置が、前記第 1 および第 2 の円上の第 2 の半径方向線を使用することによって決定されている、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記 4 つのひずみゲージが 2 つのハーフブリッジひずみ検知要素として具体化され、1 つのハーフブリッジひずみ検知要素が 2 つのひずみゲージを備え、前記 2 つのひずみゲージのうちの 1 つが前記 2 つのひずみゲージの中心点を通る線に平行な方向のひずみを測定し、もう 1 つが前記中心点を通る前記線に垂直な方向のひずみを測定し、前記中心点が互いから所定の距離にあり、前記第 1 の有限要素動作が等高線を決定し、前記等高線上の接線方向の引張りひずみが前記等高線上の半径方向の圧縮ひずみと逆であり、前記第 2 の有限要素動作が、前記等高線を第 1 および第 2 の等高線として使用して、前記 4 つのひずみゲージの位置を決定し、前記第 1 の位置と前記第 4 の位置との間の距離、また前記第 2 の位置と前記第 3 の位置との間の距離が、前記 2 つのひずみゲージの前記中心点間の前記所定の距離である、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

デバイス内の流体圧力を測定するための圧力センサであって、前記センサがポート要素を備え、前記ポート要素が、密封構造と、前記流体圧力に晒される流体側、ひずみ検知側および中心軸を有する膜とを備え、前記密封構造が、前記ポート要素が前記デバイスの開

10

20

30

40

50

口部に添着される際に密封をもたらし、流体圧力が前記円形膜に印加されると、2つのひずみゲージが圧縮状態にされ、2つのひずみゲージが伸長状態にされるように、4つのひずみゲージが前記ひずみ検知側に取り付けられ、前記4つのひずみゲージが電子的に接続されてホイートストンブリッジ回路を形成し、

前記4つのひずみゲージの位置が、請求項1から13のいずれか一項によって定義されたような位置決定動作によって決定される、ことを特徴とする、圧力センサ。

【請求項15】

前記位置決定動作が、

- 前記ポート要素の数学的モデルを生成することと、

- 第1の有限要素動作が、前記数学的モデルを使用した有限要素アルゴリズムを用いて、前記膜の前記検知側で、第1の等高線および第2の等高線を決定することであって、流体圧力が前記膜に印加される場合、前記第1の等高線上の面の圧縮ひずみ度が前記第2の等高線上の面の引張ひずみ度と等しい、ことと、

- 第2の有限要素動作が、前記数学的モデルを使用した有限要素アルゴリズムを用いて、前記第1の等高線上で、前記4つのひずみゲージのうちの第1のひずみゲージ(G1)用の第1の位置、および前記4つのひずみゲージのうちの第4のひずみゲージ(G4)用の第4の位置と、また前記第2の等高線上で、前記4つのひずみゲージのうちの第3のひずみゲージ(G3)用の第3の位置、および前記4つのひずみゲージのうちの第2のひずみゲージ(G2)用の第2の位置と、を決定することであって、特有の寄生的な力が、前記密封構造上の任意の場所または前記ポート要素の任意のその他の場所に印加される場合、前記対応する決定された4つの位置に取り付けられた前記4つのひずみゲージを備える前記ホイートストンブリッジによって測定された最も高い誤差信号と最も低い誤差信号との間の差が最小である、ことと、を含む、請求項14に記載の圧力センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、デバイス内の流体圧力を測定するためのひずみゲージベースの圧力センサを製造する方法に関する。より具体的には、本発明は、流体検知側およびひずみ検知側を有する円形膜上のひずみゲージの位置を決定するための方法に関する。本発明は、円形膜に取り付けられたひずみゲージを備える圧力センサにさらに関する。

【背景技術】

【0002】

車両内の流体圧力などの圧力を測定するのに、ひずみゲージベースの圧力変換器が使用される。一体型ホイートストンブリッジを利用するひずみゲージベースの圧力変換器は、高過圧能力、高出力、低オフセットおよび線形出力を示す。

【0003】

従来の圧力変換器は、通常、金属圧力ポート要素の膜に接着された4つのひずみゲージを利用する。膜は、流体圧力に晒される流体側とひずみ検知側を有する。当技術分野においてよく知られているように、圧力が隔膜に印加されると、2つのひずみゲージが圧縮状態にされ、2つのひずみゲージが伸長状態にされるように、ひずみゲージが膜のひずみ検知側に位置付けられる。

【0004】

EP2735855は、圧縮ひずみの膜の中心から第1の距離にハーフホイートストンブリッジの1つのひずみゲージを、また引張ひずみの膜の中心から第2の距離にハーフホイートストンブリッジのもう1つのひずみゲージを位置付け、一对のひずみゲージの抵抗値から導出された電気信号の精度を高めることが可能であることを開示している。

【0005】

しかしながら、圧力センサをデバイスに装着した後、金属圧力ポート要素に作用する寄生的な力(parasitic force)が、センサの出力信号における誤差をもたらす。寄生的な力は、金属圧力ポートに作用する流体圧力以外の力であり、たとえば、装

10

20

30

40

50

着力 (mounting force)、熱的不整合力およびパッケージ力 (package force) から成る可能性がある。誤差は、寄生的な力の大きさと、金属圧力ポートに作用する力の位置および向きによって決まる。金属圧力ポート要素は、センサとデバイスとの間にハメチックシール (気密封止) をもたらす密封面を備える。寄生的な力は、密封面または金属圧力ポートのその他の場所に作用する、均一な力、点力 (point force)、または均一な力と点力との組み合わせの形態である可能性がある。寄生的な力によるセンサの出力信号における誤差がかなり目立つ場合がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、流体圧力以外の膜に作用する力により出力信号における感度が低下したデバイス内の流体圧力を測定するためのひずみゲージベースの圧力センサを製造する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の態様によれば、この目的は、請求項1の特徴を有する、デバイス内の流体圧力を測定するための圧力センサを製造する方法によって達成される。有利な実施形態、および本発明を実行するさらなる方法は、従属項に述べられた手段によって実現され得る。

【0008】

本発明による、デバイス内の流体圧力を測定するための圧力センサを製造する方法は、

- ポート要素を提供することであって、ポート要素が、密封構造と、流体圧力に晒される流体側、ひずみ検知側および中心軸を有する膜とを備え、密封構造が、ポート要素がデバイスの開口部に取り付けられる際に密封をもたらし、膜が膜中心軸を有し、ポート要素がポート中心軸を有する、ことと、
- 流体圧力が円形膜に印加されると、2つのひずみゲージが圧縮ひずみ状態にされ、2つのひずみゲージが引張ひずみ状態にされるように、4つのひずみゲージをひずみ検知側に位置付けることと、
- 4つのひずみゲージを接続して、ホイートストンブリッジ回路を形成することと、を含む。

【0009】

本方法は、本方法が位置決定動作をさらに含み、該位置決定動作が、

- ポート要素の数学的モデルを生成するステップと、
- 第1の有限要素動作が、数学的モデルを使用した有限要素アルゴリズムを用いて、円形膜の検知側で、膜中心軸の周りの圧力に対して一様な第1のひずみ感度を有する第1の半径の第1の円すなわち等高線と、膜中心軸の周りの圧力に対して一様な第2のひずみ感度 (逆の符号の) を有する第2の半径の第2の円すなわち等高線とを決定するステップであって、流体圧力シミュレーションが膜に印加される場合、第1の円すなわち等高線上の面の圧縮度が、第2の円すなわち等高線上の面の伸長度と等しい、ステップと、
- 第2の有限要素動作が、数学的モデルを使用した有限要素アルゴリズムを用いて、第1の円すなわち等高線上で、4つのひずみゲージのうちの第1のひずみゲージ用の第1の位置および4つのひずみゲージのうちの第4のひずみゲージ用の第4の位置と、また第2の円すなわち等高線上で、4つのひずみゲージのうちの第2のひずみゲージ用の第2の位置および4つのひずみゲージのうちの第3のひずみゲージ用の第3の位置とを決定するステップであって、特有の寄生的な力が、密封構造上の任意の場所またはポート要素の任意のその他の場所に印加される場合、対応する決定された4つの位置に取り付けられた4つのひずみゲージを備えるシミュレートされたホイートストンブリッジによって測定された最も高い誤差信号と最も低い誤差信号との間の差が最小である、ステップと、を含むことをさらに特徴とする。

【0010】

10

20

30

40

50

膜のひずみ検知側に4つのひずみゲージを取り付ける際、4つのひずみゲージのうち2つが、第1の円すなわち等高線上の第1および第4の位置に位置付けられ、その他の2つのひずみゲージが、第2の円すなわち等高線上の第2および第3の位置に位置付けられる。

【0011】

EP2735855は、圧縮ひずみ状態にされるひずみゲージの位置が、同心膜の中心から第1の距離 R_1 にあり、引張ひずみ状態にされるひずみゲージの位置が、同心膜の中心から第2の距離 R_2 にあることを教示している。したがって、圧縮ひずみ状態にされる2つのひずみゲージの位置は、半径 R_1 の円上のどの場所でもあり得、引張ひずみ状態にされる2つのひずみゲージは、半径 R_2 の円上のどの場所でもあり得る。これは、膜の円形対称寸法によるものである。ハーフブリッジを形成する2つのひずみゲージの2つの構成がUS7412892に開示されているように 180° と 90° の角度に位置付けられているような構成が文献において見られるのはこのためである。本発明は、ポート要素の周縁に寄生的な力を印加したときに、4つのひずみゲージで形成されたフルホイートストンブリッジの出力信号にもたらされた誤差が、ポート要素上の寄生的な力が印加された、また膜上のひずみゲージが位置付けられた場所と、膜上のそれぞれのひずみゲージのひずみ感応方向がどの方向かによって決まる、という趣旨に基づく。各ハーフブリッジゲージの組み合わせは、それ自体の寄生的な力の誤差に特有な曲線を有する。事前定義の寄生的な力を受ける膜の中心の周りの2つのハーフブリッジゲージ間の適切な回転角度を選択することによって、フルホイートストンブリッジの出力信号における、寄生的な力による最大誤差と最小誤差との間の差が、圧力センサに対して最小限に抑えられる可能性があることが確認されている。さらに、六角ポートプラグとして知られている、第6次圧力ポート要素の別個の回転対称ポート要素の場合、ポート要素の外側に作用するあらゆる寄生的な力による誤差におけるバラツキが最小で、流体の圧力を測定する際の感度に優れた、膜上の4つのひずみゲージ用の位置を見つけるのにも、この方法が使用される可能性がある。同心すなわち円形膜では、膜に作用する流体力を受ける、一様なひずみの検知側上の等高線は、円形である。たとえばMEMS技術によって製造された圧力センサは、非円形周端の膜を有することがある。非円形周端の膜の場合、等高線は、膜周端の形状と円形との間の形状を有する。

10

20

30

【0012】

一実施形態において、第1の有限要素動作は、検知側上の半径方向の圧縮ひずみ度を使用して第1の等高線を決定し、検知側上の半径方向の引張ひずみ度を使用して第2の等高線を決定する。代替的な一実施形態において、第1の有限要素動作は、検知側上の半径方向の圧縮ひずみ度を使用して第1の等高線を決定し、また検知側上の接線方向の引張ひずみ度を使用して第2の等高線を決定する。これらの特徴は、膜に作用する流体圧力に対する最良の感度を提供し、ゲージの位置付けのための第1および第2の等高線を見つけることを可能にする。次に、ポート要素に作用する寄生的な力に最も影響を受けない、等高線上のひずみゲージ用の組み合わせ位置を見つけるための開始点として、等高線が使用される。

40

【0013】

一実施形態において、第2の有限要素動作が、有限要素アルゴリズムを用いて、密封構造に作用する均一な力をシミュレートすることによって、4つのひずみゲージの第1から第4の位置をさらに決定し、シミュレートされたホイートストンブリッジによって測定された最も高い誤差信号は、最小である。この特徴は、圧力センサの出力信号における予測できない装着力の影響を少なくすることをさらに可能にする。

【0014】

第2の態様において、デバイス内の流体圧力を測定するための圧力センサが提供される。圧力センサは、金属ポート要素を備える。金属ポート要素は、密封構造と、流体圧力に晒される流体側およびひずみ検知側を有する膜とを備える。膜は、中心軸をさらに備える。密封構造は、ポート要素がデバイスの開口部に添着される際に密封をもたらす。4つの

50

ひずみゲージは、流体圧力が円形膜に印加されると、2つのひずみゲージが圧縮状態にされ、2つのひずみゲージが伸長状態にされるような位置において、ひずみ検知側に取り付けられる。4つのひずみゲージは、電子的に接続され、ホイートストンブリッジ回路を形成する。4つのひずみゲージの位置は、添付の方法請求項のいずれか一項によって定義されるような位置決定動作によって決定される。本出願において説明される方法により4つのひずみゲージの最適な位置を予め決定することによって、寄生的な力に対する感度が最小であるような最良の位置が、特定の用途ごとに見つけられ得る。たとえば、低圧検知用途、高圧検知用途、自動車用途、家庭用途などである。

【0015】

その他の特徴および利点は、例示として、実施形態の様々な特徴を図示する添付図面に関連してなされる、以下の発明を実施するための形態から、明らかになるであろう。

10

【0016】

これらとその他の態様、特性および利点が、同じ参照番号が同じまたは類似の部分を示す以下の図面を参照して、以下の発明を実施するための形態に基づき、以下に説明されることになる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】ひずみゲージベースの圧力センサ用のフルホイートストンブリッジを概略的に示す。

【図2】圧力センサのモデルの斜視図を概略的に示す。

20

【図3】図2におけるモデルの断面図を概略的に示す。

【図4】図2におけるモデルの上面図を概略的に示す。

【図5】膜のひずみ検知側における半径方向のひずみを半径の関数としたグラフを示す。

【図6】それぞれ、2つのハーフブリッジひずみゲージが180°の角度にある同心圧力ポート要素の斜視図、断面図および上面図を概略的に示す。

【図7】それぞれ、2つのハーフブリッジひずみゲージが180°の角度にある同心圧力ポート要素の斜視図、断面図および上面図を概略的に示す。

【図8】それぞれ、2つのハーフブリッジひずみゲージが180°の角度にある同心圧力ポート要素の斜視図、断面図および上面図を概略的に示す。

【図9】ホイートストンブリッジの出力における誤差を図8におけるポート要素に対する点力の方向の関数とした、グラフを示す。

30

【図10】2つのハーフブリッジひずみゲージが90°の角度にある、図6における同心圧力ポート要素の上面図を概略的に示す。

【図11】ホイートストンブリッジの出力における誤差を図10におけるポート要素に対する点力の方向の関数とした、グラフを示す。

【図12】それぞれ、2つのハーフブリッジひずみゲージを有する非軸対称圧力ポート要素の斜視図、断面図および上面図を概略的に示す。

【図13】それぞれ、2つのハーフブリッジひずみゲージを有する非軸対称圧力ポート要素の斜視図、断面図および上面図を概略的に示す。

【図14】それぞれ、2つのハーフブリッジひずみゲージを有する非軸対称圧力ポート要素の斜視図、断面図および上面図を概略的に示す。

40

【図15】ホイートストンブリッジの出力における誤差をハーフブリッジゲージが180°の角度にある図14におけるポート要素に対する点力の方向の関数とした、グラフを示す。

【図16】2つのハーフブリッジひずみゲージが120°の角度にある図12における非軸対称圧力ポート要素の上面図を概略的に示す。

【図17】ホイートストンブリッジの出力における誤差を図16におけるポート要素に対する点力の方向の関数とした、グラフを示す。

【図18】半径方向および接線方向のひずみを半径の関数とした、グラフを示す。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 8 】

当業者に理解されるように、ひずみゲージベースの圧力センサは、ポート要素と、ポート要素の流体圧力感応部に取り付けられた4つのひずみゲージとを備える。4つのひずみゲージは、電氣的に接続されて、ホイートストンブリッジを形成する。4つのひずみゲージは、流体圧力がポート要素の流体圧力感応部の流体圧力側に印加されると、2つのひずみゲージが圧縮ひずみ状態にされ、2つのひずみゲージが引張ひずみ状態にされるような、ひずみ検知側上の位置を有する。

【 0 0 1 9 】

図1は、ひずみゲージベースの圧力センサ用のホイートストンブリッジ回路図を概略的に示す。ホイートストンブリッジは、2つの並列分圧回路に電氣的に相当するものである。G1とG2が、1つの分圧回路を構成し、G4とG3が第2の分圧回路を構成する。2つの分圧部の中間ノード間で、ホイートストンブリッジの出力が測定される。

10

【 0 0 2 0 】

試料に印加されたひずみにおける変化または温度シフトなどの物理的現象は、ホイートストンブリッジにおける検知要素の抵抗を変える。検知要素が試料における物理的変化に対応してもたらず、抵抗における小さなバラツキを測定するのを補助するために、ホイートストンブリッジ構成が使用される。

【 0 0 2 1 】

流体圧力が印加されると、ゲージG2およびG3は、引張ひずみ状態にされ、ゲージG1およびG4は、圧縮ひずみ状態にされる。圧縮ひずみが大きくなると、ひずみゲージの抵抗値の低下をもたらす、引張ひずみが大きくなると、ひずみゲージの抵抗値の上昇をもたらす。ひずみゲージのG1とG2が、ホイートストンブリッジのハーフブリッジを形成し、ひずみゲージのG3とG4が、もう1つのハーフブリッジを形成する。G1とG2との直列接続、ならびにG3とG4との直列接続は、1つの側で電圧 V_B に、もう1つの側で地面に結合される。ハーフブリッジを形成する2つのひずみゲージは、個々のひずみゲージがポート要素に取り付けられた形態であり得る。別の実施形態において、2つのひずみゲージが組み合わされ、ハーフブリッジひずみゲージとしても知られている、1つのひずみ検知要素を形成する。流体圧力が大きくなると、中間ノード V_P における電圧が上がり、中間ノード V_N における電圧が下がり、結果として、 V_P と V_N との間の電圧が上がる。

20

30

【 0 0 2 2 】

図2は、圧力センサのモデルの斜視図を概略的に示し、本出願による、ひずみゲージベースの圧力センサを製造する方法を明らかにする。より具体的には、圧力ポートの膜部のひずみ検知側上の4つのひずみゲージの位置を決定するための方法を明らかにする。図3は、図2におけるモデルの断面図を概略的に示し、図4は、図2におけるモデルの上面図を概略的に示す。

【 0 0 2 3 】

圧力センサは、ポート要素10を備える。ポート要素は、円形膜12を有する流体圧力感応部、および密封構造14を備える。圧力ポート13を介して、デバイス内の流体圧力が、膜の流体圧力側に圧力による力を及ぼす。流体圧力側と反対側に、円形膜は、ひずみ検知側を備える。ひずみゲージは、たとえばUS7412892B1に開示されたような、一般に知られている方法でポート要素に取り付けられる。

40

【 0 0 2 4 】

密封構造14は、ポート要素10がデバイスの開口部に取り付けられる際に、密封をもたらす。円形膜12は、膜中心軸30を有し、ポート要素は、ポート中心軸20を有する。密封構造14は、同心であり、ポート中心軸20と一致する密封中心軸を有する。膜中心軸30は、ポート中心軸20と一致しない。

【 0 0 2 5 】

流体圧力が膜の流体圧力側に印加されると、半径R1の円C1上のゲージG1およびG4の下の面は、半径方向に圧縮ひずみ状態にされ、半径R2の円C2上のゲージG2およ

50

びG3の下の面は、半径方向に引張ひずみ状態にされる。これは、図5を用いて、明らかにされることになる。

【0026】

図5は、膜のひずみ検知側における半径方向のひずみ ϵ_r を半径の関数としたグラフを示す。正のひずみは、正の値のひずみであり、引張ひずみをもたらす特定の方向への面における伸長に対応する。負のひずみは、グラフでは負の値のひずみであり、圧縮ひずみをもたらす特定の方向への面における収縮に対応する。半径方向のひずみは、半径、すなわち中心軸30までの距離が大きくなると小さくなることが分かる。約1.2mmの半径では、半径方向のひずみは、ほぼゼロである。さらに半径が大きくなると、半径方向のひずみは、負になり、すなわち、半径方向に収縮する。最も大きな収縮は、2mmの半径においてである。さらに半径が大きくなると、収縮量は少なくなる。

10

【0027】

ひずみゲージに基づく圧力センサの作動原理は、検知電気素子の両方のひずみゲージが半径方向のひずみを測定するが、しかし2つの異なる半径においてであるということである。ひずみゲージの特徴は、ゲージが特定の方向のひずみに感応するということである。特定の方向が膜の半径に一致するようにひずみゲージを位置付けることによって、該ひずみゲージは、半径方向のひずみを検知することになり、ひずみゲージの抵抗値における変化は、膜の半径方向のひずみにおける変化により実質的に決まる。図2の円形検知構造の上面図を示す図4では、半径はR1とR2で示される。図5では、先行技術のハーフブリッジひずみゲージ、たとえばUS7412892B1に開示されたようなMSG (Microfused Silicon Strain Gauge、マイクロフューズドシリコンひずみゲージ)の2つの半径方向ゲージによって測定された半径領域が示される。圧力が膜の流体側に印加されると、図4における内側円C2上の内側ひずみゲージは、正のひずみ(引張ひずみ)を測定し、外側円C1上の外側ひずみゲージは、負のひずみ(圧縮ひずみ)を測定することが分かる。2つのひずみゲージがホイーストブリッジのハーフブリッジにおいて使用される。

20

【0028】

ひずみゲージの位置を決定する方法は、以下の動作を含む。

【0029】

最初に、有限要素アルゴリズム用のポート要素の数学的モデルが、当業者に知られている方法において生成される。第2の動作において、有限要素アルゴリズムが使用され、円形膜の検知側で、ポート要素の数学的モデルを使用することによって、半径R1の膜中心軸30の周りの第1の円C1、および半径R2の膜中心軸30の周りの第2の円C2を決定し、円形膜に対して流体圧力がシミュレートされる場合、第1の円C1上の面の半径方向の圧縮度が、第2の円上の面の伸長度と等しい。第2の動作の結果は、半径方向のひずみを測定する際にハーフホイーストブリッジの出力信号における最良の感度を有する、ハーフホイーストブリッジの2つの抵抗器用の位置を提供する、R1とR2との1つの組み合わせを提供している。

30

【0030】

続いて、有限要素アルゴリズムが使用され、第1の円C1上で第1の位置G1および第4の位置G4と、また第2の円C2上で第2の位置G2および第3の位置G3を決定し、密封構造上の任意の場所に寄生的な力が印加される場合、対応する決定された4つの位置に取り付けられた4つのひずみゲージを備えるシミュレートされたホイーストブリッジによって測定された、最も高い誤差信号と最も低い誤差信号との間の差が最小になる。この第2の有限要素動作によって、ひずみゲージ用の最良の位置が、ポート要素のたとえば密封構造に作用する寄生的な力に最も影響を受けない、半径R1およびR2の円上で見つけられることになる。通常、ポート要素に作用する総装着力は全体的には分かっているが、この装着力が密封構造に沿ってどのように分散されるかは、多くの要因、たとえば、ポート要素の密封面の平面度やデバイスの対向密封面の平面度によって決まるので、この特徴は重要である。さらに、実際には、最も大きな装着力を有する密封構造上の点は、不

40

50

明であり、その結果としてホイートストンブリッジの出力における誤差になる。デバイスに圧力センサをもっときつくねじ込んで、総装着力を少し大きくすることによって、ポート要素に作用する最も大きな力を有する点が、密封面上の別の位置に変わる可能性があり得る。特定の寄生的な力によるホイートストンブリッジの出力信号における誤差が、密封面に沿ってバラツキがあるということは、ハーフブリッジひずみゲージのその他の角度位置が、非均一装着力にそれほど影響を受けない圧力センサをもたらし可能性があるという洞察を与えている。このことは、以下の2つの例によって明らかにされることになる。

【0031】

図6、図7、および図8は、それぞれ、2つのハーフブリッジひずみゲージが180°の角度にある同心圧力ポート要素の斜視図、断面図および上面図を概略的に示す。密封構造14は、同心であり、ポート中心軸20に一致する密封中心軸を有する。さらに、膜中心軸30は、ポート中心軸20に一致する。

10

【0032】

図9は、ホイートストンブリッジの出力における誤差を図7におけるポート要素の密封面14に作用する点力の向き/角度の関数とした、グラフを示す。図7では、向きは、矢印0°、90°、180°および270°で示される。グラフは、図1におけるホイートストンブリッジのゲージG1およびG2を備えるハーフブリッジG12の出力における誤差(V_p)が、点力の向きによりバラツキがあることを示す。誤差 V_p の曲線は、正弦波コースをとる。最も高い誤差値は、約80°においてであり、もう一つのトップは、約260°においてである。最も低い誤差値は、約345°においてであり、もう一つの最低は、170°においてである。2つのトップ値も2つのボトム値も、異なっており、それは、同心膜を備えるポート要素の上部の平坦な側によるものである。この平坦な側により、ポート要素は、完全には同心ではなく、このことが、間隔0~180°と間隔180~360°とで、異なる曲線をもたらす。

20

【0033】

誤差 V_N の曲線も正弦波コースをとる。最も高い誤差値は、約15°においてであり、もう一つのトップは、約195°においてである。最も低い誤差値は、約100°においてであり、もう一つの最低は、280°においてである。

【0034】

ホイートストンブリッジの出力における誤差は、四角印の「点力誤差」の名称の実線に対応する。この誤差は、以下の式によって求められ得る。

30

$$\text{点力誤差}(x) = V_p(x) - V_N(x) \quad (1)$$

ここで、 x は、密封面上における点力の角度であり、 $0 < x < 360$ の値を有する。

【0035】

さらに、図9のグラフでは、均一な力による誤差の曲線が示される。この誤差は、向きに関係がなく、一定値の線である。

【0036】

図10は、2つのハーフブリッジひずみゲージが90°の間隔にある、図6における同心圧力ポート要素の上面図を概略的に示し、図11は、ホイートストンブリッジの出力における誤差を図10におけるポート要素に対する点力の方向の関数とした、グラフを示す。図11における V_p の曲線は、ハーフブリッジひずみゲージ G_{12} がポート要素上の同じ位置にあるので、図9における V_p の曲線と同じである。図11における V_N の曲線は、図9における V_N の曲線の90°シフトした型のように見える。 V_N の曲線は、膜を備えるポート要素の上部の平坦な側により均等ではない。このことは、ポート要素が完全には同心ではないという事実によって生じる。

40

【0037】

図9と図11とで曲線を比較すると、図11におけるホイートストンブリッジの出力信号における最大誤差と最小誤差との間の差(点力誤差)は、図9におけるホイートストンブリッジの出力信号における最大誤差と最小誤差との間の差(点力誤差)よりも小さいことが分かる。この特定の例では、この差は、1/4程度に改善される。このことは、ハー

50

フブリッジひずみゲージが 90° の間隔にある構成が、ハーフブリッジひずみゲージが 180° の間隔にある構成よりも、密封面の不完全さにあまり影響を受けないことを意味する。さらに、密封構造に作用する均一な力によって生じる誤差の値を比較すると、ホイートストンブリッジの出力における誤差の値がほとんど同じであることが分かる。ポート要素製作物の平坦な側が完全には同心ではないことによって差が生じる。

【0038】

図12、図13、および図14は、それぞれ、2つのハーフブリッジひずみゲージを備える非軸対称圧力ポート要素の斜視図、断面図および上面図を概略的に示す。この実施形態において、膜12の中心軸は、ポート要素の中心軸20と一致しない。ポート要素の中心軸20は、ポート要素のねじ込み式胴体部11がデバイスにねじ込まれる場合の、ポート要素の回転軸である。中心軸20は、ポート要素の密封構造の中心軸でもある。この実施形態では、ポート要素は、その開口側がポート要素のねじ込み式胴体部を通る通路の端に気密に取り付けられた、有底金属管15を備える。有底金属管15は、流体における圧力は別にして、デバイス内の流体の温度も検知するように、有底端に温度センサを位置付けるのに使用され得る。

10

【0039】

図15は、2つのハーフブリッジゲージ G_{12} 、 G_{34} およびホイートストンブリッジの出力における誤差をハーフブリッジゲージが 180° の間隔にある図14におけるポート要素に対する点力の方向の関数とした、グラフを示し、ハーフブリッジゲージは、ポート要素の対称面に関して対称に位置付けられる。誤差 V_P は、常に負であり、誤差 V_N は、常に正であることが分かる。ホイートストンブリッジの出力における絶対最小誤差は、 V_P および V_N の曲線の絶対最大誤差よりもずっと大きい。

20

【0040】

図16は、2つのハーフブリッジひずみゲージが 120° の間隔にある図12における非軸対称圧力ポート要素の上面図を概略的に示す。図17は、2つのハーフブリッジゲージ G_{12} 、 G_{34} およびホイートストンブリッジの出力における誤差をハーフブリッジゲージが 120° の間隔にある図14におけるポート要素に対する点力の方向の関数とした、グラフを示し、ハーフブリッジゲージは、ポート要素の対称面に関して対称に位置付けられる。この構成では、 V_P （図17参照）の絶対値は、ゲージが 180° の間隔にある構成の場合の V_P （図15参照）の最小絶対値より小さいことが分かる。同じことが、 V_N の値に当てはまる。ホイートストンブリッジの出力における誤差の最大値と最小値との間の差、点力誤差曲線は、約 $0.04\%FS$ であるが（図17参照）、 180° 構成では、差は $0.25\%FS$ である。 FS は、測定最大値を意味する。このように2つのハーフブリッジゲージ間の角度を 180° から 120° に変更することによって、点力に対する感度が著しく下げられる（ $1/6$ ）。密封構造に作用する均一な力に対する感度が、 $-0.432\%FS$ から $0.007\%FS$ にさらに下げられる（ $1/62$ ）。

30

【0041】

上記の例は、第1の円 C_1 上の半径方向のひずみを両方が測定する第1のゲージ G_1 および第4のゲージ G_4 の異なる位置と、第2の円 C_2 上の半径方向のひずみを両方が測定する第2のゲージ G_2 および第3のゲージ G_3 の異なる位置に対して、ホイートストンブリッジの出力における誤差の対応する曲線を計算する、第2の有限要素動作を使用することによって、決定された対応する4つの位置に4つのひずみゲージを取り付け、寄生的な力に対する圧力センサの感度を下げることが可能であることをはっきり示している。

40

【0042】

しかしながら、この方法を使用して、ハーフブリッジゲージの2つのひずみゲージのうちの一つが、半径方向のひずみを測定し、もう一つが接線方向のひずみを測定する、ハーフブリッジゲージに対してより良い半径方向の位置を決定することも可能である。接線方向のひずみは、同心膜の半径に対して垂直の方向のひずみである。図18は、半径方向および接線方向のひずみを半径の関数とした、グラフを示す。図18は、図5に示されたように、半径方向のひずみ ϵ_r を半径の関数とした曲線を示す。図18は、接線方向のひ

50

ずみ ϵ を半径の関数とした曲線をさらに示す。接線方向のひずみは、半径が大きくなるに従って徐々に小さくなるが、常に正である。グラフは、半径 1.7 mm の円上の位置において、比較可能な絶対値で、正の接線方向の引張ひずみと負の半径方向の圧縮ひずみの両方を測定することが可能であることを示す。

【0043】

上記の例は、第1および第2の円上の位置を決定するのに、密封面に作用する装着力のみを考慮する。装着力は別にして、その他の寄生的な力が考慮される場合がある。たとえば、圧力センサの一部が、ポート要素に溶接、押圧、または圧着されることがある。このことは、製造品にわたって異なる、膜における特有の応力 (= ひずみ) をもたらす。この特有の応力は、ポート要素の特定の面または場所に作用する特有の点力として、モデル化される可能性がある。様々な寄生的な力源の大きさもモデル化される場合、すべてのこれらの寄生的な力のバラツキの組み合わせに最も影響を受けない、第1および第2の円上の位置が決定される可能性がある。

10

【0044】

上記の例は、本出願の方法が円形膜を備えることを明らかにしている。半径 R_1 の第1の円 C_1 と半径 R_2 の第2の円 C_2 は、膜に作用する流体圧力による、一様なひずみ感度を有する膜の中心の周りの等高線である。ひずみ検知側の第1の円 C_1 上の面のひずみ感度は、第2の円 C_2 上の面のひずみ感度と逆の値を有する。しかしながら、膜が非円形周縁、たとえば四角張った、横長の楕円の周縁を有する場合、圧力に対して一様な感度を有する等高線は、円形ではないが、円形と膜の周縁の形状との間の形状を有する。MEMS は、たとえば、どんな形状の周縁の膜でも製作することを可能にする技術である。その場合、第1の有限要素動作を用いて、膜の中心の周りの一様なひずみ感度を有する等高線が決定され、続いて、流体圧力に対するホイートストブリッジの出力における感度が最適であるような第1の等高線および第2の等高線が決定される。第1および第2の等高線を見つける際の制約が、ハーフブリッジひずみゲージの第1のひずみゲージの測定面の中心と、第2のひずみゲージの測定面の中心との間の距離である可能性がある。ポート要素の外側に作用するあらゆる分かっている寄生的な力に最も影響を受けない、2つの等高線上のひずみゲージ用の位置を決定する第2の有限要素動作において、第1および第2の等高線が使用される。この方法を用いて、ポート要素に圧力センサの構成要素を取り付けることによる、ポート要素における装着力および/または応力による、圧力センサの出力信号のバラツキの幅が最も小さい、多くの流体圧力センサが製造される。

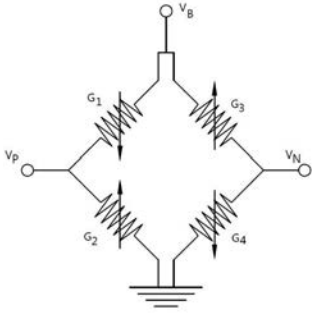
20

30

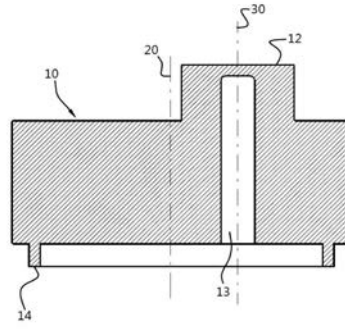
【0045】

本発明は、いくつかの実施形態に関して説明されたが、その代替形態、修正形態、並べ替え形態、および同等形態が、本明細書を読んだ時点で、また図面を研究した時点で、当業者には明らかとなることが予期される。本発明は、図示された実施形態に限定されない。添付の特許請求の範囲から逸脱することなく、変更が行われ得る。

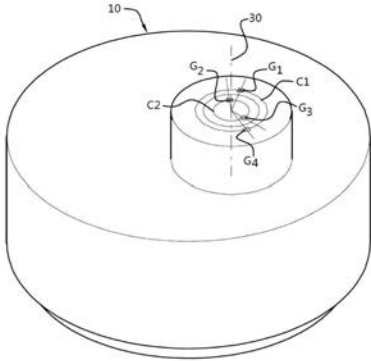
【 図 1 】



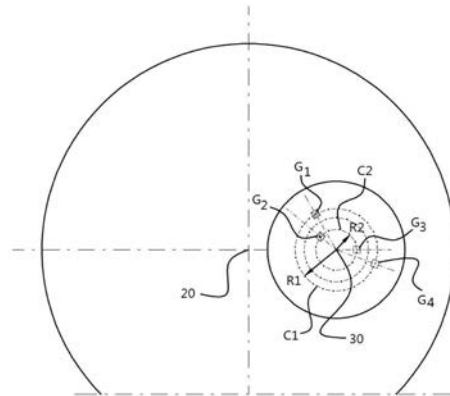
【 図 3 】



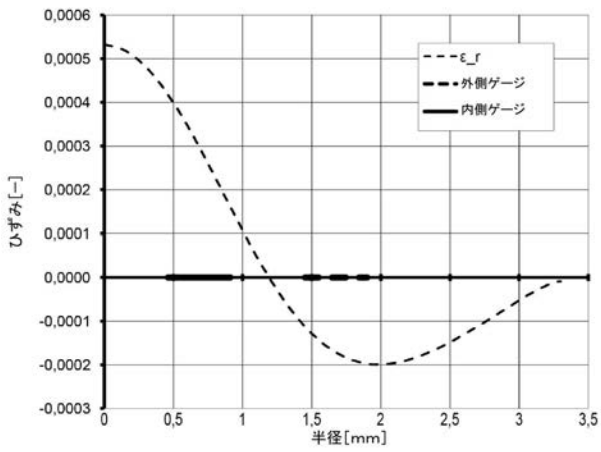
【 図 2 】



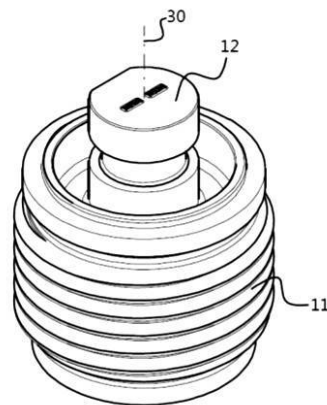
【 図 4 】



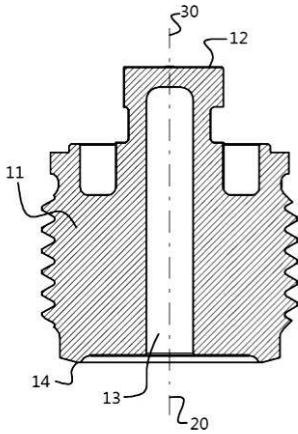
【 図 5 】



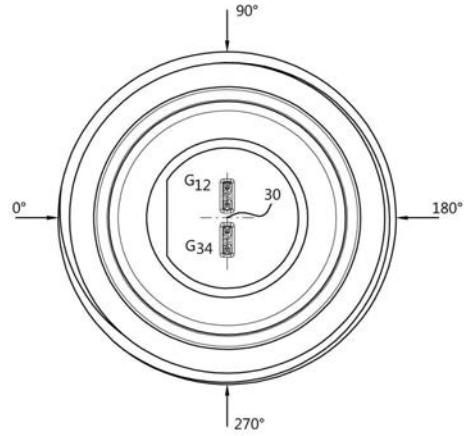
【 図 6 】



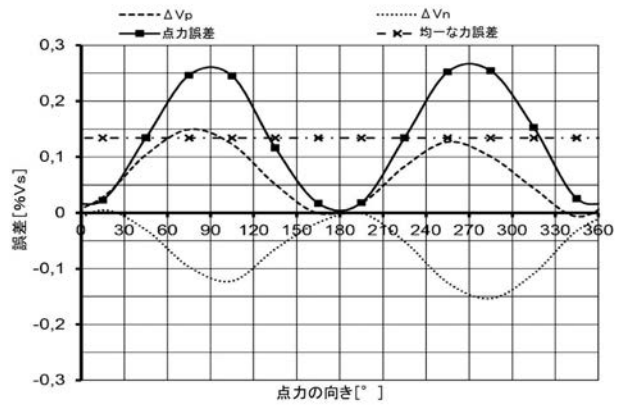
【 図 7 】



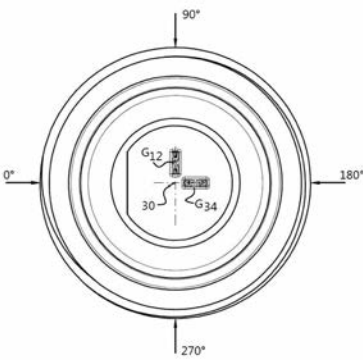
【 図 8 】



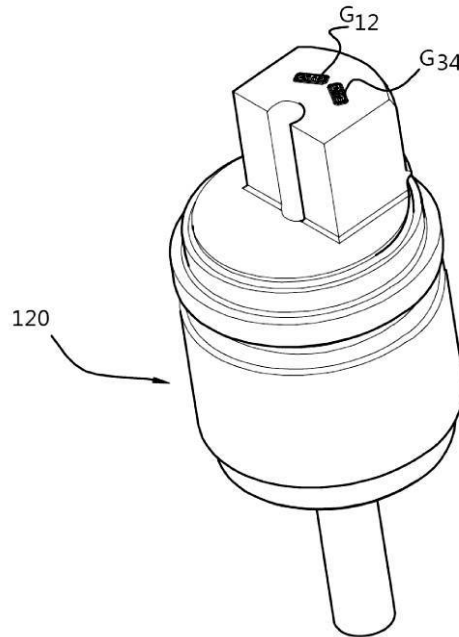
【 図 9 】



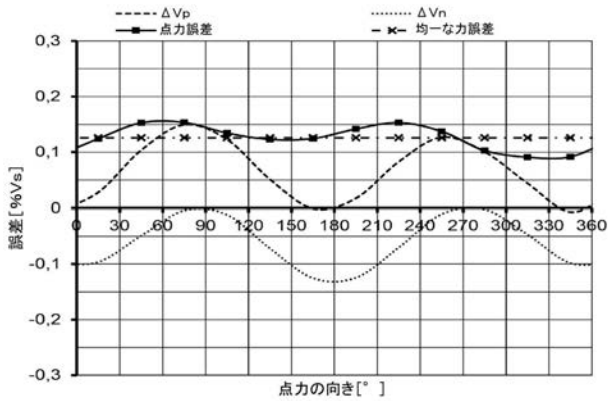
【 図 10 】



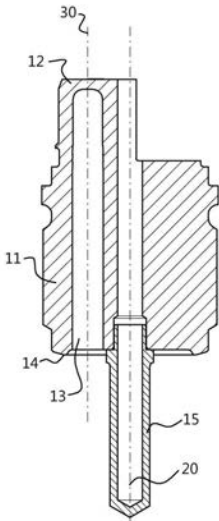
【 図 12 】



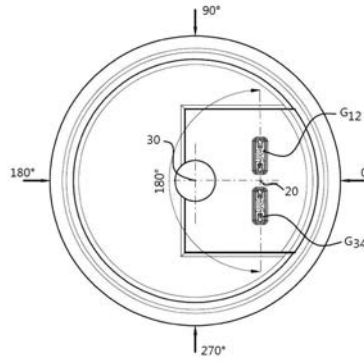
【 図 11 】



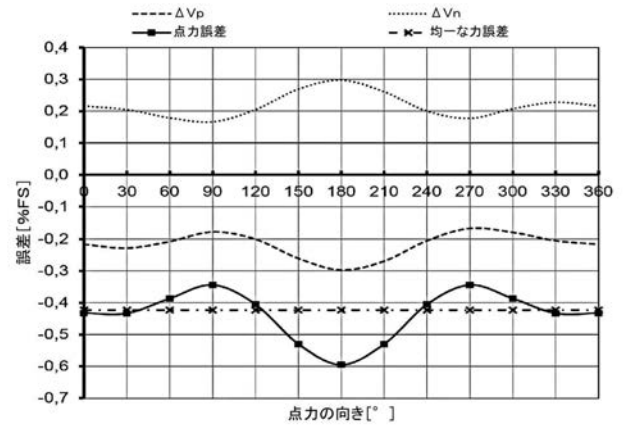
【 図 1 3 】



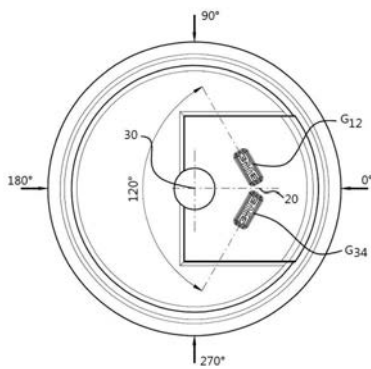
【 図 1 4 】



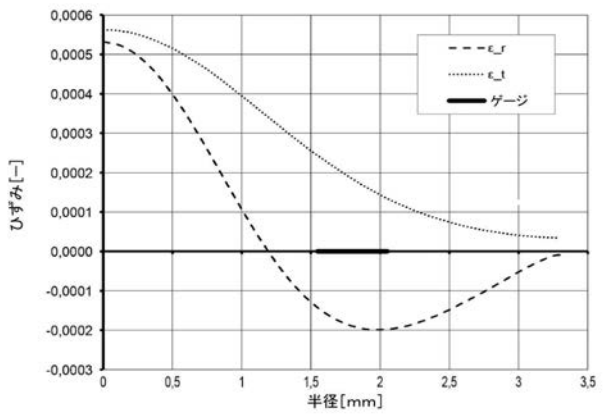
【 図 1 5 】



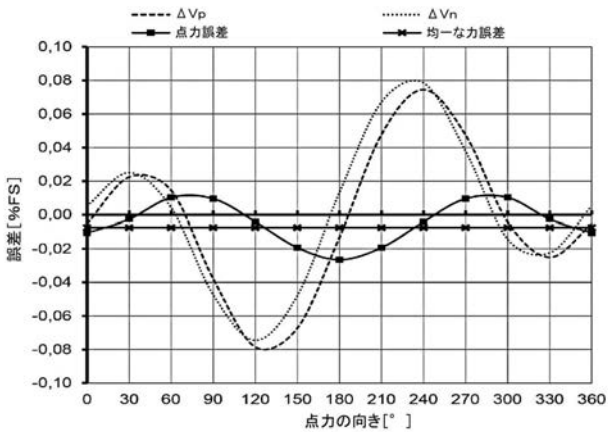
【 図 1 6 】



【 図 1 8 】



【 図 1 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヴェルナー ヨーン ペーター クレイセン
オランダ国、ヘンゲロー、ボルンセデイク 2 4 デー
- (72)発明者 フランク ヘンドリ ヤコブス
オランダ国、ブルクラント、ラッベルシヨーク 3 4
- (72)発明者 デッデ ヘッツァー ヴィエルスマ
オランダ国、ズヴォレ、ホルテンシアストラート 4 4
- Fターム(参考) 2F055 AA40 BB20 CC02 DD20 EE13 FF23 GG16

【外国語明細書】

2017194467000001.pdf