

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4556515号  
(P4556515)

(45) 発行日 平成22年10月6日(2010.10.6)

(24) 登録日 平成22年7月30日(2010.7.30)

(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  
**HO 1 L 29/84 (2006.01)** HO 1 L 29/84 Z

請求項の数 3 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-196899 (P2004-196899)                  (22) 出願日 平成16年7月2日(2004.7.2)                  (65) 公開番号 特開2006-17624 (P2006-17624A)                  (43) 公開日 平成18年1月19日(2006.1.19)                  審査請求日 平成18年7月31日(2006.7.31)</p>	<p>(73) 特許権者 000004260                  株式会社デンソー                  愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地                  (74) 代理人 100100022                  弁理士 伊藤 洋二                  (74) 代理人 100108198                  弁理士 三浦 高広                  (74) 代理人 100111578                  弁理士 水野 史博                  (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                  社デンソー内                  審査官 小野寺 麻美子</p>
---	--

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】

基部(20)と、  
 前記基部(20)に連結された振動子(30、40)と、  
 前記振動子(30、40)を第1の方向(x)へ駆動振動させるための加振手段(34、44、211~214、220)と、  
 前記振動子(30、40)の駆動振動のもと角速度が印加されたときに前記第1の方向(x)と直交する第2の方向(y)への前記振動子(30、40)の振動に基づいて前記角速度を検出する検出手段(60、70、231~234)とを備える角速度センサにおいて、  
 前記第1の方向(x)および前記第2の方向(y)と直交する検出軸(z)を水平面と平行にし、前記第1の方向(x)を鉛直方向とした場合、重力によって前記振動子(30、40)が重力方向へ変位した変位量をキャンセルするように、前記振動子(30、40)の位置を調整する位置調整手段(81、82、250)が備えられており、  
 前記加振手段(34、44、211~214、220)は、前記振動子(30、40)を駆動振動させるための駆動電圧を印加し、静電引力を発生させるものであり、  
 前記位置調整手段は、前記振動子(30、40)との間の容量変化に基づいて前記振動子(30、40)の振動状態をモニタするモニタ手段(81、82)と、前記モニタ手段(81、82)からの信号に基づいて前記加振手段(34、44、211~214、220)から発せられる前記駆動電圧のDC成分を調整する調整手段(250)とから構成さ

れるものであり、

前記検出手段(60、70、231~234)は、前記基部(20)から突出して前記振動子(30、40)に対向して設けられた一対のものであり、

前記検出手段(60、70)と前記振動子(30、40)とは、鉛直方向である前記第1の方向(x)と平行な状態で対向した容量部を形成していることを特徴とする角速度センサ。

【請求項2】

前記振動子は、それぞれ前記基部(20)に連結された第1の振動子(30)と第2の振動子(40)とよりなり、

前記位置調整手段(81、82、250)は、前記第1の振動子(30)と前記第2の振動子(40)とのそれぞれについて設けられていることを特徴とする請求項1に記載の角速度センサ。

10

【請求項3】

前記加振手段(34、44、211~214、220)により、前記第1および第2の振動子(30、40)は、前記第1の方向(x)へ互いに逆相で駆動振動するようになっていることを特徴とする請求項2に記載の角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動子を加振手段により駆動振動させ、角速度が印加されたときに該駆動振動方向と直交する方向への振動子の振動に基づいて角速度を検出するようにした振動型の角速度センサに関する。

20

【背景技術】

【0002】

この種の振動型の角速度センサとしては、一般に、基部と、この基部に連結された振動子と、この振動子を第1の方向へ駆動振動させるための加振手段と、振動子の駆動振動のもと角速度が印加されたときに第1の方向と直交する第2の方向への振動子の振動に基づいて角速度を検出する検出手段とを備えるものが提案されている(たとえば、特許文献1参照)。

【0003】

30

図4は、一般的なこの種の角速度センサ800における回路部900を含めた構成を示す図である。

【0004】

図4に示される角速度センサ800は、シリコン基板等の半導体基板10よりなり、この半導体基板10に、エッチング等の周知の半導体製造技術を用いて溝を形成することにより、図1に示されるように、外周部に基部20、その内周部に2個の振動子30、40、および各電極等が区画形成されている。

【0005】

ここでは、角速度センサ800は、振動子を、それぞれ基部20に対して可動に連結された第1の振動子30と第2の振動子40とより構成したものである。

40

【0006】

また、回路部900は、図示しない別のICチップに形成されたものか、または、角速度センサ800を構成する半導体基板10に、トランジスタ等の素子を半導体製造技術を用いて一体に形成してなるものである。回路部900と基部20、振動子30、40、および各電極等との接続は、ボンディングワイヤや各種の配線部材などにより行うことができる。

【0007】

基部20の内周に位置する第1の振動子(図中、下側)30および第2の振動子(図中、上側)40は、図1中のx方向(第1の方向)に沿って並べられており、両方とも基部20に対して可動となっている。

50

## 【 0 0 0 8 】

両振動子 3 0、4 0 は、フレーム部 3 1、4 1 と、このフレーム部 3 1、4 1 の内側に位置する略矩形状の矩形部 3 2、4 2 と、これらフレーム部 3 1、4 1 と矩形部 3 2、4 2 とを連結する検出梁 3 3、4 3 とを備えている。そして、両振動子 3 0、4 0 は、フレーム部 3 1、4 1 にて駆動梁 5 0 を介して基部 2 0 に連結支持されている。

## 【 0 0 0 9 】

駆動梁 5 0、図 1 中の x 方向（第 1 の方向）へ自由度を持つもので、また、検出梁 3 3、4 3 は、図 1 中の y 方向（第 2 の方向）へ自由度を持つものである。

## 【 0 0 1 0 】

また、第 1 の振動子 3 0 と第 2 の振動子 4 0 において、それぞれの振動子 3 0、4 0 の x 方向に沿った両側には、両振動子 3 0、4 0 を x 方向へ互いに逆相に駆動振動させるために静電気力を発生させる加振手段が設けられている。

10

## 【 0 0 1 1 】

ここで、加振手段は、駆動電極 3 4、4 4、および、回路部 8 0 0 におけるアンプ 8 1 1、8 1 2、8 1 3、8 1 4 および駆動信号発生回路 8 2 0 により構成される。

## 【 0 0 1 2 】

この加振手段においては、駆動信号発生回路 8 2 0 およびアンプ 8 1 1 ~ 8 1 4 によって、駆動電極 3 4、4 4 に対して駆動電圧が印加される。この駆動電圧は正弦波や矩形波などの交流電圧である。

## 【 0 0 1 3 】

ここでは、各振動子 3 0、4 0 において、両側の駆動電極 3 4、4 4 にて互いに逆相の交流電圧が印加されるようになっている。すると、各振動子 3 0、4 0 は、静電気力によって、互いに逆相で x 方向（駆動方向 x）へ駆動振動する。

20

## 【 0 0 1 4 】

また、図 4 に示されるように、基部 2 0 と連結されて角速度を検出するための検出手段が、各振動子 3 0、4 0 毎に設けられている。検出手段は、検出電極 6 0、7 0、および、回路部 9 0 0 における C/V 変換器 9 3 1、9 3 2、9 3 3、9 3 4 により構成されている。

## 【 0 0 1 5 】

そして、振動子 3 0、4 0 の駆動振動のもと図 4 中の z 軸（検出軸）回りに角速度が印加されたときに、コリオリ力によって x 方向と直交する y 方向（検出方向 y）へ振動子 3 0、4 0 が振動するが、この y 方向への振動子 3 0、4 0 の振動によって、検出電極 6 0、7 0 と検出電極 6 0、7 0 と対向する振動子 3 0、4 0 の矩形部 3 2、4 2 の部位との間の容量が変化し、この容量変化を C/V 変換器 9 3 1 ~ 9 3 4 により電圧に変換して、出力するようになっている。

30

## 【 0 0 1 6 】

ここでは、第 1 の振動子 3 0 における 2 個の C/V 変換器 9 3 1 と 9 3 2 との差動出力をとり、一方、第 2 の振動子 4 0 における 2 個の C/V 変換器 9 3 3 と 9 3 4 との差動出力をとり、さらに、これら 2 個の差動出力の差動をとり、これを角速度信号として出力する。それにより、互いに逆相に駆動振動する第 1 および第 2 の振動子 3 0、4 0 によって、y 方向における加速度成分をキャンセルした角速度信号を得ることができる。

40

## 【 0 0 1 7 】

なお、図 4 に示されるように、角速度センサ 8 0 0 の回路部 9 0 0 には、各振動子 3 0、4 0 を一定電位にするための一定電位部 9 4 0 が設けられており、この一定電位部 9 4 0 は、振動子 3 0、4 0 のフレーム部 3 1、4 1 を支持する基部 2 0 に電氣的に接続されている。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 4 2 7 6 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 1 8 】

50

ところで、上記した角速度センサ 800 を鉛直軸回りの角速度すなわちヨーレートを検出するために用いる場合、振動子 30、40 の駆動方向 x とコリオリ力が働く検出方向 y は、ともに水平面上で互いに垂直に設定される。そのため、振動子 30、40 は左右に均等に駆動振動する。

【0019】

しかしながら、この角速度センサ 800 を、ヨーレート以外、たとえば前後方向軸回りの角速度すなわちロールレートや、左右方向軸回りの角速度すなわちピッチレートを検出するために用いる場合には、その回りに角速度が発生する軸である検出軸（上記 z 軸）を水平面とするため、上記の駆動方向 x もしくは検出方向 y のいずれか一方が重力方向と一致する。

【0020】

すると、振動子 30、40 には、その振動方向に対して常に重力 1G が加わった状態となる。そのため、振動子 30、40 が重力 1G で、振動方向の一方に引っ張られた状態で駆動振動することになり、左右の振動で駆動梁の変形状態が異なり、振動状態が不均一になる。

【0021】

また、検出方向 y と重力方向とが一致した場合には、振動子 30、40 が常に幾何学的中心、すなわち静止時且つ重力が加わらないときにおける振動子の位置から、ずれた位置にあるため、検出梁が変形し、駆動振動が検出方向 y に漏れ、これがノイズの原因となってしまう。ただし、検出電極の出力を差動で取っているため、原理的に打ち消すことが可能である。

【0022】

本発明は、上記したような問題に鑑みてなされたものであり、振動型の角速度センサにおいて、重力による振動子の変位をキャンセルして振動子の適切な振動状態を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0023】

上記目的を達成するため、請求項 1 に記載の発明によれば、基部 (20) と、基部 (20) に連結された振動子 (30、40) と、振動子 (30、40) を第 1 の方向 (x) へ駆動振動させるための加振手段 (34、44、211 ~ 214、220) と、振動子 (30、40) の駆動振動のもと角速度が印加されたときに第 1 の方向 (x) と直交する第 2 の方向 (y) への振動子 (30、40) の振動に基づいて角速度を検出する検出手段 (60、70、231 ~ 234) とを備える角速度センサにおいて、ロール・ピッチの角速度などを検出するために、第 1 の方向 (x) および第 2 の方向 (y) と直交する検出軸 (z) を水平面と平行にし、第 1 の方向 (x) を鉛直方向とした場合、重力によって振動子 (30、40) が重力方向へ変位した変位量をキャンセルするように、振動子 (30、40) の位置を調整する位置調整手段 (81、82、250) が備えられており、加振手段 (34、44、211 ~ 214、220) は、振動子 (30、40) を駆動振動させるための駆動電圧を印加し、静電引力を発生させるものであり、位置調整手段は、振動子 (30、40) との間の容量変化に基づいて振動子 (30、40) の振動状態をモニタするモニタ手段 (81、82) と、モニタ手段 (81、82) からの信号に基づいて加振手段 (34、44、211 ~ 214、220) から発せられる駆動電圧の DC 成分を調整する調整手段 (250) とから構成されるものであり、検出手段 (60、70、231 ~ 234) は、基部 (20) から突出して振動子 (30、40) に対向して設けられた一対のものであり、検出手段 (60、70) と振動子 (30、40) とは、鉛直方向である第 1 の方向 (x) と平行な状態で対向した容量部を形成していることを特徴としている。

【0024】

それによれば、位置調整手段 (81、82、250) によって、重力によって振動子 (30、40) が重力方向へ変位した変位量をキャンセルするように、振動子 (30、40) の位置を調整することができる。

## 【 0 0 2 5 】

そのため、本発明によれば、振動型の角速度センサにおいて、重力による振動子（30、40）の変位をキャンセルして振動子（30、40）の適切な振動状態を実現することができる。

## 【 0 0 2 7 】

また、請求項2に記載の発明のように、請求項1に記載の角速度センサにおいては、振動子は、それぞれ基部（20）に連結された第1の振動子（30）と第2の振動子（40）とよりなり、位置調整手段（81、82、250）は、第1の振動子（30）と第2の振動子（40）とのそれぞれについて設けられているようなものに行うことができる。

## 【 0 0 2 8 】

さらに、請求項3に記載の発明のように、請求項2に記載の角速度センサにおいては、加振手段（34、44、211～214、220）により、第1および第2の振動子（30、40）は、第1の方向（x）へ互いに逆相で駆動振動するようになっているものに行うことができる。

## 【 0 0 2 9 】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 3 0 】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各図相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、説明の簡略化を図るべく、図中、同一符号を付してある。

## 【 0 0 3 1 】

図1は、本発明の実施形態に係る角速度センサ100の概略平面構成を示す図であり、図2は、同角速度センサ100における回路部200を含めた構成を示す図である。なお、図1、図2におけるハッチングは識別のために便宜上施したものである。

## 【 0 0 3 2 】

本角速度センサ100は、シリコン基板等の半導体基板10よりなり、この半導体基板10に、エッチング等の周知の半導体製造技術を用いて溝を形成することにより、図1に示されるように、外周部に基部20、その内周部に2個の振動子30、40、および各電極等が区画形成されている。

## 【 0 0 3 3 】

本角速度センサ100は、振動子を、それぞれ基部20に対して可動に連結された第1の振動子30と第2の振動子40とより構成したものである。

## 【 0 0 3 4 】

また、回路部200は、図示しない別のICチップに形成されたものか、または、角速度センサ100を構成する半導体基板10に、トランジスタ等の素子を半導体製造技術を用いて一体に形成してなるものである。回路部200と基部20、振動子30、40、および各電極等との接続は、ボンディングワイヤや各種の配線部材などにより行うことができる。

## 【 0 0 3 5 】

基部20の内周に位置する第1の振動子（図中、下側）30および第2の振動子（図中、上側）40は、互いに対称形状をなしている。本例では、両振動子30、40は、図1中のx方向（第1の方向）に沿って並べられており、両方とも基部20に対して可動となっている。

## 【 0 0 3 6 】

これら両振動子30、40は、たとえば、トレンチエッチングのあとにさらにリリースエッチングを行うことにより、基部20との連結部以外では、半導体基板10から浮遊した形となっている。

## 【 0 0 3 7 】

10

20

30

40

50

両振動子 30、40 は、フレーム部（第 1 の振動部）31、41 と、このフレーム部 31、41 の内側に位置する略矩形状の矩形部（第 2 の振動部）32、42 と、これらフレーム部 31、41 と矩形部 32、42 とを連結する検出梁 33、43 とを備えている。そして、両振動子 30、40 は、フレーム部 31、41 にて駆動梁 50 を介して基部 20 に連結支持されている。

【0038】

駆動梁 50、図 1 中の x 方向（第 1 の方向）へ自由度を持つもので、本例では、x 方向へバネ変形可能な様に、y 方向へ延びる形状をなしている。また、検出梁 33、43 は、図 1 中の y 方向（第 2 の方向）へ自由度を持つもので、本例では、y 方向へバネ変形可能な様に、x 方向へ延びる形状をなしている。

10

【0039】

また、第 1 の振動子 30 と第 2 の振動子 40 において、それぞれの振動子 30、40 の x 方向に沿った両側には、両振動子 30、40 を x 方向へ互いに逆相に駆動振動させるために振動を発生させる加振手段としての駆動電極 34、44 が設けられている。

【0040】

各駆動電極 34、44 は、櫛歯状をなすものであり、この駆動電極 34、44 と対向する振動子 30、40 のフレーム部 31、41 の部位には、この駆動電極 34、44 における櫛歯部とかみ合うように櫛歯部 31a、41a が形成されている。

【0041】

作動などは後述するが、この加振手段としての駆動電極 34、44 は、次のようなものとして構成されている。

20

【0042】

駆動電極 34、44 は、図 2 に示される回路部 200 におけるアンプ 211、212、213、214 および駆動信号発生回路 220 とともに、本角速度センサ 100 における加振手段を構成するものである。

【0043】

この加振手段においては、駆動信号発生回路 220 およびアンプ 211 ~ 214 によって、駆動電極 34、44 に対して駆動電圧が印加される。ここでは、駆動電圧は正弦波や矩形波などの交流電圧である。

【0044】

ここで、各振動子 30、40 においては、図 1 に示されるように、図中の上下両側に駆動電極 34、44 が設けられているが、各振動子 30、40 において、両側の駆動電極 34、44 にて互いに逆相の交流電圧が印加されるようになっている。

30

【0045】

なお、各振動子 30、40 毎に 2 個のアンプが設けられているが、上記逆相の交流電圧を発生するために、一方のアンプ 212、213 には、インバータ 212a、213a が設けられている。

【0046】

すると、各振動子 30、40 は、駆動電極 33、44 による静電気力で x 方向へ振動する。これが各振動子 30、40 の駆動振動である。さらに、本実施形態では、互いの振動子 30 と 40 とが逆相で駆動振動する。

40

【0047】

つまり、第 1 の振動子 30 が、x 方向に沿って、図 1 中の上側に向かって変位しているとき、第 2 の振動子 40 は、図 1 中の下側に向かって変位する。このように、第 1 および第 2 の振動子 30、40 を互いに逆相に駆動振動させることは、y 方向における加速度成分をキャンセルするためである。

【0048】

また、図 1 に示されるように、基部 20 と連結されて角速度を検出するための検出手段としての検出電極 60、70 が、各振動子 30、40 毎に設けられている。

【0049】

50

各検出電極 60、70 は、基部 20 から突出して各振動子 30、40 の矩形部 32、42 に対向して設けられている。この各検出電極 60、70 と検出電極 60、70 と対向する振動子 30、40 の矩形部 32、42 の部位とは、本例では、平行な状態で対向した容量部を形成している。

【0050】

作動などは後述するが、この検出手段としての検出電極 60、70 は、次のようなものとして構成されている。

【0051】

検出電極 60、70 は、図 2 に示される回路部 200 における C/V 変換器 231、232、233、234 とともに、本角速度センサ 100 における検出手段を構成するものである。

10

【0052】

この検出手段は、振動子 30、40 の駆動振動のもと図 1 中の検出軸である z 軸回りに角速度が印加されたときに x 方向と直交する y 方向への振動子 30、40 の振動に基づいて角速度を検出するものである。

【0053】

具体的には、y 方向への振動子 30、40 の振動によって、検出電極 60、70 と検出電極 60、70 と対向する振動子 30、40 の矩形部 32、42 の部位との間の容量が変化し、この容量変化を C/V 変換器 231 ~ 234 により電圧に変換して、出力するものである。

20

【0054】

ここでは、第 1 の振動子 30 における 2 個の C/V 変換器 231 と 232 との差動出力をとり、一方、第 2 の振動子 40 における 2 個の C/V 変換器 233 と 234 との差動出力をとり、さらに、これら 2 個の差動出力の差動をとり、これを角速度信号として出力する。それにより、互いに逆相に駆動振動する第 1 および第 2 の振動子 30、40 によって、y 方向における加速度成分をキャンセルした角速度信号を得ることができる。

【0055】

また、図 2 に示されるように、角速度センサ 100 の回路部 200 には、各振動子 30、40 を一定電位にするための一定電位部 240 が設けられており、この一定電位部 240 は、振動子 30、40 のフレーム部 31、41 を支持する基部 20 に電氣的に接続されている。

30

【0056】

このように、本実施形態の角速度センサ 100 は、基本的には、基部 20 と、基部 20 に連結された振動子 30、40 と、振動子 30、40 を x 方向へ駆動振動させるための加振手段 34、44、211 ~ 214、220 と、振動子 30、40 の駆動振動のもと検出軸 z 回りに角速度が印加されたときに x 方向と直交する y 方向への振動子 30、40 の振動に基づいて当該角速度を検出する検出手段 60、70、231 ~ 234 とを備えるものである。

【0057】

そして、本実施形態では、図 1、図 2 に示されるように、このような角速度センサ 100 において、ロール・ピッチの角速度を検出するために、x 方向および y 方向と直交する検出軸 z を水平面と平行にし、x 方向を鉛直方向とした場合、重力によって振動子 30、40 が重力方向へ変位した変位量をキャンセルするように、振動子 30、40 の位置を調整する位置調整手段 81、82、250 を備えた独自の構成を有している。

40

【0058】

具体的に、本実施形態では、上記加振手段は、振動子 30、40 を駆動振動させるための駆動電圧を印加し、静電引力を発生させるものであり、位置調整手段は、半導体基板 10 の外周部に設けられたモニタ電極 81、82 と、回路部 200 に設けられた振動子位置制御回路 250 とから構成される。

【0059】

50

モニタ電極 8 1、8 2 は、振動子 3 0、4 0 との間の容量変化に基づいて振動子 3 0、4 0 の振動状態をモニタするモニタ手段として構成されている。ここでは、モニタ電極 8 1、8 2 は、振動子 3 0、4 0 のフレーム部 3 1、4 1 の部位に設けられた櫛歯部 3 1 a、4 1 a とかみ合うように対向した櫛歯状をなすものであり、対向する櫛歯部 3 1 a、4 1 a との間に容量部が形成されたものである。

【0060】

振動子 3 0、4 0 の駆動振動において、振動子 3 0、4 0 の振動状態が変化すると、振動子 3 0、4 0 とモニタ電極 8 1、8 2 との間の容量が変化する。すると、このモニタ電極 8 1、8 2 における容量変化の信号が、振動子 3 0、4 0 の振動状態の変化として、振動子位置制御回路 2 5 0 に送られる。

10

【0061】

そして、振動子位置制御回路 2 5 0 は、このモニタ電極 8 1、8 2 からの信号に基づいて上記加振手段から発せられる駆動電圧の DC 成分を調整する調整手段として構成されている。

【0062】

具体的には、振動子位置制御回路 2 5 0 は、加振手段における各アンプ 2 1 1 ~ 2 1 4 の仮想グラウンド (GND) を調整して、駆動電圧の DC 成分 (直流成分) を変化させるものである。

【0063】

なお、上述したように、回路部 2 0 0 と基部 2 0、振動子 3 0、4 0、および各電極等との電気的接続は、ボンディングワイヤや各種の配線部材などにより行うことができるが、これら基部 2 0、振動子 3 0、4 0、および各電極には、アルミ等よりなる図示しないパッドが形成されており、このパッドに、ボンディングワイヤや各種の配線部材などが接続されるようになっている。

20

【0064】

次に、本角速度センサ 1 0 0 の作動について述べる。まず、加振手段 3 3、3 4、2 1 1 ~ 2 1 4、2 2 0 によって、駆動電極 3 4、4 4 に対して駆動電圧を印加する。すると、上述したように、第 1 および第 2 の振動子 3 0、4 0 を互いに逆相に駆動振動する。

【0065】

具体的には、駆動電極 3 4、4 4 における上記櫛歯部と振動子 3 0、4 0 における上記櫛歯部 3 1 a、4 1 a との間の静電気力の作用により、振動子 3 0、4 0 が駆動電極 3 4、4 4 に対して、近づいたり離れたりするように x 方向に沿って振動する。このとき、第 1 の振動子 3 0 と第 2 の振動子 4 0 とでは、駆動電圧の交流成分が逆相であるため、x 方向に沿って互いに逆方向 (つまり、逆相) に振動が発生する。

30

【0066】

こうして、両振動子 3 0、4 0 が駆動振動しているときに、検出軸 z すなわち z 軸 (図 1 参照) 回りに角速度が印加されると、各振動子 3 0、4 0 には y 方向へ互いに逆方向のコリオリ力が作用する。すると、このコリオリ力によって、各振動子 3 0、4 0 における矩形部 3 2、4 2 は、それぞれ、検出梁 3 3、4 3 の作用により、y 方向へ互いに逆相にて振動 (検出振動) する。

40

【0067】

この検出振動において、各振動子 3 0、4 0 に対応する検出電極 6 0、7 0 における容量が、印加角速度 (コリオリ力) の大きさに応じて変化する。この容量変化は、上記 C/V 変換器 2 3 1 ~ 2 3 4 にて電圧に変換される。このとき、上記したように、各差動出力をとることによって、検出手段からの出力が角速度信号として得られる。

【0068】

このような角速度センサ 1 0 0 によれば、上述したように、両振動子 3 0、4 0 を逆相に駆動振動させることによって、外部加速度をキャンセルしつつ、角速度の検出信号を 2 個の振動子 3 0、4 0 からの足し合わせとして感度良く検出することができるという利点がある。以上が、本角速度センサ 1 0 0 による角速度検出の基本動作である。

50

## 【 0 0 6 9 】

ここにおいて、本角速度センサ 1 0 0 を、前後方向軸回りの角速度すなわちロールレートや、左右方向軸回りの角速度すなわちピッチレートを検出するために用いる場合には、駆動方向 x もしくは検出方向 y のいずれか一方が重力方向と一致する。そのため、上述したように、重力によって振動子 3 0、4 0 の振動状態が不均一になる。

## 【 0 0 7 0 】

しかし、本実施形態の角速度センサ 1 0 0 においては、位置調整手段 8 1、8 2、2 5 0 を備えることにより、x 方向（すなわち駆動方向）重力が加わっても振動子 3 0、4 0 の振動状態を適切なものにできるようにしている。

## 【 0 0 7 1 】

重力が駆動方向 x に加わると、振動子 3 0、4 0 の駆動振動において、振動子 3 0、4 0 は、重力方向すなわち駆動方向 x の一方へ、重力が加わった分、変位し、この変位量の分、振動子 3 0、4 0 の駆動振動における振動状態が変化する。

## 【 0 0 7 2 】

本実施形態では、この振動子 3 0、4 0 の振動状態の変化を、モニタ電極 8 1、8 2 における容量変化の信号として検出し、この信号は振動子位置制御回路 2 5 0 に送られる。そして、振動子位置制御回路 2 5 0 は、このモニタ電極 8 1、8 2 からの信号に基づいて上記加振手段から発せられる駆動電圧の DC 成分を調整する。

## 【 0 0 7 3 】

具体的には、上述したが、振動子位置制御回路 2 5 0 は、加振手段における各アンプ 2 1 1 ~ 2 1 4 の仮想グラウンド ( G N D ) を調整して、駆動電圧の DC 成分 ( 直流成分 ) を変化させる。

## 【 0 0 7 4 】

より具体的にいうと、たとえば、図 1、図 2 中の下方に重力が加わるとすると、振動子 3 0、4 0 も同じ下方へ変位する。

## 【 0 0 7 5 】

この振動状態の変化をモニタ電極 8 1、8 2 でモニタし、振動子位置制御回路 2 5 0 は、各振動子 3 0、4 0 における図中の上側の駆動電極 3 4、4 4 に対応したアンプ 2 1 2、2 1 4 における仮想 G N D を調整して、当該アンプ 2 1 2、2 1 4 に対応する駆動電極 3 4、4 4 の駆動電圧の DC 成分を大きくする。

## 【 0 0 7 6 】

それにより、図 1、図 2 中の下方に重力が加わっても、振動子 3 0、4 0 の振動中心は、静止時且つ重力が加わらないときにおける振動子の位置に復帰する。このように振動子 3 0、4 0 の位置が調整されるため、振動子 3 0、4 0 の駆動振動は不均一にならず適切なものになる。

## 【 0 0 7 7 】

このように、本実施形態によれば、基部 2 0 と、基部 2 0 に連結された振動子 3 0、4 0 と、振動子 3 0、4 0 を x 方向へ駆動振動させるための加振手段 3 4、4 4、2 1 1 ~ 2 1 4、2 2 0 と、振動子 3 0、4 0 の駆動振動のもと角速度が印加されたときに x 方向と直交する y 方向への振動子 3 0、4 0 の振動に基づいて角速度を検出する検出手段 6 0、7 0、2 3 1 ~ 2 3 4 とを備える角速度センサにおいて、x 方向および y 方向と直交する検出軸 z を水平面と平行にし、x 方向を鉛直方向とした場合、重力によって振動子 3 0、4 0 が重力方向へ変位した変位量をキャンセルするように、振動子 3 0、4 0 の位置を調整する位置調整手段 8 1、8 2、2 5 0 が備えられていることを特徴とする角速度センサ 1 0 0 が提供される。

## 【 0 0 7 8 】

それによれば、上述したように、位置調整手段 8 1、8 2、2 5 0 によって、重力によって振動子 3 0、4 0 が重力方向へ変位した変位量をキャンセルするように、振動子 3 0、4 0 の位置を調整することができる。

## 【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

そのため、本実施形態によれば、振動型の角速度センサ 100 において、重力による振動子 30、40 の変位をキャンセルして振動子 30、40 の適切な振動状態を実現することができる。

【0080】

ここで、本実施形態では、加振手段 33、34、211~214、220 は、振動子 30、40 を駆動振動させるための駆動電圧を印加し、静電引力を発生させるものであり、位置調整手段は、振動子 30、40 との間の容量変化に基づいて前記振動子 30、40 の振動状態をモニタするモニタ手段 81、82 と、モニタ手段 81、82 からの信号に基づいて加振手段 33、34、211~214、220 から発せられる駆動電圧の DC 成分を調整する調整手段 250 とから構成されるものとしている。

10

【0081】

また、本実施形態では、振動子は、それぞれ基部 20 に連結された第 1 の振動子 30 と第 2 の振動子 40 とよりなるが、位置調整手段 81、82、250 は、第 1 の振動子 30 と第 2 の振動子 40 とのそれぞれについて設けられていることも特徴点である。

【0082】

[変形例]

上記したように、本実施形態の角速度センサ 100 は、ロールレートやピッチレートを検出するために用いる場合において、重力による振動子 30、40 の変位をキャンセルして振動子 30、40 の適切な振動状態を実現することができる。

【0083】

しかし、本角速度センサ 100 を、常に一定方向に重力が加わる環境で用いる場合には、重力による振動子 30、40 の変位量も決まってくるので、あらかじめ、その変位量を見込んで、加振手段 34、44、211~214、220 から発せられる駆動電圧の DC 成分をある一定値となるように調整しておいてもよい。つまり、この場合には、位置調整手段としては、モニタ手段は不要となる。

20

【0084】

これの一例として、検出軸 z 方向への重力の影響をキャンセルする方法として応用できる。図 3 (a) に示されるように、本角速度センサ 100 は、半導体基板 10 として、一対のシリコン基板 11、12 を酸化膜 (絶縁層) 13 を介して貼り合わせてなる SOI 基板を用いて、一方のシリコン基板 11 に対して、上記基部 20 や振動子 30、40、各電極などを形成したものとできる。

30

【0085】

この場合、他方のシリコン基板 12 が角速度センサ 100 における各部を支持する支持基板 12 として構成される。

【0086】

そして、図 3 (a) に示されるように、本角速度センサ 100 を、振動子 30、40 が形成されている側のシリコン基板 11 を下側にして回路チップ 210 上に、接合部材 220 を介して搭載する。すなわち、フリップチップの形態で搭載する。この場合、鉛直方向すなわち z 軸回りの角速度であるヨーレートを検出するセンサとなる。

【0087】

ここで、接合部材 220 は、電氣的接続を行う必要がある場合には、導電性の接合部材とし、その必要がない場合には、非導電性の接合部材であってもよい。なお、回路チップ 210 には、上記した角速度センサ 100 における回路部 200 が形成されている。

40

【0088】

この図 3 (a) に示されるような構造の場合、図中の上側が天、下側が地の方向となり、半導体基板 10 から回路チップ 210 へ向かう方向に重力が作用する。すると、振動子 30、40 には、常に、この重力が作用した状態となる。

【0089】

このような重力の作用が行われる状態の場合、図 3 (b) に示されるように、振動子 30、40 の裏側における支持基板 12 との対向部すなわち半導体基板 10 における他方の

50

シリコン基板 12 に背面電極 12 a を形成し、この背面電極 12 a と振動子 30、40 との間に DC バイアスを印加する可変電圧電源 300 を設ける。

【0090】

ここで、背面電極 12 a は、拡散層や埋め込み膜などからなる導体層として構成することができる。

【0091】

この可変電圧電源 300 は、重力によって振動子 30、40 が重力方向へ変位した変位量をキャンセルするように、振動子 30、40 の位置を調整する位置調整手段として構成されている。

【0092】

具体的には、振動子 30、40 には常に地方向に重力が加わっているため、その重力により振動子 30、40 が地方向へ変位する変位量を見込んで、振動子 30、40 を天側へ上げるように、可変電圧電源 300 から一定の DC バイアスを振動子 30、40 に印加する。

【0093】

このように、本変形例における角速度センサ 100 においても、重力による振動子 30、40 の変位をキャンセルして振動子 30、40 の適切な振動状態を実現することができる。

【0094】

(他の実施形態)

なお、上記実施形態では、振動子は、それぞれ基部 20 に連結された第 1 の振動子 30 と第 2 の振動子 40 とからなるものであったが、振動子は 1 個であってもよく、また、3 個以上であってもよい。

【0095】

また、上記実施形態では、位置調整手段は、静電気力によって振動子の位置を調整するものであったが、振動子の位置を調整する手法としては、静電気力に限定されるものではない。

【0096】

たとえば、振動子を電磁駆動させる角速度センサにおいては、電磁力を用いて振動子の位置を調整するようにしてもよい。また、 piezo 素子を振動子として用いた角速度センサなどにおいては、piezo 素子に電圧などを印加することにより、振動子の位置を調整するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0098】

【図 1】本発明の実施形態に係る角速度センサの概略平面構成を示す図である。

【図 2】図 1 に示される角速度センサにおける回路部を含めた構成を示す図である。

【図 3】上記実施形態の変形例としての角速度センサの構成を示す概略断面図である。

【図 4】一般的なこの種の角速度センサにおける回路部を含めた構成を示す図である。

【符号の説明】

【0099】

- 20 ... 基部、30 ... 第 1 の振動子、40 ... 第 2 の振動子、
- 34、44 ... 加振手段としての駆動電極、
- 60、70 ... 検出手段としての検出電極、
- 81、82 ... 位置調整手段におけるモニタ手段としてのモニタ電極、
- 211 ~ 214 ... 加振手段としてのアンプ、
- 220 ... 加振手段としての駆動信号発生回路、
- 231 ~ 234 ... 検出手段としての C/V 変換器、
- 250 ... 位置調整手段における調整手段としての振動子位置制御回路。

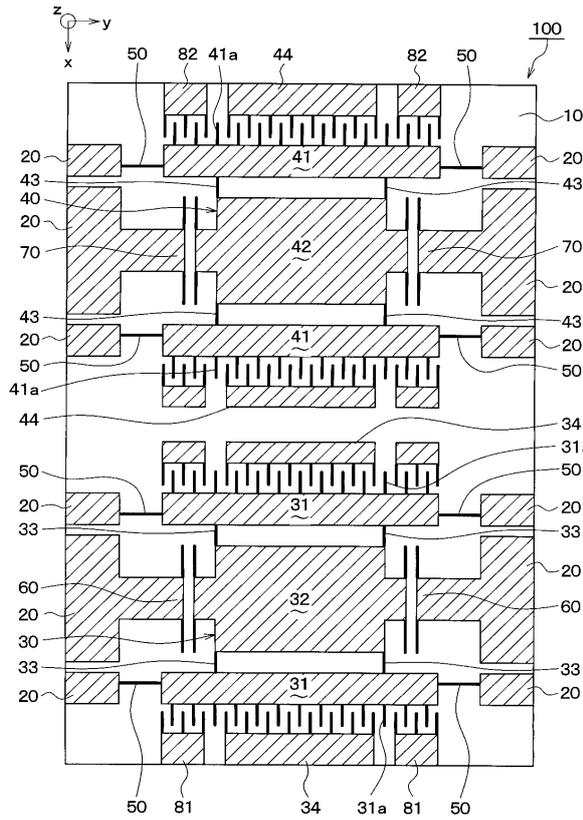
10

20

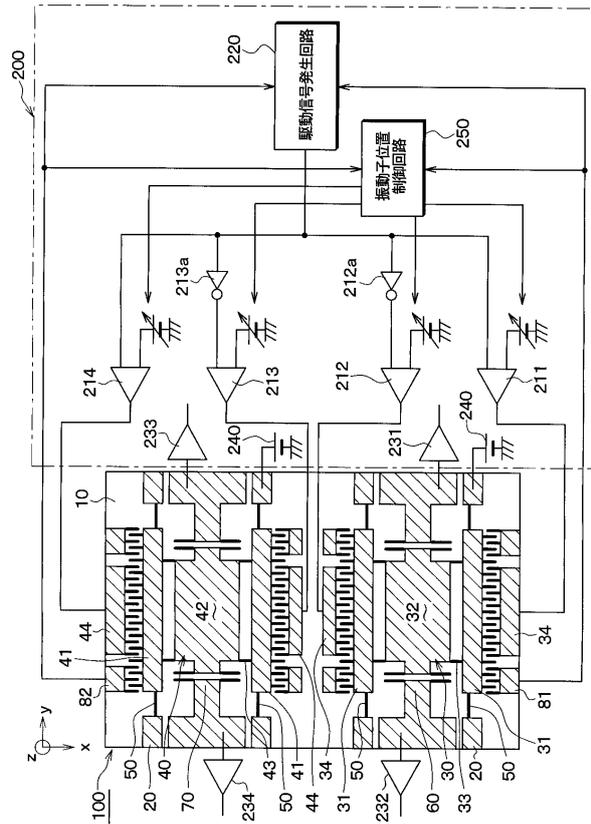
30

40

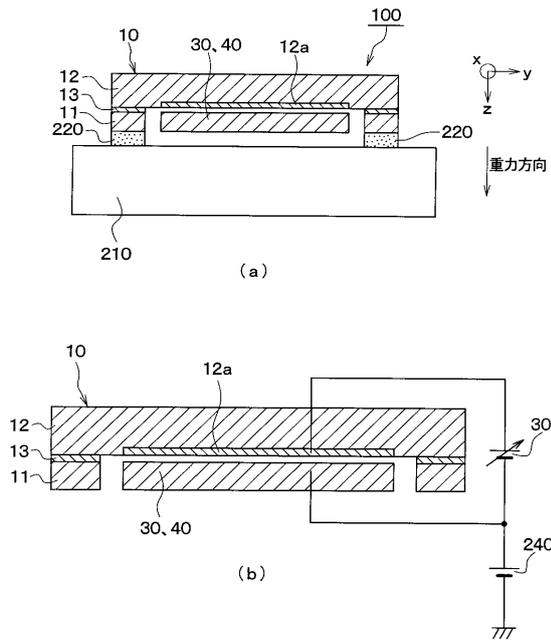
【図1】



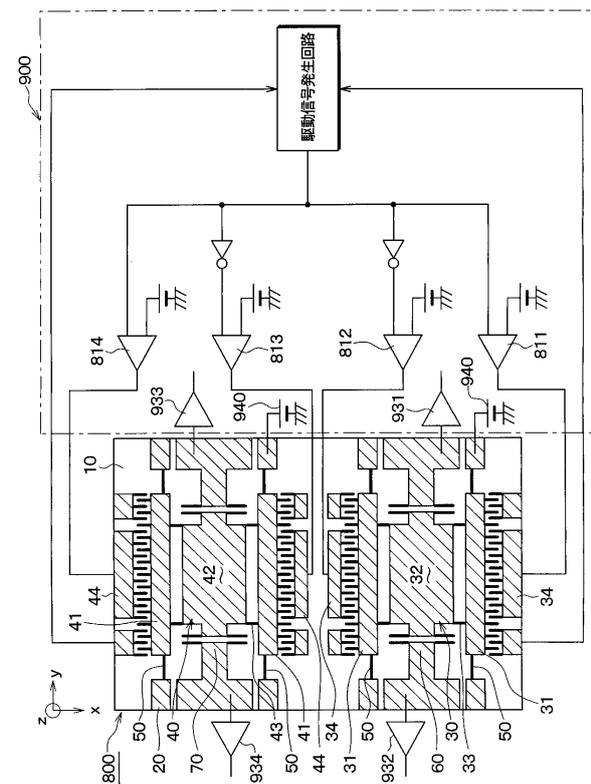
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 196684 (JP, A)  
特開2002 - 048813 (JP, A)  
特開2000 - 009475 (JP, A)  
特開2001 - 082964 (JP, A)  
特開平10 - 170276 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56  
G01P 9/04  
H01L 29/84