

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5821995号
(P5821995)

(45) 発行日 平成27年11月24日(2015.11.24)

(24) 登録日 平成27年10月16日(2015.10.16)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 C 19/5747 (2012.01)	GO 1 C 19/56 2 4 7
HO 1 L 29/84 (2006.01)	HO 1 L 29/84 Z
HO 1 L 41/09 (2006.01)	HO 1 L 29/84 A
HO 1 L 41/113 (2006.01)	HO 1 L 41/09
BB 1 B 3/00 (2006.01)	HO 1 L 41/113

請求項の数 19 (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-102396 (P2014-102396)	(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
(22) 出願日	平成26年5月16日(2014.5.16)	(74) 代理人	100091292 弁理士 増田 達哉
(62) 分割の表示	特願2010-233826 (P2010-233826) の分割	(74) 代理人	100091627 弁理士 朝比 一夫
原出願日	平成22年10月18日(2010.10.18)	(72) 発明者	龍澤 照夫 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
(65) 公開番号	特開2014-194423 (P2014-194423A)	審査官	岸 智史
(43) 公開日	平成26年10月9日(2014.10.9)		
審査請求日	平成26年6月13日(2014.6.13)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量センサーおよび電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに直交する2つの軸を第1軸および第2軸としたとき、
円環振動可能なリング部と、
前記リング部を支持する4つの支持部と、
前記支持部の各々と前記リング部の前記円環振動の節となる部位とを連結する4つの梁と、

可動部を有し、前記リング部を介して前記第1軸と平行な方向に対向配置された一对の第1質量部と、

可動部を有し、前記リング部を介して前記第2軸と平行な方向に対向配置された一对の第2質量部と、

前記第1質量部の各々が前記リング部に対して前記第1軸と平行な方向に振動可能となるように、前記第1質量部の各々と前記リング部とを連結する一对の第1バネ部と、

前記第2質量部の各々が前記リング部に対して前記第2軸と平行な方向に振動可能となるように、前記第2質量部の各々と前記リング部とを連結する一对の第2バネ部と、

前記支持部の各々と接合された基板と、

前記基板において、前記第1質量部および前記第2質量部と対向する側の面に形成され、前記基板の平面視で、前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部のうちの少なくとも一方と重なる部分に設けられた凹部と、

前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部のうちの少なくとも一方を前記第1

10

20

軸および前記第 2 軸を含む平面方向に第 1 の周波数で互いに逆位相となるように振動させる振動手段と、

前記第 1 質量部の各々が有する前記可動部および前記第 2 質量部の各々が有する前記可動部の変位量を電気信号に変換する少なくとも 1 つのトランスデューサーと、を有し、

前記リング部は、前記第 1 の周波数に応じて、前記第 1 軸と平行な方向および前記第 2 軸と平行な方向に対して円環振動することを特徴とする物理量センサー。

【請求項 2】

前記基板は、半導体基板、絶縁基板、或いは半導体層と絶縁層が積層してなる複合基板で構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の物理量センサー。

【請求項 3】

前記リング部は、外径と内径とを備え、内径より内側は空隙となっており、前記リング部は弾性変形可能であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の物理量センサー。

【請求項 4】

前記第 1 バネ部は、それぞれ、前記第 2 軸と平行な方向への変形および前記第 1 軸と前記第 2 軸とに直交する軸と平行な方向への変形が規制されており、

前記第 2 バネ部は、それぞれ、前記第 1 軸と平行な方向への変形および前記第 1 軸と前記第 2 軸とに直交する軸と平行な方向への変形が規制されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 5】

前記 4 つの支持部は、前記一对の第 1 質量部および前記一对の第 2 質量部の内側かつ前記リング部の外側に位置しており、前記リング部の中心と交わる前記第 1 軸および前記第 2 軸に対して鏡面对称の位置に設けられたことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 6】

前記梁の各々は、前記リングの中心からの動径方向への変位が規制されていることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 7】

前記振動手段は、静電駆動、圧電駆動のいずれかであることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 8】

前記トランスデューサーは、静電型、圧電型、 piezo 抵抗型のいずれかの検知能力を有していることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 9】

前記トランスデューサーは、前記第 1 軸まわりの角速度、前記第 2 軸まわりの角速度および前記第 1 軸と前記第 2 軸の両軸に直交する第 3 軸まわりの角速度を検知することを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 10】

前記トランスデューサーは、それぞれ他の前記トランスデューサーと組になることにより、所定方向の直線加速度を電氣的にキャンセルすることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 11】

前記トランスデューサーの各々は、固有の共振周波数を有することを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 12】

前記リング部の前記円環振動は、前記第 1 軸と平行な方向に収縮すると共に前記第 2 軸と平行な方向に伸張する状態と、前記第 1 軸と平行な方向に伸張すると共に前記第 2 軸と平行な方向に収縮する状態とを繰り返す振動であることを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 13】

前記リング部の前記第 1 軸および前記第 2 軸の両軸から 45 度傾斜した部位に前記 4 つ

10

20

30

40

50

の梁がそれぞれ接続されたことを特徴とする請求項 1 ないし 1 2 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 1 4】

前記一对の第 1 質量部および前記一对の第 2 質量部の集合体の投影外形がほぼ円形であることを特徴とする請求項 1 ないし 1 3 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 1 5】

前記一对の第 1 質量部および前記一对の第 2 質量部の集合体の投影外形がほぼ矩形であることを特徴とする請求項 1 ないし 1 3 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 1 6】

前記振動手段は、前記第 1 質量部の各々および前記第 2 質量部の各々の内側に接続されている請求項 1 ないし 1 5 のいずれかに記載の物理量センサー。

10

【請求項 1 7】

前記トランスデューサーは、前記第 1 質量部の各々および前記第 2 質量部の各々の内側に接続されている請求項 1 ないし 1 6 のいずれかに記載の物理量センサー。

【請求項 1 8】

互いに直交する 2 つの軸を第 1 軸および第 2 軸としたとき、
伸縮可能な連結部と、
前記連結部の該連結部の中心と交わる前記第 1 軸および前記第 2 軸の両軸から所定角度傾斜した位置に設けられ、前記連結部を支持する 4 つの支持部と、
前記支持部の各々と前記連結部とを連結する 4 つの梁と、
可動部を有し、前記連結部を介して前記第 1 軸と平行な方向に対向配置された一对の第 1 質量部と、
可動部を有し、前記連結部を介して前記第 2 軸と平行な方向に対向配置された一对の第 2 質量部と、

20

前記第 1 質量部の各々が前記連結部に対して前記第 1 軸と平行な方向に振動可能となるように、前記第 1 質量部の各々と前記連結部とを連結する一对の第 1 バネ部と、

前記第 2 質量部の各々が前記連結部に対して前記第 2 軸と平行な方向に振動可能となるように、前記第 2 質量部の各々と前記連結部とを連結する一对の第 2 バネ部と、

前記支持部の各々と接合された基板と、

前記基板において、前記第 1 質量部および前記第 2 質量部と対向する側の面に形成され、前記基板の平面視で、前記一对の第 1 質量部および前記一对の第 2 質量部のうちの少なくとも一方と重なる部分に設けられた凹部と、

30

前記一对の第 1 質量部および前記一对の第 2 質量部のうちの少なくとも一方を前記第 1 軸および前記第 2 軸を含む平面方向に第 1 の周波数で互いに逆位相となるように振動させる振動手段と、

前記第 1 質量部の各々が有する前記可動部および前記第 2 質量部の各々が有する前記可動部の変位量を電気信号に変換する少なくとも 1 つのトランスデューサーと、を有し、

前記連結部が、前記第 1 の周波数に応じて伸縮運動するときに、前記梁と前記連結部との接続部が節となることを特徴とする物理量センサー。

【請求項 1 9】

請求項 1 ないし 1 8 のいずれか一項に記載の物理量センサーを用いたことを特徴とする電子機器。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物理量センサーおよびそれを用いた電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラ等の撮像機器の手ぶれ補正や、GPS 信号を用いた車両等の移動体ナビゲーションシステムなどの姿勢制御として、角速度を検出する角速度センサーが多

50

く用いられている。また、角速度センサーとして、1つのセンサーで互いに直交する3軸のそれぞれの軸まわりの角速度を検出できるようなものも知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

特許文献1に記載のセンサーは、円環状の駆動質量と、その中心に配置されたアンカーと、駆動質量とアンカーとを連結する弾性アンカー要素と、アンカーが固定された基板2とを有しており、駆動質量を回転振動させた状態で、各軸まわりの角速度を検知するように構成されている。

しかしながら、このような構成では、駆動質量の振動が、弾性アンカー要素およびアンカーを介して基板2に伝達し振動漏れが生じる。このような振動漏れが生じると、センサーの振動のQ値が低下する（すなわち、エネルギー損失を招く）。振動のQ値が低下すると、所望の振動振幅が得られなくなり、センサーの検出感度が悪化する。また、必要な振幅を得るために高い駆動能力の駆動装置が必要となり、センサーの大型化を招いてしまう。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-271611号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

本発明の目的は、Q値が高く、高い検出感度を有する小型の物理量センサーおよびそれを用いた電子機器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。

本発明の物理量センサーは、互いに直交する2つの軸を第1軸および第2軸としたとき

、
円環振動可能なリング部と、
前記リング部を支持する4つの支持部と、
前記支持部の各々と前記リング部の前記円環振動の節となる部位とを連結する4つの梁と、

30

可動部を有し、前記リング部を介して前記第1軸と平行な方向に対向配置された一对の第1質量部と、

可動部を有し、前記リング部を介して前記第2軸と平行な方向に対向配置された一对の第2質量部と、

前記第1質量部の各々が前記リング部に対して前記第1軸と平行な方向に振動可能となるように、前記第1質量部の各々と前記リング部とを連結する一对の第1バネ部と、

前記第2質量部の各々が前記リング部に対して前記第2軸と平行な方向に振動可能となるように、前記第2質量部の各々と前記リング部とを連結する一对の第2バネ部と、

40

前記支持部の各々と接合された基板と、

前記基板において、前記第1質量部および前記第2質量部と対向する側の面に形成され、前記基板の平面視で、前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部のうちの少なくとも一方と重なる部分に設けられた凹部と、

前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部のうちの少なくとも一方を前記第1軸および前記第2軸を含む平面方向に第1の周波数で互いに逆位相となるように振動させる振動手段と、

前記第1質量部の各々が有する前記可動部および前記第2質量部の各々が有する前記可動部の変位量を電気信号に変換する少なくとも1つのトランスデューサーと、を有し、

前記リング部は、前記第1の周波数に応じて、前記第1軸と平行な方向および前記第2

50

軸と平行な方向に対して円環振動することを特徴とする。

これにより、Q値が高く、高い検出感度を有する小型の物理量センサーを提供することができる。

【0008】

本発明の物理量センサーでは、前記基板は、半導体基板、絶縁基板、或いは半導体層と絶縁層が積層してなる複合基板で構成されていることが好ましい。

これにより、装置構成が簡単なものとなる。

本発明の物理量センサーでは、前記リング部は、外径と内径とを備え、内径より内側は空隙となっており、前記リング部は弾性変形可能であることが好ましい。

これにより、リング部をより効率的に円環振動させることができる。

10

【0009】

本発明の物理量センサーでは、前記第1バネ部は、それぞれ、前記第2軸と平行な方向への変形および前記第1軸と前記第2軸とに直交する軸と平行な方向への変形が規制されており、

前記第2バネ部は、それぞれ、前記第1軸と平行な方向への変形および前記第1軸と前記第2軸とに直交する軸と平行な方向への変形が規制されていることが好ましい。

これにより、第1質量部を第1軸と平行な方向に安定して振動させることができ、第2質量部を第2軸と平行な方向へ安定して振動させることができる。

【0010】

本発明の物理量センサーでは、前記4つの支持部は、前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部の内側かつ前記リング部の外側に位置しており、前記リング部の中心と交わる前記第1軸および前記第2軸に対して鏡面对称の位置に設けられたことが好ましい。

20

これにより、装置の小型化を図ることができる。また、リング部を安定して支持することができる。

【0011】

本発明の物理量センサーでは、前記梁の各々は、前記リングの中心からの動径方向への変位が規制されていることが好ましい。

これにより、振動漏れをより効果的に防止または抑制することができる。

本発明の物理量センサーでは、前記振動手段は、静電駆動、圧電駆動のいずれかであることが好ましい。

30

これにより、効率的に、第1質量部および第2質量部を振動させることができる。

【0012】

本発明の物理量センサーでは、前記トランスデューサーは、静電型、圧電型、 piezo 抵抗型のいずれかの検知能力を有していることが好ましい。

これにより、検知能力の優れた物理量センサーとなる。

本発明の物理量センサーでは、前記トランスデューサーは、前記第1軸まわりの角速度、前記第2軸まわりの角速度および前記第1軸と前記第2軸の両軸に直交する第3軸まわりの角速度を検知することが好ましい。

これにより、角速度センサーとして用いることができる。

40

【0013】

本発明の物理量センサーでは、前記トランスデューサーは、それぞれ他の前記トランスデューサーと組になることにより、所定方向の直線加速度を電氣的にキャンセルすることが好ましい。

これにより、角速度の検知精度が向上する。

本発明の物理量センサーでは、前記トランスデューサーの各々は、固有の共振周波数を有することが好ましい。

これにより、共振モードで駆動することができるため、角速度の検知精度がより向上する。

【0014】

50

本発明の物理量センサーでは、前記リング部の前記円環振動は、前記第1軸と平行な方向に収縮すると共に前記第2軸と平行な方向に伸張する状態と、前記第1軸と平行な方向に伸張すると共に前記第2軸と平行な方向に収縮する状態とを繰り返す振動であることが好ましい。

本発明の物理量センサーでは、前記リング部の前記第1軸および前記第2軸の両軸から45度傾斜した部位に前記4つの梁がそれぞれ接続されたことが好ましい。

これにより、リング部の円環振動が外部に漏れるのを効果的に防止または抑制することができる。

【0015】

本発明の物理量センサーは、前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部の集合体の投影外形がほぼ円形であることを特徴とする。

これにより、装置の小型化を図ることができる。

本発明の物理量センサーは、前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部の集合体の投影外形がほぼ矩形であることを特徴とする。

これにより、装置の小型化を図ることができる。

【0016】

本発明の物理量センサーでは、前記振動手段は、前記第1質量部の各々および前記第2質量部の各々の内側に接続されていることが好ましい。

これにより、装置の小型化を図ることができる。

本発明の物理量センサーでは、前記トランスデューサーは、前記第1質量部の各々および前記第2質量部の各々の内側に接続されていることが好ましい。

これにより、装置の小型化を図ることができる。

【0017】

本発明の物理量センサーは、互いに直交する2つの軸を第1軸および第2軸としたとき

伸縮可能な連結部と、

前記連結部の該連結部の中心と交わる前記第1軸および前記第2軸の両軸から所定角度傾斜した位置に設けられ、前記連結部を支持する4つの支持部と、

前記支持部の各々と前記連結部とを連結する4つの梁と、

可動部を有し、前記連結部を介して前記第1軸と平行な方向に対向配置された一对の第1質量部と、

可動部を有し、前記連結部を介して前記第2軸と平行な方向に対向配置された一对の第2質量部と、

前記第1質量部の各々が前記連結部に対して前記第1軸と平行な方向に振動可能となるように、前記第1質量部の各々と前記連結部とを連結する一对の第1バネ部と、

前記第2質量部の各々が前記連結部に対して前記第2軸と平行な方向に振動可能となるように、前記第2質量部の各々と前記連結部とを連結する一对の第2バネ部と、

前記支持部の各々と接合された基板と、

前記基板において、前記第1質量部および前記第2質量部と対向する側の面に形成され、前記基板の平面視で、前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部のうちの少なくとも一方と重なる部分に設けられた凹部と、

前記一对の第1質量部および前記一对の第2質量部のうちの少なくとも一方を前記第1軸および前記第2軸を含む平面方向に第1の周波数で互いに逆位相となるように振動させる振動手段と、

前記第1質量部の各々が有する前記可動部および前記第2質量部の各々が有する前記可動部の変位量を電気信号に変換する少なくとも1つのトランスデューサーと、を有し、

前記連結部が、前記第1の周波数に応じて伸縮運動するときに、前記梁と前記連結部との接続部が節となることを特徴とする。

これにより、Q値が高く、高い検出感度を有する小型の物理量センサーを提供することができる。

10

20

30

40

50

本発明の電子機器は、本発明の物理量センサーを用いたことを特徴とする。

これにより、信頼性の高い電子機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の物理量センサーの第1実施形態を示す概略図平面図である。

【図2】図1に示す物理量センサーの詳細な平面図である。

【図3】図2に示す物理量センサーが有するリング部の振動を説明するための平面図である。

【図4】図2に示す物理量センサーが有する検出手段の構成を説明するための平面図である。

【図5】物理量センサーの駆動を説明するための図である。

【図6】物理量センサーの駆動を説明するための図である。

【図7】物理量センサーの駆動を説明するための図である。

【図8】本発明の物理量センサーの第2実施形態を示す平面図である。

【図9】本発明の物理量センサーの第3実施形態を示す平面図である。

【図10】本発明の物理量センサーの第4実施形態を示す平面図である。

【図11】本発明の物理量センサーの第5実施形態を示す平面図である。

【図12】本発明の物理量センサーの第6実施形態を示す平面図である。

【図13】本発明の物理量センサーの第7実施形態を示す平面図である。

【図14】本発明の物理量センサーの第8実施形態を示す平面図である。

【図15】本発明の物理量センサーを備える電子機器（ノート型パーソナルコンピュータ）である。

【図16】本発明の物理量センサーを備える電子機器（携帯電話機）である。

【図17】本発明の物理量センサーを備える電子機器（デジタルスチルカメラ）である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の物理量センサーを添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

<第1実施形態>

図1は、本発明の物理量センサーの第1実施形態を示す概略図平面図、図2は、図1に示す物理量センサーの詳細な平面図、図3は、図2に示す物理量センサーが有するリング部の振動を説明するための平面図、図4は、図2に示す物理量センサーが有する検出手段の構成を説明するための平面図、図5、図6および図7は、それぞれ、物理量センサーの駆動を説明するための図である。なお、各図では、説明の便宜上、互いに直交する3つの軸として、X軸、Y軸およびZ軸を図示している。また、以下では、X軸（第1軸）に平行な方向を「X軸方向」、Y軸（第2軸）に平行な方向をY軸方向、Z軸（第3軸）に平行な方向を「Z軸方向」と言う。

【0020】

1. 物理量センサー

本実施形態の物理量センサー1は、X軸まわりの角速度、Y軸まわりの角速度およびZ軸まわりの角速度を検出することのできる角速度センサーである。このような角速度センサーによれば、1つのセンサーで3つの軸まわりの角速度をそれぞれ独立して検出することができるため、優れた利便性を発揮することができる。

【0021】

図1に示すように、物理量センサー1は、円環振動可能なリング部31と、リング部31を支持する4つの基板固定部（支持部）61、62、63、64と、基板固定部61、62、63、64とリング部31の円環振動の節となる部位とを連結する4つの梁71、72、73、74と、可動部を有しリング部31を介してX軸方向に対向配置された一対の第1振動部（第1質量部）51、52と、可動部を有しリング部31を介してY軸方向

10

20

30

40

50

に対向配置された一对の第2振動部(第2質量部)53、54と、第1振動部51、52がリング部31に対してX軸方向に振動可能となるように第1振動部51、52とリング部31とを連結する一对の第1内側バネ部(第1バネ部)81、82と、第2振動部53、54がリング部31に対してY軸と平行な方向に振動可能となるように、第2振動部53、54とリング部31とを連結する一对の第2内側バネ部(第2バネ部)83、84とを有している。さらに、第1振動部51、52をX軸方向に第1の周波数で互いに逆位相となるように振動させる振動手段4と、第1振動部51、52が内包する可動部および第2振動部53、54が内包する可動部の変位量を電気信号に変換するトランスデューサー(検知手段9)とを有している。

リング部31は、前記第1の周波数に応じて、X軸方向およびY軸方向に対して円環振動する。このような物理量センサー1によれば、リング部31の振動が基板へ漏れないため、装置の小型化を図りつつ、振動のQ値を高めることができる。したがって、検知精度に優れた小型の物理量センサーを提供することができる。

【0022】

以下、物理量センサー1について詳細に説明する。

図2に示すように、物理量センサー1は、XY面内に設けられた振動系構造体3と、振動系構造体3を支持する基板2と、振動系構造体3を振動させる振動手段4と、物理量センサー1に加わる角速度を検出する検出手段9とを有している。

- 振動系構造体 -

図2に示すように、振動系構造体3は、リング部(連結部)31と、リング部31を介してX軸方向に対向配置された一对の第1振動部(第1質量部)51、52と、第1振動部51、52とリング部31とを連結する第1内側バネ部(第1バネ部)81、82と、リング部31を介してY軸方向に対向配置された一对の第2振動部(第2質量部)53、54と、第2振動部53、54とリング部31とを連結する第2内側バネ部(第2バネ部)83、84と、リング部31の周囲に設けられた内側固定部(支持部)61、62、63、64と、リング部31と内側固定部61、62、63、64とを連結する梁71、72、73、74と、振動部51、52、53、54の外側に設けられた外側固定部651、652、661、662、671、672、681、682と、振動部51、52、53、54と外側固定部651、652、661、662、671、672、681、682とを連結する外側バネ部851、852、861、862、871、872、881、882とで構成されている。

【0023】

本実施形態の振動系構造体3は、シリコンを主材料として構成されていて、シリコン基板(シリコンウエハ)上に薄膜形成技術(例えば、エピタキシャル成長技術、化学気相成長技術等の堆積技術)や各種加工技術(例えば、ドライエッチング、ウェットエッチング等のエッチング技術)を用いて所望の外形形状に加工することにより、前述した各部が一体的に形成されている。或いは、シリコン基板とガラス基板を貼り合せた後に、シリコン基板のみを所望の外形形状に加工することで、前述の各部を形成することもできる。

【0024】

少なくとも、振動系構造体3の主材料をシリコンとすることにより、優れた振動特性を実現できるとともに、優れた耐久性を発揮することができる。また、シリコン半導体デバイス作製に用いられる微細な加工技術の適用が可能となり、物理量センサー1の小型化を図ることができる。また、振動系構造体3の主材料をシリコンとすることにより、後述するように、振動系構造体3に電極を形成しなくても、物理量センサー1を駆動することができるため、装置の構造をより簡単なものとすることができる。シリコン以外の材料、例えば絶縁体等の材料であっても、その外周を金属膜で被覆することにより、本発明の振動系構造体を形成することは可能である。

【0025】

なお、基板2の主材料は、シリコンに限定されず、例えば、水晶や、各種ガラスであってもよい。

10

20

30

40

50

本実施形態の振動系構造体 3 は、Z 軸方向を法線とする平面視にて、振動部 5 1、5 2、5 3、5 4 の集合体の投影外形がほぼ円形となっている。これにより、物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。

【0026】

(リング部)

リング部 3 1 は、外径と内径が同心的な円形で構成された円環状をなしており、内径より内側には構造体を持たない構造となっている。なお、以下では、リング部 3 1 の中心を「中心 O」と言う。

また、リング部 3 1 は、その軸が Z 軸と平行となるように配置されている。このリング部 3 1 は、弾性変形可能であり、図 3 に示すように、振動手段 4 による第 1 の振動部 5 1、5 2 の振動によって、X 軸方向に収縮すると共に Y 軸方向に伸張する第 1 の状態と、X 軸方向に伸張すると共に Y 軸方向に収縮する第 2 の状態とに変形する。なお、以下では、第 1 の状態と第 2 の状態とを繰り返す振動を「円環振動」とも言う。

【0027】

(第 1 振動部)

第 1 振動部 5 1 は、板状をなしている。また、第 1 振動部 5 1 は、第 1 振動部 5 1 の縁部を構成するフレーム部 5 1 1 と、軸部 5 1 3、5 1 4 を介してフレーム部 5 1 1 に連結する Z 軸方向変位部 (第 1 可動部、可動部) 5 1 2 と、櫛歯状の駆動電極 5 1 5 と、バネ部 5 1 7 を介してフレーム部に連結する Y 軸方向変位部 (第 2 可動部、可動部) 5 1 6 とで構成されている。

【0028】

同様に、第 1 振動部 5 2 も板状をなしている。また、第 1 振動部 5 2 も、第 1 振動部 5 2 の縁部を構成するフレーム部 5 2 1 と、軸部 5 2 3、5 2 4 を介してフレーム部 5 2 1 に連結する Z 軸方向変位部 (第 1 可動部、可動部) 5 2 2 と、櫛歯状の駆動電極 5 2 5 と、バネ部 5 2 7 を介してフレーム部に連結する Y 軸方向変位部 (第 2 可動部、可動部) 5 2 6 とで構成されている。

【0029】

以下、第 1 振動部 5 1、5 2 について詳細に説明するが、第 1 振動部 5 1、5 2 は、互いに同様の構成であるため、以下では、第 1 振動部 5 1 について代表して説明し、第 1 振動部 5 2 については、その説明を省略する。

フレーム部 5 1 1 の外形は、Z 軸を法線とする平面視にて、ほぼ 90 度の扇型をなしている。このフレーム部 5 1 1 には、一对の第 1 開口 5 1 1 a と、一对の第 2 開口 5 1 1 b と、第 3 開口 5 1 1 c とが形成されている。

【0030】

各第 1 の開口 5 1 1 a には、櫛歯状の駆動電極 5 1 5 が複数配置されている。各駆動電極 5 1 5 は、Y 軸方向に延在して、かつ、互いに X 軸方向に離間して設けられている。この駆動電極 5 1 5 は、振動手段 4 の一部を構成するものである。

各第 2 開口 5 1 1 b の内側には、Y 軸方向変位部 5 1 6 が設けられている。Y 軸方向変位部 5 1 6 は、枠部 5 1 6 a と、枠部 5 1 6 a の内側に設けられた複数の検出電極 5 1 6 b とで構成されている。検出電極 5 1 6 b は、X 軸方向に延在し、かつ互いに Y 軸方向に離間して設けられている。

【0031】

各 Y 軸方向変位部 5 1 6 は、4 つのバネ部 5 1 7 によって、フレーム部 5 1 1 に接続されている。各バネ部 5 1 7 は、X 軸方向に往復しながら Y 軸方向に延在する形状をなしている。各バネ部 5 1 7 をこのような形状とすることにより、バネ部 5 1 7 を Y 軸方向にスムーズに伸縮させることができるとともに、バネ部 5 1 7 の Y 軸方向以外の方向 (すなわち、X 軸方向および Z 軸方向) への変形を効果的に防止または抑制することができる。そのため、各 Y 軸方向変位部 5 1 6 をスムーズに Y 軸方向に変位させることができる。

【0032】

第 3 開口 5 1 1 c の内側には、Z 軸方向変位部 5 1 2 が設けられている。Z 軸方向変位

10

20

30

40

50

部 5 1 2 は、軸部 5 1 3、5 1 4 によってフレーム部 5 1 1 に連結されている。軸部 5 1 3、5 1 4 は、Y 軸方向に延在し、かつ同軸的に設けられている。そのため、Z 軸方向変位部 5 1 2 は、物理量センサー 1 に Z 軸方向の応力が加わると、軸部 5 1 3、5 1 4 をその軸まわりに捩じり変形させつつ、軸部 5 1 3、5 1 4 まわりに回転する。

以上、第 1 振動部 5 1 について説明した。第 1 振動部 5 2 は、前述したように、第 1 振動部 5 1 と同様の構成であり、Z 軸を法線とする平面視にて、リング部 3 1 の中心 O と交わる Y 軸に対して対称的に設けられている。但し、本発明の要件は基板 2 への振動漏れを最小とする構成であり、構成要素が中心 O や Y 軸に対して完全に対称である必要はない。

【 0 0 3 3 】

(第 2 振動部)

第 2 振動部 5 3 は、板状をなしている。また、第 2 振動部 5 3 は、第 2 振動部 5 3 の縁部を構成するフレーム部 5 3 1 と、軸部 5 3 3、5 3 4 を介してフレーム部 5 3 1 に連結する Z 軸方向変位部 (第 3 可動部、可動部) 5 3 2 と、バネ部 5 3 7 を介してフレーム部に連結する X 軸方向変位部 (第 4 可動部、可動部) 5 3 6 とで構成されている。

同様に、第 2 振動部 5 4 も板状をなしている。また、第 2 振動部 5 4 も、第 2 振動部 5 4 の縁部を構成するフレーム部 5 4 1 と、軸部 5 4 3、5 4 4 を介してフレーム部 5 4 1 に連結する Z 軸方向変位部 (第 3 可動部、可動部) 5 4 2 と、バネ部 5 4 7 を介してフレーム部に連結する X 軸方向変位部 (第 4 可動部、可動部) 5 4 6 とで構成されている。

【 0 0 3 4 】

以下、第 2 振動部 5 3、5 4 について詳細に説明するが、第 2 振動部 5 3、5 4 は、互いに同様の構成であるため、以下では、第 2 振動部 5 3 について代表して説明し、第 2 振動部 5 4 については、その説明を省略する。

フレーム部 5 3 1 の外形は、Z 軸を法線とする平面視にて、ほぼ 90 度の扇型をなしている。また、フレーム部 5 3 1 の外形は、第 1 振動部 5 1、5 2 のフレーム部 5 1 1、5 2 1 と同じである。このフレーム部 5 3 1 には、一対の第 2 開口 5 3 1 b と、第 3 開口 5 3 1 c とが形成されている。

【 0 0 3 5 】

各第 2 の開口 5 1 1 b の内側には、X 軸方向変位部 5 3 6 が設けられている。X 軸方向変位部 5 3 6 は、枠部 5 3 6 a と、枠部 5 3 6 a の内側に設けられた複数の検出電極 5 3 6 b とで構成されている。検出電極 5 3 6 b は、Y 軸方向に延在して、かつ互いに X 軸方向に離間して設けられている。

このような X 軸方向変位部 5 3 6 は、4 つのバネ部 5 3 7 によって、フレーム部 5 3 1 に接続されている。各バネ部 5 3 7 は、Y 軸方向に往復しながら X 軸方向に延在する形状をなしている。各バネ部 5 3 7 をこのような形状とすることにより、バネ部 5 3 7 を X 軸方向にスムーズに伸縮させることができるとともに、バネ部 5 3 7 の X 軸方向以外の方向 (すなわち、Y 軸方向および Z 軸方向) への変形を効果的に防止または抑制することができる。そのため、X 軸方向変位部 5 3 6 をスムーズに X 軸方向に変位させることができる。

【 0 0 3 6 】

第 3 開口 5 3 1 c の内側には、Z 軸方向変位部 5 3 2 が設けられている。Z 軸方向変位部 5 3 2 は、軸部 5 3 3、5 3 4 によってフレーム部 5 3 1 に連結されている。軸部 5 3 3、5 3 4 は、X 軸方向に延在し、かつ同軸的に設けられている。そのため、Z 軸方向変位部 5 3 2 は、物理量センサー 1 に Z 軸方向の応力が加わると、軸部 5 3 3、5 3 4 をその軸まわりに捩じり変形させつつ、軸部 5 3 3、5 3 4 まわりに回転する。

以上、第 2 振動部 5 3 について説明した。第 2 振動部 5 4 は、前述したように、第 2 振動部 5 3 と同様の構成であり、Z 軸を法線とする平面視にて、リング部 3 1 の中心 O と交わる X 軸に対して対称的に設けられている。但し、第 2 振動部 5 3、5 4 についても前述同様、中心 O や X 軸に対して完全に対称である必要はない。

【 0 0 3 7 】

(第 1 内側バネ部)

10

20

30

40

50

第1内側バネ部81は、第1振動部51とリング部31とを連結している。また、第1内側バネ部82は、第1振動部52とリング部31とを連結している。このような第1内側バネ部81、82は、互いに同様の構成であるため、以下では、第1内側バネ部81について代表して説明し、第1内側バネ部82については、その説明を省略する。

【0038】

第1内側バネ部81は、一对のバネ部811、812で構成されており、各バネ部811、812は、Y軸方向に往復しながらX軸方向に延在した形状をなしている。また、バネ部811、812は、Z軸を法線とする平面視にて、リング部31の中心Oと交わるX軸に対して対称的に設けられている。各バネ部811、812をこのような形状とすることにより、第1内側バネ部81を、Y軸方向およびZ軸方向への変形を抑制（規制）しつつX軸方向にスムーズに伸縮させることができる。そのため、後述するように、第1内側バネ部81をX軸方向に伸縮させつつ、第1振動部51をX軸方向にスムーズに振動させることができる。

10

【0039】

（第2内側バネ部）

第2内側バネ部83は、第2振動部53とリング部31とを連結している。また、第2内側バネ部84は、第2振動部54とリング部31とを連結している。このような第2内側バネ部83、84は、互いに同様の構成であるため、以下では、第2内側バネ部83について代表して説明し、第1内側バネ部84については、その説明を省略する。

【0040】

20

第2内側バネ部83は、一对のバネ部831、832で構成されており、各バネ部831、832は、X軸方向に往復しながらY軸方向に延在した形状をなしている。また、バネ部831、832は、Z軸を法線とする平面視にて、リング部31の中心Oと交わるY軸に対して対称的に設けられている。第2内側バネ部83をこのような構成とすることにより、第2内側バネ部83を、X軸方向およびZ軸方向への変形を抑制（規制）しつつY軸方向にスムーズに伸縮させることができる。そのため、後述するように、第2内側バネ部83をY軸方向に伸縮させつつ、第2振動部53をY軸方向にスムーズに振動させることができる。

【0041】

（内側固定部）

30

内側固定部61、62、63、64は、リング部31を支持する機能を有している。このような内側固定部61、62、63、64は、それぞれ、4つの振動部51、52、53、54の内側に設けられている。内側固定部61、62、63、64をこのように配置することにより、スペースを有効活用することができ、物理量センサー1の小型化を図ることができる。また、梁71、72、73、74の長さを短くすることができるため、リング部31をより安定して支持することができる。更に、内側固定部61、62、63、64をこのように配置することにより、第1振動部51、52、第2振動部53、54のストッパーとしての役割を担わせることができる。

【0042】

内側固定部61、62、63、64は、Z軸を法線とする平面視にて、リング部31の外周まわりに90度間隔で設けられている。具体的には、Z軸を法線とする平面視にて、リング部31の中心Oと交わり、X軸およびY軸のそれぞれの軸に対して45度傾いた一对の軸をJ1、J2としたとき、内側固定部61、63が軸J1上に位置し、かつリング部31を介して対向配置されている。また、内側固定部62、64が軸J2上に位置し、かつリング部31を介して対向配置されている。

40

言い換えれば、4つの内側固定部61、62、63、64は、X軸およびY軸の両軸に対して鏡対象の位置に設けられている。これにより、リング部31を安定して支持することができる。

【0043】

（梁）

50

梁 7 1、7 2、7 3、7 4 は、リング部 3 1 と内側固定部 6 1、6 2、6 3、6 4 とを連結している。梁 7 1 は、軸 J 1 に沿って直線状に延在し、リング部 3 1 と内側固定部 6 1 とを連結している。同様に、梁 7 2 は、軸 J 2 に沿って直線状に延在し、リング部 3 1 と内側固定部 6 2 とを連結している。また、梁 7 3 は、軸 J 1 に沿って直線状に延在し、リング部 3 1 と内側固定部 6 3 とを連結している。また、梁 7 4 は、軸 J 2 上に沿って直線状に延在し、リング部 3 1 と内側固定部 6 4 とを連結している。

【 0 0 4 4 】

このような梁 7 1、7 2、7 3、7 4 は、それぞれ、リング部 3 1 の側面の X 軸および Y 軸のそれぞれの軸に対して 4 5 度傾斜した各部位（固定点、第 1 グループの固定点）に接続されている。この各固定点は、図 3 に示すように、リング部 3 1 の円環振動の節となる部位（すなわち、実質的に変位・変形が起きない部位）である。このような各固定点に梁 7 1、7 2、7 3、7 4 を接続することにより、梁 7 1、7 2、7 3、7 4 によって、リング部 3 1 の円環振動が阻害されず、かつ円環振動に起因する振動が梁 7 1、7 2、7 3、7 4 および固定部 6 1、6 2、6 3、6 4 を介して振動系構造体 3 の外部に漏れることが防止または抑制される。その結果、振動系構造体 3 の振動の Q 値が高くなり、物理量センサー 1 の検知精度が向上する。また、振動系構造体 3 を効率的に振動させることができるため、振動手段 4 の出力を小さくすることができ、その結果、物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。

また、梁 7 1、7 2、7 3、7 4 は、リング部 3 1 の中心 O に対する動径方向（延在方向）に動く（変形する）ことを制限されている。これにより、内側固定部 6 1、6 2、6 3、6 4 によってリング部 3 1 をより安定して支持することができると共に、振動漏れをより効果的に防止または抑制することができる。

【 0 0 4 5 】

（外側固定部）

外側固定部 6 5 1、6 5 2、6 6 1、6 6 2、6 7 1、6 7 2、6 8 1、6 8 2 は、それぞれ、4 つの振動部 5 1、5 2、5 3、5 4 の外側に設けられている。また、外側固定部 6 5 1、6 5 2 は、第 1 振動部 5 1 に対応して設けられており、互いに Y 軸方向に離間している。同様に、外側固定部 6 6 1、6 6 2 は、第 1 振動部 5 2 に対応して設けられており、互いに Y 軸方向に離間している。また、外側固定部 6 7 1、6 7 2 は、第 2 振動部 5 3 に対応して設けられており、互いに X 軸方向に離間している。また、外側固定部 6 8 1、6 8 2 は、第 2 振動部 5 4 に対応して設けられており、互いに X 軸方向に離間して設けられている。

【 0 0 4 6 】

（外側バネ部）

外側バネ部 8 5 1、8 5 2、8 6 1、8 6 2、8 7 1、8 7 2、8 8 1、8 8 2 は、外側固定部 6 5 1、6 5 2、6 6 1、6 6 2、6 7 1、6 7 2、6 8 1、6 8 2 と振動部 5 1、5 2、5 3、5 4 とを連結している。具体的には、外側バネ部 8 5 1、8 5 2 は、第 1 の振動部 5 1 と外側固定部 6 5 1、6 5 2 とを連結し、外側バネ部 8 6 1、8 6 2 は、第 1 の振動部 5 2 と外側固定部 6 6 1、6 5 6 とを連結し、外側バネ部 8 7 1、8 7 2 は、第 2 の振動部 5 3 と外側固定部 6 7 1、6 7 2 とを連結し、外側バネ部 8 8 1、8 8 2 は、第 2 の振動部 5 4 と外側固定部 6 8 1、6 8 2 とを連結している。

【 0 0 4 7 】

外側バネ部 8 5 1、8 5 2 は、Y 軸方向に往復しながら X 軸方向に延在する形状をなしている。また、外側バネ部 8 5 1、8 5 2 は、リング部 3 1 の中心 O と交わる X 軸に対して対称的に設けられている。

同様に、外側バネ部 8 6 1、8 6 2 は、Y 軸方向に往復しながら X 軸方向に延在する形状をなしている。また、外側バネ部 8 6 1、8 6 2 は、リング部 3 1 の中心 O と交わる X 軸に対して対称的に設けられている。

外側バネ部 8 7 1、8 7 2 は、X 軸方向に往復しながら Y 軸方向に延在する形状をなしている。また、外側バネ部 8 7 1、8 7 2 は、リング部 3 1 の中心 O と交わる Y 軸に対し

10

20

30

40

50

て対称的に設けられている。

【0048】

同様に、外側バネ部881、882は、X軸方向に往復しながらY軸方向に延在する形状をなしている。また、外側バネ部881、882は、リング部31の中心Oと交わるY軸に対して対称的に設けられている。但し、外側バネ部851と852、861と862、871と872、881と882は、中心OやX軸、或いはY軸に対して完全に対称であることが本発明の必須条件ではない。

以上のような振動系構造体3は、固有の共振周波数を有している。これにより、後述するように、振動系構造体3を共振モードで駆動することができ、角速度の検出精度を向上させることができる。

【0049】

- 基板 -

基板2は、振動系構造体3を支持するものである。図2に示すように、基板2は、板状をなしており、XY面内に設けられている。そして、基板2の上面に、振動系構造体3の内側固定部61、62、63、64および外側固定部651、652、661、662、671、672、681、682を接合することにより、振動系構造体3が基板2に固定・支持される。

【0050】

基板2と内側固定部61、62、63、64および外側固定部651、652、661、662、671、672、681、682の接合方法は、特に限定されず、直接接合や陽極接合等の各種接合方法を用いて接合してもよい、振動系構造体3および基板2の構成材料によっては、接着剤等の支持部材を用いて接合してもよい。

また、基板2の上面（振動系構造体3と対向する側の面）には、必要に応じて凹部が形成されている。この凹部は、基板2と振動系構造体3の実際に振動する部分（例えば、第1振動部51、52および第2振動部53、54）との接触を防止する機能を有している。

このような基板2は、例えば、シリコンなどの半導体基板、ガラス、石英などの絶縁基板、或いは半導体層と絶縁層が積層してなる複合基板を各種加工技術を用いて所望の外形状に加工することにより形成されている。これにより、物理量センサー1の構成が簡単なものとなる。

【0051】

- 振動手段 -

振動手段4は、第1振動部51、52を互いに逆位相でX軸方向に所定の周波数（第1の周波数）で振動させる機能を有している。すなわち、振動手段4は、第1振動部51、52を互いにリング部31に接近する方向（内側）に変位させる状態と、第1振動部51、52を互いにリング部31から離間する方向（外側）に変位させる状態とを繰り返すように第1振動部51、52を振動させる。

【0052】

このような振動手段4は、第1振動部51が有する駆動電極515に対応して設けられた複数の固定電極41を有している。各固定電極41は、駆動電極515を介してX軸方向に対向配置された櫛歯状の一对の電極片411、412を有している。同様に、振動手段4は、第1振動部52が有する各駆動電極525に対応して設けられた複数の固定電極42を有している。各固定電極42は、駆動電極525を介してX軸方向に対向配置された櫛歯状の一对の電極片421、422を有している。

【0053】

そして、振動手段4は、図示しない電源によって、各電極片411、421と、各電極片412、422に位相が180度ずれた交番電圧を印加することにより、各駆動電極515、525と各電極片411、421との間と、各駆動電極515、525と各電極片412、422との間にそれぞれ静電力を発生させ、第1内側バネ部81、82および外側バネ部851、852、861、862をX軸方向に伸縮させつつ、第1振動部51、

10

20

30

40

50

5 2 が互いに逆位相でかつ所定の周波数で X 軸方向に振動する。

【 0 0 5 4 】

交番電圧の周波数としては、特に限定されないが、振動系構造体 3 の共振周波数とほぼ等しいのが好ましい。これにより、振動系構造体 3 を共振モードで駆動することができるため、角速度の検出精度を向上させることができる。

第 1 振動部 5 1、5 2 が互いに逆位相に振動すると、その振動が第 1 内側バネ部 8 1、8 2 を伝達してリング部 3 1 に伝達される。すると、リング部 3 1 は、第 1 振動部 5 1、5 2 が内側に向けて変位するときに、X 軸方向に収縮すると共に Y 軸方向に伸張するように変形し、第 1 振動部 5 1、5 2 が外側に向けて変位するときに、X 軸方向に伸張すると共に Y 軸方向に収縮するように変形する。すなわち、リング部 3 1 は、第 1 振動部 5 1、5 2 の振動と同期して円環振動する。

10

【 0 0 5 5 】

さらに、円環振動によってリング部 3 1 が X 軸方向に収縮すると共に Y 軸方向に伸張するように変形すると、その変形によって、第 2 振動部 5 3、5 4 が共に外側に変位し、逆に、X 軸方向に伸張すると共に Y 軸方向に収縮するように変形すると、第 2 振動部 5 3、5 4 が共に内側に変位する。すなわち、リング部 3 1 の円環振動に同期して、第 2 振動部 5 3、5 4 が互いに逆位相で Y 軸方向に振動する。

【 0 0 5 6 】

すなわち、物理量センサー 1 では、リング部 3 1 の円環振動を利用して、第 1 振動部 5 1 5、5 2 を内側へ向けて変位させつつ第 2 振動部 5 3、5 4 を外側に向けて変位させる状態と、第 1 振動部 5 1、5 2 を外側に向けて変位させつつ第 2 振動部 5 3、5 4 を内側へ変位させる状態とが繰り返されるように、振動部 5 1、5 2、5 3、5 4 を振動させることができる。

20

【 0 0 5 7 】

リング部 3 1 の梁 7 1、7 2、7 3、7 4 が接続された固定点は、リング部 3 1 の円環振動の節となる部位（すなわち、実質的に変位・変形が起きない部位）である。そのため、梁 7 1、7 2、7 3、7 4 によってリング部 3 1 の円環振動が阻害されることがなく、かつ円環振動に起因する振動が梁 7 1、7 2、7 3、7 4 および固定部 6 1、6 2、6 3、6 4 を介して振動系構造体 3 の外部に漏れることが防止または抑制される。その結果、振動系構造体 3 の振動の Q 値が高くなり、物理量センサー 1 の検出精度が向上する。また、振動系構造体 3 を効率的に振動させることができるため、振動手段 4 の出力を小さくすることができる。その結果、物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。

30

また、本実施形態のような静電駆動によれば、よりスムーズかつ確実に、上記のような振動を起こすことができる。また、本実施形態では、振動手段 4 を各振動部 5 1、5 2、5 3、5 4 の内側に接続しているため、スペースを有効活用でき、物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。

【 0 0 5 8 】

- 検出手段 9 -

検出手段 9 は、図 4 に示すように、変位トランスデューサー 9 1、9 2、9 3、9 4 と、回転トランスデューサー 9 5、9 6、9 7、9 8 とを有している。なお、図 4 では、説明の便宜上、物理量センサー 1 の構成要素の一部の図示を省略している。

40

変位トランスデューサー 9 1 は、第 1 振動部 5 1 に設けられた Y 軸方向変位部 5 1 6 と、アンカーを介して基板 2 に固定された固定電極 9 1 1 とを有している。固定電極 9 1 1 は、Y 軸方向変位部 5 1 6 が有する検出電極 5 1 6 b に対応して複数設けられている。各固定電極 9 1 1 は、検出電極 5 1 6 b を介して対向配置された一对の電極片 9 1 1 a、9 1 1 b を有しており、これら各電極片 9 1 1 a、9 1 1 b は、X 軸方向に延在して設けられている。

【 0 0 5 9 】

変位トランスデューサー 9 2 は、第 1 振動部 5 2 に設けられた Y 軸方向変位部 5 2 6 と、アンカーを介して基板 2 に固定された固定電極 9 2 1 とを有している。固定電極 9 2 1

50

は、Y軸方向変位部526が有する検出電極526bに対応して複数設けられている。各固定電極921は、検出電極526bを介して対向配置された一对の電極片921a、921bを有しており、これら各電極片921a、921bは、X軸方向に延在して設けられている。

【0060】

変位トランスデューサー93は、第2振動部53に設けられたX軸方向変位部536と、アンカーを介して基板2に固定された固定電極931とを有している。固定電極931は、X軸方向変位部536が有する検出電極536bに対応して複数設けられている。各固定電極931は、検出電極536bを介して対向配置された一对の電極片931a、931bを有しており、これら各電極片931a、931bは、Y軸方向に延在して設けら

10

【0061】

変位トランスデューサー94は、第2振動部54に設けられたX軸方向変位部546と、アンカーを介して基板2に固定された固定電極941とを有している。固定電極941は、X軸方向変位部546が有する検出電極546bに対応して複数設けられている。各固定電極941は、検出電極546bを介して対向配置された一对の電極片941a、941bを有しており、これら各電極片941a、941bは、Y軸方向に延在して設けら

本実施形態では、これら変位トランスデューサー91、92、93、94を、振動部51、52、53、54の内側に接続しているため、装置のスペースを有効活用でき、物理量センサー1の小型化を図ることができる。

20

【0062】

回転トランスデューサー95は、第1振動部51に軸513、514を介して設けられたZ軸方向変位部512と、基板2に固定されZ軸方向変位部512とZ軸方向に離間して対向配置された固定電極951と、を有している。

回転トランスデューサー96は、第1振動部52に軸523、524を介して設けられたZ軸方向変位部522と、基板2に固定されZ軸方向変位部522とZ軸方向に離間して対向配置された固定電極961と、を有している。

【0063】

回転トランスデューサー97は、第2振動部53に軸533、534を介して設けられたZ軸方向変位部532と、基板2に固定されZ軸方向変位部532とZ軸方向に離間して対向配置された固定電極971と、を有している。

30

回転トランスデューサー98は、第2振動部54に軸543、544を介して設けられたZ軸方向変位部542と、基板2に固定されZ軸方向変位部542とZ軸方向に離間して対向配置された固定電極981と、を有している。

本実施形態では、これら回転トランスデューサー95、96、97、98を、振動部51、52、53、54の内側に接続しているため、装置のスペースを有効活用でき、物理量センサー1の小型化を図ることができる。

【0064】

以下、このような検出手段9による角速度の検出方法について、図5、図6および図7に基づいて簡単に説明する。なお、図5、図6および図7では、説明の便宜上、物理量センサー1の構成の一部の図示を省略している。

40

- Z軸まわりの角速度の検出 -

図5に示すように、振動手段4によって、第1振動部51、52をX軸方向に振動させつつ、第2振動部53、54をY軸方向に振動させた状態で物理量センサー1にZ軸まわりの角速度が加わると、X軸方向に振動する第1振動部51、52にY軸方向のコリオリ力が作用し、Y軸方向に振動する第2振動部53、54にX軸方向のコリオリ力が作用する。

【0065】

このようなコリオリ力が作用すると、第1振動部51では、Y軸方向変位部516がフ

50

フレーム部 5 1 1 に対して Y 軸方向に変位し、これにより、検出電極 5 1 6 b と電極片 9 1 1 a の間の静電容量と、検出電極 5 1 6 b と電極片 9 1 1 b の間の静電容量とが変化し、これらの静電容量に差が生じる。同様に、第 1 振動部 5 2 でも、Y 軸方向変位部 5 2 6 がフレーム部 5 2 1 に対して Y 軸方向に変位し、これにより、検出電極 5 2 6 b と電極片 9 2 1 a の間の静電容量と、検出電極 5 1 6 b と電極片 9 2 1 b の間の静電容量とが変化し、これらの静電容量に差が生じる。

【 0 0 6 6 】

また、第 2 振動部 5 3 では、X 軸方向変位部 5 3 6 がフレーム部 5 3 1 に対して X 軸方向に変位し、これにより、検出電極 5 3 6 b と電極片 9 3 1 a の間の静電容量と、検出電極 5 3 6 b と電極片 9 3 1 b の間の静電容量とが変化し、これらの静電容量に差が生じる。同様に、第 2 振動部 5 4 でも、X 軸方向変位部 5 4 6 がフレーム部 5 4 1 に対して X 軸方向に変位し、これにより、検出電極 5 4 6 b と電極片 9 4 1 a の間の静電容量と、検出電極 5 4 6 b と電極片 9 4 1 b の間の静電容量とが変化し、これらの静電容量に差が生じる。

そして、検出手段 9 は、各振動部 5 1、5 2、5 3、5 4 で起きるこのような静電容量の変化を検出し、その検出結果から物理量センサー 1 に加わる Z 軸まわりの角速度を検出することができる。

【 0 0 6 7 】

- X 軸まわりの角速度の検出 -

図 6 に示した斜視図のように、振動手段 4 によって、第 1 振動部 5 1、5 2 を X 軸方向に振動させつつ、第 2 振動部 5 3、5 4 を Y 軸方向に振動させた状態で物理量センサー 1 に X 軸まわりの角速度が加わると、Y 軸方向に振動する第 2 振動部 5 3、5 4 に Z 軸方向のコリオリ力が作用する。

【 0 0 6 8 】

このようなコリオリ力が作用すると、第 2 振動部 5 3 では、Z 軸方向変位部 5 3 2 が軸部 5 3 3、5 3 4 まわりに回転し、これにより、Z 軸方向変位部 5 3 2 と固定電極 9 7 1 の間の静電容量が変化する。同様に、第 2 振動部 5 4 では、Z 軸方向変位部 5 4 2 が軸部 5 4 3、5 4 4 まわりに回転し、これにより、Z 軸方向変位部 5 4 2 と固定電極 9 8 1 の間の静電容量が変化する。

そして、検出手段 9 は、第 2 振動部 5 3、5 4 で起きるこのような静電容量の変化を検出し、その検出結果から物理量センサー 1 に加わる X 軸まわりの角速度を検出することができる。

【 0 0 6 9 】

- Y 軸まわりの角速度の検出 -

図 7 に示すように、振動手段 4 によって、第 1 振動部 5 1、5 2 を X 軸方向に振動させつつ、第 2 振動部 5 3、5 4 を Y 軸方向に振動させた状態で物理量センサー 1 に Y 軸まわりの角速度が加わると、X 軸方向に振動する第 1 振動部 5 1、5 2 に Z 軸方向のコリオリ力が作用する。

【 0 0 7 0 】

このようなコリオリ力が作用すると、第 1 振動部 5 1 では、Z 軸方向変位部 5 1 2 が軸部 5 1 3、5 1 4 まわりに回転し、これにより、Z 軸方向変位部 5 1 2 と固定電極 9 5 1 の間の静電容量が変化する。同様に、第 1 振動部 5 2 では、Z 軸方向変位部 5 2 2 が軸部 5 2 3、5 2 4 まわりに回転し、これにより、Z 軸方向変位部 5 2 2 と固定電極 9 6 1 の間の静電容量が変化する。

【 0 0 7 1 】

そして、検出手段 9 は、第 1 振動部 5 1、5 2 で起きるこのような静電容量の変化を検出し、その検出結果から物理量センサー 1 に加わる X 軸まわりの角速度を検出することができる。

以上のように、物理量センサー 1 によれば、X 軸、Y 軸、Z 軸の全ての軸まわりの角速度を検出することができる。そのため、小型で、利便性に優れた物理量センサー 1 となる

10

20

30

40

50

。また、本実施形態では、静電型の検出手段 9 を用いているため、装置の小型化を図りつつ、検出精度の向上を図ることができる。

【 0 0 7 2 】

なお、物理量センサー 1 では、変位トランスデューサー 9 1、9 2 が一組となって、物理量センサー 1 に加わる Y 軸方向の加速度（直線加速度）をキャンセルする機能を有している。また、変位トランスデューサー 9 3、9 4 が一組となって、物理量センサー 1 に加わる X 軸方向の加速度をキャンセルする機能を有している。また、回転トランスデューサー 9 5、9 6、9 7、9 8 が組となって、物理量センサー 1 に加わる Z 軸方向の加速度をキャンセルする機能を有している。

【 0 0 7 3 】

具体的には、例えば、物理量センサー 1 に Y 軸方向に加速度が加わると、第 1 振動部 5 1 の Y 軸方向変位部 5 1 6 と第 1 振動部 5 2 の Y 軸方向変位部 5 2 6 とが共に Y 軸方向同じ側に変位する。このような Y 軸方向変位部 5 1 6、5 2 6 の変位は、Z 軸まわりの角速度が加わった場合の変位（すなわち、Y 軸方向変位部 5 1 6、5 2 6 の Y 軸方向互いに反対側への変位）と異なっている。そのため、物理量センサー 1 によれば、検出電極 5 1 6 b と各電極片 9 1 1 a、9 1 1 b の間の静電容量および検出電極 5 2 6 b と各電極片 9 2 1 a、9 2 1 b の間の静電容量の変化から、物理量センサー 1 に加わる加速度を検出することができ、この角速度を検出した場合は、検出した加速度を補正処理等によって電氣的にキャンセルすることができる。その結果、物理量センサー 1 の角速度の検出精度がより向上する。X 軸方向の加速度および Z 軸方向の加速度についても同様にしてキャンセルすることができる。

【 0 0 7 4 】

< 第 2 実施形態 >

図 8 は、本発明の物理量センサーの第 2 実施形態を示す平面図である。

本実施形態の物理量センサーについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本実施形態の物理量センサー 1 は、振動手段の構成が異なること以外は、前述した第 1 実施形態の物理量センサーと同様である。なお、図 8 にて、前述した第 1 実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。

【 0 0 7 5 】

本実施形態の物理量センサー 1 では、第 2 振動部 5 3、5 4 にも振動手段 4 が接続されている。すなわち、第 2 振動部 5 3 に、X 軸方向に延在する複数の駆動電極 5 3 5 が設けられており、第 2 振動部 5 4 にも X 軸方向に延在する複数の駆動電極 5 4 5 が設けられている。

また、振動手段 4 は、第 2 振動部 5 3 が有する駆動電極 5 3 5 に対応して設けられた複数の固定電極 4 3 を有している。各固定電極 4 3 は、駆動電極 5 3 5 を介して Y 軸方向に対向配置された櫛歯状の一对の電極片 4 3 1、4 3 2 を有している。同様に、振動手段 4 は、第 2 振動部 5 4 が有する各駆動電極 5 4 5 に対応して設けられた複数の固定電極 4 4 を有している。各固定電極 4 4 は、駆動電極 5 4 5 を介して Y 軸方向に対向配置された櫛歯状の一对の電極片 4 4 1、4 4 2 を有している。

【 0 0 7 6 】

そして、振動手段 4 は、図示しない電源によって、電極片 4 1 1、4 2 1、4 3 2、4 4 2 と、電極片 4 1 2、4 2 2、4 3 1、4 4 1 とに 180 度位相のずれた交番電圧を印加することにより、第 1 振動部 5 1、5 2 を互いに逆位相で X 軸方向に振動させつつ、第 2 振動部 5 3、5 4 を互いに逆位相でかつ第 1 振動部 5 1、5 2 とは反対側へ Y 軸方向に振動させる。

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。

【 0 0 7 7 】

< 第 3 実施形態 >

図 9 は、本発明の物理量センサーの第 3 実施形態を示す平面図である。

本実施形態の物理量センサーについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本実施形態の物理量センサー 1 は、振動系構造体の投影形状が異なる以外は、前述した第 1 実施形態の物理量センサーと同様である。なお、図 9 にて、前述した第 1 実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。

【 0 0 7 8 】

本実施形態の物理量センサー 1 では、Z 軸を法線とする平面視にて、振動部 5 1、5 2、5 3、5 4 の外形がそれぞれ台形をなしている。そして、Z 軸方向を法線とする平面視にて、振動部 5 1、5 2、5 3、5 4 の集合体の投影外形がほぼ矩形となっている。これにより、物理量センサー 1 の小型化を図ることができる。また、例えば、物理量センサー 1 をチップ内に搭載する場合には、チップの形状と対応するため、チップへの搭載が簡単となる。

10

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 0 7 9 】

< 第 4 実施形態 >

図 1 0 は、本発明の物理量センサーの第 4 実施形態を示す平面図である。

本実施形態の物理量センサーについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

20

本実施形態の物理量センサー 1 は、振動手段の構成が異なること以外は、前述した第 1 実施形態の物理量センサーと同様である。なお、図 1 0 にて、前述した第 1 実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。

【 0 0 8 0 】

本実施形態の振動手段 4 は、圧電駆動によって、第 1 振動部 5 1、5 2 を X 軸方向に振動させるように構成されている。以下では、第 1 振動部 5 1 について代表して説明し、第 1 振動部 5 2 については、その説明を省略する。

第 1 振動部 5 1 には、第 1 開口 5 1 1 a の内側に設けられ、基板 2 に固定された固定部 5 1 8 a と、第 1 開口 5 1 1 a の内側に設けられ、固定部 5 1 8 a とフレーム部 5 1 1 とを連結する複数の連結部 5 1 8 b とを有している。各連結部 5 1 8 b は、Y 軸方向に延在して設けられていると共に、互いに X 軸方向に離間して配置されている。

30

振動手段 4 は、各連結部 5 1 8 b に設けられた一対の圧電体素子 4 5、4 6 とを有している。圧電体素子 4 5、4 6 は、Y 軸方向に延在して設けられており、かつ X 軸方向に離間して設けられている。

【 0 0 8 1 】

圧電体素子 4 5、4 6 は、Z 軸方向に対向配置された一対の電極と、一対の電極間に介在する圧電性を有する圧電体層とで構成されており、一対の電極間に電圧を印加することにより、Y 軸方向に伸張または収縮する。そのため、各圧電体素子 4 5 を伸張させると共に、各圧電体素子 4 6 を収縮させると、各連結部 5 1 8 b が湾曲変形し、フレーム部 5 1 1 と接続している側の端部がリング部 3 1 側に変位し、その結果、第 1 振動部 5 1 が内側に変位する。反対に、各圧電体素子 4 5 を収縮させると共に、各圧電体素子 4 6 を伸張させると、各連結部 5 1 8 b が湾曲変形し、フレーム部 5 1 1 と接続している側の端部がリング部 3 1 と反対側に変位し、その結果、第 1 振動部 5 1 が外側に変位する。

40

【 0 0 8 2 】

構成の振動手段 4 では、各圧電体素子 4 5 を伸張させると共に、各圧電体素子 4 6 を収縮させる状態と、各圧電体素子 4 5 を収縮させると共に、各圧電体素子 4 6 を伸張させる状態とが交互に繰り返されるように各圧電体素子 4 5、4 6 に電圧を印加することにより、第 1 振動部 5 1、5 2 を互いに逆位相で X 軸方向に振動させる。

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。

50

【 0 0 8 3 】

< 第 5 実施形態 >

図 1 1 は、本発明の物理量センサーの第 5 実施形態を示す平面図である。

本実施形態の物理量センサーについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本実施形態の物理量センサー 1 は、検出手段の構成が異なること以外は、前述した第 1 実施形態の物理量センサーと同様である。なお、図 1 1 にて、前述した第 1 実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。また、第 1 振動部 5 1、5 2 の構成は互いに同様であり、第 2 振動部 5 3、5 4 の構成は互いに同様であるため、以下では、第 1 振動部 5 1 と第 2 振動部 5 3 とについて代表して説明し、第 1 振動部 5 2 と第 2 振動部 5 4 については、その説明を省略する。

10

【 0 0 8 4 】

第 1 振動部 5 1 は、第 2 開口 5 1 1 b の内側に設けられ、フレーム部 5 1 1 に対して Y 軸方向に変位可能な板状の Y 軸方向変位部 5 1 9 a と、Y 軸方向変位部 5 1 9 a とフレーム部 5 1 1 とを連結する複数のバネ部 5 1 9 b とを有している。各バネ部 5 1 9 b は、X 軸方向に延在して設けられている。

第 2 振動部 5 3 は、第 2 開口 5 3 1 b の内側に設けられ、フレーム部 5 3 1 に対して X 軸方向に変位可能な板状の X 軸方向変位部 5 3 9 a と、X 軸方向変位部 5 3 9 a とフレーム部 5 3 1 とを連結する複数のバネ部 5 3 9 b とを有している。各バネ部 5 3 9 a は、Y 軸方向に延在して設けられている。

20

【 0 0 8 5 】

検出手段 9 は、第 1 振動部 5 1 の各バネ部 5 1 9 b に設けられた一对の圧電体素子 9 9 1、9 9 2 を有している。圧電体素子 9 9 1、9 9 2 は、X 軸方向に延在して、かつ互いに Y 軸方向に離間して設けられている。また、検出手段 9 は、第 2 振動部 5 3 の各バネ部 5 3 9 b に設けられた一对の圧電体素子 9 9 3、9 9 4 を有している。圧電体素子 9 9 3、9 9 4 は、Y 軸方向に延在して、かつ互いに X 軸方向に離間して設けられている。

【 0 0 8 6 】

各圧電体素子 9 9 1、9 9 2、9 9 3、9 9 4 は、それぞれ、Z 軸方向に対向配置された一对の電極と、一对の電極間に介在する圧電性を有する圧電体層とで構成されている。このような圧電体素子 9 9 1、9 9 2、9 9 3、9 9 4 は、変形によって電荷を発生する性質を有しており、変形量が大きいほど大きな電荷が発生する。

30

そのため、物理量センサー 1 に Z 軸まわりの角速度が加わり、第 1 振動部 5 1 の Y 軸方向変位部がバネ部 5 1 9 b を Y 軸方向に湾曲変形させつつ Y 軸方向に変位すると、圧電体素子 9 9 1、9 9 2 がバネ部 5 1 9 b の変形量に応じた大きさの電荷を発生し、第 2 振動部 5 3 の X 軸方向変位部が連結部 5 3 9 b を X 軸方向に湾曲変形させつつ X 軸方向に変位すると、圧電体素子 9 9 3、9 9 4 が連結部 5 3 9 b の変形量に応じた大きさの電荷を発生することとなる。

検出手段 9 は、このような圧電体素子 9 9 1、9 9 2、9 9 3、9 9 4 から発生する電荷の大きさを検出することにより、Z 軸まわりの角速度を検出する。

【 0 0 8 7 】

< 第 6 実施形態 >

図 1 2 は、本発明の物理量センサーの第 6 実施形態を示す平面図である。

本実施形態の物理量センサーについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本実施形態の物理量センサー 1 は、検出手段の構成が異なること以外は、前述した第 1 実施形態の物理量センサーと同様である。なお、図 1 2 にて、前述した第 1 実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。また、第 1 振動部 5 1、5 2 の構成は互いに同様であり、第 2 振動部 5 3、5 4 の構成は互いに同様であるため、以下では、第 1 振動部 5 1 と第 2 振動部 5 3 とについて代表して説明し、第 1 振動部 5 2 と第 2 振動部 5 4 については、その説明を省略する。

50

【 0 0 8 8 】

第 1 振動部 5 1 は、第 2 開口 5 1 1 b の内側に設けられ、フレーム部 5 1 1 に対して Y 軸方向に変位可能な板状の Y 軸方向変位部 5 1 9 a と、Y 軸方向変位部 5 1 9 a とフレーム部 5 1 1 とを連結する複数のバネ部 5 1 9 b とを有している。各バネ部 5 1 9 b は、X 軸方向に延在して設けられている。

第 2 振動部 5 3 は、第 2 開口 5 3 1 b の内側に設けられ、フレーム部 5 3 1 に対して X 軸方向に変位可能な板状の X 軸方向変位部 5 3 9 a と、X 軸方向変位部 5 3 9 a とフレーム部 5 3 1 とを連結する複数のバネ部 5 3 9 b とを有している。各バネ部 5 3 9 a は、Y 軸方向に延在して設けられている。

【 0 0 8 9 】

本実施形態の検出手段 9 は、第 1 振動部 5 1 の各バネ部 5 1 9 b に設けられた piezo 抵抗部 9 9 5 と、第 2 振動部 5 3 の各バネ部 5 3 9 b に設けられた piezo 抵抗部 9 9 6 とを有している。piezo 抵抗部 9 9 5、9 9 6 は、例えば、n 型のシリコン基板を用いて振動系構造体 3 を形成した場合には、ボロンなどの不純物を高濃度に拡散させ、その拡散部分に p 型シリコン層を形成することで形成することができる。

【 0 0 9 0 】

piezo 抵抗部 9 9 5、9 9 6 は、変形によって抵抗値が変化する性質を有しており、変形量が大きいほど抵抗値の変化量が大きくなる。そのため、物理量センサー 1 に Z 軸まわりの角速度が加わり、第 1 振動部 5 1 の Y 軸方向変位部がバネ部 5 1 9 b を Y 軸方向に湾曲変形させつつ Y 軸方向に変位すると、piezo 抵抗部 9 9 5 がバネ部 5 1 9 b の変形量に応じた大きさの抵抗値に変化し、第 2 振動部 5 3 の X 軸方向変位部が連結部 5 3 9 b を X 軸方向に湾曲変形させつつ X 軸方向に変位すると、piezo 抵抗部 9 9 6 が連結部 5 3 9 b の変形量に応じた大きさの抵抗値に変化する。

検出手段 9 は、このような piezo 抵抗部 9 9 5、9 9 6 の抵抗値変化を検出することにより、Z 軸まわりの角速度を検出する。

【 0 0 9 1 】

< 第 7 実施形態 >

図 1 3 は、本発明の物理量センサーの第 7 実施形態を示す平面図である。なお、図 1 3 では、説明の便宜上、物理量センサーの一部の構成の図示を省略している。

本実施形態の物理量センサーについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【 0 0 9 2 】

本実施形態の物理量センサー 1 は、検出手段の構成が異なること以外は、前述した第 1 実施形態の物理量センサーと同様である。なお、図 1 3 にて、前述した第 1 実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。また、4 つの振動部の構成は、Z 軸まわりの配置が異なる以外は、互いに同様であるため、以下では、第 1 振動部 5 1 について代表して説明し、第 1 振動部 5 2 と第 2 振動部 5 3、5 4 については、その説明を省略する。

【 0 0 9 3 】

第 1 振動部 5 1 では、Y 軸方向変位部 5 1 6 がフレーム部 5 1 1 の外側に設けられており、複数のバネ部 5 1 7 によってフレーム部 5 1 1 に連結されている。このような Y 軸方向変位部 5 1 6 は、板状の基部 5 1 6 c と、基部 5 1 6 c から X 軸方向に突出した複数の検出電極 5 1 6 d とで構成されている。

本実施形態の検出手段 9 の変位トランスデューサー 9 1 は、第 1 振動部 5 1 に設けられた Y 軸方向変位部 5 1 6 と、アンカーを介して基板 2 に固定された固定電極 9 1 1 とを有している。固定電極 9 1 1 は、Y 軸方向変位部 5 1 6 が有する検出電極 5 1 6 d に対応して複数設けられている。各固定電極 9 1 1 は、検出電極 5 1 6 d を介して対向配置された一対の電極片 9 1 1 a、9 1 1 b を有しており、これら各電極片 9 1 1 a、9 1 1 b は、X 軸方向に延在して設けられている。

【 0 0 9 4 】

< 第 8 実施形態 >

10

20

30

40

50

図14は、本発明の物理量センサーの第8実施形態を示す平面図である。なお、図13では、説明の便宜上、物理量センサーの一部の構成の図示を省略している。

本実施形態の物理量センサーについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0095】

本実施形態の物理量センサー1は、検出手段の構成が異なること以外は、前述した第1実施形態の物理量センサーと同様である。なお、図14にて、前述した第1実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。また、4つの振動部の構成は、Z軸まわりの配置が異なる以外は、互いに同様であるため、以下では、第1振動部51について代表して説明し、第1振動部52と第2振動部53、54については、その説明を省略する。

10

【0096】

第1振動部51では、フレーム部511の外側に設けられたZ軸まわり変位部516Aが、一对の連結バネ517Aによってフレーム部511に連結されている。また、一对の連結バネ517Aは、それぞれ、リング部31の中心Oに対する動径方向に沿って延在している。また、Z軸まわり変位部516Aは、板状の基部516Aaと、基部516Aaからリング部31の中心Oに対する動径方向に突出した複数の固定電極516Abとを有している。

【0097】

このような第1振動部51では、Z軸まわりの角速度が加わった場合に生じるY軸方向のコリオリ力によって、Z軸まわり変位部516Aが、一对の連結バネ517Aを湾曲変形させつつ、Z軸まわりに回転する。このような構成によれば、Y軸方向のコリオリ力をZ軸まわりの応力に変化することができるため、Z軸まわり変位部516Aの変位量を大きくすることができる。

20

【0098】

本実施形態の検出手段9の回転トランスデューサー91は、第1振動部51に設けられたZ軸まわり変位部516Aと、アンカーを介して基板2に固定された固定電極911とを有している。固定電極911は、Z軸まわり変位部516Aが有する固定電極516Abに対応して複数設けられている。各固定電極911は、固定電極516Abを介して対向配置された一对の電極片911a、911bを有している。

以上説明したような各実施形態の振動片は、各種の電子機器に適用することができ、得られる電子機器は、信頼性の高いものとなる。

30

【0099】

ここで、本発明の振動片を備える電子機器について、図15～図17に基づき、詳細に説明する。

図15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モバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。

この図において、パーソナルコンピュータ1100は、キーボード1102を備えた本体部1104と、表示部100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転可能に支持されている。

40

このようなパーソナルコンピュータ1100には、角速度検知手段（ジャイロセンサー）として機能する物理量センサー1が内蔵されている。

【0100】

図16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携帯電話機（PHSも含む）の構成を示す斜視図である。

この図において、携帯電話機1200は、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100が配置されている。

このような携帯電話機1200には、角速度検知手段（ジャイロセンサー）として機能する物理量センサー1が内蔵されている。

50

【 0 1 0 1 】

図 1 7 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デジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。

ここで、通常のカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルスチルカメラ 1 3 0 0 は、被写体の光像を C C D (Charge Coupled Device) などの撮像素子により光電変換して撮像信号 (画像信号) を生成する。

【 0 1 0 2 】

デジタルスチルカメラ 1 3 0 0 におけるケース (ボディー) 1 3 0 2 の背面には、表示部が設けられ、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。

10

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。

【 0 1 0 3 】

撮影者が表示部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 を押下すると、その時点における C C D の撮像信号が、メモリ 1 3 0 8 に転送・格納される。

また、このデジタルスチルカメラ 1 3 0 0 においては、ケース 1 3 0 2 の側面に、ビデオ信号出力端子 1 3 1 2 と、データ通信用の入出力端子 1 3 1 4 とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子 1 3 1 2 にはテレビモニター 1 4 3 0 が、データ通信用の入出力端子 1 3 1 4 にはパーソナルコンピューター 1 4 4 0 が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリ 1 3 0 8 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1 4 3 0 や、パーソナルコンピューター 1 4 4 0 に出力される構成になっている。

20

このようなデジタルスチルカメラ 1 3 0 0 には、角速度検知手段 (ジャイロセンサー) として機能する物理量センサー 1 が内蔵されている。

【 0 1 0 4 】

なお、本発明の振動片を備える電子機器は、図 1 5 のパーソナルコンピューター (モバイル型パーソナルコンピューター)、図 1 6 の携帯電話機、図 1 7 のデジタルスチルカメラの他にも、例えば、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ー)、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、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、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。

30

【 0 1 0 5 】

以上、本発明の物理量センサー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。

40

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、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の 2 以上の構成 (特徴) を組み合わせたものであってもよい。

【 符号の説明 】

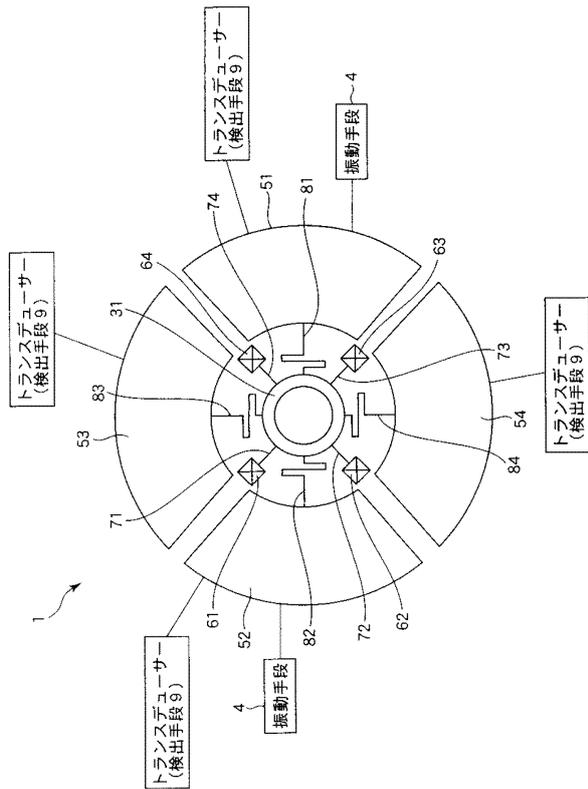
【 0 1 0 6 】

1	物理量センサー	2	基板	3	振動系構造体	3 1	リング部	4	
振動手段	4 1	固定電極	4 1 1、4 1 2	電極片	4 2	固定電極	4 2 1、		
	4 2 2	電極片	4 3、4 4	固定電極	4 3 1、4 3 2	電極片	4 4 1、4 4		
	2	電極片	4 5、4 6	圧電体素子	5 1	第 1 振動部	5 1 1	フレーム部	
		5 1 1 a	第 1 開口	5 1 1 b	第 2 開口	5 1 1 c	第 3 開口	5 1 2	
		軸方向変位部	5 1 3、5 1 4	軸部	5 1 5	駆動電極	5 1 6	Y 軸方向変位	

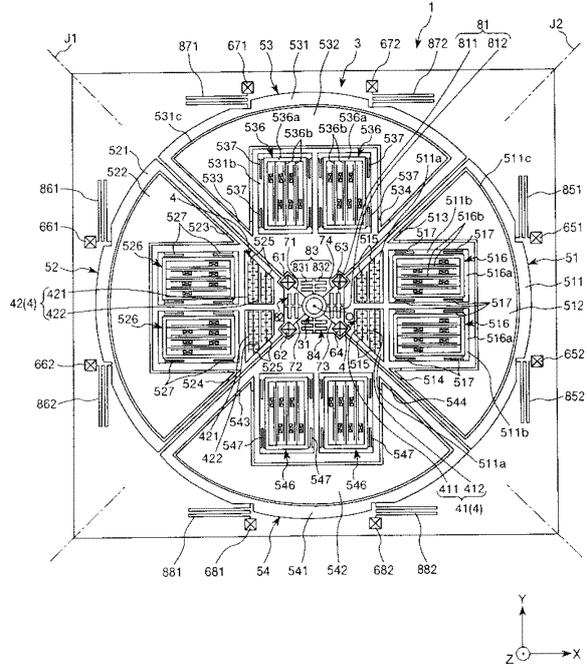
50

部 5 1 6 A 変位部 5 1 6 A a 基部 5 1 6 A b 固定電極 5 1 6 a
 枠部 5 1 6 b 検出電極 5 1 6 c 基部 5 1 6 d 検出電極 5 1 7 パ
 ネ部 5 1 7 A 一对の連結バネ 5 1 8 a 固定部 5 1 8 b 連結部 5 1 9
 a Y軸方向変位部 5 1 9 b バネ部 5 2 第1振動部 5 2 1 フレーム
 部 5 2 2 Z軸方向変位部 5 2 3、5 2 4 軸部 5 2 5 駆動電極 5 2 6
 Y軸方向変位部 5 2 6 b 検出電極 5 2 7 バネ部 5 3 第2振動部
 5 3 1 フレーム部 5 3 1 a 第1開口 5 3 1 b 第2開口 5 3 1 c 第
 3開口 5 3 2 Z軸方向変位部 5 3 3、5 3 4 軸部 5 3 5 駆動電極 5
 3 6 X軸方向変位部 5 3 6 a 枠部 5 3 6 b 検出電極 5 3 7 パネ部
 5 3 9 a バネ部 5 3 9 b 連結部 5 1 9 a X軸方向変位部 5 1 9 b 10
 バネ部 5 4 第2振動部 5 4 1 フレーム部 5 4 2 Z軸方向変位部 5
 4 3、5 4 4 軸部 5 4 5 駆動電極 5 4 6 検出電極 5 4 6 b Y軸方
 向延在部 5 4 7 バネ部 6 1、6 2、6 3、6 4 内側固定部 6 5 1、6 5 2
 、6 6 1、6 6 2、6 7 1、6 7 2、6 8 1、6 8 2 外側固定部 7 1、7 2、7 3
 、7 4 梁 8 1 第1内側バネ部 8 1 1、8 1 2 バネ部 8 2 第1内側
 バネ部 8 3 第2内側バネ部 8 3 1、8 3 2 バネ部 8 4 第2内側バネ部
 8 5 1、8 5 2、8 6 1、8 6 2、8 7 1、8 7 2、8 8 1、8 8 2 外側バネ部
 9 検出手段 9 1 変位トランスデューサー 9 1 1、9 1 2 固定電極 9 1
 1 a、9 1 1 b 電極片 9 2 変位トランスデューサー 9 2 1、9 2 2 固定
 電極 9 2 1 a、9 2 1 b 電極片 9 3 変位トランスデューサー 9 3 1、9 3
 2 固定電極 9 3 1 a、9 3 1 b 電極片 9 4 変位トランスデューサー 9
 4 1、9 4 2 固定電極 9 4 1 a、9 4 1 b 電極片 9 5 回転トランスデ
 ューサー 9 5 1 固定電極 9 6 回転トランスデューサー 9 6 1 固定電極
 9 7 回転トランスデューサー 9 7 1 固定電極 9 8 回転トランスデュー
 ー 9 8 1 固定電極 9 9 1、9 9 2 圧電体素子 9 9 3、9 9 4 圧電体素
 子 9 9 5、9 9 6 ピエゾ抵抗部 1 0 0 表示部 1 1 0 0 パーソナルコ
 ンピューター 1 1 0 2 キーボード 1 1 0 4 本体部 1 1 0 6 表示ユニッ
 ト 1 2 0 0 携帯電話機 1 2 0 2 操作ボタン 1 2 0 4 受話口 1 2 0 6
 送話口 1 3 0 0 デジタルスチルカメラ 1 3 0 2 ケース 1 3 0 4
 受光ユニット 1 3 0 6 シャッターボタン 1 3 0 8 メモリ 1 3 1 2 ビデ 30
 オ信号出力端子 1 3 1 4 入出力端子 1 4 3 0 テレビモニター 1 4 4 0
 パーソナルコンピューター J 1、J 2 軸

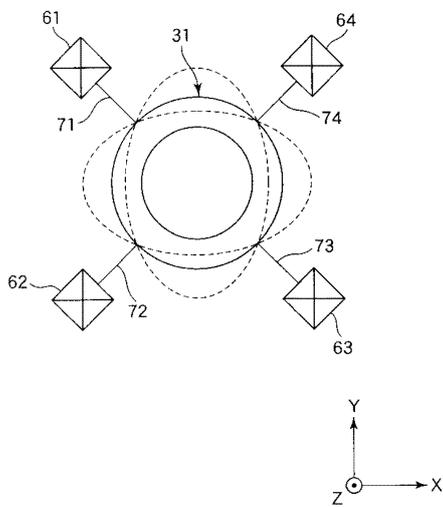
【図 1】



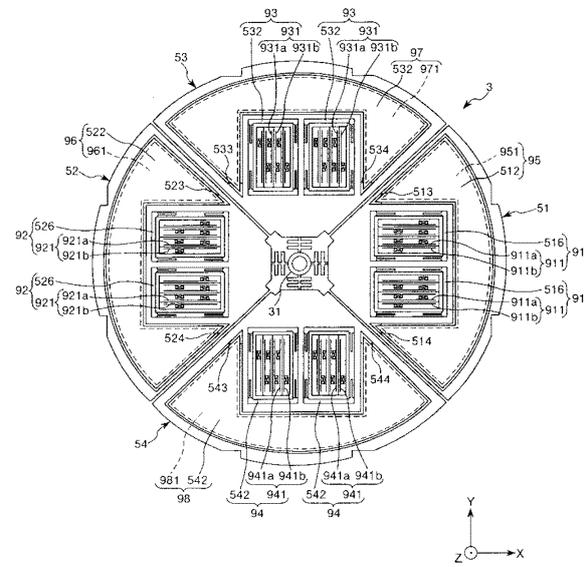
【図 2】



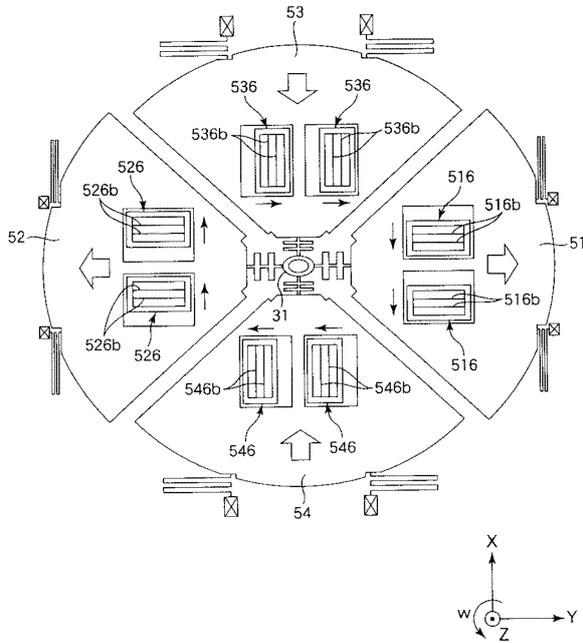
【図 3】



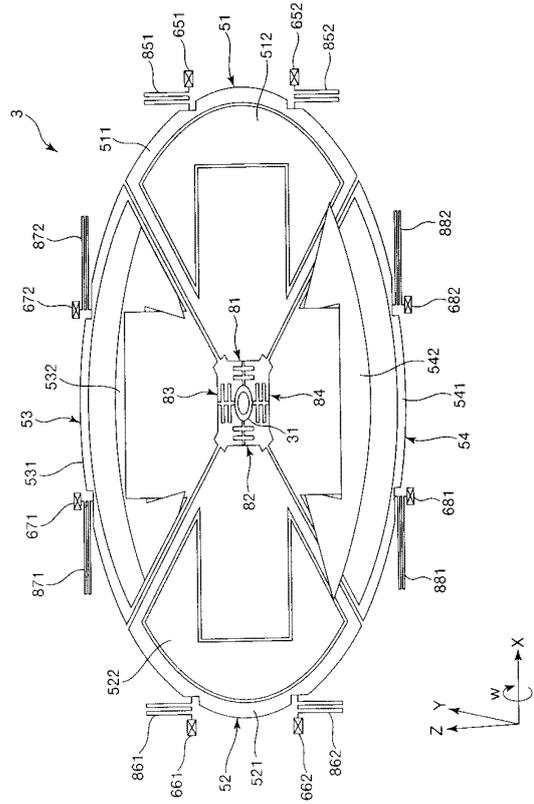
【図 4】



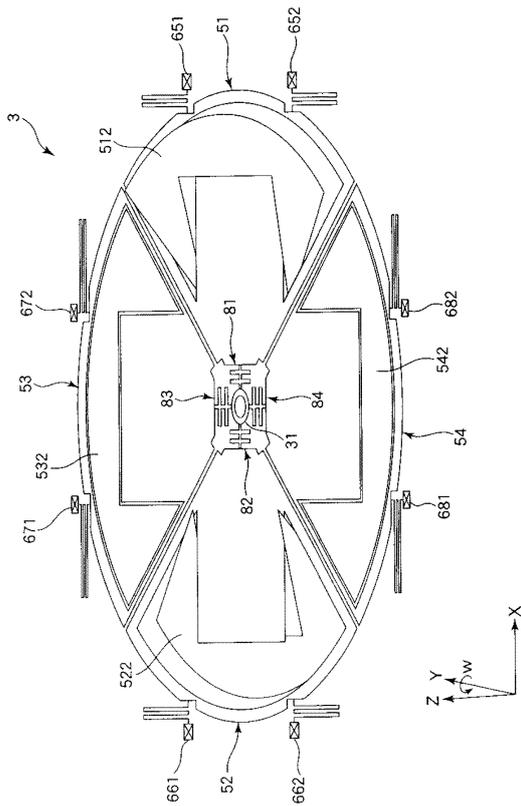
【図5】



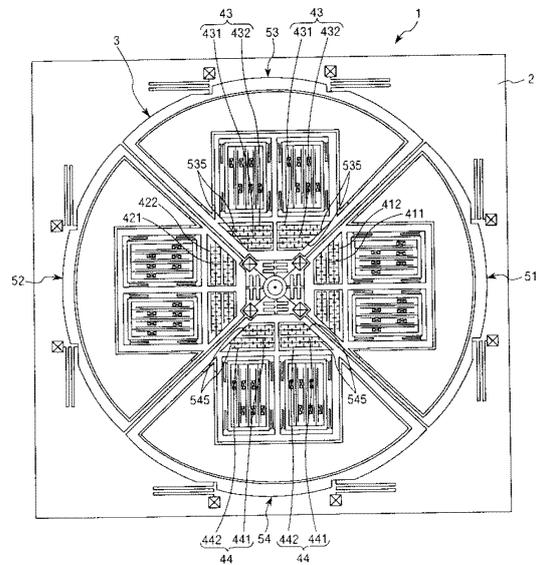
【図6】



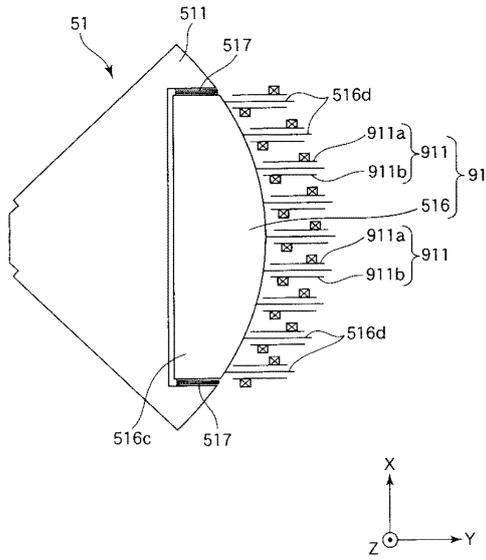
【図7】



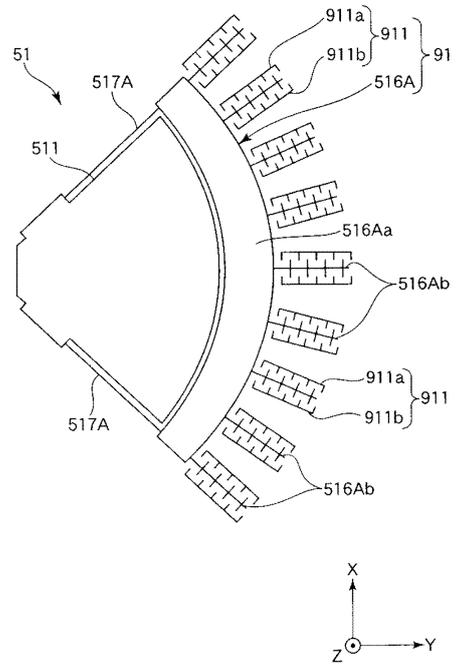
【図8】



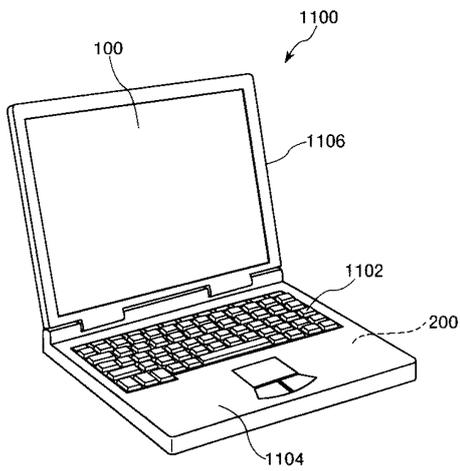
【図 13】



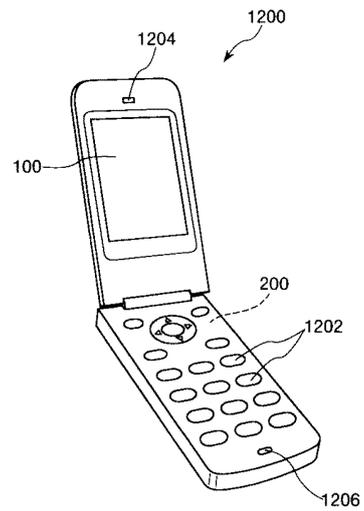
【図 14】



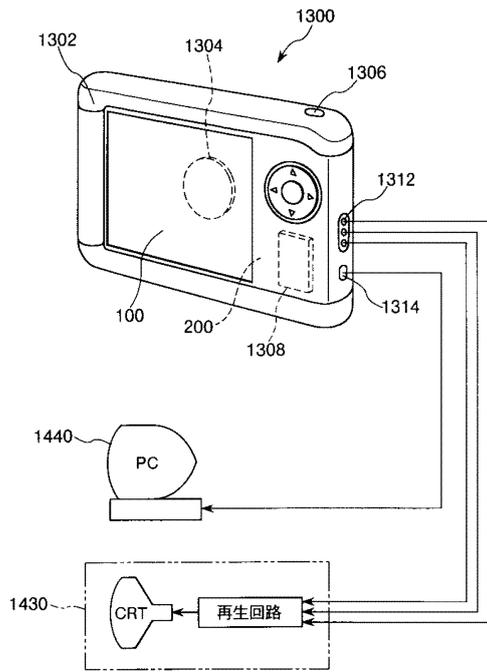
【図 15】



【図 16】



【 図 17 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

B 8 1 B 3/00

(56)参考文献 特開2007-155489(JP,A)

特開2010-008300(JP,A)

特開2000-009474(JP,A)

特開2000-009473(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 C 1 9 / 0 0 - 1 9 / 7 2