

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5247182号
(P5247182)

(45) 発行日 平成25年7月24日 (2013. 7. 24)

(24) 登録日 平成25年4月19日 (2013. 4. 19)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 C 19/574 (2012.01)

G O 1 C 19/56 2 4 0

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-37619 (P2008-37619)
 (22) 出願日 平成20年2月19日 (2008. 2. 19)
 (65) 公開番号 特開2009-198206 (P2009-198206A)
 (43) 公開日 平成21年9月3日 (2009. 9. 3)
 審査請求日 平成23年2月16日 (2011. 2. 16)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100086483
 弁理士 加藤 一男
 (72) 発明者 高木 誠
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 (72) 発明者 香取 篤史
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

審査官 梶田 真也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角速度センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

支持基板と、

前記支持基板に少なくとも一次元の自由度をもって変位可能に支持された検出用構造体と、

前記検出用構造体の前記一次元の自由度の方向への変位を検出する変位検出手段と、
 第1の軸回りの角速度に対して、前記一次元の自由度の方向へ第1のコリオリ力を発生せしめる第1の参照振動を、前記検出用構造体に励起する第1の駆動部と、

前記第1の軸とは異なる第2の軸回りの角速度に対して、前記一次元の自由度の方向へ第2のコリオリ力を発生せしめる第2の参照振動を、前記検出用構造体に励起する第2の駆動部と、

を有し、

前記検出用構造体は、前記一次元の自由度をもつ変位として、前記第1の軸及び前記第2の軸とは異なる第3の軸回りの変位が可能であり、

前記検出用構造体は、

前記第3の軸方向に夫々振動可能に支持された、前記検出用構造体の回転中心を挟んで前記第1の軸上に並ぶ第1の質量片と第2の質量片とを有する第1の質量部と、

前記第3の軸方向に夫々振動可能に支持された、前記検出用構造体の回転中心を挟んで前記第2の軸上に並ぶ第3の質量片と第4の質量片とを有する第2の質量部と、

を備えており、

10

20

前記第1の質量片及び第2の質量片には、前記第1の参照振動として前記第3の軸方向の振動が励起されることにより、前記第1の軸回りの角速度に対して前記検出用構造体の回転中心から等距離の点を結んで描かれる円の接線方向に前記第1のコリオリ力が発生し、
前記第3の質量片及び第4の質量片には、前記第2の参照振動として前記第3の軸方向の振動が励起されることにより、前記第2の軸回りの角速度に対して前記検出用構造体の回転中心から等距離の点を結んで描かれる円の接線方向に前記第2のコリオリ力が発生することを特徴とする角速度センサ。

【請求項2】

前記第2の駆動部は、前記第1のコリオリ力と分離可能な第2のコリオリ力を発生せしめる第2の参照振動を励起し、

10

前記変位検出手段で検出された前記第1のコリオリ力と前記第2のコリオリ力に起因する前記検出用構造体の変位に夫々対応する信号を分離し、前記第1の軸回りと前記第2の軸回りの角速度信号を取得する制御部を有することを特徴とする請求項1に記載の角速度センサ。

【請求項3】

前記第1の質量部と前記第2の質量部は、夫々2つ以上の質量片を備え、
前記第1の質量部と前記第2の質量部は、夫々、前記検出用構造体の回転中心を原点とする互いに直交した2本の軸上に、等価なコリオリ力を発生する前記2つ以上の質量片を、他方の軸を挟んで配置することを特徴とする請求項1または2に記載の角速度センサ。

【請求項4】

20

前記第1の質量片と第2の質量片とは、夫々互いに逆相で振動し、
前記第3の質量片と前記第4の質量片とは、夫々互いに逆相で振動することを特徴とする請求項1から3の何れか1項に記載の角速度センサ。

【請求項5】

前記制御部が出力データ制御部と駆動制御部を備え、
前記出力データ制御部は、前記駆動制御部に指示して前記第1の参照振動と前記第2の参照振動を交互に励起させ、選択した参照振動の情報をを用いて2軸回りの角速度信号を振り分けることを特徴とする請求項2から4の何れか1項に記載の角速度センサ。

【請求項6】

前記制御部が出力データ制御部と駆動制御部を備え、
前記駆動制御部は、異なる周波数で前記第1の参照振動と前記第2の参照振動を励起し、
前記出力データ制御部は、周波数分離により2軸回りの角速度信号を振り分けることを特徴とする請求項2から4の何れか1項に記載の角速度センサ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、或る軸回りの角速度を検出するための角速度センサに関するものであり、特に、振動型の2軸角速度センサに関する。

【背景技術】

【0002】

40

従来、角速度を検出するためのセンサとして、参照振動する質量部に外部から角速度が入力された時に発生するコリオリ力を検出することで物体の角速度を求める振動型角速度センサが提案されている。こうしたセンサの中で、半導体基板上にMEMS (Micro-Electro Mechanical Systems) 技術によって形成された振動型角速度センサが幾つか提案されている。一般的に、半導体基板を用いた振動型角速度センサでは、参照振動する検出用の質量部と垂直な軸回りの角速度入力に対して発生するコリオリ力に起因する当該質量部の変位を計測して、角速度を取得する。

【0003】

一方で、家電製品、ロボットなどといった分野において、動作制御のために複数の軸回りの角速度を検知するという需要がある。こうした需要に対して、2軸回りの角速度を検出

50

可能な角速度センサが提案されている（特許文献1、特許文献2参照）。特許文献1に記載の発明は、1枚の半導体基板上に互いに角度配置を90°ずらして2つの一軸角速度センサ構造を設け、2軸回りの角速度を測定可能とした振動型角速度センサである。図11(a)、(b)は、特許文献1に記載の2軸角速度センサの模式図である。2つの振動子（質量部）601、602を備え、その夫々に駆動力657、658を与えて参照振動651、652を励起する駆動部603、604を備える。コリオリ力653、654の発生方向は同じ軸上であるが、2系統の検出電極を用いて夫々角速度655、656を検出している。

【0004】

また、特許文献2に記載の振動型角速度センサでは、1つの振動子が、2軸回りの角速度に対して、異なる方向にコリオリ力を発生させ、夫々のコリオリ力方向への当該振動子の変位を計測することで、2軸回りの角速度を夫々取得している。図11(c)、(d)に特許文献2に記載の2軸角速度センサの模式図を各軸回りの角速度検出系毎に示す。各軸回りの角速度検出系で振動子（質量部）605は、駆動部607によって駆動力677を与えられ参照振動671をしている。ここで、各軸回りの角速度675、676によって、異なる方向にコリオリ力673、674が発生し、これに対応して振動子605が夫々の方向に変位する。この変位を2系統の検出電極を用いて計測している。

【特許文献1】特開平07-120266号公報

【特許文献2】特開平09-127148号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記半導体基板を用いた2軸角速度センサにおいては、1つの角速度検出軸に対して1系統の検出電極対と変位検出回路が必要であった。そのため、多軸検知が必要なシステムは、複数の検出電極対と複数の検出回路を構成に含み、システム構成が複雑になり易かった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題に鑑み、本発明の角速度センサは、支持基板と、検出用構造体と、変位検出手段と、第1の駆動部と、第2の駆動部とを有する。前記検出用構造体は、前記支持基板に少なくとも一次元の自由度をもって可動に支持される。前記変位検出手段は、前記検出用構造体の前記一次元の自由度の方向への変位を検出する。前記第1の駆動部は、第1の軸回りの角速度に対して、前記一次元の自由度の方向へ第1のコリオリ力を発生せしめる第1の参照振動を、前記検出用構造体の全体または一部分に励起する。前記第2の駆動部は、前記第1の軸とは異なる第2の軸回りの角速度に対して、前記一次元の自由度の方向へ第2のコリオリ力を発生せしめる第2の参照振動を、前記検出用構造体の全体または一部分に励起する。上記角速度センサにおいて、典型的には、前記第2の駆動部は、前記第1のコリオリ力と分離可能な第2のコリオリ力を発生せしめる第2の参照振動を励起する。そして、前記変位検出手段で検出された前記第1のコリオリ力と前記第2のコリオリ力に起因する検出用構造体の変位に夫々対応する信号を分離し、前記第1の軸回りと前記第2の軸回りの角速度信号を取得する制御部を備える。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、1系統の変位検出手段で2軸回りの角速度を検出でき、システムの簡素化を図ることを可能にした角速度センサを提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明は、1系統の変位検出手段で2つの軸回りの角速度を検出することで、システムの簡素化を図った角速度センサに係る。本発明を考案するにあたり、本発明者はコリオリ力の発生する方向に着目した。

【0009】

本発明による角速度センサは、支持基板に少なくとも一次元の自由度をもって支持された検出用構造体と、この検出用構造体の一次元の自由度の方向への変位を検出する変位検出手段とを備える。また、検出用構造体の全体または一部に参照振動を励起する2つの駆動部を備える。一部に参照振動を励起するとは、当該一部を検出用構造体の他部に対して相対的に参照振動させることを意味する。第1の駆動部は、第1の軸回りの角速度に対して、一次元の自由度の方向へ第1のコリオリ力を発生せしめる第1の参照振動を励起する。また、第2の駆動部は、第1の軸とは異なる第2の軸回りの角速度に対して、一次元の自由度の方向へ第2のコリオリ力を発生せしめる第2の参照振動を励起する。この角速度センサにおいて、典型的には、第2の駆動部は、第1のコリオリ力と分離可能な第2のコリオリ力を発生せしめる第2の参照振動を励起する。そして、変位検出手段で検出された第1のコリオリ力と第2のコリオリ力に起因する検出用構造体の変位に夫々対応する信号を分離し、第1の軸回りと第2の軸回りの角速度信号を取得する制御部を備える。変位検出手段として、後述の実施形態では検出電極の組み合わせを挙げたが、検出用構造体の一次元の自由度の方向への変位を検出できるものであれば、如何なるものでもよい。変位検出手段としては、検出電極の組み合わせによる静電容量計測の他、ピエゾ抵抗や圧電素子が知られている。圧電素子を用いる場合はコリオリ力が作用することによって発生する歪みを電圧変化として検出する。ピエゾ抵抗を用いる場合は、コリオリ力が作用することによって発生する抵抗変化を検出する。ピエゾ抵抗や圧電素子を、検出用構造体を支持する梁に設けることで、コリオリ力を計測できる。

【0010】

2つの軸回りの角速度が作用することにより発生する2つのコリオリ力の作用方向が一致するように検出用構造体の全体または一部に2つの参照振動を励起するため、2つの軸回りに入力される角速度の双方に対して、検出用構造体は単一方向へ変位する。

【0011】

これにより、2軸回りの角速度を1系統の変位検出手段で取得することが可能になる。検出された変位情報を制御部により分離することで、2軸回りの角速度が夫々独立に検出される。このためには、異なる角速度入力に対する検出用構造体の単一方向への変位を分離できる様に、2つの参照振動は、分離を可能とする相異態様で行われる必要がある。この分離を可能とする相異態様の例は、後述する第3と第4の実施形態で説明される。ただし、単に異なっているのみでは分離を可能とするとは言えないので、分離を可能とする異なり方でなければならない。例えば、振動振幅が異なっているのみでは、分離可能とはならないので、こうした異なり方は除かれるが、分離を可能とするならば、如何なる異なり方でもよい。ただし、2軸回りの角速度が同時には作用せず、常にどちらか一方のみが作用するような状況でセンサを使用する場合、2軸回りの角速度を合計して検出したい場合などには、2つの参照振動が分離できない態様で励起される構造のセンサであってもよい。しかし、これらは例外的な使用であるので、以下の説明では、2つの参照振動は、分離を可能とする相異態様で行われるとする。

【0012】

以上に説明した様に、本発明は、典型的には、2軸回りに作用する角速度により発生するコリオリ力を単一方向に作用させ、得られた変位情報から2軸回りの角速度を分離することにより、2軸回りの角速度を検出する2軸角速度センサを提供する。

【0013】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、特に断りがない限り、直交座標系（X - Y - Z 軸）を用いて説明する。

【0014】

（第1の実施形態）

第1の実施形態は、2つの軸回りの角速度を1つの方向へ作用させる角速度センサの構成の一例である。本実施形態について、図1と図2を用いて説明する。

【0015】

図1(a)は、本実施形態の2軸角速度センサにおける参照振動、角速度入力、及びコリオリ

力の方向を示した図である。検出用構造体101は、X軸方向に第1の参照振動151を行い、Z軸回りの角速度155の入力に対応して、Y軸方向に第1のコリオリ力153を発生させる。同様に質量部101は、Z軸方向に第2の参照振動152を行い、X軸回りの角速度156の入力に対応して、Y軸方向に第2のコリオリ力154を発生させる。

【0016】

これらを各軸毎にまとめると、X軸は、第1の参照振動151の方向であり、第2の参照振動に対する角速度156の入力軸である。同様に、Z軸は、第2の参照振動152の方向であり、第1の参照振動に対する角速度155の入力軸である。これに対して、Y軸は、第1の参照振動151に対する角速度入力で発生する第1のコリオリ力153及び第2の参照振動152に対する角速度入力で発生する第2のコリオリ力154の作用方向である。

10

【0017】

この様に、異なる2つの軸回りの角速度で発生するコリオリ力153、154の作用方向が一致している点が発明の特徴である。図1(a)では、コリオリ力153、154の作用方向である第3の軸(Y軸)方向は、異なる2つの軸である第1の軸(X軸)及び第2の軸(Z軸)と直交している。

【0018】

図1(b)は、本実施形態の2軸角速度センサの構成を示したブロック図である。X軸方向に駆動力157を発生させる第1の駆動部(駆動部1)102とZ軸方向に駆動力158を発生させる第2の駆動部(駆動部2)103が、検出用構造体101に第1の参照振動151と第2の参照振動152を発生させる。ここに、X軸回りの角速度156、Z軸回りの角速度155が入力されることで、検出用構造体101に第1のコリオリ力153及び第2のコリオリ力154がY軸方向に作用する。この結果、検出用構造体101の位置がY軸方向に変化し、位置情報が制御部104に入力される。制御部104は、2軸回りの角速度を分離し、夫々の軸回りの角速度として出力する。

20

【0019】

図2(a)は、本実施形態の好適な具体的構成例を示す平面図である。また、図2(b)は、図2(a)の各基板11、12、13のZ方向の配置を示した図である。本実施形態の2軸角速度センサ1では、検出用構造体101が、バネ1101によって、X軸、Y軸、Z軸の夫々の方向に自由度をもって支持基板11に支持されている。検出用構造体101には、Y軸方向に可動櫛歯電極1102、1103が設けられ、これに対して、支持基板11には対向櫛歯電極(固定櫛歯電極)1104、1105がある。また、検出用構造体101には、X方向に可動櫛歯電極1106、1107が設けられており、支持基板11の対向櫛歯電極(固定櫛歯電極)1108、1109との間でX軸方向への駆動力が発生する様になっている。可動櫛歯電極1106、1107、固定櫛歯電極1108、1109を総称して第1の駆動部102と呼ぶ。

30

【0020】

更に、検出用構造体101には、上面に可動電極1110、下面に可動電極1111が設けられている。また、支持基板11の上面に取り付けられる支持基板12の下面には、固定電極121が設けられ、支持基板11の下面に取り付けられる支持基板13の上面には、固定電極131が設けられている。可動電極1110、1111は、夫々、固定電極121、131を対向電極として、Z軸方向への駆動力を発生する。可動電極1110、1111、固定電極121、131を総称して第2の駆動部103と呼ぶ。

40

【0021】

検出用構造体101は、第1の駆動部102により発生されるX軸方向の駆動力157によってX軸方向に参照振動151を行い、Z軸回りの角速度155に対してY軸方向へのコリオリ力153を発生する。また、検出用構造体101は、第2の駆動部103によって発生されるZ軸方向の駆動力158によってZ軸方向に参照振動152を行い、X軸回りの角速度156に対してY軸方向へのコリオリ力154を発生する。

【0022】

Z軸回りの角速度155の入力、X軸回りの角速度156の入力に対して夫々発生するコリオリ力153、コリオリ力154は、共に検出用構造体101をY軸方向に変位させる。このため、検出用構造体101のY軸方向の変位を検出することで、2軸回りの角速度によるコリオリ力の

50

合計が検出される。本構成例では、Y軸方向変位の検出のために、変位検出手段を構成する可動櫛歯電極1102、1103と固定櫛歯電極1104、1105の間の静電容量の変化を検出している。

【0023】

検出されたY軸方向位置変位は、制御部104により、夫々の軸回りの角速度の情報が分離され、2軸回りの角速度の出力が得られる。

【0024】

以上の様に、本実施形態では、検出用構造体101は、第1の軸(X軸)方向及び第2の軸方向(Z軸)についても変位可能に支持される。また、検出用構造体101は、第1の駆動部102及び第2の駆動部103によって第1の参照振動及び第2の参照振動を夫々行う。

10

【0025】

本実施形態によれば、2軸回りの角速度によるコリオリ力を1つの方向に作用させたため、1系統の検出手段で2軸回りの角速度を検出でき、システムの簡素化と小型化が可能になる。また、本実施形態によれば、1つの検出用構造体101の中に2つの質量部を設ける必要が無く、質量部1つあたりの質量を大きくすることができる。これにより、振動型角速度センサの検出感度を向上させることができる。

【0026】

(第2の実施形態)

上記第1の実施形態で示した第1の参照振動及び第2の参照振動は、検出用構造体の一部分として当該検出用構造体に可動に設けられた質量部の振動により実現してもよい。第2の実施形態は、検出用構造体205に設けられた2つの質量部201、202が夫々参照振動を行う様な2軸角速度センサの構成に係る。第2の実施形態でも、2軸回りの角速度入力により発生するコリオリ力を共通の検出用構造体に作用させることで、コリオリ力を1系統の変位検出手段で検出できる。

20

【0027】

図3(a)は、第2の実施形態の2軸角速度センサにおける参照振動、角速度入力、及びコリオリ力の方向を示した図である。第1の質量部201は、X軸方向に第1の参照振動251を行い、Z軸(第1の軸)回りの角速度255の入力に対応して、Y軸(第3の軸)方向に第1のコリオリ力253を発生させる。質量部202は、Z軸方向に第2の参照振動252を行い、X軸(第2の軸)回りの角速度256の入力に対応して、Y軸方向に第2のコリオリ力254を発生させる。第1の実施形態との違いは、2つの方向の参照振動を第1の質量部201と第2の質量部202とで分担して行っている点である。

30

【0028】

図3(b)は、第2の実施形態の2軸角速度センサについての構成を示したブロック図である。X軸方向に駆動力257を発生させる第1の駆動部203が、第1の質量部201に第1の参照振動251(X軸方向)を発生させる。ここに角速度255(Z軸回り)が与えられると、Y軸方向にコリオリ力253が発生する。同様に、Z軸方向に駆動力258を発生させる第2の駆動部204が、第2の質量部202に第2の参照振動252(Z軸方向)を発生させる。ここに角速度256(X軸回り)が与えられると、Y軸方向にコリオリ力254が発生する。両方の質量部201、202で発生したコリオリ力253、254は両方とも検出用構造体205に対してY軸方向に作用する。本実施形態では、検出用構造体205は、2つの質量部で発生するコリオリ力253、254の合力に応じて、Y軸方向に変位量259だけ変位する。第1の実施形態との違いは、2つの質量部の2つの参照振動により発生した2つのコリオリ力が検出用構造体205に作用し、変位を起こす点である。

40

【0029】

以下、本実施形態の具体的な構成例について、図4を用いて説明する。図4は本実施形態の好適な構成例を示す分解斜視図である。本実施形態の2軸角速度センサ2は、検出用構造体205が支持基板21上に、Y軸に対して柔らかく他の2軸に対して硬く設計されたバネ2101で支持されている。検出用構造体205上にはY軸方向に可動櫛歯電極2102、2103が設けられており、これに対して、支持基板21上には対向電極(固定櫛歯電極)2104、2105がある。

50

更に、検出用構造体205には、X軸方向に柔らかく他の方向に硬いバネ2106で支持された第1の質量部201と、Z方向に柔らかく他の方向に硬いバネ2107で支持された第2の質量部202がある。

【0030】

また、第1の質量部201は可動櫛歯電極2108、2109を備え、検出用構造体205上の固定櫛歯電極2110、2111を対向電極として駆動力257を発生させる。可動櫛歯電極2108、2109、固定電極2110、2111を総称して第1の駆動部203と呼ぶ。第2の質量部202は、その表面上の可動電極2112と、その裏面上の可動電極（不図示）を備える。また、支持基板21の上に取り付けられる支持基板22の下面には固定電極221があり、支持基板21の下に取り付けられる支持基板23の上面には固定電極231がある。2つの可動電極2112は、夫々、固定電極221、231を対向電極として、駆動力258を発生させる。2つの可動電極2112、固定電極221、231を総称して第2の駆動部204と呼ぶ。

10

【0031】

第1の質量部201は、駆動部203によって発生する駆動力257によってX軸方向に参照振動251を行い、Z軸回りの角速度255に対してY軸方向へのコリオリ力253を発生する。バネ2106はY軸方向に硬いため、コリオリ力253は質量部201と共に検出用構造体205にも伝わる。同様に、第2の質量部202は駆動部204で発生する駆動力258によってZ軸方向に参照振動252を行い、X軸回りの角速度256に対してY軸方向へのコリオリ力254を発生する。バネ2107もY軸方向に硬いため、コリオリ力254は質量部202と共に検出用構造体205にも伝わる。この様にしてコリオリ力253及びコリオリ力254は検出用構造体205をY軸方向に変位させる。

20

【0032】

この結果、2軸角速度センサ2にX軸回りの角速度256、Z軸回りの角速度255が入力されると、検出用構造体205に対してY軸方向のコリオリ力254及びコリオリ力253が作用する。2つのコリオリ力が作用することで、検出用構造体205が変位する。これにより、可動櫛歯電極2102と固定電極2104の間、可動櫛歯電極2103と固定電極2105の間の静電容量が変化する。この静電容量の変化を検出することで、2つの軸回りの角速度により発生するコリオリ力の大きさの合計を検出できる。その後、制御部206を用いて、夫々の軸回りの角速度を分離することで2軸回りの角速度を得る。

【0033】

30

以上の様に、本実施形態でも、上記一次元の自由度の方向は、第1の軸（Z軸）及び第2の軸（X軸）と異なる第3の軸（Y軸）方向である。検出用構造体205は、第3の軸上に、第2の軸方向に振動可能に支持された第1の質量部と、第1の軸方向に振動可能に支持された第2の質量部とを備える。第1の質量部は第1の駆動部により第1の参照振動を行い、第2の質量部は第2の駆動部により第2の参照振動を行う。

【0034】

本実施形態において、第1の軸と第2の軸は直交しているが、その他の種々の角度を取り得る。すなわち、コリオリ力は参照振動、角速度入力と垂直に作用するから、第1の軸と第2の軸は第3の軸と直交する平面内において任意の角度で設定した場合には、コリオリ力の作用方向は第3の軸で一致する。このように、第1の軸、第2の軸が直交することは必須ではない。ただし、この構成で検出される角速度は、第3の軸と垂直な平面内で、第1の軸に直交する軸回りの角速度と、第3の軸と垂直な平面内で第2の軸に直交する軸回りの角速度となる。

40

【0035】

第1の軸と第2の軸が直交しない構成は、例えば以下のように構成可能である。本構成では第3の軸に直交する平面上に、第3の軸方向に軟らかいバネで支持された検出用構造体を備える。また、第3の軸に直交する平面内の任意の2方向を第1の軸、第2の軸とすると、検出用構造体は第1の軸方向に振動可能に支持された第1の質量部、第2の軸方向に振動可能に支持された第2の質量部を備える。ここでは、第1の質量部は第1の駆動部により第1の参照振動を行い、第2の質量部は第2の駆動部により第2の参照振動を行う。

50

【0036】

また、本実施形態において、検出用構造体が第2の軸方向にも変位可能に支持されると共に、第3の軸上に、第1の軸方向へ変位可能に支持された質量部（上記第2の質量部に対応する）を備える形態にも変更できる。ここでは、検出用構造体は第1の駆動部により第1の参照振動を行い、質量部は第2の駆動部により第2の参照振動を行う。この構成は、次の様に、図4の構成を包含する構成と見なすこともできる。すなわち、図4の構成において、Y軸である第3の軸方向に変位可能な検出用構造体205に、X軸である第2の軸方向へ変位可能に支持された第1の質量部201を含ませて、新たに検出用構造体と見なす。そして、この検出用構造体205、201が、第3の軸上に、Z軸である第1の軸方向へ変位可能に支持された質量部（第2の質量部）202を備えると見るのである。

10

【0037】

本実施形態では、2軸回りの角速度作用時に発生するコリオリ力を1つの検出用構造体205に同一方向で作用させ、検出用構造体205の動きを検出する様に構成した。また、2つの参照振動を2つの質量部201、202に分担させた。本実施形態によれば、角速度センサを構成するバネが単一方向にのみ柔らかくなる様に設計できるため、他の軸回りの角速度がノイズとして検出される可能性の小さいバネ設計が容易になる。これにより、角速度センサの検出精度を高めることが可能になる。

【0038】

（第3の実施形態）

本発明の角速度センサは、2つの軸回りの角速度から発生するコリオリ力の方向を一致させ、その両方による検出用構造体の変位を1系統の変位検出手段で検出する。そのため、第1の実施形態、第2の実施形態で述べた角速度センサの分離・検出機構として、夫々の軸回りの角速度を得るために、制御部を設けた。以下に第2の実施形態を用いて、制御部の構成について説明する。勿論、ここでの角速度の分離・検出方法は他の実施形態で用いることもできる。

20

【0039】

第3の実施形態では、2つの質量部201、202を交互に参照振動させ、夫々の質量部が発生するコリオリ力が独立に検出用構造体205に作用する時間を利用して各軸回りの角速度を独立に検出する。すなわち、本実施形態では、2軸回りの角速度の出力は時分割により分離される。このための機構について以下に図5と図6を用いて説明する。

30

【0040】

図5は本実施形態の分離・検出機構に関する図である。第2の実施形態と同じ機能の部分については、同じ番号で示している。本実施形態に係る2軸1電極検出角速度センサの分離・検出機構について説明する。第1の駆動部203及び第2の駆動部204は、制御部301の指令を受けて動く様になっている。制御部301は、出力データ制御部3011と駆動制御部3012で構成される。出力データ制御部3011は、駆動制御部3012に、駆動部203と駆動部204の動作切り換え信号（動作選択信号）を送出する。駆動制御部3012は、動作切り換え信号を受けて、駆動部203と駆動部204に交互に駆動信号を供給する。これにより、駆動部203及び駆動部204が交互に動作し、駆動力257と駆動力258を発生する。この結果、質量部201、202は間歇的に参照振動する。

40

【0041】

このとき、検出用構造体205には、質量部201で発生する第1のコリオリ力253と質量部202で発生する第2のコリオリ力254が交互に作用する。この結果、出力データ制御部3011は、駆動する質量部を切り換える毎に、異なる軸回りの角速度に起因する検出用構造体205の変位量を検出することになる。出力データ制御部3011では、駆動制御部3012に出力している情報により、検出用構造体205の変位量がどちらの軸回りの角速度によるものかを判断し、角速度信号を外部に送出する。

【0042】

図6は、第3の実施形態における駆動力257及び駆動力258の印加状態と検出用構造体205の動き（参照振動）の時間変化を示す図である。駆動部203及び駆動部204の駆動/停止が切

50

り替わることにより、異なる軸回りの角速度がY軸方向の位置変化に現れている。この様に、本実施形態の特徴は、夫々の軸回りに加わる角速度を時間軸で分離し、検出していることである。

【0043】

以上の様に、本実施形態では、制御部301が出力データ制御部3011と駆動制御部3012を備え、出力データ制御部は、駆動制御部に指示して第1の参照振動と第2の参照振動を交互に励起させる。そして、選択した参照振動の情報を用いて2軸回りの角速度信号を振り分ける。こうして、制御部301は、上記変位検出手段で検出された第1のコリオリ力と第2のコリオリ力に起因する変位に夫々対応する信号を分離し、第1の軸回りと第2の軸回りの角速度信号を取得する。

10

【0044】

信号処理手段である制御部301は、例えばCPUの様なデジタル演算処理装置を用いて構成できる。本実施形態によれば、2つの質量部201、202で発生する振動の相互干渉を抑えられると共に、2つの質量部で発生するコリオリ力253、254を簡単な構成で分離することが可能である。

【0045】

なお、本実施形態では、2つの質量部のうち片方を駆動するステップと他方を駆動するステップを交互に配置したが、この間に双方ともに駆動しない第3のステップがあってもよい。この様に構成することで、2つの質量部201、202で発生する振動の干渉の更なる低減が可能となり、2軸回りの2軸角速度を1軸で検出する角速度センサを構成することが容易になる。

20

【0046】

また、質量部201及び質量部202を共振駆動する場合、2つの質量部201及び質量部202の共振周波数が異なるよう構成すると更に良い。この様に構成することで、2つの質量部で発生する振動の干渉を更に抑制できる。

【0047】

また、共振駆動をしない場合は、駆動対象となっている質量部以外への影響を低減するため、駆動対象でない質量部の共振周波数を避けて駆動周波数を選択すると良い。この様に構成することで、質量部での不要な参照振動の発生を更に低減できることから、検出精度が向上する。

30

【0048】

(第4の実施形態)

第4の実施形態を説明する。本実施形態では、2つの質量部201と質量部202が異なる周波数で駆動する。これにより、それぞれの質量部は互いに異なる周波数のコリオリ力を発生する。制御部は、検出用構造体205で検出されたコリオリ力の合計値を周波数により分離し、二軸回りの角速度を検出する。このための分離・検出機構について図7と図8を用いて説明する。以下に第2の実施形態を用いて、制御部の構成について説明する。勿論、ここでの角速度の分離・検出方法も他の実施形態で用いることができる。

【0049】

図7は、第3の実施形態で説明した分離・検出機構とは別形態の分離・検出機構を示す図である。本実施形態では、制御部401は、出力データ制御部4011と駆動制御部4012を備える。駆動制御部4012の指令信号402により、駆動部203は第1の質量部201を第1の周波数 f_1 で駆動する。同様に、駆動制御部4012の指令信号403により、駆動部204は第2の質量部202を第2の周波数 f_2 で駆動する。2つの駆動部203、204は同時に駆動力を発生する。この時、第1の質量部201で発生したコリオリ力253は第1の周波数 f_1 を持つ波の振幅として検出され、第2の質量部202で発生したコリオリ力254は第2の周波数 f_2 を持つ波の振幅として検出される。検出用構造体205では、第1の質量部201で検出される角速度と第2の質量部202で検出される角速度の和に応じた変位(Y軸方向の位置変化)が発生する。

40

【0050】

出力データ制御部4011は、検出用構造体205の変位データから、周波数毎にパワーを算出

50

することで、2つの質量部201、202で発生したコリオリ力を分離する。

【0051】

図8(a)は、第4の実施形態における駆動力257及び駆動力258の印加状態と、そのときに発生する検出電極の変位（Y軸方向の位置変化）の時間変化を示す図である。図8(b)に示す様に、検出電極の変位を周波数分離すると、夫々、駆動力257及び駆動力258の周波数 f_1 、 f_2 付近に振幅のピークが出る。ここで算出された振幅が角速度検出結果となる。この様に出力データ制御部4011で周波数分離を行うことにより、2軸回りの角速度を分離することができる。

【0052】

以上の様に、本実施形態では、制御部401が出力データ制御部4011と駆動制御部4012を備える。そして、駆動制御部は、異なる周波数で第1の参照振動と第2の参照振動を励起し、出力データ制御部は、周波数分離により2軸回りの角速度信号を振り分ける。ここでも、制御部401は、上記変位検出手段で検出された第1のコリオリ力と第2のコリオリ力に起因する変位に夫々対応する信号を分離し、第1の軸回りと第2の軸回りの角速度信号を取得する。

10

【0053】

本実施形態によれば、2つの軸回りの角速度を連続的に検出可能である。本実施形態は、周波数分割により2軸回りの角速度を分離している点が第3の実施形態と異なる。

【0054】

データ制御部4011は、フーリエ変換する手段を用いて構成できる。フーリエ変換器を用いることで、信号の劣化を招くことなく2つの軸回りの角速度を分離することができる。また、データ制御部4011はフィルタを用いても構成できる。フィルタを用いることで、演算回路を用いることなく、簡易な構成で信号を分離することができる。なお、本実施形態の分離・検出方法（周波数分離法）と第3の実施形態の分離・検出方法（時分割法）を組み合わせることもできる。こうすれば、2つの質量部で発生する振動の干渉を更に抑制することができる。

20

【0055】

（第5の実施形態）

第5の実施形態を説明する。本実施形態では、検出用構造体509として回転可能に支持されたものを用いる。また、質量部の発生するコリオリ力を検出用構造体509の回転中心から等距離の点を結んで描かれる円の接線方向に一致させる。検出用構造体509は接線方向に回転し、これが、コリオリ力による変位として検出される。以下に本実施形態について図を用いて説明する。

30

【0056】

図9(a)は、本実施形態の2軸角速度センサにおける参照振動、角速度入力、及びコリオリ力の発生方向を示した図である。本実施形態では、4つの質量片501、502、503、504を備える。質量片501は、Z軸方向に参照振動551を行い、X軸回りの角速度559の入力に対しY軸方向へコリオリ力555を発生させる。質量片502は、Z軸方向に質量片501と逆相で参照振動552をしており、X軸回りの角速度559の入力に対し、Y軸方向へ質量片501と逆方向のコリオリ力556を発生させる。質量片503は、Z軸方向へ参照振動553を行い、Y軸回りの角速度入力560に対しX軸方向へのコリオリ力557を発生する。質量片504は、Z軸方向へ質量片503と逆相で参照振動554をしており、Y軸回りの角速度560の入力に対し、X軸方向へ質量片503と逆の方向へのコリオリ力558を発生させる。質量片501、502が第1の質量部を構成する。質量片503、504が第2の質量部を構成する。

40

【0057】

これらを各軸毎にまとめると、Z軸は全ての参照振動の振動方向である。第1の軸であるX軸は、参照振動1（551）と参照振動2（552）に対する角速度559の入力軸であり、参照振動3（553）と参照振動4（554）に対するコリオリ力557、558の発生方向である。第2の軸であるY軸は、参照振動3（553）と参照振動4（554）に対する角速度560の入力軸であり、参照振動1（551）と参照振動2（552）に対するコリオリ力555、556の発生方向である

50

。ここでは、参照振動1(551)と参照振動2(552)が第1の参照振動であり、参照振動3(553)と参照振動4(554)が第2の参照振動である。

【0058】

図9(b)は、本実施形態の2軸角速度センサの構成を示すブロック図である。質量片501、質量片502、質量片503、質量片504は、夫々、駆動部505、駆動部506、駆動部507、駆動部508を備え、これらからの駆動力561、562、563、564を受けてZ軸(第3の軸)方向に参照振動を行う。ここにX軸回りの角速度559、Y軸回りの角速度560が入力されると、夫々の質量片ではコリオリ力555、556、557、558が発生し、検出用構造体509に作用する。

【0059】

図9(c)は、第5の実施形態における検出用構造体509上での質量片501、502、503、504の配置を示した斜視図である。検出用構造体509上には、X軸上に、円板の中心を挟んで質量片501、質量片502が配置されている。また、Y軸上に、円板の中心を挟んで質量片503、質量片504が配置されている。各質量片を参照振動させるバネはZ軸方向にのみ柔らかく設計されているため、各質量片で発生するコリオリ力はすべて、検出用構造体509の回転中心から等距離の点を結んで描かれる円の接線方向に作用する。この結果、検出用構造体509は回転中心を軸に回転変位する。このZ軸回りの位置変化を検出し、制御部510で分離することで、2軸回りの角速度の大きさを検出できる。

【0060】

第1の実施形態、第2の実施形態と異なり、コリオリ力の発生方向は円板の検出用構造体509の回転中心から等距離の点を結んで描かれる円の接線方向に揃えられている。この様に、2つの軸回りの角速度で発生するコリオリ力の作用方向が回転中心から等距離の点を結んで描かれる円の接線方向に一致している点が本実施形態の特徴である。以下に本実施形態の好適な構成例について図10を用いて説明する。

【0061】

図10(a)は、第5の実施形態の好適な構成例を示す平面図である。図10(b)は、図10(a)の各支持基板51、52、53のZ方向の配置を示した図である。本実施形態の2軸角速度センサ5は、検出用構造体509がバネ5101によって支持基板51に回転方向に運動可能に設置されている。検出用構造体509は円板状であり、可動櫛歯電極5102が回転方向の変位を取得可能に取り付けられており、これに対して、支持基板51には対向電極(固定櫛歯電極)5103、5104が設置される。更に、検出用構造体509には、Z方向に柔らかく他の方向に硬いバネ5105、5106、5107、5108で支持された第1の質量片501、第2の質量片502、第3の質量片503、第4の質量片504がある。質量片501と質量片502は等しい大きさ(マス)を持ち、X軸上に、円板の回転中心を挟んで等距離に配置されている。同様に、質量片503及び質量片504は等しい大きさ(マス)を持ち、Y軸上に、円板の回転中心を挟んで等距離に配置されている。

【0062】

第1の質量片501は、上面に可動電極5110、下面に可動電極(不図示)を備え、支持基板52の下面に設置された固定電極521及び支持基板53の上面に設置された固定電極531との間でZ軸方向への駆動力561を発生させる。第1の質量片501上の2つの可動電極5110(1つは不図示)、固定電極521、531を総称して駆動部1(505)と呼ぶ。

【0063】

同様に、第2の質量片502は、上面に可動電極5112、下面に可動電極(不図示)を備え、支持基板52の下面に設置された固定電極522及び支持基板53の上面に設置された固定電極532との間でZ軸方向への駆動力562を発生させる。第2の質量片502上の2つの可動電極5112(1つは不図示)、固定電極522、532を総称して駆動部2(506)と呼ぶ。駆動部1(505)と駆動部2(506)が第1の駆動部を構成する。

【0064】

同様に、第3の質量片503は、上面に可動電極5114、下面に可動電極(不図示)を備え、支持基板52の下面に設置された固定電極523及び支持基板53の上面に設置された固定電極533との間でZ軸方向への駆動力563を発生させる。第3の質量片503上の2つの可動電極5114(

1つは不図示)、固定電極523、533を総称して駆動部3(507)と呼ぶ。

【0065】

同様に、第4の質量片504は、上面に可動電極5116、下面に可動電極(不図示)を備え、支持基板52の下面に設置された固定電極524及び支持基板53の上面に設置された固定電極534との間でZ軸方向への駆動力564を発生させる。第4の質量片504上の2つの可動電極5116(1つは不図示)、固定電極524、534を総称して駆動部4(508)と呼ぶ。駆動部3(507)と駆動部4(508)が第2の駆動部を構成する。

【0066】

上記の様な構成で2軸角速度センサを構成し、角速度を検出する時は、可動櫛歯電極5102と固定電極5103、5104の間の静電容量の変化を検出することにより、Z軸回りの回転方向の位置変化の情報を得る。

10

【0067】

質量片501及び質量片502は、駆動部505と駆動部506によって互いに逆相に駆動され、X軸回りの角速度入力559に対して、検出用構造体509の回転中心から等距離の点を結んで描かれる円の接線方向へのコリオリ力を発生させる。また、質量片503及び質量片504は、駆動部507と駆動部508によって互いに逆相に駆動され、Y軸回りの角速度入力560に対して、検出用構造体509の回転中心から等距離の点を結んで描かれる円の接線方向へのコリオリ力を発生させる。これにより、可動櫛歯電極5102と固定電極5103、5104の間の静電容量が変化する。この静電容量の変化を検出することで、Z軸回りの回転方向の位置変化を検出し、コリオリ力の強さを検出できる。

20

【0068】

その後、制御部510を用いて、夫々の軸回りの角速度559、560を分離することで2軸回りの角速度を得る点は、第1の実施形態、第2の実施形態と同様である。

【0069】

本実施形態では、検出用構造体509の回転中心を挟んで互いに反対側に同じ大きさで逆向きのコリオリ力を発生させる質量片が対で設けられていることが望ましい。その理由は、これにより、X軸方向、Y軸方向に働く力の和をゼロにでき、Z軸回りの回転モーメントのみを検出用構造体509に与えることが可能になるためである。なお、本実施形態では、同じ大きさ(マス)を持つ2つの質量片を検出用構造体509の回転中心に関して対称に配置したが、発生するコリオリ力の絶対値が等しければ、必ずしもこの構成にする必要はない。すなわち、検出用構造体509の回転中心からの位置や、参照振動の駆動振幅の調整によって、発生するコリオリ力の絶対値の等しい質量片を第1の質量部、第2の質量部として配置する他の構成も採り得る。

30

【0070】

以上の様に、本実施形態では、検出用構造体509は、第1の軸上(X軸上)に第3の軸(Z軸)方向に振動可能に支持された第1の質量部を備え、第2の軸上(Y軸上)に第3の軸方向に振動可能に支持された第2の質量部を備える。そして、検出用構造体の一次元の自由度の方向が、第1の軸及び第2の軸と異なる第3の軸の回りである。

【0071】

より具体的には、上記第1の質量部と上記第2の質量部は、夫々2つ以上の質量片(上記構成例では、第1と第2の質量片、及び第3と第4の質量片)を備える。そして、第1の質量部と第2の質量部は、夫々、検出用構造体の回転中心を原点とする互いに直交した2本の軸上に、等価なコリオリ力を発生する質量片を、他方の軸を挟んで配置している。また、上記他方の軸を挟んで配置された、等価なコリオリ力を発生する質量片は、夫々、互いに逆相で振動する。

40

【0072】

本実施形態では、直交する2つの軸上に質量片の対を配置する構成としたが、第2の実施形態と同様、Z軸と直交する平面上において任意の2本の軸を選択し、これらの軸上に、質量片の対を夫々配置する構成としてもよい。

【0073】

50

本実施形態によれば、検出用構造体509の中心からの各質量片の位置や各質量片の大きさ（マス）により、検出用構造体の回転への寄与度合いを変更することができる。2つの質量片対を異なる周波数で駆動する場合、コリオリ力もこれらの周波数で検出用構造体509に作用する。このため、検出用構造体509を支えるバネ5101の特性によっては、2つの軸回りの角速度に対する感度が大きく異なり、これが検出感度の違いとなって現れる可能性もある。しかし、本実施形態によれば、検出用構造体509の中心からの各質量片の位置により2つの軸の感度を略一致させることが可能になる。2つの軸の感度が略一致することは、検出分解能の観点からも望ましい。第2の実施形態などでは、各質量部の大きさを変えることで、2つの軸の感度を略一致させることができる。

【0074】

10

（その他の実施形態）

その他の実施形態として、角速度の入力軸毎に検出感度を調整するため、質量部ないし質量片の参照振動の振幅を変更してもよい。また、参照振動する質量部の駆動速度を大きくすることで、コリオリ力が大きくなり、検出感度を向上させることが可能になる。このためには、各実施形態の駆動部に駆動力を調整するための調整ブロックを設ければよい。同様に、入力軸の検出感度を調整するため、質量部の大きさを変更してもよい。質量部のマスが大きくなるほど大きなコリオリ力が発生するため、大きなマスを配置すると、感度を向上させることが可能になる。このような形態にすることで、容易に2つの軸回りに作用する角速度の検出感度を略一致させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

20

【0075】

【図1】(a)は第1の実施形態の2軸角速度センサにおける参照振動、角速度入力、及びコリオリ力の方向を示した図であり、(b)は第1の実施形態の2軸角速度センサの構成を示したブロック図である。

【図2】(a)は第1の実施形態の好適な構成例を示す分解平面図であり、(b)は(a)の各基板のZ方向の配置を示した図である。

【図3】(a)は第2の実施形態の2軸角速度センサにおける参照振動、角速度入力、及びコリオリ力の方向を示した図であり、(b)は第2の実施形態の2軸角速度センサの構成を示したブロック図である。

【図4】第2の実施形態の好適な構成例を示す分解斜視図である。

30

【図5】本発明の2軸角速度センサにおける分離・検出機構の一例を備える第3の実施形態のブロック図である。

【図6】第3の実施形態の分離・検出機構における2つの駆動力の印加状態と、検出用構造体の位置変化の時間変化を示す図である。

【図7】本発明の2軸角速度センサにおける分離・検出機構の他の例を備える第4の実施形態のブロック図である。

【図8】第4の実施形態の分離・検出機構における2つの駆動力の印加状態と、検出用構造体の位置変化の時間変化を示す図である。

【図9】(a)は第5の実施形態の2軸角速度センサにおける参照振動、角速度入力、及びコリオリ力の発生方向を示した図であり、(b)は第5の実施形態の2軸角速度センサの構成を示すブロック図であり、(c)は第5の実施形態における検出用構造体上での質量部の配置を示した斜視図である。

40

【図10】(a)は第5の実施形態の好適な構成例を示す分解平面図であり、(b)は(a)の各基板のZ方向の配置を示した図である。

【図11】背景技術の2軸角速度センサを示す模式図である。

【符号の説明】

【0076】

11、21、51 支持基板

101、205、509 検出用構造体

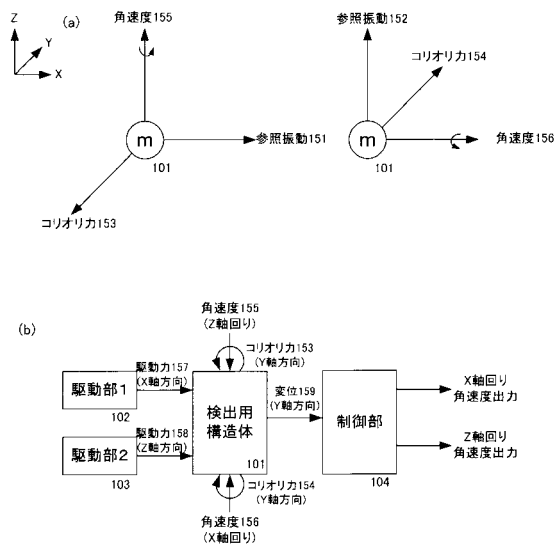
102、203、505、506 第1の駆動部

50

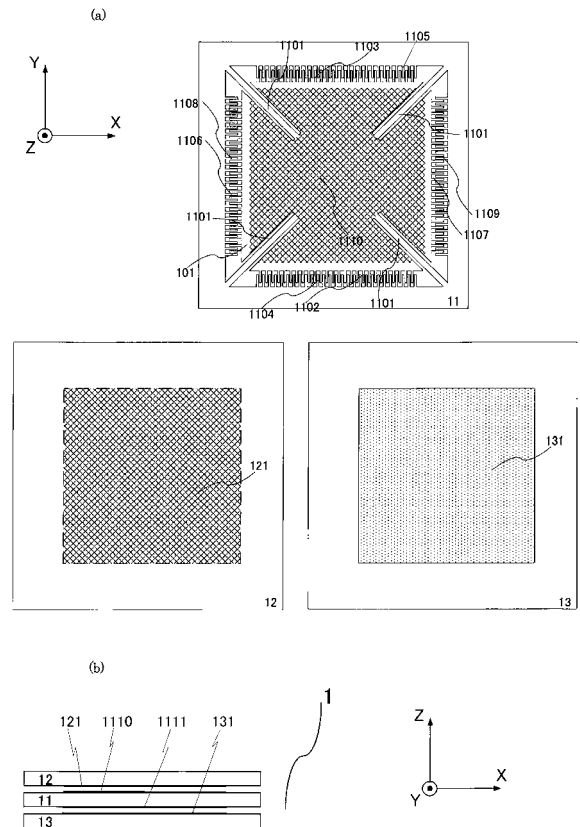
- 103、204、507、508 第2の駆動部
 104、206、301、401、510 制御部
 121、131、221、231、523、524、533、534 第2の駆動部（駆動用固定電極）
 151、251、551、552 第1の参照振動
 152、252、553、554 第2の参照振動
 153、253、555、556 第1のコリオリ力
 154、254、557、558 第2のコリオリ力
 155、255、559 第1の軸回りの角速度
 156、256、560 第2の軸回りの角速度
 201、501、502 第1の質量部（第1の質量片、第2の質量片）
 202、503、504 第2の質量部（第3の質量片、第4の質量片）
 521、522、531、532、1108、1109、2110、2111 第1の駆動部（駆動用固定電極）
 1110、1111、2112、5114、5116 第2の駆動部（駆動用可動電極）
 1102、1103、2102、2103、5102 変位検出手段（検出用可動電極）
 1104、1105、2104、2105、5103、5104 変位検出手段（検出用固定電極）
 1106、1107、2108、2109、5110、5112 第1の駆動部（駆動用可動電極）

10

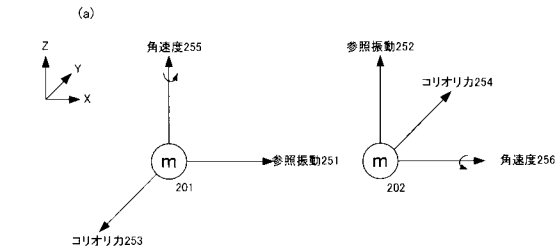
【図 1】



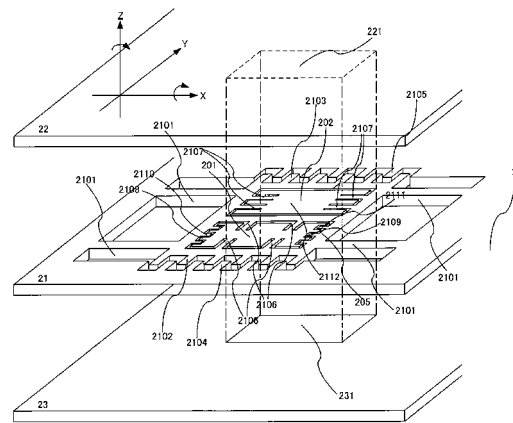
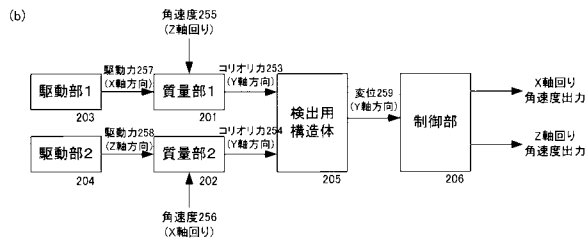
【図 2】



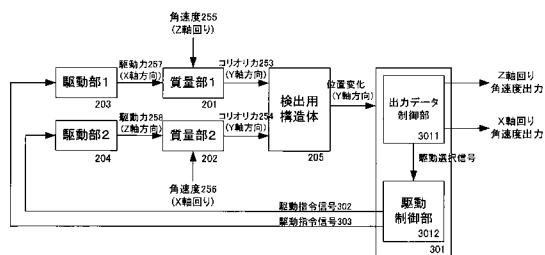
【図 3】



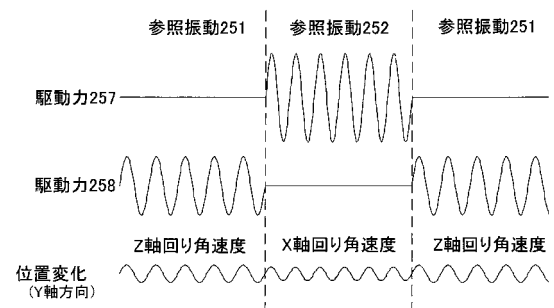
【図 4】



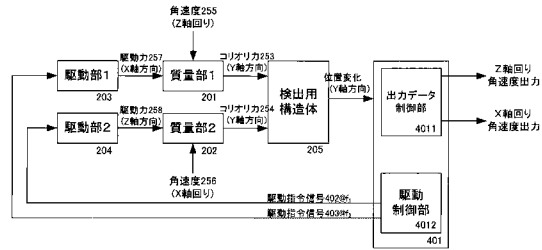
【図 5】



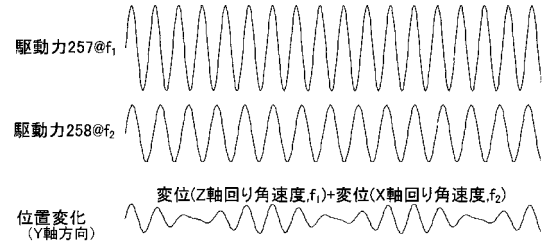
【図 6】



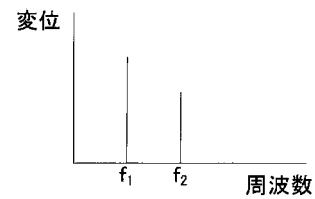
【図 7】



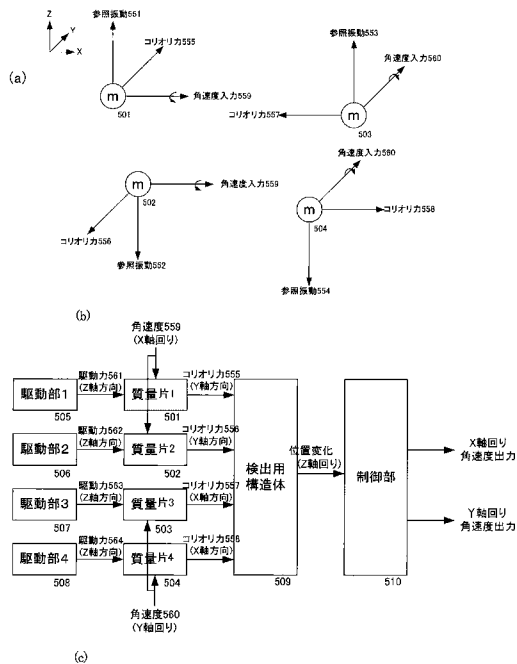
【図 8】



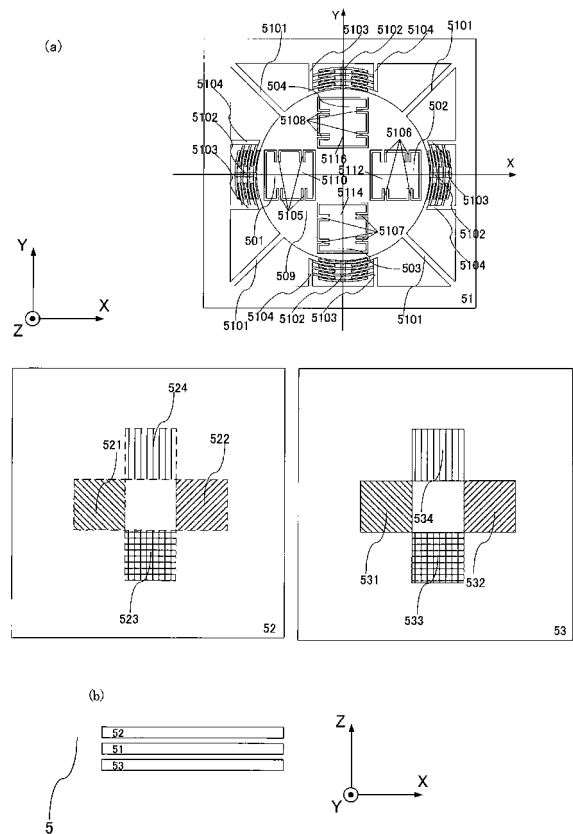
(b)



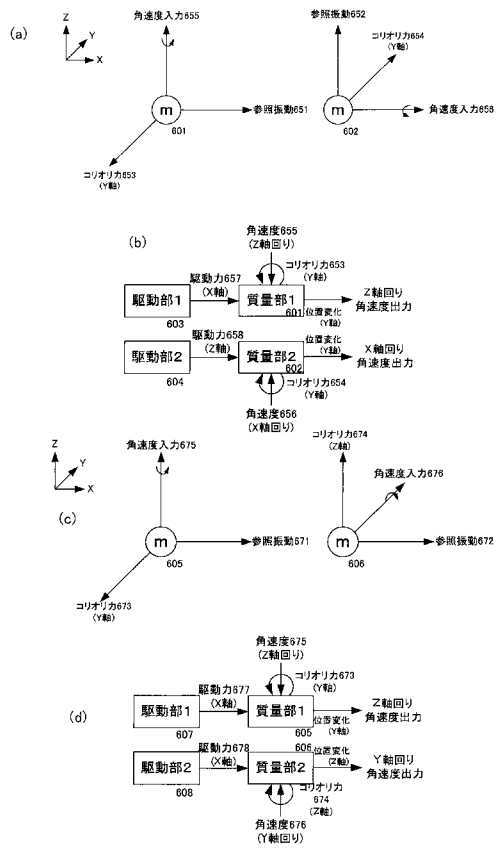
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平02-129513(JP,A)
特開平11-295075(JP,A)
特開2007-240518(JP,A)
特開2002-195832(JP,A)
特開昭62-280609(JP,A)
特開2006-521560(JP,A)
国際公開第2006/034706(WO,A1)
特開2007-271611(JP,A)
特開平10-47972(JP,A)
特表2010-501831(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56 - 19/5783