

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6318550号  
(P6318550)

(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.

G01C 19/5628 (2012.01)

F 1

G01C 19/5628

請求項の数 9 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2013-226087 (P2013-226087)  
 (22) 出願日 平成25年10月31日 (2013.10.31)  
 (65) 公開番号 特開2015-87263 (P2015-87263A)  
 (43) 公開日 平成27年5月7日 (2015.5.7)  
 審査請求日 平成28年10月28日 (2016.10.28)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
 (74) 代理人 100091292  
 弁理士 増田 達哉  
 (74) 代理人 100091627  
 弁理士 朝比 一夫  
 (72) 発明者 清水 敦史  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 エプソン株式会社内  
 (72) 発明者 菊池 尊行  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 エプソン株式会社内

審査官 八木 智規

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動片、角速度センサー、電子機器および移動体

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基部と、

前記基部から第1方向に沿って延出されていて、前記第1方向に交差する第2方向に沿って並んで配置されている2つの振動腕と、

前記基部を支持する支持部と、

を備え、

前記2つの振動腕が前記第2方向に沿って互いに反対方向に振動する駆動振動モードの共振周波数が  $f_1$  [Hz] であり、前記支持部の変形を伴って前記基部が振動する第1の振動モードの共振周波数が  $f_2$  [Hz] であり、前記駆動振動モードおよび前記第1の振動モードとは異なり、かつ、前記支持部の変形を伴う前記基部の振動および前記2つの振動腕の振動のうちの少なくとも一方を含む第2の振動モードの共振周波数が  $f_3$  [Hz] であり、1以上の整数を  $n$  としたとき、

$$n \times f_1 = f_2 + f_3$$
 の関係を満たし、

前記第1の振動モードおよび前記第2の振動モードのうちの少なくとも一方は、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第2方向に沿って振動する振動モード、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第1方向および前記第2方向の双方に交差する第3方向に沿って振動する振動モード、または、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第3方向に沿った軸まわりに振動する振動モードであることを特徴とする振動片。

## 【請求項 2】

10

20

前記第1の振動モードおよび前記第2の振動モードは、互いに直交する方向の振動成分を含んでいる請求項1に記載の振動片。

【請求項3】

前記第1の振動モードおよび前記第2の振動モードは、一方の振動モードが前記第2方向に沿った方向の振動成分を含み、他方の振動モードが前記第1方向および前記第2方向の双方に交差する第3方向に沿った方向の振動成分を含んでいる請求項1または2に記載の振動片。

【請求項4】

$|f_1 - f_2 - f_3| = 10 \text{ Hz}$  の関係を満たす請求項1ないし3のいずれか1項に記載の振動片。

10

【請求項5】

前記2つの振動腕は、前記基部の前記第1方向での一端側と他端側とにそれぞれ配置されており、

前記基部の前記一端側に配置されている前記2つの振動腕と、前記基部の前記他端側に配置されている前記2つの振動腕とが互いに同じ方向に駆動振動する請求項1ないし4のいずれか1項に記載の振動片。

【請求項6】

請求項1ないし5のいずれか1項に記載の振動片を備えることを特徴とする角速度センサー。

【請求項7】

20

基部と、

前記基部から第1方向に沿って延出されていて、前記第1方向に交差する第2方向に沿って並んで配置されている2つの振動腕と、

前記基部を支持する支持部と、

を備え、

前記2つの振動腕が前記第2方向に沿って互いに反対方向に振動する駆動振動モードの共振周波数が  $f_1$  [ Hz ] であり、前記支持部の変形を伴って前記基部が振動する第1の振動モードの共振周波数が  $f_2$  [ Hz ] であり、前記駆動振動モードおよび前記第1の振動モードとは異なり、かつ、前記支持部の変形を伴う前記基部の振動および前記2つの振動腕の振動のうちの少なくとも一方を含む第2の振動モードの共振周波数が  $f_3$  [ Hz ] であり、1以上の整数を  $n$  としたとき、

30

$n \times f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たし、

前記第1の振動モードおよび前記第2の振動モードのうちの少なくとも一方は、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第2方向に沿って振動する振動モード、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第1方向および前記第2方向の双方に交差する第3方向に沿って振動する振動モード、または、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第3方向に沿った軸まわりに振動する振動モードであることを特徴とする角速度センサー。

【請求項8】

請求項1ないし5のいずれか1項に記載の振動片を備えていることを特徴とする電子機器。

40

【請求項9】

請求項1ないし5のいずれか1項に記載の振動片を備えてい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、振動片、角速度センサー、電子機器および移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

角速度を検出する角速度センサーは、例えば、車両における車体制御、カーナビゲーシ

50

ヨンシステムの自車位置検出、デジタルカメラやビデオカメラ等の振動制御補正（いわゆる手ぶれ補正）等に用いられる。かかる角速度センサーとしては、例えば、振動ジャイロセンサーが知られている（例えば、特許文献1参照）。

例えば、特許文献1に係る角速度センサーは、基部と、この基部に連結されている2つの支持部と、各支持部から伸びている駆動振動片（振動腕）と、基部に連結されている検出振動片（振動腕）とを備え、これらが圧電体単結晶からなる。この角速度センサーでは、2つの駆動振動片を面内方向で屈曲振動（駆動振動）させた状態で、面外方向に沿った検出軸まわりの角速度が加わると、コリオリ力の作用により、検出振動片の面内方向での屈曲振動が励振される。そして、この検出振動片の屈曲振動を検出することにより、角速度を検出する。

また、特許文献1に係る角速度センサーでは、素子全体が面外屈曲振動する面外屈曲モードと他の振動モードとの結合による温度ドリフトを抑制する観点から、面外屈曲振動モードと駆動振動モードとを所定の関係に規定している。

#### 【0003】

ところで、通常、基部は、比較的弾性の高い支持構造体を介して、パッケージ等の他の構造体に支持されている。そのため、支持構造体の弾性に起因する振動モードが存在する。

しかし、特許文献1に係る角速度センサーでは、このような支持構造体の弾性を考慮していないため、支持構造体の弾性に起因する振動モードと他の振動モードとの結合によるパラメトリック励振によって駆動振動モードの振動形状が変化し、出力が変動するという問題があった。ここで、パラメトリック励振は、駆動振動モード以外の複数の振動モードの共振周波数の和が駆動振動モードの共振周波数と一致した場合に発生する。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0004】

#### 【特許文献1】特開2004-101278号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

本発明の目的は、パラメトリック励振による出力変動を低減することができる振動片および角速度センサーを提供すること、また、かかる振動片を備える優れた信頼性を有する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】

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、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

#### [適用例1]

本発明の振動片は、基部と、

前記基部から第1方向に沿って延出されていて、前記第1方向に交差する第2方向に沿って並んで配置されている2つの振動腕と、

前記基部を支持する支持部と、

を備え、

前記2つの振動腕が前記第2方向に沿って互いに反対方向に振動する駆動振動モードの共振周波数が  $f_1$  [Hz] であり、前記支持部の変形を伴って前記基部が振動する第1の振動モードの共振周波数が  $f_2$  [Hz] であり、前記駆動振動モードおよび前記第1の振動モードとは異なり、かつ、前記支持部の変形を伴う前記基部の振動および前記2つの振動腕の振動のうちの少なくとも一方を含む第2の振動モードの共振周波数が  $f_3$  [Hz] であり、1以上の整数を  $n$  としたとき、

$n \times f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たし、

前記第1の振動モードおよび前記第2の振動モードのうちの少なくとも一方は、前記支

持部の変形を伴って前記基部が前記第2方向に沿って振動する振動モード、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第1方向および前記第2方向の双方に交差する第3方向に沿って振動する振動モード、または、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第3方向に沿った軸まわりに振動する振動モードであることを特徴とする。

このような振動片によれば、支持部の弾性に起因するパラメトリック励振による出力変動を低減することができる。

【0008】

[適用例2]

本発明の振動片では、前記第1の振動モードおよび前記第2の振動モードは、互いに直交する方向の振動成分を含んでいることが好ましい。

10

このような場合、第1の振動および第2の振動により駆動振動のパラメトリック励振が生じるおそれがある。したがって、この場合に本発明を適用することによる効果が顕著に発揮される。

【0009】

[適用例3]

本発明の振動片では、前記第1の振動モードおよび前記第2の振動モードは、一方の振動モードが前記第2方向に沿った方向の振動成分を含み、他方の振動モードが前記第1方向および前記第2方向の双方に交差する第3方向に沿った方向の振動成分を含んでいることが好ましい。

このような場合、仮に  $f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たしていると、第1の振動および第2の振動との組み合わせるによってパラメトリック励振に起因する駆動振動の振動形状の変化を生じやすい。したがって、この場合に本発明を適用することによる効果が顕著に発揮される。

20

【0010】

[適用例4]

本発明の振動片では、 $|f_1 - f_2 - f_3| = 10\text{ Hz}$  の関係を満たすことが好ましい。

これにより、第1の振動および第2の振動の組み合わせによるパラメトリック励振を効果的に低減することができる。

【0011】

30

[適用例5]

本発明の振動片では、前記2つの振動腕は、前記基部の前記第1方向での一端側と他端側とにそれぞれ配置されており、

前記基部の前記一端側に配置されている前記2つの振動腕と、前記基部の前記他端側に配置されている前記2つの振動腕とが互いに同じ方向に駆動振動することが好ましい。

これにより、いわゆるダブルT型の振動片において、本発明の効果を発揮させることができる。

[適用例6]

本発明の角速度センサーは、本発明の振動片を備えることを特徴とする。

このような角速度センサーによれば、パラメトリック励振による出力変動を低減することができる。

40

【0012】

[適用例7]

本発明の角速度センサーは、基部と、

前記基部から第1方向に沿って延出されていて、前記第1方向に交差する第2方向に沿って並んで配置されている2つの振動腕と、

前記基部を支持する支持部と、

を備え、

前記2つの振動腕が前記第2方向に沿って互いに反対方向に振動する駆動振動モードの共振周波数が  $f_1$  [Hz] であり、前記支持部の変形を伴って前記基部が振動する第1の

50

振動モードの共振周波数が  $f_2$  [Hz] であり、前記駆動振動モードおよび前記第1の振動モードとは異なり、かつ、前記支持部の変形を伴う前記基部の振動および前記2つの振動腕の振動のうちの少なくとも一方を含む第2の振動モードの共振周波数が  $f_3$  [Hz] であり、1以上の整数を  $n$  としたとき、

$n \times f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たし、

前記第1の振動モードおよび前記第2の振動モードのうちの少なくとも一方は、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第2方向に沿って振動する振動モード、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第1方向および前記第2方向の双方に交差する第3方向に沿って振動する振動モード、または、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記第3方向に沿った軸まわりに振動する振動モードであることを特徴とする。

このような角速度センサーによれば、パラメトリック励振による出力変動を低減することができる。

#### 【0013】

##### [適用例8]

本発明の電子機器は、本発明の振動片を備えていることを特徴とする。

これにより、優れた信頼性を有する電子機器を提供することができる。

##### [適用例9]

本発明の移動体は、本発明の振動片を備えていることを特徴とする。

これにより、優れた信頼性を有する移動体を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0014】

【図1】本発明の第1実施形態に係る角速度センサーの概略構成を示す断面図である。

【図2】図1に示す角速度センサーの平面図である。

【図3】図1に示す角速度センサーが備えるセンサー素子の平面図である。

【図4】図3に示すセンサー素子の動作を説明するための平面図である。

【図5】(a)は、図1に示す角速度センサーの簡略化モデルを示す図、(b)は、駆動振動モードを示す図である。

【図6】図1に示す角速度センサーにおける第1の振動モードと第2の振動モードとの組み合わせの例を簡略化モデルで示す図である。

【図7】図1に示す角速度センサーにおける第1の振動モードと第2の振動モードとの組み合わせの例を簡略化モデルで示す図である。

【図8】(a)は、本発明の第2実施形態に係る角速度センサーの概略構成を示す平面図、(b)は、(a)中のC-C線断面図である。

【図9】図8に示す角速度センサーが備える支持部を説明するための裏面図である。

【図10】本発明の第3実施形態に係る角速度センサーの概略構成を示す平面図である。

【図11】図10に示す角速度センサーが備えるセンサー素子の動作を説明するための平面図である。

【図12】(a)は、図11に示す角速度センサーの簡略化モデルを示す図、(b)は、駆動振動モードを示す図である。

【図13】図11に示す角速度センサーにおける第1の振動モードと第2の振動モードとの組み合わせの例を簡略化モデルで示す図である。

【図14】本発明の第4実施形態に係る角速度センサーの概略構成を示す平面図である。

【図15】本発明の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一例を示す斜視図である。

【図16】本発明の電子機器を適用した携帯電話機(PHSも含む)の一例を示す斜視図である。

【図17】本発明の電子機器を適用したデジタルスチルカメラの一例を示す斜視図である。

【図18】本発明の移動体(自動車)の一例を示す斜視図である。

#### 【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

## 【0015】

以下、本発明の角速度センサー、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。

## 1. 角速度センサー

## &lt;第1実施形態&gt;

図1は、本発明の第1実施形態に係る角速度センサーの概略構成を示す断面図、図2は、図1に示す角速度センサーの平面図、図3は、図1に示す角速度センサーが備えるセンサー素子の平面図である。また、図4は、図3に示すセンサー素子の動作を説明するための平面図である。

## 【0016】

10

なお、図1～4では、説明の便宜上、互いに直交する3軸として、x軸、y軸およびz軸を図示しており、その図示した矢印の先端側を「+（プラス）」、基端側を「-（マイナス）」とする。また、以下では、x軸に平行な方向を「x軸方向」と言い、y軸に平行な方向を「y軸方向」と言い、z軸に平行な方向を「z軸方向」と言い、+z側（図1中の上側）を「上」、-z側（図1中の下側）を「下」と言う。

図1および図2に示す角速度センサー1は、z軸まわりの角速度を検出する振動ジャイロセンサーである。この角速度センサー1は、センサー素子（振動片）2と、ICチップ3と、センサー素子2およびICチップ3を収納するパッケージ9とを有している。

## 【0017】

20

以下、角速度センサー1を構成する各部を順次説明する。

## (センサー素子)

センサー素子2は、z軸まわりの角速度を検出する「面外検出型」のセンサー素子である。このセンサー素子2は、図3に示すように、振動片20と、振動片20の表面に設けられた複数の検出電極（図示せず）、複数の駆動電極（図示せず）および複数の端子61～66とを備える。

## 【0018】

30

振動片20は、図3に示すように、いわゆるダブルT型と呼ばれる構造を有する。

具体的に説明すると、振動片20は、基部21と、基部21を支持する支持部22と、基部21から延出した2つの検出用振動腕23、24および4つの駆動用振動腕25～28とを有する。

基部21は、本体部211と、本体部211からx軸方向に沿って互いに反対側へ延出する1対の連結腕212、213とを有する。

## 【0019】

40

支持部22は、パッケージ9に対して固定される1対の固定部221、222と、固定部221と基部21の本体部211とを連結する1対の梁部223、224と、固定部222と基部21の本体部211とを連結する1対の梁部225、226とを有する。ここで、梁部223、224、225、226は、固定部221、222に対して基部21を支持する「支持部」を構成していると言える。なお、固定部221、222および梁部223、224、225、226が「支持部」を構成し、パッケージ9または後述するパッケージ9のベース91が「固定部」を構成しているとも言える。また、前述した基部21の本体部211が「基部」を構成しているとも言える。

## 【0020】

検出用振動腕23、24は、基部21の本体部211からy軸方向に沿って互いに反対側へ延出している。ここで、検出用振動腕23、24は、基部21に接続されていて、検出軸まわりの角速度に応じたコリオリ力の作用により振動する「検出部」を構成している。

駆動用振動腕25、26は、基部21の連結腕212の先端部からy軸方向に沿って互いに反対側へ延出している。同様に、駆動用振動腕27、28は、基部21の連結腕213の先端部からy軸方向に沿って互いに反対方向へ延出している。ここで、駆動用振動腕25、26、27、28は、基部21に接続されている「振動部」を構成している。

50

## 【0021】

本実施形態では、検出用振動腕23の先端部には、基端部よりも幅が大きい錘部(ハンマー・ヘッド)231が設けられている。同様に、検出用振動腕24の先端部には、錘部241が設けられ、駆動用振動腕25の先端部には、錘部251が設けられ、駆動用振動腕26の先端部には、錘部261が設けられ、駆動用振動腕27の先端部には、錘部271が設けられ、駆動用振動腕28の先端部には、錘部281が設けられている。このような錘部を設けることにより、センサー素子2の小型化および検出感度の向上を図ることができる。

## 【0022】

本実施形態では、振動片20は、圧電体材料で構成されている。

10

かかる圧電体材料としては、例えば、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、ホウ酸リチウム、チタン酸バリウム等が挙げられる。特に、振動片20を構成する圧電体材料としては水晶(Ｚカット板)が好ましい。水晶で振動片20を構成すると、振動片20の振動特性(特に周波数温度特性)を優れたものとすることができます。また、エッティングにより高い寸法精度で振動片20を形成することができる。

## 【0023】

このように構成された振動片20の駆動用振動腕25、26、27、28には、それぞれ、図示しないが、通電により駆動用振動腕25、26、27、28をX軸方向に屈曲振動させる1対の駆動電極(駆動信号電極および駆動接地電極)が設けられている。この各駆動用振動腕25～28に設けられた1対の駆動電極は、図示しない配線を介して、図3に示す固定部221に設けられた端子61(駆動信号端子)および端子64(駆動接地端子)に電気的に接続されている。

20

## 【0024】

また、振動片20の検出用振動腕23、24には、それぞれ、図示しないが、検出用振動腕23、24のX軸方向での屈曲振動に伴って生じる電荷を検出する1対の検出電極(検出信号電極および検出接地電極)が設けられている。この検出用振動腕23に設けられた1対の検出電極は、図示しない配線を介して、図3に示す固定部221に設けられた端子62(検出接地端子)および端子63(検出信号端子)に電気的に接続されている。同様に、検出用振動腕24に設けられた1対の検出電極は、図示しない配線を介して、端子65(検出接地端子)および端子66(検出信号端子)に電気的に接続されている。

30

## 【0025】

このような駆動電極、検出電極および端子61～66の構成材料としては、それぞれ、特に限定されないが、例えば、金(Au)、金合金、白金(Pt)、アルミニウム(Al)、アルミニウム合金、銀(Ag)、銀合金、クロム(Cr)、クロム合金、銅(Cu)、モリブデン(Mo)、ニオブ(Nb)、タングステン(W)、鉄(Fe)、チタン(Ti)、コバルト(Co)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)等の金属材料や、ITO、ZnO等の透明電極材料を用いることができ、中でも、金を主材料とする金属(金、金合金)または白金を用いるのが好ましい。

## 【0026】

なお、これら駆動電極等と振動片20との間には、駆動電極等が振動片20から剥離するのを防止する機能を有する下地層としてTi、Cr等の層が設けられていてもよい。また、これら駆動電極等は、同一の成膜工程により一括形成することができる。

40

このように構成されたセンサー素子2は、次のようにしてZ軸まわりの角速度 $\omega$ を検出する。

## 【0027】

まず、端子61と端子64との間に電圧(駆動信号)を印加することにより、図4(a)に示すように、図中矢印Aに示す方向(面内方向)に、駆動用振動腕25と駆動用振動腕27とを互いに接近・離間するように屈曲振動(駆動振動)させるとともに、駆動用振動腕26と駆動用振動腕28とを上記屈曲振動と同方向に互いに接近・離間するように屈曲振動(駆動振動)させる。

50

このとき、センサー素子2に角速度が加わらないと、駆動用振動腕25、26と駆動用振動腕27、28とは、中心点(重心G)を通るyz平面に対して面対称の振動を行っているため、基部21(本体部211および連結腕212、213)および検出用振動腕23、24は、ほとんど振動しない。

【0028】

このように駆動用振動腕25～28を駆動振動させた状態(駆動モード)で、センサー素子2にその重心Gを通る法線まわり(すなわちz軸まわり)の角速度が加わると、駆動用振動腕25～28には、それぞれ、コリオリ力が働く。これにより、図4(b)に示すように、連結腕212、213を図中矢印Bに示す方向に屈曲振動し、これに伴い、この屈曲振動を打ち消すように、検出用振動腕23、24の図中矢印Cに示す方向の屈曲振動(検出振動)が励振される。

【0029】

そして、このような検出用振動腕23の検出振動(検出モード)によって1対の検出電極間に生じた電荷が端子62、63から出力される。また、検出用振動腕24の屈曲振動によって1対の検出電極間に生じた電荷が端子65、66から出力される。

このように端子62、63、65、66から出力された電荷に基づいて、センサー素子2に加わった角速度を求めることができる。

【0030】

(ICチップ3)

図1および図2に示すICチップ3は、前述したセンサー素子2を駆動する機能と、センサー素子2からの出力(センサー出力)を検出する機能とを有する電子部品である。

このようなICチップ3は、図示しないが、センサー素子2を駆動する駆動回路と、センサー素子2からの出力(電荷)を検出する検出回路とを備える。

また、ICチップ3には、複数の接続端子31が設けられている。

【0031】

複数の接続端子31は、前述したセンサー素子2を駆動する駆動信号を出力する1つの接続端子31bと、センサー素子2からの検出信号が入力される2つの接続端子31aとを含む。

2つの接続端子31aは、一方の接続端子31aが配線70を介してセンサー素子2の端子63に電気的に接続され、他方の接続端子31aが配線70を介してセンサー素子2の端子66に電気的に接続されている。

【0032】

配線70は、一端部が端子63または端子66に固定されるとともに他端部が接続端子31aに固定されたボンディングワイヤーで構成されている。なお、配線70は、後述するパッケージ9のベース91に設けられた内部端子71aに接続されていてもよい。

一方、接続端子31bは、後述するパッケージ9のベース91に設けられた配線73を介して、センサー素子2の端子61に電気的に接続されている。

【0033】

(パッケージ)

パッケージ9は、センサー素子2およびICチップ3を収納するものである。

パッケージ9は、上面に開放する凹部を有するベース91と、ベース91の凹部の開口を塞ぐようにベース91に接合部材93(シールリング)を介して接合されたリッド(蓋体)92とを有している。このようなパッケージ9は、その内側に収納空間Sを有しており、この収納空間S内に、センサー素子2およびICチップ3が気密的に収納、設置されている。

ベース91には、前述したセンサー素子2およびICチップ3が設置されている。

【0034】

本実施形態では、図2に示すように、ベース91を平面視したときに、センサー素子2およびICチップ3がx軸方向に互いに並んで配置されている。

ベース91は、平板状の基板911と、基板911の上面に接合された平板状の基板9

10

20

30

40

50

12と、基板912の上面に接合された枠状の基板913と、基板913の上面に接合された枠状の914とで構成されている。

このようなベース91には、基板912の上面と基板913の上面との間に形成された段差と、基板913の上面と基板914の上面との間に形成された段差とを有する凹部が形成されている。

#### 【0035】

ベース91の構成材料（基板911～914の各構成材料）としては、特に限定されないが、例えば、酸化アルミニウム等の各種セラミックスを用いることができる。

このようなベース91の基板913の上面には、複数の内部端子71および複数の内部端子72が設けられている。

この複数の内部端子71は、ダミー用の2つの内部端子71aと、駆動信号用の1つの内部端子71bとを含む。

#### 【0036】

内部端子71bは、ベース91に設けられた配線73を介して1つの内部端子72に電気的に接続されている。

この配線73は、センサー素子2の端子61と、ICチップ3の接続端子31bとを電気的に接続している。

また、2つの内部端子71aおよび1つの内部端子71bを除く他の3つの内部端子71も、ベース91に設けられた配線（図示せず）を介して、対応する3つの内部端子72に電気的に接続されている。

#### 【0037】

一方、2つの内部端子71aは、内部端子72に対して電気的に接続されていないダミー端子であり、センサー素子2をベース91に対して固定する際の安定性を高めるものである。

このような複数（6つ）の内部端子71には、それぞれ、固定部材81を介してセンサー素子2が固定されている。

#### 【0038】

ここで、複数の内部端子71のうちの2つの内部端子71aを除く4つの内部端子71に対応する固定部材81は、例えば、半田、銀ペースト、導電性接着剤（樹脂材料中に金属粒子などの導電性フィラーを分散させた接着剤）等で構成されている。これにより、かかる4つの内部端子71が固定部材81を介してセンサー素子2の端子61、62、64、65に電気的に接続されている。

#### 【0039】

また、2つの内部端子71aに対応する2つの固定部材81（固定部材81a）は、例えば、半田、銀ペースト、導電性接着剤（樹脂材料中に金属粒子などの導電性フィラーを分散させた接着剤）等で構成されていてもよいし、エポキシ樹脂、アクリル樹脂等を含む非導電性の接着剤で構成されていてもよい。

複数の内部端子72には、例えばボンディングワイヤーで構成された配線を介して、前述したICチップ3の複数の接続端子31（2つの接続端子31aを除く）が電気的に接続されている。

#### 【0040】

なお、各接続端子31aは、前述したように、ボンディングワイヤーで構成された配線70を介して、センサー素子2の端子63または端子66に電気的に接続されている。

また、ベース91の基板912の上面には、例えばエポキシ樹脂、アクリル樹脂等を含んで構成された接着剤のような固定部材82により、前述したICチップ3が固定されている。これにより、ICチップ3がベース91に対して支持・固定されている。

#### 【0041】

また、ベース91の基板911の下面（センサー素子2とは反対側）には、角速度センサー1が組み込まれる機器（外部機器）に実装される際に用いられる複数の外部端子74と、ICチップ3を調整するための外部端子75（調整用端子）とが設けられている。

10

20

30

40

50

この複数の外部端子 74、75 は、それぞれ、図示しない内部配線を介して、対応する内部端子 72 に電気的に接続されている。これにより、各外部端子 74、75 は、I C チップ 3 に電気的に接続されている。

【0042】

このような各内部端子 71、72 および各外部端子 74、75 等は、それぞれ、例えば、タンゲステン (W) 等のメタライズ層にニッケル (Ni)、金 (Au) 等の被膜をメッキ等により積層した金属被膜からなる。

このようなベース 91 には、接合部材 93 を介してリッド 92 が気密的に接合されている。これにより、パッケージ 9 内が気密封止されている。

【0043】

このリッド 92 は、例えば、ベース 91 と同材料、または、コバール、42 アロイ、ステンレス鋼等の金属で構成されている。

また、接合部材 93 は、例えば、コバール、42 アロイ、ステンレス鋼等の金属で構成されている。

ベース 91 とリッド 92 との接合方法としては、特に限定されないが、例えば、シーム溶接、レーザー溶接等の溶接方法等を用いることができる。

【0044】

また、ベース 91 には、収納空間 S 内を減圧または不活性ガス封入する際に用いる貫通孔 94 が形成されている。この貫通孔 94 は、封止材 95 により封止されている。

例えば、収納空間 S 内を減圧する場合、まず、封止材 95 により封止される前の貫通孔 94 を介して収納空間 S 内の空気を除去し、その状態を維持したまま、次いで、封止材 95 となる金属ボールを貫通孔 94 内に載置し、この金属ボールをレーザーにより溶融させることにより封止材 95 を形成し、貫通孔 94 を封止する。

【0045】

以上、角速度センサー 1 の概略構成について説明したが、このような角速度センサー 1 は、基部 21 が弾性変形可能な梁部 223、224、225、226 を介して固定部 221、222 に支持されているため、梁部 223、224、225、226 の変形を伴って基部 21 が固定部 221、222 に対して振動する振動モードを有する。

このような振動モードの共振周波数は、他の振動モードと結合によるパラメトリック励振に起因して駆動振動の振動形状が変化し、出力が変動してしまうおそれがある。

【0046】

そこで、角速度センサー 1 では、駆動振動（以下、「駆動振動モード」ともいう）の共振周波数を  $f_1$  [Hz] とし、駆動振動とは異なり、かつ、梁部 223、224、225、226 の変形を伴って基部 21（より具体的には本体部 211）が振動する第 1 の振動（以下、「第 1 の振動モード」ともいう）の共振周波数を  $f_2$  [Hz] とし、駆動振動および第 1 の振動とは異なり、かつ、基部 21 または検出用振動腕 23、24 および駆動用振動腕 25～28 が振動する第 2 の振動（以下、「第 2 の振動モード」ともいう）の共振周波数を  $f_3$  [Hz] とし、1 以上の整数を  $n$  としたとき、 $n \times f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たす。

これにより、梁部 223、224、225、226 の弾性に起因するパラメトリック励振による出力変動を低減することができる。

【0047】

以下、駆動振動モード、第 1 の振動モードおよび第 2 の振動モードについて、より具体的に説明する。

図 6 は、図 1 に示す角速度センサーにおける第 1 の振動モードと第 2 の振動モードとの組み合わせの例を簡略化モデルで示す図、図 7 は、図 1 に示す角速度センサーにおける第 1 の振動モードと第 2 の振動モードとの組み合わせの例を簡略化モデルで示す図である。

【0048】

（駆動振動モード）

駆動振動モードは、前述したように、駆動用振動腕 25 と駆動用振動腕 27 とを互いに

10

20

30

40

50

接近・離間するように屈曲振動（駆動振動）させるとともに、駆動用振動腕26と駆動用振動腕28とを上記屈曲振動と同方向に互いに接近・離間するように屈曲振動（駆動振動）させるモードである（図4（a）参照）。

【0049】

すなわち、駆動振動モードは、駆動用振動腕25と駆動用振動腕27とを互いに接近するように屈曲振動（駆動振動）させるとともに、駆動用振動腕26と駆動用振動腕28とを互いに接近するように屈曲振動（駆動振動）させる状態（図5（b）参照）と、駆動用振動腕25と駆動用振動腕27とを互いに離間するように屈曲振動（駆動振動）させるとともに、駆動用振動腕26と駆動用振動腕28とを互いに離間するように屈曲振動（駆動振動）させる状態とを繰り返す。

10

【0050】

（第1の振動モードおよび第2の振動モード）

第1の振動モードおよび第2の振動モードの組み合わせとしては、例えば、図6（a）～（c）および図7（a）～（c）等が挙げられる。以下、各組み合わせを順次説明する。

図6（a）に示す組み合わせは、第1の振動モードとしてモードAを用い、第2の振動モードとしてモードBを用いている。

【0051】

モードAでは、梁部223、224、225、226の変形を伴って、本体部211（基部21）、互いに同相で面外方向（z軸方向）に振動する。すなわち、モードAでは、センサー素子2全体が面外方向に振動する。

20

モードBでは、検出用振動腕23、24が互いに同相で面外振動するとともに、駆動用振動腕25～28が検出用振動腕23、24とは逆相でかつ互いに同相で面外振動（z軸方向に屈曲振動）する。このとき、梁部223、224、225、226の変形を伴って、本体部211は、検出用振動腕23、24と同相で面外方向に振動する。

【0052】

図6（b）に示す組み合わせは、第1の振動モードとして前述したモードAを用い、第2の振動モードとしてモードCを用いている。

モードCでは、検出用振動腕23、24および駆動用振動腕25～28が互いに同相で面内振動（x軸方向に屈曲振動）する。このとき、梁部223、224、225、226の変形を伴って、本体部211は、検出用振動腕23、24および駆動用振動腕25～28と同相で同方向（x軸方向）に面内振動する。

30

【0053】

図6（c）に示す組み合わせは、第1の振動モードとして前述したモードBを用い、第2の振動モードとしてモードDを用いる。

モードDでは、検出用振動腕23、24が互いに逆相で面内振動（x軸方向に屈曲振動）するとともに、駆動用振動腕25、26が検出用振動腕23、24と逆相であって互いに逆相で面内振動し、かつ、駆動用振動腕27、28が検出用振動腕23、24と逆相であって互いに逆相に面内振動する。このとき、梁部223、224、225、226の変形を伴って、本体部211は、面外方向に沿った軸まわりに回転振動する。

40

【0054】

図7（a）に示す組み合わせは、第1の振動モードとして前述したモードBを用い、第2の振動モードとしてモードEを用いている。

モードEでは、検出用振動腕23、24および駆動用振動腕25～28が互いに同相で面外方向に変位して振動する。このとき、梁部223、224、225、226の変形を伴って、本体部211（基部21）は、検出用振動腕23、24および駆動用振動腕25～28と逆相で面外方向に変位する。

【0055】

図7（b）に示す組み合わせは、第1の振動モードとしてモードFを用い、第2の振動モードとしてモードGを用いている。

50

モードFでは、検出用振動腕23および駆動用振動腕25、27が同相で面外振動するとともに、検出用振動腕24および駆動用振動腕26、28が検出用振動腕23および駆動用振動腕25、27と逆相で面外振動する。このとき、梁部223、224、225、226の変形を伴って、本体部211は、x軸方向に沿った軸まわりに回転振動する。

モードGでは、検出用振動腕23、24が互いに同相で面内振動するとともに、駆動用振動腕25～28が検出用振動腕23、24と逆相であって互いに同相で面内振動する。このとき、梁部223、224、225、226の変形を伴って、本体部211は、駆動用振動腕25～28と同相で同方向(x軸方向)に振動する。

#### 【0056】

図7(c)に示す組み合わせは、第1の振動モードとしてモードHを用い、第2の振動モードとして前述したモードDを用いている。10

モードHでは、梁部223、224、225、226の変形を伴って、本体部211(基部21)、検出用振動腕23、24および駆動用振動腕25～28は、互いに同相で面外方向に沿った軸まわりに回転振動する。すなわち、モードAでは、センサー素子2全體が面外方向に沿った軸まわりに回転振動する。

#### 【0057】

ここで、第1の振動および第2の振動のうちの少なくとも一方は、y軸方向と異なる方向成分を含んでいることが好ましい。駆動振動以外の振動のうち検出用振動腕23、24および駆動用振動腕25～28は、互いに同相で面外方向に沿った軸まわりに回転振動する。すなわち、モードAでは、センサー素子2全體が面外方向に沿った軸まわりに回転振動する。20

#### 【0058】

また、第1の振動および第2の振動は、互いに直交する方向成分を含んでいることが好ましく、前述したように、第1の振動および第2の振動のうちの少なくとも一方がy軸方向と異なる方向成分を含んでいることが好ましいという観点から、第1の振動および第2の振動は、一方の振動がx軸方向に沿った方向成分を含み、他方の振動がz軸方向に沿った方向成分を含んでいることが好ましい。より具体的には、第1の振動および第2の振動の組み合わせとして、前述した図6(a)～(c)および図7(a)～(c)の組み合わせのうち、図6(b)、(c)および図7(b)の組み合わせを用いることが好ましい。このような場合、仮に $n \times f_1 = f_2 + f_3$ の関係を満たしていると、第1の振動および第2の振動との組み合わせるによってパラメトリック励振に起因する駆動振動の振動形状の変化を生じやすい。したがって、この場合に本発明を適用することによる効果が顕著に発揮される。30

また、 $|f_1 - f_2 - f_3| = 10\text{ Hz}$ の関係を満たすことが好ましく、 $|f_1 - f_2 - f_3| = 100\text{ Hz}$ の関係を満たすことがより好ましく、 $|f_1 - f_2 - f_3| = 500\text{ Hz}$ の関係を満たすことがさらに好ましい。これにより、第1の振動および第2の振動の組み合わせによるパラメトリック励振を効果的に低減することができる。40

#### 【0059】

以上説明したような第1実施形態に係る角速度センサー1によれば、駆動振動の共振周波数 $f_1$ [Hz]、第1の振動の共振周波数 $f_2$ [Hz]、および、第2の振動の共振周波数 $f_3$ [Hz]が、 $n \times f_1 = f_2 + f_3$ の関係を満たしているので、梁部223、224、225、226の弾性に起因するパラメトリック励振による出力変動を低減することができる。

#### 【0060】

##### <第2実施形態>

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

図8(a)は、本発明の第2実施形態に係る角速度センサーの概略構成を示す平面図、50

図 8 ( b ) は、図 8 ( a ) 中の C - C 線断面図である。また、図 9 は、図 8 に示す角速度センサーが備える支持部を説明するための裏面図である。

【 0 0 6 1 】

以下、第 2 実施形態について、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。なお、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。

本実施形態の角速度センサー 1 A は、センサー素子 2 A と、IC チップ 3 と、センサー素子 2 A および IC チップ 3 を収納するパッケージ 9 と、センサー素子 2 A をパッケージ 9 に対して支持する支持部材 4 とを有している。

【 0 0 6 2 】

センサー素子 2 A は、振動片 20 A と、振動片 20 A の表面に設けられた複数の検出電極（図示せず）、複数の駆動電極（図示せず）および複数の端子 67 とを備える。

振動片 20 A は、基部 21 と、基部 21 から延出した 2 つの検出用振動腕 23、24 および 4 つの駆動用振動腕 25～28 とを有する。

このような振動片 20 A の基部 21 の本体部 211 には、複数の端子 67 が設けられている。この複数の端子 67 は、前述した第 1 実施形態の複数の端子 61～66 と同様に、図示しない配線を介して、検出用振動腕 23、24 に設けられた検出電極および駆動用振動腕 25～28 に設けられた駆動電極に電気的に接続されている。

【 0 0 6 3 】

また、本体部 211 は、TAB (Tape Automated Bonding) 実装用の支持部材 4 を介してパッケージ 9 A のベース 91 A に支持されている。

パッケージ 9 A は、上面に開放する凹部を有するベース 91 A と、ベース 91 A の凹部の開口を塞ぐようにベース 91 A に接合部材 93 (シールリング) を介して接合されたリッド (蓋体) 92 とを有している。

【 0 0 6 4 】

ベース 91 A は、平板状の基板 911 A と、基板 911 A の上面に接合された棒状の基板 912 A と、基板 912 A の上面に接合された棒状の基板 913 A と、基板 913 A の上面に接合された棒状の 914 A とで構成されている。

このようなベース 91 A には、各基板 911 A、912 A、913 A、914 A 間に段差を有する凹部が形成されている。

【 0 0 6 5 】

このようなベース 91 A の基板 911 A 上面には、基板 912 A、913 A の開口部内に納まるように、固定部材 82 を介して IC チップ 3 が支持・固定されている。

また、基板 912 A の上面には、複数の内部端子 72 が設けられている。また、基板 913 A の上面には、複数の内部端子 71 が設けられている。

そして、基板 914 A の上面には、複数の内部端子 71 および支持部材 4 を介してセンサー素子 2 A が設置されている。

【 0 0 6 6 】

支持部材 4 は、絶縁性のフィルム 41 と、このフィルム 41 上に接合された複数の配線 42 a、42 b、42 c、42 d、42 e、42 f (以下、これらの配線を総称して「配線 42」ともいう) とを有する。ここで、フィルム 41 は、パッケージ 9 A に対して固定設置された「固定部」を構成していると言える。また、配線 42 は、フィルム 41 に対して基部 21 を支持する「支持部」を構成していると言える。なお、支持部材 4 が「支持部」を構成し、パッケージ 9 A またはベース 91 A が「固定部」を構成しているとも言える。また、前述した基部 21 の本体部 211 が「基部」を構成しているとも言える。

【 0 0 6 7 】

フィルム 41 は、例えば、ポリイミド等の樹脂材料で構成されている。また、各配線 42 は、例えば銅等の金属材料で構成されている。

フィルム 41 の中央部には、デバイスホール 411 が形成され、各配線 42 は、フィルム 41 上からこのデバイスホール 411 側に延出し、その延出した部分がフィルム 41 側

10

20

30

40

50

( I C チップ 3 とは反対側 ) に折り曲げられている。

【 0 0 6 8 】

複数の配線 4 2 は、前述したセンサー素子 2 A の複数の端子 6 7 および複数の内部端子 7 1 に対応して設けられている。そして、各配線 4 2 a、4 2 b、4 2 c、4 2 d、4 2 e、4 2 f の基端部には、接続端子 4 3 a、4 3 b、4 3 c、4 3 d、4 3 e、4 3 f がそれぞれ設けられ、これら接続端子は対応する内部端子 7 1 に対して固定部材 8 1 を介して接合されている。また、各配線 4 2 の先端部は、対応する端子 6 7 に対して接合されている。このようにして、センサー素子 2 A の各端子 6 7 が配線 4 2 を介して内部端子 7 1 に電気的に接続されるとともに、センサー素子 2 A が支持部材 4 を介してベース 9 1 A に支持されている。

10

【 0 0 6 9 】

以上説明したように構成された角速度センサー 1 A においても、本体部 2 1 1 ( 基部 ) が複数の配線 4 2 を介してパッケージ 9 A に支持されているため、複数の配線 4 2 の弾性変形を伴って本体部 2 1 1 が振動し得る。

したがって、このような角速度センサー 1 A においても、駆動振動の共振周波数を  $f_1$  [ Hz ] とし、駆動振動とは異なり、かつ、複数の配線 4 2 の変形を伴って基部 2 1 ( より具体的には本体部 2 1 1 ) が振動する第 1 の振動の共振周波数を  $f_2$  [ Hz ] とし、駆動振動および第 1 の振動とは異なり、かつ、基部 2 1 または検出用振動腕 2 3、2 4 および駆動用振動腕 2 5 ~ 2 8 が振動する第 2 の振動の共振周波数を  $f_3$  [ Hz ] としたとき、 $n \times f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たすことにより、複数の配線 4 2 の弾性に起因するパラメトリック励振による出力変動を低減することができる。

20

【 0 0 7 0 】

< 第 3 実施形態 >

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。

図 1 0 は、本発明の第 3 実施形態に係る角速度センサーの概略構成を示す平面図、図 1 1 は、図 1 0 に示す角速度センサーが備えるセンサー素子の動作を説明するための平面図である。また、図 1 2 ( a ) は、図 1 1 に示す角速度センサーの簡略化モデルを示す図、図 1 2 ( b ) は、駆動振動モードを示す図である。また、図 1 3 は、図 1 1 に示す角速度センサーにおける第 1 の振動モードと第 2 の振動モードとの組み合わせの例を簡略化モデルで示す図である。

30

【 0 0 7 1 】

以下、第 3 実施形態について、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。なお、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。

本実施形態の角速度センサー 1 B は、センサー素子 2 B と、 I C チップ ( 図示せず ) と、センサー素子 2 B および I C チップを収納するパッケージ 9 B とを有する。

【 0 0 7 2 】

センサー素子 2 B は、 y 軸まわりの角速度を検出する「面内検出型」のセンサー素子である。このセンサー素子 2 B は、図 1 0 に示すように、振動片 2 0 B と、振動片 2 0 B の表面に設けられた複数の検出電極 ( 図示せず ) 、複数の駆動電極 ( 図示せず ) および複数の端子 6 1 ~ 6 6 とを備える。

40

振動片 2 0 B は、基部 2 1 B と、 1 対の駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B と、 1 対の検出用振動腕 2 3 B、2 4 B と、支持部 2 2 B とを有している。

【 0 0 7 3 】

基部 2 1 B は、支持部 2 2 B に支持されている。この支持部 2 2 B は、固定部 2 2 1 B と、基部 2 1 B を固定部 2 2 1 B に対して支持する 4 つの連結部 2 2 3 B、2 2 4 B、2 2 5 B、2 2 6 B とを有している。4 つの連結部 2 2 3 B、2 2 4 B、2 2 5 B、2 2 6 B は、それぞれ、長尺形状をなし、一端が基部 2 1 B に連結され、他端が固定部 2 2 1 B に連結されている。ここで、連結部 2 2 3 B、2 2 4 B、2 2 5 B、2 2 6 B は、固定部 2 2 1 B に対して基部 2 1 B を支持する「支持部」を構成していると言える。なお、支持

50

部 2 2 B が「支持部」を構成し、パッケージ 9 B または後述するパッケージ 9 B のベース 9 1 B が「固定部」を構成しているとも言える。

【 0 0 7 4 】

駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B は、それぞれ、基部 2 1 B から y 軸方向 (+ y 方向) に延出している。この駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B には、それぞれ、図示しないが、前述した第 1 実施形態の駆動用振動腕 2 5、2 6 と同様に、通電により駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B を x 軸方向に屈曲振動させる 1 対の駆動電極（駆動信号電極および駆動接地電極）が設けられている。この各駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B に設けられた 1 対の駆動電極は、図示しない配線を介して、固定部 2 2 1 B に設けられた端子 6 1（駆動信号端子）および端子 6 4（駆動接地端子）に電気的に接続されている。

10

【 0 0 7 5 】

検出用振動腕 2 3 B、2 4 B は、それぞれ、基部 2 1 B から y 軸方向 (- y 方向) に延出している。この検出用振動腕 2 3 1 には、それぞれ、図示しないが、検出用振動腕 2 3 B、2 4 B の z 軸方向での屈曲振動に伴って生じる電荷を検出する 1 対の検出電極（検出信号電極および検出接地電極）が設けられている。この検出用振動腕 2 3 B に設けられた 1 対の検出電極は、図示しない配線を介して、固定部 2 2 1 B に設けられた端子 6 2（検出接地端子）および端子 6 3（検出信号端子）に電気的に接続されている。同様に、検出用振動腕 2 4 B に設けられた 1 対の検出電極は、図示しない配線を介して、端子 6 5（検出接地端子）および端子 6 6（検出信号端子）に電気的に接続されている。

【 0 0 7 6 】

このように構成されたセンサー素子 2 B では、端子 6 1 と端子 6 4 との間に駆動信号が印加されることにより、図 1 1 に示すように、駆動用振動腕 2 5 B と駆動用振動腕 2 6 B とが互いに接近・離間するように屈曲振動（駆動振動）する。すなわち、駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B が図 1 1 に示す矢印 A 1 の方向に屈曲する状態と、駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B が図 1 1 に示す矢印 A 2 の方向に屈曲する状態とを交互に繰り返す。

20

【 0 0 7 7 】

このように駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B を駆動振動させた状態で、センサー素子 2 B に y 軸まわりの角速度  $\omega_y$  が加わると、駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B は、コリオリ力により、z 軸方向に互いに反対側に屈曲振動する。すなわち、駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B が図 1 1 に示す矢印 B 1 の方向に屈曲する状態と、駆動用振動腕 2 5 B、2 6 B が図 1 1 に示す矢印 A B の方向に屈曲する状態とを交互に繰り返す。これに伴い、検出用振動腕 2 3 B、2 4 B は、z 軸方向に互いに反対側に屈曲振動（検出振動）する。すなわち、検出用振動腕 2 3 B、2 4 B が図 1 1 に示す矢印 C 1 の方向に屈曲する状態と、検出用振動腕 2 3 B、2 4 B が図 1 1 に示す矢印 C 2 の方向に屈曲する状態とを交互に繰り返す。

30

【 0 0 7 8 】

そして、このような検出用振動腕 2 3 B の屈曲振動によって 1 対の検出電極間に生じた電荷が端子 6 2、6 3 から出力される。また、検出用振動腕 2 4 B の屈曲振動によって 1 対の検出電極間に生じた電荷が端子 6 5、6 6 から出力される。

このように端子 6 2、6 3、6 5、6 6 から出力された電荷に基づいて、センサー素子 2 B に加わった角速度  $\omega_y$  を求めることができる。

40

【 0 0 7 9 】

このようなセンサー素子 2 B は、パッケージ 9 B に収納されている。ここで、パッケージ 9 B が有するベース 9 1 B 上に設けられた内部端子 7 1 に対して、固定部材 8 1 を介して端子 6 1 ~ 6 6 が接合されることにより、センサー素子 2 B がパッケージ 9 B に対して支持・固定されるとともに、内部端子 7 1 と端子 6 1 ~ 6 6 とが電気的に接続されている。

【 0 0 8 0 】

以上説明したように構成された角速度センサー 1 B において、基部 2 1 B が連結部 2 2 3 B、2 2 4 B、2 2 5 B、2 2 6 B を介してパッケージ 9 B に支持されているため、連結部 2 2 3 B、2 2 4 B、2 2 5 B、2 2 6 B の弾性変形を伴って基部 2 1 B が振動し得

50

る。

したがって、このような角速度センサー 1 B においても、駆動振動の共振周波数を  $f_1$  [Hz] とし、駆動振動とは異なり、かつ、連結部 223B、224B、225B、226B の変形を伴って基部 21B が振動する第 1 の振動の共振周波数を  $f_2$  [Hz] とし、駆動振動および第 1 の振動とは異なり、かつ、基部 21B または検出用振動腕 23B、24B および駆動用振動腕 25B、26B が振動する第 2 の振動の共振周波数を  $f_3$  [Hz] としたとき、 $n \times f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たすことにより、連結部 223B、224B、225B、226B の弾性に起因するパラメトリック励振による出力変動を低減することができる。

#### 【0081】

10

##### (駆動振動モード)

駆動振動モードは、前述したように、駆動用振動腕 25B と駆動用振動腕 26B とを互いに接近・離間するように屈曲振動（駆動振動）させるモードである（図 11 参照）。

すなわち、駆動振動モードは、駆動用振動腕 25B と駆動用振動腕 26B とを互いに接近するように屈曲振動（駆動振動）させる状態（図 12 (b) 参照）と、駆動用振動腕 25B と駆動用振動腕 26B とを互いに離間するように屈曲振動（駆動振動）させる状態とを繰り返す。

#### 【0082】

20

##### (第 1 の振動モードおよび第 2 の振動モード)

第 1 の振動モードおよび第 2 の振動モードの組み合わせとしては、例えば、図 13 (a) ~ (c) 等が挙げられる。以下、各組み合わせを順次説明する。

図 13 (a) に示す組み合わせは、第 1 の振動モードとしてモード I を用い、第 2 の振動モードとしてモード J を用いている。

#### 【0083】

モード I では、駆動用振動腕 25B、26B が互いに逆相で面外振動する。このとき、連結部 223B、224B、225B、226B の変形を伴って、基部 21B は、y 軸に沿った軸まわりに回転振動する。

モード J では、駆動用振動腕 25B、26B が互いに同相で面外振動する。このとき、連結部 223B、224B、225B、226B の変形を伴って、基部 21B は、x 軸方向に沿った軸まわりに回転振動する。

30

#### 【0084】

図 13 (b) に示す組み合わせは、第 1 の振動モードとしてモード K を用い、第 2 の振動モードとしてモード L を用いている。

モード K では、検出用振動腕 23B、24B が互いに逆相で面内振動する。このとき、連結部 223B、224B、225B、226B の変形を伴って、基部 21B は、y 軸方向に沿った方向に面内振動する。

#### 【0085】

40

モード L では、検出用振動腕 23B、24B が互いに同相で面外振動する。このとき、連結部 223B、224B、225B、226B の変形を伴って、基部 21B は、x 軸方向に沿った軸まわりに回転振動する。

図 13 (c) に示す組み合わせは、第 1 の振動モードとしてモード M を用い、第 2 の振動モードとして前述したモード L を用いる。

#### 【0086】

モード M では、検出用振動腕 23B、24B が互いに同相で面内振動する。このとき、連結部 223B、224B、225B、226B の変形を伴って、基部 21B は、z 軸方向に沿った軸まわりに回転振動する。

また、第 1 の振動および第 2 の振動は、互いに直交する方向成分を含んでいることが好ましく、前述したように、第 1 の振動および第 2 の振動のうちの少なくとも一方が y 軸方向と異なる方向成分を含んでいることが好ましいという観点から、第 1 の振動および第 2 の振動は、一方の振動が x 軸方向に沿った方向成分を含み、他方の振動が z 軸方向に沿つ

50

た方向成分を含んでいることが好ましい。より具体的には、第1の振動および第2の振動の組み合わせとして、前述した図13(a)～(c)の組み合わせのうち、図13(b)、(c)の組み合わせを用いることが好ましい。このような場合、仮に  $n \times f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たしていると、第1の振動および第2の振動との組み合わせるによってパラメトリック励振に起因する駆動振動の振動形状の変化を生じやすい。したがって、この場合に本発明を適用することによる効果が顕著に発揮される。

#### 【0087】

##### <第4実施形態>

次に、本発明の第4実施形態について説明する。

図14は、本発明の第4実施形態に係る角速度センサーの概略構成を示す平面図である 10  
。

以下、第4実施形態について、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。なお、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。

#### 【0088】

本実施形態の角速度センサー1Cは、センサー素子2Cと、ICチップ(図示せず)と、センサー素子2CおよびICチップを収納するパッケージ9Cと、センサー素子2Cをパッケージ9Cに対して支持する支持部材4とを有している。

センサー素子2Cは、振動片20Cと、振動片20Cの表面に設けられた複数の検出電極(図示せず)、複数の駆動電極(図示せず)および複数の端子67とを備える。 20

#### 【0089】

振動片20Cは、基部21Bと、基部21Bから延出した2つの検出用振動腕23B、24Bおよび4つの駆動用振動腕25B、26Bとを有する。

このような振動片20Cの基部21Bには、複数の端子67が設けられている。

また、基部21Bは、TAB(Tape Automated Bonding)実装用の支持部材4を介してパッケージ9Cのベース91Cに支持されている。ここで、支持部材4のフィルム41は、パッケージ9Cに対して固定設置された「固定部」を構成していると言える。また、配線42は、フィルム41に対して基部21Bを支持する「支持部」を構成していると言える。なお、支持部材4が「支持部」を構成し、パッケージ9Cまたはベース91Cが「固定部」を構成しているとも言える。また、前述した基部21Bの本体部211が「基部」を構成しているとも言える。 30

#### 【0090】

以上説明したように構成された角速度センサー1Cにおいても、基部21Bが複数の配線42を介してパッケージ9Cに支持されているため、複数の配線42の弾性変形を伴って基部21Bが振動し得る。

したがって、このような角速度センサー1Cにおいても、駆動振動の共振周波数を  $f_1$  [Hz] とし、駆動振動とは異なり、かつ、複数の配線42の変形を伴って基部21Bが振動する第1の振動の共振周波数を  $f_2$  [Hz] とし、駆動振動および第1の振動とは異なり、かつ、基部21Bまたは検出用振動腕23B、24Bおよび駆動用振動腕25B、26Bが振動する第2の振動の共振周波数を  $f_3$  [Hz] としたとき、 $n \times f_1 = f_2 + f_3$  の関係を満たすことにより、複数の配線42の弾性に起因するパラメトリック励振による出力変動を低減することができる。 40

#### 【0091】

##### 2. 電子機器

以上説明したような角速度センサーは、各種電子機器に組み込むことにより、信頼性に優れた電子機器を提供することができる。

図15は、本発明の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一例を示す斜視図である。

#### 【0092】

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 50

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 1100 には、ジャイロセンサーとして機能する前述した角速度センサー 1 が内蔵されている。

【0093】

図 16 は、本発明の電子機器を適用した携帯電話機 (P H S も含む) の一例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。  
10

このような携帯電話機 1200 には、ジャイロセンサーとして機能する前述した角速度センサー 1 が内蔵されている。

【0094】

図 17 は、本発明の電子機器を適用したデジタルスチルカメラの一例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 1300 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。

【0095】

デジタルスチルカメラ 1300 におけるケース (ボディー) 1302 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として機能する。  
20

また、ケース 1302 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 1304 が設けられている。

【0096】

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 1306 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 1308 に転送・格納される。

また、このデジタルスチルカメラ 1300 においては、ケース 1302 の側面に、ビデオ信号出力端子 1312 と、データ通信用の入出力端子 1314 とが設けられている。  
30 そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子 1312 にはテレビモニタ 1430 が、データ通信用の入出力端子 1314 にはパーソナルコンピュータ 1440 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 1308 に格納された撮像信号が、テレビモニタ 1430 や、パーソナルコンピュータ 1440 に出力される構成になっている。

【0097】

このようなデジタルスチルカメラ 1300 には、ジャイロセンサーとして機能する前述した角速度センサー 1 が内蔵されている。

なお、本発明の電子機器は、図 15 のパーソナルコンピュータ (モバイル型パーソナルコンピュータ)、図 16 の携帯電話機、図 17 のデジタルスチルカメラの他にも、電子デバイスの種類に応じて、例えば、車体姿勢検出装置、ポインティングデバイス、ヘッドマウントディスプレイ、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、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダ、ナビゲーション装置、ページヤ、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、ゲームコントローラー、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、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)、ライトシミュレータ等に適用することができる。  
40

【0098】

### 3. 移動体

図18は、本発明の移動体（自動車）の一例を示す斜視図である。この図において、移動体1500は、車体1501と、4つの車輪1502とを有しており、車体1501に設けられた図示しない動力源（エンジン）によって車輪1502を回転させるように構成されている。このような移動体1500には、角速度センサー1が内蔵されている。

このような移動体によれば、優れた信頼性を発揮することができる。

#### 【0099】

以上、本発明の振動片、角速度センサー、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、他の任意の構成物が付加されてもよい。また、本発明の角速度センサーは、前記各実施形態のうち、任意の2以上10の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

#### 【0100】

また、前述した実施形態では、センサー素子が4つまたは2つの駆動用振動腕および2つの検出用振動腕を備えるものを例に説明したが、これに限定されず、駆動用振動腕の数は、1つ、3つまたは5つ以上であってもよく、また、検出用振動腕の数は、1つまたは3つ以上であってもよい。

また、前述した実施形態では、センサー素子の振動片が圧電体材料で構成されている場合を例に説明したが、センサー素子の振動片は、シリコン、石英等の非圧電体材料で構成されていてもよい。この場合、例えば、駆動用振動腕上および検出振動腕上にそれぞれ圧電体素子を設ければよい。また、この場合、シリコンで振動片を構成すると、優れた振動特性を有する振動片を比較的安価に実現することができる。また、公知の微細加工技術を用いてエッチングにより高い寸法精度で振動片を形成することができる。そのため、振動片の小型化を図ることができる。

#### 【0101】

また、前述した実施形態では、駆動部の駆動方式として逆圧電効果を利用した圧電駆動方式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、静電引力を用いた静電駆動方式、電磁力を用いた電磁駆動方式等を用いることができる。同様に、前述した実施形態では、検出部の検出方式として圧電効果を利用した圧電検出方式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、静電容量を検出する静電容量検出方式、ピエゾ抵抗の抵抗値を検出するピエゾ抵抗検出方式、誘起起電力を検出する電磁検出方式、光学検出方式等を用いることができる。また、駆動部の駆動方式と検出部の検出方式は、上述した方式を任意の組み合わせで用いることができる。

また、前述した実施形態では、検出部が駆動部とは別体として設けられている場合を例に説明したが、本発明は、これに限定されず、駆動部が検出部を兼ねていてもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0102】

1	角速度センサー	1 A	角速度センサー	1 B	角速度センサー	1 C	角		
速度センサー	2	センサー素子	2 A	センサー素子	2 B	センサー素子	2		
C	センサー素子	3	I C チップ	4	支持部材	9	パッケージ	9 A	
パッケージ	9 B	パッケージ	9 C	パッケージ	2 0	振動片	2 0 A	振	
運動片	2 0 B	振動片	2 0 C	振動片	2 1	基部	2 1 B	基部	2 1 C
基部	2 2	支持部	2 2 B	支持部	2 3	検出用振動腕	2 3 B	検出用	
振動腕	2 4	検出用振動腕	2 4 B	検出用振動腕	2 5	駆動用振動腕	2 5		
B	駆動用振動腕	2 6	駆動用振動腕	2 6 B	駆動用振動腕	2 7	駆動用		
駆動用振動腕	2 8	駆動用振動腕	2 9	質量	2 9 B	質量	3 1	接続端子	3
1 a	接続端子	3 1 b	接続端子	4 1	フィルム	4 2 a ~ 4 2 f	( 4 2 )		
配線	4 3 a	接続端子	6 1	端子	6 2	端子	6 3	端子	6 4
端子	6 5	端子	6 6	端子	6 7	端子	7 0	配線	7 1
1 a	内部端子	7 1 b	内部端子	7 2	内部端子	7 3	配線	7 4	外

10

20

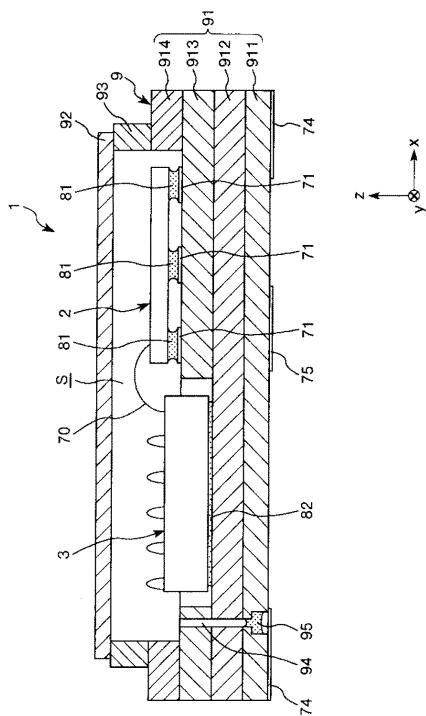
30

40

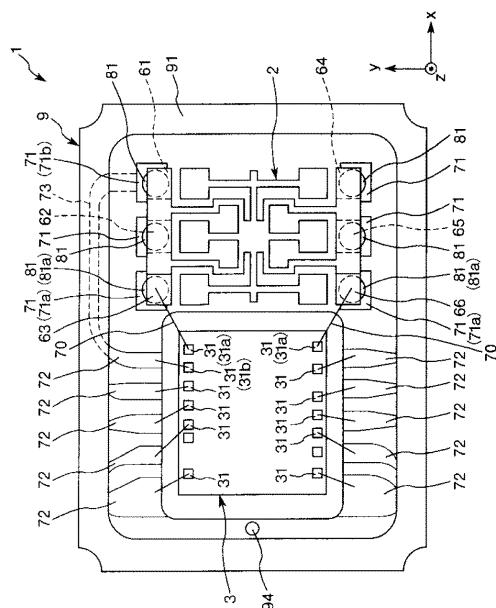
50

部端子	7 5	外部端子	8 1	固定部材	8 1 a	固定部材	8 2	固定部材
9 1	ベース	9 1 A	ベース	9 1 B	ベース	9 1 C	ベース	9 2
リッド	9 3	接合部材	9 4	貫通孔	9 5	封止材	1 0 0	表示部
1	本体部	2 1 2	連結腕	2 1 3	連結腕	2 2 1、2 2 2	固定部	2 2
1 B	固定部	2 2 3 ~ 2 2 5	梁部(支持部)	2 2 3 B ~ 2 2 5 B	連接部(			
支持部)	2 3 1	錘部	2 4 1	錘部	2 5 1	錘部	2 6 1	錘部
錘部	2 8 1	錘部	4 1 1	デバイスホール	9 1 1	基板	9 1 1 A	
基板	9 1 2	基板	9 1 2 A	基板	9 1 3	基板	9 1 3 A	基板
基板	9 1 4 A	基板	1 1 0 0	パーソナルコンピュータ	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	10
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	ディジ	
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		
ツタボタン	1 3 0 8	メモリ	1 3 1 2	ビデオ信号出力端子	1 3 1 4	入出		
力端子	1 4 3 0	テレビモニタ	1 4 4 0	パーソナルコンピュータ	1 5 0 0			
移動体	1 5 0 1	車体	1 5 0 2	車輪	f 1	検出周波数帯域の幅	f 2	
共振周波数	f 3	離調周波数	G	重心	S	収納空間		

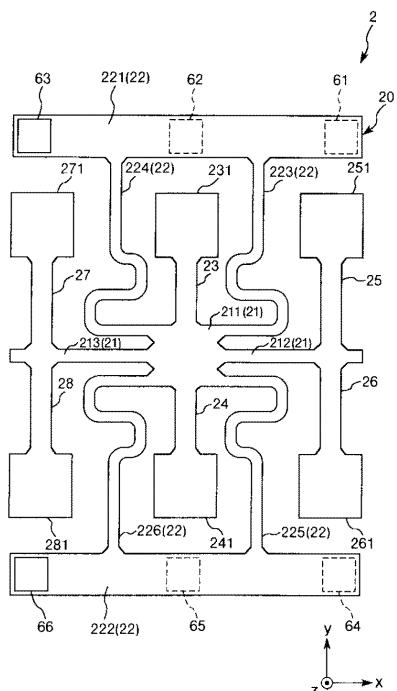
【 図 1 】



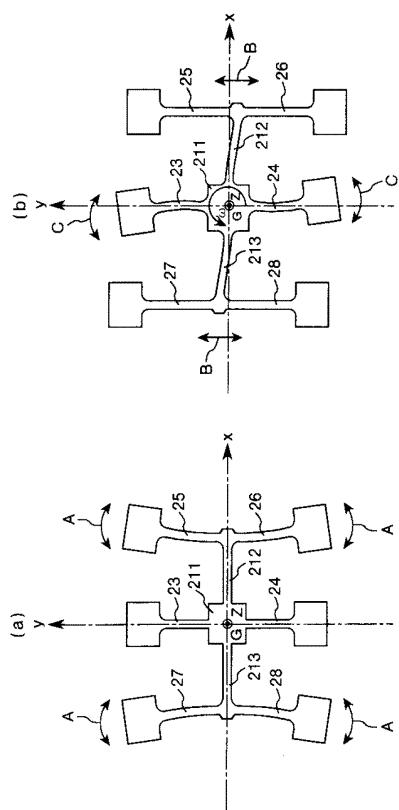
【 図 2 】



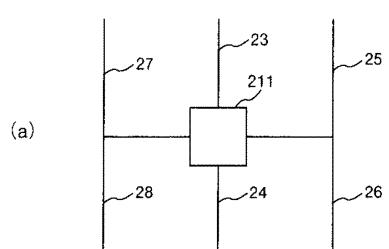
【図3】



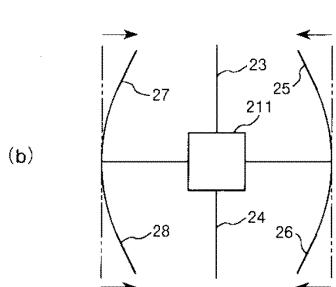
【図4】



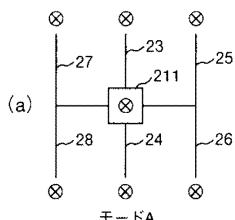
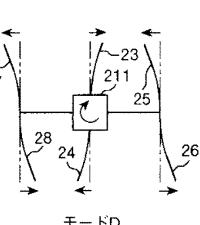
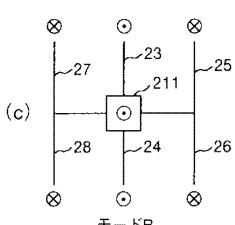
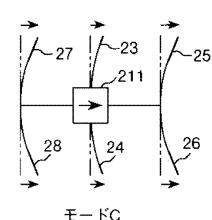
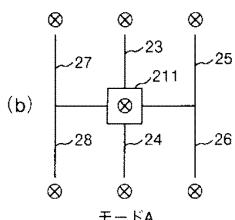
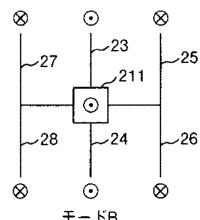
【図5】



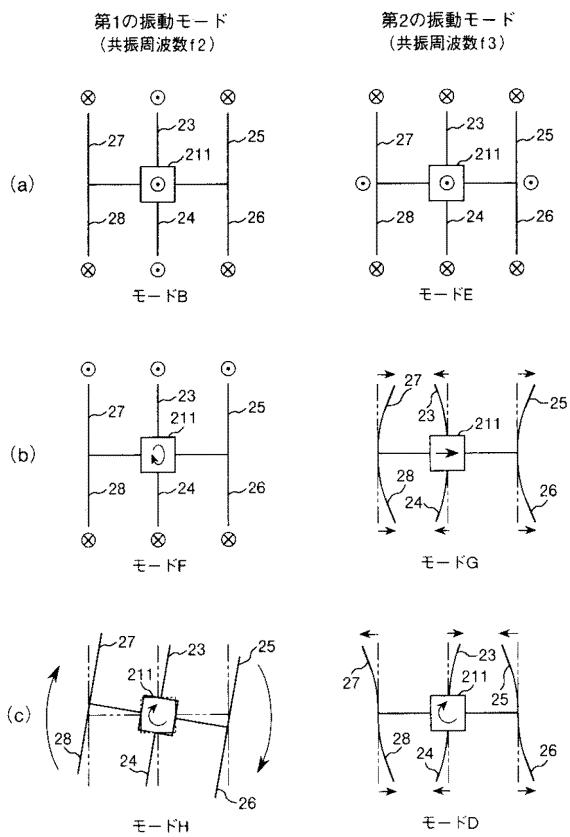
駆動振動モード



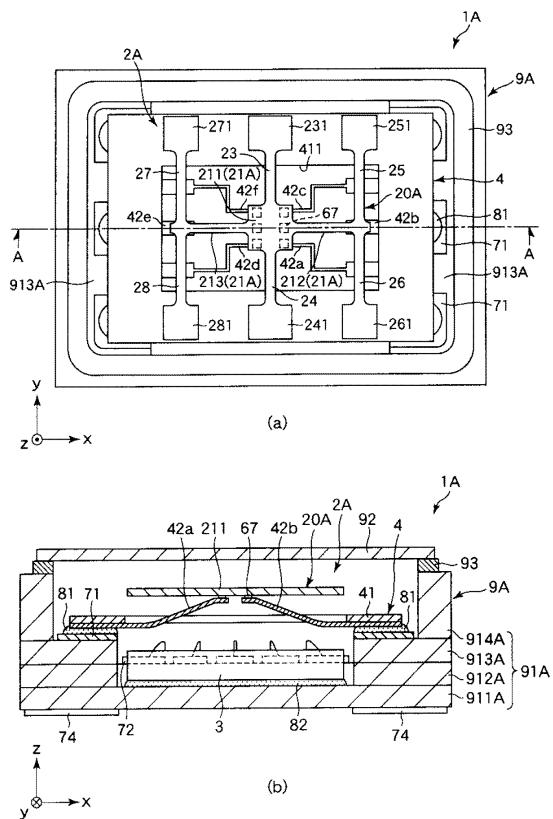
【図6】

第1の振動モード  
(共振周波数f2)第2の振動モード  
(共振周波数f3)

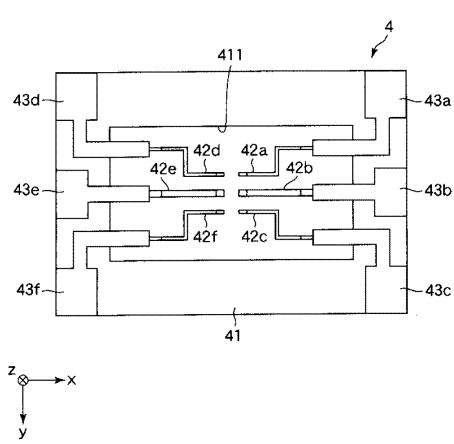
【図7】



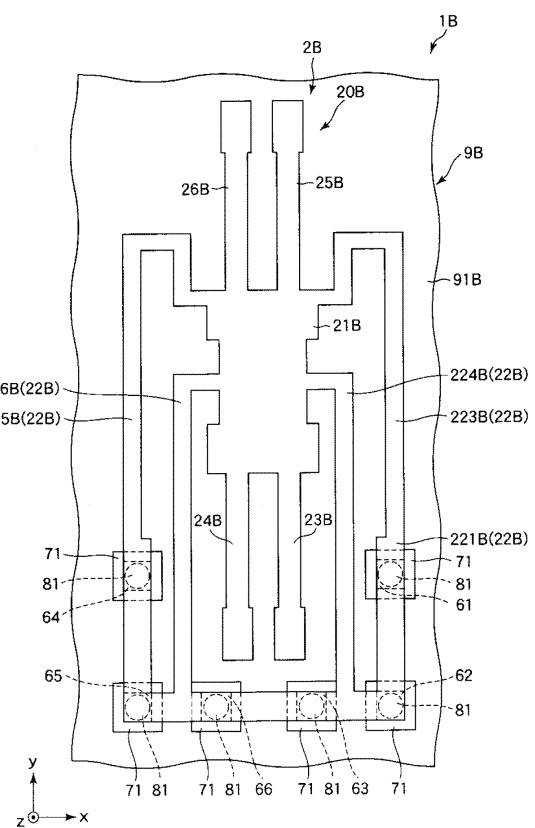
【図8】



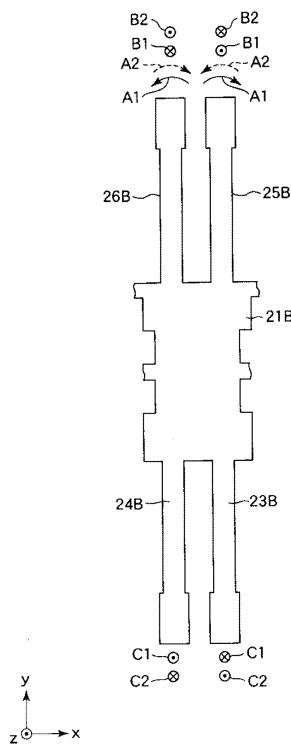
【図9】



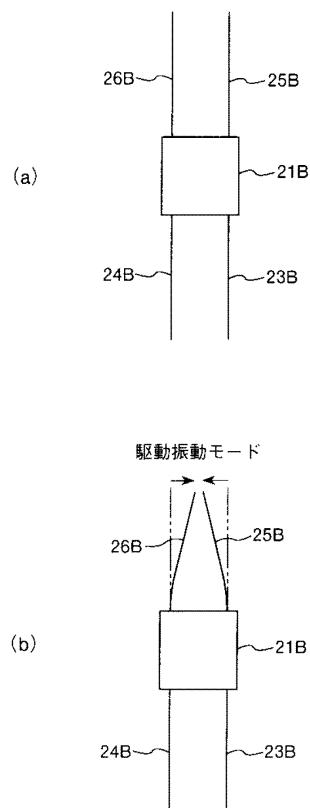
【図10】



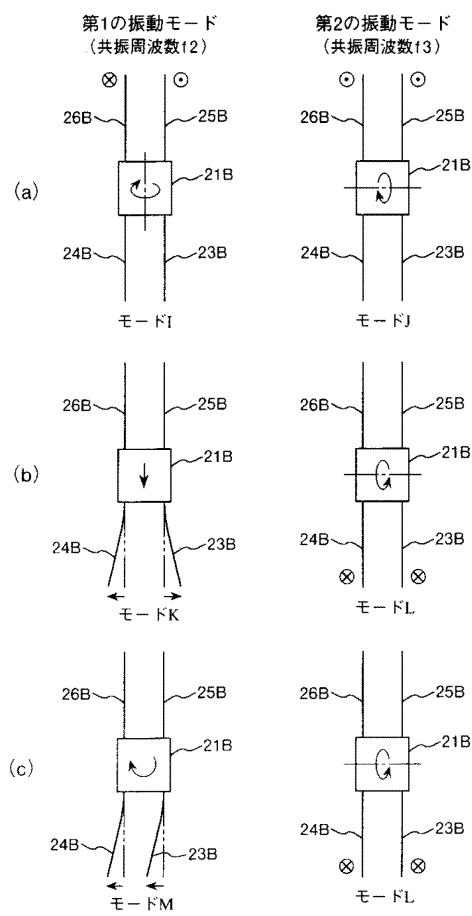
【図11】



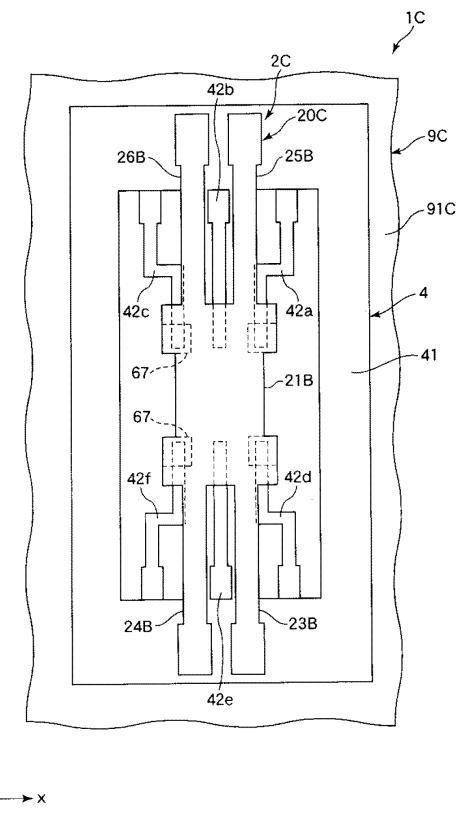
【図12】



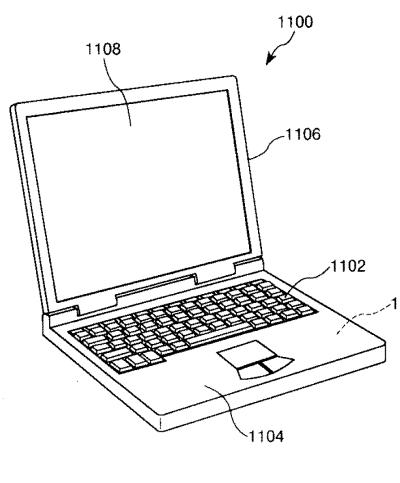
【図13】



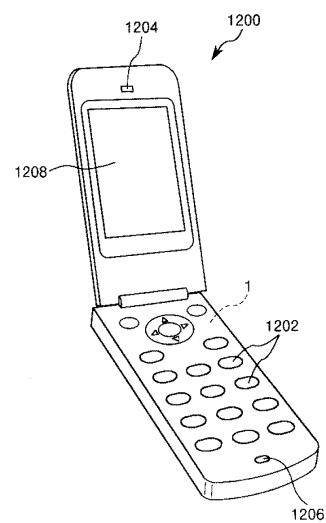
【図14】



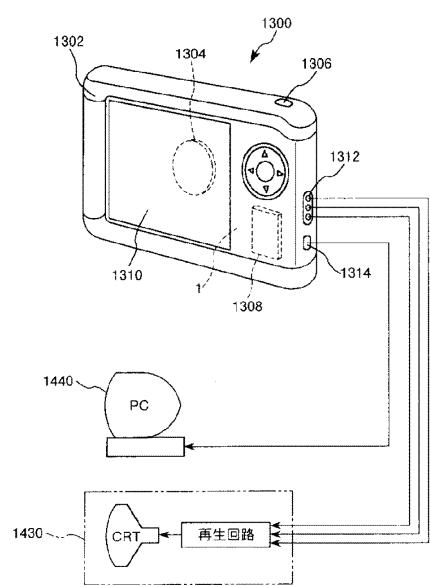
【図15】



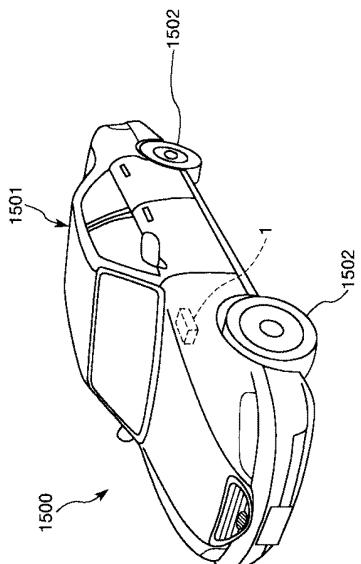
【図16】



【図17】



【図18】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-96882(JP, A)  
米国特許出願公開第2013/26583(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01C 19/00 - 19/72