

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3796991号  
(P3796991)

(45) 発行日 平成18年7月12日(2006.7.12)

(24) 登録日 平成18年4月28日(2006.4.28)

(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 8 (全 14 頁)

|           |                              |           |                               |
|-----------|------------------------------|-----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願平10-351511                 | (73) 特許権者 | 000004260                     |
| (22) 出願日  | 平成10年12月10日(1998.12.10)      |           | 株式会社デンソー                      |
| (65) 公開番号 | 特開2000-180174(P2000-180174A) |           | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地               |
| (43) 公開日  | 平成12年6月30日(2000.6.30)        | (74) 代理人  | 100100022                     |
| 審査請求日     | 平成17年1月11日(2005.1.11)        |           | 弁理士 伊藤 洋二                     |
|           |                              | (74) 代理人  | 100108198                     |
|           |                              |           | 弁理士 三浦 高広                     |
|           |                              | (72) 発明者  | 樋口 祐史                         |
|           |                              |           | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会<br>社デンソー内 |
|           |                              | (72) 発明者  | 大矢 信之                         |
|           |                              |           | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会<br>社デンソー内 |

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】

基板(4)に設けられた可動部(10~13)を前記基板の水平面内で駆動振動させて基板と垂直軸回りに角速度が発生したときに、前記可動部に対して前記基板の水平面内に作用するコリオリ力を検出するようにした角速度センサにおいて、

前記可動部は、前記基板の水平面内の所定点(K)を中心に点対称に配置された第1の可動部(10、12)と第2の可動部(11、13)を有し、

これら第1及び第2の可動部は、前記所定点を中心とした円周方向に同相で駆動振動するものであり、

前記基板の水平面内において前記所定点からみて前記各可動部の外側には、前記可動部の変位を検出する検出部(30~33)が設けられており、

前記検出部からの信号を演算処理して前記コリオリ力による信号を取り出す回路手段(101)を備えていることを特徴とする角速度センサ。

【請求項2】

基板(4)に設けられた可動部(10~13)を前記基板の水平面内で駆動振動させて基板と垂直軸回りに角速度が発生したときに、前記可動部に対して前記基板の水平面内に作用するコリオリ力を検出するようにした角速度センサにおいて、

前記可動部は4以上の偶数個設けられ、これら各可動部が前記基板の水平面内の所定点(K)を中心に点対称に配置されたものであり、

前記4以上の偶数個の可動部のうち前記所定点を挟んで対向する2つの可動部が、前記所

10

20

定点を中心とした円周方向に同相で駆動振動するものであり、前記基板の水平面内には、前記可動部の変位を検出する検出部（30～33）が設けられており、前記検出部からの信号を演算処理して前記可動部に対し前記基板の水平面内に作用する外力をキャンセルし前記コリオリ力による信号を取り出す回路手段（101）を備えていることを特徴とする角速度センサ。

【請求項3】

基板（4）に設けられた可動部（10～13）を前記基板の水平面内で駆動振動させて基板と垂直軸回りに角速度が発生したときに、前記可動部に対して前記基板の水平面内に作用するコリオリ力を検出するようにした角速度センサにおいて、前記可動部は4の倍数個設けられ、これら各可動部が前記基板の水平面内の所定点（K）を中心に対称に配置されたものであり、前記4の倍数個の可動部のうち前記所定点を挟んで対向する2つの可動部が、前記所定点を中心とした円周方向に同相で駆動振動するとともに、この駆動振動において前記4の倍数個の可動部のうち半数のもの（10、12）と残りの半数のもの（11、13）とが互いに逆相となっており、前記基板の水平面内には、前記可動部の変位を検出する検出部（30～33）が設けられており、前記検出部からの信号を演算処理して前記可動部に対し前記基板の水平面内に作用する外力をキャンセルし前記コリオリ力による信号を取り出す回路手段（101）を備えていることを特徴とする角速度センサ。

10

20

【請求項4】

前記4の倍数個の可動部（10～13）において隣接する全ての可動部同士が、前記所定点（K）を中心とした円周方向に逆相で駆動振動することを特徴とする請求項3に記載の角速度センサ。

【請求項5】

前記検出部（30～33）は、前記基板（4）の水平面内において前記所定点（K）からみて前記各可動部（10～13）の外側に設けられていることを特徴とする請求項2ないし4のいずれか1つに記載の角速度センサ。

【請求項6】

前記検出部（30～33）は、前記可動部（10～13）と対向するように前記基板（4）に固定された固定電極（30b～33b）を備え、前記基板の水平面方向への可動部の変位に基づく前記固定電極と前記可動部との間の容量変化を前記回路手段（101）にて演算処理するようにしたことを特徴とする請求項1または5に記載の角速度センサ。

30

【請求項7】

前記可動部（10～13）は、前記駆動振動の方向に弾性変形可能な第1の弾性部材（41）により前記基板（4）に支持された振動部（20a～23a）と、前記基板の水平面内において前記駆動振動の方向と直交する方向に弾性変形可能な第2の弾性部材（20b～23b）により前記振動部に支持された検出錘（20～23）とを備えていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1つに記載の角速度センサ。

40

【請求項8】

前記基板（4）には前記振動部（20a～23a）と対向するように櫛歯形状を有する駆動電極（35、36）が設けられ、前記振動部には前記駆動電極の櫛歯とかみ合うように対向する櫛歯形状の対向電極（20c～23c）が設けられており、前記駆動及び対向電極の間に交流電圧を印加して、前記駆動及び対向電極の間に静電気力を発生させることにより、前記振動部を駆動振動させることを特徴とする請求項7に記載の角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

50

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、基板に設けられた可動部を基板の水平面内で振動させて基板と垂直軸回りに角速度が発生したときに、可動部に対して基板の水平面内に作用するコリオリ力を検出するようにした角速度センサ（ジャイロセンサ、ヨーレートセンサ）に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

従来、容量検出型角速度センサは、車両やゲーム機器などに利用され、搭載スペースやコストダウンのために小型化が進められている。しかし、小型化によって容量検出部も小さくなり、必然的に角速度の作用による容量変化に基づく信号も微少になってくる。このような微少信号からノイズを除去して必要な信号のみを精度良く取り出すための処理回路を設計するのは容易ではない。

10

**【0003】**

この種の角速度センサとして、特開平8-220125号公報には、フレーム内に互いに逆相に振動する2つの振動質量体（振動子）と角速度センサの測定信号を処理する評価ユニットとを備え、振動質量体の逆相の振動に基づき、評価ユニットによって信号の差形成を行い、振動体によって生ぜしめられる外乱をフィルタリング除去するものがある。この場合は、実質2倍の容量変化に基づく信号を出力することができ、また比較的簡単にノイズを除去することができる。

**【0004】****【発明が解決しようとする課題】**

20

しかしながら、上記公報記載の角速度センサは、単に矩形の振動子を2つ並べただけのもので、サイズが大きくなりがちであり、小型化という面からは不十分（不利）である。このような従来の角速度センサにおいて、S/N比（シグナル/ノイズ比）を向上するために容量変化に基づく信号を更に大きなものにしようとする、振動子を更に追加することが考えられる。

**【0005】**

しかし、従来の構造において振動子を単に追加すれば装置全体のサイズが大きくなってしまふといった問題が生じる。また、単純な追加だけでは好適にノイズを除去しきれなくなる場合が生じる。

本発明は上記問題に鑑みて、小型化に適した新規な角速度センサを提供することを目的とする。また、本発明は、小型化に適した構成を有するとともに、S/N比（シグナル/ノイズ比）が向上できるような角速度センサを提供することを目的とする。

30

**【0006】****【課題を解決するための手段】**

本発明は、上記目的を達成するため、基板に設けられた可動部を該基板の水平面内で駆動振動させて該基板と垂直軸回りに角速度が発生したときに、該可動部に対して基板の水平面内に作用するコリオリ力を検出するようにした角速度センサについて、可動部の駆動振動方向及び配置構成等を工夫することにより、なされたものである。

**【0007】**

即ち、請求項1記載の発明においては、可動部を、基板（4）の水平面内の所定点（K）を中心に点対称に配置され互いに該所定点を中心とした円周方向に同相で駆動振動する第1の可動部（10、12）と第2の可動部（11、13）とから構成し、該基板の水平面内において該所定点からみて該各可動部の外側に該各可動部の変位を検出する検出部（30～33）を設け、更に、該検出部からの信号を演算処理して前記コリオリ力による信号を取り出す回路手段（101）を具備したことを特徴としている。

40

**【0008】**

本発明によれば、2つの可動部を基板の水平面内の所定点を中心に点対称に配置し、且つ所定点を中心とした円周方向に駆動振動するという新規な構成により、センサ全体を円形状にでき、小型化に適したものとできる。

また、点対称配置された2つの可動部を、所定点を中心とした円周方向に同相で駆動振動

50

させ、所定点からみて各可動部の外側においてコリオリ力を検出するようにしているから、2つの可動部にかかる外力（外部加速度等）とコリオリ力のうち、一方を該2つの可動部の間で同一方向とし、他方を逆方向とできるから、回路手段の演算処理によって簡単に外力をキャンセルしたコリオリ力による信号を取り出すことができる。

**【0009】**

また、請求項2記載の発明においては、4以上の偶数個の可動部（10～13）を、基板（4）の水平面内の所定点（K）を中心に点対称に配置し、これら可動部のうち所定点を挟んで対向する2つの可動部が、所定点を中心とした円周方向に同相で駆動振動するようになっており、更に、各可動部の変位を検出する検出部（30～33）からの信号を演算処理して各可動部に対し該基板の水平面内に作用する外力をキャンセルしコリオリ力による信号を取り出す回路手段（101）を備えたことを特徴としている。

10

**【0010】**

本発明においても、所定点を中心とした円周方向に駆動振動する4以上の偶数個の可動部（10～13）を点対称配置することで、センサ全体を円形状にでき、小型化に適したものとできる。

また、所定点を挟んで対向する2つの可動部が、所定点を中心とした円周方向に同相で駆動振動（以下、対向可動部の同相駆動という）するから、請求項1の発明と同様に、回路手段の演算処理によってこれら2つの可動部の間で上記外力を簡単にキャンセルでき、更に、可動部の数だけ即ち実質4倍以上のコリオリ力の信号を取り出すことができるため、S/N比を向上させることができる。

20

**【0011】**

また、請求項3記載の発明においては、基板（4）の水平面内の所定点（K）を中心に点対称に配置する可動部（10～13）の数を4の倍数とし、これら可動部において上記の対向可動部の同相駆動を行うとともに、この駆動振動において4の倍数個の可動部のうち半数のもの（10、12）と残りの半数のもの（11、13）とが互いに逆相となっていることを特徴としている。

**【0012】**

本発明においても、センサ全体を円形状にでき、小型化に適したものとできる。また、点対称配置された4の倍数個の可動部において、請求項2の発明と同様、対向可動部の同相駆動を行っているから、回路手段（101）の演算処理によって上記外力を簡単にキャンセルでき、更に、実質的に4の倍数分大きくされたコリオリ力の信号を取り出すことができ、S/N比を向上させることができる。

30

**【0013】**

また、少なくとも外力をキャンセルしコリオリ力による信号のみを取り出すためには、偶数個の可動部であればよいが、可動部は所定点を中心とした円周方向に駆動振動するため、遠心力が生じる。この遠心力は、可動部の数によっては出力信号にオフセットとして残るが、演算処理によって除去可能である。

ここで、本発明では、駆動振動において4の倍数個の可動部のうち半数のものと残りの半数のものが互いに逆相（半々逆相駆動）となるようしているため、加算もしくは減算によって各可動部の変位に基づく信号の総和をとることにより、外力をキャンセルしつつ遠心力もキャンセルできるから、回路構成を簡単にできる。

40

**【0014】**

また、請求項4記載の発明のように、4の倍数個の可動部（10～13）において隣接する全ての可動部同士を、所定点（K）を中心とした円周方向に逆相で駆動振動させるようにすれば、請求項3に記載の角速度センサにおける対向可動部の同相駆動及び半々逆相駆動を適切に行うことができ、請求項3の発明と同様の作用効果を発揮することができる。

**【0015】**

また、請求項5記載の発明のように、請求項2～請求項4の角速度センサにおける検出部（30～33）を、基板（4）の水平面内において所定点（K）からみて各可動部（10～13）の外側に設けることにより、各可動部の駆動振動の位相とコリオリ力との関係を

50

適切なものとできる。

また、その検出部としては、請求項6記載の発明のように、可動部(10~13)と対向するように基板(4)に固定された固定電極(30b~33b)を備えたものとでき、それによって、該基板の水平面方向への該可動部の変位に基づく該固定電極と該可動部との間の容量変化を回路手段(101)にて演算処理することができる。

【0016】

また、請求項7及び請求項8記載の発明は、可動部(10~13)の適切な具体構成を提供するものである。

なお、上記した括弧内の符号は、後述する実施形態記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。本実施形態では、車両に搭載される姿勢制御用として適用され、基板に設けられた可動部を該基板の水平面内で振動させて該基板と垂直軸回りに角速度が発生したときに、該可動部に対して該基板の水平面内に作用するコリオリ力を検出するようにした角速度センサについて、説明する。

【0018】

図1は本実施形態に係る角速度センサの平面構成を示し、図2は図1中のA-A断面を示し、図3は図1の部分拡大図であり可動部構成の詳細を示す説明図である。本角速度センサ100は、共に結晶方位が(100)である単結晶シリコンからなる第1の半導体層1と第2の半導体層2との間に酸化膜からなる絶縁層3を有する矩形状のSOI基板(本発明でいう基板)4に、半導体製造技術を利用した周知のマイクロマシン加工を施すことにより形成されたものである。そして、車両へは、図1の紙面垂直方向における紙面表側を上、紙面裏側を下として搭載される。

【0019】

SOI基板4における第1の半導体層1及び絶縁層3は、センサの主要部が形成される領域において、第2の半導体層2が露出するように矩形状に除去され、その除去部分は、第1の半導体層1の開口部(図1中、破線図示)1aを構成している。この開口部1aの領域における第2の半導体層2は、開口部1aの外周部にて絶縁層3を介して第1の半導体層1に支持され、開口部1aに臨んだ状態となっている。

【0020】

本角速度センサ100においては、この開口部1aの領域における第2の半導体層2を溝で区画することにより、可動部としての4個の振動子10、11、12、13、4個の検出電極30、31、32、33、及び駆動電極35、36等からなるセンサ主要部が分離形成されている。なお、各半導体層1、2を構成する単結晶シリコンには、その抵抗率を下げるために不純物が予め拡散されている。

【0021】

4個の振動子(可動部)10~13は、基板4の水平面において、該水平面の所定点Kを中心に点対称に配置されている。各振動子10~13は、各々1つずつの検出錘(図3中、クロスハッチングで図示)20、21、22、23と、この検出錘20~23の外周に位置する懸架振動部(本発明でいう振動部、図3中、片側斜線ハッチングで図示)20a、21a、22a、23aと、検出錘20~23を懸架振動部20a~23aに懸架する検出梁20b、21b、22b、23bとからなる。

【0022】

検出梁(本発明でいう第2の弾性部材)20b~23bは、懸架振動部20a~23aに対して検出錘20~23が基板4の水平面内且つ上記所定点Kの径方向(駆動振動の方向と直交する方向)に振動できるように、弾性を発揮する。このことは、例えば、アスペクト比を上げる等によって、振動方向には柔らかく、その他の方向には固くすることによって実現できる。

【0023】

10

20

30

40

50

ここで、図4は、振動子10～13の支持固定構成を説明するための説明図であり、支持固定部分のみ示してある。各振動子10～13は、次のようにして、開口部1aの外周部に位置する4個の振動子用支持部40に支持される。なお、これら振動子用支持部40は、絶縁層3を介して第1の半導体層1に支持された第2の半導体層2からなり、図1の例では、各振動子10～13の間に位置している。

#### 【0024】

図4に示す様に、各振動子10～13は、懸架振動部20a～23aから延びる梁状の振動梁41によって、上記所定点Kを略中心とする環状の連成梁42に懸架され、連成梁42は、各振動子10～13の間に位置する梁状の支持梁43によって上記振動子用支持部40に懸架されている。

従って、各振動子10～13は、連結された各梁41～43を介して、振動子用支持部40に懸架されることにより、絶縁層3を介して第1の半導体層1に支持されており、各振動子10～13及び各梁41～43は、第1の半導体層1の開口部1aにて臨んだ状態となっている。

#### 【0025】

ここで、各振動子10～13と環状の連成梁42とを連結する振動梁（本発明でいう第1の弾性部材）41は、各振動子10～13を基板4の水平面内で所定点K回りの円周方向（駆動振動の方向）に振動させるように、弾性を発揮する。このことは、例えば、アスペクト比を上げたり、梯子形状（ラーメン構造）とする等によって、振動方向には柔らかく、その他の方向には固くすることによって実現できる。

#### 【0026】

また、4個の検出電極（本発明でいう検出部）30～33は、各々、基板4の水平面内において各振動子10～13の外側（つまり上記所定点Kより離れる側）に位置し、検出錘20～23と対向して配置されている。

各検出電極30～33は、第1の半導体層1上に絶縁層3を介して固定された支持部50から検出錘20～23へ延びる梁部30a～33aと、この梁部30a～33aの先端に設けられ検出錘20～23と対向する電極部（本発明でいう固定電極）30b～33bとからなる。各検出電極30～33は支持部50に片持ち状に支持され、第1の半導体層1の開口部1aに臨んだ状態となっている。

#### 【0027】

また、各検出電極30～33を支持する支持部50には、各々、各検出電極30、31、32、33に対応して信号を取り出すためのパッド電極30c、31c、32c、33cが形成されている。

また、振動子10～13と各支持梁41との間に位置する駆動電極35、36は、第1の半導体層1上に絶縁層3を介して片持ち状に支持固定され支持部35a、36aを有する。この支持部35a、36aにおいて、振動子10～13の懸架振動部20a～23aと対向する面には、櫛歯状の電極部35b、36bが設けられている。これら支持部及び電極部から構成される駆動電極35、36は、第1の半導体層1の開口部1aに臨んだ状態となっている。

#### 【0028】

また、振動子10～13の懸架振動部20a、21a、22a、23aの各々において、駆動電極35、36の電極部35b、36bと対向する面に、駆動電極35、36の電極部35b、36bと互いにかみ合うように櫛歯状の櫛形電極（本発明でいう対向電極）20c、21c、22c、23cが備えられている（図1及び図3参照）。

#### 【0029】

次に、角速度センサ100の作動を行うために角速度センサに備えられた回路部（回路手段）101について、図5に示すブロック図を参照して述べる。回路部101は、各振動子10～13を駆動させるとともに、基板4の水平面方向への各振動子10～13の変位に基づく信号を演算処理するもので、各駆動電極35、36の支持部35a、36a及び上記4個の振動子用支持部40のうちの1つに結線された駆動回路102と、上記パッド

10

20

30

40

50

電極 30c ~ 33c 及び上記 4 個の振動子用支持部 40 のうちの 1 つに結線された検出・処理回路 103 とを備えている。

#### 【0030】

駆動回路 102 は、駆動電極 35 と駆動電極 36 に駆動信号を印加し、各振動子 10 ~ 13 を駆動振動させるものである。検出・処理回路 103 は、振動子 10 ~ 13 の検出錘 20 ~ 23 と検出電極 30 ~ 35 との間の静電容量変化を電圧値に変換するスイッチドキャパシタ等の容量 - 電圧変換回路 (図 5 中、C/V で図示) 104 と、該容量 - 電圧変換回路 104 から送られてきた電圧値を演算処理し角速度検出信号 S1 として出力する処理回路 105 とを備えている。

#### 【0031】

かかる構成を有する角速度センサ 100 は、図 6 及び図 7 に示す製造方法により製造される。図 6 及び図 7 は、上記図 2 に示す A - A 断面に基づく製造工程を示すものである。なお、図 6 (a) ~ 図 7 (c) は図 7 (d) に示す完成図 (上記図 2 と同様) に対応した途中部分を示す。

まず、共に結晶方位が (100) である単結晶シリコンからなる第 1 の半導体層 1 と第 2 の半導体層 2 との間にシリコン酸化膜 (例えば厚さ 1  $\mu\text{m}$ ) からなる絶縁層 3 を有する SOI 基板 4 を用意し (図 6 (a) 参照)、第 2 の半導体層 2 の全面に表面抵抗値を下げ、次工程にて形成されるアルミニウムからなる上記パッド電極 30c ~ 33c との接触抵抗を下げするために、例えばリンを高濃度に拡散 ( $\text{N}^+$  拡散) する。

#### 【0032】

続いて、図 6 (b) に示す様に、基板 4 の表面 (第 2 の半導体層 2) にアルミニウムを例えば 1  $\mu\text{m}$  蒸着し、ホット、エッチングを行い、信号取り出し用の上記パッド電極 30c ~ 33c を形成する。

続いて、図 6 (c) に示す様に、基板 4 の裏面 (第 1 の半導体層 1) を切削研磨 (バックポリッシュ) することにより所定の厚さ (例えば 300  $\mu\text{m}$ ) とし、且つ鏡面仕上げする。

#### 【0033】

続いて、図 6 (d) に示す様に、基板 4 の裏面 (第 1 の半導体層 1) にプラズマ SiN 膜 200 を堆積 (例えば 0.5  $\mu\text{m}$ ) し、ホットパターンを形成し、プラズマ SiN 膜 200 をエッチングすることにより所定の領域を開口する。

続いて、図 7 (a) に示す様に、第 2 の半導体層 2 の表面に上記振動子 10 ~ 13、各電極 30 ~ 36、各梁 41 ~ 43 等を画定するパターンをレジストで形成し、ドライエッチングにより垂直に絶縁層 3 までトレンチ形状を形成する。

#### 【0034】

続いて、図 7 (b) に示す様に、第 1 の半導体層 1 を、プラズマ SiN 膜 200 に形成したパターンをマスクとして、例えば KOH 水溶液で深くエッチングする。このとき、絶縁層 3 までエッチングを進めると、エッチング液の圧力により絶縁層 3 が破れて基板 4 を破損するため、絶縁層 3 が破れないように、例えば第 1 の半導体層 1 のシリコンを 10  $\mu\text{m}$  残してエッチングを終了できるようエッチング時間を管理する。

#### 【0035】

続いて、図 7 (c) に示す様に、プラズマドライエッチングにより、図 7 (b) の工程で残した Si をエッチング除去する。このとき、基板 4 の裏面のプラズマ SiN 膜 200 は同時に除去される。

最後に、図 7 (d) に示す様に、絶縁層 3 をドライエッチングによって除去して、上記振動子 10 ~ 13、各電極 30 ~ 36、各梁 41 ~ 43 を形成し、上記回路部 101 との配線等を行うことにより、上記図 2 に示す角速度センサ 100 が出来上がる。

#### 【0036】

次に、上記角速度センサ 100 の作動について、図 8 に示す図 1 の平面構成に対応したモデルを参照して、説明する。ここで、図 8 中、所定点 K を中心とした円周方向においては、時計回り方向を + 方向、反時計回り方向を - 方向とし、所定点 K を中心とした円周の径

10

20

30

40

50

方向においては、所定点 K から離れる方向を + 方向、所定点 K へ近づく方向を - 方向とする。

【 0 0 3 7 】

角速度センサ 1 0 0 において、駆動回路 1 0 2 によって、例えば、駆動電極 3 5 と駆動電極 3 6 に、インバータ 1 0 1 a を介して、それぞれ互いに逆相に矩形波もしくは正弦波の印加電圧信号（駆動信号）を印加する。例えば振動子用支持部 4 0 に 2 . 5 V、駆動電極 3 5 と駆動電極 3 6 に逆相に、2 . 5 V を中心とした振幅が 5 V の矩形波を印加する。すると、駆動電極 3 5、3 6 の電極部 3 5 b、3 6 b と振動子 1 0 ~ 1 3 の櫛形電極 2 0 c ~ 2 3 c との間に静電気力が発生する。

【 0 0 3 8 】

このとき、振動梁（第 1 の弾性部材）4 1 の弾性力によって、図 8 に示す破線矢印の様に、4 個の振動子 1 0 ~ 1 3 において隣接する全ての振動子同士が、基板 4 の水平面内で所定点 K 回りの円周方向に逆相で駆動振動する。

この駆動振動において、所定点 K を挟んで対向する振動子 1 0 と 1 2 との位相及び振動子 1 1 と 1 3 との位相は、所定点 K を中心とした円周方向に同相であり（対向可動部の同相駆動）、また、4 個の振動子 1 0 ~ 1 3 のうち 2 個の振動子 1 0、1 2 の位相（例えば - 方向）と残りの 2 個の振動子 1 1、1 3 の位相（例えば + 方向）とが互いに逆相となっている（半々逆相駆動）。

【 0 0 3 9 】

このように各振動子 1 0 ~ 1 3 を基板 4 の水平面内で駆動振動させ、基板 4 と垂直軸（図 1 中、符号 J で図示）回りに角速度  $\omega$  が発生すると、各振動子 1 0 ~ 1 3 に対して基板 4 の水平面内において所定点 K から径方向にコリオリ力（ $F_c$ ）が作用する。例えば、図 8 に示す様に、所定点 K の時計回りに角速度  $\omega$  が発生すると、位相が - 方向である振動子 1 0、1 2 には  $-F_c$ 、位相が + 方向である振動子 1 1、1 3 には  $+F_c$  のコリオリ力が作用する。

【 0 0 4 0 】

このコリオリ力が作用すると、検出梁（第 2 の弾性部材）2 0 b ~ 2 3 b の弾性力によって、図 8 に示す様に、検出錘 2 0 ~ 2 3 が基板 4 の水平面内且つ所定点 K の径方向（駆動振動の方向と直交する方向）に振動（変位）する。そして、この検出錘 2 0 ~ 2 3 の変位を、検出錘 2 0 ~ 2 3 と検出電極 3 0 ~ 3 3 の電極部 3 0 b ~ 3 3 b との間の容量変化として検出する。なお、図 8 の上記径方向において、容量の増加方向が + 方向、減少方向が - 方向となっている。

【 0 0 4 1 】

この容量変化の検出は、検出電極 3 0 ~ 3 3 からパッド電極 3 0 c ~ 3 3 c を介し、上記容量 - 電圧変換回路 1 0 4 によって、電圧値に変換し、該電圧値を処理回路 1 0 5 にて演算処理し角速度検出信号 S 1 として出力する。

以上が角速度センサ 1 0 0 の基本動作である。ただし、検出錘 2 0 ~ 2 3 は、振動子 1 0 ~ 1 3 全体として回転方向に振動しているため、コリオリ力が作用する径方向に遠心力が働き、また、例えば、急停止、急発進等によりコリオリ力が作用する径方向に検出錘 2 0 ~ 2 3 に外部加速度（外力、外部 G）が働く。

【 0 0 4 2 】

これら遠心力（図 8 中、 $F_a$ ）や外部加速度（図 8 中、 $F_G$ ）は、ノイズ成分として出力にのってくるため、キャンセルする必要がある。本実施形態では、処理回路 1 0 5 において、次のような演算処理を行うことで、簡単な回路構成で、外部加速度及び遠心力をキャンセルし、振動子の数（本例では実質 4 倍）だけ倍増したコリオリ力の信号を取り出すようにしている。

【 0 0 4 3 】

図 8 に示す様に、4 つの振動子 1 0 ~ 1 3 が振動しながら角速度  $\omega$  が加わると、検出錘 2 0 ~ 2 3 にかかる力  $F_{10} \sim F_{13}$  は、それぞれ、下記数式 1 のようになる。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50



## 【数 1】

振動子 1 0 :  $F_{10} = -F_c + F_a + F_{Gy}$

振動子 1 1 :  $F_{11} = +F_c + F_a + F_{Gx}$

振動子 1 2 :  $F_{12} = -F_c + F_a - F_{Gy}$

振動子 1 3 :  $F_{13} = +F_c + F_a - F_{Gx}$

ただし、 $F_c$  はコリオリ力、 $F_a$  は遠心力、 $F_{Gx} \cdot F_{Gy}$  は各々外部加速度の x 成分・y 成分である。

## 【0045】

ここで、必要な信号は  $F_c$  のみで他の成分は全てノイズであるので、処理回路 105 においては、下記数式 2 のように加減計算処理を行う。

## 【0046】

## 【数 2】

$$F = -F_{10} + F_{11} - F_{12} + F_{13} = 4F_c$$

こうして、回路部 101 の演算処理により、ノイズ成分 ( $F_a$ 、 $F_G$ ) を全てキャンセルし、4 倍のコリオリ力による信号 (角速度信号  $S_1$ ) を出力できるため、角速度センサ 100 において  $S/N$  比が向上できる。また、その演算処理が加減算であるので回路構成も簡単で、一般的な演算素子を用いた回路構成とできる。

## 【0047】

次に、本実施形態の変形例として上記点対称配置される振動子が 6 個の場合を、図 9 にモデル化した角速度センサとして示す。なお、図 9 においても所定点  $K$  を中心とした円周方向及び径方向の + - 方向は図 8 と同じである。

図 9 に示すセンサでは、基板 4 の水平面内において所定点  $K$  を中心に 6 個の振動子 10 ~ 15 を点対称に配置し、これら振動子 10 ~ 15 のうち所定点  $K$  を挟んで対向する 2 つの振動子 10 と 13 (+ 方向)、11 と 14 (- 方向)、12 と 15 (+ 方向) が、所定点  $K$  を中心とした円周方向に同相で駆動振動 (図中、破線矢印) するように構成されている。

## 【0048】

ここで、図 9 に示す様に、各振動子 10 ~ 15 の駆動振動中に、所定点  $K$  の時計回りの角速度、振動子 13 から 10 の方向への外部加速度  $F_{G1}$  が加わった場合について、各振動子 10 ~ 15 の検出錘 (図示せず) にかかる力  $F_{10} \sim F_{15}$  は、それぞれ、下記数式 3 のようになる。

## 【0049】

## 【数 3】

振動子 1 0 :  $F_{10} = +F_c + F_a + F_{G1}$

振動子 1 1 :  $F_{11} = -F_c + F_a + F_{G2}$

振動子 1 2 :  $F_{12} = +F_c + F_a - F_{G3}$

振動子 1 3 :  $F_{13} = +F_c + F_a - F_{G1}$

振動子 1 4 :  $F_{14} = -F_c + F_a - F_{G2}$

振動子 1 5 :  $F_{15} = +F_c + F_a + F_{G3}$

ただし、 $F_c$  はコリオリ力、 $F_a$  は遠心力、 $F_{G2}$  は  $F_{G1} \cos(\pi/3)$ 、 $F_{G3}$  は  $F_{G1} \sin(\pi/3)$  である。

## 【0050】

ここで、必要な信号である  $F_c$  のみ取り出すように、下記数式 4 のように加減計算処理を行う。

## 【0051】

## 【数 4】

$$F = F_{10} - F_{11} + F_{12} + F_{13} - F_{14} + F_{15} = 6F_c + 2F_a$$

この回路部 101 の演算処理によって、外部加速度を全てキャンセルし、6 倍のコリオリ力による信号  $S_1$  を出力でき、 $S/N$  比が向上できる。この場合、遠心力は出力信号  $S_1$  にオフセットとして残るが、これをオフセットとして見積もっておけば回路部 101 によ

10

20

30

40

50

る演算処理によって除去可能である。

【 0 0 5 2 】

このように、少なくとも2以上の偶数個の振動子を基板4の水平面内において所定点Kを中心に点対称配置し、且つ上述した対向可動部の同相駆動を行い、上記各数式1～4に代表されるような加減算処理を行うことにより、外部加速度をキャンセルし、振動子の数だけ倍増したコリオリ力の信号を取り出すことができる。特に振動子が4以上の偶数個である場合、上述した従来の2個の振動子に比べてS/N比を向上することができる。ちなみに、奇数個の振動子では必ずキャンセルできない外部加速度が1つ残るため、偶数個であることが必要である。

【 0 0 5 3 】

この効果について更に述べる。上記4個の振動子の例では、所定点Kを挟んで対向する振動子10と12、11と13の同相駆動により、例えば、対向する2つの振動子10と12をみた場合、作用する外部加速度FGyを互いに逆方向(+と-)、作用するコリオリ力Fcを互いに同一方向(共に-)とできる。このことは対向する2つの振動子11と13でも同様である。

【 0 0 5 4 】

従って、同相駆動を行う振動子(可動部)のペア(例えば、第1の可動部として振動子10、第2の可動部として振動子12)が少なくとも1つあれば、簡単な加減算により外部加速度をキャンセルでき、コリオリ力による信号のみを取り出すことができる。

さらに、振動子の数が4個と6個の場合を比較して分かるように、4の倍数個の振動子を、上記同様に点対称に配置し且つ上述した対向可動部の同相駆動及び半々逆相駆動を行った場合には、上記数式1、2に基づく加減算処理を行って各振動子の変位に基づく信号の総和Fをとることにより、外部加速度に加えて遠心力をキャンセルでき、回路構成をより簡単にできる。

【 0 0 5 5 】

なお、4の倍数個以外の偶数個の場合(例えば、2、6、10個、 )には、外部加速度成分をキャンセルしても出力信号S1に遠心力成分が残るが、上述の様に、オフセットとして回路部101の演算処理により除去すればよい。

また、上記4個の例のように、4の倍数個(その他例えば8、12個 )の振動子を点対称配置した場合には、隣接する全ての振動子(可動部)同士を、所定点Kを中心とした円周方向に逆相で駆動振動させるようにすれば、上述の対向可動部の同相駆動及び半々逆相駆動を適切に行うことができる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態によれば、2以上且つ偶数個の振動子(可動部)10～15を基板4の水平面内の所定点Kを中心に点対称に配置し、且つ所定点Kを中心とした円周方向に駆動振動するという新規な構成により、センサ全体を円形状にでき、小型化に適したものとできる。

(他の実施形態)

なお、基板4の水平面内において所定点Kからみて各振動子10～13の外側には、コリオリ力を検出するための検出電極(検出部)30～33が設けられているが、検出電極は各振動子10～13の内側に位置していてもよい。つまり、上記各数式のように演算処理するためにはコリオリ力や外部加速度の符号が重要であり、コリオリ力の検出部の位置は、その符号に関わってくるため、各振動子全てにおいて所定点Kからみて外側にあるか、内側にあることが好ましい。

【 0 0 5 7 】

なお、検出部としては、検出錘の変位を電磁力の変化として検出するものであってもよい。

また、回路部(回路手段)101は、角速度センサ100と同一の基板4上に形成しても良いし、他の基板上に形成しても良い。

【 図面の簡単な説明 】

10

20

30

40

50

【図1】本発明の実施形態に係る角速度センサの平面構成を示す図である。

【図2】図1中のA - A断面図である。

【図3】図1の部分拡大説明図である。

【図4】図1における振動子の支持固定構成を説明する説明図である。

【図5】上記実施形態における回路部を示すブロック図である。

【図6】図1に示す角速度センサの製造方法を示す工程図である。

【図7】図6に続く製造方法を示す工程図である。

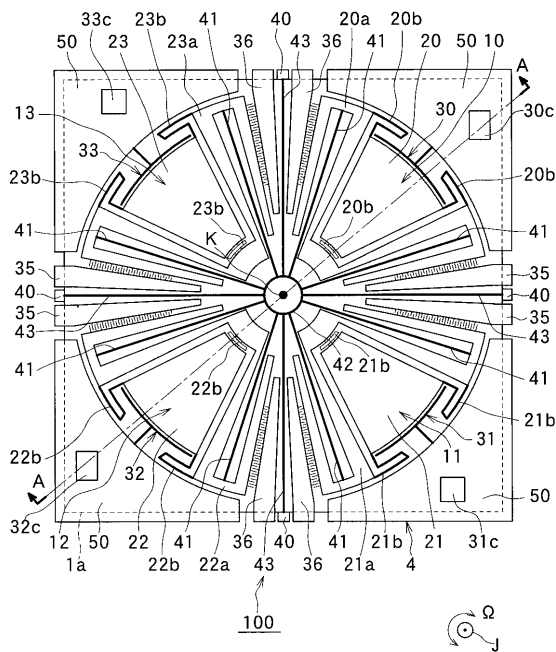
【図8】上記実施形態における角速度センサの作動説明図である。

【図9】上記実施形態の変形例を説明する説明図である。

【符号の説明】

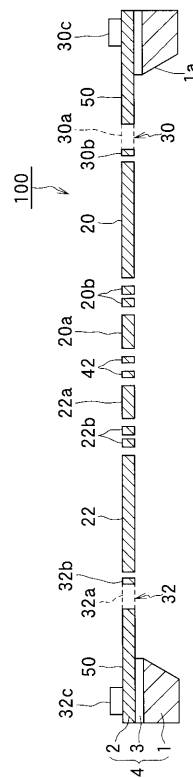
- 4 ... SOI基板、10 ~ 13 ... 振動子、20 ~ 23 ... 振動子の検出錘、
- 20a ~ 23a ... 振動子の懸架振動部、20b ~ 23b ... 振動子の検出梁、
- 20c ~ 23c ... 振動子の櫛形電極、30 ~ 33 ... 検出電極、
- 30b ~ 33b ... 検出電極の電極部、35、36 ... 駆動電極、41 ... 支持梁、
- 101 ... 回路部。

【図1】

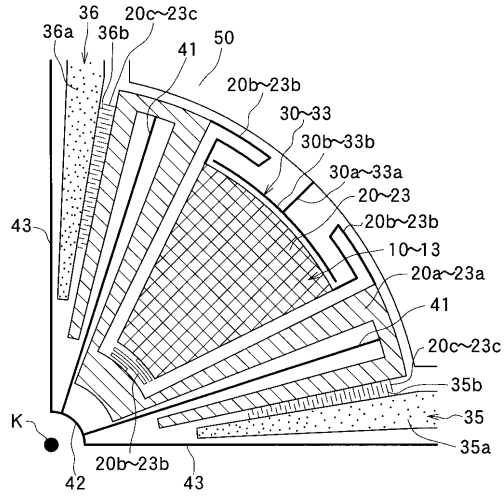


- 4 : SOI基板
- 10 ~ 13 : 振動子
- 20 ~ 23 : 検出錘
- 30 ~ 33 検出電極

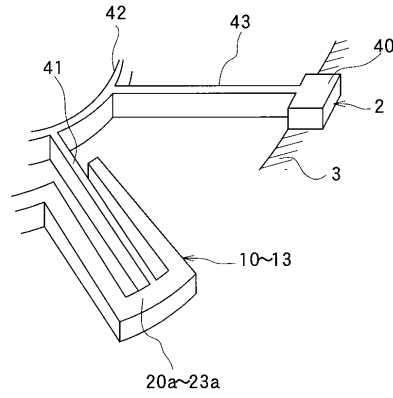
【図2】



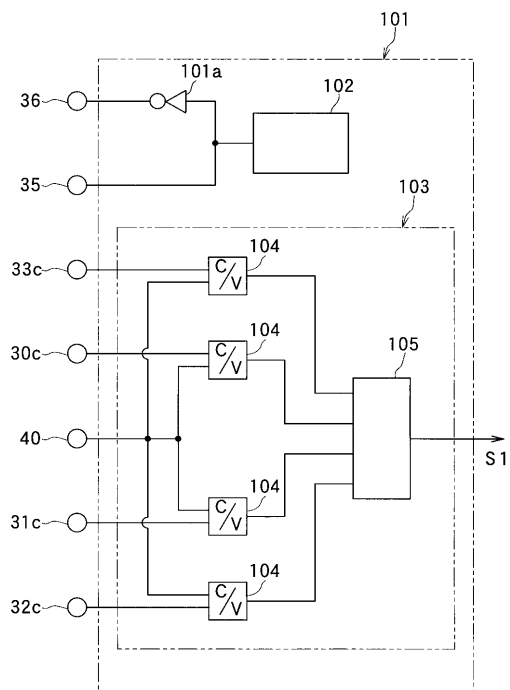
【 図 3 】



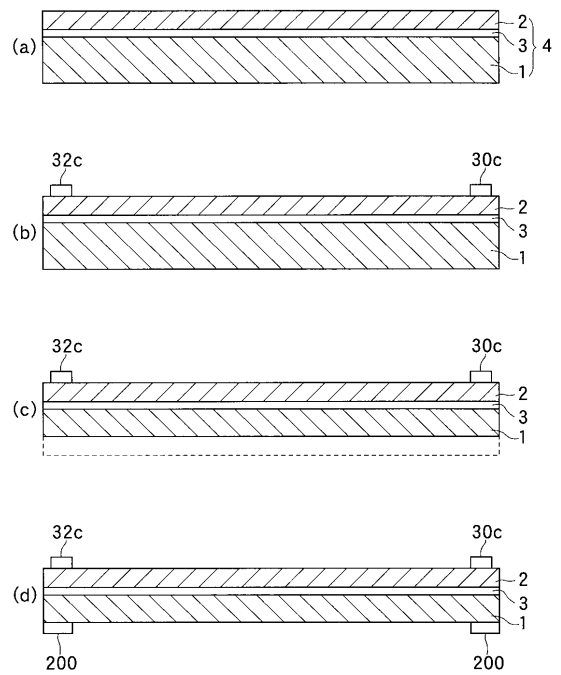
【 図 4 】



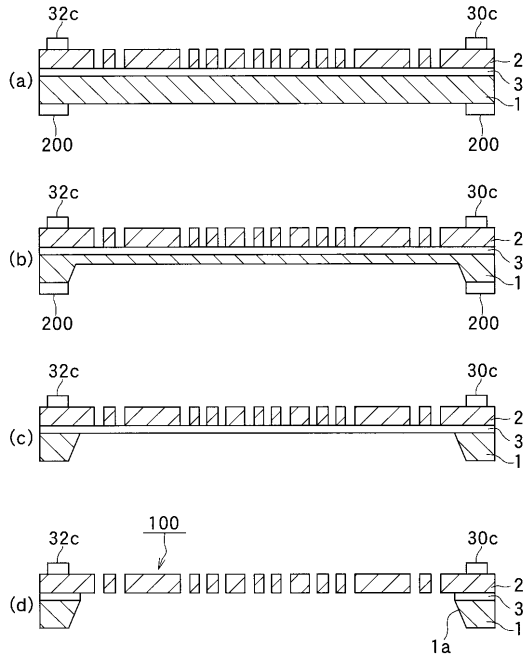
【 図 5 】



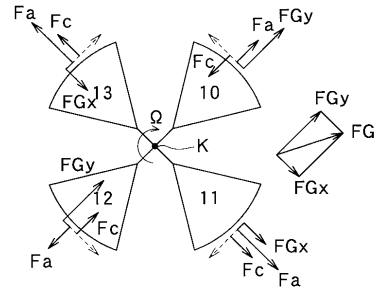
【 図 6 】



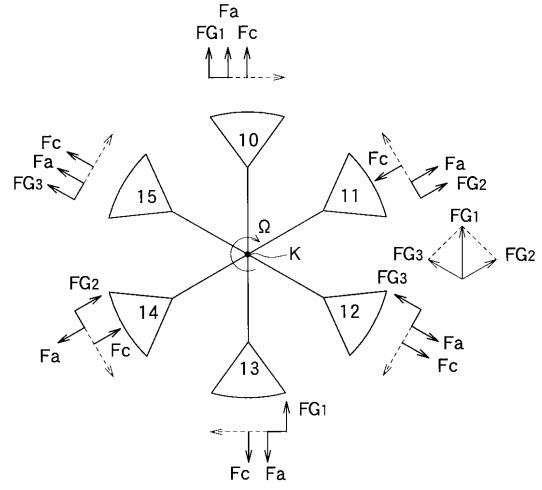
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 深田 毅  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 特開平10-047972(JP,A)  
米国特許第5635640(US,A)  
特開平07-335908(JP,A)  
特表平06-510604(JP,A)  
特表2000-509812(JP,A)  
特開平07-091958(JP,A)  
特開平10-274533(JP,A)  
特開平08-278147(JP,A)  
特開平11-325905(JP,A)  
特開平11-230759(JP,A)  
特開平10-332385(JP,A)  
特開平02-129514(JP,A)  
特開平08-220125(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56

G01P 9/04