

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3885944号  
(P3885944)

(45) 発行日 平成19年2月28日(2007.2.28)

(24) 登録日 平成18年12月1日(2006.12.1)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 C 19/56 (2006.01)** GO 1 C 19/56  
**GO 1 P 9/04 (2006.01)** GO 1 P 9/04

請求項の数 6 (全 9 頁)

|           |                               |           |   |
|-----------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2002-117549 (P2002-117549)  | (73) 特許権者 | 000004064<br>日本碍子株式会社<br>愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 |
| (22) 出願日  | 平成14年4月19日(2002.4.19)         | (74) 代理人  | 100097490<br>弁理士 細田 益稔                      |
| (65) 公開番号 | 特開2003-315046 (P2003-315046A) | (74) 代理人  | 100097504<br>弁理士 青木 純雄                      |
| (43) 公開日  | 平成15年11月6日(2003.11.6)         | (72) 発明者  | 榊田 昌明<br>愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号<br>日本碍子株式会社内    |
| 審査請求日     | 平成17年3月16日(2005.3.16)         | (72) 発明者  | 菊池 尊行<br>愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号<br>日本碍子株式会社内    |
|           |                               | 審査官       | ▲うし▼田 真悟                                    |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動子および振動型ジャイロスコープ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも互いに直交する第一の軸および第二の軸の回りの各回転角速度を検出するときに利用される振動子であって、

前記第一の軸の回りの回転角速度を検出するための第一の駆動振動片および第一の検出振動片と、

前記第二の軸の回りの回転角速度を検出するための第二の駆動振動片および第二の検出振動片と、

前記第一の駆動振動片、前記第一の検出振動片、前記第二の駆動振動片、および前記第二の検出振動片を接続している連結部と

を備えており、

前記第一の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数が、前記第二の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数と異なり、前記振動子が所定の平面に沿って延びており、前記第一の軸が前記平面に垂直な軸であることを特徴とする、振動子。

【請求項2】

前記第一の駆動振動片の駆動振動モードが、前記第二の駆動振動片の駆動振動モードと倍数波の関係にないことを特徴とする、請求項1記載の振動子。

【請求項3】

第三の軸の回りの回転角速度を検出するための第三の駆動振動片および第三の検出振動片をさらに備えており、

前記連結部が、前記第三の駆動振動片および前記第三の検出振動片をさらに接続していることを特徴とする、請求項 1 または 2 記載の振動子。

【請求項 4】

前記第一の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数が、前記第三の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数と異なっていることを特徴とする、請求項 3 記載の振動子。

【請求項 5】

前記第二の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数が、前記第三の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数と異なっていることを特徴とする、請求項 3 または 4 記載の振動子。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一つの請求項に記載の振動子を備えていることを特徴とする、振動型ジャイロスコープ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、振動子および振動型ジャイロスコープに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

例えば自動車の車体回転速度フィードバック式の車両制御方法に用いる回転速度センサーに、振動型ジャイロスコープを使用することが検討されている。こうしたシステムにおいては、操舵輪の方向をハンドルの回転角度によって検出する。これと同時に、実際に車体が回転している回転速度を振動ジャイロスコープによって検出する。そして、操舵輪の方向と実際の車体の回転速度を比較して差を求め、この差に基づいて車輪トルク、操舵角に補正を加えることによって、安定した車体制御を実現する。

【0003】

こうした振動型ジャイロスコープでは、3軸方向の各回転角速度を検出することが望まれる。本出願人は、3軸方向の各回転角速度を検出するための振動型ジャイロスコープを、特開 2001-12953 号公報において開示した。これは、一体の平面的な振動子を使用し、2つの回転軸の周りの各回転角速度を検出可能としたものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

この振動型ジャイロスコープは、2つの回転軸の回りの各回転角速度を測定できる点で優れたものであり、パッケージへの取り付けも容易であった。しかし、この振動型ジャイロスコープを用いて各回転角速度を測定した場合、振動子において発生するノイズやバラツキによって、出力誤差が生じることがあった。

【0005】

本発明の課題は、少なくとも互いに直交する第一の軸および第二の軸の回りの各回転角速度を検出するときに、振動子におけるノイズやばらつきを抑制し、出力誤差を低減可能とすることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、少なくとも互いに直交する第一の軸および第二の軸の回りの各回転角速度を検出するときに利用される振動子であって、第一の軸の回りの回転角速度を検出するための第一の駆動振動片および第一の検出振動片と、第二の軸の回りの回転角速度を検出するための第二の駆動振動片および第二の検出振動片と、第一の駆動振動片、第一の検出振動片、第二の駆動振動片、および第二の検出振動片を接続している連結部とを備えており、第一の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数が、第二の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数と異なっており、振動子が所定の平面に沿って延びており、前記第一の軸が前記平面に垂直な軸であることを特徴とする。

10

20

30

40

50

## 【0007】

従来の2軸検出用振動子においては、駆動振動片に駆動振動を励振した後、第一の検出振動片において例えばX軸周りの回転角速度を検出し、第二の検出振動片においてY軸周りの回転角速度を検出する。ここで、第一の検出振動片において検出される検出振動モードと第二の検出振動片において検出される検出振動モードとは、同じ駆動振動モードに基づいて励振された振動モードである。このため、たとえ第一の検出振動片と第二の検出振動片とが分離されていても、両者の間で結合が発生し、回転角速度の測定値にノイズやバラツキを発生させることを見いだした。

## 【0008】

本発明者は、第一の回転軸の周りの回転角速度を検出するために利用する駆動振動片と、第二の回転軸の周りの回転角速度を検出するために利用する駆動振動片とを分離し、互いに異なる周波数で励振することを想到した。この結果、前述のような結合や干渉が抑制されることを見いだした。

10

## 【0009】

本発明においては、各回転軸に対応して駆動振動片を分離すると共に、各駆動振動片における駆動振動モードの固有共振周波数を互いに異ならせる。この際には、検出振動における結合や干渉を抑制するという観点からは、第一の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数  $f_1$  と、第二の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数  $f_2$  との差 ( $f_1 - f_2$ ) は、3 kHz 以上であることが好ましく、6 kHz 以上であることが更により好ましい。

20

## 【0010】

また、第一の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数  $f_1$  と、第二の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数  $f_2$  とは、互いに倍数波の関係にないことが好ましい。ここで、倍数波の関係にないとは、例えば2倍波、3倍波に該当しないことを意味している。一般的には、各駆動振動モードの各固有共振周波数が、互いに整数倍に該当しないことを意味している。

## 【0011】

## 【発明の実施の形態】

好適な実施形態においては、第三の軸の周りの回転角速度を検出するための第三の駆動振動片および第三の検出振動片をさらに備えており、連結部は、第三の駆動振動片および第三の検出振動片をさらに接続していてもよい。

30

## 【0012】

また、好適な実施形態においては、第一の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数  $f_1$  が、第三の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数  $f_3$  と異なっている。この場合には、検出振動における結合や干渉を抑制するという観点からは、( $f_1 - f_3$ ) は、3 kHz 以上であることが好ましく、6 kHz 以上であることが更により好ましい。

## 【0013】

好適な実施形態においては、第二の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数  $f_2$  が、第三の駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数  $f_3$  と異なっている。この場合には、検出振動における結合や干渉を抑制するという観点からは、( $f_2 - f_3$ ) は、3 kHz 以上であることが好ましく、6 kHz 以上であることが更により好ましい。

40

## 【0014】

各駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数を制御する方法自体は公知である。例えば、駆動振動片の材質、幅、厚さ、長さを変更することによって、対応する駆動振動片の駆動振動モードの固有共振周波数を変更することができる。

## 【0015】

本発明においては、振動子が所定の平面に沿って延びており、第一の軸が前記平面に垂直な軸である。

## 【0016】

図1は、本発明の第一の実施形態に係る振動子1Aの平面図である。振動子1Aは、所定

50

平面、即ちXY平面に沿って延びている。図2は、図1に示す振動子1Aにおいて、第二の軸すなわちX軸の回りの回転角速度を検出するときに利用される要部を模式的に示す。図3は、図1に示す振動子1Aにおいて、第三の軸すなわちY軸の回りの回転角速度を検出するときに利用される要部を模式的に示す。

**【0017】**

振動子1Aは、所定平面に垂直な軸である第一の軸すなわちZ軸の回りの回転角速度を検出するための第一の駆動振動片14A、14B、14C、14Dおよび第一の検出振動片20A、20Bと、X軸の回りの回転角速度を検出するための第二の駆動振動片30A、30Bおよび第二の検出振動片40A、40Bと、Y軸の回りの回転角速度を検出するための第三の駆動振動片50A、50Bおよび第二の検出振動片60A、60Bと、これらの駆動振動片および検出振動片を接続している連結部6とを備えている。

10

**【0018】**

振動片20A、20Bの先端側には、幅の広い重量部20aが設けられている。振動片30A、30B、40A、40Bの先端側には、幅の広い重量部30a、40aが設けられている。振動片50A、50B、60A、60Bの先端側には、幅の広い重量部50a、60aが設けられている。

**【0019】**

振動子1Aは、たとえば重心G0およびその近傍を支持部100によって実装基板(図示せず)に固定されて利用される。

**【0020】**

各軸の回りの回転角速度の検出方法を概略的に述べる。ただし、各軸に対する検出方法における駆動手段および検出手段は周知慣用技術であるので、図示省略する。

20

**【0021】**

まず、Z軸の回りの回転角速度の検出に係る構成および動作について述べる。振動子1Aの連結部6は、振動子1Aの重心G0を中心として、4回対称の正方形をしている。連結部6の周縁部から、四方に向かって放射状に、二つの支持部15A、15Bと二つの第一の検出振動片20A、20Bとが突出しており、両者は互いに分離されている。第一の駆動振動片14A、14Bは、支持部15Aの先端側から支持部15Aに直交する方向に延びるように設けられている。第一の駆動振動片14C、14Dは、支持部15Bの先端側から支持部15Bに直交する方向に延びるように設けられている。

30

**【0022】**

駆動モードにおいては、第一の駆動振動片14A、14B、14C、14Dを支持部15A、15Bの末端部分を中心として矢印AYのようにXY面内でY軸の方向に屈曲振動させる。検出モードにおいては、支持部15A、15Bが連結部6への付け根を中心として矢印CXのようにX軸の方向に周方向に屈曲振動し、これに対応して第一の検出振動片20A、20Bが矢印BYのように屈曲振動する。第一の検出振動片20A、20Bに励起される各検出振動を測定することによって、Z軸の回りの回転角速度を測定する。

**【0023】**

次に、X軸の回りの回転角速度の検出に係る構成および動作について述べる。図2に示すように、連結部6の周縁部から二つの第二の駆動振動片30A、30BがX軸に沿って突出している。また、連結部6における第二の駆動振動片30A、30Bの付け根に対向する周縁部からX軸に沿って二つの第二の検出振動片40A、40Bが突出している。このように両者は互いに分離されている。

40

**【0024】**

二つの第二の駆動振動片30A、30Bを連結部6への付け根を中心として矢印AYのように屈曲振動させる。この状態で、振動子1AをX軸の回りに回転させると、第二の駆動振動片30A、30Bは、BZのようにZ軸の方向に振動する。この際、一方の第二の駆動振動片30Aの振動の位相と他方の第二の駆動振動片30Bの振動の位相とは逆になる。これに回答して、第二の検出振動片40A、40Bが、CZのようにZ軸の方向に互いに逆位相で振動する。第二の検出振動片40A、40Bに励起される各検出振動に基づい

50

て、互いに逆相の電気信号が発生するので、その差を算出する。この差から、X軸の回りの回転角速度を算出する。

【0025】

次に、Y軸の回りの回転角速度の検出に係る構成および動作について述べる。図3に示すように、連結部6の周縁部から第三の駆動振動片50Aおよび第三の検出振動片60AがX軸およびY軸に対して交差する方向に沿って突出している。また、連結部6の周縁部から、第三の駆動振動片50Bおよび第三の検出振動片60BがX軸およびY軸に対して交差する方向に沿って突出している。第三の駆動振動片50Aおよび第三の検出振動片60Aと、第三の駆動振動片50Bおよび第三の検出振動片60Bとは、X軸に対して線対称の位置に配置されている。

10

【0026】

二つの第三の駆動振動片50A、50Bを連結部6への付け根を中心として矢印AXYのようにX軸およびY軸に対して交差する方向に向かって屈曲振動させる。この状態で、振動子1AをY軸の回りに回転させると、第三の駆動振動片50A、50Bは、BZのようにZ軸方向に振動する。この際、一方の第三の駆動振動片50Aの振動の位相と他方の第三の駆動振動片50Bの振動の位相とは同じになる。これに応答して、第三の検出振動片60A、60Bが、CZのように互いに順位相で振動する。第三の検出振動片60A、60Bに励起される各検出振動に基づいて、互いに順位相の電気信号が発生するので、その和を算出する。この和に基づいて、X軸の回りの回転角速度を算出する。

【0027】

図4は、第二の実施形態に係る振動子1Bの斜視図である。振動子1Bにおいては、第一の実施形態に係る振動子1Aと同様に、第一の駆動振動片14A、14B、14C、14Dと第一の検出振動片20A、20Bを利用して、Z軸の回りの回転角速度が検出される。Z軸の回りの回転角速度を検出するときの動作は、図1を参照して説明した振動子1Aにおける動作と同様なので説明を省略する。

20

【0028】

第二の実施形態に係る振動子1BにおけるX軸およびY軸の回りの回転角速度の検出方法が、第一の実施形態に係る振動子1AにおけるX軸およびY軸に対する検出方法と異なっている。

【0029】

図5は、図4に示す振動子1Bにおいて、X軸の回りの回転角速度を検出するときを利用される要部を模式的に示す。図6は、図4に示す振動子1Bにおいて、Y軸の回りの回転角速度を検出するときを利用される要部を模式的に示す。

30

【0030】

図5に示すように第二の駆動振動片30A、30B、30C、30Dを矢印AXYの方向に屈曲振動させる。この状態で、振動子1AをX軸の回りに回転させると、第二の駆動振動片30A、30BがBZのように互いに逆位相で振動し、第二の駆動振動片30C、30DがBZのように互いに逆位相で振動する。駆動振動片30Aの振動の位相と駆動振動片30Dの振動の位相とは同じになる。これに応答して、検出振動片40A、40Bが、CZのように互いに逆位相で振動する。また、検出振動片40C、40DがCZのように互いに逆位相で振動する。なお、検出振動片40Aの振動の位相と検出振動片40Dの振動の位相とは同じになる。従って、検出振動片40A、40Dに励起される各検出振動に基づいて得られた電気信号と、40B、40Cに励起される各検出振動に基づいて得られた電気信号とは、互いに逆相である。従って、両電気信号の差をとり、この差に基づいて、X軸の回りの回転角速度を算出する。

40

【0031】

図6に示すように第二の駆動振動片30A、30B、30C、30Dを矢印AXYの方向に屈曲振動させる。この状態で、振動子1AをY軸の回りに回転させると、第二の駆動振動片30A、30BがBZのように互いに順位相で振動し、第二の駆動振動片30C、30DがBZのように互いに順位相で振動する。なお、第二の駆動振動片30Aの振動の位

50

相と第二の駆動振動片 30D の振動の位相とは逆になる。これに回答して、第二の検出振動片 40A、40B が、CZ のように互いに順位相で振動する。また、第二の検出振動片 40C、40D が CZ のように互いに順位相で振動する。なお、検出振動片 40A の振動の位相と検出振動片 40D の振動の位相とは逆になる。検出振動片 40A、40B に励起される各検出振動に基づく電気信号と、40C、40D に励起される各検出振動に基づく電気信号とは逆相になるので、両者の差をとり、この差に基づいて、Y 軸の回りの回転角速度を算出する。

#### 【0032】

各振動子の材質は特に限定しないが、水晶、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、ニオブ酸リチウム - タンタル酸リチウム固溶体 ( $\text{Li}(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_3$ ) 単結晶、ホウ酸リチウム単結晶、ランガサイト単結晶等からなる圧電単結晶を使用することが好ましい。圧電性材料としては、圧電単結晶の他に、PZT 等の圧電セラミックスがある。振動子は、圧電材料や恒弾性合金の他に、シリコンマイクロマシンにおいて使用されるように、シリコン半導体プロセスによって形成することもできる。

10

#### 【0033】

駆動振動片、検出振動片には、公知の駆動手段、検出手段を設ける。このような駆動手段、検出手段は、例えば圧電性材料に設けられた金属電極であってよい。

#### 【0034】

##### 【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、少なくとも互いに直交する第一の軸および第二の軸の回りの各回転角速度を検出するとき利用される振動子において、出力信号のノイズやバラツキを抑制することができる。

20

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施形態に係る振動子 1A の平面図である。

【図2】図1の振動子 1A において X 軸の回りの回転角速度を検出するとき利用される要部を模式的に示す図である。

【図3】図1の振動子 1A において Y 軸の回りの回転角速度を検出するとき利用される要部を模式的に示す図である。

【図4】本発明の第二の実施形態に係る振動子 1B の平面図である。

【図5】図4の振動子 1B において X 軸の回りの回転角速度を検出するとき利用される要部を模式的に示す図である。

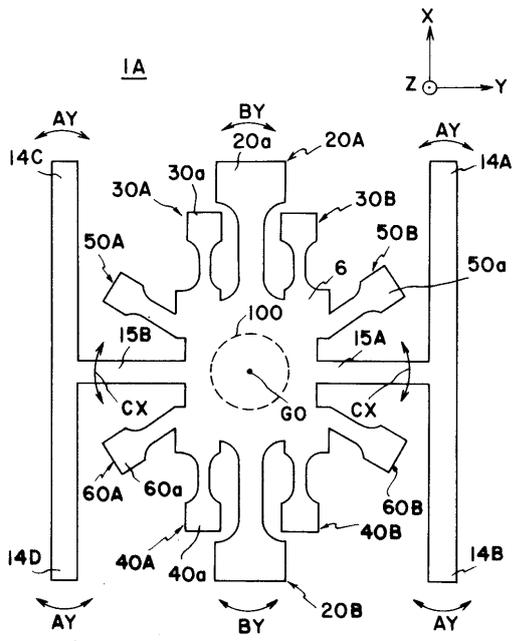
30

【図6】図4の振動子 1B において Y 軸の回りの回転角速度を検出するとき利用される要部を模式的に示す図である。

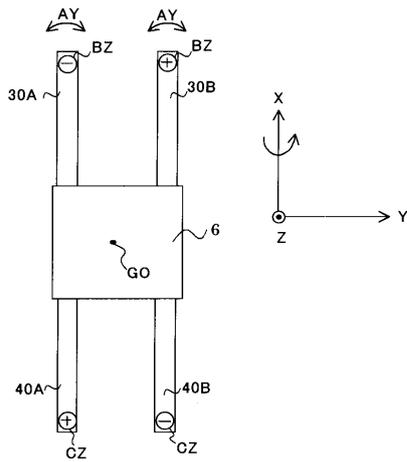
##### 【符号の説明】

|          |          |                 |     |                 |
|----------|----------|-----------------|-----|-----------------|
| 1A、1B    | 振動子      | 6               | 連結部 | 14A、14B、14C、14D |
| 第一の駆動振動片 |          | 20A、20B、20C、20D |     | 第一の検出振動片        |
| 30A、30B  | 第二の駆動振動片 | 40A、40B         |     | 第二の検出振動片        |
| 50A、50B  | 第三の駆動振動片 | 60A、60B         |     | 第三の検出振動片        |

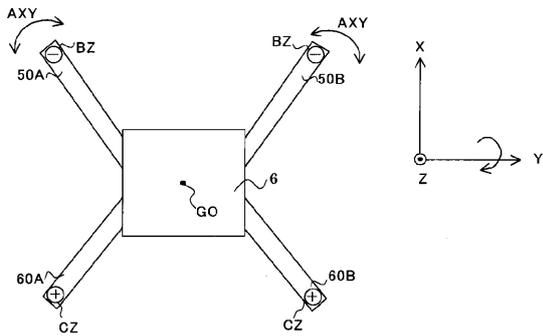
【 図 1 】



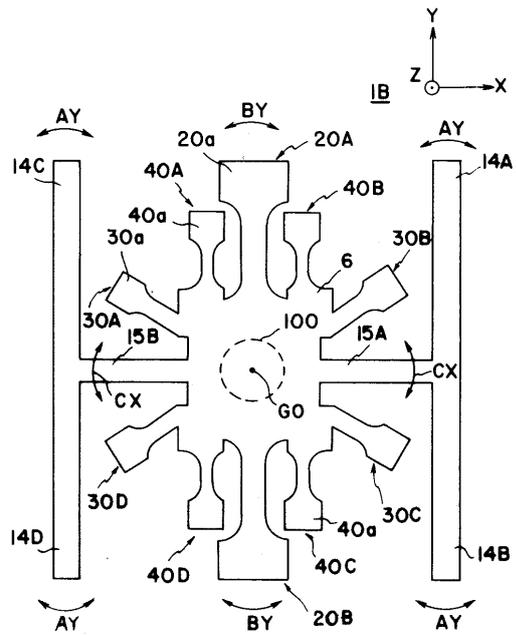
【 図 2 】



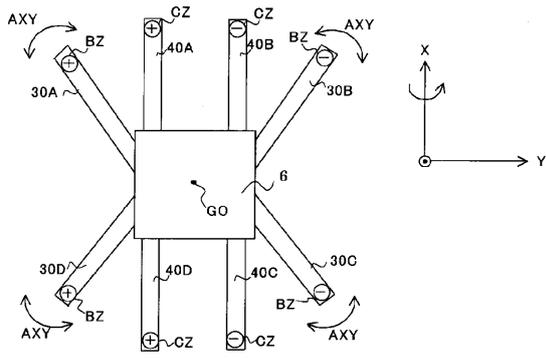
【 図 3 】



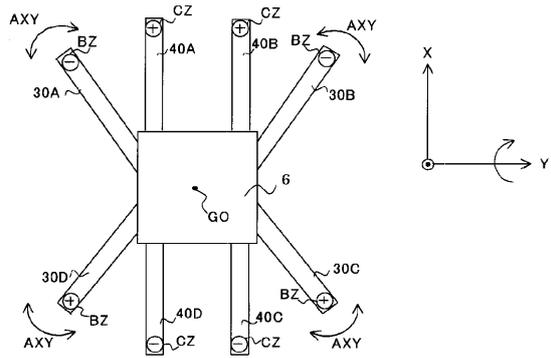
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06 - 294654 (JP, A)  
特開平07 - 239339 (JP, A)  
特開平04 - 339264 (JP, A)  
特開2001 - 012953 (JP, A)  
特開平11 - 248465 (JP, A)  
特開平11 - 183179 (JP, A)  
特開平11 - 325917 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56

G01P 9/04