

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7188311号
(P7188311)

(45)発行日 令和4年12月13日(2022.12.13)

(24)登録日 令和4年12月5日(2022.12.5)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 C 19/5747(2012.01) G 0 1 C 19/5747
B 8 1 B 3/00 (2006.01) B 8 1 B 3/00

請求項の数 11 (全16頁)

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願2019-140790(P2019-140790) | (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 |
| (22)出願日 | 令和1年7月31日(2019.7.31) | (74)代理人 | 100179475 弁理士 仲井 智至 |
| (65)公開番号 | 特開2021-25774(P2021-25774A) | (74)代理人 | 100216253 弁理士 松岡 宏紀 |
| (43)公開日 | 令和3年2月22日(2021.2.22) | (74)代理人 | 100225901 弁理士 今村 真之 |
| 審査請求日 | 令和4年5月25日(2022.5.25) | (72)発明者 | 瀧澤 照夫 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内 |
| 早期審査対象出願 | | 審査官 | 信田 昌男 |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ジャイロセンサー、電子機器、及び移動体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに直交する3つの軸をX軸、Y軸およびZ軸としたとき、
基板と、
前記Z軸のプラス側に位置している前記基板の上面に支持され、静電容量の変化に基づいて角速度を検出する素子部と、
を含み、
前記素子部は、
前記基板の前記上面に固定されている固定部と、
前記基板の前記上面と平行であり、前記X軸に沿ったX軸方向に変位可能な質量部と、
前記質量部を前記X軸方向に駆動する駆動部と、
前記質量部に接続され、前記Z軸に沿ったZ軸方向に変位可能な第1検出部と、
前記質量部に接続され、前記Z軸方向に変位可能な第2検出部と、
前記第1検出部と前記固定部とを接続している第1弾性部と、
前記第2検出部と前記固定部とを接続している第2弾性部と、
を含み、
前記第1弾性部は、前記X軸方向のプラス側とマイナス側に折り返しを含み、
前記第2弾性部は、前記X軸方向のプラス側とマイナス側に折り返しを含み、
前記第1検出部と前記第2検出部は、前記X軸及び前記Y軸を含む平面に沿って、それぞれ逆位相で回転する、

10

20

ジャイロセンサー。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記 Z 軸方向からの平面視で、前記固定部は、前記第 1 検出部と前記第 2 検出部との間に配置されている、

ジャイロセンサー。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記第 1 検出部は、前記 Y 軸のプラス側に配置され、

前記第 2 検出部は、前記 Y 軸のマイナス側に配置されている、

10

ジャイロセンサー。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 の何れか一項において、

前記第 1 検出部と前記第 1 弾性部とを接続している第 1 接合部と、

前記第 2 検出部と前記第 2 弾性部とを接続している第 2 接合部と、

を含む、

ジャイロセンサー。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記第 1 検出部の前記第 1 接合部との接続側に第 1 溝が設けられている、

20

ジャイロセンサー。

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 において、

前記第 2 検出部の前記第 2 接合部との接続側に第 2 溝が設けられている、

ジャイロセンサー。

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 の何れか一項において、

前記 Z 軸方向からの平面視で、前記固定部は、前記第 1 検出部の重心と前記第 2 検出部の重心とを結ぶ仮想直線と、前記質量部と、の間に配置されている、

ジャイロセンサー。

30

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 の何れか一項において、

前記第 1 弾性部は、

前記固定部から前記第 1 検出部へ前記 Y 軸に沿った Y 軸方向に延在し、

前記 X 軸のプラス方向からマイナス方向に折り返している折り返し部を有する、

ジャイロセンサー。

【請求項 9】

請求項 1 ないし請求項 8 の何れか一項において、

前記第 2 弾性部は、

前記固定部から前記第 2 検出部へ前記 Y 軸に沿った Y 軸方向に延在し、

前記 X 軸のプラス方向からマイナス方向に折り返している折り返し部を有する、

40

ジャイロセンサー。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 の何れか一項に記載のジャイロセンサーを備えている、電子機器。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 9 の何れか一項に記載のジャイロセンサーを備えている、移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、ジャイロセンサー、電子機器、及び移動体に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

近年、シリコンMEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術で製造したジャイロセンサー素子を用いたジャイロスコープ又はジャイロセンサーが開発されている。

このようなジャイロスコープとして、例えば、特許文献1に、中心に位置する駆動アクチュエーターが、駆動アクチュエーターの両側に接続された2つの質量素子を駆動し回動運動をさせることで駆動アクチュエーターの駆動方向の軸回りの角速度を検出するジャイロスコープが開示されている。このジャイロスコープは、質量素子の一方の端部が駆動アクチュエーターに接続され、他方の端部が基板に固定された固定部に弾性ばねを介して接続されている。弾性ばねは、固定部を中心とする面内回動運動を許容すると同時に、捻りばねの機能も有する。従って、駆動アクチュエーターにより質量素子が面内回動運動をしている際に、駆動アクチュエーターの駆動方向の軸回りに回転運動を受けると、面内回動運動の速度や変位量に応じて質量素子にコリオリ力が加わる。このコリオリ力は、弾性ばねを捻る方向に作用し、2つの質量素子を逆位相で変位させ、その変位量を基板上に配置された検知電極で差動的に検知することで、駆動アクチュエーターの駆動方向の軸回りの角速度を検出することができる。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

20

【 0 0 0 3 】

【 文献 】特開 2 0 1 7 - 2 1 1 3 8 6 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献1に記載のジャイロセンサーのうち回転駆動振動を与えるジャイロセンサーは、固定部から伸びる弾性ばねが駆動アクチュエーター側の方向へ伸びているので、質量素子の回転半径が短くなっている。そのため、駆動アクチュエーターの駆動に伴う質量素子の面内回動運動の変位量が小さくなり、駆動アクチュエーターの駆動方向の軸回りに回転運動を受けても、質量素子の検知電極側への変位量が小さくなり、検出感度が低下するという課題があった。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 5 】

ジャイロセンサーは、基板と、前記基板に固定されている固定部と、前記基板の主面と平行な第1軸に沿って変位する質量部と、前記質量部を前記第1軸に沿って駆動する駆動部と、前記質量部に接続され、前記第1軸と交差する第2軸のまわりに回動可能で、且つ、前記基板に水平な回動運動に作用するコリオリ力により前記第2軸に沿って変位可能な検出部と、前記検出部と前記固定部とを接続している弾性部と、を有し、前記固定部は、平面視で、前記検出部の重心と前記質量部との間に配置されていることを特徴とする。

【 0 0 0 6 】

40

上記のジャイロセンサーにおいて、前記固定部は、前記弾性部と前記質量部との間に配置されていることが好ましい。

【 0 0 0 7 】

上記のジャイロセンサーにおいて、前記検出部から前記第1軸と前記第2軸とに交差する第3軸に沿って延在し、前記弾性部と前記検出部とを接合する接合部は、前記検出部の重心と前記質量部との間に配置されていることが好ましい。

【 0 0 0 8 】

上記のジャイロセンサーにおいて、前記検出部は、前記検出部の前記質量部側と反対側の端部より、前記弾性部に近い位置に配置された溝を有することが好ましい。

【 0 0 0 9 】

50

上記のジャイロセンサーにおいて、前記溝は、前記溝の前記第 1 軸方向の中心が前記接合部の前記第 1 軸方向の中心を通る前記第 3 軸に沿った延長線と重ならない位置に配置されていることが好ましい。

【 0 0 1 0 】

ジャイロセンサーは、基板と、前記基板の主面と平行な第 1 軸に沿って変位する質量部と、前記質量部を前記第 1 軸に沿って駆動する駆動部と、前記基板に固定されている固定部と、前記固定部の前記第 1 軸に交差する第 2 軸に沿った第 1 方向に配置され、前記質量部に接続され、前記第 1 軸と前記第 2 軸とに交差する第 3 軸まわりに回動可能で、且つ、前記基板に水平な回動運動に作用するコリオリ力により前記第 3 軸に沿って変位可能な第 1 検出部と、前記固定部の前記第 1 方向と反対の第 2 方向に配置され、前記質量部に接続され、前記第 3 軸まわりに回動可能で、且つ、前記基板に水平な回動運動に作用するコリオリ力により前記第 3 軸に沿って前記第 1 検出部と逆相で変位可能な第 2 検出部と、前記第 1 検出部と前記固定部とを接続している第 1 弾性部と、前記第 2 検出部と前記固定部とを接続している第 2 弾性部と、を有し、前記固定部は、平面視で、前記第 1 検出部の重心と前記第 2 検出部の重心とを結ぶ仮想直線と、前記質量部と、の間に配置されていることを特徴とする。

10

【 0 0 1 1 】

電子機器は、上記のジャイロセンサーを備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

移動体は、上記のジャイロセンサーを備えていることを特徴とする。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】第 1 実施形態に係るジャイロセンサーの概略構成を示す平面図。

【図 2】図 1 の A - A 線での断面図。

【図 3】図 1 の B 部の拡大図。

【図 4】ジャイロセンサーの動作を説明する平面図。

【図 5】第 2 実施形態に係るジャイロセンサーの概略構成を示す平面図。

【図 6】第 3 実施形態に係るジャイロセンサーを備える電子機器としての携帯電話の構成を示す斜視図。

【図 7】第 4 実施形態に係るジャイロセンサーを備える移動体としての自動車の構成を示す斜視図。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

1. 第 1 実施形態

まず、第 1 実施形態に係るジャイロセンサー 1 について、図 1 ~ 図 4 を参照して説明する。

図 1 は、第 1 実施形態に係るジャイロセンサー 1 を示す平面図である。図 2 は、図 1 の A - A 線での断面図である。図 3 は、図 1 の B 部の拡大図である。図 4 は、ジャイロセンサー 1 の動作を説明する平面図である。なお、図 1 では、基板 2 は概略的に図示し、また、蓋部 3 の図示を省略している。また、上記各図では、説明の便宜上、一部の構成要素を省略してある。例えば、電気信号を取り出す配線や過大な振動・衝撃を緩衝するストッパーと呼ばれる保護構造等である。また、各図において、分かり易くするために、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。また、図中の X 軸、Y 軸、Z 軸は、互いに直交する座標軸であり、X 軸に沿う方向を「X 方向」、Y 軸に沿う方向を「Y 方向」、Z 軸に沿う方向を「Z 方向」とし、矢印の方向がプラス方向である。また、本実施形態では、第 1 軸を X 軸、第 2 軸を Z 軸、第 3 軸を Y 軸として説明する。

40

【 0 0 1 5 】

図 1 に示すジャイロセンサー 1 は、X 軸まわりの角速度を検知することのできる角速度センサーである。このジャイロセンサー 1 は、図 2 に示すように、素子部 4 と、素子部 4 を収納しているパッケージ 10 と、を有している。

50

【 0 0 1 6 】

パッケージ 10 は、素子部 4 を支持している基板 2 と、基板 2 に接合されている蓋部 3 と、を有し、基板 2 と蓋部 3 との間には、素子部 4 を収納している空間 S が形成されている。

【 0 0 1 7 】

基板 2 及び蓋部 3 は、それぞれ、板状をなし、X 軸及び Y 軸を含む平面である X Y 平面に沿って配置されている。

【 0 0 1 8 】

基板 2 には、素子部 4 側となる上方に開放する凹部 2 1 が設けられている。凹部 2 1 の中央部には、凹部 2 1 の底面 2 2 から突出した突出部 2 4 が設けられている。また、突出部 2 4 の上面となる主面 2 3 には、素子部 4 の一部である後述する固定部 4 8 が固定されている。また、凹部 2 1 には、底面 2 2 から突出した複数の図示しない突出部が設けられ、素子部 4 の一部である後述する固定部 4 3 や固定駆動部 2 7 , 2 8 の一部が固定されている。また、凹部 2 1 の底面 2 2 には、素子部 4 の一部である後述する検出部 4 5 との間で静電容量を生じる固定検出部 2 5 が設けられている。

10

【 0 0 1 9 】

蓋部 3 には、基板 2 側となる下方に開放する凹部 3 1 が設けられている。蓋部 3 は、素子部 4 を非接触で覆うようにして基板 2 上に設けられており、凹部 3 1 を除く下面 3 3 が基板 2 の凹部 2 1 を囲む主面 2 3 に接合している。

【 0 0 2 0 】

また、空間 S は、凹部 2 1 と凹部 3 1 とで形成された気密空間であり、減圧状態、例えば、 $1 \times 10^{+2} \text{ Pa} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 程度となっている。これにより、角速度の検出感度を向上させることができる。

20

【 0 0 2 1 】

基板 2 の構成材料としては、特に限定されないが、絶縁性を有する材料を用いることが好ましく、具体的には、高抵抗なシリコン材料、ガラス材料を用いるのが好ましく、例えば、アルカリ金属イオンを一定量含むガラス材料、例えば、パイレックス（登録商標）ガラスのような珪酸ガラスを用いるのが好ましい。これにより、素子部 4 がシリコンを主材料として構成されている場合、基板 2 と素子部 4 とを陽極接合することができる。陽極接合することにより、素子部 4 を強固に基板 2 へ固定することができる。よって、剥離が発生し難い高信頼性のジャイロセンサー 1 を提供できる。それ以外に、石英基板、水晶基板、或いは SOI (Silicon on Insulator) 基板であっても良い。

30

【 0 0 2 2 】

また、蓋部 3 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、前述した基板 2 と同様の材料を用いることができる。

【 0 0 2 3 】

このような基板 2 と蓋部 3 との接合方法としては、基板 2 及び蓋部 3 の構成材料によっても異なり、特に限定されず、例えば、接着剤、ろう材、ガラスフリット材等の接合材を用いた接合法、直接接合、陽極接合等の固体接合法等を用いることができる。特に、ガラスフリット材では、凹凸がある表面であってもガラスフリット材が流れ出し、良好に気密空間を確保することができる。特に、ジャイロセンサー 1 の場合は、気密空間を減圧状態にして保持する必要があるため、ガラスフリット材が好適に用いられる。

40

【 0 0 2 4 】

素子部 4 は、図 1 に示すように、基板 2 に固定される固定部 4 8 と、基板 2 の主面 2 3 と平行な X 方向に変位する質量部 4 1 と、質量部 4 1 を X 方向に駆動する駆動部 4 0 と、質量部 4 1 に接続され、Z 軸のまわりに回動可能で、且つ、基板 2 に水平な回動運動に作用するコリオリ力により Z 方向に変位可能な検出部 4 5 と、検出部 4 5 と固定部 4 8 とを接続している弾性部 4 7 と、を有している。なお、本実施形態では、固定部 4 8、検出部 4 5、及び弾性部 4 7 は、それぞれ一対であり、質量部 4 1 の両側にそれぞれ対称に配置、所謂、Y 軸に対して線対称に配置されている。

50

【 0 0 2 5 】

質量部 4 1 は、X 方向を長辺とする矩形形状で、中央に開口部 4 9 a を有している。開口部 4 9 a には、質量部 4 1 に接続している複数の駆動部 4 0 と、基板 2 に固定されている複数の固定駆動部 2 7 , 2 8 と、が配置されている。

【 0 0 2 6 】

駆動部 4 0 及び固定駆動部 2 7 , 2 8 は、それぞれ X 方向に延在する複数の梁部を有し、歯状に配置されている。固定駆動部 2 7 は、駆動部 4 0 の X 方向のプラス側に配置され、駆動部 4 0 及び固定駆動部 2 7 のそれぞれの梁部が噛合うように配置されている。また、固定駆動部 2 8 は、駆動部 4 0 の X 方向のマイナス側に配置され、駆動部 4 0 及び固定駆動部 2 8 のそれぞれの梁部が噛合うように配置されている。

10

【 0 0 2 7 】

質量部 4 1 は、X 方向の両端が折り返し形状の 4 つの駆動ばね 4 2 を介して、基板 2 に固定している 4 つの固定部 4 3 にそれぞれ接続している。なお、駆動ばね 4 2 は、X 方向から印加される外力により X 方向に撓む、又は、変形するように形成されている。そのため、駆動ばね 4 2 は、質量部 4 1 を X 方向に変位可能としている。

【 0 0 2 8 】

質量部 4 1 の X 方向の中央部で Y 方向のプラス側の開口部 4 9 a と反対側の端部から Y 軸のプラス方向に延在する結合ばね 4 4 が設けられており、結合ばね 4 4 の質量部 4 1 側と反対側の端部に検出部 4 5 が接続されている。また、質量部 4 1 の X 方向の中央部で Y 方向のマイナス側の開口部 4 9 a と反対側の端部から Y 軸のマイナス方向に延在する結合ばね 4 4 が設けられており、結合ばね 4 4 の質量部 4 1 側と反対側の端部に検出部 4 5 が接続されている。

20

【 0 0 2 9 】

検出部 4 5 は、X 方向に長い矩形形状で、X 方向の中央部で、検出部 4 5 の重心 G より質量部 4 1 側に近い位置に開口部 4 9 b を有している。開口部 4 9 b には、基板 2 に固定されている固定部 4 8 と、固定部 4 8 に接続している弾性部 4 7 と、弾性部 4 7 から Y 方向に延在し、検出部 4 5 と接合する接合部 4 6 と、が配置されている。

【 0 0 3 0 】

弾性部 4 7 は、固定部 4 8 からそれぞれ X 方向のプラス方向とマイナス方向に折り返しながら Y 方向に延在し、接合部 4 6 に接続されている。弾性部 4 7 は、X 方向や Y 方向から印加される外力により X 方向や Y 方向に撓む、又は、変形するように形成されている。なお、Z 方向から印加される外力に対しては変形し難い構造となっている。そのため、質量部 4 1 が X 方向に変位した際に、検出部 4 5 は、図 3 に示す、弾性部 4 7 と固定部 4 8 との接続点を中心軸 J とし、J 軸まわりに基板 2 と水平に回動、又は、変位可能となる。

30

【 0 0 3 1 】

接合部 4 6 は、検出部 4 5 の重心 G と質量部 4 1 との間に配置され、弾性部 4 7 から Y 方向に延在し検出部 4 5 と接合している。そのため、固定部 4 8 と検出部 4 5 までの長さを長くすることができ、検出部 4 5 の中心軸 J からの回転半径を長くすることができ、駆動部 4 0 の駆動に伴う検出部 4 5 の面内回動運動の変位量を大きくすることができる。

【 0 0 3 2 】

また、接合部 4 6 は、Y 軸まわりに捻じれるように形成されている。そのため、検出部 4 5 が面内回動運動している際に、X 軸まわりの角速度 ω が加わると、検出部 4 5 の面内回動運動に作用するコリオリ力が検出部 4 5 の X 方向のプラス側と、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側と、にそれぞれ逆方向に加わり、検出部 4 5 が Z 方向に変位可能となる。具体的には、検出部 4 5 の X 方向のプラス側が Z 軸のプラス方向に変位すると、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側が Z 軸のマイナス方向に変位する。逆に、検出部 4 5 の X 方向のプラス側が Z 軸のマイナス方向に変位すると、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側が Z 軸のプラス方向に変位する。また、Y 軸のプラス方向に配置された検出部 4 5 と Y 軸のマイナス方向に配置された検出部 4 5 は、逆位相で変位する。

40

【 0 0 3 3 】

50

なお、基板 2 の凹部 2 1 の底面 2 2 で検出部 4 5 と対向する位置に検出部 4 5 と離間して固定検出部 2 5 が設けられており、X 軸まわりの角速度 ω_x が加わり検出部 4 5 が Z 方向に変位することで、固定検出部 2 5 との間隔の変化を静電容量変化として検出することで、X 軸まわりの角速度 ω_x を検知することができる。

【0034】

また、固定検出部 2 5 の形状は、Y 方向に平行な上底と下底を有する台形状で、Y 方向の長さが長い下底が固定部 4 8 側になるように配置されている。このように配置することで、検出部 4 5 の回転運動の際に、検出部 4 5 と固定検出部 2 5 とが常に重なっているので、検出部 4 5 と固定検出部 2 5 との対向面積を一定に保つことができ、X 軸まわりの角速度 ω_x の検出精度を維持することができる。

10

【0035】

固定部 4 8 は、検出部 4 5 の開口部 4 9 b 内に配置され、平面視で、検出部 4 5 の重心 G と質量部 4 1 との間、及び、弾性部 4 7 と質量部 4 1 との間に配置されている。そのため、固定部 4 8 と検出部 4 5 とを接続する弾性部 4 7 を質量部 4 1 側から遠ざかる方向に配置することができ、検出部 4 5 の中心軸 J からの回転半径を長くすることができる。従って、駆動部 4 0 の駆動に伴う検出部 4 5 の面内回転運動の変位量が大きくなり、X 軸まわりの角速度 ω_x が加わると、作用するコリオリ力により検出部 4 5 の Z 方向への変位量が大きくなるので、検出感度を高めることができる。

【0036】

検出部 4 5 には、検出部 4 5 の質量部 4 1 側と反対側の端部より、弾性部 4 7 に近い位置に配置された溝 5 0 , 5 1 を有している。また、溝 5 0 は、図 3 に示すように、溝 5 0 の X 方向の中心 P 2 が接合部 4 6 の X 方向の中心 P 1 を通る Y 軸に沿った延長線 L と重ならない位置に配置されている。また、溝 5 1 についても同様に、溝 5 1 の中心が接合部 4 6 の中心を通る延長線と重ならない位置に配置されている。このように、検出部 4 5 に溝 5 0 , 5 1 を設けることで、弾性部 4 7 の加工誤差に伴う、X 軸方向の駆動振動以外の異なる振動成分である不要振動成分、所謂、クアドラチャ信号の増大を低減することができる。一般的に、不要振動成分の要因となる加工誤差は、所望の加工形状に対して対称性を持たないため、上述のように X 軸、Y 軸、Z 軸に対して回転対称、線対称、点対称などの対称性を持たない溝 5 0 , 5 1 を用いて補償するのが好ましい。

20

【0037】

上述したような素子部 4 は、リン、ボロン等の不純物がドーピングされた導電性のシリコン基板をエッチングによってパターンニングすることで一括形成されている。

30

【0038】

また、固定検出部 2 5 の構成材料としては、例えば、アルミニウム、金、白金、ITO (Indium Tin Oxide)、ZnO (酸化亜鉛) 等を用いることができる。

【0039】

次に、上述した構成のジャイロセンサー 1 は、次のようにして X 軸まわりの角速度 ω_x を検出することができる。

【0040】

まず、ジャイロセンサー 1 が有する駆動部 4 0 と固定駆動部 2 7 , 2 8 との間に駆動電圧を印加すると、固定駆動部 2 7 , 2 8 と駆動部 4 0 との間に周期的に強度が変化する静電引力が生じる。これにより、図 4 に示すように、駆動ばね 4 2 の弾性変形を伴って駆動部 4 0 が X 方向に振動し、矢印 X 1 の方向に変位すると、駆動部 4 0 と同様に矢印 X 1 の方向に変位する質量部 4 1 に接続された 2 つの検出部 4 5 は、それぞれが接続された固定部 4 8 と弾性部 4 7 との接点を中心に Z 軸まわりに逆位相で回転運動をする。

40

【0041】

質量部 4 1 の Y 方向のプラス側に位置する検出部 4 5 は、検出部 4 5 の X 方向のプラス側が矢印 Y 1 方向に変位し、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側が矢印 Y 2 の方向に変位する。なお、変位した検出部 4 5 を図 4 では、破線で示している。逆に、質量部 4 1 の Y 方向のマイナス側に位置する検出部 4 5 は、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側が矢印 Y 1 方

50

向に変位し、検出部 4 5 の X 方向のプラス側が矢印 Y 2 の方向に変位する。つまり、質量部 4 1 の Y 方向のプラス側に位置する検出部 4 5 は、反時計回りに回転し、質量部 4 1 の Y 方向のマイナス側に位置する検出部 4 5 は、時計回りに回転する。なお、駆動部 4 0 と質量部 4 1 とが矢印 X 1 と逆方向に変位すると、質量部 4 1 の Y 方向のプラス側に位置する検出部 4 5 は、時計回りに回転し、質量部 4 1 の Y 方向のマイナス側に位置する検出部 4 5 は、反時計回りに回転する。

【 0 0 4 2 】

このように検出部 4 5 が Z 軸回りに面内回動運動している状態で、ジャイロセンサー 1 に X 軸まわりの角速度 ω_x が加わると、コリオリ力が働き、検出部 4 5 が Z 方向に変位する。このとき、質量部 4 1 の Y 方向のプラス側に位置する検出部 4 5 は、検出部 4 5 の X 方向のプラス側が矢印 Z 2 方向に変位し、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側が矢印 Z 1 の方向に変位する。逆に、質量部 4 1 の Y 方向のマイナス側に位置する検出部 4 5 は、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側が矢印 Z 2 方向に変位し、検出部 4 5 の X 方向のプラス側が矢印 Z 1 の方向に変位する。

10

【 0 0 4 3 】

なお、駆動部 4 0 と質量部 4 1 とが矢印 X 1 と逆方向に変位すると、質量部 4 1 の Y 方向のプラス側に位置する検出部 4 5 は、検出部 4 5 の X 方向のプラス側が矢印 Z 1 方向に変位し、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側が矢印 Z 2 の方向に変位する。逆に、質量部 4 1 の Y 方向のマイナス側に位置する検出部 4 5 は、検出部 4 5 の X 方向のマイナス側が矢印 Z 1 方向に変位し、検出部 4 5 の X 方向のプラス側が矢印 Z 2 の方向に変位する。

20

【 0 0 4 4 】

このように検出部 4 5 が Z 方向に変位することにより、検出部 4 5 と固定検出部 2 5 との間の距離が変化する。この距離の変化に伴って、検出部 4 5 と固定検出部 2 5 との間の静電容量が変化する。そして、この静電容量の変化量に基づいて、ジャイロセンサー 1 に加わった X 軸まわりの角速度 ω_x を検出することができる。

【 0 0 4 5 】

上述のように、本実施形態のジャイロセンサー 1 は、固定部 4 8 を質量部 4 1 に近い位置に配置し、固定部 4 8 と検出部 4 5 とを接続する弾性部 4 7 を質量部 4 1 側から遠ざかる方向に配置する構成とすることで、検出部 4 5 の中心軸 J からの回転半径を長くすることができる。そのため、駆動部 4 0 の駆動に伴う検出部 4 5 の面内回動運動の変位量が大きくなり、X 軸まわりの角速度 ω_x が加わると、作用するコリオリ力により検出部 4 5 の Z 方向への変位量が大きくなるので、ジャイロセンサー 1 の検出感度を高めることができる。従って、高い検出感度を有するジャイロセンサー 1 を得ることができる。また、固定部 4 8 と検出部 4 5 とを接続する弾性部 4 7 を質量部 4 1 側から遠ざかる方向に配置する構成とすることで、弾性部 4 7 とその周辺に掛かる応力集中を分散させることができる。従って、疲労破壊等の要因により信頼性が低下することを防ぐことができる。よって、高性能で高信頼性のジャイロセンサー 1 を提供することができる。

30

【 0 0 4 6 】

2 . 第 2 実施形態

次に、第 2 実施形態に係るジャイロセンサー 1 a について、図 5 を参照して説明する。

40

図 5 は、第 2 実施形態に係るジャイロセンサー 1 a の概略構成を示す平面図である。なお、図 5 では、基板 2 及び蓋部 3 の図示を省略している。また、図 5 は、説明の便宜上、一部の構成要素を省略してあり、分かり易くするために、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。また、図中の X 軸、Y 軸、Z 軸は、互いに直交する座標軸であり、X 軸に沿う方向を「X 方向」、Y 軸に沿う方向を「Y 方向」、Z 軸に沿う方向を「Z 方向」とし、矢印の方向がプラス方向である。また、本実施形態では、第 1 軸を X 軸、第 2 軸を Y 軸、第 3 軸を Z 軸とし、また、第 1 方向を Y 軸のプラス方向、第 2 方向を Y 軸のマイナス方向として説明する。

【 0 0 4 7 】

本実施形態のジャイロセンサー 1 a は、第 1 実施形態のジャイロセンサー 1 と同様に、

50

X軸まわりの角速度を検知することのできる角速度センサーである。ジャイロセンサー1 aは、第1実施形態のジャイロセンサー1に比べ、素子部4 aの構成が異なり、質量部8 1の周辺に4つの検出部8 5 a, 8 5 bを有している。

【0048】

本実施形態の素子部4 aは、図5に示すように、基板2に固定される固定部8 8と、基板2の主面2 3と平行なX方向に変位する質量部8 1と、質量部8 1をX方向に駆動する複数の駆動部8 0と、固定部8 8の第1方向としてのY軸のプラス方向に配置し、質量部8 1に接続され、Z軸のまわりに回動可能で、且つ、基板2に水平な回動運動に作用するコリオリ力によりZ方向に変位可能な第1検出部8 5 aと、固定部8 8の第2方向としてのY軸のマイナス方向に配置し、質量部8 1に接続され、Z軸のまわりに回動可能で、且つ、基板2に水平な回動運動に作用するコリオリ力によりZ方向に変位可能な第2検出部8 5 bと、第1検出部8 5 aと固定部8 8とを接続している第1弾性部8 7 aと、第2検出部8 5 bと固定部8 8とを接続している第2弾性部8 7 bと、を有している。なお、本実施形態では、固定部8 8、第1検出部8 5 a、第2検出部8 5 b、第1弾性部8 7 a、第2弾性部8 7 b、及び2つの駆動部8 0は、それぞれ一対であり、質量部8 1の両側にそれぞれ対称に配置、所謂、Y軸に対して線対称に配置されている。

10

【0049】

質量部8 1は、Y方向を長辺とする矩形の角柱部8 1 aと、角柱部8 1 aのY方向の両端にX方向を長辺とする矩形の接続部8 1 bと、を有している。角柱部8 1 aには、Y方向の中央部でX方向の両端にそれぞれX方向のプラス方向とマイナス方向に折り返しながらX方向に延在し、固定部8 8に接続されている駆動ばね8 2が設けられている。また、角柱部8 1 aには、X方向の両端にX方向に延在する梁部を 歯状に有する駆動部8 0が4つ設けられている。

20

角柱部8 1 aのY方向のプラス側に配置された接続部8 1 bのX方向の両端側には、それぞれ、Y方向のマイナス側に延在し、第1検出部8 5 aに接続されている結合ばね8 4が設けられており、角柱部8 1 aのY方向のマイナス側に配置された接続部8 1 bのX方向の両端側には、それぞれ、Y方向のプラス側に延在し、第2検出部8 5 bに接続されている結合ばね8 4が設けられている。

【0050】

接続部8 1 bには、Y方向の角柱部8 1 a側とは反対を開口する切欠き部8 1 cが設けられており、切欠き部8 1 cのX方向の中央部に固定部8 3が配置され、切欠き部8 1 cのX方向の両端に接続部8 1 bと固定部8 3とを接続する弾性ばね8 9が設けられている。なお、駆動ばね8 2及び弾性ばね8 9は、X方向から印加される外力によりX方向に撓む、又は、変形するように形成されている。そのため、質量部8 1は、X方向に変位可能となる。

30

【0051】

角柱部8 1 aのX方向のプラス側とマイナス側には、それぞれ、X方向に延在する複数の梁部を 歯状に有し、駆動部8 0の有する複数の梁部とそれぞれ噛合うように配置された4つの固定駆動部2 9が配置されている。なお、固定駆動部2 9の一部は基板2に固定されている。駆動部8 0と固定駆動部2 9との間に駆動電圧を印加すると、固定駆動部2 9と駆動部8 0との間に周期的に強度が変化する静電引力が生じ、これにより、駆動ばね8 2の弾性変形を伴って駆動部8 0がX方向に振動し、駆動部8 0と同様に変位する質量部8 1に接続された第1検出部8 5 aと第2検出部8 5 bとが、面内回動運動をする。

40

【0052】

駆動ばね8 2が接続されている固定部8 8は、Y方向のプラス側に第1弾性部8 7 aと、第1弾性部8 7 aからY方向に延在し、第1検出部8 5 aと接合する接合部8 6 aと、が接続され、Y方向のマイナス側に第2弾性部8 7 bと、第2弾性部8 7 bからY方向に延在し、第2検出部8 5 bと接合する接合部8 6 bと、が接続されている。

【0053】

第1弾性部8 7 a及び第2弾性部8 7 bは、固定部8 8からそれぞれX方向のプラス方

50

向とマイナス方向に折り返しながらY方向に延在し、接合部86a, 86bにそれぞれ接続されている。第1弾性部87a及び第2弾性部87bは、X方向やY方向から印加される外力によりX方向やY方向に撓む、又は、変形するように形成されている。なお、Z方向から印加される外力に対しては変形し難い構造となっている。そのため、質量部81がX方向に変位した際に、第1検出部85aは、第1弾性部87aと固定部88との接続点を中心軸とし、その軸まわりに基板2と水平に回動、又は、変位可能となり、第2検出部85bは、第2弾性部87bと固定部88との接続点を中心軸とし、その軸まわりに基板2と水平に回動、又は、変位可能となる。また、X方向の外力が印加されると、第1検出部85aが時計回りに回転すると、第2検出部85bは、反時計回りに回転し、第1検出部85aが反時計回りに回転すると、第2検出部85bは、時計回りに回転する。また、Y方向のプラス側とマイナス側に配置された第1検出部85a及び第2検出部85bは、それぞれ逆位相で回転する。

10

【0054】

接合部86a, 86bは、Y軸まわりに捻じれるように形成されている。そのため、第1検出部85a及び第2検出部85bが面内回動運動している際に、X軸まわりの角速度 ω_x が加わると、第1検出部85aと第2検出部85bとにそれぞれ逆方向のコリオリ力が加わり、第1検出部85a及び第2検出部85bがZ方向に変位可能となる。具体的には、第1検出部85aがZ軸のプラス方向に変位すると、第2検出部85bがZ軸のマイナス方向に変位する。逆に、第1検出部85aがZ軸のマイナス方向に変位すると、第2検出部85bがZ軸のプラス方向に変位する。また、Y方向のプラス側とマイナス側に配置された第1検出部85a及び第2検出部85bは、それぞれ逆位相で変位する。

20

【0055】

基板2の凹部21の底面22に、第1検出部85aと対向する位置に第1検出部85aと離間して第1固定検出部25aを設け、第2検出部85bと対向する位置に第2検出部85bと離間して第2固定検出部25bを設けることで、X軸まわりの角速度 ω_x が加わり第1検出部85a及び第2検出部85bがZ方向に変位することで、第1固定検出部25a及び第2固定検出部25bとの間隔の変化を静電容量変化として検出することで、X軸まわりの角速度 ω_x を検出することができる。

【0056】

固定部88は、平面視で、第1検出部85aの重心G_aと第2検出部85bの重心G_bとを結ぶ仮想直線L_aと、質量部81と、の間に配置されているので、固定部88が仮想直線L_aより質量部81と反対側に配置されている場合に比べ、第1検出部85a及び第2検出部85bの回転半径を長くすることができる。そのため、駆動部80の駆動に伴う第1検出部85a及び第2検出部85bの面内回動運動の変位量が大きくなり、X軸まわりの角速度 ω_x が加わると、作用するコリオリ力により第1検出部85a及び第2検出部85bのZ方向への変位量が大きくなるので、検出感度を高めることができる。

30

【0057】

第1検出部85a及び第2検出部85bには、接合部86a, 86bに近い位置に配置された溝90, 91, 92, 93が設けられている。このように、第1検出部85a及び第2検出部85bに溝90, 91, 92, 93を設けることで、第1弾性部87a及び第2弾性部87bの加工誤差に伴う、X軸方向の駆動振動以外の異なる振動成分である不要振動成分、所謂、クアドラチャ信号の増大を低減することができる。前述の通り、不要振動成分の要因となる加工誤差は、所望の加工形状に対して対称性を持たないため、上述のようにX軸、Y軸、Z軸に対して回転対称、線対称、点対称などの対称性を持たない溝90, 91, 92, 93を用いて補償するのが好ましい。

40

【0058】

上述したように、本実施形態のジャイロセンサー1aは、固定部88が第1検出部85aの重心G_aと第2検出部85bの重心G_bとを結ぶ仮想直線L_aと、質量部81と、の間に配置されているので、第1検出部85a及び第2検出部85bの回転半径を長くすることができる。そのため、駆動部80の駆動に伴う第1検出部85a及び第2検出部85

50

bの面内回動運動の変位量が大きくなり、X軸まわりの角速度 ω_x が加わると、作用するコリオリ力により第1検出部85a及び第2検出部85bのZ方向への変位量が大きくなるので、検出感度を高めることができる。従って、高い検出感度を有するジャイロセンサー1aを得ることができる。また、第1検出部85a及び第2検出部85bの回転半径を長くすることで、接合部86a、86bやその周辺に掛かる応力集中を分散させることができる。従って、疲労破壊等の要因により信頼性が低下することを防ぐことができる。よって、高性能で高信頼性のジャイロセンサー1aを提供することができる。

【0059】

3. 第3実施形態

次に、第3実施形態に係るジャイロセンサー1、1aを備えている電子機器の一例として、携帯電話1200を挙げて説明する。なお、以下の説明では、ジャイロセンサー1を適用した構成を例示して説明する。

図6は、ジャイロセンサー1を備えている携帯電話1200の構成を示す斜視図である。

図6に示すように、携帯電話1200は、複数の操作ボタン1202、受話口1204及び送話口1206を備え、操作ボタン1202と受話口1204との間には、表示部1201が配置されている。

このような携帯電話1200には、ジャイロセンサー1が内蔵されている。

【0060】

このような電子機器は、上述したジャイロセンサー1を備えていることから、上記実施形態で説明した効果が反映され、性能に優れている。

なお、上述したジャイロセンサー1、1aを備えている電子機器としては、携帯電話1200以外に、例えば、インクジェットプリンターなどのインクジェット式吐出装置、ラップトップ型やモバイル型のパーソナルコンピューター、テレビ、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、各種ナビゲーション装置、ページャー、通信機能付も含む電子手帳、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS端末、魚群探知機、各種測定機器、計器類、フライトシミュレーターなどや電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡などの医療機器が挙げられる。いずれの場合にも、これらの電子機器は、上述したジャイロセンサー1、1aを備えていることから、上記実施形態で説明した効果が反映され、性能に優れている。

【0061】

4. 第4実施形態

次に、第4実施形態に係るジャイロセンサー1、1aを備えている移動体の一例として、自動車1500を挙げて説明する。なお、以下の説明では、ジャイロセンサー1を適用した構成を例示して説明する。

図7は、ジャイロセンサー1を備えている自動車1500を示す斜視図である。

図7に示すように、自動車1500は、ジャイロセンサー1を、例えば、搭載されているナビゲーション装置、姿勢制御装置などの姿勢検出センサーとして用いている。

これによれば、自動車1500は、上述したジャイロセンサー1を備えていることから、上記実施形態で説明した効果が反映され、性能に優れている。

【0062】

上述したジャイロセンサー1、1aは、自動車1500に限らず、自走式ロボット、自走式搬送機器、列車、船舶、飛行機、人工衛星などを含む移動体の姿勢検出センサーなどとして好適に用いることができ、いずれの場合にも、上記実施形態で説明した効果が反映され、性能に優れた移動体を提供することができる。

【0063】

以下、実施形態から導き出される内容を記載する。

【0064】

ジャイロセンサーは、基板と、前記基板に固定されている固定部と、前記基板の主面と平行な第1軸に沿って変位する質量部と、前記質量部を前記第1軸に沿って駆動する駆動

部と、前記質量部に接続され、前記第1軸と交差する第2軸のまわりに回動可能で、且つ、前記基板に水平な回動運動に作用するコリオリ力により前記第2軸に沿って変位可能な検出部と、前記検出部と前記固定部とを接続している弾性部と、を有し、前記固定部は、平面視で、前記検出部の重心と前記質量部との間に配置されていることを特徴とする。

【0065】

この構成によれば、固定部が検出部の重心と質量部との間に配置されているので、固定部と検出部とを接続する弾性部を質量部側から遠ざかる方向に配置することができ、検出部の回転半径を長くすることができる。そのため、駆動部の駆動に伴う検出部の面内回動運動の変位量が大きくなり、第1軸まわりの外力を受けると、作用するコリオリ力により検出部の第2軸に沿った変位量が大きくなるので、検出感度を高めることができる。

10

【0066】

上記のジャイロセンサーにおいて、前記固定部は、前記弾性部と前記質量部との間に配置されていることが好ましい。

【0067】

この構成によれば、固定部が弾性部と質量部との間に配置されているので、固定部を質量部側に近づけ、また、弾性部が固定部の質量部側とは反対側で、質量部側から遠ざかる方向に配置することができる。そのため、検出部の回転半径を長くことができ、駆動部の駆動に伴う検出部の面内回動運動の変位量を大きくすることができる。

【0068】

上記のジャイロセンサーにおいて、前記検出部から前記第1軸と前記第2軸とに交差する第3軸に沿って延在し、前記弾性部と前記検出部とを接合する接合部は、前記検出部の重心と前記質量部との間に配置されていることが好ましい。

20

【0069】

この構成によれば、弾性部と検出部とを接合する接合部が検出部の重心と質量部との間に配置されているので、固定部と接合部が接合する検出部までの長さを長くすることができる。そのため、検出部の回転半径をより長くことができ、駆動部の駆動に伴う検出部の面内回動運動の変位量をより大きくすることができる。

【0070】

上記のジャイロセンサーにおいて、前記検出部は、前記検出部の前記質量部側と反対側の端部より、前記弾性部に近い位置に配置された溝を有することが好ましい。

30

【0071】

この構成によれば、検出部の弾性部に近い位置に溝が配置されているので、弾性部の加工誤差に伴う、第1軸に沿った駆動振動以外の異なる振動成分である不要振動成分、所謂、クアドラチャ信号の増大を低減することができる。

【0072】

上記のジャイロセンサーにおいて、前記溝は、前記溝の前記第1軸方向の中心が前記接合部の前記第1軸方向の中心を通る前記第3軸に沿った延長線と重ならない位置に配置されていることが好ましい。

【0073】

この構成によれば、検出部が第2軸まわりに回動するので、溝を接合部の延長線と重ならない位置に配置することで、第2軸まわりの回動振動以外の異なる振動成分である不要振動成分、所謂、クアドラチャ信号の増大を低減することができる。

40

【0074】

ジャイロセンサーは、基板と、前記基板の主面と平行な第1軸に沿って変位する質量部と、前記質量部を前記第1軸に沿って駆動する駆動部と、前記基板に固定されている固定部と、前記固定部の前記第1軸と交差する第2軸に沿った第1方向に配置され、前記質量部に接続され、前記第1軸と前記第2軸とに交差する第3軸まわりに回動可能で、且つ、前記基板に水平な回動運動に作用するコリオリ力により前記第3軸に沿って変位可能な第1検出部と、前記固定部の前記第1方向と反対の第2方向に配置され、前記質量部に接続され、前記第3軸まわりに回動可能で、且つ、前記基板に水平な回動運動に作用するコリ

50

オリカにより前記第3軸に沿って前記第1検出部と逆相で変位可能な第2検出部と、前記第1検出部と前記固定部とを接続している第1弾性部と、前記第2検出部と前記固定部とを接続している第2弾性部と、を有し、前記固定部は、平面視で、前記第1検出部の重心と前記第2検出部の重心とを結ぶ仮想直線と、前記質量部と、の間に配置されていることを特徴とする。

【0075】

この構成によれば、固定部が第1検出部の重心と第2検出部の重心とを結ぶ仮想直線と、質量部と、の間に配置されているので、固定部が仮想直線より質量部と反対側に配置されている場合に比べ、第1検出部及び第2検出部の回転半径を長くすることができる。そのため、駆動部の駆動に伴う第1検出部及び第2検出部の面内回動運動の変位量が大きく
10

【0076】

電子機器は、上記のジャイロセンサーを備えていることを特徴とする。

【0077】

この構成によれば、高い感度特性を有し、高精度なジャイロセンサーを備えているため、高性能な電子機器を提供することができる。

【0078】

移動体は、上記のジャイロセンサーを備えていることを特徴とする。

【0079】

この構成によれば、高い感度特性を有し、高精度なジャイロセンサーを備えているため、高性能な移動体を提供することができる。

【符号の説明】

【0080】

1, 1a...ジャイロセンサー、2...基板、3...蓋部、4...素子部、23...主面、25...固定検出部、27, 28...固定駆動部、40...駆動部、41...質量部、42...駆動ばね、43...固定部、44...結合ばね、45...検出部、46...接合部、47...弾性部、48...固定部、50, 51...溝、1200...電子機器としての携帯電話、1500...移動体としての自動車、G...重心、J...中心軸、L...延長線、P1, P2...中心。
20

10

20

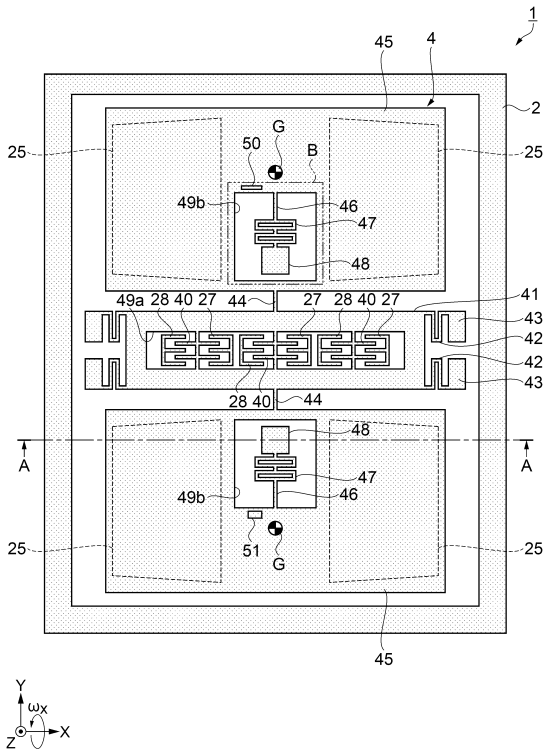
30

40

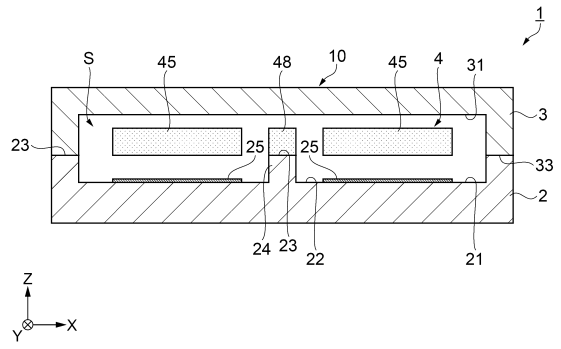
50

【図面】

【図 1】



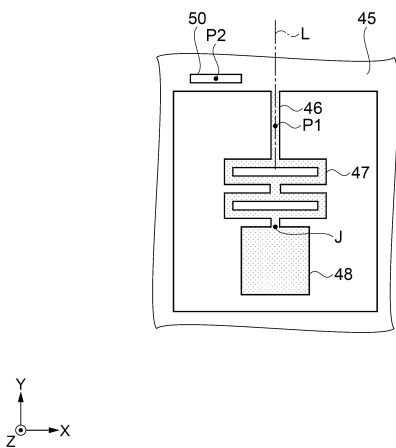
【図 2】



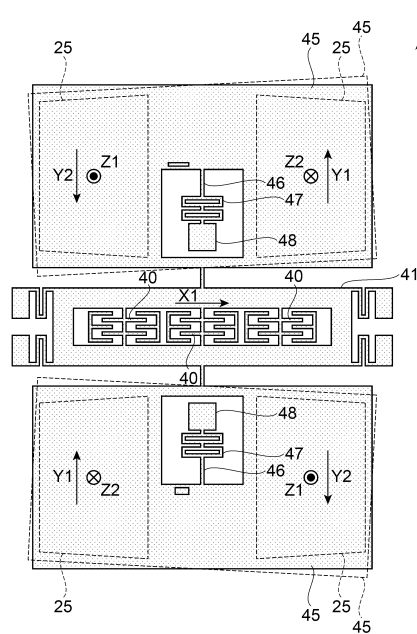
10

20

【図 3】



【図 4】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2019 - 117099 (JP, A)
特開 2016 - 1148 (JP, A)
特開 2013 - 234904 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01C 19/5747
B81B 3/00