

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6855853号
(P6855853)

(45) 発行日 令和3年4月7日 (2021. 4. 7)

(24) 登録日 令和3年3月22日 (2021. 3. 22)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 C 19/5747 (2012. 01)

GO 1 C 19/5747

HO 1 L 29/84 (2006. 01)

HO 1 L 29/84

Z

請求項の数 13 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-50215 (P2017-50215)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成29年3月15日 (2017. 3. 15)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2018-155501 (P2018-155501A)		東京都新宿区新宿四丁目 1 番 6 号
(43) 公開日	平成30年10月4日 (2018. 10. 4)	(74) 代理人	100091292
審査請求日	令和2年1月21日 (2020. 1. 21)		弁理士 増田 達哉
		(74) 代理人	100091627
			弁理士 朝比 一夫
		(72) 発明者	古畑 誠
			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	永田 和幸
			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	眞岩 久恵
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量センサー、物理量センサーデバイス、電子機器および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

駆動振動モードに応じて振動する駆動部と、
前記駆動部を第 1 方向に変位可能に支持する懸架ばね部と、
前記駆動部を前記第 1 方向に変位可能に支持する駆動ばね部と、
を含み、
前記駆動ばね部の最小幅は、前記懸架ばね部の最小幅よりも大きいことを特徴とする物理量センサー。

【請求項 2】

前記懸架ばね部および前記駆動ばね部は、それぞれ、前記第 1 方向に交差する第 2 方向
に延在する梁部を有し、

前記駆動ばね部の前記梁部の前記第 1 方向の最小幅は、前記懸架ばね部の前記梁部の前記第 1 方向の最小幅よりも大きい請求項 1 に記載の物理量センサー。

【請求項 3】

前記駆動ばね部の前記第 1 方向のばね定数は、前記懸架ばね部の前記第 1 方向のばね定数よりも大きい請求項 1 または 2 に記載の物理量センサー。

【請求項 4】

前記懸架ばね部は、前記第 1 方向に交差する第 2 方向に離間して複数設けられており、
1 つの前記懸架ばね部と他の前記懸架ばね部との間に、前記駆動ばね部が設けられている請求項 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】

第 1 駆動部と、
前記第 1 駆動部を第 1 方向に変位可能に支持する第 1 懸架ばね部と、
第 2 駆動部と、
前記第 2 駆動部を前記第 1 方向に変位可能に支持する第 2 懸架ばね部と、
前記第 1 駆動部と前記第 2 駆動部とを連結する駆動ばね部と、を有し、
前記駆動ばね部の最小幅は、前記第 1 懸架ばね部の最小幅および前記第 2 懸架ばね部の最小幅よりも大きいことを特徴とする物理量センサー。

【請求項 6】

前記第 1 懸架ばね部、前記第 2 懸架ばね部および前記駆動ばね部は、それぞれ、前記第 1 方向に交差する第 2 方向に延在する梁部を有し、
前記駆動ばね部の前記梁部の前記第 1 方向の最小幅は、前記第 1 懸架ばね部の前記梁部の前記第 1 方向の最小幅および前記第 2 懸架ばね部の前記梁部の前記第 1 方向の最小幅よりも大きい請求項 5 に記載の物理量センサー。 10

【請求項 7】

前記駆動ばね部の前記第 1 方向のばね定数は、前記第 1 懸架ばね部の前記第 1 方向のばね定数および前記第 2 懸架ばね部の前記第 1 方向のばね定数よりも大きい請求項 5 または 6 に記載の物理量センサー。

【請求項 8】

前記駆動ばね部は、前記第 1 駆動部と前記第 2 駆動部との間に設けられている請求項 5 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の物理量センサー。 20

【請求項 9】

可動部と、
前記可動部が前記駆動部に対して前記第 1 方向に交差する第 2 方向に変位可能なように、前記可動部と前記駆動部とを連結する検出ばね部と、を有し、
前記検出ばね部の最小幅は、前記駆動ばね部の最小幅よりも小さい請求項 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 10】

前記検出ばね部は、前記第 1 方向に延在する梁部を有し、
前記検出ばね部の前記梁部の前記第 2 方向の最小幅は、前記駆動ばね部の前記梁部の前記第 1 方向の最小幅よりも小さい請求項 9 に記載の物理量センサー。 30

【請求項 11】

請求項 1 ないし 10 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物理量センサーデバイス。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 10 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 13】

請求項 1 ないし 10 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。 40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、物理量センサー、物理量センサーデバイス、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来から、ジャイロセンサー（角速度センサー）として、特許文献 1 に記載の構成が知られている。この特許文献 1 に記載のジャイロセンサーは、枠状のフレームと、フレームを X 軸方向に変位可能に支持する懸架ばねと、フレーム内に設けられた第 1、第 2 振動質 50

量体と、第 1、第 2 振動質量体とフレームとを連結する振動ばねと、を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特表平 9 - 5 1 2 1 0 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 のジャイロセンサーでは、懸架ばねが柔らかく設計されているため、振動系の Q 値が低下し、消費電力が増えるなど振動特性が悪化するおそれがある。

10

【0005】

本発明の目的は、Q 値を向上させ、消費電力に優れた振動特性を発揮することのできる物理量センサー、物理量センサーデバイス、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】

【0006】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

【0007】

本発明の物理量センサーは、駆動振動モードに応じて振動する駆動部と、前記駆動部を第 1 方向に変位可能に支持する懸架ばね部と、前記駆動部を前記第 1 方向に変位可能に支持する駆動ばね部と、を有し、前記駆動ばね部は、前記懸架ばね部よりも前記駆動振動モードの周波数に対して作用し、

20

前記駆動ばね部の最小幅は、前記懸架ばね部の最小幅よりも大きいことを特徴とする。

これにより、駆動部を第 1 方向にスムーズに振動させることができる。さらに、駆動振動モード（駆動部を第 1 方向に振動させるモード）の Q 値を効果的に高めることができる。すなわち、Q 値を向上させ、消費電力に優れた振動特性を発揮することのできる物理量センサーが得られる。

【0008】

30

本発明の物理量センサーでは、前記懸架ばね部および前記駆動ばね部は、それぞれ、前記第 1 方向に交差する第 2 方向に延在する梁部を有し、

前記駆動ばね部の前記梁部の前記第 1 方向の最小幅は、前記第 1 懸架ばね部の前記梁部の前記第 1 方向の最小幅よりも大きいことが好ましい。

これにより、簡単な構成で、駆動ばね部を懸架ばね部よりも硬くすることができ、より効果的に、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。

【0009】

本発明の物理量センサーでは、前記駆動ばね部の前記第 1 方向のばね定数は、前記懸架ばね部の前記第 1 方向のばね定数よりも大きいことが好ましい。

これにより、より効果的に、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。

40

【0010】

本発明の物理量センサーでは、前記懸架ばね部は、前記第 2 方向に離間して複数設けられており、

1 つの前記懸架ばね部と他の前記懸架ばね部との間に、前記駆動ばね部が設けられていることが好ましい。

これにより、懸架ばね部および駆動ばね部によって駆動部をバランスよく支持することができ、駆動部をよりスムーズに第 1 方向に振動させることができる。

【0011】

本発明の物理量センサーは、第 1 駆動部と、

前記第 1 駆動部を第 1 方向に変位可能に支持する第 1 懸架ばね部と、

50

第2駆動部と、

前記第2駆動部を前記第1方向に変位可能に支持する第2懸架ばね部と、

前記第1駆動部と前記第2駆動部とを連結する駆動ばね部と、を有し、

前記駆動ばね部の最小幅は、前記第1懸架ばね部の最小幅および前記第2懸架ばね部の最小幅よりも大きいことを特徴とする。

これにより、第1駆動部および第2駆動部をそれぞれX軸方向にスムーズに振動させることができる。さらに、駆動振動モードのQ値をそれぞれ効果的に高めることができる。すなわち、Q値を向上させ、消費電力に優れた振動特性を発揮することのできる物理量センサーが得られる。

【0012】

10

本発明の物理量センサーでは、前記第1懸架ばね部、前記第2懸架ばね部および前記駆動ばね部は、それぞれ、前記第1方向に交差する第2方向に延在する梁部を有し、

前記駆動ばね部の前記梁部の前記第1方向の最小幅は、前記第1懸架ばね部の前記梁部の前記第1方向の最小幅および前記第2懸架ばね部の前記梁部の前記第1方向の最小幅よりも大きいことが好ましい。

これにより、簡単な構成で、駆動ばね部を第1、第2懸架ばね部よりも硬くすることができ、より効果的に、駆動振動モードのQ値を高めることができる。

【0013】

本発明の物理量センサーでは、前記駆動ばね部の前記第1方向のばね定数は、前記第1懸架ばね部の前記第1方向のばね定数および前記第2懸架ばね部の前記第1方向のばね定数よりも大きいことが好ましい。

20

これにより、より効果的に、駆動振動モードのQ値を高めることができる。

【0014】

本発明の物理量センサーでは、前記駆動ばね部は、前記第1駆動部と前記第2駆動部との間に設けられていることが好ましい。

これにより、第1駆動部と第2駆動部の間のスペースを有効利用することができ、物理量センサーの大型化を伴うことなく、駆動ばね部を配置することができる。

【0015】

本発明の物理量センサーでは、可動部と、

前記可動部が前記駆動部に対して前記第1方向に交差する第2方向に変位可能なように、前記可動部と前記駆動部とを連結する検出ばね部と、を有し、

30

前記検出ばね部の最小幅は、前記駆動ばね部の最小幅よりも小さいことが好ましい。

これにより、検出ばね部の小型化を図ることができる。また、検出振動モード（可動部が第2方向に振動するモード）のQ値を低下させることができ、例えば、外乱等によって検出振動モードが励振されてしまうことを効果的に抑制することができる。そのため、物理量センサーの物理量の検出精度が向上する。

【0016】

本発明の物理量センサーでは、前記検出ばね部は、前記第1方向に延在する梁部を有し、

前記検出ばね部の前記梁部の前記第2方向の最小幅は、前記駆動ばね部の前記梁部の前記第1方向の最小幅よりも小さいことが好ましい。

40

これにより、検出ばね部の構成が簡単なものとなる。また、検出ばね部の第2方向の全長を短くすることができ、より効果的に、物理量センサーを小型化することができる。

【0017】

本発明の物理量センサーデバイスは、本発明の物理量センサーを有することを特徴とする。

これにより、本発明の物理量センサーの効果を楽しむことができ、信頼性の高い物理量センサーデバイスが得られる。

【0018】

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。

50

これにより、本発明の物理量センサーの効果を享受でき、信頼性の高い電子機器が得られる。

【 0 0 1 9 】

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。

これにより、本発明の物理量センサーの効果を享受でき、信頼性の高い移動体を得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る物理量センサーを示す平面図である。

【図 2】図 1 の A - A 線断面図である。

10

【図 3】素子部の拡大平面図である。

【図 4】駆動ばね部と懸架ばね部のばね定数の比と Q 値との関係を示すグラフである。

【図 5】素子部の拡大平面図である。

【図 6】本発明の第 2 実施形態に係る物理量センサーの素子部を示す平面図である。

【図 7】素子部の拡大平面図である。

【図 8】本発明の第 3 実施形態に係る物理量センサーの素子部を示す平面図である。

【図 9】本発明の第 4 実施形態に係る物理量センサーデバイスを示す断面図である。

【図 10】本発明の第 5 実施形態に係る電子機器を示す斜視図である。

【図 11】本発明の第 6 実施形態に係る電子機器を示す斜視図である。

【図 12】本発明の第 7 実施形態に係る電子機器を示す斜視図である。

20

【図 13】本発明の第 8 実施形態に係る移動体を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の物理量センサー、物理量センサーデバイス、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 2 2 】

< 第 1 実施形態 >

まず、本発明の第 1 実施形態に係る物理量センサーについて説明する。

【 0 0 2 3 】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る物理量センサーを示す平面図である。図 2 は、図 1 の A - A 線断面図である。図 3 は、素子部の拡大平面図である。図 4 は、駆動ばね部と懸架ばね部のばね定数の比と Q 値との関係を示すグラフである。図 5 は、素子部の拡大平面図である。

30

【 0 0 2 4 】

なお、以下では、説明の便宜上、図 1 中の紙面手前側および図 2 中の上側を「上」、図 1 中の紙面奥側および図 2 中の下側を「下」とも言う。また、各図には、互いに直交する 3 つの軸として、X 軸、Y 軸および Z 軸が図示されている。また、以下では、X 軸に平行な方向を「X 軸方向」、Y 軸に平行な方向を「Y 軸方向」、Z 軸に平行な方向を「Z 軸方向」とも言う。また、各軸の矢印先端側を「プラス側」とも言い、反対側を「マイナス側」とも言う。

40

【 0 0 2 5 】

図 1 に示す物理量センサー 1 は、Z 軸まわりの角速度 \dot{z} を検出することのできるジャイロセンサーである。この物理量センサー 1 は、基板 2 と、蓋体 3 と、素子部 4 と、を有している。

【 0 0 2 6 】

図 1 に示すように、基板 2 は、矩形の平面視形状を有する板状をなしている。また、基板 2 は、上面側に開放する凹部 21 を有している。また、Z 軸方向からの平面視で、凹部 21 は、素子部 4 を内側に内包するように、素子部 4 よりも大きく形成されている。このような凹部 21 は、素子部 4 と基板 2 との接触を防止（抑制）するための逃げ部として機能する。また、凹部 21 内には、マウント部 271、272、273、274 が設けられ

50

ている。そして、このような基板 2 の上面およびマウント部 271、272、273、274 に素子部 4 が接合されている。また、基板 2 は、上面に開放する溝部 22、23、24、25、26 を有している。

【0027】

このような基板 2 としては、例えば、アルカリ金属イオン (Na^+ 等の可動イオン) を含むガラス材料 (例えば、パイレックスガラス (登録商標) のような硼珪酸ガラス) で構成されたガラス基板を用いることができる。これにより、例えば、後述するように、基板 2 と素子部 4 とを陽極接合することができ、これらを強固に接合することができる。また、光透過性を有する基板 2 が得られるため、物理量センサー 1 の外側から、基板 2 を介して素子部 4 の状態を視認することができる。

10

【0028】

ただし、基板 2 としては、特に限定されず、例えば、シリコン基板やセラミックス基板を用いてもよい。なお、基板 2 としてシリコン基板を用いる場合は、短絡を防止する観点から、高抵抗のシリコン基板を用いるか、表面に熱酸化等によってシリコン酸化膜 (絶縁性酸化物) を形成したシリコン基板を用いることが好ましい。

【0029】

また、図 1 に示すように、溝部 22、23、24、25、26 には、それぞれ、配線 72、73、74、75、76 が設けられている。また、配線 72、73、74、75、76 の一端部は、それぞれ、蓋体 3 の外側に露出しており、外部装置との電氣的な接続を行う電極パッド P として機能する。

20

【0030】

配線 72、73、74、75、76 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、金 (Au)、銀 (Ag)、白金 (Pt)、パラジウム (Pd)、イリジウム (Ir)、銅 (Cu)、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni)、Ti (チタン)、タングステン (W) 等の金属材料、これら金属材料を含む合金、ITO (Indium Tin Oxide)、IZO (Indium Zinc Oxide)、ZnO、IGZO 等の酸化物系の透明導電性材料が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせ (例えば 2 層以上の積層体として) 用いることができる。

【0031】

図 1 に示すように、蓋体 3 は、矩形の平面視形状を有する板状をなしている。また、図 2 に示すように、蓋体 3 は、下面側 (基板 2 側) に開放する凹部 31 を有している。このような蓋体 3 は、凹部 31 内に素子部 4 を収納するようにして、基板 2 の上面に接合されている。そして、蓋体 3 および基板 2 によって、その内側に、素子部 4 を収納する収納空間 S が形成されている。

30

【0032】

また、図 2 に示すように、蓋体 3 は、収納空間 S の内外を連通する連通孔 32 を有している。この連通孔 32 を介して、収納空間 S を所望の雰囲気置換することができる。また、連通孔 32 内には封止部材 33 が配置され、封止部材 33 によって連通孔 32 が気密封止されている。なお、収納空間 S は、減圧状態 (好ましくは、10 Pa 以下程度) であることが好ましい。これにより、粘性抵抗が減り、素子部 4 を効率的に振動 (駆動) させることができる。

40

【0033】

封止部材 33 としては、連通孔 32 を封止できれば、特に限定されず、例えば、金 (Au) / 錫 (Sn) 系合金、金 (Au) / ゲルマニウム (Ge) 系合金、金 (Au) / アルミニウム (Al) 系合金等の各種合金、低融点ガラス等のガラス材料等を用いることができる。

【0034】

このような蓋体 3 としては、例えば、シリコン基板を用いることができる。ただし、蓋体 3 としては、特に限定されず、例えば、ガラス基板やセラミックス基板を用いてもよい。また、基板 2 と蓋体 3 との接合方法としては、特に限定されず、基板 2 や蓋体 3 の材料

50

によって適宜選択すればよいが、例えば、陽極接合、プラズマ照射によって活性化させた接合面同士を接合させる活性化接合、ガラスフリット等の接合材による接合、基板 2 の上面および蓋体 3 の下面に成膜した金属膜同士を接合する拡散接合等が挙げられる。

【0035】

本実施形態では、図 2 に示すように、接合材の一例であるガラスフリット 39（低融点ガラス）を介して基板 2 と蓋体 3 とが接合されている。基板 2 と蓋体 3 とを重ね合わせた状態では、溝部 22、23、24、25、26 を介して収納空間 S の内外が連通してしまうが、ガラスフリット 39 を用いることで、基板 2 と蓋体 3 とを接合すると共に、溝部 22、23、24、25、26 を封止することができる。そのため、より容易に、収納空間 S を気密封止することができる。なお、基板 2 と蓋体 3 とを陽極接合等（溝部 22、23、24、25、26 を封止できない接合方法）で接合した場合には、例えば、TEOS（テトラエトキシシラン）を用いた CVD 法等で形成された SiO_2 膜によって、溝部 22、23、24、25、26 を塞ぐことができる。

【0036】

図 1 に示すように、素子部 4 は、収納空間 S に配置され、基板 2 の上面に接合されている。また、素子部 4 は、2 つの構造体 40（40a、40b）と構造体 40a、40b を連結する駆動ばね部 400 と、を有している。このような素子部 4 は、例えば、リン、ボロン等の不純物がドーパされた導電性のシリコン基板をドライエッチング法（特に、ボッシュ法）によってパターニングすることで一体的に形成することができる。また、素子部 4 の厚さとしては、特に限定されないが、例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下程度とすることができる。

【0037】

2 つの構造体 40a、40b は、X 軸方向に並んで設けられており、Y 軸に沿う仮想直線に対して対称となっている。また、構造体 40a、40b の間に駆動ばね部 400 が設けられており、駆動ばね部 400 は、構造体 40a、40b の後述する駆動部 41 同士を連結している。

【0038】

構造体 40 は、駆動部 41 と、懸架ばね部 42 と、固定部 431 と、可動駆動電極 44 と、固定駆動電極 451、452 と、可動部 46 と、検出ばね部 47 と、可動検出電極 48 と、固定検出電極 491、492 と、を有している。

【0039】

駆動部 41 は、矩形の枠体である。そして、駆動部 41 の 4 隅にそれぞれ懸架ばね部 42 の一端部が接続されている。懸架ばね部 42 は、X 軸方向に弾性を有し、駆動部 41 を X 軸方向に変位可能に支持している。このような懸架ばね部 42 は、蛇行形状をなしており、Y 軸方向に往復しながら X 軸方向に延びている。懸架ばね部 42 の他端部は、固定部 431 に接続されており、固定部 431 は、基板 2 の上面に接合されている。

【0040】

これにより、駆動部 41 および懸架ばね部 42 が基板 2 から浮いた状態で支持された状態となる。なお、固定部 431 と基板 2 の接合方法としては、特に限定されないが、例えば、陽極接合を用いることができる。また、複数の固定部 431 の少なくとも 1 つは、図示しない導電性のバンプを介して、配線 74 と電氣的に接続されている。

【0041】

可動駆動電極 44 は、駆動部 41 に設けられており、本実施形態では、駆動部 41 の Y 軸方向プラス側に 4 つ、Y 軸方向マイナス側に 4 つ、計 8 つ設けられている。これら可動駆動電極 44 は、それぞれ、駆動部 41 から Y 軸方向に延出する支持部と、支持部から X 軸方向両側に延出する複数の電極指とを備えた櫛歯形状となっている。なお、可動駆動電極 44 の配置や数は、特に限定されない。

【0042】

固定駆動電極 451、452 は、基板 2 に接合（固定）されている。そして、1 組の固定駆動電極 451、452 の間に 1 つの可動駆動電極 44 が位置している。すなわち、可

10

20

30

40

50

動駆動電極 4 4 の X 軸方向一方側に固定駆動電極 4 5 1 が位置しており、他方側に固定駆動電極 4 5 2 が位置している。これら固定駆動電極 4 5 1、4 5 2 は、それぞれ、Y 軸方向に延在する支持部と、支持部から X 軸方向片側（可動駆動電極 4 4 側）に延出する複数の電極指と、を備えた櫛歯形状となっている。

【0043】

また、各固定駆動電極 4 5 1 は、導電性バンプ（図示せず）を介して配線 7 2 と電氣的に接続されており、各固定駆動電極 4 5 2 は、導電性バンプ（図示せず）を介して配線 7 3 と電氣的に接続されている。

【0044】

可動駆動電極 4 4 と固定駆動電極 4 5 1、4 5 2 との間に駆動電圧を印加し、可動駆動電極 4 4 と固定駆動電極 4 5 1 との間に静電引力が生じる状態と、可動駆動電極 4 4 と固定駆動電極 4 5 2 との間に静電引力が生じる状態とを繰り返すことで、懸架ばね部 4 2 を X 軸方向に伸縮（弾性変形）させつつ、駆動部 4 1 を X 軸方向に振動させることができる。以下では、この振動モードを「駆動振動モード」とも言う。ここで、構造体 4 0 a と構造体 4 0 b とでは、固定駆動電極 4 5 1、4 5 2 の配置が対称である。そのため、構造体 4 0 a では、可動駆動電極 4 4 に対して X 軸方向マイナス側に固定駆動電極 4 5 1 が位置し、X 軸方向プラス側に固定駆動電極 4 5 2 が位置しているのに対して、構造体 4 0 b では、可動駆動電極 4 4 に対して X 軸方向プラス側に固定駆動電極 4 5 1 が位置し、X 軸方向マイナス側に固定駆動電極 4 5 2 が位置している。そのため、2 つの駆動部 4 1 は、互いに接近、離間するように X 軸方向に逆位相で振動する。これにより、2 つの駆動部 4 1 の振動をキャンセルすることができ、振動漏れを低減することができる。

【0045】

なお、本実施形態では、静電力によって駆動部 4 1 を X 軸方向に振動させる方式（静電駆動方式）となっているが、駆動部 4 1 を X 軸方向に振動させる方法は、特に限定されず、圧電駆動方式や、磁場のローレンツ力を利用した電磁駆動方式等を適用することもできる。

【0046】

可動部 4 6 は、駆動部 4 1 の内側に配置されている。このような可動部 4 6 は、検出ばね部 4 7 を介して駆動部 4 1 に連結されている。検出ばね部 4 7 は、Y 軸方向に弾性を有し、可動部 4 6 を駆動部 4 1 に対して Y 軸方向に変位可能に支持している。また、検出ばね部 4 7 は、蛇行形状をなしており、X 軸方向に往復しながら Y 軸方向に延びている。このような検出ばね部 4 7 は、可動部 4 6 に対して Y 軸方向プラス側に 2 つ、Y 軸方向マイナス側に 2 つ、計 4 つ設けられており、可動部 4 6 を Y 軸方向から挟み込むように両持ち支持している。また、可動部 4 6 に対して Y 軸方向プラス側に位置する 2 つの検出ばね部 4 7 は、可動部 4 6 と駆動部 4 1 の X 軸方向中央部同士を連結している。同様に、可動部 4 6 に対して Y 軸方向マイナス側に位置する 2 つの検出ばね部 4 7 も、可動部 4 6 と駆動部 4 1 の X 軸方向中央部同士を連結している。これにより、可動部 4 6 の Y 軸方向以外への変位（特に、X 軸方向および Z 軸まわりの変位）を効果的に抑制することができ、角速度 z の検出感度が向上する。

【0047】

駆動振動モードで駆動部 4 1 を振動させた状態で、物理量センサー 1 に Z 軸まわりの角速度 z が加わると、可動部 4 6 は、コリオリ力によって、検出ばね部 4 7 を Y 軸方向に変形（弾性変形）させつつ、駆動部 4 1 に対して Y 軸方向に変位する。なお、以下では、この振動モードを「検出振動モード」とも言う。

【0048】

可動検出電極 4 8 は、可動部 4 6 から X 軸方向両側に延出して複数設けられている。また、固定検出電極 4 9 1 は、基板 2 に固定され、各可動検出電極 4 8 に対して X 軸方向プラス側に対向して複数配置されており、可動検出電極 4 8 との間に静電容量を形成している。一方、固定検出電極 4 9 2 は、基板 2 に固定され、各可動検出電極 4 8 に対して X 軸方向マイナス側に対向して複数配置されており、可動検出電極 4 8 との間に静電容量を形

成している。

【0049】

なお、図1に示すように、構造体40aにおいて、可動部46に対してX軸方向マイナス側に位置する固定検出電極491、492は、マウント部271に接合されており、可動部46に対してX軸方向プラス側に位置する固定検出電極491、492は、マウント部272に接合されている。また、構造体40bにおいて、可動部46に対してX軸方向マイナス側に位置する固定検出電極491、492は、マウント部273に接合されており、可動部46に対してX軸方向プラス側に位置する固定検出電極491、492は、マウント部274に接合されている。また、構造体40aの固定検出電極491および構造体40bの固定検出電極492は、配線75と電氣的に接続されており、構造体40aの固定検出電極492および構造体40bの固定検出電極491は、配線76と電氣的に接続されている。

10

【0050】

次に、物理量センサー1の動作について説明する。まず、可動駆動電極44と固定駆動電極451、452との間に駆動電圧を印加し、駆動部41を駆動振動モードで振動させる。そして、この状態において、物理量センサー1に角速度 z が加わると、コリオリ力が働き、検出振動モードが励振され、可動部46がY軸方向に振動する。これにより、可動検出電極48と固定検出電極491とのギャップおよび可動検出電極48と固定検出電極492とのギャップがそれぞれ変化し、これに伴って、可動検出電極48と固定検出電極491との間の静電容量および可動検出電極48と固定検出電極492との間の静電容量がそれぞれ変化する。そのため、この静電容量の変化量（差動信号）を検出することで、角速度 z を求めることができる。

20

【0051】

ここで、物理量センサー1では、駆動振動モードのQ値を高めることが好ましく、これにより、駆動振動モードを励振させ易くなる。また、それに伴って、省電力化および小型化を図ることもできる。そこで、物理量センサー1では、駆動振動モードのQ値を高めるために、駆動ばね部400の最小幅W1が懸架ばね部42の最小幅W2よりも大きく設計されている。以下、このことについて具体的に説明する。

【0052】

まず、駆動振動モードにおいて、駆動部41をX軸方向にスムーズに振動させる、具体的には、Z軸方向の不要な振動（クアドラチャ）を抑制するためには、懸架ばね部42の幅をより細くして、懸架ばね部42を柔らかくする（ばね定数を小さくする）ことが有効である。しかしながら、懸架ばね部42の幅を細くすると、駆動振動モードのQ値が低下してしまい、駆動振動モードを安定して励振することが難しくなる。そこで、本実施形態では、構造体40a、40bの駆動部41同士を連結する駆動ばね部400を設けて、駆動ばね部400の最小幅W1を懸架ばね部42の最小幅W2よりも大きくすることで、駆動振動モードのQ値を高めている。換言すると、駆動ばね部400よりも柔らかい懸架ばね部42は、構造体40aおよび40bの駆動部41を基板2から離間してX軸方向に対して柔らかく浮上させる作用が駆動ばね部400よりも大きく、駆動振動モードに対する作用は駆動ばね部400よりも影響が小さい。駆動ばね部400は、互いに逆相に振動する構造体40aおよび40bの駆動部41における駆動振動モードの周波数に対する作用が懸架ばね部42よりも大きく支配的になっている。したがって、駆動ばね部400の最小幅W2を懸架ばね部42の最小幅W1よりも大きくすることで、駆動振動モードのQ値を高めることができる。

30

40

【0053】

図3は、素子部4の一部を拡大した平面図である。同図に示すように、懸架ばね部42は、蛇行形状をなし、Y軸方向に往復して配置されている。そのため、懸架ばね部42は、Y軸方向に延在し、X軸方向に沿って間欠的に並設された複数の梁部421と、これら複数の梁部421を連結する複数の連結部422とを有している。なお、各連結部422は、幅が大きく、実質的に弾性変形しない。したがって、実質的に梁部421のみが弾性

50

変形する。また、複数の梁部 4 2 1 は、互いにほぼ同じ形状および大きさである。なお、懸架ばね部 4 2 の形状としては、特に限定されず、例えば、後述する駆動ばね部 4 0 0 のような形状となってもよい。

【 0 0 5 4 】

一方、駆動ばね部 4 0 0 は、X 軸方向に並ぶ複数の矩形の枠状部 4 0 1 と、これら枠状部 4 0 1 を連結する複数の連結部 4 0 4 とを有している。また、各枠状部 4 0 1 は、Y 軸方向に延在する 2 つの梁部 4 0 2 と、これら梁部 4 0 2 の端部同士を接続する 2 つの接続部 4 0 3 とを有している。なお、各連結部 4 0 4 および各接続部 4 0 3 は、それぞれ、幅が大きく、実質的に弾性変形しない。また、複数の梁部 4 0 2 は、互いにほぼ同じ形状および大きさである。なお、駆動ばね部 4 0 0 の形状としては、特に限定されず、例えば、

10

【 0 0 5 5 】

そこで、物理量センサー 1 では、梁部 4 0 2 の最小幅 W_1 (X 軸方向の最小長さ) が梁部 4 2 1 の最小幅 W_2 (X 軸方向の最小長さ) よりも大きくなっている。これにより、より確実に、駆動ばね部 4 0 0 を懸架ばね部 4 2 よりも硬くすることができ、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。なお、本実施形態では、梁部 4 0 2 は、その延在方向 (Y 軸方向) に沿って幅がほぼ一定であるため、最小幅 W_1 は、「梁部 4 0 2 の幅」とも言える。同様に、梁部 4 2 1 は、その延在方向 (Y 軸方向) に沿って幅がほぼ一定であるため、最小幅 W_2 は、「梁部 4 2 1 の幅」とも言える。

20

【 0 0 5 6 】

なお、最小幅 W_1 、 W_2 の比率は、特に限定されないが、例えば、 $1.1 \leq W_1 / W_2 \leq 1.10$ であるのが好ましく、 $1.2 \leq W_1 / W_2 \leq 3$ であるのがより好ましい。これにより、上述した効果がより顕著なものとなると共に、梁部 4 0 2 が太くなり過ぎて、物理量センサー 1 が大型化してしまうことを抑制することができる。

【 0 0 5 7 】

ここで、駆動ばね部 4 0 0 を懸架ばね部 4 2 よりも硬くする方法として、例えば、梁部 4 0 2 の最小幅 W_1 を梁部 4 2 1 の最小幅 W_2 と等しくし、梁部 4 0 2 の長さを梁部 4 2 1 の長さよりも短くする方法も考えられる。しかしながら、このような方法では、駆動振動モードの Q 値を効果的に高めることができないことが発明者の鋭意研究の結果、明らかとなった。そのため、本実施形態のように、梁部 4 0 2 の最小幅 W_1 を梁部 4 2 1 の最小幅 W_2 よりも太くして、駆動ばね部 4 0 0 を懸架ばね部 4 2 よりも硬くしなければ、駆動振動モードの Q 値の向上を達成することが困難である。

30

【 0 0 5 8 】

また、駆動ばね部 4 0 0 の X 軸方向 (伸縮方向) のばね定数 k' は、懸架ばね部 4 2 の X 軸方向 (伸縮方向) のばね定数 k'' よりも大きい。これにより、より確実に、駆動ばね部 4 0 0 を懸架ばね部 4 2 よりも硬くすることができ、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。ここで、懸架ばね部 4 2 のばね定数 k'' とは、1 つの駆動部 4 1 を支持している全て (本実施形態では 4 つ) の懸架ばね部 4 2 を並列に接続した状態でのばね定数であり、各懸架ばね部 4 2 のばね定数の和である。すなわち、4 つの懸架ばね部 4 2 のばね定数を、それぞれ、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 としたとき、 $k'' = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$ である。

40

【 0 0 5 9 】

駆動ばね部 4 0 0 のばね定数 k' と懸架ばね部 4 2 のばね定数 k'' の比率は、特に限定されないが、 $2 \leq k' / k''$ であることが好ましく、 $4 \leq k' / k''$ であることがより好ましい。すなわち、駆動ばね部 4 0 0 のばね定数 k' は、懸架ばね部 4 2 のばね定数 k'' の 2 倍以上であることが好ましく、4 倍以上であることがより好ましい。これにより、図 4 に示すように、ばね定数 $k' =$ ばね定数 k'' の場合と比較して、Q 値をより高めることができる。

【 0 0 6 0 】

また、駆動ばね部 4 0 0 の梁部 4 0 2 の最小幅 W_1 としては、駆動振動モードの周波数

50

によっても異なるが、例えば、駆動振動モードの周波数が 10 kHz 以上 100 kHz 以下の場合には、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。これにより、梁部 402 の機械的強度を保ちつつ、適度な硬さとすることができ、より効果的に、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。

【0061】

一方、懸架ばね部 42 の梁部 421 の最小幅 W_2 としては、梁部 402 の最小幅 W_1 よりも小さければ、特に限定されないが、例えば、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。これにより、梁部 421 の機械的強度を保ちつつ、十分に柔らかい懸架ばね部 42 が得られる。

【0062】

また、駆動振動モードの周波数としては、特に限定されないが、例えば、 10 kHz 以上 100 kHz 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 を等温的領域で駆動させることができ、熱弾性損失による Q 値の低下を効果的に抑制することができる。

【0063】

以上、駆動振動モードの Q 値を高める観点から、駆動ばね部 400 と懸架ばね部 42 との最小幅の関係について説明した。次に、駆動ばね部 400 と検出ばね部 47 との最小幅の関係について説明する。

【0064】

検出ばね部 47 の硬さ（ばね定数）は、駆動振動モードの Q 値に影響を与えない。そのため、検出ばね部 47 の最小幅 W_3 と駆動ばね部 400 の最小幅 W_1 との関係は、特に限定されない。しかしながら、検出ばね部 47 の最小幅 W_3 は、駆動ばね部 400 の最小幅 W_1 よりも小さいことが好ましい。これにより、検出ばね部 47 の小型化を図ることができる。また、検出ばね部 47 が柔らかくなり、検出振動モードの Q 値を低下させることができる。これにより、例えば、角速度 ω 以外の外乱等によって検出振動モードが励振されてしまうことを効果的に抑制することができる。そのため、物理量センサー 1 の角速度 ω の検出精度が向上する。

【0065】

図 5 は、素子部 4 の一部を拡大した平面図である。同図に示すように、検出ばね部 47 は、蛇行形状をなし、 X 軸方向に往復して配置されている。そのため、検出ばね部 47 は、 X 軸方向に延在し、 Y 軸方向に沿って間欠的に並設された複数の梁部 471 と、これら複数の梁部 471 を連結する複数の連結部 472 とを有している。なお、連結部 472 は、幅が大きく、実質的に弾性変形しない。また、複数の梁部 471 は、互いにほぼ同じ形状および大きさである。

【0066】

物理量センサー 1 では、梁部 471 の最小幅 W_3 （ Y 軸方向の最小長さ）が梁部 402 の最小幅 W_1 （ X 軸方向の最小長さ）よりも小さくなっている。これにより、検出ばね部 47 の Y 軸方向の全長が短くなり、それに伴って物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。また、検出ばね部 47 が十分に柔らかくなり、より効果的に、検出振動モードの Q 値を低下させることができる。なお、本実施形態では、梁部 471 は、その延在方向（ X 軸方向）に沿って幅がほぼ一定であるため、最小幅 W_3 は、「梁部 471 の幅」とも言える。

【0067】

なお、最小幅 W_1 、 W_3 の比率は、特に限定されないが、例えば、 $0.1 \leq W_3 / W_1 \leq 0.9$ であるのが好ましく、 $0.4 \leq W_1 / W_2 \leq 0.7$ であるのがより好ましい。これにより、上述した効果がより顕著なものとなると共に、梁部 471 が細くなり過ぎて、破損し易くなってしまいうことを抑制することができる。

【0068】

以上、物理量センサー 1 の構成について説明した。なお、以下では、構造体 40a の駆動部 41、懸架ばね部 42 および梁部 421 を、それぞれ、第 1 駆動部 41'、第 1 懸架

10

20

30

40

50

ばね部 4 2 ' および梁部 4 2 1 ' とも言い、構造体 4 0 b の駆動部 4 1 、懸架ばね部 4 2 および梁部 4 2 1 を、それぞれ、第 2 駆動部 4 1 " 、第 2 懸架ばね部 4 2 " および梁部 4 2 1 " とも言う。

【 0 0 6 9 】

前述したように、物理量センサー 1 は、第 1 駆動部 4 1 ' と、第 1 駆動部 4 1 ' を X 軸方向（第 1 方向）に変位可能に支持する第 1 懸架ばね部 4 2 ' と、第 2 駆動部 4 1 " と、第 2 駆動部 4 1 " を X 軸方向に変位可能に支持する第 2 懸架ばね部 4 2 " と、第 1 駆動部 4 1 ' と第 2 駆動部 4 1 " とを連結する駆動ばね部 4 0 0 と、を有している。そして、駆動ばね部 4 0 0 の最小幅 W 1 は、第 1 懸架ばね部 4 2 ' の最小幅 W 2 および第 2 懸架ばね部 4 2 " の最小幅 W 2 よりも大きくなっている。このような構成とすることで、駆動振動モードにおいて、第 1 駆動部 4 1 ' および第 2 駆動部 4 1 " をそれぞれ X 軸方向にスムーズに振動させることができると共に、駆動振動モードの Q 値を効果的に高めることができる。これにより、駆動振動モードがより励振され易くなると共に、駆動振動モードがより安定する。すなわち、Q 値が向上し、消費電力に優れた振動特性を発揮することのできる物理量センサー 1 が得られる。

10

【 0 0 7 0 】

また、駆動振動モードが安定することで、ロバスト性が高まり、角速度 ω の検出感度のばらつきが減少する。また、同じ駆動電圧であれば、駆動振動モードの Q 値が高い程、駆動振動モードの振幅が大きくなる。そのため、駆動振動モードの振幅が同じ場合には、省電力駆動が可能となる。また、駆動電圧が同じであれば、可動駆動電極 4 4 および固定駆動電極 4 5 1 、4 5 2 の数を減らすことができ、物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。

20

【 0 0 7 1 】

また、前述したように、第 1 懸架ばね部 4 2 ' 、第 2 懸架ばね部 4 2 " および駆動ばね部 4 0 0 は、それぞれ、Y 軸方向（第 1 方向に交差する第 2 方向）に延在する梁部 4 2 1 ' 、4 2 1 " および梁部 4 0 2 を有している。そして、駆動ばね部 4 0 0 の梁部 4 0 2 の X 軸方向の最小幅 W 1 は、第 1 懸架ばね部 4 2 ' の梁部 4 2 1 ' の X 軸方向の最小幅 W 2 および第 2 懸架ばね部 4 2 " の梁部 4 2 1 " の X 軸方向の最小幅 W 2 よりも大きくなっている。これにより、簡単な構成で、駆動ばね部 4 0 0 を第 1、第 2 懸架ばね部 4 2 ' 、4 2 " よりも硬くすることができ、より効果的に、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。

30

【 0 0 7 2 】

また、前述したように、駆動ばね部 4 0 0 の X 軸方向のばね定数 k' は、第 1 懸架ばね部 4 2 ' の X 軸方向のばね定数 k'' および第 2 懸架ばね部 4 2 " の X 軸方向のばね定数 k'' よりも大きくなっている。これにより、より効果的に、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。

【 0 0 7 3 】

また、前述したように、駆動ばね部 4 0 0 は、第 1 駆動部 4 1 ' と第 2 駆動部 4 1 " との間に設けられている。これにより、第 1 駆動部 4 1 ' と第 2 駆動部 4 1 " の間のスペースを有効利用することができ、物理量センサー 1 の大型化を伴うことなく、駆動ばね部 4 0 0 を配置することができる。特に、駆動ばね部 4 0 0 は、第 1、第 2 駆動部 4 1 ' 、4 1 " の Y 軸方向の中央部同士を連結している。そのため、駆動ばね部 4 0 0 が突っ張りのように作用して、駆動振動モードの際に、第 1、第 2 駆動部 4 1 ' 、4 1 " の X 軸方向以外の方向への振動（特に、Z 軸まわりの振動）を効果的に抑制することができる。

40

【 0 0 7 4 】

また、前述したように、物理量センサー 1 は、可動部 4 6 と、可動部 4 6 が駆動部 4 1 （第 1、第 2 駆動部 4 1 ' 、4 1 " ）に対して Y 軸方向（X 軸方向に交差する方向）に変位可能なように、可動部 4 6 と駆動部 4 1 とを連結する検出ばね部 4 7 と、を有している。そして、検出ばね部 4 7 の最小幅 W 3 は、駆動ばね部 4 0 0 の最小幅 W 1 よりも小さくなっている。これにより、検出ばね部 4 7 の小型化を図ることができる。また、検出振動

50

モードのQ値を低下させることができ、例えば、角速度 ω_z 以外の外乱等によって検出振動モードが励振されてしまうことを効果的に抑制することができる。そのため、物理量センサー1の角速度 ω_z の検出精度が向上する。

【0075】

また、前述したように、検出ばね部47は、X軸方向に延在する梁部471を有している。そして、検出ばね部47の梁部471のY軸方向（伸縮方向）の最小幅W3は、駆動ばね部400の梁部402のX軸方向（伸縮方向）の最小幅W1よりも小さくなっている。これにより、検出ばね部47の構成が簡単なものとなる。また、検出ばね部47のY軸方向の全長を短くすることができ、より効果的に、物理量センサー1を小型化することができる。

10

【0076】

<第2実施形態>

次に、本発明の第2実施形態に係る物理量センサーについて説明する。

【0077】

図6は、本発明の第2実施形態に係る物理量センサーの素子部を示す平面図である。図7は、素子部の拡大平面図である。

【0078】

本実施形態に係る物理量センサーでは、主に、素子部の構成が異なること以外は、前述した第1実施形態にかかる物理量センサーと同様である。

【0079】

20

なお、以下の説明では、第2実施形態の物理量センサーに関し、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図6では、前述した第1実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

【0080】

図6に示すように、本実施形態の物理量センサー1では、素子部4は、2つの構造体40a、40bの間に位置し、基板2に接合（固定）された固定部432を有している。また、構造体40a、40bは、それぞれ、駆動部41と固定部432とを連結し、駆動部41をX軸方向に変位可能に支持する駆動ばね部400を有している。

【0081】

このように、物理量センサー1では、各構造体40a、40bが、駆動振動モードに応じて振動する駆動部41と、駆動部41をX軸方向（第1方向）に変位可能に支持する懸架ばね部42と、駆動部41をX軸方向に変位可能に支持する駆動ばね部400と、を有している。また、駆動ばね部400は、懸架ばね部42よりも駆動振動モードの周波数に対して作用する。そして、前述した第1実施形態と同様に、駆動ばね部400の最小幅W1は、懸架ばね部42の最小幅W2よりも大きくなっている。このような構成とすることで、駆動振動モードにおいて、駆動部41をX軸方向にスムーズに振動させることができると共に、駆動振動モードのQ値を効果的に高めることができる。これにより、駆動振動モードがより励振され易くなると共に、駆動振動モードがより安定する。すなわち、Q値が向上し、消費電力に優れた振動特性を発揮することのできる物理量センサー1が得られる。

30

40

【0082】

また、駆動振動モードが安定することで、ロバスト性が高まり、角速度 ω_z の検出感度のばらつきが減少する。また、同じ駆動電圧であれば、駆動振動モードのQ値が高い程、駆動振動モードの振幅が大きくなる。そのため、駆動振動モードの振幅が同じ場合には、省電力駆動が可能となる。また、駆動電圧が同じであれば、可動駆動電極44および固定駆動電極451、452の数を減らすことができ、物理量センサー1の小型化を図ることもできる。

【0083】

また、図7に示すように、各構造体40a、40bにおいて、懸架ばね部42および駆動ばね部400は、それぞれ、Y軸方向（第1方向に交差する第2方向）に延在する梁部

50

4 2 1 および梁部 4 0 2 を有している。そして、駆動ばね部 4 0 0 の梁部 4 0 2 の X 軸方向の最小幅 W 1 は、懸架ばね部 4 2 の梁部 4 2 1 の X 軸方向の最小幅 W 2 よりも大きくなっている。これにより、簡単な構成で、駆動ばね部 4 0 0 を懸架ばね部 4 2 よりも硬くすることができ、より効果的に、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。

【 0 0 8 4 】

また、各構造体 4 0 a、4 0 b において、駆動ばね部 4 0 0 の X 軸方向のばね定数 k' は、懸架ばね部 4 2 の X 軸方向のばね定数 k'' よりも大きくなっている。これにより、より効果的に、駆動振動モードの Q 値を高めることができる。

【 0 0 8 5 】

また、図 6 に示すように、各構造体 4 0 a、4 0 b において、懸架ばね部 4 2 は、Y 軸方向に離間して複数設けられており、1つの懸架ばね部 4 2 と他の懸架ばね部 4 2 との間に、駆動ばね部 4 0 0 が設けられている。これにより、懸架ばね部 4 2 および駆動ばね部 4 0 0 によって駆動部 4 1 をバランスよく支持することができ、駆動振動モードにおいて、駆動部 4 1 をよりスムーズに X 軸方向に振動させることができる。

【 0 0 8 6 】

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。なお、本実施形態では、素子部 4 が 2 つの構造体 4 0 a、4 0 b を有しているが、これらのうちの一方を省略してもよい。

【 0 0 8 7 】

< 第 3 実施形態 >

次に、本発明の第 3 実施形態に係る物理量センサーについて説明する。

【 0 0 8 8 】

図 8 は、本発明の第 3 実施形態に係る物理量センサーの素子部を示す平面図である。

本実施形態に係る物理量センサーでは、素子部の構成および検出軸が異なること以外は、前述した第 1 実施形態にかかる物理量センサーと同様である。

【 0 0 8 9 】

なお、以下の説明では、第 3 実施形態の物理量センサーに関し、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図 8 では、前述した第 1 実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

【 0 0 9 0 】

本実施形態の物理量センサー 1 は、Y 軸まわりの角速度 γ を検出することのできるジャイロセンサーである。図 8 に示すように、各構造体 4 0 (4 0 a、4 0 b) は、駆動部 4 1 と、懸架ばね部 4 2 と、固定部 4 3 1 と、可動駆動電極 4 4 と、固定駆動電極 4 5 1、4 5 2 と、検出用フラップ板 6 1 と、梁部 6 2 と、を有している。また、検出用フラップ板 6 1 は、第 1 フラップ板 6 1 1 および第 2 フラップ板 6 1 2 を有し、梁部 6 2 は、第 1 梁部 6 2 1 および第 2 梁部 6 2 2 を有している。なお、駆動部 4 1、懸架ばね部 4 2、固定部 4 3 1、可動駆動電極 4 4 および固定駆動電極 4 5 1、4 5 2 は、前述した第 1 実施形態と同様の構成であるため、以下では、検出用フラップ板 6 1 および梁部 6 2 について説明する。

【 0 0 9 1 】

第 1、第 2 フラップ板 6 1 1、6 1 2 は、駆動部 4 1 の内側に位置し、Y 軸方向に並んで配置されている。また、第 1、第 2 フラップ板 6 1 1、6 1 2 は、それぞれ、矩形の板状をなしている。また、第 1 フラップ板 6 1 1 は、第 1 梁部 6 2 1 を介して駆動部 4 1 に連結されており、第 2 フラップ板 6 1 2 は、第 2 梁部 6 2 2 を介して駆動部 4 1 に連結されている。

【 0 0 9 2 】

駆動振動モードで駆動部 4 1 を駆動させた状態で、物理量センサー 1 に角速度 γ が加わると、第 1、第 2 フラップ板 6 1 1、6 1 2 は、コリオリ力によって、第 1、第 2 梁部 6 2 1、6 2 2 を振り変形 (弾性変形) させつつ、第 1、第 2 梁部 6 2 1、6 2 2 で形成される回動軸 J 1、J 2 まわりに回動 (変位) する。なお、以下では、この振動モードを

10

20

30

40

50

「検出振動モード」とも言う。

【0093】

なお、第1、第2フラップ板611、612の向きは、特に限定されず、例えば、互いの自由端同士を対向させて配置してもよいし、互いの自由端を同じ方向に向けて配置してもよい。また、第1、第2フラップ板611、612の一方を省略してもよい。

【0094】

また、図8に示すように、基板2の第1、第2フラップ板611、612と対向する領域（Z軸方向から見た平面視で重なる領域）にはそれぞれ固定検出電極5が設けられており、第1フラップ板611と固定検出電極5との間および第2フラップ板612と固定検出電極5との間に、それぞれ、静電容量が形成されている。

10

【0095】

なお、図示しないが、構造体40aと対向する2つの固定検出電極5は、配線72と電氣的に接続されており、構造体40bと対向する2つの固定検出電極5は、配線73と電氣的に接続されている。

【0096】

次に、物理量センサー1の動作について説明する。まず、可動駆動電極44と固定駆動電極451、452との間に駆動電圧を印加し、駆動部41を駆動振動モードで振動させる。この状態において、物理量センサー1に角速度 y が加わると、コリオリ力が働き、検出振動モードが励振され、第1、第2フラップ板611、612が回転軸J1、J2まわりに回転する。これにより、第1、第2フラップ板611、612と固定検出電極5とのギャップが変化し、それに伴って、これらの間の静電容量が変化する。そのため、この静電容量の変化量（差動信号）を検出することで、角速度 y を求めることができる。

20

【0097】

以上のような第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。

【0098】

< 第4実施形態 >

次に、本発明の第4実施形態に係る物理量センサーデバイスについて説明する。

【0099】

図9は、本発明の第4実施形態に係る物理量センサーデバイスを示す断面図である。

30

図9に示すように、物理量センサーデバイス1000は、ベース基板1010と、ベース基板1010上に設けられた物理量センサー1と、物理量センサー1上に設けられた回路素子1020（IC）と、物理量センサー1と回路素子1020とを電氣的に接続するボンディングワイヤーBW1と、ベース基板1010と回路素子1020とを電氣的に接続するボンディングワイヤーBW2と、物理量センサー1および回路素子1020をモールドするモールド部1030と、を有している。ここで、物理量センサー1としては、例えば、前述した第1～第3実施形態のいずれかを用いることができる。

【0100】

ベース基板1010は、物理量センサー1を支持する基板であり、例えば、インターポザー基板である。このようなベース基板1010の上面には複数の接続端子1011が配置されており、下面には複数の実装端子1012が配置されている。また、ベース基板1010内には、図示しない内部配線が配置されており、この内部配線を介して、各接続端子1011が対応する実装端子1012と電氣的に接続されている。このようなベース基板1010としては、特に限定されず、例えば、シリコン基板、セラミック基板、樹脂基板、ガラス基板、ガラスエポキシ基板等を用いることができる。

40

【0101】

また、物理量センサー1は、基板2を下側（ベース基板1010側）に向けてベース基板1010上に配置されている。そして、物理量センサー1は、接合部材を介してベース基板1010に接合されている。

【0102】

50

また、回路素子 1020 は、物理量センサー 1 上に配置されている。そして、回路素子 1020 は、接合部材を介して物理量センサー 1 の蓋体 3 に接合されている。また、回路素子 1020 は、ボンディングワイヤー BW1 を介して物理量センサー 1 の各電極パッド P と電氣的に接続され、ボンディングワイヤー BW2 を介してベース基板 1010 の接続端子 1011 と電氣的に接続されている。このような回路素子 1020 には、物理量センサー 1 を駆動する駆動回路や、物理量センサー 1 からの出力信号に基づいて角速度を検出する検出回路や、検出回路からの信号を所定の信号に変換して出力する出力回路等が、必要に応じて含まれている。

【0103】

また、モールド部 1030 は、物理量センサー 1 および回路素子 1020 をモールドしている。これにより、物理量センサー 1 や回路素子 1020 を水分、埃、衝撃等から保護することができる。モールド部 1030 としては、特に限定されないが、例えば、熱硬化型のエポキシ樹脂を用いることができ、例えば、トランスファーモールド法によってモールドすることができる。

【0104】

以上のような物理量センサーデバイス 1000 は、物理量センサー 1 を有している。そのため、物理量センサー 1 の効果を享受でき、信頼性の高い物理量センサーデバイス 1000 が得られる。

【0105】

なお、物理量センサーデバイス 1000 の構成としては、上記の構成に限定されず、例えば、物理量センサー 1 がセラミックパッケージに収納された構成となってもよい。

【0106】

< 第 5 実施形態 >

次に、本発明の第 5 実施形態に係る電子機器について説明する。

【0107】

図 10 は、本発明の第 5 実施形態に係る電子機器を示す斜視図である。

図 10 に示すモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピューター 1100 は、本発明の物理量センサーを備える電子機器を適用したものである。この図において、パーソナルコンピューター 1100 は、キーボード 1102 を備えた本体部 1104 と、表示部 1108 を備えた表示ユニット 1106 とにより構成され、表示ユニット 1106 は、本体部 1104 に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピューター 1100 には、角速度センサーとして機能する物理量センサー 1 が内蔵されている。ここで、物理量センサー 1 としては、例えば、前述した第 1 ～ 第 8 実施形態のいずれかを用いることができる。

【0108】

このようなパーソナルコンピューター 1100（電子機器）は、物理量センサー 1 を有している。そのため、前述した物理量センサー 1 の効果を享受でき、高い信頼性を発揮することができる。

【0109】

< 第 6 実施形態 >

次に、本発明の第 6 実施形態に係る電子機器について説明する。

【0110】

図 11 は、本発明の第 6 実施形態に係る電子機器を示す斜視図である。

図 11 に示す携帯電話機 1200（PHS も含む）は、本発明の物理量センサーを備える電子機器を適用したものである。この図において、携帯電話機 1200 は、アンテナ（図示せず）、複数の操作ボタン 1202、受話口 1204 および送話口 1206 を備え、操作ボタン 1202 と受話口 1204 との間には、表示部 1208 が配置されている。このような携帯電話機 1200 には、角速度センサーとして機能する物理量センサー 1 が内蔵されている。ここで、物理量センサー 1 としては、例えば、前述した第 1 ～ 第 3 実施形態のいずれかを用いることができる。

【 0 1 1 1 】

このような携帯電話機 1 2 0 0 (電子機器) は、物理量センサー 1 を有している。そのため、前述した物理量センサー 1 の効果を享受でき、高い信頼性を発揮することができる。

【 0 1 1 2 】

< 第 7 実施形態 >

次に、本発明の第 7 実施形態に係る電子機器について説明する。

【 0 1 1 3 】

図 1 2 は、本発明の第 7 実施形態に係る電子機器を示す斜視図である。

図 1 2 に示すデジタルスチールカメラ 1 3 0 0 は、本発明の物理量センサーを備える電子機器を適用したものである。この図において、ケース (ボディー) 1 3 0 2 の背面には表示部 1 3 1 0 が設けられ、C C D による撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部 1 3 1 0 は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース 1 3 0 2 の正面側 (図中裏面側) には、光学レンズ (撮像光学系) や C C D などを含む受光ユニット 1 3 0 4 が設けられている。そして、撮影者が表示部 1 3 1 0 に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1 3 0 6 を押すと、その時点における C C D の撮像信号が、メモリー 1 3 0 8 に転送・格納される。このようなデジタルスチールカメラ 1 3 0 0 には、角速度センサーとして機能する物理量センサー 1 が内蔵されている。ここで、物理量センサー 1 としては、例えば、前述した第 1 ~ 第 3 実施形態のいずれかを用いることができる。

【 0 1 1 4 】

このようなデジタルスチールカメラ 1 3 0 0 (電子機器) は、物理量センサー 1 を有している。そのため、前述した物理量センサー 1 の効果を享受でき、高い信頼性を発揮することができる。

【 0 1 1 5 】

なお、本発明の電子機器は、前述した実施形態のパーソナルコンピューターおよび携帯電話機、本実施形態のデジタルスチールカメラの他にも、例えば、スマートフォン、タブレット端末、時計 (スマートウォッチを含む)、インクジェット式吐出装置 (例えばインクジェットプリンタ)、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、H M D (ヘッドマウントディスプレイ) 等のウェアラブル端末、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャ、電子手帳 (通信機能付も含む)、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、P O S 端末、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)、魚群探知機、各種測定機器、移動体端末基地局用機器、計器類 (例えば、車両、航空機、船舶の計器類)、フライトシミュレーター、ネットワークサーバー等に適用することができる。

【 0 1 1 6 】

< 第 8 実施形態 >

次に、本発明の第 8 実施形態に係る移動体について説明する。

【 0 1 1 7 】

図 1 3 は、本発明の第 8 実施形態に係る移動体を示す斜視図である。

図 1 3 に示す自動車 1 5 0 0 は、本発明の物理量センサーを備える移動体を適用した自動車である。この図において、自動車 1 5 0 0 には、角速度センサーとして機能する物理量センサー 1 が内蔵されており、物理量センサー 1 によって車体 1 5 0 1 の姿勢を検出することができる。物理量センサー 1 の検出信号は、車体姿勢制御装置 1 5 0 2 に供給され、車体姿勢制御装置 1 5 0 2 は、その信号に基づいて車体 1 5 0 1 の姿勢を検出し、検出結果に応じてサスペンションの硬軟を制御したり、個々の車輪 1 5 0 3 のブレーキを制御したりすることができる。ここで、物理量センサー 1 としては、例えば、前述した第 1 ~ 第 3 実施形態のいずれかを用いることができる。

【 0 1 1 8 】

このような自動車１５００（移動体）は、物理量センサー１を有している。そのため、前述した物理量センサー１の効果を享受でき、高い信頼性を発揮することができる。

【０１１９】

なお、物理量センサー１は、他にも、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ＡＢＳ）、エアバック、タイヤ・プレッシャー・モニタリング・システム（ＴＰＭＳ：Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター等の電子制御ユニット（ＥＣＵ：electronic control unit）に広く適用できる。

【０１２０】

また、移動体としては、自動車１５００に限定されず、例えば、飛行機、ロケット、人工衛星、船舶、ＡＧＶ（無人搬送車）、二足歩行ロボット、ドローン等の無人飛行機等にも適用することができる。

【０１２１】

以上、本発明の物理量センサー、物理量センサーデバイス、電子機器および移動体を図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれ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、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、前述した実施形態を適宜組み合わせてもよい。また、前述した実施形態では、Ｘ軸方向（第１方向）とＹ軸方向（第２方向）とが直交しているが、これに限定されず、交差していればよい。

【０１２２】

また、前述した実施形態では、素子部が１つの構成について説明したが、素子部が複数設けられていてもよい。この際に、複数の素子部を検出軸が互いに異なるように配置することで、複数の軸方向の加速度を検出することができる。

【０１２３】

また、前述した第１実施形態では、検出用フラップ板が回動軸まわりに回動する構成について説明したが、検出用フラップ板としては、Ｚ軸方向に変位することができれば、どのように変位してもよい。例えば、検出用フラップ板は、回動軸まわりにシーソー揺動してもよいし、姿勢を保ったままＺ軸方向に変位していてもよい。すなわち、シーソー揺動型の物理量センサーであってもよいし、平行平板型の物理量センサーであってもよい。

【０１２４】

また、前述した実施形態では、物理量センサーとして角速度を検出する角速度センサーについて説明したが、物理量センサーが検出する物理量としては、角速度に限定されず、例えば、加速度、圧力等であってもよい。

【符号の説明】

【０１２５】

１…物理量センサー、２…基板、２１…凹部、２２、２３、２４、２５、２６…溝部、２７１、２７２、２７３、２７４…マウント部、３…蓋体、３１…凹部、３２…連通孔、３３…封止部材、３９…ガラスフリット、４…素子部、４０、４０ａ、４０ｂ…構造体、４００…駆動ばね部、４０１…枠状部、４０２…梁部、４０３…接続部、４０４…連結部、４１…駆動部、４１′…第１駆動部、４１″…第２駆動部、４２…懸架ばね部、４２′…第１懸架ばね部、４２″…第２懸架ばね部、４２１、４２１′、４２１″…梁部、４２２…連結部、４３１、４３２…固定部、４４…可動駆動電極、４５１、４５２…固定駆動電極、４６…可動部、４７…検出ばね部、４７１…梁部、４７２…連結部、４８…可動検出電極、４９１、４９２…固定検出電極、５…固定検出電極、６１…検出用フラップ板、６１１…第１フラップ板、６１２…第２フラップ板、６２…梁部、６２１…第１梁部、６２２…第２梁部、７２、７３、７４、７５、７６…配線、１０００…物理量センサーデバイス、１０１０…ベース基板、１０１１…接続端子、１０１２…実装端子、１０２０…回路素子、１０３０…モールド部、１１００…パーソナルコンピューター、１１０２…キーボード、１１０４…本体部、１１０６…表示ユニット、１１０８…表示部、１２００…携帯電話機、１２０２…操作ボタン、１２０４…受話口、１２０６…送話口、１２０８…表

10

20

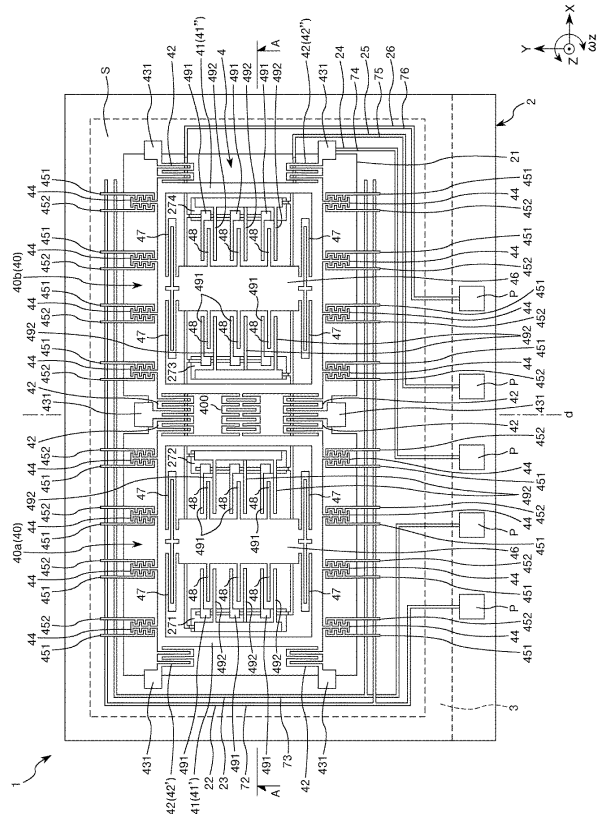
30

40

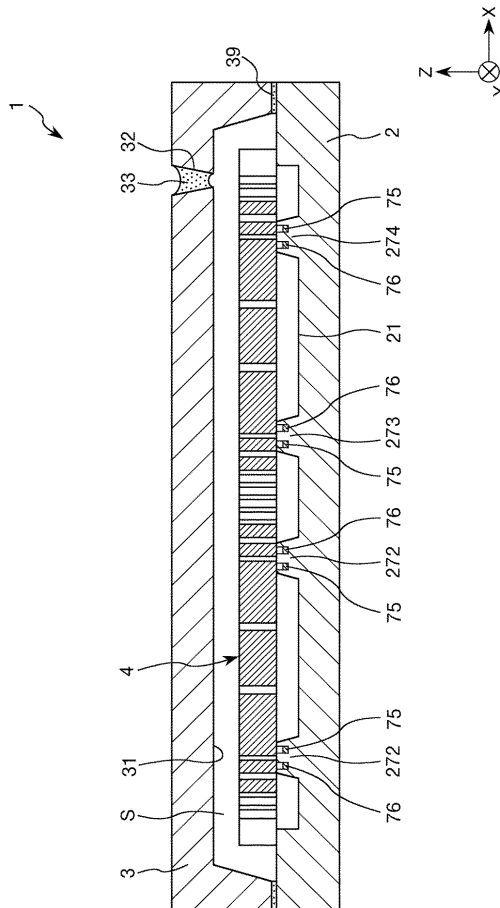
50

示部、1300...デジタルスチールカメラ、1302...ケース、1304...受光ユニット、1306...シャッターボタン、1308...メモリー、1310...表示部、1500...自動車、1501...車体、1502...車体姿勢制御装置、1503...車輪、BW1、BW2...ボンディングワイヤー、J1、J2...回動軸、P...電極パッド、S...収納空間、W1、W2、W3...最小幅、...仮想直線、y、z...角速度

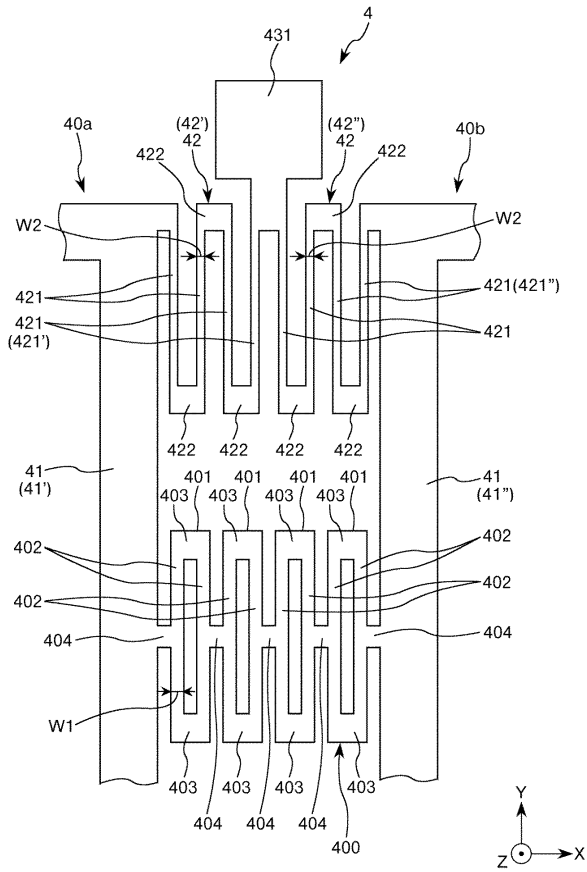
【図1】



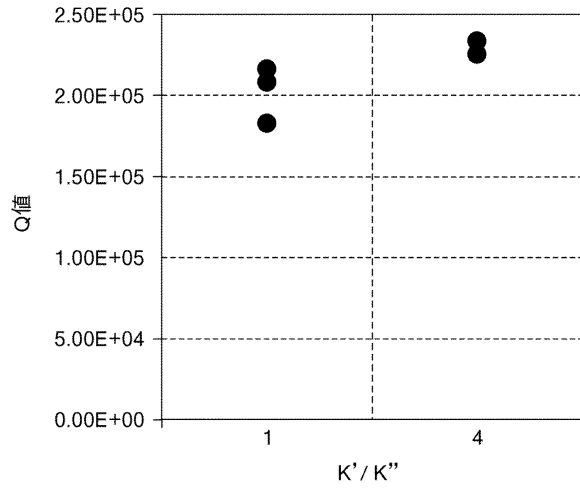
【図2】



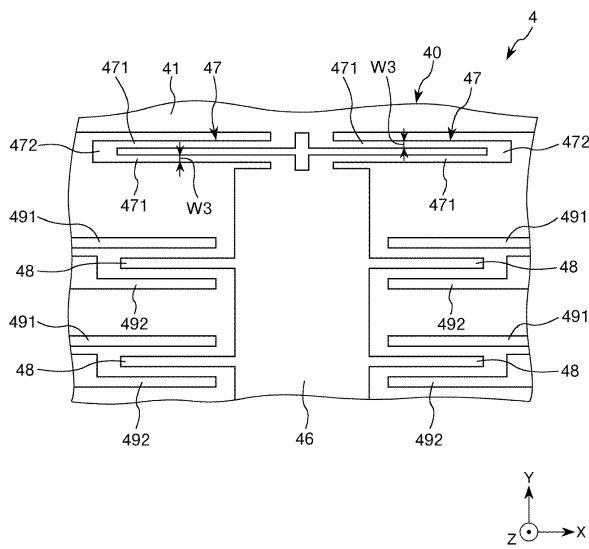
【図 3】



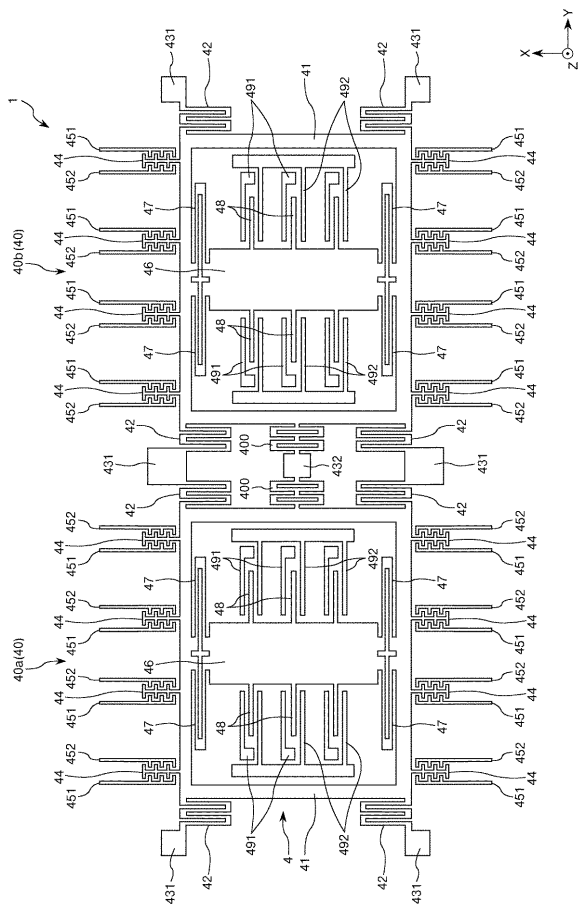
【図 4】



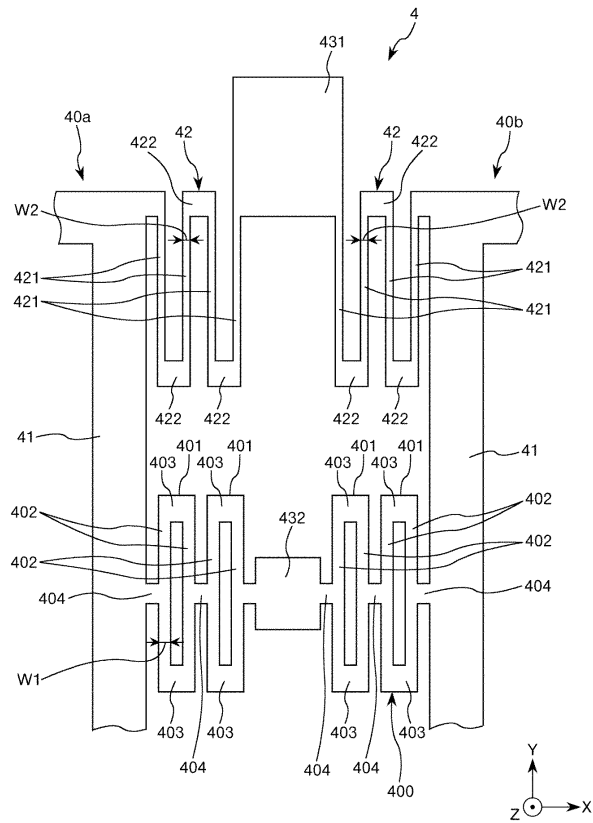
【図 5】



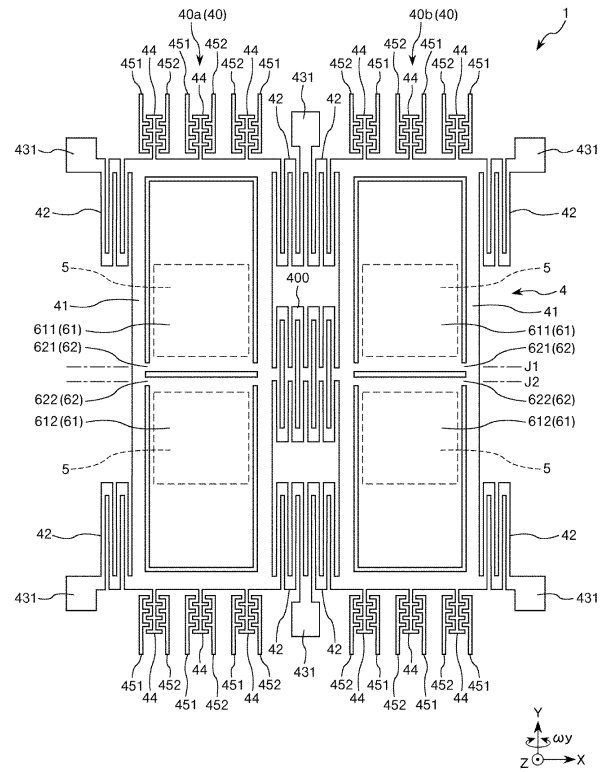
【図 6】



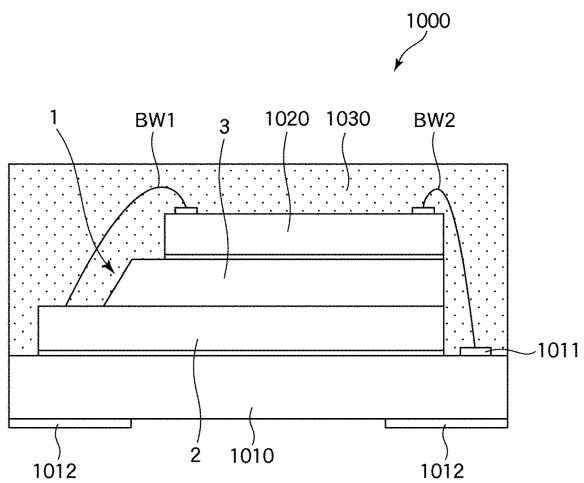
【図 7】



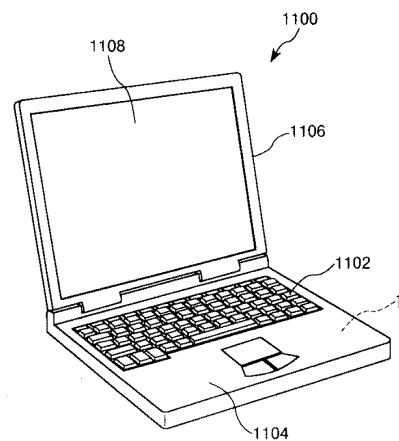
【図 8】



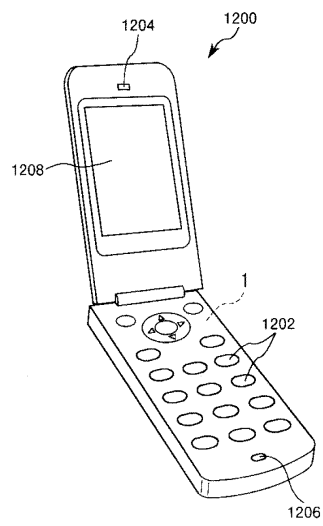
【図 9】



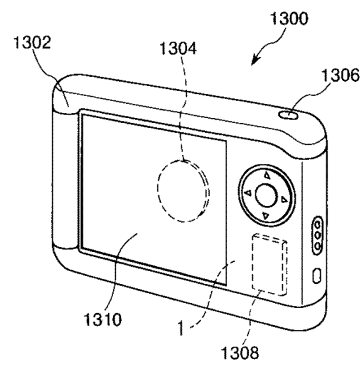
【図 10】



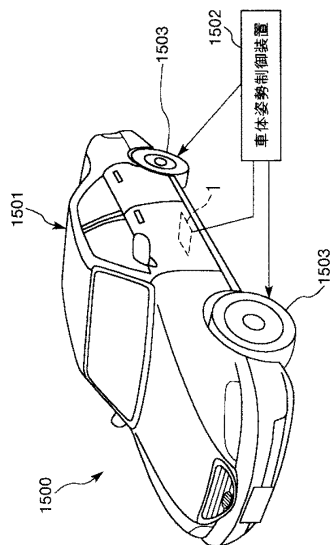
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-271514(JP,A)
特開2016-099269(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/00 - 19/72

H01L 29/84