

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6264839号
(P6264839)

(45) 発行日 平成30年1月24日(2018.1.24)

(24) 登録日 平成30年1月5日(2018.1.5)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 C 19/5628 (2012.01)

G O 1 C 19/5628

請求項の数 7 (全 19 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2013-224053 (P2013-224053) | (73) 特許権者 | 000002369 |
| (22) 出願日 | 平成25年10月29日(2013.10.29) | | セイコーエプソン株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2015-87148 (P2015-87148A) | | 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 | 100091292 |
| 審査請求日 | 平成28年10月28日(2016.10.28) | | 弁理士 増田 達哉 |
| | | (74) 代理人 | 100091627 |
| | | | 弁理士 朝比 一夫 |
| | | (72) 発明者 | 中川 啓史 |
| | | | 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 | 西澤 電太 |
| | | | 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 |
| | | 審査官 | 八木 智規 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 振動素子、振動子、発振器、電子機器および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

駆動モードと、当該駆動モードの振動方向と直交する方向に振動する第1検出モードおよび第2検出モードと、を振動モードとして有し、

横軸を雰囲気温度、縦軸を周波数の変化としたときの、前記各モードの温度の変化による周波数の変化を示す周波数温度特性曲線において、前記駆動モードにおける前記周波数温度特性曲線の頂点温度を T_a []、前記第1検出モードにおける前記周波数温度特性曲線の頂点温度を T_b []、前記第2検出モードにおける前記周波数温度特性曲線の頂点温度を T_c [] としたとき、前記 T_a が前記 T_b および前記 T_c よりも低い、または、前記 T_a が前記 T_b および前記 T_c よりも高いことを特徴とする振動素子。

10

【請求項2】

前記駆動モードの共振周波数を f_a 、前記第1検出モードの共振周波数を f_b 、前記第2検出モードの共振周波数を f_c としたとき、前記 f_a が前記 f_b と前記 f_c の間に存在する温度領域を有している請求項1に記載の振動素子。

【請求項3】

基部と、

前記基部から延出している一対の駆動用振動腕と、

前記基部から、前記一対の駆動用振動腕とは反対の方向に延出している一対の検出用振動腕と、

を備える請求項1または2に記載の振動素子。

20

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の振動素子と、
前記振動素子が収納されているパッケージと、
を備えることを特徴とする振動子。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の振動素子と、
前記振動素子に電氣的に接続されている発振回路と、を備えていることを特徴とする発振器。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の振動素子を備えていることを特徴とする電子機器。

10

【請求項 7】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の振動素子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、振動素子、振動子、発振器、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

20

振動素子としては、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、角速度、加速度等の物理量を検出するセンサが知られている。センサとして、例えば、角速度センサ（振動ジャイロセンサ）が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

例えば、特許文献 1 に記載の振動ジャイロセンサは、基部と、基部から延出された連結アームと、連結アームの先端部から延出された駆動アームと、基部から延出された検出アームとを備える。このような振動ジャイロセンサは、駆動アームを屈曲振動させた状態で、所定方向の角速度を受けると、駆動アームにコリオリ力が作用し、それに伴って、検出アームが屈曲振動する。このような検出アームの屈曲振動を検出することにより、角速度を検出することができる。

30

【0004】

このような振動ジャイロセンサの基部や駆動アームは、例えば圧電体材料により形成される。そして、フォトリソグラフィ技術やエッチング技術を用いて圧電体材料を加工することにより、基部や駆動アームを形成する。

また、特許文献 2 には、複数の検出モード（第 1 検出用振動モードと第 2 検出用振動モード）を備えた圧電振動型ヨーレートセンサ（振動子）が記載されている。このセンサでは、第 1 検出用振動モードの共振周波数と第 2 検出用振動モードの共振周波数とを近接させて、検出アームにおける振幅を増大させることにより、センサの感度を高めている。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】特開 2006 - 105614 号公報

【特許文献 2】特開 2012 - 98091 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

ところが、特許文献 2 に記載のセンサ（振動子）においては、周波数の関係については記載されているが、温度と周波数の関係については何ら考慮されておらず、温度変化によ

50

る周波数特性等の特性の劣化を抑制するのが困難であった。

本発明の目的は、温度変化による周波数変化に伴う感度等の特性の劣化を抑制することができる振動素子、振動子を提供すること、信頼性の高い発振器、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]

本発明の振動素子は、駆動モードと、当該駆動モードの振動方向と直交する方向に振動する第1検出モードおよび第2検出モードと、を振動モードとして有し、

10

横軸を雰囲気温度、縦軸を周波数の変化としたときの、前記各モードの温度の変化による周波数の変化を示す周波数温度特性曲線において、前記駆動モードにおける前記周波数温度特性曲線の頂点温度を T_a []、前記第1検出モードにおける前記周波数温度特性曲線の頂点温度を T_b []、前記第2検出モードにおける前記周波数温度特性曲線の頂点温度を T_c []としたとき、前記 T_a が前記 T_b および前記 T_c よりも低い、または、前記 T_a が前記 T_b および前記 T_c よりも高いことを特徴とする。

このような振動素子によれば、温度変化による周波数変化に伴う感度等の特性の劣化を抑制することができる。

【0008】

20

[適用例2]

本発明の振動素子では、前記駆動モードの共振周波数を f_a 、前記第1検出モードの共振周波数を f_b 、前記第2検出モードの共振周波数を f_c としたとき、前記 f_a が前記 f_b と前記 f_c の間に存在する温度領域を有していることが好ましい。

これにより、温度変化による周波数変化に伴う感度等の特性の劣化を抑制しつつ、感度をより向上させることができる。

【0009】

[適用例3]

本発明の振動素子では、基部と、

前記基部から延出している一対の駆動用振動腕と、

30

前記基部から、前記一対の駆動用振動腕とは反対の方向に延出している一対の検出用振動腕と、
を備える。

これにより、温度変化による周波数変化に伴う感度等の特性の劣化が抑制された、信頼性の高いH型の振動素子を提供することができる。

【0010】

[適用例4]

本発明の振動子は、本発明の振動素子と、

前記振動素子が収納されているパッケージと、

を備えることを特徴とする。

40

これにより、優れた振動特性を有する振動子を提供することができる。

【0011】

[適用例5]

本発明の発振器は、本発明の振動素子と、

前記振動素子に電氣的に接続されている発振回路と、を備えていることを特徴とする。

これにより、信頼性の高い発振器を提供することができる。

[適用例6]

本発明の電子機器は、本発明の振動素子を備えていることを特徴とする。

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。

[適用例7]

50

本発明の移動体は、本発明の振動素子を備えていることを特徴とする
これにより、信頼性の高い移動体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の振動素子の実施形態を備える発振器の概略構成を示す模式的断面図である。

【図2】図1に示す発振器の平面図である。

【図3】図1に示す発振器に備えられた振動素子を示す平面図である。

【図4】図4(a)は、図3に示す振動素子の駆動用振動腕の拡大平面図、図4(b)は、図4(a)に示す駆動用振動腕の断面図である。

【図5】図5(a)は、図3に示す振動素子の検出用振動腕の拡大平面図、図5(b)は、図5(a)に示す検出用振動腕の断面図である。

【図6】図6(a)は、図3に示す振動素子の調整用振動腕の拡大平面図、図6(b)は、図6(a)に示す調整用振動腕の断面図である。

【図7】図3に示す振動素子における検出用電極および調整用電極の接続状態を示す図である。

【図8】図3に示す振動片の動作を説明するための図である。

【図9】図3に示す振動片の動作を説明するための図である。

【図10】各モードにおける周波数温度特性曲線を示すグラフである。

【図11】図11(a)は、図5に示す検出用電極の漏れ出力を示す図、図11(b)は、図6および図7に示す調整用電極の出力を示す図である。

【図12】本発明の振動素子の実施形態を備える振動子の概略構成を示す模式的断面図である。

【図13】本発明の振動素子を備えるモバイル型（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。

【図14】本発明の振動素子を備える携帯電話機（PHSも含む）の構成を示す斜視図である。

【図15】本発明の振動素子を備えるデジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。

【図16】本発明の移動体の一例である自動車の構成を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明について、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。

< 発振器 >

次に、本発明の振動片の実施形態を備える発振器について説明する。

図1は、本発明の振動素子の実施形態を備える発振器の概略構成を示す模式的断面図、図2は、図1に示す発振器の平面図、図3は、図1に示す発振器に備えられた振動素子を示す平面図、図4(a)は、図3に示す振動片の駆動用振動腕の拡大平面図、図4(b)は、図4(a)に示す駆動用振動腕の断面図、図5(a)は、図3に示す振動素子の検出用振動腕の拡大平面図、図5(b)は、図5(a)に示す検出用振動腕の断面図、図6(a)は、図3に示す振動片の調整用振動腕の拡大平面図、図6(b)は、図6(a)に示す調整用振動腕の断面図、図7は、図3に示す振動素子における検出用電極および調整用電極の接続状態を示す図、図8、9は、図3に示す振動素子の動作を説明するための図、図10は、各モードにおける周波数温度特性曲線を示すグラフ、図11(a)は、図5に示す検出用電極の漏れ出力を示す図、図11(b)は、図6および図7に示す調整用電極の出力を示す図である。

なお、以下では、説明の便宜上、図1～6、8において、互いに直交する3つの軸として、x軸、y軸およびz軸を図示しており、x軸に平行な方向を「x軸方向」、y軸に平行な方向を「y軸方向」、z軸に平行な方向を「z軸方向」という。また、+z軸側を「上」、-z軸側を「下」ともいう。

【0014】

図1および図2に示す発振器1は、物理量として角速度を検出するジャイロセンサである。

このような発振器1は、例えば、撮像機器の手ぶれ補正や、GPS (Global Positioning System) 衛星信号を用いた移動体ナビゲーションシステムにおける車両などの姿勢検出、姿勢制御等に用いることができる。

この発振器1は、図1および図2に示すように、振動素子2と、ICチップ3と、振動素子2およびICチップ3を収納するパッケージ4と、を有する。

【0015】

以下、発振器1を構成する各部を順次説明する。

10

〔振動素子〕

振動素子2は、1つの軸まわりの角速度を検出するジャイロセンサ素子である。

この振動素子2は、図3に示すように、基部21と、1対の駆動用振動腕221、222と、1対の検出用振動腕231、232と、1対の調整用振動腕(振動腕)241、242と、支持部(枠体)25と、4つの連結部261、262、263、264と、駆動用電極群51、52と、検出用電極群53、54と、調整用電極群55、56とを備える振動片58と、を有している。

【0016】

本実施形態では、振動片58が、圧電体材料で一体的に形成されている。このような圧電体材料としては、特に限定されないが、水晶を用いるのが好ましい。これにより、振動素子2の特性を優れたものとすることができる。

20

水晶は、互いに直交するX軸(電気軸)、Y軸(機械軸)およびZ軸(光学軸)を有する。基部21、1対の駆動用振動腕221、222、1対の検出用振動腕231、232、1対の調整用振動腕241、242、支持部25および4つの連結部261、262、263、264は、例えば、Z軸が厚さ方向に存在するとともにX軸およびY軸に平行な板面を有する水晶で構成された基板をエッチング加工することにより形成することができる。かかる基板の厚さは、振動素子2の発振周波数(共振周波数)、外形サイズ、加工性等に応じて適宜設定される。なお、以下では、基部21、1対の駆動用振動腕221、222、1対の検出用振動腕231、232、1対の調整用振動腕241、242、支持部25および4つの連結部261、262、263、264が水晶で一体的に構成されている場合を例に説明する。

30

【0017】

(振動片)

振動片58は、上述したように、基部21と、1対の駆動用振動腕221、222と、1対の検出用振動腕231、232と、1対の調整用振動腕(振動腕)241、242と、支持部(枠体)25と、4つの連結部261、262、263、264と、駆動用電極群51、52と、検出用電極群53、54と、調整用電極群55、56とを備えている。

【0018】

このうち基部21は、4つの連結部261、262、263、264を介して支持部25に支持されている。4つの連結部261、262、263、264は、それぞれ、長尺形状をなし、一端が基部21に連結され、他端が支持部25に連結されている。

40

駆動用振動腕221、222は、それぞれ、基部21からy軸方向(+y方向)に延出している。また、駆動用振動腕221、222は、それぞれ、水晶のY軸に沿って延在している。さらに、駆動用振動腕221、222の横断面は、それぞれ、x軸に平行な1対の辺とz軸に平行な1対の辺とで構成された矩形をなしている。

そして、駆動用振動腕221には、駆動用電極群51が設けられ、同様に、駆動用振動腕222には、駆動用電極群52が設けられている。

【0019】

以下、駆動用電極群51について代表的に説明する。なお、駆動用電極群52については、駆動用電極群51と同様であるため、その説明を省略する。

50

駆動用電極群 5 1 は、図 4 (a)、(b) に示すように、駆動用振動腕 2 2 1 の上面に設けられた駆動用電極 5 1 1 と、駆動用振動腕 2 2 1 の下面に設けられた駆動用電極 5 1 2 と、駆動用振動腕 2 2 1 の一方 (図 4 中の左側) の側面に設けられた駆動用電極 5 1 3 と、駆動用振動腕 2 2 1 の他方 (図 4 中の右側) の側面に設けられた駆動用電極 5 1 4 とで構成されている。

【 0 0 2 0 】

駆動用電極 5 1 1 および駆動用電極 5 1 2 は、互いに同電位となるように、図示しない配線を介して互いに電氣的に接続されている。また、駆動用電極 5 1 3 および駆動用電極 5 1 4 は、互いに同電位となるように、図示しない配線を介して互いに電氣的に接続されている。このような駆動用電極 5 1 1、5 1 2 は、図示しない配線を介して、図 3 に示す支持部 2 5 に設けられた端子 5 7 a に電氣的に接続されている。また、駆動用電極 5 1 3、5 1 4 は、図示しない配線を介して、図 3 に示す支持部 2 5 に設けられた端子 5 7 b に電氣的に接続されている。

10

【 0 0 2 1 】

検出用振動腕 2 3 1、2 3 2 は、それぞれ、基部 2 1 から y 軸方向 (- y 方向) に延出している。また、検出用振動腕 2 3 1、2 3 2 は、それぞれ、水晶の Y 軸に沿って延在している。さらに、検出用振動腕 2 3 1、2 3 2 の横断面は、それぞれ、x 軸に平行な 1 対の辺と z 軸に平行な 1 対の辺とで構成された矩形をなしている。

このような検出用振動腕 2 3 1、2 3 2 は、それぞれ、駆動用振動腕 2 2 1、2 2 2 に加えられた物理量に応じて振動するものである。

20

【 0 0 2 2 】

そして、検出用振動腕 2 3 1 には、検出用電極群 5 3 が設けられ、同様に、検出用振動腕 2 3 2 には、検出用電極群 5 4 が設けられている。このように駆動用振動腕 2 2 1、2 2 2 とは別体として設けられた検出用振動腕 2 3 1、2 3 2 に検出用電極群 5 3、5 4 を設けることにより、検出用電極群 5 3、5 4 の検出用電極の電極面積 (電極として機能する部分の面積) を大きくすることができる。そのため、振動素子 2 の検出感度を向上させることができる。ここで、検出用振動腕 2 3 1 および検出用電極群 5 3 は、検出部を構成する。同様に、検出用振動腕 2 3 2 および検出用電極群 5 4 は、検出部を構成する。

【 0 0 2 3 】

以下、検出用電極群 5 3 について代表的に説明する。なお、検出用電極群 5 4 については、検出用電極群 5 3 と同様であるため、その説明を省略する。

30

検出用電極群 5 3 は、図 5 (a)、(b) に示すように、検出用振動腕 2 3 1 の上面に設けられた検出用電極 5 3 1、5 3 2 と、検出用振動腕 2 3 1 の下面に設けられた検出用電極 5 3 3、5 3 4 とで構成されている。ここで、検出用電極 5 3 1、5 3 3 は、それぞれ、検出用振動腕 2 3 1 の幅方向での一方側 (図 5 中の左側) に設けられ、また、検出用電極 5 3 2、5 3 4 は、それぞれ、検出用振動腕 2 3 1 の幅方向での他方側 (図 5 中の右側) に設けられている。

【 0 0 2 4 】

検出用電極 5 3 1 および検出用電極 5 3 4 は、互いに同電位となるように、図示しない配線を介して互いに電氣的に接続されている。また、検出用電極 5 3 2 および検出用電極 5 3 3 は、互いに同電位となるように、図示しない配線を介して互いに電氣的に接続されている。ここで、検出用電極 5 3 1、5 3 4 および検出用電極 5 3 2、5 3 3 は、対をなす。

40

【 0 0 2 5 】

このような検出用電極 5 3 1、5 3 4 は、図示しない配線を介して、図 3 に示す支持部 2 5 に設けられた端子 5 7 c に電氣的に接続されている。また、検出用電極 5 3 2、5 3 3 は、図示しない配線を介して、図 3 に示す支持部 2 5 に設けられた端子 5 7 e に電氣的に接続されている。なお、検出用電極群 5 4 は、図示しない配線を介して、図 3 に示す支持部 2 5 に設けられた端子 5 7 d、5 7 f に電氣的に接続されている。

【 0 0 2 6 】

50

調整用振動腕 2 4 1、2 4 2 は、それぞれ、基部 2 1 から y 軸方向に延出している。また、調整用振動腕 2 4 1、2 4 2 は、それぞれ、水晶の Y 軸に沿って延在している。さらに、調整用振動腕 2 4 1、2 4 2 の横断面は、それぞれ、x 軸に平行な 1 対の辺と z 軸に平行な 1 対の辺とで構成された矩形をなしている。調整用振動腕 2 4 1、2 4 2 はそれぞれ矩形であり、表面（第 1 面）、裏面（第 2 面）、および表面と裏面を連結する側面を有する。

【0027】

このような調整用振動腕 2 4 1、2 4 2 は、前述した駆動用振動腕 2 2 1、2 2 2 に対して平行となるように設けられている。すなわち、駆動用振動腕 2 2 1、2 2 2 および調整用振動腕 2 4 1、2 4 2 は、互いに平行な方向に延在している。これにより、駆動用振動腕 2 2 1、2 2 2 および調整用振動腕 2 4 1、2 4 2 等を水晶で構成した場合、駆動用振動腕 2 2 1、2 2 2 および調整用振動腕 2 4 1、2 4 2 をそれぞれ水晶の Y 軸に沿って延在するように構成し、駆動用振動腕 2 2 1、2 2 2 を効率的に振動させるとともに、簡単な構成で後述する調整用電極 5 5 1 ~ 5 5 4 に電荷を生じさせることができる。

そして、調整用振動腕 2 4 1 には、調整用電極群 5 5 が設けられ、同様に、調整用振動腕 2 4 2 には、調整用電極群 5 6 が設けられている。

【0028】

以下、調整用電極群 5 5 について代表的に説明する。なお、調整用電極群 5 6 については、調整用電極群 5 5 と同様であるため、その説明を省略する。

調整用電極群 5 5 は、図 6 (a)、(b) に示すように、調整用振動腕 2 4 1 の上面に設けられた調整用電極 5 5 1 と、調整用振動腕 2 4 1 の下面に設けられた調整用電極 5 5 2 と、調整用振動腕 2 4 1 の一方（図 6 中の左側）の側面に設けられた調整用電極（側面電極）5 5 3 と、調整用振動腕 2 4 1 の他方（図 6 中の右側）の側面に設けられた調整用電極（側面電極）5 5 4 とで構成されている。

【0029】

調整用電極 5 5 1 および調整用電極 5 5 2 は、平面視したときに、互いに重なるように形成されている。すなわち、調整用電極 5 5 1 および調整用電極 5 5 2 は、平面視したときに、互いの外形が一致するように形成されている。

調整用電極 5 5 1 および調整用電極 5 5 2 は、互いに同電位となるように、図示しない配線を介して互いに電氣的に接続されている。また、調整用電極 5 5 3 および調整用電極 5 5 4 は、互いに同電位となるように電氣的に接続されている。ここで、調整用電極 5 5 1、5 5 2 および調整用電極 5 5 3、5 5 4 は、対をなす。

【0030】

このような調整用電極 5 5 1、5 5 2 は、図示しない配線を介して、前述した検出用電極 5 3 2、5 3 3 とともに、図 3 に示す支持部 2 5 に設けられた端子 5 7 e に電氣的に接続されている。また、調整用電極 5 5 3、5 5 4 は、図示しない配線を介して、前述した検出用電極 5 3 1、5 3 4 とともに、図 3 に示す支持部 2 5 に設けられた端子 5 7 c に電氣的に接続されている。なお、調整用電極群 5 6 は、図示しない配線を介して、検出用電極群 5 4 とともに、図 3 に示す支持部 2 5 に設けられた端子 5 7 d、5 7 f に電氣的に接続されている。

【0031】

このような調整用電極 5 5 1 ~ 5 5 4 を有する振動素子 2 では、図 7 に示すように、検出用電極 5 3 1、5 3 4 および検出用電極 5 3 2、5 3 3 に発生する電荷量に、調整用電極 5 5 1、5 5 2 および調整用電極 5 5 3、5 5 4 に発生する電荷量を加算したものをセンサ出力（以下、単に「センサ出力」ともいう）として端子 5 7 c、5 7 e から出力することができる。

ここで、調整用電極 5 5 1、5 5 2 および調整用電極 5 5 3、5 5 4 に発生する電荷は、検出用電極 5 3 1、5 3 4 および検出用電極 5 3 2、5 3 3 に発生する電荷とは逆極性であるため、検出用電極 5 3 1、5 3 4 および検出用電極 5 3 2、5 3 3 に発生する電荷の少なくとも一部を相殺する。

【0032】

このような調整用電極551、552では、その一部を除去することにより、センサ出力の調整を行うことが可能である。すなわち、調整用電極551、552の一部を除去することにより、調整用電極551、552と調整用電極553、554との間の電荷量を少なくし、センサ出力を調整することができる。例えば、振動素子2に物理量を加えられていない状態でのセンサ出力（以下、「ゼロ点出力」ともいう）がゼロとなるように、センサ出力を調整（補正）することができる。これにより、感度の高い振動素子2が得られる。

【0033】

このように構成された振動素子2では、駆動モードと、第1検出モードと、第2検出モードとを備えている。

10

駆動モードでは、端子57aと端子57bとの間に駆動信号が印加されることにより、図8に示すように、駆動用振動腕221と駆動用振動腕222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221が図8に示す矢印A1の方向に屈曲するとともに駆動用振動腕222が図8に示す矢印A2の方向に屈曲する状態と、駆動用振動腕221が図8に示す矢印B1の方向に屈曲するとともに駆動用振動腕222が図8に示す矢印B2の方向に屈曲する状態とを交互に繰り返す。

【0034】

このように駆動用振動腕221、222を駆動振動させた状態で、振動素子2にy軸まわりの角速度が加わると、駆動用振動腕221、222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。これに伴い、検出用振動腕231、232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231が図8に示す矢印C1の方向に屈曲するとともに検出用振動腕232が図8に示す矢印C2の方向に屈曲する状態と、検出用振動腕231が図8に示す矢印D1の方向に屈曲するとともに検出用振動腕232が図8に示す矢印D2の方向に屈曲する状態とを交互に繰り返す。

20

【0035】

このような検出用振動腕231、232の検出振動により検出用電極群53、54に生じた電荷を検出することにより、振動素子2に加わった角速度を求めることができる。

このとき、調整用振動腕241、242も駆動用振動腕221、222の駆動振動に伴って互いに接近・離間する方向に屈曲振動するよう励振される。これにより、調整用電極551、552および調整用電極553、554に電荷が発生するので、この電荷量を調整することにより、検出用電極531、534および検出用電極532、533に発生する電荷の少なくとも一部を相殺することができる。

30

【0036】

第1検出モードでは、図9（A）に示すように、駆動用振動腕221、222がZ軸方向に、コリオリ力の作用方向に関して逆相で、かつ、互いに逆向きに屈曲振動する。これにより、検出用振動腕231、231はZ軸方向に、隣り合う振動腕同士互いに逆向きにかつ駆動用振動腕221、222とは逆相で屈曲振動する。

第2検出モードでは、図9（B）に示すように、駆動用振動腕221、222がZ軸方向に、コリオリ力の作用方向に関して同相で、かつ、互いに逆向きに屈曲振動する。これにより、検出用振動腕231、231はZ軸方向に、隣り合う振動腕同士互いに逆向きにかつ駆動用振動腕221、222とは同相で屈曲振動する。

40

【0037】

このように振動素子2が駆動モード、第1検出モードおよび第2検出モードを備える結果、振動素子2の各振動腕は、第1および第2検出モードを重畳した振動モードで屈曲振動する。各駆動用振動腕221、222は、それぞれ第1検出モードと第2検出モードとにおいて逆相で屈曲振動する。これに対し、各検出用振動腕231、231は、それぞれ第1検出モードと第2検出モードとにおいて同相で屈曲振動するから、第1または第2検出モードのいずれか一方だけで振動する場合よりも、加振力が増大し、振幅が大きくなる。したがって、いずれの検出用振動腕231、231であっても、検出用電極群53、5

50

4 からより高い電圧の電気信号が得られ、振動素子 2 の回転および角速度等がより高い検出感度で求められる。

【0038】

振動素子 2 では、横軸を雰囲気温度、縦軸を周波数の変化としたときの、各モードの温度の変化による周波数の変化を示す周波数温度特性曲線において、駆動モードにおける周波数温度特性曲線の頂点温度を T_a []、前記第 1 検出モードにおける前記周波数温度特性曲線の頂点温度を T_b []、前記第 2 検出モードにおける前記周波数温度特性曲線の頂点温度を T_c [] としたとき、 T_a が T_b および T_c よりも低くなるよう（例えば、図 10 (a)）、または、 T_a が T_b および T_c よりも高くなるよう（例えば、図 10 (b)）構成されている。

10

【0039】

このような構成とすることにより、温度変化による周波数の変化に伴う特性の劣化を抑制することができる。すなわち、このような構成とすることにより、温度が変化することで駆動モードの共振周波数と第 1 検出モードの共振周波数とが近づいた場合に、感度が増し、振動漏れも増すこととなり、これと同時に、駆動モードの共振周波数と第 2 検出モードの共振周波数とが遠ざかり、感度が下がり、振動漏れも減ることとなる。その結果、温度変化による、感度および振動漏れの増加・減少が抑制され、特性の劣化が抑制される。

【0040】

また、駆動モードの共振周波数を f_a 、第 1 検出モードの共振周波数を f_b 、第 2 検出モードの共振周波数を f_c としたとき、 f_a が f_b と f_c の間にあることが好ましい。これにより、温度変化による周波数変化に伴う感度等の特性の劣化を抑制しつつ、感度をより向上させることができる。

20

また、かかる振動素子 2 では、仮に、製造時のバラツキによって駆動用振動腕 221、222 の横断面形状が設計通りにならなかった場合、振動素子 2 に物理量を加えていないにもかかわらず、駆動用振動腕 221、222 を通電により振動させると、図 11 (a) に示すように、検出用電極 531、534 と検出用電極 532、533 との間に漏れ出力 S となる電荷が生じてしまう。

また、振動素子 2 では、振動素子 2 に物理量を加えられているか否かにかかわらず駆動用振動腕 221、222 を通電により振動させた状態において、図 11 (b) に示すように、調整用電極 551、552 と調整用電極 553、554 との間に調整用出力 T となる電荷が生じる。

30

【0041】

漏れ出力 S および調整用出力 T は互いに逆極性であるため、調整用出力 T の絶対値を漏れ出力 S の絶対値と等しくすることにより、振動素子 2 のゼロ点出力をゼロにすることができる。

これに対し、前述したように、調整用電極 551、552 の一部を除去することにより、センサ出力を調整することができるが、このとき、漏れ出力 S の絶対値を正確に見積もることができなければ、当然、振動素子 2 のゼロ点出力をゼロにすることができない。そこで、本発明では、後述する付加用振動片 59 を備えることにより、この漏れ出力 S を正確に見積もることを可能にしている。

40

【0042】

以上、発振器 1 および振動素子 2 について説明したが、上述した振動素子 2 の振動片 58 の形態は、いわゆる H 型音叉の形態に限定されず、例えば、ダブル T 型、二脚音叉、三脚音叉、くし歯型、直交型、角柱型等の種々の形態であってもよい。

また、駆動用振動腕、検出用振動腕および調整用振動腕の数は、それぞれ、1 つまたは 3 つ以上であってもよい。また、駆動用振動腕は、検出用振動腕を兼ねていてもよい。

【0043】

また、調整用振動腕は無くてもよい。

また、駆動用電極の数、位置、形状、大きさ等は、駆動用振動腕を通電により振動させることができるものであれば、前述した実施形態に限定されるものではない。

50

また、検出用電極の数、位置、形状、大きさ等は、物理量が加えられることによる駆動用振動腕の振動を電氣的に検出することができるものであれば、前述した実施形態に限定されるものではない。

また、調整用電極の数、位置、形状、大きさ等は、調整用振動腕の駆動振動に伴って生じる電荷を出力することができるものであれば、前述した実施形態に限定されるものではない。

【 0 0 4 4 】

[I Cチップ]

図 1 および図 2 に示す I Cチップ 3 は、前述した振動素子 2 を駆動する機能と、振動素子 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。

10

このような I Cチップ 3 は、図示しないが、振動素子 2 を駆動する駆動回路と、振動素子 2 からの出力を検出する検出回路とを備える。

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。

【 0 0 4 5 】

[パッケージ]

図 1 および図 2 に示すように、パッケージ 4 は、上方に開放する凹部を有するベース部材 4 1（ベース）と、このベース部材 4 1 の凹部を覆うように設けられた蓋部材 4 2（リッド）とを備える。これにより、ベース部材 4 1 と蓋部材 4 2 との間には、振動素子 2 および I Cチップ 3 が収納される内部空間が形成されている。

20

【 0 0 4 6 】

ベース部材 4 1 は、平板状の板体 4 1 1（板部）と、板体 4 1 1 の上面の外周部に接合された枠体 4 1 2（枠部）とで構成されている。

このようなベース部材 4 1 は、例えば、酸化アルニウム質焼結体、水晶、ガラス等で構成されている。

図 1 に示すように、ベース部材 4 1 の上面（蓋部材 4 2 に覆われる側の面）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接合部材 8 1 により、前述した振動素子 2 の支持部 2 5 が接合されている。これにより、振動素子 2 がベース部材 4 1 に対して支持・固定されている。

【 0 0 4 7 】

また、ベース部材 4 1 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接合部材 8 2 により、前述した I Cチップ 3 が接合されている。これにより、I Cチップ 3 がベース部材 4 1 に対して支持・固定されている。

30

さらに、図 1 および図 2 に示すように、ベース部材 4 1 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。

【 0 0 4 8 】

複数の内部端子 7 1 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、前述した振動素子 2 の端子 5 7 a ~ 5 7 f が電氣的に接続されている。

この複数の内部端子 7 1 は、図示しない配線を介して、複数の内部端子 7 2 に電氣的に接続されている。

また、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 I Cチップ 3 の複数の接続端子 3 1 が電氣的に接続されている。

40

【 0 0 4 9 】

一方、図 1 に示すように、ベース部材 4 1 の下面（パッケージ 4 の底面）には、発振器 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 3 が設けられている。

この複数の外部端子 7 3 は、図示しない内部配線を介して、前述した内部端子 7 2 に電氣的に接続されている。これにより、I Cチップ 3 と複数の外部端子 7 3 とが電氣的に接続されている。

このような各内部端子 7 1、7 2 および各外部端子 7 3 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

50

り積層した金属被膜からなる。

【 0 0 5 0 】

このようなベース部材 4 1 には、蓋部材 4 2 が気密的に接合されている。これにより、パッケージ 4 内が気密封止されている。

この蓋部材 4 2 は、例えば、ベース部材 4 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。

ベース部材 4 1 と蓋部材 4 2 との接合方法としては、特に限定されず、例えば、ろう材、硬化性樹脂等で構成された接着剤による接合方法、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。

かかる接合は、減圧下または不活性ガス雰囲気下で行うことにより、パッケージ 4 内を減圧状態または不活性ガス封入状態に保持することができる。

10

【 0 0 5 1 】

以上説明したような実施形態に係る発振器 1 に備えられた振動素子 2 によれば、簡単かつ確実に、優れた検出感度を発揮することができる。

また、前述したような振動素子 2 を備える発振器 1 によれば、優れた検出感度を有する。

以上説明したような発振器 1 (振動素子 2) は、各種の電子機器に組み込んで使用することができる。

このような電子機器によれば、信頼性を優れたものとすることができる。

【 0 0 5 2 】

20

< 振動子 >

次に、本発明の振動素子を備える振動子について説明する。

図 1 2 は、本発明の振動素子の実施形態を備える振動子の概略構成を示す模式的断面図である。

振動子 1 A は、図 3 に示す振動素子 2 と、当該振動素子 2 を収納するパッケージ 4 と、を有する。

【 0 0 5 3 】

パッケージ 4 は、上方に開放する凹部を有するベース部材 4 1 (ベース) と、このベース部材 4 1 の凹部を覆うように設けられた蓋部材 4 2 (リッド) とを備える。これにより、ベース部材 4 1 と蓋部材 4 2 との間には、振動素子 2 が収納される内部空間が形成されている。

30

ベース部材 4 1 は、平板状の板体 4 1 1 (板部) と、板体 4 1 1 の上面の外周部に接合された枠体 4 1 2 (枠部) とで構成されている。

【 0 0 5 4 】

図 1 2 に示すように、ベース部材 4 1 の上面 (蓋部材 4 2 に覆われる側の面) 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接合部材 8 1 により、前述した振動素子 2 の支持部 2 5 が接合されている。これにより、振動素子 2 がベース部材 4 1 に対して支持・固定されている。

さらに、ベース部材 4 1 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。

40

【 0 0 5 5 】

複数の内部端子 7 1 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、前述した振動素子 2 の端子 5 7 a ~ 5 7 f が電氣的に接続されている。

この複数の内部端子 7 1 は、図示しない配線を介して、複数の内部端子 7 2 に電氣的に接続されている。

以上説明したような振動素子 2 を備える振動子 1 A によれば、温度変化による周波数変化に伴う感度等の特性の劣化を抑制しつつ、感度をより向上させることができる。

【 0 0 5 6 】

< 電子機器 >

ここで、本発明の振動素子を備える電子機器の一例について、図 1 3 ~ 図 1 5 に基づき

50

、詳細に説明する。

図１３は、本発明の振動素子を備えるモバイル型（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。

【００５７】

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、ジャイロセンサとして機能する前述した発振器１が内蔵されている。

10

【００５８】

図１４は、本発明の振動素子を備える携帯電話機（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、ジャイロセンサとして機能する前述した発振器１が内蔵されている。

【００５９】

図１５は、本発明の振動素子を備える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。

20

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ＣＣＤ（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。

【００６０】

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、ＣＣＤ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。

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ＣＣＤなどを含む受光ユニット１３０４が設けられている。

30

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ＣＣＤの撮像信号が、メモリー１３０８に転送・格納される。

【００６１】

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。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子１３１２にはテレビモニター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、メモリー１３０８に格納された撮像信号が、テレビモニター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。

40

このようなデジタルスチルカメラ１３００には、ジャイロセンサとして機能する前述した発振器１（振動素子２）が内蔵されている。

【００６２】

なお、本発明の電子機器は、図１３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１４の携帯電話機、図１５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ー）、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ー、ナビゲーション装置、ページャー、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

50

【 0 0 6 3 】

自動車 2 1 0 6 には、本発明に係る振動片を備える振動子や発振器が搭載されており、例えば、キーレスエントリー、イモビライザー、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ABS：Antilock Brake System）、エアバック、タイヤプレッシャーモニタリングシステム（TPMS：Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター、車体姿勢制御システムなどの電子制御ユニット（ECU：electronic control unit）2 1 0 8 に広く適用できる。

【 0 0 6 4 】

また、本発明の振動素子、振動子、発振器、電子機器および移動体は、前述した各実施形態の任意の構成同士を組み合わせるようにしてもよい。

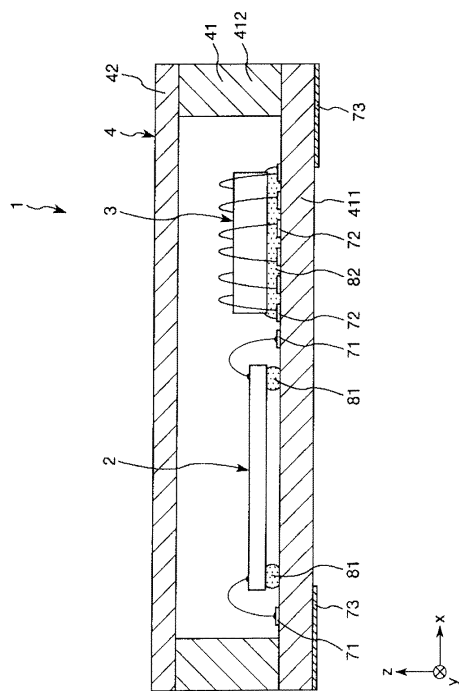
【符号の説明】

【 0 0 6 5 】

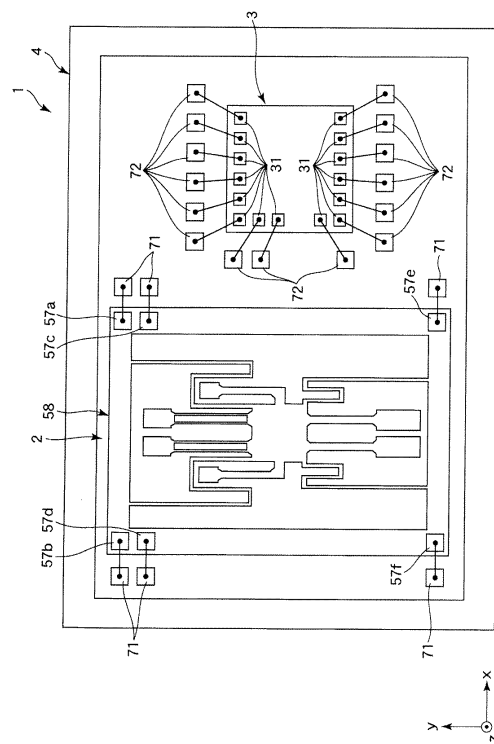
| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|-------------------------|----------|------------|---------|---------|--------------|-----------|---------|------------|
| | 1 | 発振器 | 1 A | 振動子 | 2 | 振動素子 | 3 | I C チップ | 4 | パッケー |
| ジ | 9 | ウエハー | 2 1 | 基部 | 2 5 | 支持部 | 3 1 | 接続端子 | 4 1 | ベア |
| ス部材 | 4 2 | 蓋部材 | 5 1 | 駆動用電極群 | 5 2 | 駆動用電極群 | 5 3 | 検出 | | |
| 用電極群 | 5 4 | 検出用電極群 | 5 5 | 調整用電極群 | 5 6 | 調整用電極群 | 5 7 | | | |
| a | 端子 | 5 7 b | 端子 | 5 7 c | 端子 | 5 7 d | 端子 | 5 7 e | 端子 | 5 7 |
| f | 端子 | 5 8 | 振動片 | 6 0 | 区画 | 6 1 | 余白 | 6 2 | 接続部 | 6 3 |
| 区画 | 7 1 | 内部端子 | 7 2 | 内部端子 | 7 3 | 外部端子 | 8 1 | 接合部材 | 8 | |
| 2 | 接合部材 | 1 0 0 | 表示部 | 2 2 1 | 駆動用振動腕 | 2 2 2 | 駆動用振動腕 | | | |
| | 2 3 1 | 検出用振動腕 | 2 3 2 | 検出用振動腕 | 2 4 1 | 調整用振動腕 | 2 4 2 | | | |
| | 調整用振動腕 | 2 6 1、2 6 2、2 6 3、2 6 4 | 連結部 | 4 1 1 | 板体 | 4 1 | | | | |
| 2 | 枠体 | 5 1 1 | 駆動用電極 | 5 1 2 | 駆動用電極 | 5 1 3 | 駆動用電極 | 5 | | |
| 1 4 | 駆動用電極 | 5 3 1 | 検出用電極 | 5 3 2 | 検出用電極 | 5 3 3 | 検出用 | | | |
| 電極 | 5 3 4 | 検出用電極 | 5 5 1 | 調整用電極 | 5 5 2 | 調整用電極 | 5 5 3 | | | |
| | 調整用電極 | 5 5 4 | 調整用電極 | 5 9 1 | 駆動用電極 | 5 9 2 | 駆動用電極 | | | |
| 5 9 3 | 駆動用電極 | 5 9 4 | 検出用電極 | 5 9 5 | 検出用電極 | 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 |
| 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 |
| 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 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 4 | 受光ユニット | 1 3 0 6 | シャッターボタン | 1 3 0 8 | メモリー | 1 3 | 1 2 | ビデオ信号出力端子 | 1 3 1 4 | 入出力端子 |
| 1 2 | ビデオ信号出力端子 | 1 3 1 4 | 入出力端子 | 1 4 3 0 | テレビモニター | 1 4 4 0 | パーソナルコンピューター | 2 1 0 6 | 自動車 | 2 1 0 7 |
| 1 4 4 0 | パーソナルコンピューター | 2 1 0 6 | 自動車 | 2 1 0 7 | 車体 | 2 1 | 0 8 | 電子制御ユニット | 2 1 0 9 | タイヤ |
| 0 8 | 電子制御ユニット | 2 1 0 9 | タイヤ | A 1 | 矢印 | A 2 | 矢印 | B 1 | 矢印 | S |
| | 矢印 | B 2 | 矢印 | C 1 | 矢印 | C 2 | 矢印 | D 1 | 矢印 | D 2 |
| | 矢印 | D 2 | 矢印 | S | | | | | | |

漏れ出力 T 調整用出力

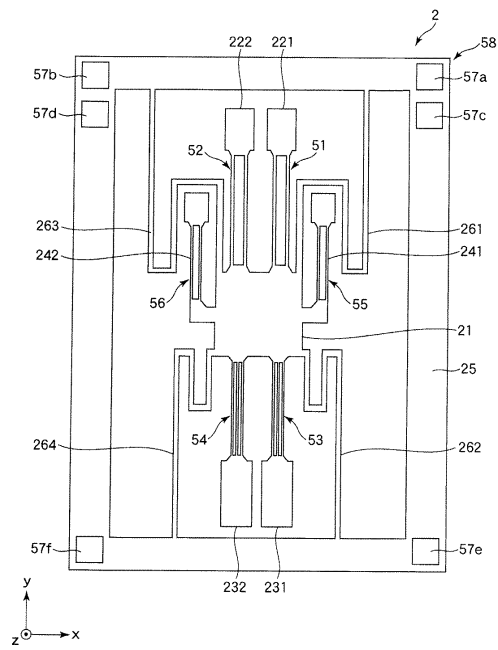
【図 1】



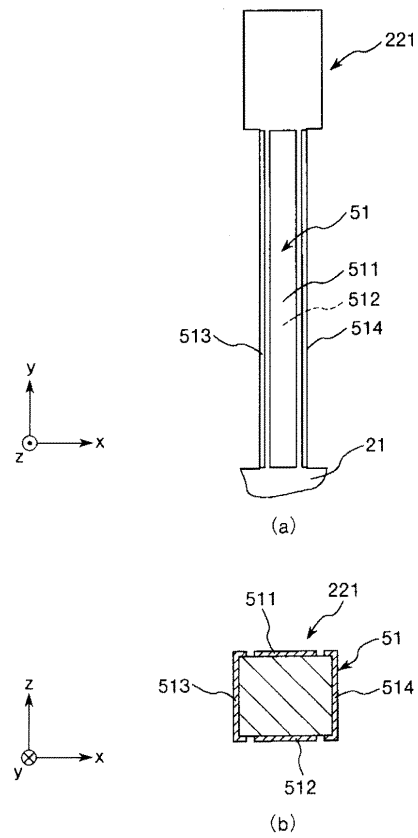
【図 2】



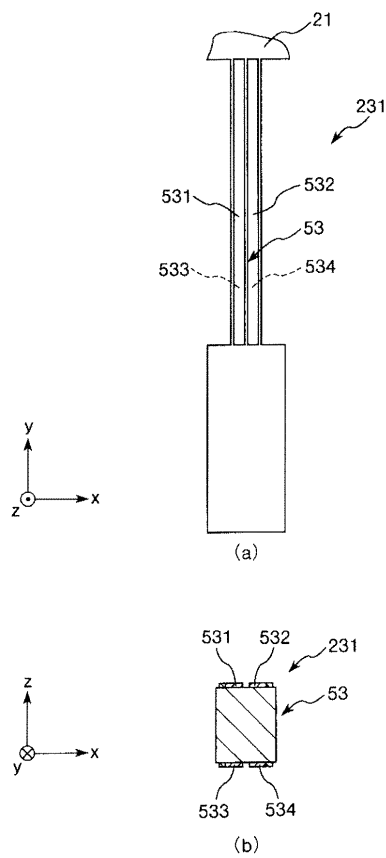
【図 3】



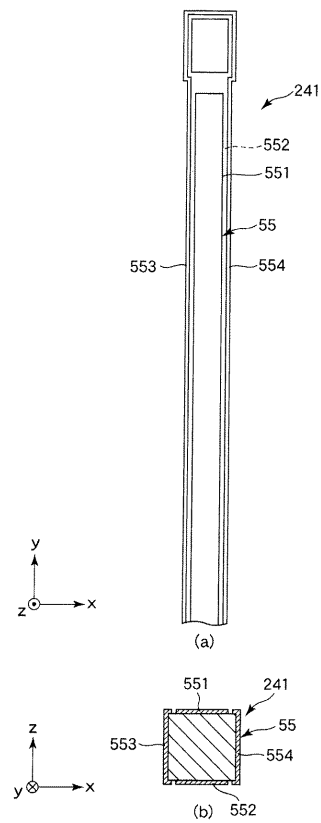
【図 4】



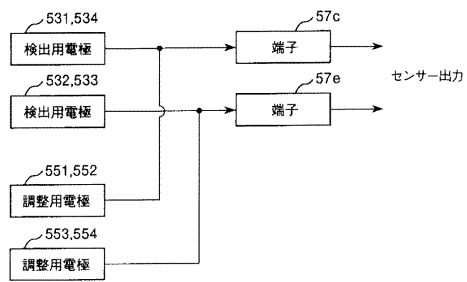
【図 5】



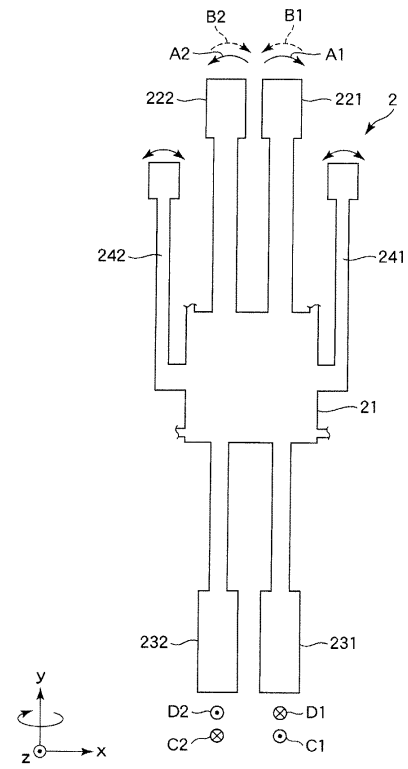
【図 6】



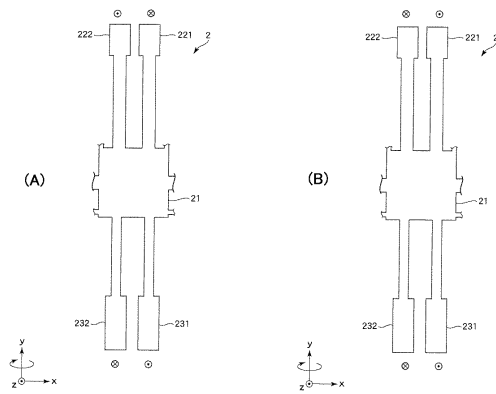
【図 7】



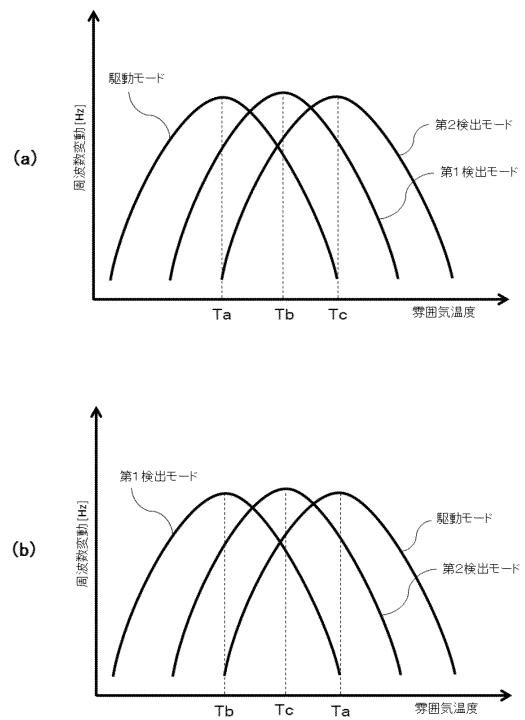
【図 8】



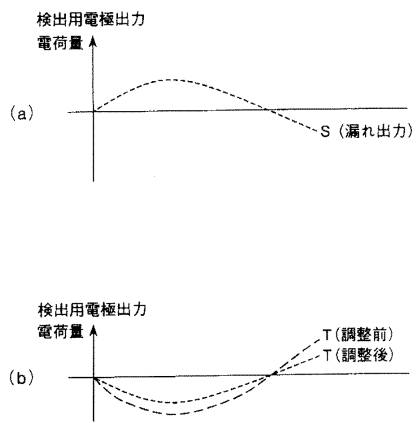
【図 9】



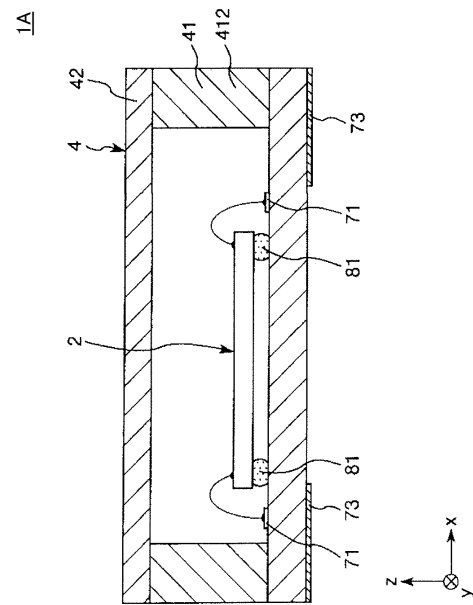
【図 10】



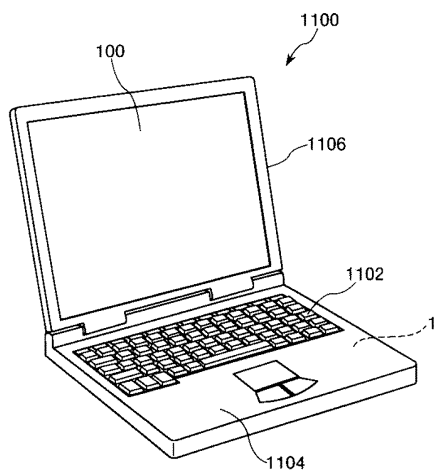
【図 1 1】



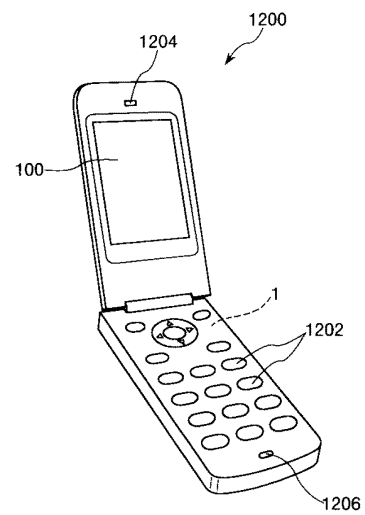
【図 1 2】



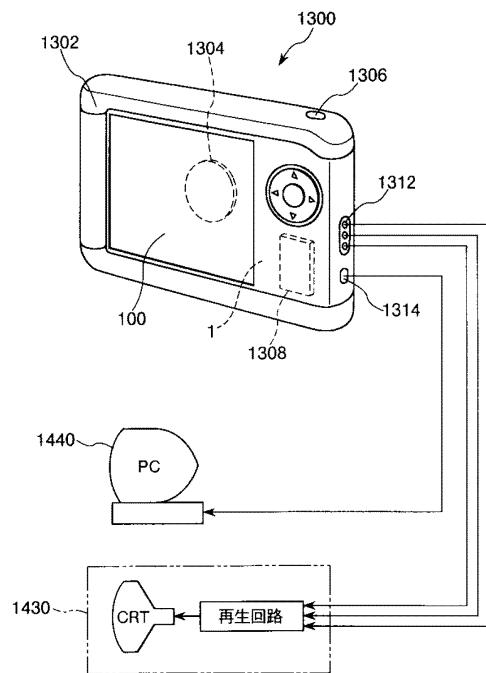
【図 1 3】



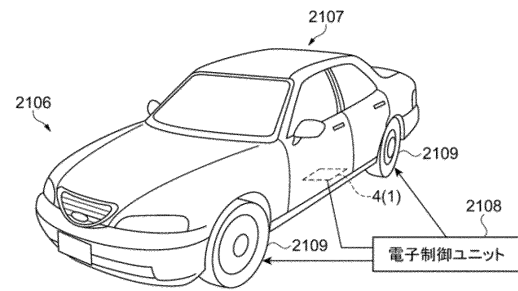
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 9 8 0 9 1 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 2 4 7 2 1 (J P , A)
米国特許第 5 7 6 3 7 8 1 (U S , A)

(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 4 1 / 0 0 - 4 1 / 4 7