

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6318760号
(P6318760)

(45) 発行日 平成30年5月9日 (2018.5.9)

(24) 登録日 平成30年4月13日 (2018.4.13)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 L 9/00 (2006.01)

GO 1 L 9/00 3 O 3 E

HO 1 L 29/84 (2006.01)

HO 1 L 29/84 B

HO 1 L 29/84 A

請求項の数 11 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-62778 (P2014-62778)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成26年3月25日 (2014.3.25)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-184222 (P2015-184222A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年10月22日 (2015.10.22)	(74) 代理人	100091292
審査請求日	平成29年3月23日 (2017.3.23)		弁理士 増田 達哉
		(74) 代理人	100091627
			弁理士 朝比 一夫
		(72) 発明者	竹内 淳一
			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
		(72) 発明者	衣川 拓也
			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
		審査官	公文代 康祐
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量センサー、高度計、電子機器および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撓み変形可能なダイヤフラムと、
前記ダイヤフラムに設けられた撓み量素子と、
前記撓み量素子を用いたホイートストンブリッジ回路と、を備え、
前記撓み量素子は、前記ダイヤフラムの中心寄りに設けられた中心側素子と、前記中心側素子よりも前記ダイヤフラムの縁部寄りに設けられた縁部側素子と、を有し、
前記ダイヤフラムは、平面視で四角形状であり、2つの対角線で分割される第1領域、第2領域、第3領域および第4領域のそれぞれに、前記中心側素子および前記縁部側素子が、少なくとも1つずつ設けられ、
前記2つの対角線の交点に対して前記第1領域と前記第2領域、前記第3領域と前記第4領域がそれぞれ対向し、
前記第1領域に設けられた前記中心側素子および前記縁部側素子が直列に接続されて、前記ホイートストンブリッジ回路の第1辺を構成し、
前記第2領域に設けられた前記中心側素子および前記縁部側素子が直列に接続されて、前記ホイートストンブリッジ回路の前記第1辺と相対する第2辺を構成し、
前記第3領域に設けられた前記中心側素子および前記縁部側素子が直列に接続されて、前記ホイートストンブリッジ回路の第3辺を構成し、
前記第4領域に設けられた前記中心側素子および前記縁部側素子が直列に接続されて、前記ホイートストンブリッジ回路の前記第3辺と相対する第4辺を構成していることを特

徴とする物理量センサー。

【請求項 2】

前記中心側素子および前記縁部側素子は、前記ダイヤフラムの中心から縁部に向かって並んで設けられている請求項 1 に記載の物理量センサー。

【請求項 3】

前記ダイヤフラムの撓み変形量が変化したときに、

前記中心側素子と前記縁部側素子とが検出する応力の大きさは、互いに反対方向に変化する請求項 2 に記載の物理量センサー。

【請求項 4】

前記ダイヤフラムの中心から前記ダイヤフラムの外縁までの距離を L としたとき、

前記中心側素子は、前記ダイヤフラムの中心から $2L/3$ 以下の範囲内に位置している請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の物理量センサー。

【請求項 5】

前記ダイヤフラムの中心から前記ダイヤフラムの外縁までの距離を L としたとき、

前記中心側素子は、前記ダイヤフラムの中心から $L/4$ 以上 $L/2$ 以下の範囲内に位置している請求項 1 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】

前記中心側素子および前記縁部側素子は、平面視にて長手形状であり、

前記中心側素子の長手方向と、前記縁部側素子の長手方向とが交差している請求項 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】

前記中心側素子および前記縁部側素子は、平面視にて長手形状であり、

前記中心側素子の長手方向の長さは、前記縁部側素子の長手方向の長さよりも短い請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の物理量センサー。

【請求項 8】

圧力を検知する圧力センサーである請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の物理量センサー。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 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 10】

請求項 1 ないし 8 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 11】

請求項 1 ないし 8 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】

本発明は、物理量センサー、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】

近年、物理量センサーとして、例えばピエゾ抵抗素子、振動子等のセンサー素子を備えたセンサーが、小型、軽量、高感度であることから工業計測、医療などの分野で広く応用されている。

【0003】

このような物理量センサーとして、特許文献 1 には、受圧により撓み変形するダイヤフラムと、このダイヤフラム上に設けられた例えばピエゾ抵抗素子とを備えた圧力センサーが記載されている。このような圧力センサーでは、ダイヤフラムの撓みによって生じたピエゾ抵抗素子の抵抗値の変化量に基づき、ダイヤフラムに加わった圧力を検出することが

10

20

30

40

50

できる。

【 0 0 0 4 】

このような特許文献 1 には、ダイヤフラムが撓み変形したときに応力が集中しやすいダイヤフラムの縁部側に、圧電抵抗素子を配置することで、物理量センサーの検出感度を向上させることが記載されている。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、このような圧電抵抗素子の配置で、ダイヤフラムの変形に基づく圧電抵抗素子の抵抗値の変化量を十分に大きくすることができず、十分に高い検出感度を有する物理量センサーを得ることができなかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 3 0 9 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、検出感度が高い物理量センサーを提供すること、また、この物理量センサーを備える高度計、電子機器および移動体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明は、上述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、以下の適用例として実現することが可能である。

【 0 0 0 9 】

[適用例 1]

本適用例の物理量センサーは、撓み変形可能なダイヤフラムと、

前記ダイヤフラムに設けられた撓み量素子と、

前記撓み量素子を用いたホイートストンブリッジ回路と、を備え、

前記撓み量素子は、前記ダイヤフラムの中心寄りに設けられた中心側素子と、前記中心側素子よりも前記ダイヤフラムの縁部寄りに設けられた縁部側素子と、を有し、

前記ダイヤフラムは、平面視で四角形状であり、2つの対角線で分割される第 1 領域、第 2 領域、第 3 領域および第 4 領域のそれぞれに、前記中心側素子および前記縁部側素子が、少なくとも 1 つずつ設けられ、

前記 2 つの対角線の交点に対して前記第 1 領域と前記第 2 領域、前記第 3 領域と前記第 4 領域がそれぞれ対向し、

前記第 1 領域に設けられた前記中心側素子および前記縁部側素子が直列に接続されて、前記ホイートストンブリッジ回路の第 1 辺を構成し、

前記第 2 領域に設けられた前記中心側素子および前記縁部側素子が直列に接続されて、前記ホイートストンブリッジ回路の前記第 1 辺と相対する第 2 辺を構成し、

前記第 3 領域に設けられた前記中心側素子および前記縁部側素子が直列に接続されて、前記ホイートストンブリッジ回路の第 3 辺を構成し、

前記第 4 領域に設けられた前記中心側素子および前記縁部側素子が直列に接続されて、前記ホイートストンブリッジ回路の前記第 3 辺と相対する第 4 辺を構成していることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

これにより、撓み量素子の抵抗値の変化量を特に大きくすることができ、よって、検出感度が高い物理量センサーを提供することができる。

【 0 0 1 1 】

[適用例 2]

本適用例の物理量センサーでは、前記中心側素子および前記縁部側素子は、前記ダイヤフラムの中心から縁部に向かって並んで設けられていることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

これにより、撓み量素子の抵抗値の変化量を特に大きくすることができる。そのため、物理量センサーの検出感度をさらに高めることができる。

【 0 0 1 3 】

[適用例 3]

本適用例の物理量センサーでは、前記ダイヤフラムの撓み変形量が変化したときに、前記中心側素子と前記縁部側素子とが検出する応力の大きさは、互いに反対方向に変化することが好ましい。

【 0 0 1 4 】

これにより、中心寄りに中心側素子を設け、縁部寄りに縁部側素子を設けることで、撓み量素子の抵抗値の変化量を特に大きくすることができる。そのため、物理量センサーの検出感度をより高めることができる。

【 0 0 1 5 】

[適用例 4]

本適用例の物理量センサーでは、前記ダイヤフラムの中心から前記ダイヤフラムの外縁までの距離を L としたとき、

前記中心側素子は、前記ダイヤフラムの中心から $2L/3$ 以下の範囲内に位置していることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

この範囲内の領域は、ダイヤフラムが撓み変形したときにダイヤフラムが圧縮する方向に応力が加わる領域であり、ダイヤフラムに圧力が加わることで中心側素子の抵抗値の変化量が特に大きくなる領域である。このため、前記範囲内に中心側素子を設けることにより、物理量センサーの検出感度をより高めることができる。

【 0 0 1 7 】

[適用例 5]

本適用例の物理量センサーでは前記ダイヤフラムの中心から前記ダイヤフラムの外縁までの距離を L としたとき、

前記中心側素子は、前記ダイヤフラムの中心から $L/4$ 以上 $L/2$ 以下の範囲内に位置していることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

これにより、中心側素子の高密度化を図ることができ、物理量センサーの検出感度をさらに高めることができる。

【 0 0 2 3 】

[適用例 6]

本適用例の物理量センサーでは、前記中心側素子および前記縁部側素子は、平面視にて長手形状であり、

前記中心側素子の長手方向と、前記縁部側素子の長手方向とが交差していることが好ましい。

【 0 0 2 4 】

これにより、撓み量素子の抵抗値の変化量を特に大きくすることができる。そのため、物理量センサーの検出感度をより高めることができる。

【 0 0 2 5 】

[適用例 7]

本適用例の物理量センサーでは、前記中心側素子および前記縁部側素子は、平面視にて長手形状であり、

前記中心側素子の長手方向の長さは、前記縁部側素子の長手方向の長さよりも短いことが好ましい。

【 0 0 2 6 】

これにより、中心側素子の高密度化を図ることができ、よって、物理量センサーの検出感度をより高めることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

[適用例 8]

本発明の物理量センサーは、圧力を検知する圧力センサーであることが好ましい。
これにより、検出感度の高い圧力センサーを提供することができる。

【 0 0 2 8 】

[適用例 9]

本発明の高度計は、本発明の物理量センサーを備えることを特徴とする。
これにより、検出感度の高い高度計を提供することができる。

【 0 0 2 9 】

[適用例 1 0]

本発明の電子機器は、本発明の物理量センサーを備えることを特徴とする。
これにより、検出感度の高い電子機器を提供することができる。

10

【 0 0 3 0 】

[適用例 1 1]

本発明の移動体は、本発明の物理量センサーを備えることを特徴とする。
これにより、検出感度の高い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】本発明の物理量センサーの第 1 実施形態を示す断面図である。

【図 2】図 1 に示す物理量センサーが備えるセンサー素子（ピエゾ抵抗素子）の配置を説明するための拡大平面図である。

20

【図 3】図 1 に示すセンサー素子（ピエゾ抵抗素子）を含むブリッジ回路を示す図である。

【図 4】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 5】撓み変形によってダイヤフラムに発生する応力（相対応力）の大きさを示すグラフである。

【図 6】図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。

【図 7】図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。

【図 8】図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。

30

【図 9】図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。

【図 1 0】図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。

【図 1 1】図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。

【図 1 2】図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。

【図 1 3】図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。

【図 1 4】本発明の物理量センサーの第 2 実施形態を示す断面図である。

【図 1 5】本発明の物理量センサーの第 3 実施形態を示す断面図である。

【図 1 6】本発明の物理量センサーの第 4 実施形態を示す断面図である。

【図 1 7】本発明の高度計の一例を示す斜視図である。

【図 1 8】本発明の電子機器の一例を示す正面図である。

40

【図 1 9】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、高度計、電子機器および移動体を添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】

1. 物理量センサー

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、本発明の物理量センサーの第 1 実施形態を示す断面図である。図 2 は、図 1 に示す物理量センサーが備えるセンサー素子（ピエゾ抵抗素子）の配置を説明するための拡

50

大平面図である。図 3 は、図 1 に示すセンサー素子（ピエゾ抵抗素子）を含むブリッジ回路を示す図である。図 4 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、(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 5 は、撓み変形によってダイヤフラムに発生する応力（相対応力）の大きさを示すグラフである。図 6 は、図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。図 7 は、図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。図 8 ~ 図 13 は、図 1 に示す圧力センサーの製造工程を示す図である。なお、以下の説明では、図 1 中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

【0034】

物理量センサー 1 は、圧力を検出することのできる圧力センサーである。物理量センサー 1 を圧力センサーとすることで、例えば、高度を計測する用途として種々の電子機器に搭載することのできるセンサーとなり、その利便性が向上する。

10

【0035】

図 1 に示すように、物理量センサー 1 は、基板 2 と、センサー素子 7 と、素子周囲構造体 4 と、空洞部 5 と、半導体回路 9 と、を有している。以下、これら各部について順に説明する。

【0036】

基板 2

基板 2 は、板状をなし、SOI 基板（第 1 の Si 層 211、SiO₂ 層 212、第 2 の Si 層 213 がこの順で積層している基板）で構成された半導体基板 21 上に、シリコン酸化膜（SiO₂ 膜）で構成された第 1 絶縁膜 22 と、シリコン窒化膜（SiN 膜）で構成された第 2 絶縁膜 23 と、をこの順に積層することで構成されている。ただし、半導体基板 21 としては、SOI 基板に限定されず、例えば、シリコン基板を用いることができる。また、第 1 絶縁膜 22 および第 2 絶縁膜 23 の材料としては、製造時に半導体基板 21 を保護することと、半導体基板 21 とセンサー素子 7 との間を絶縁することができれば、特に限定されない。また、基板 2 の平面視形状は、特に限定されず、例えば、略正方形または略長方形等の矩形や、円形とすることができ、本実施形態では、略正方形となっている。

20

【0037】

また、基板 2 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 24 が設けられている。このダイヤフラム 24 は、基板 2 の下面（第 2 の Si 層 213）に有底の凹部 25 を設けることで形成され、その下面（凹部 25 の底面）が受圧面 24a となっている。このようなダイヤフラム 24 の平面視形状は、特に限定されず、例えば略正方形または略長方形等の矩形や、円形とすることができるが、本実施形態では略正方形となっている。また、ダイヤフラム 24 の幅は、特に限定されないが、100 μm 以上 600 μm 以下程度とすることができる。また、ダイヤフラム 24 の厚さは、特に限定されないが、例えば、10 μm 以上 50 μm 以下であるのが好ましく、15 μm 以上 25 μm 以下であるのがより好ましい。これにより、ダイヤフラム 24 を十分に柔らかくすることでき、十分に撓み変形させることができる。

30

【0038】

また、半導体基板 21 上およびその上方には半導体回路（回路）9 が作り込まれている。この半導体回路 9 には、必要に応じて形成された MOS トランジスタ 91 等の能動素子、キャパシタ、インダクタ、抵抗、ダイオード、配線等の回路要素が含まれている。このように、基板 2 に半導体回路 9 を作り込むことで、半導体回路 9 を別体として設ける場合と比較して、物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。なお、図 1 では、説明の便宜上、MOS トランジスタ 91 のみを図示している。

40

【0039】

センサー素子 7

図 1 および図 2 に示すように、基板 2 の第 1 の Si 層 211 には、複数（本実施形態では 4 つ）のピエゾ抵抗素子（撓み量素子）7a、7b、7c、7d を備えるセンサー素子 7 が設けられている。

50

なお、このセンサー素子 7 の詳細な構成については後に説明する。

【 0 0 4 0 】

素子周囲構造体 4

素子周囲構造体 4 は、空洞部 5 を画成するように形成されている。この素子周囲構造体 4 は、基板 2 上にセンサー素子 7 を取り囲むように形成された環状の壁部 5 1 と、壁部 5 1 の内壁に囲まれている空洞部 5 の開口を塞ぐ被覆部 5 2 とを有している。

【 0 0 4 1 】

このような素子周囲構造体 4 は、層間絶縁膜 4 1 と、層間絶縁膜 4 1 上に形成された配線層 4 2 と、配線層 4 2 および層間絶縁膜 4 1 上に形成された層間絶縁膜 4 3 と、層間絶縁膜 4 3 上に形成された配線層 4 4 と、配線層 4 4 および層間絶縁膜 4 3 上に形成された表面保護膜 4 5 と、封止層 4 6 とを有している。配線層 4 4 は、空洞部 5 の内外を連通する複数の細孔 4 4 2 を備えた被覆層 4 4 1 を有しており、被覆層 4 4 1 上に配置されている封止層 4 6 が細孔 4 4 2 を封止している。このような素子周囲構造体 4 では、層間絶縁膜 4 1、配線層 4 2、層間絶縁膜 4 3、配線層 4 4 (ただし、被覆層 4 4 1 を除く部分) および表面保護膜 4 5 で前述した壁部 5 1 が構成され、被覆層 4 4 1 および封止層 4 6 で前述した被覆部 5 2 が構成されている。

【 0 0 4 2 】

なお、配線層 4 2、4 4 は、空洞部 5 を囲むように形成されている配線層 4 2 a、4 4 a と、半導体回路 9 の配線を構成する配線層 4 2 b、4 4 b と、を含んでいる。したがって、半導体回路 9 は、配線層 4 2 b、4 4 b によって物理量センサー 1 の上面に引き出されている。また、配線層 4 2 a と第 2 絶縁膜 2 3 との間には、例えば、多結晶シリコン膜からなる膜 4 9 が設けられている。

【 0 0 4 3 】

層間絶縁膜 4 1、4 3 としては、特に限定されないが、例えば、シリコン酸化膜 (SiO₂ 膜) 等の絶縁膜を用いることができる。また、配線層 4 2、4 4 としては、特に限定されないが、例えば、アルミニウム膜等の金属膜を用いることができる。また、封止層 4 6 としては、特に限定されないが、Al、Cu、W、Ti、TiN 等の金属膜を用いることができる。また、表面保護膜 4 5 としは、特に限定されないが、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ものを用いることができる。

【 0 0 4 4 】

空洞部 5

基板 2 と素子周囲構造体 4 とで画成された空洞部 5 は、密閉された空間であり、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。空洞部 5 は、ダイヤフラム 2 4 と重なるように配置されており、ダイヤフラム 2 4 が空洞部 5 を画成する壁部の一部を構成している。空洞部 5 内の状態は、特に限定されないが、真空状態 (例えば 10 Pa 以下) であることが好ましい。これにより、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る。そのため、物理量センサー 1 の利便性が向上する。ただし、空洞部 5 内の状態は、真空状態でなくてもよく、例えば、大気圧状態であってもよいし、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 5 内には窒素ガス、希ガス等の不活性ガスが封入されていてもよい。

【 0 0 4 5 】

以上、物理量センサー 1 の構成について簡単に説明したが、本実施形態の物理量センサー 1 は、センサー素子 7 の構成およびその配置に特徴を有しているため、以下に、このことについて詳述する。

【 0 0 4 6 】

前述したように、センサー素子 7 は、複数 (本実施形態では 4 つ) のピエゾ抵抗素子 (撓み量素子) 7 a、7 b、7 c、7 d を有している。

【 0 0 4 7 】

図2に示すように、圧電抵抗素子7a、7bは、基板2の厚さ方向から見た平面視で、ダイヤフラム24の図2の左右方向に互いに対向している1対の辺241a、241bに対応して設けられている。また、圧電抵抗素子7c、7dは、平面視でダイヤフラム24の図2の上下方向に互いに対向している1対の辺241c、241dに対応して設けられている。

【0048】

圧電抵抗素子7aは、ダイヤフラム24の外縁部（より具体的には辺241a近傍）に設けられた1対の縁部側圧電抵抗部（縁部側素子）71aと、縁部側圧電抵抗部71aよりもダイヤフラム24の中心O側に設けられた1対の中心側圧電抵抗部（中心側素子）72aと、を有している。この縁部側圧電抵抗部71aと、中心側圧電抵抗部72aとは、ダイヤフラム24の中心Oから辺241aに向かって並んで設けられている。

10

【0049】

1対の縁部側圧電抵抗部71aは、互いに平行であり、かつ、辺241aに対して直交する方向に沿って延びた矩形状（長手形状）をなしている。一方、1対の中心側圧電抵抗部72aは、辺241aに平行な同一直線上に配置されており、かつ、辺241aに対して平行な方向に沿って延びた矩形状（長手形状）をなしている。このため、縁部側圧電抵抗部71aの長手方向と中心側圧電抵抗部72aの長手方向とは直交（交差）している。

【0050】

20

また、縁部側圧電抵抗部71aの一方（ダイヤフラム24の中心O側）の端部と、中心側圧電抵抗部72aの一方の端部とは、接続部73aを介して接続されている。

【0051】

接続部73aは、略S字状をなしており、縁部側圧電抵抗部71aに接続され、辺241aに対して直交する方向に沿って延びた部分と、中心側圧電抵抗部72aに接続され、辺241aに対して直交する方向に沿って延びた部分と、これらの部分を接続し、辺241aに対して平行な方向に沿って延びた部分と、で構成されている。

【0052】

また、1対の中心側圧電抵抗部72aは、接続部73aが接続されている端部と異なる端部同士が、接続部74aを介して接続されている。また、1対の縁部側圧電抵抗部71aは、接続部73aが接続されている端部と異なる端部が、それぞれ配線31aに接続されている。

30

【0053】

図2に示すように、圧電抵抗素子7bは、前述した圧電抵抗素子7aと、ダイヤフラム24の中心Oを通る軸線313を介して左右対称な構成である。具体的には、圧電抵抗素子7bは、圧電抵抗素子7aと同様に、ダイヤフラム24の外縁部（より具体的には辺241b近傍）に設けられた1対の縁部側圧電抵抗部（縁部側素子）71bと、縁部側圧電抵抗部71bよりもダイヤフラム24の中心O側に設けられた1対の中心側圧電抵抗部（中心側素子）72bと、を有している。この縁部側圧電抵抗部71bと、中心側圧電抵抗部72bとは、ダイヤフラム24の中心Oから辺241bに向かって並んで設けられている。また、縁部側圧電抵抗部71bおよび中心側圧電抵抗部72bはそれぞれ矩形状（長手形状）をなし、縁部側圧電抵抗部71bの長手方向と中心側圧電抵抗部72bの長手方向とが直交（交差）している。

40

【0054】

また、圧電抵抗素子7aと同様に、縁部側圧電抵抗部71bと中心側圧電抵抗部72bとは、接続部73bを介して接続されている。また、同様に、1対の中心側圧電抵抗部72b同士は、接続部74bを介して接続されている。また、同様に、1対の縁部側圧電抵抗部71bは、それぞれ配線31bに接続されている。

【0055】

また、圧電抵抗素子7cは、ダイヤフラム24の外縁部（より具体的には辺241c

50

近傍)に設けられた1対の縁部側ピエゾ抵抗部(縁部側素子)71cと、縁部側ピエゾ抵抗部71cよりもダイヤフラム24の中心O側に設けられた1対の中心側ピエゾ抵抗部(中心側素子)72cと、を有している。この縁部側ピエゾ抵抗部71cと、中心側ピエゾ抵抗部72cとは、ダイヤフラム24の中心Oから辺241cに向かって並んで設けられている。

【0056】

1対の縁部側ピエゾ抵抗部71cは、辺241cに平行な同一直線上に配置されており、かつ、辺241cに対して平行な方向に沿って延びた矩形状(長手形状)をなしている。一方、1対の中心側ピエゾ抵抗部72cは、互いに平行であり、かつ、辺241cに対して直交する方向に沿って延びた矩形状(長手形状)をなしている。このため、縁部側ピエゾ抵抗部71cの長手方向と中心側ピエゾ抵抗部72cの長手方向とは直交(交差)している。

10

【0057】

また、縁部側ピエゾ抵抗部71cの一方の端部と、中心側ピエゾ抵抗部72cの一方(辺241c側)の端部とは、接続部73dを介して接続されている。

【0058】

接続部73dは、略S字状をなしており、縁部側ピエゾ抵抗部71cに接続され、辺241cに対して直交する方向に沿って延びた部分と、中心側ピエゾ抵抗部72cに接続され、辺241cに対して直交する方向に沿って延びた部分と、これらの部分を接続し、辺241cに対して平行な方に沿って延びた部分と、で構成されている。

20

【0059】

また、1対の中心側ピエゾ抵抗部72cは、接続部73cが接続されている端部と異なる端部同士が、1対の中心側ピエゾ抵抗部72cよりも中心O側に位置する接続部74cを介して接続されている。また、1対の縁部側ピエゾ抵抗部71cは、接続部73cが接続されている端部と異なる端部寄りの側面において、それぞれ配線31cに接続されている。

【0060】

図2に示すように、ピエゾ抵抗素子7dは、前述したピエゾ抵抗素子7cと、軸線314を介して左右対称な構成である。具体的には、ピエゾ抵抗素子7dは、ピエゾ抵抗素子7cと同様に、ダイヤフラム24の外縁部(より具体的には辺241d近傍)に設けられた1対の縁部側ピエゾ抵抗部(縁部側素子)71dと、縁部側ピエゾ抵抗部71dよりもダイヤフラム24の中心O側に設けられた1対の中心側ピエゾ抵抗部(中心側素子)72dと、を有している。この縁部側ピエゾ抵抗部71dと、中心側ピエゾ抵抗部72dとは、ダイヤフラム24の中心Oから辺241dに向かって並んで設けられている。また、縁部側ピエゾ抵抗部71dおよび中心側ピエゾ抵抗部72dは、それぞれ矩形状(長手形状)をなし、縁部側ピエゾ抵抗部71bの長手方向と中心側ピエゾ抵抗部72bの長手方向とが直交(交差)している。

30

【0061】

また、ピエゾ抵抗素子7cと同様に、縁部側ピエゾ抵抗部71dと中心側ピエゾ抵抗部72dとは、接続部73dを介して接続されている。また、同様に、1対の中心側ピエゾ抵抗部72b同士は、接続部74dを介して接続されている。また、同様に、1対の縁部側ピエゾ抵抗部71dは、それぞれ配線31dに接続されている。

40

【0062】

このような縁部側ピエゾ抵抗部71a、71b、71c、71d(以下、単に「縁部側ピエゾ抵抗部71」ということもある)および中心側ピエゾ抵抗部72a、72b、72c、72d(以下、単に「中心側ピエゾ抵抗部72」ということもある)は、それぞれ、基板2の第1のSi層211に、例えばリン、ボロン等の不純物をドーブ(拡散または注入)することによって形成されている。また、接続部73a、73b、73c、73d、74a、74b、74c、74dおよび配線31a、31b、31c、31dは、それぞれ、第1のSi層211に、例えば縁部側ピエゾ抵抗部71および中心側ピエゾ抵抗部7

50

2 よりも高濃度でリン、ボロン等の不純物をドーブ（拡散または注入）することによって形成されている。

【0063】

また、圧電抵抗素子7a、7b、7c、7d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。また、圧電抵抗素子7a、7b、7c、7dは、ダイヤモンド24の変形に伴って歪み、この歪みに応じて抵抗値が変化するように構成されている。そして、圧電抵抗素子7a、7b、7c、7dは、配線31a、31b、31c、31d等を介して、互いに電氣的に接続され、図3に示すように、ブリッジ回路70（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70には、駆動電圧AVDCを供給する駆動回路（図示せず）が接続されている。そして、ブリッジ回路70は、圧電抵抗素子7a、7b、7c、7dの抵抗値に応じた信号（電圧）を出力する。

10

【0064】

また、圧電抵抗素子7a、7b、7c、7dは、2つの対角線311、312（ダイヤモンド24の中心Oで交わる2つの直線）で4つに分割したとき、その分割された各領域に対応するように設けられている。なお、以下では、領域のうち、図2中の右側に位置する領域を「第1領域35a」といい、以降時計回りに順に、「第4領域35d」、「第2領域35b」、「第3領域35c」という。

【0065】

具体的には、図2に示すように、圧電抵抗素子7aの大半は、第1領域35a内に設けられている。また、圧電抵抗素子7bの大半は、第2領域35b内に設けられている。また、圧電抵抗素子7cの大半は、第3領域35c内に設けられている。また、圧電抵抗素子7dの大半は、第4領域35d内に設けられている。

20

【0066】

このように、各領域内に、1つの圧電抵抗素子が設けられていることで、ダイヤモンド24の受圧面24aに加えられた圧力をより均等に検出することができ、よって、物理量センサー1の検出精度をより高めることができる。

【0067】

特に、縁部側圧電抵抗部71および中心側圧電抵抗部72は、その大半（各圧電抵抗部の平面積の8割以上）が各領域内（1つの領域内）に収まっていることが好ましく、その全域が各領域内（1つの領域内）に収まっていることがより好ましい。これにより、受圧面24aに加わった圧力によって圧電抵抗素子7a、7b、7c、7dの抵抗値の変化量を特に大きくすることができ、よって、物理量センサー1の検出感度をより高めることができる。

30

【0068】

また、中心側圧電抵抗部72（特に中心側圧電抵抗部72の中心）は、ダイヤモンド24の中心Oから外縁までの距離をLとしたとき、中心Oから $2L/3$ 以下の範囲内に位置していることが好ましく、中心Oから $L/2$ 以下の範囲内に位置していることがより好ましい。前記範囲内の領域は、受圧によりダイヤモンド24が変形したとき、ダイヤモンド24に発生する応力が小さくなる領域であり、ダイヤモンド24に圧力が加わることで中心側圧電抵抗部72の抵抗値の変化量が特に大きくなる領域である。このため、前記範囲内に中心側圧電抵抗部72を設けることにより、物理量センサー1の検出感度をより高めることができる。

40

【0069】

また、中心側圧電抵抗部72（特に中心側圧電抵抗部72の中心）は、中心Oから $L/4$ 以上の範囲内に設けられていることが好ましい。前記範囲内の領域であれば、中心側圧電抵抗部72の高密度化を図ることができる。このため、前記範囲内に中心側圧電抵抗部72を設けることにより、物理量センサー1の検出感度をより高めることができる。

【0070】

一方、縁部側圧電抵抗部71（特に中心側圧電抵抗部72の中心）は、中心Oから

50

2 L / 3 以上 L 以下までの範囲内に位置していることが好ましい。前記範囲内は、受圧によりダイヤフラム 2 4 が変形したとき、ダイヤフラム 2 4 に発生する応力が大きくなる領域であり、受圧面 2 4 a に圧力が加わることで縁部側ピエゾ抵抗部 7 1 の抵抗値の変化量が特に大きくなる領域である。したがって、前記範囲内に縁部側ピエゾ抵抗部 7 1 を設けることにより、物理量センサー 1 の検出感度をより高めることができる。

【 0 0 7 1 】

以下に、上述したような関係を満足する位置に縁部側ピエゾ抵抗部 7 1、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 を配置することによる効果について、発明者らが行ったシミュレーション結果に基づいて説明する。

【 0 0 7 2 】

図 5 は、シミュレーション結果であり、撓み変形によってダイヤフラムに発生する応力（相対応力 P ）の大きさを示すグラフである。

【 0 0 7 3 】

また、図 5 に示すグラフの横軸は、距離 L を示し、縦軸は、相対応力 P [M P a] を示している。なお、横軸の 0 μ m は、ダイヤフラム 2 4 の中心 O を示し、7 5 μ m は、ダイヤフラム 2 4 の端部（外縁）を示している。

【 0 0 7 4 】

また、曲線 G 1 は、受圧面 2 4 a に 0 k P a の圧力を加えたときの相対応力を示している。また、曲線 G 2 は、受圧面 2 4 a に 3 0 k P a の圧力を加えたときの相対応力を示している。曲線 G 3 は、受圧面 2 4 a に 9 0 k P a の圧力を加えたときの相対応力を示している。また、曲線 G 4 は、受圧面 2 4 a に 1 3 0 k P a の圧力を加えたときの相対応力を示している。

【 0 0 7 5 】

また、図 5 に示すグラフは、幅 1 5 0 μ m（中心 O から端部までの距離が 7 5 μ m）の正方形のダイヤフラム 2 4 を備える物理量センサー 1 を用いた場合のシミュレーション結果を示しているが、ダイヤフラム 2 4 の幅を変化させても図 5 に示すグラフの傾向は同様であることが確認されている。また、本シミュレーションでは、初期状態（受圧面 2 4 a に所定の応力を加える前の状態）における受圧面 2 4 a に加わっている応力（初期応力）が、1 3 0 [M P a] である物理量センサー 1 を用いた場合のシミュレーション結果を示しているが、初期応力を変更しても、図 5 に示すグラフの傾向と同程度の傾向が得られることが確認されている。

【 0 0 7 6 】

このような図 5 に示す曲線 G 2、G 3、G 4 から、ダイヤフラム 2 4 が受ける圧力が大きくなるに従い、距離 L が 5 0 μ m を境に、距離 L が 0 以上 5 0 未満では、ダイヤフラム 2 4 に発生する応力は小さくなる傾向にあり、距離 L が 5 0 超 7 5 以下では、ダイヤフラム 2 4 に発生する応力は大きくなる傾向にあることが分かる。このように、ダイヤフラム 2 4 が受ける圧力の大きさによって、発生する応力の増減方向が反転する境界（距離 L が 5 0 μ m）が存在している。そのため、境界よりも中心 O 側、すなわち中心 O から 2 L / 3 以下の範囲内に中心側ピエゾ抵抗部 7 2 を設けることが好ましい。また、境界よりも縁部側、すなわち中心 O から 2 L / 3 以上の範囲内に縁部側ピエゾ抵抗部 7 1 を設けることが好ましい。これにより、ピエゾ抵抗素子 7 a、7 b、7 c、7 d の抵抗値の変化量を特に大きくすることができ、よって、物理量センサー 1 の検出感度をより高めることができる。

【 0 0 7 7 】

また、ピエゾ抵抗素子 7 a、7 b、7 c、7 d は、前述したように、ダイヤフラム 2 4 の変形に応じて抵抗値が変化するが、以下、この点について詳述する。

【 0 0 7 8 】

前述したように、ダイヤフラム 2 4 の変形が生じる前の自然状態では、ピエゾ抵抗素子 7 a、7 b、7 c、7 d の抵抗値が互いに等しいため、ピエゾ抵抗素子 7 a、7 b の抵抗値の積とピエゾ抵抗素子 7 c、7 d の抵抗値の積とが等しくなる。そのため、ブリッジ回

10

20

30

40

50

路 70 の出力（電位差）はゼロとなる。

【0079】

一方、ダイヤフラム 24 が撓み変形すると、ピエゾ抵抗素子 7a、7b、7c、7d の抵抗値が変化し、それに伴ってピエゾ抵抗素子 7a、7b の抵抗値の積とピエゾ抵抗素子 7c、7d の抵抗値の積とに差が生じる。そのため、ブリッジ回路 70 から出力（電位差）が生じる。

【0080】

具体的には、図 4（a）に示すようにダイヤフラム 24 が撓み変形すると、前述したように、中心 O 側では、ダイヤフラム 24 に発生する応力が小さくなり、縁部側では、ダイヤフラム 24 に発生する応力が大きくなる。

10

【0081】

これに伴い、図 4（b）に示すように、縁部側ピエゾ抵抗部 71a、71b の長手方向に沿った圧縮応力が大きくなり、中心側ピエゾ抵抗部 72a、72b の幅方向に沿った圧縮応力が小さくなる。また、縁部側ピエゾ抵抗部 71c、71d の幅方向に沿った圧縮応力が大きくなり、中心側ピエゾ抵抗部 72c、72d の長手方向に沿った圧縮応力が小さくなる。

【0082】

このような縁部側ピエゾ抵抗部 71 および中心側ピエゾ抵抗部 72 の応力変化により、ピエゾ抵抗素子 7a、7b の抵抗値は減少し、ピエゾ抵抗素子 7c、7d の抵抗値は増加する。このため、ピエゾ抵抗素子 7a、7b の抵抗値の積とピエゾ抵抗素子 7c、7d の抵抗値の積とに差が生じ、その差に応じた出力（電位差）がブリッジ回路 70 から出力される。このブリッジ回路 70 からの出力に基づいて、受圧面 24a で受けた圧力の大きさを求めることができる。

20

【0083】

特に、本実施形態では、縁部側ピエゾ抵抗部 71 および中心側ピエゾ抵抗部 72 を備え、これらの長手方向が互いに交差しているため、ピエゾ抵抗素子 7a、7b の抵抗値の積とピエゾ抵抗素子 7c、7d の抵抗値の積との差をより大きくすることができる。このため、ブリッジ回路 70 からの出力をより大きくすることができ、よって、圧力の検出感度を特に高めることができる。

【0084】

30

以上のような構成のセンサー素子 7 は、極めて薄いダイヤフラム 24 を用いても、共振子のような振動素子をセンサー素子として用いた場合のようにダイヤフラム 24 への振動漏れによって Q 値が低下するという問題がない。また、第 1 の Si 層 211 にリン、ボロン等の不純物をドーピングしてピエゾ抵抗素子 7a、7b、7c、7d を構成するとで、例えば、ピエゾ抵抗素子 7a、7b、7c、7d をダイヤフラム 24 の上面に重ねて設ける場合に比較して、物理量センサー 1 の低背化（薄型化）を図ることができる。

【0085】

また、以上のような物理量センサー 1 では、空洞部 5 および半導体回路 9 が半導体基板 21 の同じ面側に設けられているため、空洞部 5 を形成している素子周囲構造体 4 が半導体基板 21 の半導体回路 9 とは反対側から張り出すことがなく、低背化を図ることができる。その上で、素子周囲構造体 4 は、層間絶縁膜 41、43 および配線層 42、44 のうちの少なくとも一方と同一の成膜により形成されている。これにより、CMOS プロセス（特に、層間絶縁膜 41、43 や配線層 42、44 を形成する工程）を利用して、素子周囲構造体 4 を半導体回路 9 と一括して形成することができる。そのため、物理量センサー 1 の製造工程が簡略化され、その結果、物理量センサー 1 の低コスト化を図ることができる。また、本実施形態のように空洞部 5 を封止する場合であっても、成膜法を用いて空洞部 5 を封止することができ、従来のような基板を貼り合わせてキャビティを封止する必要がなく、この点でも、物理量センサー 1 の製造工程が簡略化され、その結果、物理量センサー 1 の低コスト化を図ることができる。

40

【0086】

50

また、前述したようにセンサー素子 7 がピエゾ抵抗素子 7 a、7 b、7 c、7 d を含み、かつ、センサー素子 7 および半導体回路 9 が半導体基板 2 1 の同じ面側にあるため、C M O S プロセスを利用して、センサー素子 7 を半導体回路 9 と一括して形成することができる。そのため、この点でも、物理量センサー 1 の製造工程をより簡略化することができる。

【 0 0 8 7 】

また、センサー素子 7 がダイヤフラム 2 4 の素子周囲構造体 4 側に配置されているため、センサー素子 7 を空洞部 5 内に収納することができ、そのため、センサー素子 7 の劣化を防止したり、センサー素子 7 の特性低下を低減したりすることができる。

次に、物理量センサー 1 の製造方法を簡単に説明する。

10

【 0 0 8 8 】

図 6 ないし図 1 3 は、それぞれ、図 1 に示す物理量センサー 1 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 8 9 】

[センサー素子形成工程]

まず、図 6 に示すように、S O I 基板（第 1 の S i 層 2 1 1、S i O₂ 層 2 1 2、第 2 の S i 層 2 1 3 がこの順で積層している基板）からなる半導体基板 2 1 を用意し、表面を熱酸化することで第 1 絶縁膜（シリコン酸化膜）2 2 を形成する。

【 0 0 9 0 】

次に、図 7 に示すように、図示しないマスクを介して第 1 の S i 層 2 1 1 にリン、ボロン等の不純物をドーピング（イオン注入）することでセンサー素子 7 や、M O S トランジスタ 9 1 のソース電極およびドレイン電極を形成する。なお、第 1 絶縁膜 2 2 は薄く形成されているため、前記不純物は、第 1 絶縁膜 2 2 を通過して第 1 の S i 層 2 1 1 にドーピングされる。イオン注入では、縁部側ピエゾ抵抗部 7 1 および中心側ピエゾ抵抗部 7 2 への不純物のドーピング量が接続部 7 3 a、7 3 b、7 3 c、7 3 d、7 4 a、7 4 b、7 4 c、7 4 d および配線 3 1 a、3 1 b、3 1 c、3 1 d よりも多くなるようにイオン注入条件等を調整する。

20

【 0 0 9 1 】

次に、図 8 に示すように、第 1 絶縁膜 2 2 上に第 2 絶縁膜（シリコン窒化膜）2 3 をスパッタリング法、C V D 法等により形成する。第 2 絶縁膜 2 3 は、後に行われる空洞部形成工程において実施されるエッチングに対する耐性を有しており、いわゆるエッチングストップ層として機能する。次に、図 9 に示すように、基板 2 の上面に、多結晶シリコン膜（またはアモルファスシリコン膜）をスパッタリング法、C V D 法等により形成し、その多結晶シリコン膜をエッチングによりパターンニングすることで、M O S トランジスタ 9 1 のゲート電極 9 1 1 および膜 4 9 を形成する。

30

【 0 0 9 2 】

[層間絶縁膜・配線層形成工程]

図 1 0 に示すように、基板 2 の上面に、層間絶縁膜 4 1、4 3 および配線層 4 2、4 4 を形成する。これにより、センサー素子 7 および M O S トランジスタ 9 1 等が層間絶縁膜 4 1、4 3 および配線層 4 2、4 4 で覆われた状態となる。層間絶縁膜 4 1、4 3 の形成は、シリコン酸化膜をスパッタリング法、C V D 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。層間絶縁膜 4 1、4 3 のそれぞれの厚さは、特に限定されないが、例えば、1 5 0 0 n m 以上 5 0 0 0 n m 以下程度とされる。また、配線層 4 2、4 4 の形成は、層間絶縁膜 4 1、4 3 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、C V D 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。ここで、配線層 4 2、4 4 のそれぞれの厚さは、特に限定されないが、例えば、3 0 0 n m 以上 9 0 0 n m 以下程度とされる。

40

【 0 0 9 3 】

また、配線層 4 2 a、4 4 a は、平面視でセンサー素子 7 を囲むように環状をなしている。また、配線層 4 2 b、4 4 b は、半導体基板 2 1 上およびその上方に形成された配線

50

(例えば、半導体回路 9 の一部を構成する配線) に電氣的に接続される。

【0094】

このような層間絶縁膜 4 1、4 3 と配線層 4 2、4 4 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。

【0095】

[空洞部形成工程]

図 1 1 に示すように、スパッタリング法、CVD 法等により表面保護膜 4 5 を形成した後、エッチングにより空洞部 5 を形成する。表面保護膜 4 5 は、一種類以上の材料を含む複数の膜層で構成され、被覆層 4 4 1 の細孔 4 4 2 を封止してしまわないように形成する。なお、表面保護膜 4 5 の構成材料としては、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もので形成される。表面保護膜 4 5 の厚さは、特に限定されないが、例えば、500 nm 以上 2000 nm 以下程度とされる。

【0096】

また、空洞部 5 の形成は、被覆層 4 4 1 に形成された複数の細孔 4 4 2 を通じたエッチングにより、層間絶縁膜 4 1、4 3 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 4 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 4 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。

【0097】

[封止工程]

次に、図 1 2 に示すように、被覆層 4 4 1 上に、AL、Cu、W、Ti、TiN 等の金属膜等からなる封止層 4 6 をスパッタリング法、CVD 法等により形成し、各細孔 4 4 2 を封止する。これより、空洞部 5 が封止層 4 6 により封止され、また、被覆部 5 2 が形成される。封止層 4 6 の厚さは、特に限定されないが、例えば、1000 nm 以上 5000 nm 以下程度とされる。

【0098】

[ダイアフラム形成工程]

最後に、図 1 3 に示すように、半導体基板 2 1 の下面 (第 2 の Si 層 2 1 3) の一部をウェットエッチングによって除去する。この際、SiO₂ 層 2 1 2 がエッチングストップ層として機能する。これにより、周囲よりも薄肉なダイアフラム 2 4 が形成された物理量センサー 1 を得る。なお、半導体基板 2 1 の下面の一部を除去する方法としては、ウェットエッチングに限らず、ドライエッチング等であってもよい。

【0099】

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。なお、半導体回路が有する MOS トランジスタ以外の能動素子、コンデンサ、インダクタ、抵抗、ダイオード、配線等の回路要素は、上述した適宜の工程中 (例えば、振動素子形成工程、絶縁膜形成工程、被覆層形成工程、封止層形成工程) 途中において作り込んでおくことができる。

【0100】

< 第 2 実施形態 >

次に本発明の物理量センサーの第 2 実施形態について説明する。

図 1 4 は、本発明の物理量センサーの第 2 実施形態を示す断面図である。

【0101】

以下、本発明の物理量センサーの第 2 実施形態について説明するが、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項はその説明を省略する。

【0102】

第 2 実施形態は、センサー素子 7 の構成が異なること以外は、前記第 1 実施形態と同様である。

【0103】

具体的には、図14に示す物理量センサー1が備えるセンサー素子7は、各中心側ピエゾ抵抗部72a、72b、72c、72dの長手方向の長さが、第1実施形態の中心側ピエゾ抵抗部72a、72b、72c、72dの長さよりも短くなっている。そのため、本実施形態では、各中心側ピエゾ抵抗部72a、72b、72c、72dの長手方向の長さが、各縁部側ピエゾ抵抗部71a、71b、71c、71dの長手方向の長さよりも短くなっている。このため、中心側ピエゾ抵抗部72a、72b、72c、72dを各領域内により確実に収めることができる。これにより、受圧面24aに加わった圧力に伴うピエゾ抵抗素子7a、7b、7c、7dの抵抗値の変化量を特に大きくすることができ、よって、物理量センサー1の検出感度をより高めることができる。

10

【0104】

このような第2実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【0105】

<第3実施形態>

次に本発明の物理量センサーの第3実施形態について説明する。

図15は、本発明の物理量センサーの第3実施形態を示す断面図である。

【0106】

以下、本発明の物理量センサーの第3実施形態について説明するが、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項はその説明を省略する。

20

【0107】

第3実施形態は、センサー素子7の構成が異なること以外は、前記第1実施形態と同様である。

【0108】

具体的には、図15に示す物理量センサー1が備えるセンサー素子7では、中心側ピエゾ抵抗部72a、72bの配置等が、第1実施形態と相違している。

【0109】

図15に示すように、中心側ピエゾ抵抗部72aは、第1実施形態の中心側ピエゾ抵抗部72aよりも縁部寄り（辺241a寄り）に設けられている。

【0110】

また、中心側ピエゾ抵抗部72aと縁部側ピエゾ抵抗部71aとを接続する接続部73aは、略I字状をなしている。この接続部73aは、一方の端部が縁部側ピエゾ抵抗部71aの端部に接続され、他方の端部が中心側ピエゾ抵抗部72aの端部寄りの側面に接続されている。

30

【0111】

また、1対の中心側ピエゾ抵抗部72a同士は、略コ字状をなす接続部74aにより接続されている。この接続部74aは、中心側ピエゾ抵抗部72aよりも中心O側に位置し、辺241aに対して平行な方向に沿って延びた部分と、この部分の両端を中心側ピエゾ抵抗部72aに接続し、辺241aに対して直交する方向に沿って延びた部分と、で構成されている。

40

【0112】

また、中心側ピエゾ抵抗部72bも、中心側ピエゾ抵抗部72aと同様に、第1実施形態の中心側ピエゾ抵抗部72bよりも縁部寄りに設けられている。また、接続部73bも、接続部73aと同様に、略I字状をなし、中心側ピエゾ抵抗部72bと縁部側ピエゾ抵抗部71bとを接続している。また、接続部74bも、接続部74aと同様に、略コ字状をなし、1対の中心側ピエゾ抵抗部72b同士を接続している。

【0113】

また、中心側ピエゾ抵抗部72cは、接続部73cが接続されている端部と異なる端部寄りの側面同士が、接続部74cを介して接続されている。

【0114】

50

また、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 d も、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 c と同様に、接続部 7 3 d が接続されている端部と異なる端部寄りの側面同士が、接続部 7 4 d を介して接続されている。

【 0 1 1 5 】

このような本実施形態のセンサー素子 7 では、前述したように、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 a、7 2 b が、第 1 実施形態のセンサー素子 7 が備える中心側ピエゾ抵抗部 7 2 a、7 2 b よりもダイヤフラム 2 4 の縁部側に配置されている。このため、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 a、7 2 b を各領域内により確実に収めることができる。また、図 5 から分かるように、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 a、7 2 b を中心 O から離間させるほど、相対応力 P は低下する（初期応力に対する相対応力 P が小さくなる）。しかしながら、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 a、7 2 b を中心 O から離間させることで、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 a、7 2 b を各領域内に収めつつ、中心側ピエゾ抵抗部 7 2 a、7 2 b の長手方向の長さをより大きくすることができる。このため、ピエゾ抵抗素子 7 a、7 b の抵抗値の変化量をより大きくすることができ、よって、物理量センサー 1 の検出感度をより高めることができる。

10

【 0 1 1 6 】

このような第 3 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 1 1 7 】

< 第 4 実施形態 >

次に本発明の物理量センサーの第 4 実施形態について説明する。

20

図 1 6 は、本発明の物理量センサーの第 4 実施形態を示す断面図である。

【 0 1 1 8 】

以下、本発明の物理量センサーの第 4 実施形態について説明するが、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項はその説明を省略する。

【 0 1 1 9 】

第 4 実施形態は、空洞部を画成する基板および素子周囲構造体の構成等が異なること以外は、前記第 1 実施形態と同様である。

【 0 1 2 0 】

図 1 6 に示す物理量センサー 1 は、基板 3 5 と、センサー素子 7 と、構造体（素子周囲構造体）3 7 と、空洞部 3 9 と、を有している。

30

【 0 1 2 1 】

以下、これらの各部について順次説明する。

基板 3 5 は、板状をなしており、例えば単結晶シリコンで構成されている。この基板 3 5 の一方の面側には構造体 3 7 が設けられている。

【 0 1 2 2 】

構造体 3 7 は、S O I 基板（第 1 の S i 層 3 6 1、S i O₂ 層 3 6 2、第 2 の S i 層 3 6 3 がこの順で積層している基板）で構成された半導体基板 3 6 と、半導体基板 3 6 上に設けられたパッシベーション膜 3 7 1 とを積層することで構成されている。

【 0 1 2 3 】

また、構造体 3 7 には、第 2 の S i 層 3 6 3 の一部が除去されることにより凹部 3 9 1 が形成されている。この凹部 3 9 1 によって薄肉化された部分が受圧によって撓み変形するダイヤフラム 3 8 を構成しており、構造体 3 7 の上面側が受圧面 3 8 1 となっている。

40

【 0 1 2 4 】

また、構造体 3 7 の凹部 3 9 1 の開口を基板 3 5 で塞ぐことにより形成された空洞部 3 9 が、圧力基準室として機能する。

また、半導体基板 3 6 の第 1 の S i 層 3 6 1 には、センサー素子 7 が形成されている。

【 0 1 2 5 】

このような構成の物理量センサー 1 では、受圧面 3 8 1 が受ける圧力に応じて、ダイヤフラム 3 8 が図 1 6 中下側（基板 3 5 側）に向かって撓み変形する。そして、このような物理量センサー 1 においても、第 1 実施形態と同様に、ダイヤフラム 3 8 の変形に伴って

50

、 piezo抵抗素子 7 a、7 b、7 c、7 d の抵抗値が変化することに基づき、受圧面 3 8 1 で受けた圧力の大きさを求めることができる。

【0126】

このような第 4 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【0127】

2. 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 1 7 は、本発明の高度計の一例を示す斜視図である。

【0128】

高度計 2 0 0 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 2 0 0 の内部には、物理量センサー 1 が搭載されており、表示部 2 0 1 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。

【0129】

なお、この表示部 2 0 1 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。

【0130】

3. 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 1 8 は、本発明の電子機器の一例を示す正面図である。

【0131】

ナビゲーションシステム 3 0 0 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 3 0 1 とを備えている。

【0132】

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 3 0 0 では、高度情報を物理量センサー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。

【0133】

なお、表示部 3 0 1 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。

【0134】

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。

【0135】

4. 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 1 9 は、本発明の移動体の一例を示す斜視図である。

【0136】

図 1 9 に示すように、移動体 4 0 0 は、車体 4 0 1 と、4 つの車輪 4 0 2 とを有してお

10

20

30

40

50

り、車体 4 0 1 に設けられた図示しない動力源（エンジン）によって車輪 4 0 2 を回転させるように構成されている。このような移動体 4 0 0 には、ナビゲーションシステム 3 0 0（物理量センサー）が内蔵されている。

【 0 1 3 7 】

以上、本発明の物理量センサー、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。

【 0 1 3 8 】

また、前述した実施形態では、センサー素子としてピエゾ抵抗素子を用いた場合を例に説明したが、本発明は、これに限定されず、例えば、フラップ型の振動子、櫛歯電極等の他の MEMS 振動子や、水晶振動子等の振動素子を用いることもできる。

【 0 1 3 9 】

また、前述した実施形態では、4つのセンサー素子を用いる場合を例に説明したが、本発明は、これに限定されず、センサー素子の数は、1つ以上3つ以下、または、5つ以上であってもよい。

【 0 1 4 0 】

また、前述した第1実施形態では、ダイヤフラムの受圧面と反対側の面側にセンサー素子を配置された場合を例に説明したが、本発明はこれに限定されず、例えば、ダイヤフラムの受圧面側にセンサー素子が配置されていてもよく、ダイヤフラムの両面にセンサー素子が配置されていてもよい。

【 0 1 4 1 】

また、前述した実施形態では、ダイヤフラムの外周部側にセンサー素子を配置した場合を例に説明したが、本発明はこれに限定されず、ダイヤフラムの中央部にセンサー素子が配置されていてもよい。

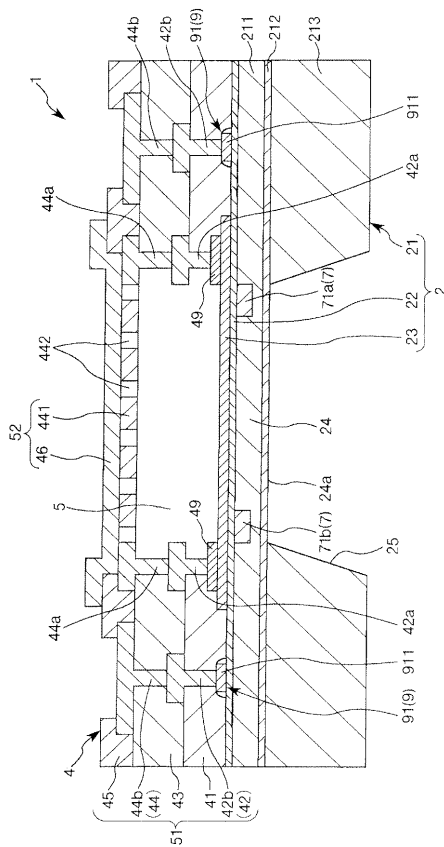
【 符号の説明 】

【 0 1 4 2 】

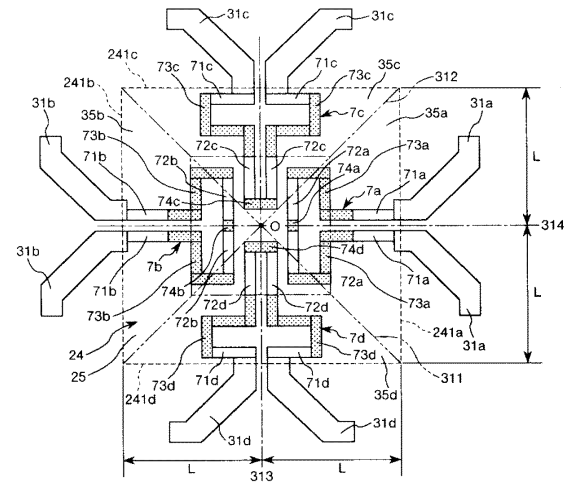
1	物理量センサー	
2	基板	
2 1	半導体基板	30
2 1 1	第1の Si 層	
2 1 2	SiO ₂ 層	
2 1 3	第2の Si 層	
2 2	第1絶縁膜	
2 3	第2絶縁膜	
2 4	ダイヤフラム	
2 4 a	受圧面	
2 4 1 a、2 4 1 b、2 4 1 c、2 4 1 d	辺	
2 5	凹部	
3 1 a、3 1 b、3 1 c、3 1 d	配線	40
3 1 1、3 1 2	対角線	
3 1 3、3 1 4	軸線	
3 5 a	第1領域	
3 5 b	第2領域	
3 5 c	第3領域	
3 5 d	第4領域	
4	素子周囲構造体	
4 1	層間絶縁膜	
4 2	配線層	
4 2 a、4 2 b	配線層	50

4 3	層間絶縁膜	
4 4	配線層	
4 4 1	被覆層	
4 4 2	細孔	
4 4 a、4 4 b	配線層	
4 5	表面保護膜	
4 6	封止層	
4 9	膜	
5	空洞部	
5 1	壁部	10
5 2	被覆部	
7	センサー素子	
7 a、7 b、7 c、7 d	ピエゾ抵抗素子	
7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d、(7 1)	縁部側ピエゾ抵抗部	
7 2 a、7 2 b、7 2 c、7 2 d、(7 2)	中心側ピエゾ抵抗部	
7 3 a、7 3 b、7 3 c、7 3 d	接続部	
7 4 a、7 4 b、7 4 c、7 4 d	接続部	
7 0	ブリッジ回路	
9	半導体回路	
9 1	M O S トランジスタ	20
9 1 1	ゲート電極	
3 5	基板	
3 6	半導体基板	
3 6 1	第 1 の S i 層	
3 6 2	S i O ₂ 層	
3 6 3	第 2 の S i 層	
3 7 1	パッシベーション膜	
3 7	構造体	
3 8	ダイヤフラム	
3 8 1	受圧面	30
3 9	空洞部	
3 9 1	凹部	
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	
4 0 2	車輪	
L	距離	40
O	中心	
P	相対応力	

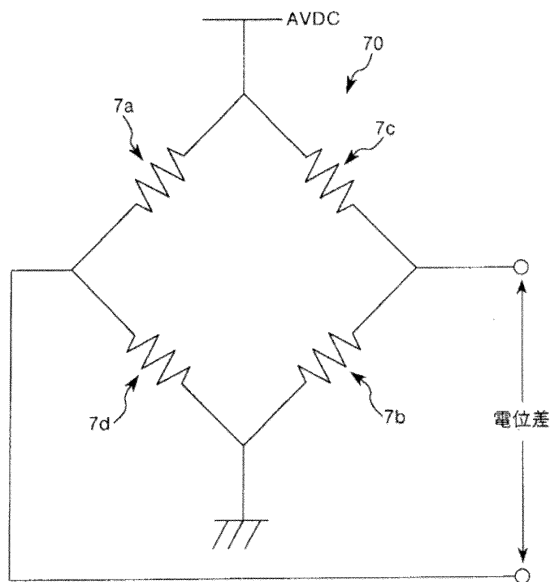
【図 1】



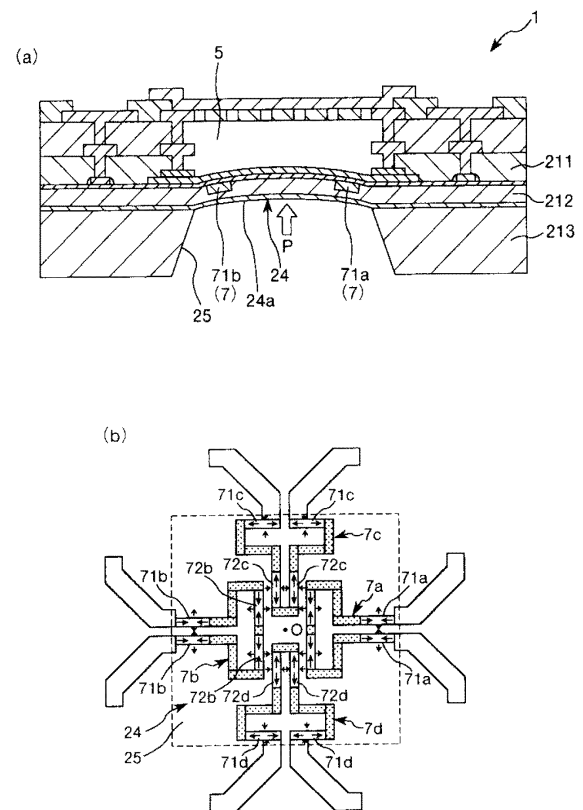
【図 2】



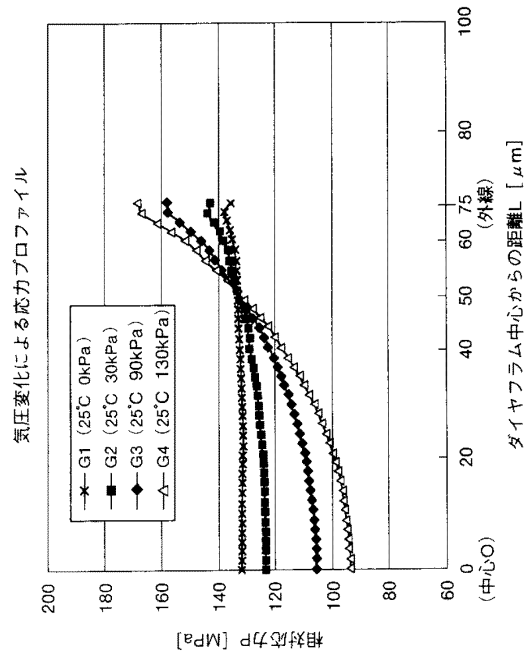
【図 3】



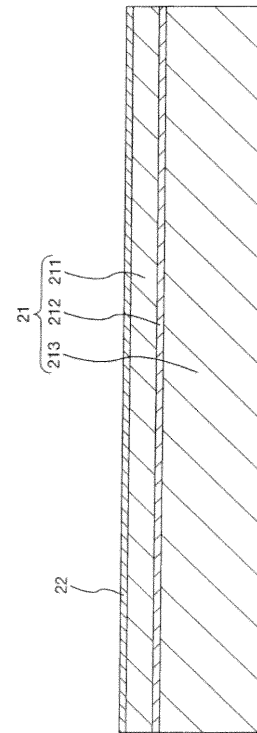
【図 4】



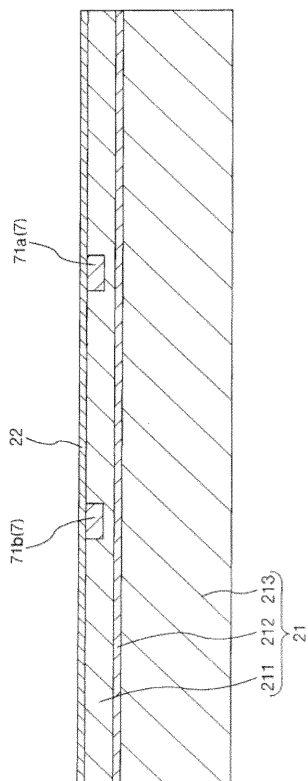
【図 5】



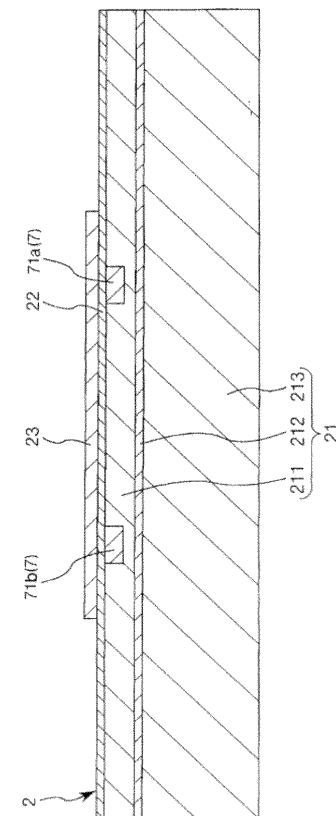
【図 6】



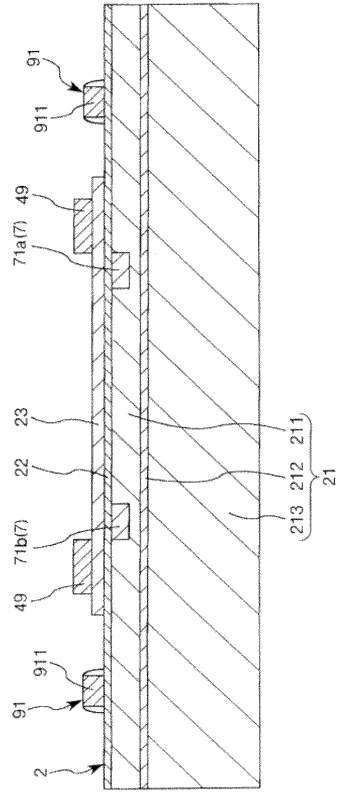
【図 7】



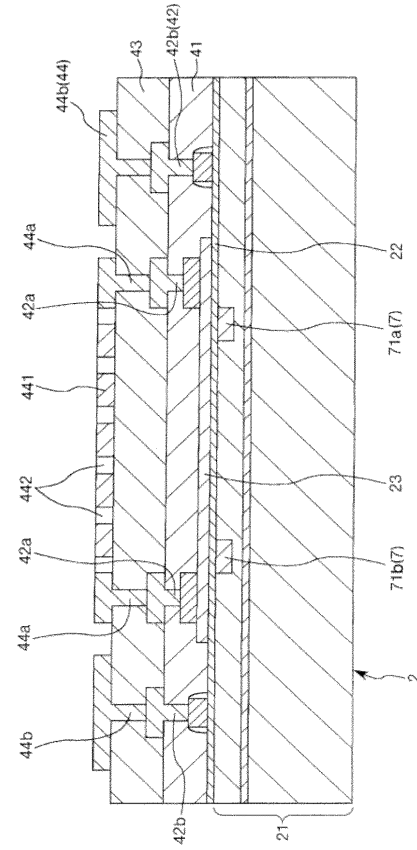
【図 8】



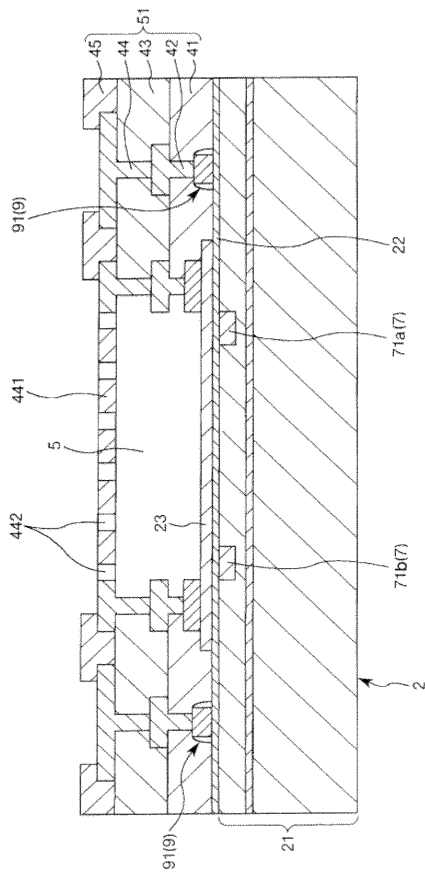
【図 9】



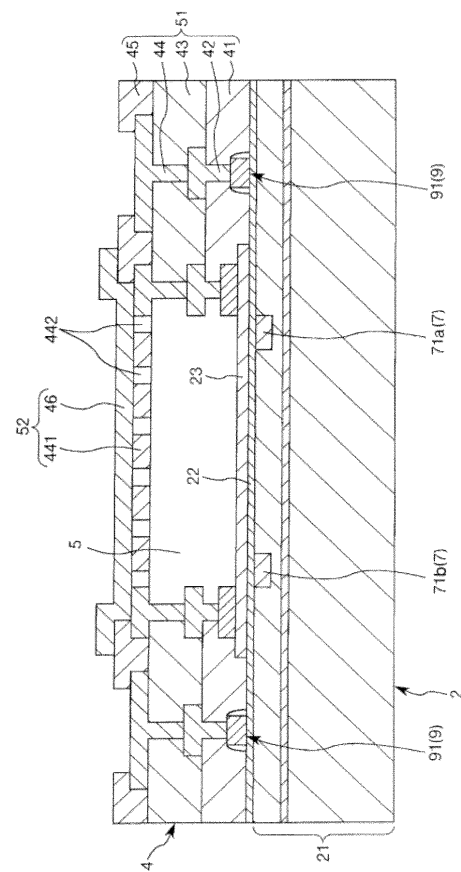
【図 10】



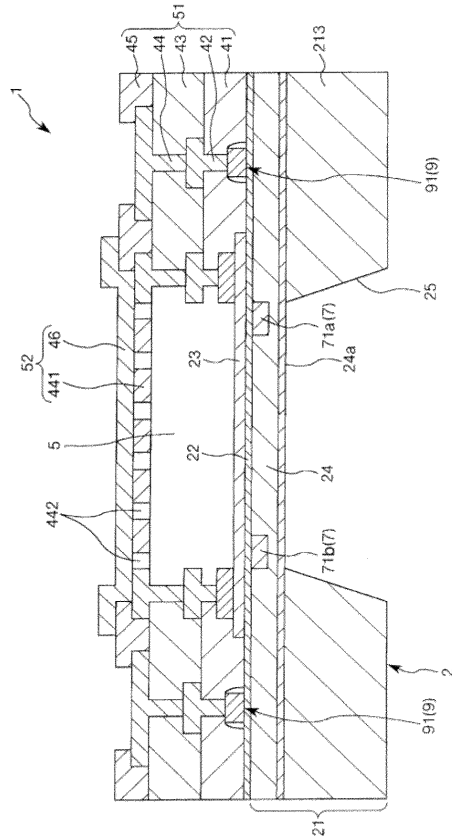
【図 11】



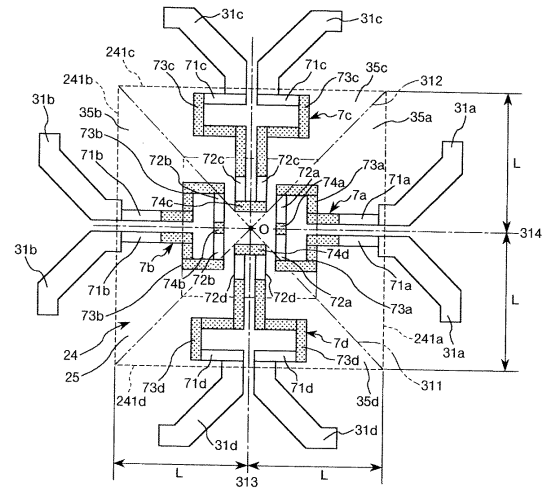
【図 12】



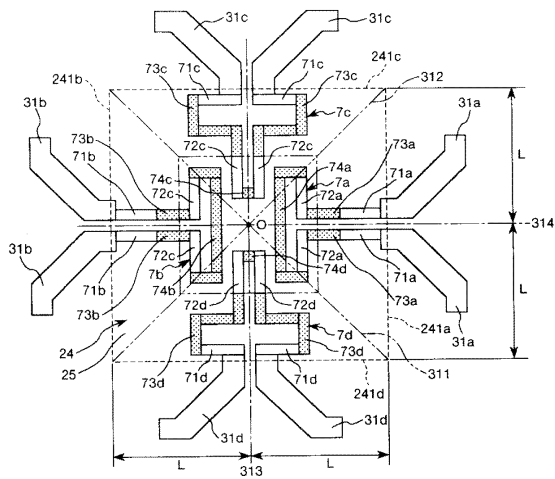
【図 13】



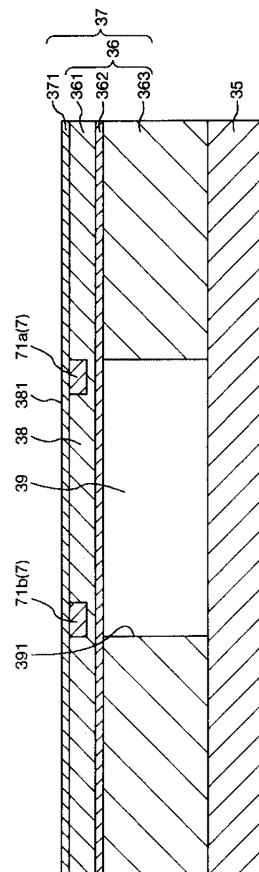
【図 14】



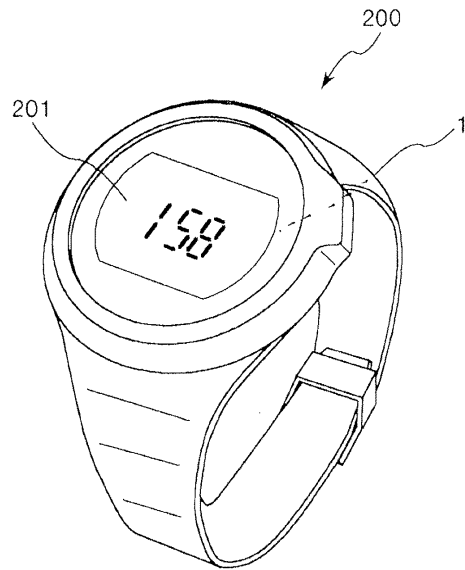
【図 15】



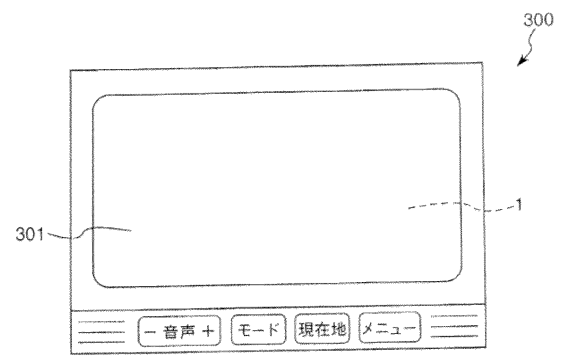
【図 16】



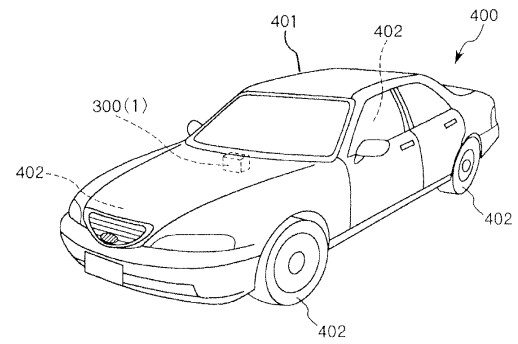
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭63-111676(JP,A)
特開昭62-093979(JP,A)
実開昭56-169561(JP,U)
米国特許出願公開第2002/0000127(US,A1)
特開2004-053603(JP,A)
特開2002-039891(JP,A)
特開昭57-010271(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L	9/00
G01L	1/18
H01L	29/84
B81B	3/00