

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6318552号
(P6318552)

(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.
GO 1 C 19/5628 (2012.01)

F I
GO 1 C 19/5628

請求項の数 9 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-226533 (P2013-226533)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年10月31日 (2013.10.31)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-87287 (P2015-87287A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年5月7日 (2015.5.7)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成28年10月25日 (2016.10.25)		弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100164633
			弁理士 西田 圭介
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(72) 発明者	西澤 竜太
			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	菊池 尊行
			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
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 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、
前記基部に接続されている振動部と、
前記基部に接続されていて、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と、
固定部と、
前記固定部および前記基部に接続されている支持部と、
前記検出部に電氣的に接続されている検出回路と、を備え、
前記検出回路は、検出周波数帯域の幅を f_1 [Hz] に設定されており、
前記基部、前記振動部および前記検出部を含む質量部が、前記固定部の側の端部の変位方向と前記基部の側の端部の変位方向とが同方向である前記支持部の変形によって、前記固定部に対して前記検出軸まわりに回転振動する第1の回転振動モードの共振周波数が f_2 [Hz] であり、
前記振動部の共振周波数と前記検出部の共振周波数の差である離調周波数が f_3 [Hz] であり、
前記質量部が、前記固定部の側の端部の変位方向と前記基部の側の端部の変位方向とが逆方向である前記支持部の変形によって、前記固定部に対して前記検出軸まわりに回転振動する第2の回転振動モードの共振周波数が f_4 [Hz] であり、
かつ、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ の関係、または、 $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満た

10

20

すことを特徴とする角速度センサー。

【請求項 2】

前記第 1 の回転振動モードは、1 次の回転振動モードであり、

前記第 2 の回転振動モードは、2 次の回転振動モードである請求項 1 に記載の角速度センサー。

【請求項 3】

$f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ の関係を満たす請求項 2 に記載の角速度センサー。

【請求項 4】

$1.35 \leq f_3 / f_2 \leq 2.6$ の関係を満たす請求項 2 または 3 に記載の角速度センサー。

10

【請求項 5】

前記 1 次の回転振動モードの Q 値が 5 以上 100 以下である請求項 2 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の角速度センサー。

【請求項 6】

$f_1 / f_2 = 0.5$ の関係を満たす請求項 2 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の角速度センサー。

【請求項 7】

$2 \leq f_4 / f_2 \leq 4$ の関係を満たす請求項 2 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の角速度センサー。

【請求項 8】

20

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の角速度センサーを備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の角速度センサー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、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】

30

【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、カーナビゲーショ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 に記載の角速度センサーは、枠体に対して振動体支持梁を介して支持されている振動体を有する。この角速度センサーでは、振動体を X 軸方向に振動（駆動振動）させた状態で、外部から Z 軸まわりの角速度が加わると、振動体にコリオリ力が作用することにより、振動体が Y 軸方向に変位（検出振動）する。そして、この振動体の Y 軸方向の変位量を検出することにより、Z 軸まわりの角速度を検出する。

40

【0003】

ところで、このような角速度センサーには、検出対象となる角速度の他に、外部から衝撃が加わることがあり、その衝撃による振動が検出精度等を低下させるおそれがある。

そこで、特許文献 1 に記載の角速度センサーでは、枠体が支持部に対して枠体支持梁を介して支持されており、枠体および枠体支持梁が振動体の振動方向および検出方向のうちの少なくとも 1 つの方向に沿った衝撃が支持部から振動体に伝わるのを減衰する衝撃減衰機構を構成している。これにより、振動体の振動方向および検出方向について、角速度センサーに加わる衝撃の波形が振動体の共振周波数に近い振動を含んでいても、検出精度への影響を抑制することができる。

【0004】

50

しかし、特許文献 1 に記載の角速度センサーは、Y 軸まわりの回転振動が加わったとき、その回転振動を減衰することができない。そのため、例えばセンサーを実装した基板の共振等により離調周波数（駆動振動のモードの共振周波数と検出振動のモードの共振周波数との差）付近の周波数成分を含む回転振動が加わった場合、検出振動の共振によって、想定以上の信号が発生し、信号を処理する IC 内部で信号が飽和し、その結果、出力が変動するという問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2001 - 194157 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、検出軸まわりの回転振動を受けた場合であっても、その回転振動による出力の変動を抑制することができる角速度センサーを提供すること、また、かかる角速度センサー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】

【0007】

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。

20

[適用例 1]

本発明の角速度センサーは、固定部と、

基部と、

前記固定部に対して前記基部を支持する支持部と、

前記基部に接続されている振動部と、

前記基部に接続されていて、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と、を備え、

検出周波数帯域の幅を f_1 [Hz] とし、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記固定部に対して前記検出軸まわりに回転振動する第 1 の回転振動モードの共振周波数を f_2 [Hz] とし、離調周波数を f_3 [Hz] とし、前記第 1 の回転振動モードと逆相であり、かつ、前記支持部の変形を伴って前記基部が前記固定部に対して前記検出軸まわりに回転振動する第 2 の回転振動モードの共振周波数を f_4 としたとき、

30

$f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ の関係、または、 $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満たすことを特徴とする。

【0008】

このような角速度センサーによれば、第 1 および第 2 の回転振動モードが逆相となるため、これらの回転振動モードの重ね合せにより、 f_2 と f_4 との間または f_4 よりも高い周波数帯域において、外部からの検出軸まわりの回転振動を減衰することができる。したがって、 f_2 と f_4 との間または f_4 よりも高い周波数帯域において、1 次および 2 次の回転振動モードを、支持部の変形を伴う検出軸まわりの基部の回転振動を抑制する機械的なローパスフィルター（回転振動減衰モード）として利用することができる。

40

【0009】

特に、 f_2 と f_4 との間の周波数帯域には、外部からの検出軸まわりの回転振動をゼロまたはそれに近い値に減衰し得る領域が存在する。したがって、かかる領域に離調周波数 f_3 を設定すること、すなわち、 $f_2 < f_3 < f_4$ の関係を満たすことにより、外部からの検出軸まわりの回転振動を極めて小さく減衰させることができる。また、離調周波数を比較的小さくすることができ、その結果、優れた S/N 比を実現することができる。

【0010】

また、回転振動モードの共振周波数 f_2 を検出周波数帯域の幅 f_1 よりも大きくすることにより、外部から検出軸まわりの回転振動を受けたとき、検出周波数帯域において、そ

50

の回転振動の増幅を小さくすることができる。

以上のことから、外部から検出軸まわりの回転振動を受けたとき、その回転振動の周波数が離調周波数 f_3 付近であっても、出力の変動を抑制することができる。

【0011】

[適用例2]

本発明の角速度センサーでは、前記第1の回転振動モードは、1次の回転振動モードであり、

前記第2の回転振動モードは、2次の回転振動モードであることが好ましい。

これにより、基部の検出軸まわりの他の回転振動モードの共振周波数が f_2 よりも低周波数側に存在しないため、 f_1 と f_2 との差を比較的小さくし、それに伴って、離調周波数 f_3 も小さくすることができる。その結果、優れた S/N 比を実現することができる。

10

【0012】

[適用例3]

本発明の角速度センサーでは、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ の関係を満たすことが好ましい。

これにより、1次および2次の回転振動モードの重ね合わせを利用して、外部からの検出軸まわりの回転振動を減衰させる効果を高めることができる。

【0013】

[適用例4]

本発明の角速度センサーでは、 $1.35 \leq f_3 / f_2 \leq 2.6$ の関係を満たすことが好ましい。

20

これにより、外部からの検出軸まわりの回転振動を抑制する効果を高めることができる。

【0014】

[適用例5]

本発明の角速度センサーでは、前記1次の回転振動モードのQ値が5以上100以下であることが好ましい。

これにより、1次および2次の回転振動モードの振動が大きくなりすぎて検出振動に影響を与えたり損傷の原因となったりするのを防止しつつ、外部からの検出軸まわりの回転振動を抑制する効果を高めることができる。また、外部からの検出軸まわりの回転振動をゼロまたはそれに近い値に減衰し得る領域を比較的大きくすることができる。

30

【0015】

[適用例6]

本発明の角速度センサーでは、 $f_1 / f_2 \leq 0.5$ の関係を満たすことが好ましい。

これにより、外部から検出軸まわりの回転振動を受けたとき、検出周波数帯域において、その回転振動の増幅を極めて小さくすることができる。

[適用例7]

本発明の角速度センサーでは、 $2 \leq f_4 / f_2 \leq 4$ の関係を満たすことが好ましい。

これにより、第1および第2の回転振動モードの重ね合わせ領域において、外部からの検出軸まわりの回転振動を減衰させる効果を高めることができる。また、 f_2 と f_4 との間の周波数帯域において、外部からの検出軸まわりの回転振動をゼロまたはそれに近い値に減衰し得る領域を広範囲にわたって形成することができる。

40

【0016】

[適用例8]

本発明の電子機器は、本発明の角速度センサー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、本発明の角速度センサー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】

50

【 0 0 1 7 】

【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 3 に示す角速度センサーの簡略化モデルを示す図、(b) は、1 次の回転振動モード (モード 1) を示す図、(c) は、2 次の回転振動モード (モード 2) を示す図である。

【図 6】(a) は、1 次および 2 次の回転振動モードについて周波数と振幅との関係を示すグラフ、(b) は、1 次および 2 次の回転振動モードの差について周波数と振幅との関係を示すグラフ、(c) は、(b) の横軸を 1 次の回転振動モードの共振周波数で規格化したグラフである。

10

【図 7】(a) は、1 次および 2 次の回転振動モードの差について周波数と振幅との関係を示すグラフ、(b) は、(a) の周波数 $f/4$ 付近を拡大したグラフ、(c) は、(a) の周波数 $f/2$ よりも低周波数側を拡大したグラフである。

【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。

20

【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、1 次の回転振動モード (モード 1) を示す図、(c) は、2 次の回転振動モード (モード 2) を示す図である。

【図 13】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 14】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 15】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。

【図 16】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。

30

【図 17】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】

【 0 0 1 8 】

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

< 第 1 実施形態 >

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。

40

【 0 0 1 9 】

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

50

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。

【0020】

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。

【0021】

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。

10

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。

【0022】

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。

20

【0023】

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。

30

【0024】

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。

40

【0025】

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。

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る。また、エッチ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。

【0026】

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

50

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）に電氣的に接続されている。

【0027】

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）に電氣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）に電氣的に接続されている。

【0028】

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。

【0029】

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。

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 軸まわりの角速度を検出する。

【0030】

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。

【0031】

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 平面に対して面对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。

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。

【0032】

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。

【 0 0 3 3 】

(I C チップ 3)

図 1 および図 2 に示す I C 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 I C 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。

【 0 0 3 4 】

また、I C チップ 3 には、複数の接続端子 3 1 が設けられている。

複数の接続端子 3 1 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 3 1 b 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 3 1 a とを含む。

10

2 つの接続端子 3 1 a は、一方の接続端子 3 1 a が配線 7 0 を介してセンサー素子 2 の端子 6 3 に電氣的に接続され、他方の接続端子 3 1 a が配線 7 0 を介してセンサー素子 2 の端子 6 6 に電氣的に接続されている。

【 0 0 3 5 】

配線 7 0 は、一端部が端子 6 3 または端子 6 6 に固定されるとともに他端部が接続端子 3 1 a 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 7 0 は、後述するパッケージ 9 のベース 9 1 に設けられた内部端子 7 1 a に接続されていてもよい。

一方、接続端子 3 1 b は、後述するパッケージ 9 のベース 9 1 に設けられた配線 7 3 を介して、センサー素子 2 の端子 6 1 に電氣的に接続されている。

20

【 0 0 3 6 】

(パッケージ)

パッケージ 9 は、センサー素子 2 および I C 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 9 1 と、ベース 9 1 の凹部の開口を塞ぐようにベース 9 1 に接合部材 9 3（シールリング）を介して接合されたリッド（蓋体）9 2 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 I C チップ 3 が気密的に収納、設置されている。

【 0 0 3 7 】

ベース 9 1 には、前述したセンサー素子 2 および I C チップ 3 が設置されている。

30

本実施形態では、図 2 に示すように、ベース 9 1 を平面視したときに、センサー素子 2 および I C 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 9 1 は、平板状の基板 9 1 1 と、基板 9 1 1 の上面に接合された平板状の基板 9 1 2 と、基板 9 1 2 の上面に接合された枠状の基板 9 1 3 と、基板 9 1 3 の上面に接合された枠状の 9 1 4 とで構成されている。

【 0 0 3 8 】

このようなベース 9 1 には、基板 9 1 2 の上面と基板 9 1 3 の上面との間に形成された段差と、基板 9 1 3 の上面と基板 9 1 4 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。

ベース 9 1 の構成材料（基板 9 1 1 ~ 9 1 4 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。

40

【 0 0 3 9 】

このようなベース 9 1 の基板 9 1 3 の上面には、複数の内部端子 7 1 および複数の内部端子 7 2 が設けられている。

この複数の内部端子 7 1 は、ダミー用の 2 つの内部端子 7 1 a と、駆動信号用の 1 つの内部端子 7 1 b とを含む。

内部端子 7 1 b は、ベース 9 1 に設けられた配線 7 3 を介して 1 つの内部端子 7 2 に電氣的に接続されている。

【 0 0 4 0 】

この配線 7 3 は、センサー素子 2 の端子 6 1 と、I C チップ 3 の接続端子 3 1 b とを電

50

氣的に接続している。

また、2つの内部端子7 1 aおよび1つの内部端子7 1 bを除く他の3つの内部端子7 1も、ベース9 1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7 2に電氣的に接続されている。

【0041】

一方、2つの内部端子7 1 aは、内部端子7 2に対して電氣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9 1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7 1には、それぞれ、固定部材8 1を介してセンサー素子2が固定されている。

【0042】

ここで、複数の内部端子7 1のうちの2つの内部端子7 1 aを除く4つの内部端子7 1に対応する固定部材8 1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7 1が固定部材8 1を介してセンサー素子2の端子6 1、6 2、6 4、6 5に電氣的に接続されている。

【0043】

また、2つの内部端子7 1 aに対応する2つの固定部材8 1（固定部材8 1 a）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7 2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3 1（2つの接続端子3 1 aを除く）が電氣的に接続されている。

【0044】

なお、各接続端子3 1 a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7 0を介して、センサー素子2の端子6 3または端子6 6に電氣的に接続されている。

また、ベース9 1の基板9 1 2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8 2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9 1に対して支持・固定されている。

【0045】

また、ベース9 1の基板9 1 1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7 4と、ICチップ3を調整するための外部端子7 5（調整用端子）とが設けられている。

この複数の外部端子7 4、7 5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7 2に電氣的に接続されている。これにより、各外部端子7 4、7 5は、ICチップ3に電氣的に接続されている。

【0046】

このような各内部端子7 1、7 2および各外部端子7 4、7 5等は、それぞれ、例えば、タングステン（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9 1には、接合部材9 3を介してリッド9 2が氣密的に接合されている。これにより、パッケージ9内が氣密封止されている。

【0047】

このリッド9 2は、例えば、ベース9 1と同材料、または、コパール、4 2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9 3は、例えば、コパール、4 2アロイ、ステンレス鋼等の金属で構成されている。

ベース9 1とリッド9 2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。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

また、ベース 9 1 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 9 4 が形成されている。この貫通孔 9 4 は、封止材 9 5 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 9 5 により封止される前の貫通孔 9 4 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 9 5 となる金属ボールを貫通孔 9 4 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 9 5 を形成し、貫通孔 9 4 を封止する。

【 0 0 4 9 】

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 2 1 が梁部 2 2 3、2 2 4、2 2 5、2 2 6 を介して固定部 2 2 1、2 2 2 に支持されているため、梁部 2 2 3、2 2 4、2 2 5、2 2 6 の屈曲による弾性変形を伴って基部 2 1 が固定部 2 2 1、2 2 2 に対して z 軸（検出軸）まわりに回転（以下、単に「基部 2 1 の回転振動」ともいう）し得る。

【 0 0 5 0 】

角速度センサー 1 が、例えばセンサーを実装した基板の共振等により外部から検出軸まわりの回転振動（以下、「外部からの回転振動」ともいう）を受けたとき、前述したようにコリオリ力が生じて検出振動が励振される。そして、その外部からの回転振動が前述した駆動振動のモードの共振周波数と検出振動のモードの共振周波数との差である離調周波数付近の周波数成分を含んでいると、検出振動のモードの共振によって出力が増幅されてしまう。

【 0 0 5 1 】

そこで、角速度センサー 1 では、検出周波数帯域の幅を f_1 [Hz] とし、梁部 2 2 3、2 2 4、2 2 5、2 2 6 の変形を伴って基部 2 1 が固定部 2 2 1、2 2 2 に対して検出軸まわりに回転振動（往復回転）する第 1 の回転振動モード（以下、「モード 1」ともいう）の共振周波数を f_2 [Hz] とし、離調周波数を f_3 [Hz] とし、第 1 の回転振動モードと逆相であり、かつ、梁部 2 2 3、2 2 4、2 2 5、2 2 6 の変形を伴って基部 2 1 が固定部 2 2 1、2 2 2 に対して検出軸まわりに回転振動（往復回転）する第 2 の回転振動モード（以下、「モード 2」ともいう）の共振周波数を f_4 としたとき、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ の関係、または、 $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満たす。

【 0 0 5 2 】

このような周波数の関係を有する角速度センサー 1 によれば、共振周波数 f_2 、 f_4 の回転振動モードを、梁部 2 2 3 ~ 2 2 5 の変形を伴う検出軸まわりの基部 2 1 の回転振動を抑制する機械的なローパスフィルター（以下、「回転振動減衰モード」ともいう）として利用し、検出軸まわりの回転振動を受けた場合であっても、その回転振動による出力の変動を抑制することができる。ここで、「検出周波数帯域」は、いわゆるセンサー帯域と呼ばれるものであり、一般に、電気回路で構成されるローパスフィルターによって設定される。この電気的なローパスフィルターは、本実施形態では、図示しないが、例えば、IC チップ 3 に組み込まれている。また、「検出周波数帯域の幅」は、検出周波数帯域の上限周波数に等しい。

【 0 0 5 3 】

図 5 (a) は、図 3 に示す角速度センサーの簡略化モデルを示す図、図 5 (b) は、1 次の回転振動モード（モード 1）を示す図、図 5 (c) は、2 次の回転振動モード（モード 2）を示す図である。

前述したような構成を有する角速度センサー 1 は、図 5 (a) に示すように、基部 2 1、検出用振動腕 2 3、2 4 および駆動用振動腕 2 5、2 6、2 7、2 8 からなる質量 2 9 が、バネ（弾性体）である梁部 2 2 3、2 2 4、2 2 5、2 2 6 を介して固定部 2 2 1、2 2 2 に支持されている振動系とみなすことができる。

【 0 0 5 4 】

このような振動系は、検出軸まわりの回転振動モードとして、図 5 (b) に示すように、梁部 2 2 3、2 2 4、2 2 5、2 2 6 の 1 次屈曲を伴って、質量 2 9 が検出軸まわりに

10

20

30

40

50

回転振動する基本モードである「１次の回転振動モード」と、図５（ｃ）に示すように、１次の回転振動モードとは逆相となり、かつ、梁部２２３、２２４、２２５、２２６の３次屈曲を伴って、質量２９が検出軸まわりに回転振動する２次の高調波モードである「２次の回転振動モード」とを有する。この１次および２次の回転振動モードの共振周波数 f_2 、 f_4 は、それぞれ、質量２９の大きさおよび梁部２２３～２２６のバネ定数に応じて適宜設定することができる。以下、この１次の回転振動モードを第１の回転振動モードとし、２次の回転振動モードを第２の回転振動モードとし、これらの回転振動モードを回転振動減衰モードとして利用する場合を例に説明する。

【００５５】

図６（ａ）は、１次および２次の回転振動モードについて周波数と振幅との関係を示すグラフ、図６（ｂ）は、１次および２次の回転振動モードの差について周波数と振幅との関係を示すグラフ、図６（ｃ）は、図６（ｂ）の横軸を１次の回転振動モードの共振周波数で規格化したグラフである。また、図７（ａ）は、１次および２次の回転振動モードの差について周波数と振幅との関係を示すグラフ、図７（ｂ）は、図７（ａ）の周波数 f_4 付近を拡大したグラフ、図７（ｃ）は、図７（ａ）の周波数 f_2 よりも低周波数側を拡大したグラフである。なお、図６（ｃ）において、横軸「角振動数比」は、外部から角速度センサー１に加えられる検出軸まわりの回転振動の周波数 f を１次の回転振動モードの共振周波数 f_2 で規格化したもの、すなわち、 f と f_2 との比 f/f_2 である。

【００５６】

図６（ａ）に示すような１次および２次の回転振動モードは、回転変位が逆相となる。これらの回転振動モードの重ね合せにより、回転振動抑制モードとしての効果を高めることができる。

より具体的には、図６（ｂ）、（ｃ）に示すように、１次の回転振動モードの共振周波数 f_2 に対して高周波数側の周波数帯域（特に f/f_2 が１．４以上となる帯域）では、 f_2 と f_4 との間または f_4 よりも高い周波数帯域において、１つの回転振動モードを用いるよりも効率的に（図７参照）、外部からの検出軸まわりの回転振動を減衰することができる。

【００５７】

また、１次および２次の回転振動モードは、振幅（変位）が等しくなる周波数 f_5 が存在する。したがって、１次および２次の回転振動モードを重ね合せたモード（モード１－モード２）は、１次および２次の回転振動モードの振幅（変位）が等しくなる周波数 f_5 において、外部からの回転振動をゼロまで減衰することができる。

すなわち、 f_2 と f_4 との間の周波数帯域には、外部からの検出軸まわりの回転振動をゼロまたはそれに近い値に減衰し得る領域が存在する。したがって、かかる領域に離調周波数 f_3 を設定すること、すなわち、 $f_2 < f_3 < f_4$ の関係を満たすことにより、外部からの検出軸まわりの回転振動を極めて小さく減衰させることができる。また、離調周波数 f_3 を比較的小さくすることができ、その結果、優れたＳ／Ｎ比を実現することができる。したがって、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ の関係を満たすことにより、１次および２次の回転振動モードの重ね合せを利用して、外部からの検出軸まわりの回転振動を減衰させる効果を高めることができる。

【００５８】

一方、１次の回転振動モードの共振周波数 f_2 に対して低周波数側の周波数帯域（特に f/f_2 が０．５以下となる帯域）では、外部からの検出軸まわりの回転振動の増幅を小さくすることができる。したがって、１次の回転振動モードの共振周波数 f_2 を検出周波数帯域の幅 f_1 よりも大きくすることにより、外部から検出軸まわりの回転振動を受けたとき、検出周波数帯域において、その回転振動の増幅を小さくすることができる。

【００５９】

ここで、回転振動抑制モードとして１次の回転振動モード（第１の回転振動モード）および２次の回転振動モード（第２の回転振動モード）を利用することにより、基部２１の検出軸まわりの他の回転振動モードの共振周波数が f_2 よりも低周波数側に存在しないた

10

20

30

40

50

め、 f_1 と f_2 との差を比較的小さくし、それに伴って、離調周波数 f_3 も小さくすることができる。その結果、優れた S/N 比を実現することができる。

【0060】

また、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ の関係を満たす場合において、図6(c)および図7(b)に示すように、 $1.35 \leq f_3 / f_2 \leq 2.6$ の関係を満たす場合、外部からの回転振動を減衰することができるが、外部からの検出軸まわりの回転振動を抑制する効果を高める観点から、 $1.5 \leq f_3 / f_2 \leq 2.4$ の関係を満たすことが好ましく、 $1.8 \leq f_3 / f_2 \leq 2.2$ の関係を満たすことがより好ましく、 $1.9 \leq f_3 / f_2 \leq 2.1$ の関係を満たすことがさらに好ましい。 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ の関係を満たす場合において、 $1.5 \leq f_3 / f_2 \leq 2.4$ の関係を満たすことにより、外部からの回転振動を $1/2$ 以下に減衰することができ、また、 $1.8 \leq f_3 / f_2 \leq 2.2$ の関係を満たすことにより、外部からの回転振動を $1/5$ 以下に減衰することができ、さらに、 $1.9 \leq f_3 / f_2 \leq 2.1$ の関係を満たすことにより、外部からの回転振動を $1/10$ 程度またはそれ以下に減衰することができる。

10

【0061】

一方、 $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満たす場合において、図6(c)および図7(b)に示すように、 $2.8 \leq f_3 / f_2$ の関係を満たす場合、外部からの回転振動を減衰することができるが、外部からの検出軸まわりの回転振動を抑制する効果を高める観点から、 $2.9 \leq f_3 / f_2$ の関係を満たすことが好ましく、 $3.2 \leq f_3 / f_2$ の関係を満たすことがより好ましく、 $3.5 \leq f_3 / f_2$ の関係を満たすことがさらに好ましい。 $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満たす場合において、 $2.9 \leq f_3 / f_2$ の関係を満たすことにより、外部からの回転振動を $1/2$ 以下に減衰することができ、また、 $3.2 \leq f_3 / f_2$ の関係を満たすことにより、外部からの回転振動を $1/5$ 以下に減衰することができ、さらに、 $3.5 \leq f_3 / f_2$ の関係を満たすことにより、外部からの回転振動を $1/10$ 程度またはそれ以下に減衰することができる。

20

また、 $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満たす場合において、離調周波数 f_3 が大きくなりすぎるのを防止する観点から、 $f_3 / f_2 \leq 4$ の関係を満たすことが好ましく、 $f_3 / f_2 \leq 3.5$ の関係を満たすことがより好ましい。これにより、優れた S/N 比を実現することができる。

【0062】

30

また、図示しないが、1次の回転振動モードの Q 値が高くなるほど、共振周波数 f_2 での振幅が大きくなるとともに、回転振動抑制モードの効果が高くなる。ただし、1次の回転振動モードの Q 値が5以上である場合、1次の回転振動モードの Q 値が高くなるほど、共振周波数 f_2 での振幅が大きくなるが、回転振動抑制モードの効果はあまり変わらない。このような観点から、1次の回転振動モードの Q 値は、5以上100以下であることが好ましく、10以上100以下であることがより好ましい。これにより、1次の回転振動モードの共振振動が大きくなりすぎて検出振動に悪影響を与えたり損傷の原因となったりするのを防止しつつ、回転振動減衰モードの効果を高めることができる。また、外部からの検出軸まわりの回転振動をゼロまたはそれに近い値に減衰し得る領域(前述した周波数 f_5 を跨ぐ周波数帯域)を比較的大きくすることができる。

40

【0063】

また、 $f_1 / f_2 \leq 0.5$ の関係を満たすことが好ましく、 $f_1 / f_2 \leq 0.3$ の関係を満たすことがより好ましく、 $f_1 / f_2 \leq 0.2$ の関係を満たすことがさらに好ましい。これにより、外部から検出軸まわりの回転振動を受けたとき、検出周波数帯域において、その回転振動の増幅を極めて小さくすることができる。

また、 $2 \leq f_4 / f_2 \leq 4$ の関係を満たすことが好ましく、 $2.5 \leq f_4 / f_2 \leq 3.5$ の関係を満たすことがより好ましい。これにより、第1および第2の回転振動モードの重ね合せ領域において、外部からの検出軸まわりの回転振動を減衰させる効果を高めることができる。また、 f_2 と f_4 との間の周波数帯域において、外部からの検出軸まわりの回転振動をゼロまたはそれに近い値に減衰し得る領域を広範囲にわたって形成することが

50

できる。

【0064】

また、具体的な検出周波数帯域の幅 f_1 (上限周波数) は、必要に応じて設定されるものであり、特に限定されないが、例えば、10 Hz 以上 300 Hz 以下であることが好ましく、10 Hz 以上 200 Hz 以下であることがより好ましい。

また、具体的な離調周波数 f_3 は、特に限定されないが、100 Hz 以上 8.0 kHz 以下であることが好ましく、1.0 kHz 以上 6.0 kHz 以下であることがより好ましく、2.0 kHz 以上 3.0 kHz 以下であることがさらに好ましい。

【0065】

また、具体的な1次の回転振動モードの共振周波数 f_2 は、 f_1 、 f_3 に応じて設定されるものであり、特に限定されないが、50 Hz 以上 4.0 kHz 以下であることが好ましい。

10

また、具体的な2次の回転振動モードの共振周波数 f_4 は、 f_1 、 f_2 、 f_3 に応じて設定されるものであり、特に限定されないが、100 Hz 以上 10.0 kHz 以下であることが好ましい。

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、回転振動モードの共振周波数 f_2 を離調周波数 f_3 よりも小さくすることにより、外部から検出軸まわりの回転振動を受けたとき、その回転振動を離調周波数 f_3 付近の周波数帯域において減衰させることができる。

【0066】

20

また、回転振動モードの共振周波数 f_2 を検出周波数帯域の幅 f_1 よりも大きくすることにより、外部から検出軸まわりの回転振動を受けたとき、検出周波数帯域において、その回転振動の増幅を小さくすることができる。

以上のことから、外部から検出軸まわりの回転振動を受けたとき、その回転振動の周波数が離調周波数 f_3 付近であっても、出力の変動を抑制することができる。

【0067】

<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、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。

30

【0068】

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1Aは、センサー素子2Aと、ICチップ3と、センサー素子2A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2A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。

【0069】

センサー素子2Aは、振動片20Aと、振動片20A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。

40

振動片20A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20A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氣的に接続されている。

【0070】

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9Aのベース91Aに支持されている。

50

パッケージ 9 A は、上面に開放する凹部を有するベース 9 1 A と、ベース 9 1 A の凹部の開口を塞ぐようにベース 9 1 A に接合部材 9 3 (シールリング) を介して接合されたりッド (蓋体) 9 2 とを有している。

【 0 0 7 1 】

ベース 9 1 A は、平板状の基板 9 1 1 A と、基板 9 1 1 A の上面に接合された枠状の基板 9 1 2 A と、基板 9 1 2 A の上面に接合された枠状の基板 9 1 3 A と、基板 9 1 3 A の上面に接合された枠状の 9 1 4 A とで構成されている。

このようなベース 9 1 A には、各基板 9 1 1 A、9 1 2 A、9 1 3 A、9 1 4 A 間に段差を有する凹部が形成されている。

このようなベース 9 1 A の基板 9 1 1 A 上面には、基板 9 1 2 A、9 1 3 A の開口部内に納まるように、固定部材 8 2 を介して IC チップ 3 が支持・固定されている。

【 0 0 7 2 】

また、基板 9 1 2 A の上面には、複数の内部端子 7 2 が設けられている。また、基板 9 1 3 A の上面には、複数の内部端子 7 1 が設けられている。

そして、基板 9 1 4 A の上面には、複数の内部端子 7 1 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。

支持部材 4 は、絶縁性のフィルム 4 1 と、このフィルム 4 1 上に接合された複数の配線 4 2 a、4 2 b、4 2 c、4 2 d、4 2 e、4 2 f (以下、これらの配線を総称して「配線 4 2」ともいう) とを有する。ここで、フィルム 4 1 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 4 2 は、フィルム 4 1 に対して基部 2 1 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 9 1 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 2 1 の本体部 2 1 1 が「基部」を構成しているとも言える。

【 0 0 7 3 】

フィルム 4 1 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 4 2 は、例えば銅等の金属材料で構成されている。

フィルム 4 1 の中央部には、デバイスホール 4 1 1 が形成され、各配線 4 2 は、フィルム 4 1 上からこのデバイスホール 4 1 1 側に延出し、その延出した部分がフィルム 4 1 側 (IC チップ 3 とは反対側) に折り曲げられている。

【 0 0 7 4 】

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 に電氣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。

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 がパッケージ 9 A に対して z 軸 (検出軸) まわりに回転し得る。

【 0 0 7 5 】

したがって、このような角速度センサー 1 A においても、検出周波数帯域の幅を f_1 [Hz] とし、フィルム 4 1 に対する基部 2 1 の検出軸まわりの第 1 の回転振動モードの共振周波数を f_2 [Hz] とし、離調周波数を f_3 [Hz] とし、第 1 の回転振動モードと逆相であり、かつ、フィルム 4 1 に対する基部 2 1 の検出軸まわりの第 2 の回転振動モードの共振周波数を f_4 [Hz] としたとき、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ または $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満たすことにより、検出軸まわりの回転振動を受けた場合であっても、その回転振動による出力の変動を抑制することができる。

【 0 0 7 6 】

< 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 2 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、1 次の回転振動モード (モード 1) を示す図、図 1 2 (c) は、2 次の回転振動モード (モード 2) を示す図である。

【 0 0 7 7 】

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 8 】

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。

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 9 】

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 8 0 】

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、通电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) に電氣的に接続されている。

【 0 0 8 1 】

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 B 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) に電氣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) に電氣的に接続されている。

【 0 0 8 2 】

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

10

20

30

40

50

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 25 B、26 B が図 11 に示す矢印 A 1 の方向に屈曲する状態と、駆動用振動腕 25 B、26 B が図 11 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。

【0083】

このように駆動用振動腕 25 B、26 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 が加わると、駆動用振動腕 25 B、26 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 25 B、26 B が図 11 に示す矢印 B 1 の方向に屈曲する状態と、駆動用振動腕 25 B、26 B が図 11 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 23 B、24 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 23 B、24 B が図 11 に示す矢印 C 1 の方向に屈曲する状態と、検出用振動腕 23 B、24 B が図 11 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。

【0084】

そして、このような検出用振動腕 23 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 62、63 から出力される。また、検出用振動腕 24 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 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 B に加わった角速度 を求めることができる。

【0085】

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 91 B 上に設けられた内部端子 71 に対して、固定部材 81 を介して端子 61 ~ 66 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 71 と端子 61 ~ 66 とが電氣的に接続されている。

【0086】

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 21 B が連結部 223 B、224 B、225 B、226 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 223 B、224 B、225 B、226 B の弾性変形を伴って基部 21 B がパッケージ 9 B に対して y 軸（検出軸）まわりに回動し得る。

具体的に説明すると、前述したような構成を有する角速度センサー 1 B は、図 12（a）に示すように、基部 21 B、検出用振動腕 23 B、24 B および駆動用振動腕 25 B、26 B からなる質量 29 B が、バネ（弾性体）である連結部 223 B、224 B、225 B、226 B を介して固定部 221 B に支持されている振動系とみなすことができる。

【0087】

このような振動系は、検出軸まわりの回転振動モードとして、図 12（b）に示すように、連結部 223 B、224 B、225 B、226 B の 1 次屈曲を伴って、質量 29 B を検出軸まわりに回転振動する基本モードである「1 次の回転振動モード」と、図 12（c）に示すように、1 次の回転振動モードとは逆相となり、かつ、連結部 223 B、224 B、225 B、226 B の 3 次屈曲を伴って、質量 29 B が検出軸まわりに回転振動する 2 次の高調波モードである「2 次の回転振動モード」とを有する。

【0088】

したがって、このような角速度センサー 1 B においても、検出周波数帯域の幅を f_1 [Hz] とし、固定部 221 B に対する基部 21 B の検出軸まわりの第 1 の回転振動モードの共振周波数を f_2 [Hz] とし、離調周波数を f_3 [Hz] とし、第 1 の回転振動モードと逆相であり、かつ、固定部 221 B に対する基部 21 B の検出軸まわりの第 2 の回転振動モードの共振周波数を f_4 [Hz] としたとき、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ または $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満たすことにより、検出軸まわりの回転振動を受けた場合であっても、その回転振動による出力の変動を抑制することができる。

【0089】

< 第 4 実施形態 >

10

20

30

40

50

次に、本発明の第４実施形態について説明する。

図１３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。

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。

【００９０】

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。

10

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。

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。

【００９１】

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。

20

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がパッケージ９Ｃに対してｙ軸（検出軸）まわりに回転し得る。

【００９２】

したがって、このような角速度センサー１Ｃにおいても、検出周波数帯域の幅を f_1 [Hz]とし、フィルム４１に対する基部２１Ｃの検出軸まわりの第１の回転振動モードの共振周波数を f_2 [Hz]とし、離調周波数を f_3 [Hz]とし、第１の回転振動モードと逆相であり、かつ、フィルム４１に対する基部２１Ｃの検出軸まわりの第２の回転振動モードの共振周波数を f_4 [Hz]としたとき、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ または $f_1 < f_2 < f_4 < f_3$ の関係を満たすことにより、検出軸まわりの回転振動を受けた場合であっても、その回転振動による出力の変動を抑制することができる。

30

【００９３】

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１４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。

40

【００９４】

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。

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。

【００９５】

図１５は、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。

50

この図において、携帯電話機 1 2 0 0 は、複数の操作ボタン 1 2 0 2、受話口 1 2 0 4 および送話口 1 2 0 6 を備え、操作ボタン 1 2 0 2 と受話口 1 2 0 4 との間には、表示部 1 0 0 が配置されている。

このような携帯電話機 1 2 0 0 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。

【 0 0 9 6 】

図 1 6 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 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 0 9 7 】

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。

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。

【 0 0 9 8 】

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 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 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 1 4 3 0 や、パーソナルコンピュータ 1 4 4 0 に出力される構成になっている。

このようなデジタルスチルカメラ 1 3 0 0 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。

【 0 0 9 9 】

なお、本発明の電子機器は、図 1 4 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 1 5 の携帯電話機、図 1 6 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、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)、フライトシミュレータ等に適用することができる。

【 0 1 0 0 】

3. 移動体

図 1 7 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 1 5 0 0 は、車体 1 5 0 1 と、4 つの車輪 1 5 0 2 とを有しており、車体 1 5 0 1 に設けられた図示しない動力源 (エンジン) によって車輪 1 5 0 2 を回転させるように構成されている。このような移動体 1 5 0 0 には、発振器 1 0 (振動子 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。

【 0 1 0 1 】

以上、本発明の角速度センサー、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いてもよい。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以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

【0102】

また、前述した実施形態では、回転振動減衰モードとして1次および2次の回転振動モードを利用した場合を例に説明したが、本発明は、これに限定されず、基部の検出軸まわりの複数の回転振動モードのうち逆相となる任意の2つ以上を組み合わせる回転振動減衰モードとして利用することもできる。

10

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。

【0103】

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。

20

【0104】

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、圧電抵抗の抵抗値を検出する圧電抵抗検出方式、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。

30

【0105】

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。

また、前述した実施形態では、駆動部および検出部がそれぞれ腕状をなす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、静電駆動方式や静電容量検出方式を用いる場合、駆動部や検出部が板状、櫛歯状等をなす部分を有していてもよい。

【符号の説明】

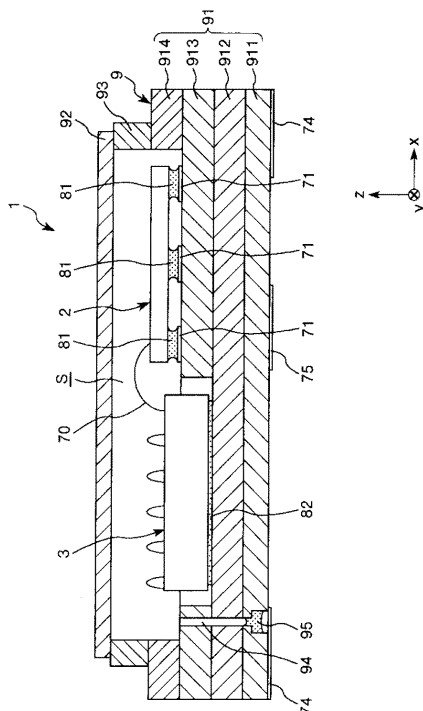
【0106】

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	40
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	IC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	10	角速度センサー	20	
振動片	20 A	振動片	20 B	振動片	20 C	振動片	21	基部
21 B	基部	21 C	基部	22	支持部	22 B	支持部	23
振動腕	23 B	検出用振動腕	24	検出用振動腕	24 B	検出用振動腕	2	
5	駆動用振動腕	25 B	駆動用振動腕	26	駆動用振動腕	26 B	駆動	
用振動腕	27	駆動用振動腕	28	駆動用振動腕	29	質量	29 B	質
量	31	接続端子	31 a	接続端子	31 b	接続端子	41	フィルム
42 a ~ 42 f (42)	配線	43 a	接続端子	61	端子	62	端子	50

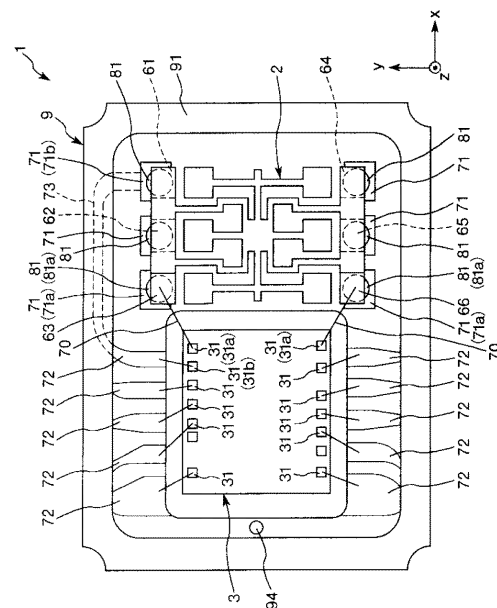
[illegible]

10

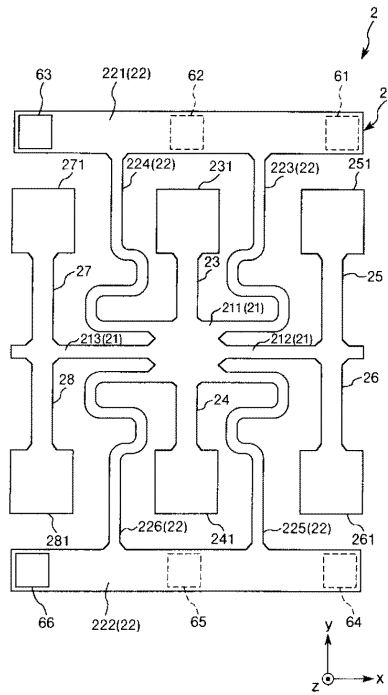
【 図 1 】



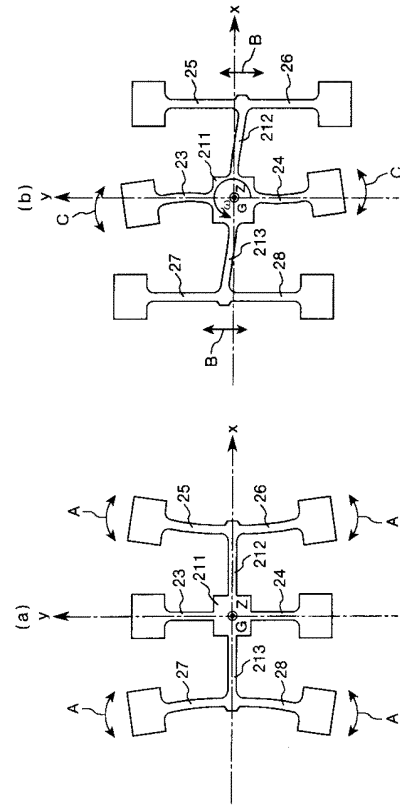
【圖 2】



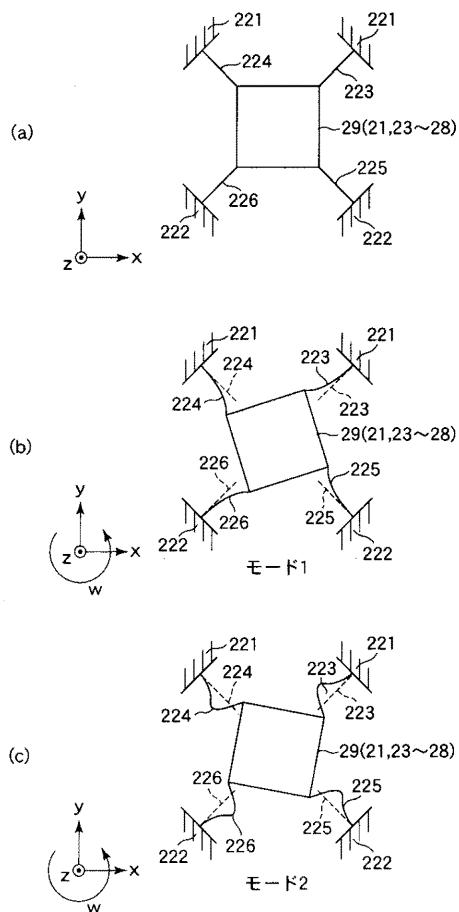
【図 3】



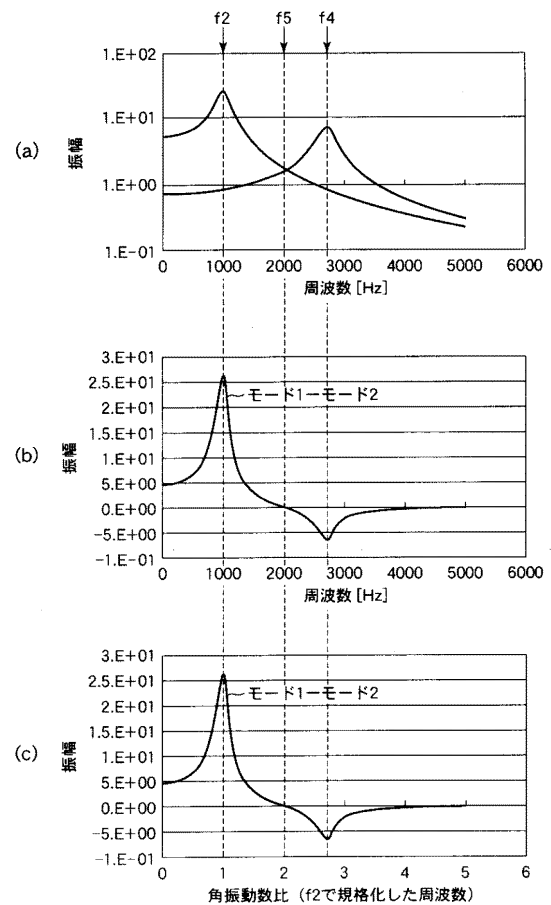
【図 4】



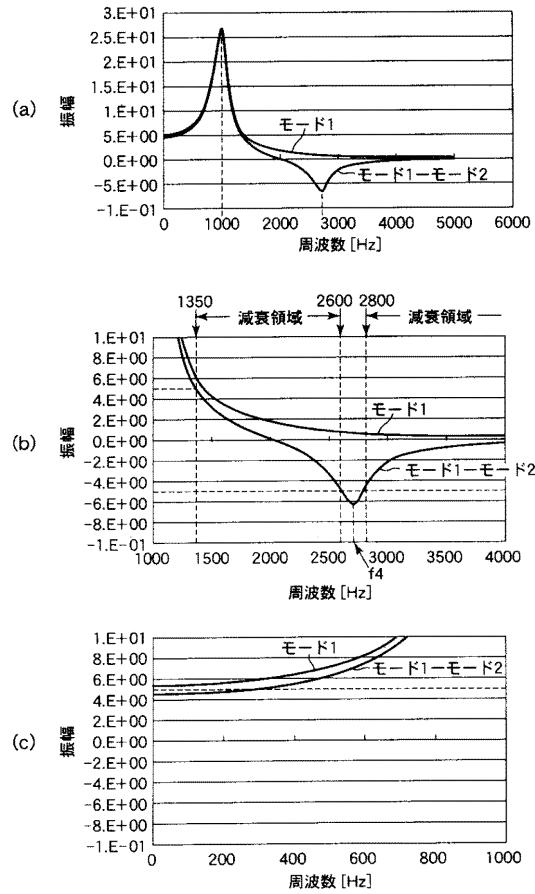
【図 5】



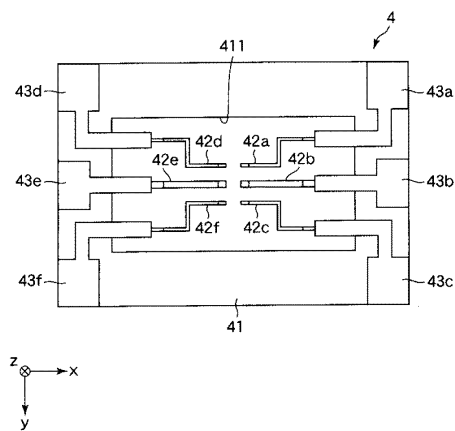
【図 6】



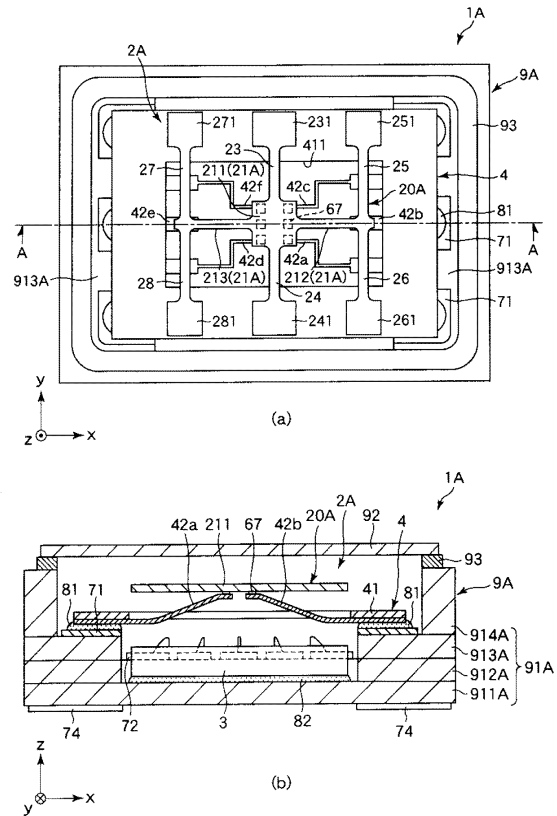
【 圖 7 】



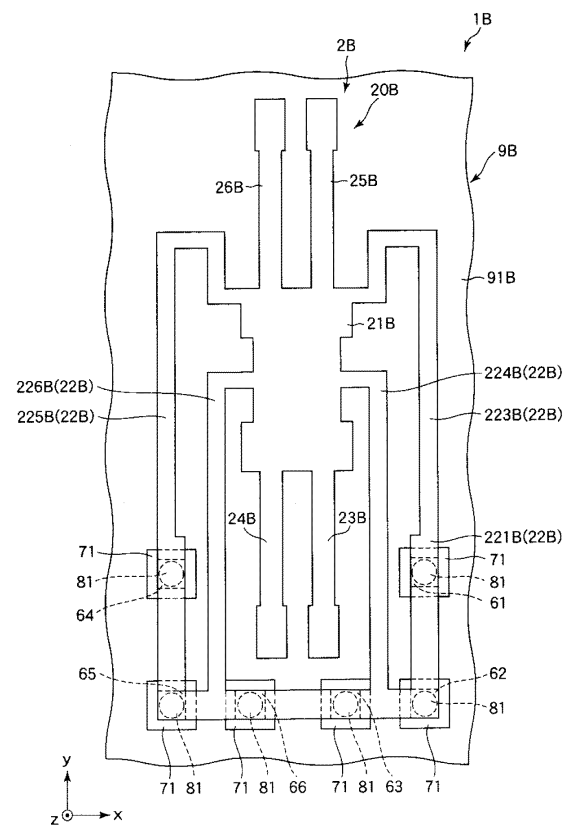
【 図 9 】



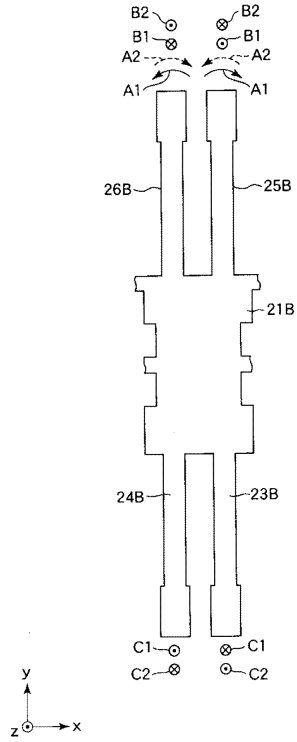
【 図 8 】



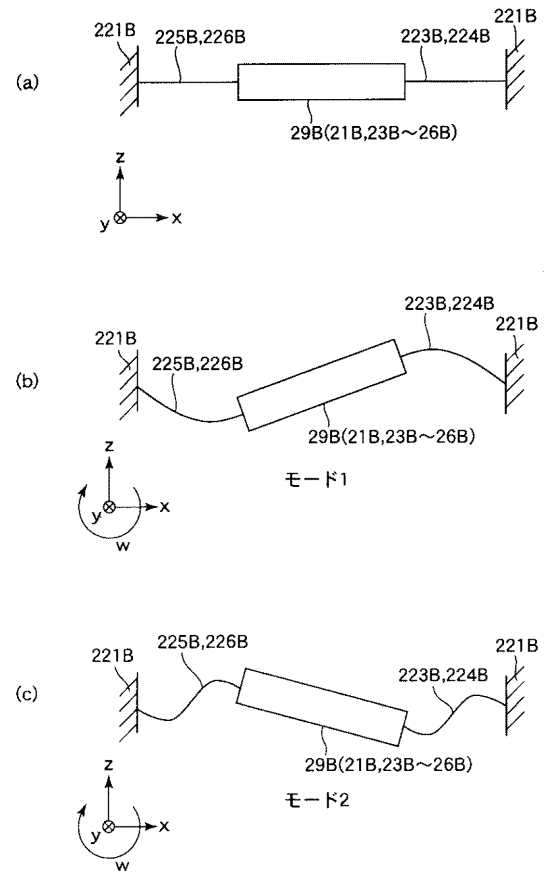
【 図 1 0 】



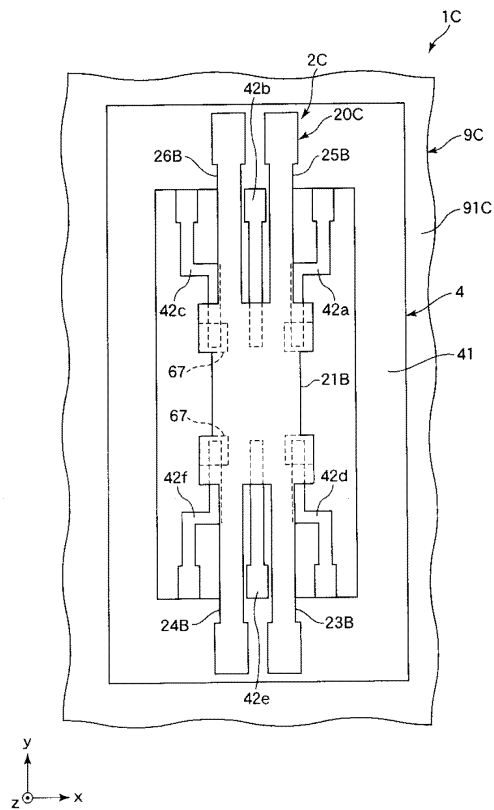
【図 1 1】



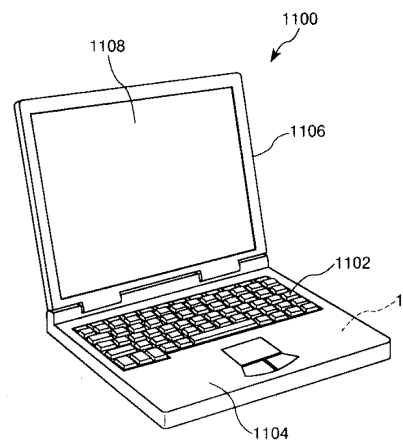
【図 1 2】



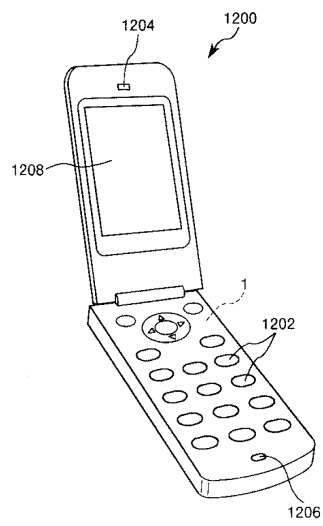
【図 1 3】



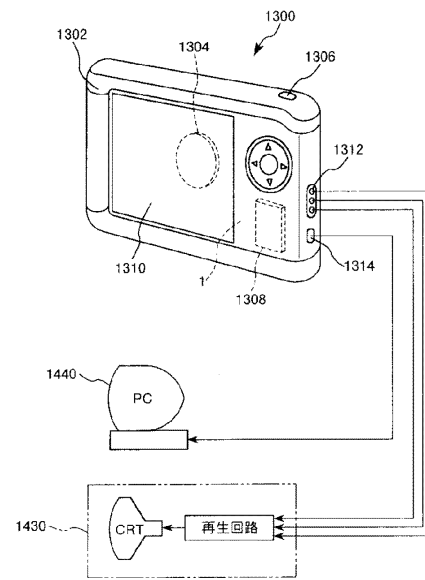
【図 1 4】



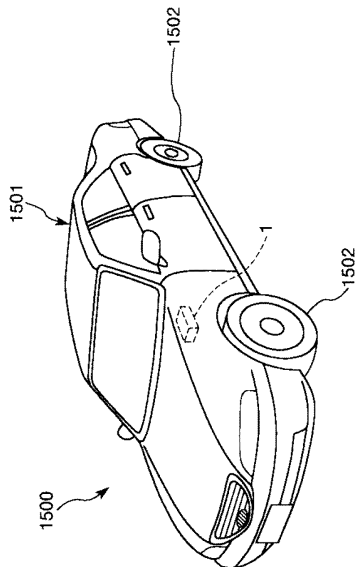
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

審査官 八木 智規

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 7 1 3 5 3 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 7 6 0 8 6 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 6 8 1 1 1 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 2 6 5 8 3 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 C 1 9 / 0 0 - 1 9 / 7 2
H 0 1 L 2 7 / 2 0
H 0 1 L 2 9 / 8 4
H 0 1 L 4 1 / 0 0 - 4 1 / 4 7