

(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2015-184100

(P2015-184100A)

(43) 公開日 平成27年10月22日 (2015. 10. 22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1L 9/00 (2006.01)	GO1L 9/00 303C	2F055
HO1L 29/84 (2006.01)	HO1L 29/84 B	4M112

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-59811 (P2014-59811)
 (22) 出願日 平成26年3月24日 (2014. 3. 24)

(71) 出願人 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 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (72) 発明者 竹内 正浩
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 Fターム(参考) 2F055 AA01 BB01 CC02 DD05 EE14
 FF11 FF38 FF43 GG13 GG16
 4M112 AA01 AA02 BA01 CA03 CA09
 DA04 DA10 DA14 EA03 EA04
 EA06 EA07 EA11 FA20

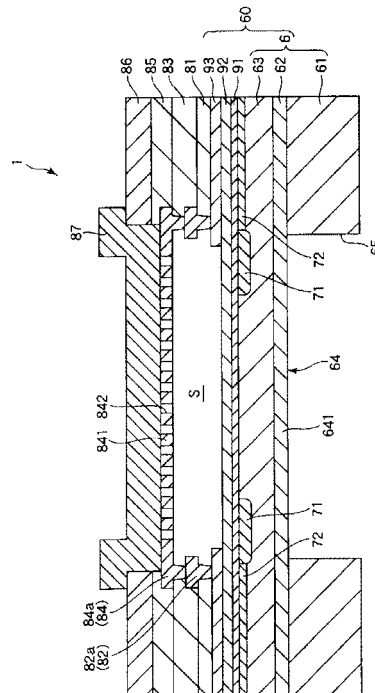
(54) 【発明の名称】 物理量センサー、物理量センサーの製造方法、圧力センサー、高度計、電子機器および移動体

(57) 【要約】

【課題】 ダイヤフラム部と歪抵抗素子との位置決め精度を高めるとともに、小型化を図ることができる物理量センサーおよびその製造方法を提供すること、また、この物理量センサーを備える圧力センサー、高度計、電子機器および移動体を提供すること。

【解決手段】 本発明の物理量センサー1は、受圧により撓み変形するダイヤフラム部64を有する基板60と、ダイヤフラム部64の一方の面側に配置されているピエゾ抵抗素子71と、ダイヤフラム部64のピエゾ抵抗素子71側に配置されていてダイヤフラム部64とともに圧力基準室である空洞部Sを構成している積層構造体8と、を備え、積層構造体8がCMOSプロセスを用いて形成されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

受圧により撓み変形するダイヤフラム部を有する基板と、
前記ダイヤフラム部に配置されていて、歪により信号を出力する素子と、
前記ダイヤフラム部とともに圧力基準室を構成している壁部と、
を備え、
前記壁部が、配線層を有することを特徴とする物理量センサー。

【請求項 2】

前記素子と前記圧力基準室との間に配置されている絶縁膜を備える請求項 1 に記載の物理量センサー。

【請求項 3】

前記絶縁膜は、シリコン窒化膜を含む請求項 2 に記載の物理量センサー。

【請求項 4】

前記絶縁膜は、前記シリコン窒化膜と前記歪検出素子との間に配置されているシリコン酸化膜を含む請求項 3 に記載の物理量センサー。

【請求項 5】

前記壁部は、前記ダイヤフラム部の厚さ方向から見た平面視において、前記素子と重なる部分が導電性材料を含んでいる請求項 2 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の物理量センサー。

【請求項 6】

前記素子と前記圧力基準室との間に配置されていて緩衝フッ酸に対する耐食性を有する耐食膜を備える請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の物理量センサー。

【請求項 7】

基板の一方の面側に、歪により信号を出力する素子を形成する工程と、
前記基板上で前記素子より上にシリコン酸化膜を形成する工程と、
前記シリコン酸化膜の前記基板とは反対側に、貫通孔を有する膜体を形成する工程と、
前記貫通孔を通じて前記シリコン酸化膜の一部をエッチングにより除去することにより、
圧力基準室を形成する工程と、
前記貫通孔を封止する工程と、

前記基板の前記圧力基準室とは反対側の面に凹部を形成することにより、前記素子が配置されているダイヤフラム部を形成する工程と、
を含むことを特徴とする物理量センサーの製造方法。

【請求項 8】

前記シリコン酸化膜を形成する工程よりも前に、前記基板上で前記素子より上にシリコン窒化膜を形成する工程を含む請求項 7 に記載の物理量センサーの製造方法。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の物理量センサーを有することを特徴とする圧力センサー。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の物理量センサーを有することを特徴とする高度計。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の物理量センサーを有することを特徴とする電子機器。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の物理量センサーを有することを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

10

20

30

40

50

本発明は、物理量センサー、物理量センサーの製造方法、圧力センサー、高度計、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

受圧により撓み変形するダイヤフラムを備えた圧力センサーが広く用いられている。このような圧力センサーとして、ダイヤフラム上にピエゾ抵抗素子が配置され、ダイヤフラムの撓みをセンサー素子で検出することにより、ダイヤフラムに加わった圧力を検出するものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

例えば、特許文献1に記載の圧力センサーは、互いに接合されたシリコンウエハーおよび基板を有し、その基板のシリコンウエハー側の面に凹部が形成されていることにより、シリコンウエハーと基板との間に空隙部（圧力基準室）が形成され、そして、シリコンウエハーが薄肉化されていることにより、シリコンウエハーの空隙部に対応する部分がダイヤフラムを構成している。また、ダイヤフラムの空隙部側の面には、歪受感素子（ピエゾ抵抗）が形成されている。

10

【0004】

しかし、特許文献1に記載の圧力センサーでは、その製造時において、シリコンウエハーに歪受感素子を形成した後に、そのシリコンウエハーを、凹部を有する基板に接合しなければならず、その接合時の位置ずれにより、ダイヤフラムと歪受感素子との位置決め精度が低くなってしまい、その結果、受圧感度にバラツキが生じるという問題があった。また、小型化が難しいという問題もあった。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2001-332746号公報

【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、ダイヤフラム部と歪抵抗素子との位置決め精度を高めるとともに、小型化を図ることができる物理量センサーおよびその製造方法を提供すること、また、この物理量センサーを備える圧力センサー、高度計、電子機器および移動体を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

[適用例1]

本発明の物理量センサーは、受圧により撓み変形するダイヤフラム部を有する基板と、前記ダイヤフラム部に配置されていて、歪により信号を出力する素子と、前記ダイヤフラム部とともに圧力基準室を構成している壁部と、を備え、

40

前記壁部が、配線層を有することを特徴とする。

【0008】

このような物理量センサーによれば、圧力基準室（壁部）がCMOSプロセスを用いて形成されているため、ダイヤフラム部と歪抵抗素子および圧力基準室との位置決め精度を高めるとともに、小型化を図ることができる。

【0009】

[適用例2]

本発明の物理量センサーでは、前記素子と前記圧力基準室との間に配置されている絶縁膜を備えることが好ましい。

【0010】

50

これにより、壁部のダイヤフラム部と対向する部分（天井部）が導電性を有して内側に撓んでダイヤフラム部と接触しても、歪抵抗素子やその配線の短絡を防止することができる。

【0011】

[適用例3]

本発明の物理量センサーでは、前記絶縁膜は、シリコン窒化膜を含むことが好ましい。

【0012】

シリコン窒化膜は、絶縁性を有するだけでなく、緩衝フッ酸等に対する耐性を有する。そのため、緩衝フッ酸等を用いてシリコン酸化膜をエッチングすることにより圧力基準室を形成する際、シリコン窒化膜をエッチングストップ層として利用することができる。

10

【0013】

[適用例4]

本発明の物理量センサーでは、前記絶縁膜は、前記シリコン窒化膜と前記歪検出素子との間に配置されているシリコン酸化膜を含むことが好ましい。

【0014】

シリコン酸化膜は、絶縁性を有する。また、シリコン窒化膜と歪検出素子との間にシリコン酸化膜を配置することにより、シリコン窒化膜と歪抵抗素子との間の応力を緩和することができる。

【0015】

[適用例5]

本発明の物理量センサーでは、前記壁部は、前記ダイヤフラム部の厚さ方向から見た平面視において、前記素子と重なる部分が導電性材料を含んでいることが好ましい。

20

【0016】

この場合、壁部のダイヤフラム部と対向する部分（天井部）が導電性を有することとなる。そのため、歪検出素子と圧力基準室との間に絶縁膜を配置することによる効果が好適に発揮される。

【0017】

[適用例6]

本発明の物理量センサーでは、前記素子と前記圧力基準室との間に配置されていて緩衝フッ酸に対する耐食性を有する耐食膜を備えることが好ましい。

30

【0018】

これにより、緩衝フッ酸等を用いてシリコン酸化膜をエッチングすることにより圧力基準室を形成する際、かかる耐食膜をエッチングストップ層として利用することができる。

【0019】

[適用例7]

本発明の物理量センサーの製造方法は、基板の一方の面側に、歪により信号を出力する素子を形成する工程と、

前記基板上で前記素子より上にシリコン酸化膜を形成する工程と、

前記シリコン酸化膜の前記基板とは反対側に、貫通孔を有する膜体を形成する工程と、

前記貫通孔を通じて前記シリコン酸化膜の一部をエッチングにより除去することにより、圧力基準室を形成する工程と、

40

前記貫通孔を封止する工程と、

前記基板の前記圧力基準室とは反対側の面に凹部を形成することにより、前記素子が配置されているダイヤフラム部を形成する工程と、

を含むことを特徴とする。

【0020】

このような物理量センサーの製造方法によれば、圧力基準室がCMOSプロセスを用いて形成されるため、ダイヤフラム部と歪抵抗素子および圧力基準室との位置決め精度を高めるとともに、得られる物理量センサーの小型化を図ることができる。

【0021】

50

[適用例 8]

本発明の物理量センサーの製造方法では、前記シリコン酸化膜を形成する工程よりも前に、前記基板上で前記素子より上にシリコン窒化膜を形成する工程を含むことが好ましい。

【 0 0 2 2 】

シリコン窒化膜は、絶縁性を有するだけでなく、シリコン酸化膜のエッチングに用いる緩衝フッ酸等に対する耐性を有する。そのため、シリコン酸化膜をエッチングする際、シリコン窒化膜をエッチングストップ層として利用することができる。

【 0 0 2 3 】

[適用例 9]

本発明の圧力センサーは、本発明の物理量センサーを有することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

これにより、ダイヤフラム部と歪抵抗素子との位置決め精度を高めるとともに、小型化を図ることができる物理量センサーを備える圧力センサーを提供することができる。

【 0 0 2 5 】

[適用例 10]

本発明の高度計は、本発明の物理量センサーを有することを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

これにより、ダイヤフラム部と歪抵抗素子との位置決め精度を高めるとともに、小型化を図ることができる物理量センサーを備える高度計を提供することができる。

【 0 0 2 7 】

[適用例 11]

本発明の電子機器は、本発明の物理量センサーを有することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

これにより、ダイヤフラム部と歪抵抗素子との位置決め精度を高めるとともに、小型化を図ることができる物理量センサーを備える電子機器を提供することができる。

【 0 0 2 9 】

[適用例 12]

本発明の移動体は、本発明の物理量センサーを有することを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

これにより、ダイヤフラム部と歪抵抗素子との位置決め精度を高めるとともに、小型化を図ることができる物理量センサーを備える移動体を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 本発明の実施形態に係る物理量センサーを示す断面図である。

【 図 2 】 図 1 に示す物理量センサーのピエゾ抵抗素子の配置を示す拡大平面図である。

【 図 3 】 図 1 に示す物理量センサーの作用を説明するための図であって、(a) は加圧状態を示す断面図、(b) は加圧状態を示す平面図である。

【 図 4 】 図 1 に示す物理量センサーの製造工程を示す図である。

【 図 5 】 図 1 に示す物理量センサーの製造工程を示す図である。

【 図 6 】 図 1 に示す物理量センサーの製造工程を示す図である。

【 図 7 】 本発明の圧力センサーの一例を示す断面図である。

【 図 8 】 本発明の高度計の一例を示す斜視図である。

【 図 9 】 本発明の電子機器の一例を示す正面図である。

【 図 10 】 本発明の移動体の一例を示す斜視図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 2 】

以下、本発明の物理量センサー、物理量センサーの製造方法、圧力センサー、高度計、電子機器および移動体を添付図面に示す各実施形態に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

< 第 1 実施形態 >

1. 物理量センサー

図 1 は、本発明の実施形態に係る物理量センサーを示す断面図、図 2 は、図 1 に示す物理量センサーのピエゾ抵抗素子の配置を示す拡大平面図である。また、図 3 は、図 1 に示す物理量センサーの作用を説明するための図であって、図 3 (a) は加圧状態を示す断面図、図 3 (b) は加圧状態を示す平面図である。なお、以下では、説明の便宜上、図 1 中の上側を「上」、下側を「下」という。

【 0 0 3 4 】

図 1 に示す物理量センサー 1 は、基板 6 と、基板 6 の上面上にシリコン酸化膜 9 1、シリコン窒化膜 9 2 およびポリシリコン膜 9 3 を介して設けられている積層構造体 8 と、を備えている。ここで、基板 6、シリコン酸化膜 9 1、シリコン窒化膜 9 2 およびポリシリコン膜 9 3 かならなる積層体である基板 6 0 は、ダイヤフラム部 6 4 を有しており、ダイヤフラム部 6 4 には、複数のピエゾ抵抗素子 7 1 (歪検出素子) が配置されている。また、積層構造体 8 は、ダイヤフラム部 6 4 に対応する部分が基板 6 0 に対して離間しており、これにより、かかる部分と基板 6 0 との間には、空洞部 S (圧力基準室) が形成されている。

10

【 0 0 3 5 】

以下、物理量センサー 1 を構成する各部を順次説明する。

- 基板 -

基板 6 は、単結晶シリコンで構成されているシリコン層 6 1 (ハンドル層) と、シリコン酸化膜で構成されている酸化シリコン層 6 2 (ボックス層) と、単結晶シリコンで構成されているシリコン層 6 3 (デバイス層) とがこの順で積層された S O I 基板である。なお、基板 6 は、S O I 基板に限定されず、例えば、単結晶シリコン基板等の他の半導体基板であってもよい。

20

【 0 0 3 6 】

また、基板 6 のシリコン層 6 3 の上面上には、シリコン酸化膜 9 1、シリコン窒化膜 9 2 およびポリシリコン膜 9 3 がこの順で積層されている。シリコン酸化膜 9 1 およびシリコン窒化膜 9 2 は、それぞれ、絶縁膜として機能する。また、シリコン窒化膜 9 2 は、後述する物理量センサー 1 の製造工程において空洞部 S を形成する際に用いるエッチングのストップ層としても機能する。また、シリコン酸化膜 9 1 は、シリコン層 6 3 とシリコン窒化膜 9 2 との間の応力を緩和する機能をも有する。

30

【 0 0 3 7 】

また、ポリシリコン膜 9 3 は、リン、ボロン等の不純物をドーブ (拡散または注入) したポリシリコン (多結晶シリコン) で構成されている。このポリシリコン膜 9 3 は、導電性を有する。そのため、例えば、空洞部 S の外側において基板 6 上に M O S トランジスタを形成する場合、ポリシリコン膜 9 3 の一部を M O S トランジスタのゲート電極として用いることができる。なお、本実施形態では、ポリシリコン膜 9 3 の一部が空洞部 S 内に露出しているが、ポリシリコン膜 9 3 全体が空洞部 S の外側に位置していてもよい。また、ポリシリコン膜 9 3 は、省略してもよい。

【 0 0 3 8 】

このような基板 6、シリコン酸化膜 9 1、シリコン窒化膜 9 2 およびポリシリコン膜 9 3 からなる基板 6 0 には、周囲の部分よりも薄肉であり、受圧によって撓み変形するダイヤフラム部 6 4 が設けられている。ダイヤフラム部 6 4 は、基板 6 の下面に有底の凹部 6 5 を設けることで形成されている。このようなダイヤフラム部 6 4 は、その下面が受圧面 6 4 1 となっている。本実施形態では、図 2 に示すように、ダイヤフラム部 6 4 は、正方形の平面視形状である。

40

【 0 0 3 9 】

本実施形態の基板 6 0 では、凹部 6 5 がシリコン層 6 1 を貫通しているとともに、凹部 6 5 に対応する領域においてポリシリコン膜 9 3 の一部が欠損しており、ダイヤフラム部 6 4 が酸化シリコン層 6 2、シリコン層 6 3、シリコン酸化膜 9 1 およびシリコン窒化膜

50

92の4層で構成されている。ここで、酸化シリコン層62は、後述するように、物理量センサー1の製造工程において凹部65をエッチングにより形成する際にエッチングストップ層として利用することができ、ダイヤフラム部64の厚さの製品ごとのバラツキを少なくすることができる。

【0040】

なお、凹部65がシリコン層61を貫通せず、ダイヤフラム部64がシリコン層61の薄肉部、酸化シリコン層62、シリコン層63、シリコン酸化膜91およびシリコン窒化膜92の5層で構成されていてもよい。

【0041】

- ピエゾ抵抗素子 -

複数のピエゾ抵抗素子71は、図1に示すように、それぞれ、ダイヤフラム部64の空洞部5側に形成されている。ここで、ピエゾ抵抗素子71は、基板6のシリコン層63に形成されている。

【0042】

図2に示すように、複数のピエゾ抵抗素子71は、ダイヤフラム部64の外周部に配置されている複数のピエゾ抵抗素子71a、71b、71c、71dで構成されている。

【0043】

平面視で四角形をなすダイヤフラム部64の4つの辺にそれぞれ対応して、ピエゾ抵抗素子71a、ピエゾ抵抗素子71b、ピエゾ抵抗素子71c、ピエゾ抵抗素子71dが配置されている。

【0044】

ピエゾ抵抗素子71aは、ダイヤフラム部64の対応する辺に対して垂直な方向に沿って延びている。そして、ピエゾ抵抗素子71aの両端部には、1対の配線72aが電氣的に接続されている。同様に、ピエゾ抵抗素子71bは、ダイヤフラム部64の対応する辺に対して垂直な方向に沿って延びている。そして、ピエゾ抵抗素子71bの両端部には、1対の配線72bが電氣的に接続されている。

【0045】

一方、ピエゾ抵抗素子71cは、ダイヤフラム部64の対応する辺に対して平行な方向に沿って延びている。そして、ピエゾ抵抗素子71cの両端部には、1対の配線72cが電氣的に接続されている。同様に、ピエゾ抵抗素子71dは、ダイヤフラム部64の対応する辺に対して平行な方向に沿って延びている。そして、ピエゾ抵抗素子71dの両端部には、1対の配線72dが電氣的に接続されている。

【0046】

なお、以下では、配線72a、72b、72c、72dをまとめて「配線72」ともいう。

【0047】

このようなピエゾ抵抗素子71および配線72は、それぞれ、例えば、リン、ボロン等の不純物をドーブ（拡散または注入）したシリコン（単結晶シリコン）で構成されている。ここで、配線72における不純物のドーブ濃度は、ピエゾ抵抗素子71における不純物のドーブ濃度よりも高い。なお、配線72は、金属で構成されていてもよい。

【0048】

また、複数のピエゾ抵抗素子71は、自然状態における抵抗値が互いに等しくなるように構成されている。

【0049】

以上説明したようなピエゾ抵抗素子71は、配線72等を介して、ブリッジ回路（ホイートストンブリッジ回路）を構成している。このブリッジ回路には、駆動電圧を供給する駆動回路（図示せず）が接続されている。そして、このブリッジ回路では、ピエゾ抵抗素子71の抵抗値に応じた信号（電圧）として出力される。

【0050】

- 積層構造体 -

10

20

30

40

50

積層構造体 8 は、前述した基板 6 0 との間に空洞部 S を画成するように形成されている。ここで、積層構造体 8 は、ダイヤフラム部 6 4 の piezo 抵抗素子 7 1 側に配置されていてダイヤフラム部 6 4 とともに空洞部 S (圧力基準室) を構成している「壁部」である。

【 0 0 5 1 】

この積層構造体 8 は、基板 6 0 上に平面視で piezo 抵抗素子 7 1 を取り囲むように形成された層間絶縁膜 8 1 と、層間絶縁膜 8 1 上に形成された配線層 8 2 と、配線層 8 2 および層間絶縁膜 8 1 上に形成された層間絶縁膜 8 3 と、層間絶縁膜 8 3 上に形成され、複数の細孔 (開孔) を備えた被覆層 8 4 1 を有する配線層 8 4 と、配線層 8 4 および層間絶縁膜 8 3 上に形成された絶縁膜 8 5 と、絶縁膜 8 5 上に設けられた表面保護膜 8 6 と、被覆層 8 4 1 上に設けられた封止層 8 7 とを有している。

10

層間絶縁膜 8 1、8 3 は、それぞれ、例えば、シリコン酸化膜で構成されている。

【 0 0 5 2 】

ここで、配線層 8 2 は、空洞部 S を囲むように形成されている配線層 8 2 a を含んでいる。また、配線層 8 4 は、空洞部 S を囲むように形成されている配線層 8 4 a を含んでいる。

【 0 0 5 3 】

このような積層構造体 8 は、CMOS プロセスのような半導体製造プロセスを用いて形成することができる。なお、シリコン層 6 3 上およびその上方には、半導体回路が作り込まれていてもよい。この半導体回路は、MOS トランジスタ等の能動素子、その他必要に応じて形成されたコンデンサ、インダクタ、抵抗、ダイオード、配線 (piezo 抵抗素子 7 1 に接続されている配線を含む) 等の回路要素を有している。

20

【 0 0 5 4 】

- 空洞部 -

基板 6 0 と積層構造体 8 とによって画成された空洞部 S は、密閉された空間である。この空洞部 S は、物理量センサー 1 が検出する圧力の基準値となる圧力基準室として機能する。本実施形態では、空洞部 S が真空状態 (3 0 0 P a 以下) となっている。空洞部 S を真空状態とすることによって、物理量センサー 1 を、真空状態を基準として圧力を検出する「絶対圧センサー」として用いることができ、その利便性が向上する。

【 0 0 5 5 】

ただし、空洞部 S は、真空状態でなくてもよく、大気圧であってもよいし、大気圧よりも気圧が低い減圧状態であってもよいし、大気圧よりも気圧が高い加圧状態であってもよい。また、空洞部 S には、窒素ガス、希ガス等の不活性ガスが封入されていてもよい。

30

以上、物理量センサー 1 の構成について簡単に説明した。

【 0 0 5 6 】

このような構成の物理量センサー 1 は、図 3 (a) に示すように、ダイヤフラム部 6 4 の受圧面 6 4 1 が受ける圧力に応じて、ダイヤフラム部 6 4 が変形し、これにより、図 3 (b) に示すように、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d が歪み、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d の抵抗値が変化する。それに伴って、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d が構成するブリッジ回路の出力が変化し、その出力に基づいて、受圧面 6 4 1 で受けた圧力の大きさを求めることができる。

40

【 0 0 5 7 】

より具体的に説明すると、前述したように、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d の抵抗値が互いに等しいため、前述したようなダイヤフラム部 6 4 の変形が生じる前の自然状態では、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b の抵抗値の積と piezo 抵抗素子 7 1 c、7 1 d の抵抗値の積とが等しく、ブリッジ回路の出力 (電位差) はゼロとなる。

【 0 0 5 8 】

一方、前述したようなダイヤフラム部 6 4 の変形が生じると、図 3 (b) に示すように、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b にその長手方向に沿った圧縮歪みおよび幅方向に沿った引張歪みが生じるとともに、piezo 抵抗素子 7 1 c、7 1 d その長手方向に沿った引張歪みおよびその幅方向に沿った圧縮歪みが生じる。したがって、前述したようなダイヤフラ

50

ム部 6 4 の変形が生じたとき、 piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b の抵抗値と piezo 抵抗素子 7 1 c、7 1 d の抵抗値とのうち、一方の抵抗値が増加し、他方の抵抗値が減少する。

【0059】

このような piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d の歪みにより、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b の抵抗値の積と piezo 抵抗素子 7 1 c、7 1 d の抵抗値の積との差が生じ、その差に応じた出力（電位差）がブリッジ回路から出力される。このブリッジ回路からの出力に基づいて、受圧面 6 4 1 で受けた圧力の大きさ（絶対圧）を求めることができる。

【0060】

ここで、前述したようなダイヤフラム部 6 4 の変形が生じたとき、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b の抵抗値と piezo 抵抗素子 7 1 c、7 1 d の抵抗値とのうち、一方の抵抗値が増加し、他方の抵抗値が減少するため、piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b の抵抗値の積と piezo 抵抗素子 7 1 c、7 1 d の抵抗値の積との差の変化を大きくすることができ、それに伴って、ブリッジ回路からの出力を大きくすることができる。その結果、圧力の検出感度を高めることができる。また、ブリッジ回路を構成する piezo 抵抗素子 7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d のすべて温度感度がほぼ同一であるため、外部の温度変化に対する特性変化を低減することもできる。

【0061】

以上のような物理量センサー 1 では、後に詳述するように、積層構造体 8（壁部）が CMOS プロセスを用いて形成されている。これにより、ダイヤフラム部 6 4 と piezo 抵抗素子 7 1 および空洞部 S との位置決め精度を高めるとともに、小型化を図ることができる。

【0062】

ここで、後述するように、積層構造体 8 の配線層 8 2、8 4 は、アルミニウム等の導電性材料で構成される。したがって、ダイヤフラム部 6 4 の厚さ方向から見た平面視において、積層構造体 8 の piezo 抵抗素子 7 1 に重なる部分（すなわち、被覆層 8 4 1 および封止層 8 7 を含む天井部）が導電性材料を含んでいる。そのため、積層構造体 8 のダイヤフラム部 6 4 と対向する部分（天井部）が導電性を有することとなる。

【0063】

そこで、piezo 抵抗素子 7 1 と空洞部 S との間に絶縁膜であるシリコン酸化膜 9 1 およびシリコン窒化膜 9 2 が配置されている。これにより、積層構造体 8 のダイヤフラム部 6 4 と対向する部分（すなわち、被覆層 8 4 1 および封止層 8 7 を含む天井部）が導電性を有して内側に撓んでダイヤフラム部 6 4 と接触しても、piezo 抵抗素子 7 1 やその配線 7 2 の短絡を防止することができる。

【0064】

シリコン窒化膜 9 2 は、絶縁性を有するだけでなく、緩衝フッ酸等に対する耐性を有する。そのため、緩衝フッ酸等を用いてシリコン酸化膜をエッチングすることにより空洞部 S を形成する際、シリコン窒化膜 9 2 をエッチングストップ層として利用することができる。

【0065】

また、シリコン酸化膜 9 1 は、絶縁性を有する。また、シリコン窒化膜 9 2 と piezo 抵抗素子 7 1 との間にシリコン酸化膜 9 1 を配置することにより、シリコン窒化膜 9 2 と piezo 抵抗素子 7 1 との間の応力を緩和することができる。

【0066】

ここで、シリコン酸化膜 9 1 で必要な絶縁性を確保し、シリコン窒化膜 9 2 でエッチング液に対する必要な耐性を確保すればよいため、シリコン窒化膜 9 2 の厚さは、シリコン酸化膜 9 1 の厚さよりも薄いことが好ましい。これにより、シリコン窒化膜 9 2 を薄くして、前述したようなシリコン窒化膜 9 2 に生じる応力を低減することができる。また、シリコン酸化膜 9 1 の厚さを厚くして、シリコン窒化膜 9 2 と piezo 抵抗素子 7 1 との間に生じる応力をシリコン酸化膜 9 1 で効果的に緩和することができる。また、シリコン窒化

10

20

30

40

50

膜 9 2 が極端に薄くなって絶縁性が低下したとしても、シリコン酸化膜 9 1 の厚さを厚くすることにより、必要な絶縁性を確保することができる。また、シリコン窒化膜 9 2 が極端に薄くなって絶縁性が低下したとしても、シリコン窒化膜 9 2 が前述したようなエッチング液に対する必要な耐性を確保できる。

【 0 0 6 7 】

また、シリコン酸化膜 9 1 の具体的な厚さは、特に限定されないが、 $0.01\ \mu\text{m}$ 以上 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下程度とされる。また、シリコン窒化膜 9 2 の具体的な厚さは、特に限定されないが、 $0.01\ \mu\text{m}$ 以上 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下程度とされる。

【 0 0 6 8 】

(物理量センサーの製造方法)

次に、物理量センサー 1 の製造方法を簡単に説明する。

【 0 0 6 9 】

図 4 ~ 図 6 は、図 1 に示す物理量センサーの製造工程を示す図である。以下、これらの図に基づいて説明する。

【 0 0 7 0 】

[歪検出素子形成工程]

まず、図 4 (a) に示すように、SOI 基板である基板 6 X を用意する。この基板 6 X は、単結晶シリコンで構成されているシリコン層 6 1 X (ハンドル層) と、シリコン酸化膜で構成されている酸化シリコン層 6 2 (ボックス層) と、単結晶シリコンで構成されているシリコン層 6 3 X とがこの順で積層されてなる。ここで、シリコン層 6 1 X は、後の工程において、必要に応じて研磨等により薄肉化された後に、凹部 6 5 が形成されてシリコン層 6 1 となる。

【 0 0 7 1 】

次に、シリコン層 6 3 X にリン (n 型) またはボロン (p 型) 等の不純物をドーブ (イオン注入) することにより、図 4 (b) に示すように、 piezo 抵抗素子 7 1 を形成する。これにより、 piezo 抵抗素子 7 1 が形成されたシリコン層 6 3 X 1 を得る。

【 0 0 7 2 】

例えば、ボロンを $+80\ \text{keV}$ でイオン注入を行う場合、 piezo 抵抗素子 7 1 へのイオン注入濃度を $1 \times 10^{14}\ \text{atoms/cm}^2$ 程度とする。また、そのイオン注入の後、例えば、1000 程度で 20 分程度のアニールを行う。

【 0 0 7 3 】

次に、シリコン層 6 3 X 1 にリンまたはボロン等の不純物をドーブ (イオン注入) することにより、図 4 (c) に示すように、配線 7 2 を形成する。これにより、 piezo 抵抗素子 7 1 および配線 7 2 が形成されたシリコン層 6 3 を得る。

【 0 0 7 4 】

このイオン注入では、配線 7 2 への不純物のドーブ量が piezo 抵抗素子 7 1 よりも多くなるようにイオン注入条件等を調整する。例えば、ボロンを $10\ \text{keV}$ でイオン注入を行う場合、配線 7 2 へのイオン注入濃度を $5 \times 10^{15}\ \text{atoms/cm}^2$ 程度とする。また、そのイオン注入の後、例えば、1000 程度で 20 分程度のアニールを行う。

【 0 0 7 5 】

[絶縁膜等形成工程]

次に、図 4 (d) に示すように、シリコン層 6 3 上にシリコン酸化膜 9 1 を形成する。シリコン酸化膜 9 1 の形成は、例えば、スパッタリング法、CVD 法等により行うことができる。

【 0 0 7 6 】

次に、図 4 (e) に示すように、シリコン酸化膜 9 1 上にシリコン窒化膜 9 2 を形成する。シリコン窒化膜 9 2 の形成は、例えば、スパッタリング法、CVD 法等により行うことができる。

【 0 0 7 7 】

次に、図 5 (a) に示すように、シリコン窒化膜 9 2 上にポリシリコン膜 9 3 X を形成

10

20

30

40

50

する。

【0078】

このポリシリコン膜93Xは、例えば、多結晶シリコンをスパッタリング法、CVD法等により成膜した後、その膜にリン、ボロン等の不純物をドーブ（イオン注入）することにより形成される。

【0079】

ここで、ポリシリコン膜93Xの厚さは、特に限定されないが、例えば、200nm以上400nm以下程度とされる。

【0080】

次に、ポリシリコン膜93Xをエッチングによりパターンニングして、図5(b)に示すように、ポリシリコン膜93を得る。このとき、必要に応じて、MOSトランジスタのゲート電極を形成することができる。

10

【0081】

[層間絶縁膜・配線層形成工程]

次に、図5(c)に示すように、シリコン窒化膜92上およびポリシリコン膜93上に、層間絶縁膜81X、83X、配線層82、84、絶縁膜85および表面保護膜86を形成する。

【0082】

層間絶縁膜81X、83Xの形成は、シリコン酸化膜をスパッタリング法、CVD法等により形成し、そのシリコン酸化膜をエッチングによりパターンニングすることにより行う。

20

【0083】

ここで、層間絶縁膜81X、83Xのそれぞれの厚さは、特に限定されないが、例えば、1500nm以上5000nm以下程度とされる。

【0084】

また、配線層82、84の形成は、層間絶縁膜81X、83X上に、例えばアルミニウムよりなる層をスパッタリング法、CVD法等により形成した後、パターンニング処理することにより行う。

【0085】

ここで、配線層82、84のそれぞれの厚さは、特に限定されないが、例えば、300nm以上900nm以下程度とされる。

30

【0086】

このような層間絶縁膜81X、83Xと配線層82、84との積層構造は、通常のCMOSプロセスにより形成され、その積層数は、必要に応じて適宜に設定される。すなわち、必要に応じてさらに多くの配線層が層間絶縁膜を介して積層される場合もある。

【0087】

このような層間絶縁膜81X、83Xおよび配線層82、84の形成後、スパッタリング法、CVD法等により絶縁膜85および表面保護膜86をこの順で形成する。絶縁膜85および表面保護膜86の構成材料としては、それぞれ、例えば、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、ポリイミド膜、エポキシ樹脂膜など、素子を水分、ゴミ、傷などから保護するための耐性を有するが挙げられる。例えば、絶縁膜85をシリコン酸化膜で構成し、表面保護膜86をシリコン窒化膜で構成する。

40

【0088】

ここで、絶縁膜85および表面保護膜86の厚さは、それぞれ、特に限定されないが、例えば、500nm以上2000nm以下程度とされる。

【0089】

[空洞部形成工程]

次に、層間絶縁膜81X、83Xの一部を除去することにより、図5(d)に示すように、空洞部Sを形成する。これにより、層間絶縁膜81、83が形成される。

【0090】

50

空洞部 S の形成は、被覆層 8 4 1 に形成された複数の細孔 8 4 2 を通じたエッチングにより、層間絶縁膜 8 3 X、8 5 X の一部を除去することにより行う。ここで、かかるエッチングとしてウェットエッチングを用いる場合、複数の細孔 8 4 2 からフッ酸、緩衝フッ酸等のエッチング液を供給し、ドライエッチングを用いる場合、複数の細孔 8 4 2 からフッ化水素酸ガス等のエッチングガスを供給する。このようなエッチングの際、シリコン窒化膜 9 2 がエッチングストップ層として機能する。また、シリコン窒化膜 9 2 は、エッチング液に対する耐性を有することから、シリコン窒化膜 9 2 に対して下側の構成部（例えば、シリコン酸化膜 9 1、ピエゾ抵抗素子 7 1、配線 7 2 等）をエッチング液から保護する機能をも有する。

【 0 0 9 1 】

10

[封止工程]

次に、図 6 (a) に示すように、被覆層 8 4 1 上に、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、A l、C u、W、T i、T i N 等の金属膜等からなる封止層 8 7 をスパッタリング法、C V D 法等により形成し、各細孔 8 4 2 を封止する。これより、空洞部 S が封止層 8 7 により封止され、積層構造体 8 を得る。

【 0 0 9 2 】

ここで、封止層 8 7 の厚さは、特に限定されないが、例えば、1 0 0 0 n m 以上 5 0 0 0 n m 以下程度とされる。

【 0 0 9 3 】

[ダイヤフラム形成工程]

20

次に、シリコン層 6 1 X の下面を必要に応じて研削した後、シリコン層 6 1 X の下面の一部をエッチングにより除去することにより、図 6 (b) に示すように、凹部 6 5 を形成する。これにより、周囲よりも薄肉なダイヤフラム部 6 4 が形成される。

【 0 0 9 4 】

ここで、シリコン層 6 1 X の下面の一部を除去する際、酸化シリコン層 6 2 がエッチングストップ層として機能する。これにより、ダイヤフラム部 6 4 の厚さを高精度に規定することができる。

【 0 0 9 5 】

なお、シリコン層 6 1 X の下面の一部を除去する方法としては、ドライエッチングであっても、ウェットエッチング等であってもよい。

30

以上のような工程により、物理量センサー 1 を製造することができる。

【 0 0 9 6 】

以上説明したような物理量センサー 1 の製造方法は、基板 6 X 1 の一方の面側にピエゾ抵抗素子 7 1 を形成する工程（図 4 (b) 参照）と、基板 6 X 2 に対してピエゾ抵抗素子 7 1 側に、ピエゾ抵抗素子 7 1 を覆う層間絶縁膜 8 1 X、8 3 X（シリコン酸化膜）を形成する工程（図 5 (c) 参照）と、層間絶縁膜 8 1 X、8 3 X の基板 6 X 2 とは反対側に、細孔 8 4 2（貫通孔）を有する被覆層 8 4 1（膜体）を形成する工程（図 5 (c) 参照）と、細孔 8 4 2 を通じて層間絶縁膜 8 1 X、8 3 X の一部をエッチングにより除去することにより、空洞部 S を形成する工程（図 5 (d) 参照）と、細孔 8 4 2 を封止する工程（図 6 (a) 参照）と、基板 6 の空洞部 S とは反対側の面に凹部 6 5 を形成することにより、ピエゾ抵抗素子 7 1 が配置されているダイヤフラム部 6 4 を形成する工程（図 6 (b) 参照）と、を有する。

40

【 0 0 9 7 】

このような物理量センサー 1 の製造方法によれば、空洞部 S（積層構造体 8）が C M O S プロセスを用いて形成されるため、ダイヤフラム部 6 4 とピエゾ抵抗素子 7 1 および空洞部 S との位置決め精度を高めるとともに、得られる物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。

【 0 0 9 8 】

また、前述した物理量センサー 1 の製造方法は、層間絶縁膜 8 1 X、8 3 X を形成する前に、ピエゾ抵抗素子 7 1 を覆うシリコン窒化膜 9 2 を形成する工程を有する。シリコン

50

窒化膜 92 は、絶縁性を有するだけでなく、層間絶縁膜 81X、83X のエッチングに用いる緩衝フッ酸等に対する耐性を有する。そのため、層間絶縁膜 81X、83X をエッチングする際、シリコン窒化膜 92 をエッチングストップ層として利用することができる。

【0099】

2. 圧力センサー

次に、本発明の物理量センサーを備える圧力センサー（本発明の圧力センサー）について説明する。図7は、本発明の圧力センサーの一例を示す断面図である。

【0100】

図7に示すように、本発明の圧力センサー100は、物理量センサー1と、物理量センサー1を収納する筐体101と、物理量センサー1から得た信号を圧力データに演算する演算部102とを備えている。物理量センサー1は、配線103を介して演算部102と電気的に接続されている。

10

【0101】

物理量センサー1は、筐体101の内側に、図示しない固定手段により固定されている。また、筐体101には、物理量センサー1のダイヤフラム部64が、例えば大気（筐体101の外側）と連通するための貫通孔104を有している。

【0102】

このような圧力センサー100によれば、貫通孔104を介してダイヤフラム部64が圧力を受ける。この受圧した信号を配線103を介して演算部に送信し、圧力データに演算する。この演算された圧力データは、図示しない表示部（例えば、パーソナルコンピュータのモニター等）を介して表示することができる。

20

【0103】

3. 高度計

次に、本発明の物理量センサーを備える高度計（本発明の高度計）の一例について説明する。図8は、本発明の高度計の一例を示す斜視図である。

【0104】

高度計200は、腕時計のように、手首に装着することができる。また、高度計200の内部には、物理量センサー1（圧力センサー100）が搭載されており、表示部201に現在地の海拔からの高度、または、現在地の気圧等を表示することができる。

【0105】

なお、この表示部201には、現在時刻、使用者の心拍数、天候等、様々な情報を表示することができる。

30

【0106】

4. 電子機器

次に、本発明の物理量センサーを備える電子機器を適用したナビゲーションシステムについて説明する。図9は、本発明の電子機器の一例を示す正面図である。

【0107】

ナビゲーションシステム300には、図示しない地図情報と、GPS（全地球測位システム：Global Positioning System）からの位置情報取得手段と、ジャイロセンサーおよび加速度センサーと車速データとによる自立航法手段と、物理量センサー1と、所定の位置情報または進路情報を表示する表示部301とを備えている。

40

【0108】

このナビゲーションシステムによれば、取得した位置情報に加えて高度情報を取得することができる。高度情報を得ることにより、例えば、一般道路と位置情報上は略同一の位置を示す高架道路を走行する場合、高度情報を持たない場合には、一般道路を走行しているのか高架道路を走行しているのかナビゲーションシステムでは判断できず、優先情報として一般道路の情報を使用者に提供してしまっていた。そこで、本実施形態に係るナビゲーションシステム300では、高度情報を物理量センサー1によって取得することができ、一般道路から高架道路へ進入することによる高度変化を検出し、高架道路の走行状態に

50

おけるナビゲーション情報を使用者に提供することができる。

【0109】

なお、表示部301は、例えば液晶パネルディスプレイや、有機EL (Organic Electro-Luminescence) ディスプレイなど、小型かつ薄型化が可能な構成となっている。

【0110】

なお、本発明の物理量センサーを備える電子機器は、上記のものに限定されず、例えば、パーソナルコンピューター、携帯電話、医療機器 (例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡)、各種測定機器、計器類 (例えば、車両、航空機、船舶の計器類)、フライトシュミレーター等に適用することができる。

【0111】

5. 移動体

次いで、本発明の物理量センサーを適用した移動体 (本発明の移動体) について説明する。図10は、本発明の移動体の一例を示す斜視図である。

【0112】

図10に示すように、移動体400は、車体401と、4つの車輪402とを有しており、車体401に設けられた図示しない動力源 (エンジン) によって車輪402を回転させるように構成されている。このような移動体400には、ナビゲーションシステム300 (物理量センサー1) が内蔵されている。

【0113】

以上、本発明の物理量センサー、物理量センサーの製造方法、圧力センサー、高度計、電子機器および移動体を図示の各実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、他の任意の構成物や、工程が付加されていてもよい。

【0114】

また、前述した実施形態では、1つのダイヤフラム部に設けられるピエゾ抵抗素子の数は、前述した実施形態に限定されず、例えば、1つ以上3つ以下、または、5つ以上であってもよい。また、ピエゾ抵抗素子の配置や形状等も前述した実施形態に限定されず、例えば、前述した実施形態において、ダイヤフラム部の内側にもピエゾ抵抗素子を配置してもよい。

【0115】

また、前述した実施形態では、シリコン酸化膜の一部をエッチングにより除去して圧力基準室を形成する際に、シリコン窒化膜をエッチングストップ層として利用する場合を例に説明したが、シリコン窒化膜に代えて、ドーブされていないポリシリコン膜やアモルファスシリコン膜を設け、ポリシリコン膜やアモルファスシリコン膜をエッチングストップ層として用いてもよい。この場合、ポリシリコン膜やアモルファスシリコン膜と歪検出素子との間には、シリコン酸化膜等の絶縁膜が設けられていることが好ましい。

【符号の説明】

【0116】

1 物理量センサー

6 基板

6 X 基板

6 X 1 基板

6 X 2 基板

8 積層構造体

6 0 基板

6 1 シリコン層

6 1 X シリコン層

6 2 酸化シリコン層

6 3 シリコン層

6 3 X シリコン層

10

20

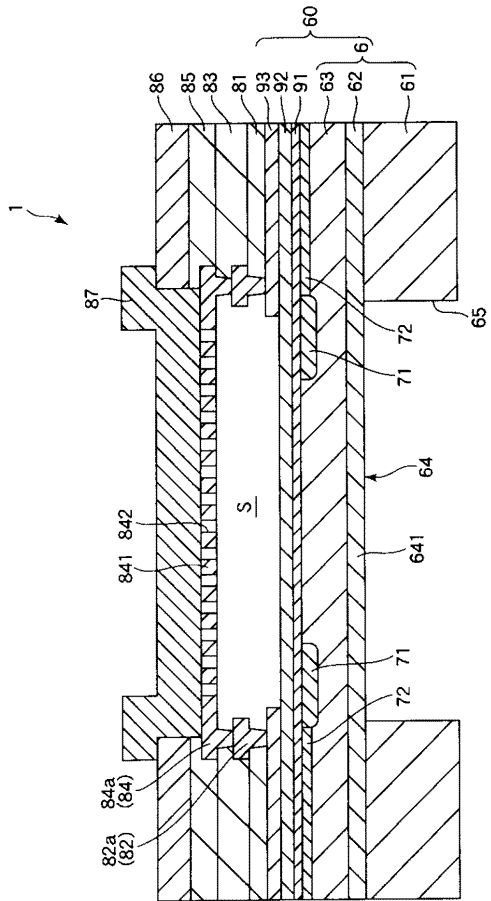
30

40

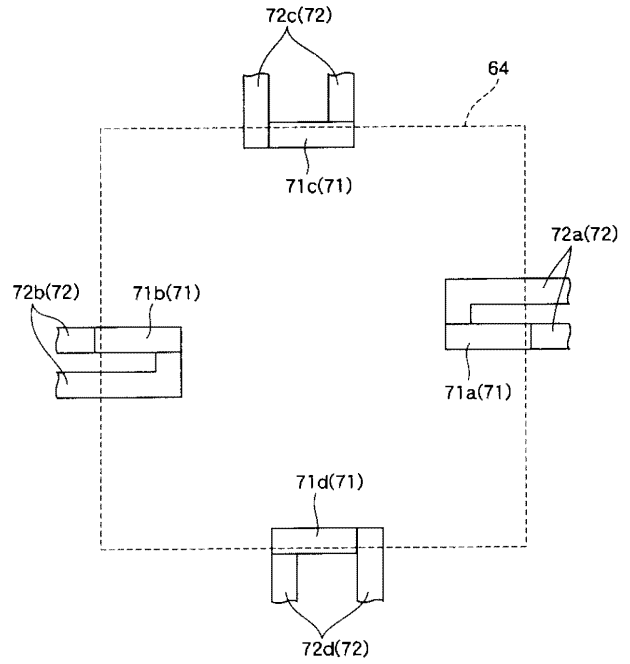
50

6 3 X 1	シリコン層	
6 4	ダイヤフラム部	
6 5	凹部	
7 1	ピエゾ抵抗素子	
7 1 a	ピエゾ抵抗素子	
7 1 b	ピエゾ抵抗素子	
7 1 c	ピエゾ抵抗素子	
7 1 d	ピエゾ抵抗素子	
7 2	配線	
7 2 a	配線	10
7 2 b	配線	
7 2 c	配線	
7 2 d	配線	
8 1	層間絶縁膜	
8 1 X	層間絶縁膜	
8 2	配線層	
8 2 a	配線層	
8 3	層間絶縁膜	
8 3 X	層間絶縁膜	
8 4	配線層	20
8 4 a	配線層	
8 5	絶縁膜	
8 6	表面保護膜	
8 7	封止層	
9 1	シリコン酸化膜	
9 2	シリコン窒化膜	
9 2	シリコン窒化膜	
9 3	ポリシリコン膜	
9 3 X	ポリシリコン膜	
1 0 0	圧力センサー	30
1 0 1	筐体	
1 0 2	演算部	
1 0 3	配線	
1 0 4	貫通孔	
2 0 0	高度計	
2 0 1	表示部	
3 0 0	ナビゲーションシステム	
3 0 1	表示部	
4 0 0	移動体	
4 0 1	車体	40
4 0 2	車輪	
6 4 1	受圧面	
8 4 1	被覆層	
8 4 2	細孔	
S	空洞部	

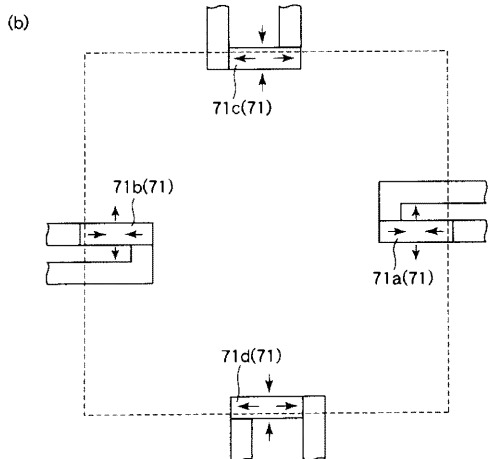
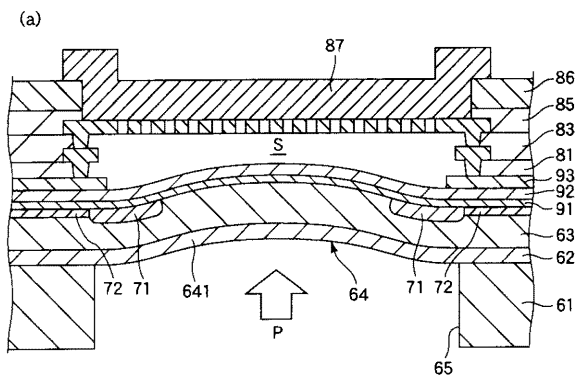
【 図 1 】



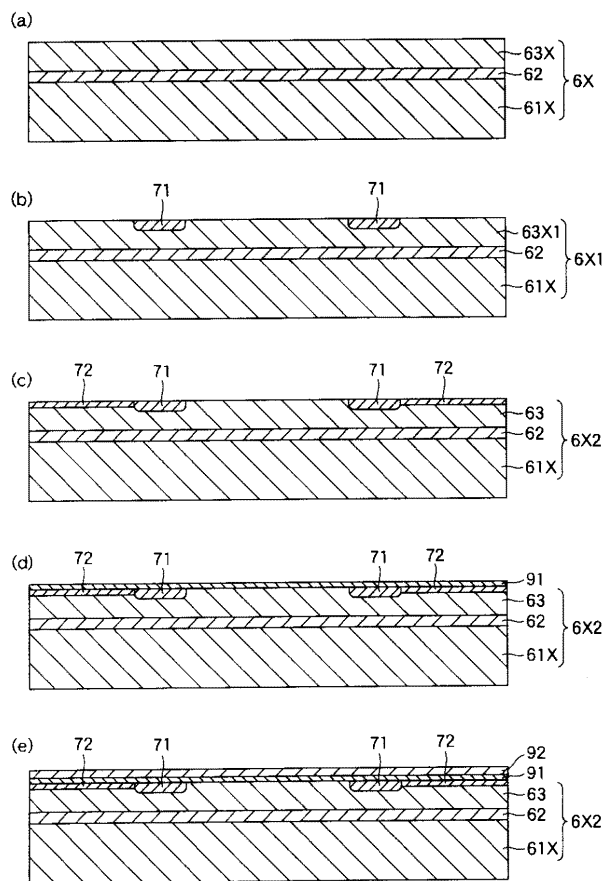
【 図 2 】



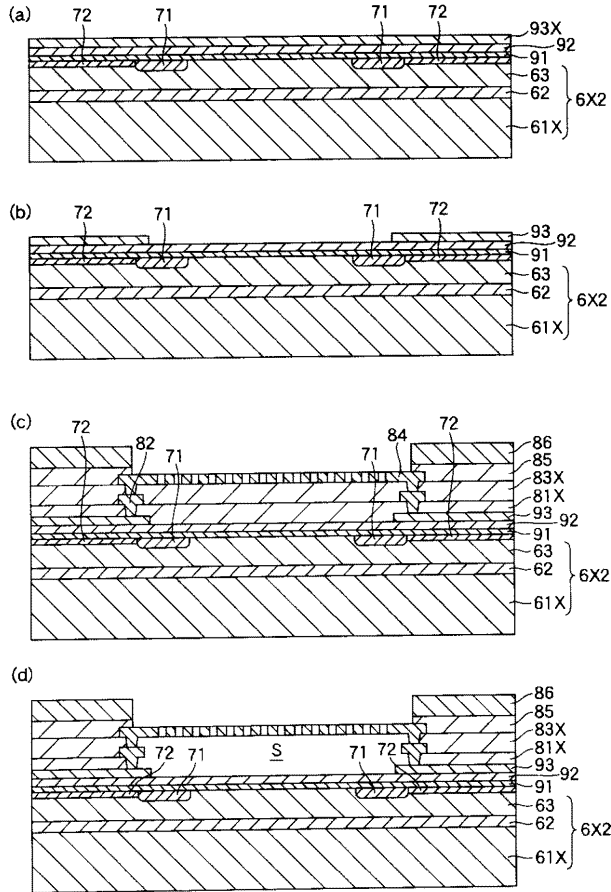
【 図 3 】



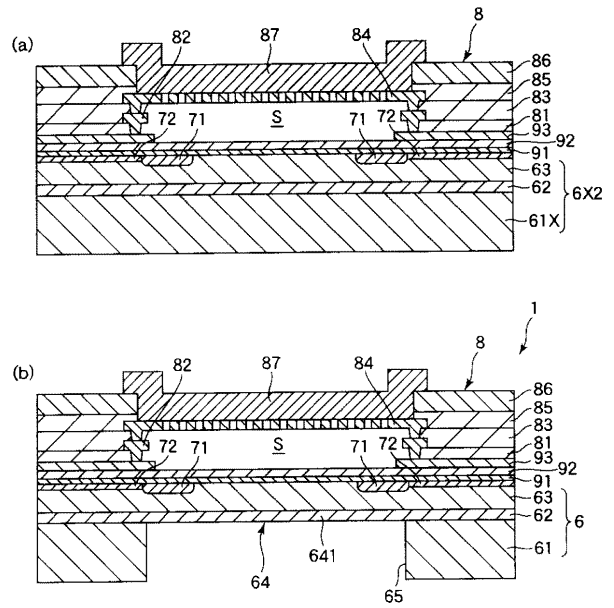
【 図 4 】



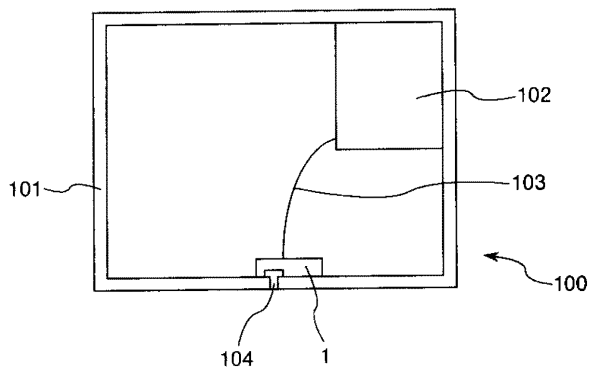
【図5】



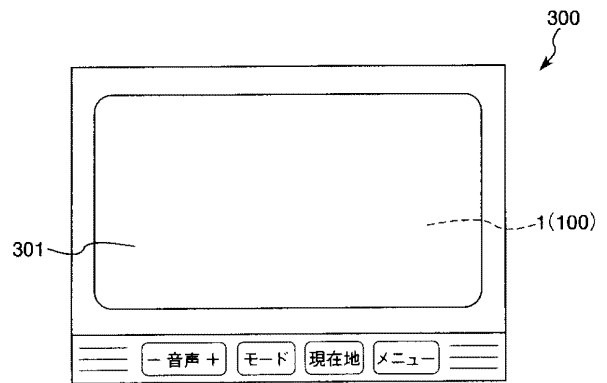
【図6】



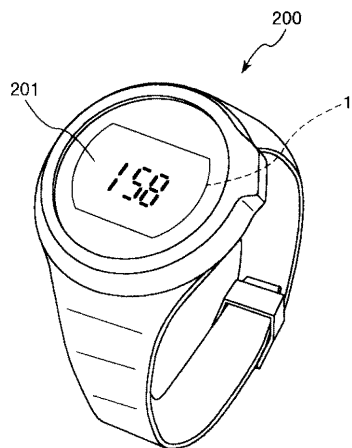
【図7】



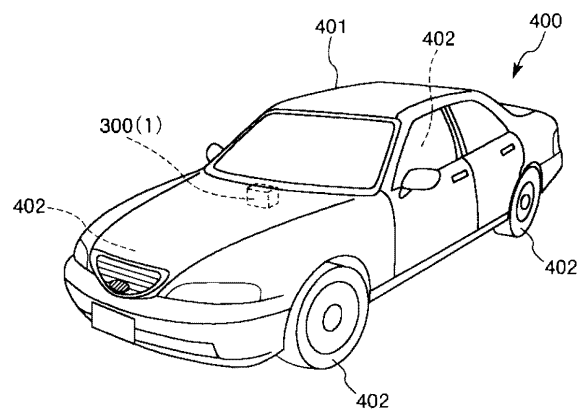
【図9】



【図8】



【図10】



【手続補正書】

【提出日】平成27年4月2日(2015.4.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0090

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0090】

空洞部Sの形成は、被覆層841に形成された複数の細孔842を通じたエッチングにより、層間絶縁膜81X、83Xの一部を除去することにより行う。ここで、かかるエッチングとしてウェットエッチングを用いる場合、複数の細孔842からフッ酸、緩衝フッ酸等のエッチング液を供給し、ドライエッチングを用いる場合、複数の細孔842からフッ化水素酸ガス等のエッチングガスを供給する。このようなエッチングの際、シリコン窒化膜92がエッチングストップ層として機能する。また、シリコン窒化膜92は、エッチング液に対する耐性を有することから、シリコン窒化膜92に対して下側の構成部(例えば、シリコン酸化膜91、ピエゾ抵抗素子71、配線72等)をエッチング液から保護する機能をも有する。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0108

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0108】

このナビゲーションシステムによれば、取得した位置情報に加えて高度情報を取得することができる。例えば、一般道路と位置情報上は略同一の位置を示す高架道路を走行する場合、高度情報を持たない場合には、一般道路を走行しているのか高架道路を走行しているのかナビゲーションシステムでは判断できず、優先情報として一般道路の情報を使用者に提供してしまっていた。そこで、本実施形態に係るナビゲーションシステム300では、高度情報を物理量センサー1によって取得することができ、一般道路から高架道路へ進入することによる高度変化を検出し、高架道路の走行状態におけるナビゲーション情報を使用者に提供することができる。