

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5217163号
(P5217163)

(45) 発行日 平成25年6月19日(2013.6.19)

(24) 登録日 平成25年3月15日(2013.3.15)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 L 9/12 (2006.01) GO 1 L 9/12
GO 1 L 17/00 (2006.01) GO 1 L 17/00 3 O 1 A

請求項の数 13 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-513032 (P2006-513032) (86) (22) 出願日 平成17年5月10日 (2005.5.10) (86) 国際出願番号 PCT/JP2005/008537 (87) 国際公開番号 W02005/108946 (87) 国際公開日 平成17年11月17日 (2005.11.17) 審査請求日 平成20年5月2日 (2008.5.2) (31) 優先権主張番号 特願2004-142958 (P2004-142958) (32) 優先日 平成16年5月12日 (2004.5.12) (33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000002369 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 100085660 弁理士 鈴木 均 (72) 発明者 渡辺 潤 東京都日野市日野4 2 1-8 エプソントヨコム株 式会社内 審査官 三田村 陽平</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧力センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基台と、

圧力の変化に応じて変位し、且つ変位の方向と前記基台の面とが交差するように前記基台と対向しているダイヤフラムと、

前記ダイヤフラムの外周を一体的に包囲し、且つ前記基台に固定されている枠と、を備え、

前記ダイヤフラムと前記基台とが接触するタッチモード容量圧力センサであり、

前記ダイヤフラムは、断面形状において前記枠の一端側の根元の厚さが、前記枠の他端側の根元の厚さよりも厚く、且つ前記一端側の根元から前記他端側に向かって延出している第一の部分と、前記第一の部分から前記他端側に向かって延出しており、前記第一の部分よりも厚みが薄い第二の部分と、を含むことを特徴とする圧力センサ。

【請求項 2】

前記第一の部分は、前記一端側の根元から前記他端側に向かって延出するにつれて厚みが小さくなるように変化している構成であることを特徴とする請求項 1 に記載の圧力センサ。

【請求項 3】

前記第一の部分は、前記一端側の根元から前記他端側に向かって延出するにつれて厚みが漸減していることを特徴とする請求項 2 に記載の圧力センサ。

【請求項 4】

前記第一の部分は、少なくとも一つの段差部を有していることを特徴とする請求項 2 に記載の圧力センサ。

【請求項 5】

前記第二の部分は均一な厚さであることを特徴とする請求項 1 に記載の圧力センサ。

【請求項 6】

前記ダイヤフラムは、前記基台の面と対向する側の面が平坦面であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の圧力センサ。

【請求項 7】

前記ダイヤフラムと前記基台との間は気密空間であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の圧力センサ。

10

【請求項 8】

前記枠は、前記第一の部分の根元よりも厚みが厚いことを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の圧力センサ。

【請求項 9】

前記段差部は、前記ダイヤフラムの基材上に金属層を付加することによって形成したものであることを特徴とする請求項 4 に記載の圧力センサ。

【請求項 10】

前記基台及び前記ダイヤフラムは、圧電結晶材料からなることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の圧力センサ。

【請求項 11】

20

前記ダイヤフラムが水晶板から成り、前記水晶板の主面に対する法線が水晶結晶軸 Z に対して 0° 以外の角度を成しており、前記ダイヤフラムは前記水晶板をウェットエッチングによって薄く加工することにより得られることを特徴とする請求項 10 に記載の圧力センサ。

【請求項 12】

前記ダイヤフラムを構成する圧電結晶材料は、厚みすべりモードを有することを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の圧力センサ。

【請求項 13】

前記ダイヤフラムを構成する圧電結晶材料は、ATカット水晶板であることを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の圧力センサ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は流体の圧力を測定するために使用される圧力センサの改良に関し、特に、圧力が小さい段階では速やかに撓み変形する一方で、高圧力の状態では徐々に撓むように薄肉部（ダイヤフラム）を構成することによって圧力感度特性の直線性を向上させた圧力センサに関する。

【背景技術】

【0002】

自動車等の車両に装備されるタイヤの空気圧を圧力センサにより検出して異常発生時に警告を発するタイヤ圧モニタリングシステムが従来から知られている。

40

自動車等のゴムタイヤ内に装備されて空気圧を測定する空気圧センサとして、特開 2001-174357 公報には、セラミクスから成るダイヤフラムとセラミクスから成るベースとを接合し、両者間に形成される隙間内の静電容量変化を圧力に変換する技術が開示されている。しかし、セラミクスを検出片として使用した空気圧センサは、検出精度の点で問題があり改善が望まれている。

このような不具合を有さない空気圧センサとして、最近では図 6 に示すようにシリコン (Si) から成る検出片を用いたタッチモード容量型圧力センサが注目されている。この圧力センサは、基台としてのガラス板 101 上に下部電極膜 102、誘電体薄膜 103、電極膜 104 を順次積層して成る底板 100 上に、シリコン製の検出片 110 を組み付け

50

た構成を備えている。この圧力センサは、圧力によって検出片110の薄肉部(ダイヤフラム)110aが変形して誘電体薄膜103に直接接触することによって生じる静電容量変化を圧力検出に利用している。この種の空気圧センサは、例えば電気学会論文誌 2003年 Vol. 123 - E「タイヤ圧モニタリングシステム用タッチモード容量型圧力センサ」に開示されている。

シリコン製の検出片を用いた空気圧センサにあっては、シリコンウェハのダイヤフラム110aの肉厚を3 μ m程度までエッチングによって薄く加工する必要があるばかりでなく、ダイヤフラム110aと誘電体薄膜103との間のギャップを3 μ m程度の極小寸法に設定する必要がある。しかし、シリコンをエッチングする場合には厚さを正確にコントロールすることが難しく、この程度に微小な寸法レベルで高い精度を確保することが困難である。その結果、製造のばらつきが大きくなる。

10

また、シリコン材料はその結晶構造の物性から、弾性変形の繰り返し再現性の点で問題がある。

この不具合については、実開昭63-175833号に開示されているようにシリコンよりも安定した物性を有する水晶を圧力センサの検出片として利用することにより、シリコン製の検出片を用いた圧力センサの欠点であった弾性変形における繰り返し再現性の悪さを解消することができる。

【0003】

ところが、上記従来の圧力センサは、敏感なセンサ感度を得るために、いずれもダイヤフラム全体を均一厚な平行板形状に構成していた。特に、タッチモード式圧力センサにおいては、特定の圧力値にてダイヤフラムが急激に大きく撓み変形して基台上面に接触するため、その後引き続き圧力が上昇する場合にはダイヤフラムに残される可動範囲が小さく制限されることとなり、直線性に優れたセンサ特性を得られる圧力範囲が狭い範囲(圧力が低い範囲)に制限される、という問題があった。

20

即ち、図7(a)(b)はダイヤフラムの肉厚が均一なタイプのタッチモード式圧力センサの動作を説明する断面図であり、この圧力センサは、絶縁材料から成る基台101上に下部電極膜102、誘電体膜103を順次積層した底板100上に、検出片110を組み付けた構成を備えている。検出片110のダイヤフラム110aの下面には上部電極111が形成され、この上部電極111は誘電体膜103と所定の微小ギャップを隔てて対向配置されている。

30

図7(a)はダイヤフラム110aが下向きに変形してその中央部下面が底板上面に接触した測定開始状態を示しており、これはダイヤフラム110aの腰が折れ始めた状態である。これ以上の撓み量は、ダイヤフラム110aと基台101との接合部構造の剛性のみによりほぼ決定されるので、ダイヤフラムは(a)の状態を更に越えて底板側へ撓み難い状態にある。従って、(a)の状態にあるときに、更に僅かに高い圧力が加わった場合であってもダイヤフラムは大きく変形して(b)の状態に移行する。しかし、(b)の状態は既にダイヤフラムの撓み可能範囲の限界に近い状態であるため、その後は、検出片と底板との接合部の剛性による影響によってダイヤフラム110aの撓み変形量は極めて限られた範囲となる。このため、図示した従来の圧力センサは測定可能な圧力範囲が極めて狭かった。

40

従って、このように測定可能な圧力範囲が狭い圧力センサを自動車のタイヤに適用する場合には、標準の空気圧が異なるタイヤ毎に最適の感度を備えた圧力センサを用意する必要があり、他種類の圧力センサを製造する必要が生じるため、コストアップをもたらす原因となっている。

【特許文献1】特開2001-174357公報

【特許文献2】実開昭63-175833号公報

【特許文献3】特開平06-021740号公報

【非特許文献1】電気学会論文誌 2003年 Vol. 123 - E「タイヤ圧モニタリングシステム用タッチモード容量型圧力センサ」

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は上記に鑑みてなされたものであり、測定する圧力が小さい段階では速やかに撓み変形する一方で、高圧力の状態では徐々に撓むようにダイヤフラムを構成することによって圧力感度特性の直線性を向上させ、一種類の圧力センサによって低圧から高圧まで高感度にて測定することができる圧力センサ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】

【0005】

上記課題を解決するため、本発明は、基台と、圧力の変化に応じて変位し、且つ変位の方向と前記基台の面とが交差するように前記基台と対向しているダイヤフラムと、前記ダイヤフラムの外周を一体的に包囲し、且つ前記基台に固定されている枠と、を備え、前記ダイヤフラムと前記基台とが接触するタッチモード容量圧力センサであり、前記ダイヤフラムは、断面形状において前記枠の一端側の根元の厚さが、前記枠の他端側の根元の厚さよりも厚く、且つ前記一端側の根元から前記他端側に向かって延出している第一の部分と、前記第一の部分から前記他端側に向かって延出しており、前記第一の部分よりも厚みが薄い第二の部分と、を含むことを特徴とする。

10

本発明は、前記第一の部分は、前記一端側の根元から前記他端側に向かって延出するにつれて厚みが小さくなるように変化している構成であることを特徴とする。

本発明は、前記第一の部分は、前記一端側の根元から前記他端側に向かって延出するにつれて厚みが漸減していることを特徴とする。

20

本発明は、前記第一の部分は、少なくとも一つの段差部を有していることを特徴とする。

本発明は、前記第二の部分は均一な厚さであることを特徴とする。

本発明は、前記ダイヤフラムは、前記基台の面と対向する側の面が平坦面であることを特徴とする。

本発明は、前記ダイヤフラムと前記基台との間は気密空間であることを特徴とする。

【0006】

本発明は、前記枠は、前記第一の部分の根元よりも厚みが厚いことを特徴とする。

本発明は、前記段差部は、ダイヤフラムの基材上に金属層を付加することによって形成したものであることを特徴とする。

30

本発明は、ダイヤフラムの基材上に金属層を付加することによって形成したものであることを特徴とする。

本発明は、前記基台及び前記ダイヤフラムは、圧電結晶材料からなることを特徴とする。

本発明は、前記ダイヤフラムが水晶板から成り、前記水晶板の主面に対する法線が水晶結晶軸Zに対して0°以外の角度を成しており、前記ダイヤフラムは前記水晶板をウェットエッチングによって薄く加工することにより得られることを特徴とする。

本発明は、前記ダイヤフラムを構成する圧電結晶材料は、厚みすべりモードを有することを特徴とする。

本発明は、前記ダイヤフラムを構成する圧電結晶材料は、A Tカット水晶板であることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0007】

本発明は、薄肉部の肉厚が全面に亘って均一厚ではなく、傾斜状に漸増したり、階段状に増大するように構成されており、また、本発明は、検出片の薄肉部の一端から所定幅の範囲を均一厚領域とし、該均一厚領域から薄肉部の他端に向かう範囲を均一厚領域よりも厚肉の増厚領域としているので、ダイヤフラムとしての薄肉部に厚味差部分が形成されることとなり、低圧力測定時には肉厚の薄い均一厚領域が機能し、高圧力測定時には肉厚の厚い増厚領域が機能し、トータルで圧力センサ感度の直線性を向上させることができる。

本発明では、まず、増厚領域は、薄肉部の肉厚がテーパ状をなし且つ直線的に漸増す

50

るため、厚さが連続的な傾斜構造となり、高圧力測定時には薄肉部の腰の強さを維持し、圧力センサ感度の直線性を向上できる。また、増厚領域は少なくとも一つの段差部を有した階段状の構成を有するため、高圧力測定時には薄肉部の腰の強さを維持し、圧力センサ感度の直線性を向上できる。

本発明では、検出片は、薄肉部の外周縁に厚肉環状部を一体化した構成を有するため、検出片の強度を高め、耐久性を向上することができる。

本発明では、検出片の薄肉部は、一方の面が平坦面であり、他方の面が傾斜面、或いは階段状であるため、平坦面を底板上面と対向配置することによって、均一ギャップの気密空間を形成することが可能となり、圧力センサの性能を安定させることができる。

本発明では、前記検出片と前記基台とを同一種の圧電結晶材料から構成し、検出片の結晶軸と基台の結晶軸とを一致させたので、両者の熱膨張特性を厳密に一致させることができ、熱歪みによる影響を回避できる。

【0008】

本発明では、基台は、凹陥部と、凹陥部外周を包囲する外枠とを有しており、この場合には外枠をスペーサとして検出片を搭載することができる。

本発明では、検出片が水晶材料から構成されているので、経年変化が少なく、機械変形による再現性が高い（ヒステリシスが少ない）。また、ダイヤフラムとしての薄肉部の肉厚を厳密に管理することが容易であり、個片毎に薄肉部の肉厚差のない均一板厚のダイヤフラムを得ることができる。

本発明では、水晶から成る検出片の主面に対する放線が水晶結晶軸Zに対して0°以外の角度をなしており、水晶板をウェットエッチングによって薄く加工した薄肉部を有するので、異方性エッチングを実現するための、検出片の材料を特定することができる。これにより、ウェットエッチングする際に、容易に薄肉部に傾斜面を形成することができる。

本発明では、検出片を構成する水晶板は、厚味すべりモードを有するので、厚さ管理が容易となる。

本発明では、検出片を構成する水晶板は、ATカット水晶板であるので、上記と同等の効果を得ることができる。

本発明では、圧力センサがタッチモード容量圧力センサであるため、強い圧力が加わる環境での使用が可能となる。

本発明では、段差部は、薄肉部の基材上に金属層を付加することによって形成できるので、製造が容易である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明を図面に示した実施の形態により詳細に説明する。

図1は本発明の一実施形態に係るタッチモード容量型圧力センサの構成を示す縦断面図であり、(a)(b)及び(c)はダイヤフラムの変化状態を示している。

このタッチモード容量型圧力センサ（以下、圧力センサ、という）1は、底板2と、底板2上に組み付けられた検出片10と、底板2上面と検出片10の下面との間に微小ギャップの気密空間Sを介在させた状態で両者を接合する接合部材20と、から概略構成されている。

底板2は、水晶、ガラス、セラミック等の絶縁材料から成る基台3と、基台3上に順次形成した下部電極膜4、誘電体膜5と、を備えている。

検出片10は、例えば水晶板から構成されており、下部電極膜4上の誘電体膜5と対面する薄肉部（ダイヤフラム）11と、薄肉部11の外周を一体的に包囲する厚肉環状部12と、から構成されている。

薄肉部11の下面には、下部電極膜4と対向するように上部電極膜13が形成されている。

圧力センサ1は、自動車等の車両のタイヤ内の適所にトランスポンダーに組み付けられた状態で固定配置されて使用される。トランスポンダーは、アンテナコイルを備え、車両側のアンテナから出力された電磁波によってアンテナコイルに誘起される電流によって圧

10

20

30

40

50

力センサを作動させ、測定された圧力情報を電磁波として車両側へ出力する。タイヤ内の空気圧は、圧力センサ 1 の薄肉部 1 1 に加わり、大気圧に設定された気密空間 S 内の圧力を越えた圧力が加わった場合に薄肉部 1 1 を撓み変形させる。

即ち、外部気圧が気密空間 S 内の気圧を上回った場合に、薄肉部 1 が下方に撓んで上部電極膜 1 3 の下面が誘電体膜 5 に接触したときの上部電極膜 1 3 と誘電体膜 5 との接触面積の変化を容量値として検出して外部圧力をセンシングすることが可能となる。

この圧力センサ 1 をタイヤ内に組み込んだ場合には、主としてタイヤ内の空気圧の減少状態をモニタするために使用される。空気圧が許容値を下回ったことをリアルタイムに検出し、ドライバー等に対して速やかに警告表示させるためには、圧力感度特性の直線性が重要である。

接合部材 2 0 は、接着手段、及びスペーサを兼ねており、薄肉部 1 1 の下面と底板 2 の上面との間に基準圧力を得るための気密空間 S を形成している。

【 0 0 1 0 】

本発明の圧力センサ 1 の特徴的な構成は、検出片の薄肉部 1 1 の厚さが全面に亘って均一ではなく、薄肉部 1 1 の一端から所定幅の範囲は均一厚領域 1 1 a であり、均一厚領域 1 1 a から他端に向かう範囲は薄肉部の肉厚が均一厚領域よりも大きい増厚領域 1 1 b となっている。この例では、増厚領域 1 1 b は、厚さが直線的に漸増するテーパ状の断面形状を有している。

即ち、この実施形態の圧力センサ 1 における増厚領域 1 1 b は、気密空間 S 側の主面が平坦（底板上面と平行）であり、気密空間と反対側の主面がテーパ状、且つ直線的な傾斜面となっている。即ち、均一厚領域 1 1 a の終端部 A から薄肉部の他端部 B に至る範囲では、板厚が傾斜状に漸増するように構成されている。つまり、均一厚領域 1 1 a では、上下の主面が平行であるが、増厚領域 1 1 b では下側の主面に対して上側の主面が非平行であり、テーパ状に拡開するように延びている。

このように構成することにより、高圧測定においても圧力感度特性の直線性を、測定可能な圧力の限界値まで、十分に維持することが可能となる。また、測定が不能となる飽和圧力値まで、直線性を有した圧力検出が可能となるため、空気圧が異なる種類のタイヤ、例えば乗用車のタイヤ（空気圧は $2 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ）と、トラックのタイヤ（空気圧は $8 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ）に対して同一構造の圧力センサを使用することが可能となる。

なお、図 2（b）に示すように、均一厚領域 1 1 a を設けず、増厚領域 1 1 b のみを備えた薄肉部 1 1 の構成としてもよい。即ち、薄肉部の一端縁から他端縁に向けて肉厚が傾斜状に漸増したり、階段状に増大するようにした構成であってもよい。

【 0 0 1 1 】

次に、図 1（a）（b）（c）に基づいて本発明の圧力センサの動作を説明する。まず、外部（タイヤ内）の圧力が気密空間 S 内の圧力と同等の場合には（a）に示すように薄肉部 1 1 は変形していないが、測定圧力が低い状態では（b）に示すように薄肉部 1 1 の均一厚領域 1 1 a の腰（保形力）がいち早くなくなって折れ曲がり、底板上面（誘電体膜 5）と接触する。

一方、薄肉部の増厚領域 1 1 b は、十分な腰を有しているため、測定圧力が高くなるに連れて、徐々に底板側に押し付けられる。

本実施形態では、増厚領域 1 1 b の断面形状が、傾斜（テーパ）形状となるように厚み差が設けられているため、図 1（b）の状態以降において、測定圧力が一定の変化を示す場合に、薄肉部の動作をよりスムーズ且つ定量的に制御することが可能となる。

また、この実施形態では、基台 3 の上面に設けた下部電極膜 4 から図示しない下部引き出し電極を基台の外縁部へ向けて延長形成する一方で、薄肉部 1 1 の下面に形成した上部電極 1 3 から図示しない上部引き出し電極を検出片の外縁部へ延長形成する。両引き出し電極から通電し、気密空間及び誘電体膜 5 を介して対向配置された各電極膜 4、1 3 間の容量値 C の変化にもとづいて外部の圧力を算出することが可能となる。

即ち、各電極膜 4、1 3 間に形成されるコンデンサの容量値 C は、

$$C = \epsilon \cdot (S / d)$$
（ ϵ : 誘電体の誘電率、S : 電極の面積、d : 電極の間隔）

10

20

30

40

50

で表される。

つまり、電極膜 4、13 間の間隔 d を狭く（広く）設定すると、容量値 C が大きく（小さく）なる。一方、対向する 2 つの電極膜の対向面積を大きく（小さく）すると、容量値 C が大きく（小さく）なるという性質を有する。

【0012】

上記のごとき構成を備えた圧力センサ 1 を大気中に配置すると、気密空間 S 内は大気圧と同様の気圧に設定されている。外部の気圧が気密空間 S 内の気圧と同じ場合には、図 1 (a) に示すように、気密空間内の気圧は外気と釣合っているため薄肉部 11 は変形しない。一方、外部の気圧が気密空間内気圧よりも高くなった場合には、図 1 (b) (c) に示すように薄肉部 11 は変形して誘電体膜 5 に近接（接触）する。図 1 (b) (c) は、外部圧力の多寡に応じて、薄肉部 11 と誘電体膜 5 との接触面積 S が変化する状態を示しており、図 1 (b) に示した接触面積 S_1 の時と、図 1 (c) に示した接触面積 S_2 の時 ($S_1 < S_2$) の容量値 C_1 、 C_2 とを比較すると、

接触面積が S_1 の場合には、 $C_1 = \epsilon \cdot (S_1 / d)$ となり、

接触面積が S_2 の場合には、 $C_2 = \epsilon \cdot (S_2 / d)$ となる。

このように外部圧力が、気密空間 S の圧力（大気圧）よりも大きくなると、薄肉部が変形し、上部電極膜 13 が誘電体膜 5 と接触するので、このときの上部電極膜 13 と誘電体膜 5 との接触面積の変化を容量値として検出して圧力をセンシングすることが可能となる。

次に、図 2 (a) は本発明の圧力センサの他の実施形態を示す断面図であり、この圧力センサ 1 は、検出片 10 が厚肉環状部 12 を有していない点において、図 1 の実施形態と異なっている。この実施形態は、検出片 10 の最大厚さを小さくできるので、圧力センサを薄型化する上で有効である。

図 2 (b) は図 2 (a) の変形例であり、基台 3 が、凹陷部 3a と、凹陷部外周を包囲する外枠 3b とを有し、且つ凹陷部 3a の内底面上に下部電極膜 4 と誘電体膜 5 を積層した構成を備えている。そして、基台の外枠 3b の上面により検出片 10 の底面を支持することにより薄肉部 11 と誘電体膜 5 との間に微小ギャップを形成している。この検出片 10 は、図 2 (a) の検出片と異なり、均一厚領域を有しておらず、薄肉部全体が増厚領域 11b となっている。

【0013】

次に、図 3 (a) (b) は本発明の他の実施形態に係る圧力センサの断面図であり、この圧力センサ 1 は、薄肉部 11 の増厚領域 11b が、少なくとも一つの段差部 15 を有して、階段状に肉厚が漸増する構成を有している。

以上の構成において、外部（タイヤ内）の圧力が気密空間 S 内の圧力と同等の場合には図 3 (a) に示すように薄肉部 11 は変形していないが、測定圧力が高い状態では図 3 (b) に示すように薄肉部 11 の均一厚領域 11a の腰（保形力）がいち早くなくなって折れ曲がり、底板上面（誘電体膜 5）と接触する。

一方、薄肉部の増厚領域 11b は、均一厚領域 11a よりも厚肉であり、十分な腰を有しているため、測定圧力が高くなるに連れて、徐々に底板側に押し付けられる。

本実施形態では、増厚領域 11b の断面形状が、均一厚領域 11a よりも厚く、且つ均一厚となるように設定されているため、図 3 (b) の状態以降において測定圧力が一定の変化を示す場合に、薄肉部の動作をよりスムーズ且つ定量的に制御することが可能となる。従って、誤差の少ない高精度の圧力測定が可能となる。

更に、図 4 の圧力センサは、増厚領域 11b が複数の段差部 15a、15b を有した階段状であり、段差部 15a よりも、段差部 15b の厚さが厚くなるように設定されているため、均一厚領域 11a が底板上面に接した段階以降に測定圧力が高くなるに連れて、薄肉部の動作をよりスムーズ且つ定量的に制御することが可能となる。

図 3、図 4 に示した如き段差部 15、15a、15b を有した薄肉部 11 を製造する際には、均一厚の薄肉部の主面上に、金属膜を成膜することによって増厚領域 11b を形成するようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

次に、検出片 1 0 と基台 3 を構成する材料として、同一種の圧電結晶材料を選定した場合には、検出片の結晶軸と基台の結晶軸とを一致させた状態で、検出片に対して基台を重ね合わせることが好ましい。このように構成することにより、検出片と基台の熱膨張特性が一致し、熱歪みによる悪影響を無くする利点があるので、耐久性を高め、性能を安定させることができる。

次に、検出片 1 0 を構成する材料としては、水晶材料を使用することが好ましい。即ち、検出片 1 0 の材料として、従来使用されていたシリコンに代えて水晶を使用することにより、次のような優位性を得ることができる。即ち、水晶はシリコンに比べて物性的に安定した素材であり、経年変化が少なく、機械変形による再現性が高い（ヒステリシスが少ない）。また、水晶によれば、ダイヤフラムとしての薄肉部の肉厚を厳密に管理することが容易であり、個片毎に薄肉部の肉厚差のない均一板厚のダイヤフラムを得ることができる。即ち、薄肉部 1 1 を目標肉厚に加工するためには、まず水晶板に対するエッチングによって薄肉部 1 1 を形成した後で、薄肉部 1 1 に電極を付着させて通電して薄肉部の固有周波数を測定することにより目標周波数（目標肉厚）と比較する。目標周波数と一致しない場合には、目標周波数に達するまで微調エッチングを行う。その結果、個片毎に薄肉部の肉厚差のない均一板厚の薄肉部を得ることができる。

なお、水晶等の圧電材料の薄肉部 1 0 a の肉厚を微調整するためにその固有周波数を測定する技術は、例えば特開平 0 6 - 0 2 1 7 4 0 号公報に開示されているように、本出願人による超薄板圧電振動子の加工技術として周知であり、この技術をそのまま応用することができる。

使用する水晶材料としては、厚味すべりモードを有する材料、例えば A T カット水晶板が好ましい。

【 0 0 1 5 】

次に、上記各実施形態に示した如き薄肉部を備えた検出片を製造する場合には、ウェットエッチングによる方法が好ましい。ガスエッチング等のドライエッチング法によっても製造は可能であるが、生産性を考慮した場合にはウェットエッチングが有効である。この場合、ウェットエッチングによるエッチング速度に対して異方性を有する材料を使用することが好ましい。このような異方性を有する材料としては、水晶材料、特に A T カット水晶板を使用することが好ましい。即ち、水晶は、温度変化に対して安定した物質である一方で、ウェットエッチングによるエッチング速度に対して異方性を有しているため、図 1、図 2 に示した如き均一厚領域 1 1 a と増厚領域 1 1 b を備えた薄肉部 1 1 を容易に製造することができる。

特に、水晶板面の法線と、水晶結晶の Z 軸とのなす角度 が 0° である場合には、異方性に起因してエッチング面に傾斜面を形成し易いという利点があり、所望の傾斜面を得ることができる。

即ち、検出片 1 0 を水晶板から構成する場合には、検出片の主面に対する放線が水晶結晶軸 Z に対して 0° 以外の角度をなすように構成するのが好ましい。

更に、検出片を、A T カット水晶板等の厚味すべりモードを有する材料にて構成する場合には、異方性による利点に加えて、厚味を周波数換算してモニタリングすることが可能であるため、薄肉部を精度良く加工することができる。

また、エッチングにより肉厚が増加する増厚領域 1 1 b を形成する場合には、図 1 に示すように検出片の上面中央部のみをエッチングして凹陷部を形成し、下面をフラット形状に保つ。そして、フラットな下面を底板 2 の上面に対向させるように組み付けることが好ましい。このようにすることにより、気密空間 S のギャップが均一化するため、測定精度を高めることが可能となる。

なお、ガスエッチングによって、図 1、図 2、図 3 に示した如き構造の検出片を加工する場合には、エッチング面を覆うマスクの位置をずらすことにより、各部のエッチング時間を異ならせる作業を行う必要がある。

【 0 0 1 6 】

次に、図5(a)(b)は均一厚の薄肉部を有したシリコンから成る検出片を使用した従来のタッチモード式圧力センサと、ATカット水晶から成る検出片を使用した図1に示す本発明のタッチモード式圧力センサの圧力-容量特性を比較する図である。何れの圧力センサも、容量が80pFとなった時点で飽和する点では同じであるが、本発明の圧力センサは、飽和状態に達するまでの過程における圧力感度の直線性に優れると共に、より高圧側まで圧力を計測できるポテンシャルを備えている。従来例の圧力センサは測定圧力が5kg/cm²になった段階で飽和に近い状態に達しているのに対して、本発明の圧力センサは10kg/cm²に達するまで直線性を維持している。

従って、本発明では、同一の圧力センサを空気圧力の異なるタイヤに共用することができる。つまり、空気圧力の異なるタイヤごとに異なった圧力センサを製造し、適用する必要がなくなる。

10

本発明の圧力センサは、タイヤ等の閉空間内の気体の圧力変化を測定する以外にも、流体一般の圧力測定に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】(a)(b)及び(c)は本発明の一実施形態に係るタッチモード容量型圧力センサの構成を示す縦断面図。

【図2】(a)は本発明の圧力センサの他の実施形態を示す断面図、(b)はその変形実施形態の説明図。

【図3】(a)(b)は本発明の他の実施形態に係る圧力センサの断面図。

20

【図4】本発明の他の実施形態に係る圧力センサの断面図。

【図5】(a)(b)は従来のタッチモード式圧力センサと、本発明のタッチモード式圧力センサの圧力-容量特性を比較する図。

【図6】従来例の説明図。

【図7】(a)(b)はダイヤフラムの肉厚が均一なタイプのタッチモード式圧力センサの動作を説明する断面図。

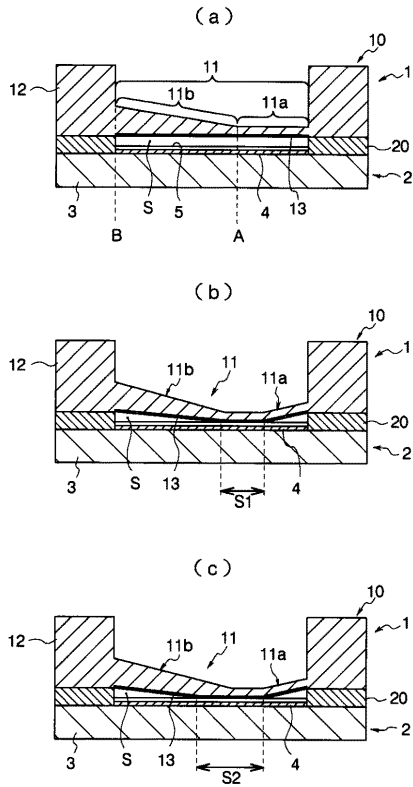
【符号の説明】

【0018】

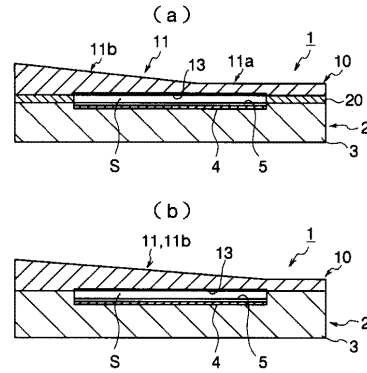
1 圧力センサ、2 底板、3 基台、4 下部電極膜、5 誘電体膜、10 検出片、11 薄肉部(ダイヤフラム)、11a 均一厚領域、11b 増厚領域、12 厚肉環状部、13 上部電極膜、15、15a、15b 段差部、S 気密空間、20 接合部材

30

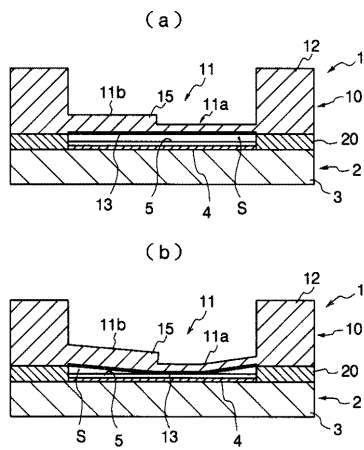
【図1】



【図2】



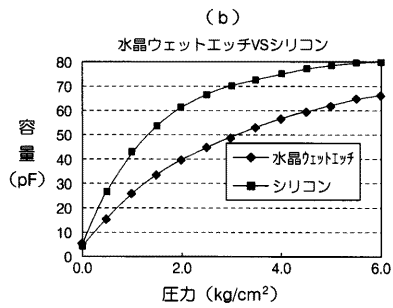
【図3】



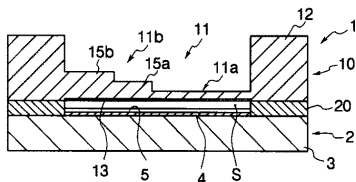
【図5】

(a)

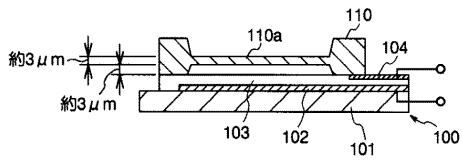
圧力 (kg/cm ²)	シリコン	水晶ウェットエッチ
0.0	5.08	3.5
0.5	15.15	26.5
1.0	25.8	42.6
1.5	33.5	52.95
2.0	39.5	61
2.5	44.5	66.06
3.0	48.9	70.2
3.5	53	72.5
4.0	56.3	74.8
4.5	59.5	77.1
5.0	61.6	78.25
5.5	64.2	79.4
6.0	66	79.4



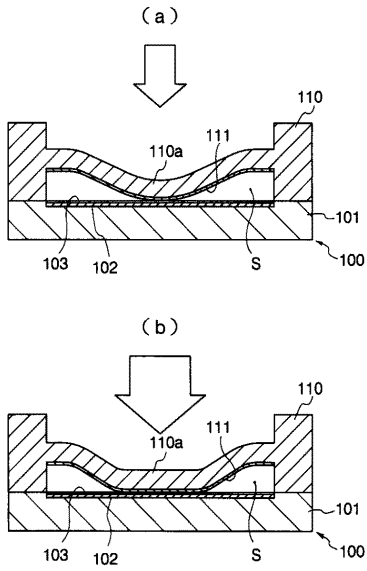
【図4】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特表平07 - 501142 (JP, A)
特開昭63 - 136675 (JP, A)
特開2002 - 195903 (JP, A)
特開2000 - 214007 (JP, A)
特開平09 - 082984 (JP, A)
特開2002 - 107254 (JP, A)
特開平02 - 256278 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 9/12
G01L 9/04
G01L 9/00