

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4075022号
(P4075022)

(45) 発行日 平成20年4月16日(2008.4.16)

(24) 登録日 平成20年2月8日(2008.2.8)

(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 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-176992 (22) 出願日 平成10年6月24日(1998.6.24) (65) 公開番号 特開2000-9474(P2000-9474A) (43) 公開日 平成12年1月14日(2000.1.14) 審査請求日 平成17年5月23日(2005.5.23)</p>	<p>(73) 特許権者 000000011 アイシン精機株式会社 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 (72) 発明者 峠 宗 志 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内 (72) 発明者 加 藤 学 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内 (72) 発明者 原 田 伸 一 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内 審査官 谷口 智利</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】

x, y 平面上にあって中心Oを中心とし、該中心Oを通るx軸およびy軸の方向に撓み性が高く、浮動支持部材にて基板に対してx, y 平面に沿う方向に振動可に支持された、ループばね梁；

該ループばね梁の、前記中心Oを通るx軸, y軸との交点の少くとも一点を、該点で交わる該軸が延びる方向に振動駆動する励振手段；

該ループばね梁のx軸との交点に連続し、y軸に関して対称に位置し、x軸の延びる方向に撓み性が高い支持部材にて基板に対して浮動支持された第1駆動枠および第2駆動枠；

第1駆動枠の内側で第1駆動枠に連続する、y方向に撓み性が高いばね梁、および、第1駆動枠の内側で該ばね梁に連続する第1振動体；

第2駆動枠の内側で第2駆動枠に連続する、y方向に撓み性が高いばね梁、および、第2駆動枠の内側で該ばね梁に連続する第2振動体；

第1振動体のy振動を検出する第1の変位検出手段；および、

第2振動体のy振動を検出する第2の変位検出手段；

を備える角速度センサ。

【請求項2】

前記ループばね梁は、前記中心Oに関して点对称の形状であり；

第1駆動枠と第2駆動枠は、前記中心Oに関して点对称であり；

第1振動体と第2振動体も、前記中心Oに関して点対称であり；
 第1の変位検出手段と第2の変位検出手段も、前記中心Oに関して点対称である；
 請求項1に記載の角速度センサ。

【請求項3】

前記ループばね梁のy軸との交点に連続し、y軸の延びる方向に撓み性が高い支持部材にて基板に対して浮動支持され、x軸に関して対称に位置する第3駆動枠および第4駆動枠；

第3駆動枠に連続するy方向に撓み性が高いばね梁に連続する第3振動体；

第4駆動枠に連続するy方向に撓み性が高いばね梁に連続する第4振動体；

第3振動体のx振動を検出する第3の変位検出手段；および、

第4振動体のx振動を検出する第4の変位検出手段；

を更に備える、請求項1又は2に記載の角速度センサ。

10

【請求項4】

各振動体は、枠形状体であり、それぞれの内側に、各振動体の、前記ループばね梁のx軸との交点のx方向の振動に直交するy方向の振動を検出する各変位検出手段が位置する、請求項1乃至3のいずれか1つに記載の角速度センサ。

【請求項5】

浮動支持部材は、x軸，y軸上にあつて該軸が延びる方向の撓み性が高いばね梁を含む、請求項1乃至3のいずれか1つに記載の角速度センサ。

【請求項6】

浮動支持部材は、前記軸が延びる方向の撓み性が高いばね梁が連続する枠体、および、該枠体に一端が連続し他端が基板に固定された、x軸，y軸方向の撓み性が高いばね梁を含む、請求項5に記載の角速度センサ。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板に対して浮動支持された振動体を備える角速度センサに関し、特に、これに限定する意図ではないが、半導体微細加工技術を用いて形成される浮動半導体薄膜を櫛歯電極にて電氣的に吸引/解放してx方向に励振する角速度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】

この種の角速度センサの代表的なものは、浮動薄膜の左辺部に1組かつ右辺部に1組の浮動櫛歯電極（左側浮動櫛歯電極と右側浮動櫛歯電極）を備え、固定櫛歯電極も2組（各組の浮動櫛歯電極に非接触で噛み合いかつ平行な左側固定櫛歯電極および右側固定櫛歯電極）として、左側浮動櫛歯電極/左側固定櫛歯電極間と右側浮動櫛歯電極/右側固定櫛歯電極間に交互に電圧を印加することにより、浮動薄膜がx方向に振動する。浮動薄膜に、z軸を中心とする回転の角速度が加わると、浮動薄膜にコリオリ力が加わって、浮動薄膜は、y方向にも振動する楕円振動となる。浮動薄膜を導体としもしくは電極が接合したものとし、浮動薄膜のxz平面に平行な検出電極を基板上に備えておくと、この検出電極と浮動薄膜との間の静電容量が、楕円振動のy成分（角速度成分）に対応して振動する。この静電容量の変化（振幅）を測定することにより、角速度を求めることが出来る（例えば特開平5-248872号公報，特開平7-218268号公報，特開平8-152327号公報，特開平9-127148号公報，特開平9-42973号公報）。

30

40

【0003】

米国特許明細書第5,635,638号のFig.4には、1対の振動子を半円形状の1対の梁で連結して、各振動子の振動方向xに対して撓み性が高い梁を介して、8個のアンカーにて、該1対の振動子を浮動支持した角速度センサが開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来の角速度センサではアンカー部が多点到にわかれており、互いに距離があるため振動

50

子を単振動させる梁バネ部に温度変化等の外力が加わると圧縮あるいは引張りの応力がかかる。そのため共振周波数が温度とともに変化し、ヒステリシスと不連続点をもつ特性となる。それはセンサの精度を低下させる。例えば特開平7 - 218268号公報に開示のごとき、アンカー部が多点にわかれた従来の角度センサでは、アンカー間に距離があるため駆動時の振動が検出側の振動にもれ、そのため精度低下となることが考えられる。また、例えば特開平7 - 218268号公報に開示のごときの、駆動の振動モードと検出の振動モードの不動点が不一致のものでは、互いの振動もれと外力の影響があると角速度検出精度が低下すると考えられる。また、駆動の振動モードにコリオリ力による振動を低減させる振動成分を含むと、角速度検出出力が小さい。従来の振動子の振幅が、+x方向と-x方向とで異なって振動が不安定になるときがあり、センサとして成立しないときがある。

10

【0005】

米国特許明細書第5,635,638号の角速度センサでは、振動子の重心から振動バネが接続されていないため、製造時の寸法変動により、振動マスに加わる駆動力が不均一になると振動がアンバランスになると推察される。また、非線形振動になる。そのため共振周波数のシフト振動のアンバランスにより検出出力の不安定な変動を発生させるためS/Nが悪いと推察される。振動駆動信号が検出コンデンサに伝わるので、角速度信号のS/Nが低いと推察される。更に、従来のセンサでは駆動振動の漏れが各検出部に漏れ信号として流れるが、励振部と各検出部までの電気的距離、幾何学的距離に対称性がないため、電気回路部の作動構成でも漏れ信号が除去できず、S/Nの低下をもたらす。

20

【0006】

本発明は、物理的（電気的および機械的）外乱による検出精度の低下を防ぎ、振動駆動信号の漏れによるS/N低下を抑止し、角速度検出精度を高くすることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明の角速度センサは、x, y平面上にあって中心Oを中心とし、該中心Oを通るx軸およびy軸の方向に撓み性が高く、浮動支持部材(b1~b4, c, 1, 2, 8, 18, b5~b8)にて基板(100)に対してx, y平面に沿う方向に振動可に支持された、ループばね梁(3)；

該ループばね梁(3)の、前記中心Oを通るx軸, y軸との交点の少くとも一点を、該点で交わる該軸が延びる方向に振動駆動する励振手段(4~6)；

30

該ループばね梁(3)のx軸との交点に連続し、y軸に関して対称に位置し、x軸の延びる方向に撓み性が高い支持部材(8, 18)にて基板(100)に対して浮動支持された第1駆動枠(7)および第2駆動枠(17)；

第1駆動枠(7)の内側で第1駆動枠に連続する、y方向に撓み性が高いばね梁(9, 10)、および、第1駆動枠の内側で該ばね梁(9, 10)に連続する第1振動体(11)；

第2駆動枠(17)の内側で第2駆動枠に連続する、y方向に撓み性が高いばね梁(19, 20)、および、第2駆動枠の内側で該ばね梁(9, 10)に連続する第2振動体(21)；

第1振動体(11)のy振動を検出する第1の変位検出手段(12, 13)；および、

第2振動体(21)のy振動を検出する第2の変位検出手段(22, 23)；

を備える。なお、理解を容易にするためにカッコ内には、図面に示し後述する実施例の対応要素の符号を参考までに付記した。

40

【0008】

これによれば、励振手段(4~6)にて、ループばね梁(3)の、x軸, y軸との交点の少くとも一点例えばy軸との交点を、y軸が延びる方向に振動駆動すると、これによるy振動と180度位相がずれたx振動が、ループばね梁(3)のx軸との交点に現われ、第1駆動枠(7)および第2駆動枠(17)が、逆相でx方向に振動する。第1振動体(11)および第2振動体(21)も、第1駆動枠(7)および第2駆動枠(17)と同じく、x方向に逆相で振動する。z軸廻りの角速度が加わると、第1振動体(11)および第2振動体(21)は、y方向に撓み性が高いばね梁(9, 10/19, 20)にて支持されているので、第1振動体(11)および第2振動体(21)の振動が楕円振動となり、y方向にも振動する。第1振動体(11)および第2振動体(21)

50

の x 振動が相対的に逆相であるので、y 振動も相対的には逆相となる。第 1 および第 2 変位検出手段(12,13 / 22,23)が、これらの y 振動を検出する。

【 0 0 0 9 】

第 1 および第 2 変位検出手段(12,13 / 22,23)の振動検出信号の差動増幅を行なうと、各変位検出手段の振動検出信号の略 2 倍のレベルの振動検出信号が得られると共に、電気的なノイズが減殺されるばかりでなく、角速度以外の機械的な外力による信号成分も相殺される。例えば y 方向の加、減速度が加わった場合、それによる第 1 振動体(11)および第 2 振動体(21)の移動が同方向で、第 1 および第 2 変位検出手段(12,13 / 22,23)の変位検出信号レベルが同方向に同程度振れるが、それらを差動増幅すると、この信号レベルの振れが相殺となる。したがって、加速度など、外力による角速度信号の S / N 低下を生じない。

【 0 0 1 0 】

ループばね梁(3)が、浮動支持部材(b1~b4, c, 1, 2, 8, 18, b5~b8)にて基板(100)に対して x, y 平面に沿う方向に振動可に支持され、しかも、第 1 駆動枠(7)および第 2 駆動枠(17)が、x 軸の延びる方向に撓み性が高い支持部材(8,18)にて基板(100)に対して浮動支持されているので、第 1 駆動枠(5)および第 2 駆動枠(25)が、温度歪を生じにくく、それらならびに第 1 および第 2 振動体(11,21)の x 振動が安定するのに加えて、y 方向に撓み性が高いばね梁(9,10,19,20)を介して第 1 および第 2 振動体(11,21)が浮動支持されているので、第 1 および第 2 振動体(11,21)は更に温度歪を生じにくく、角速度対応の y 振動が安定したものとなり、角速度信号の信頼性(安定性)が高い。

【 0 0 1 1 】

励振手段(4~6)にて、ループばね梁(3)の、y 軸との交点を y 軸が延びる方向に振動駆動する態様では、該交点から第 1 および第 2 振動体(11,21)が等距離になるので、第 1 および第 2 変位検出手段(12,13 / 22,23)への励振駆動信号の漏れは同等となり、上述の差動増幅により相殺されるので、S / N が高い角速度検出信号を得ることができる。ループばね梁(3)の、x 軸との交点を x 方向に振動駆動する態様では、x 軸との 2 交点のそれぞれを対の励振手段にて振動駆動することにより、各励振手段と各変位検出手段(12,13 / 22,23)との距離が同一となり、同様に S / N が高い角速度検出信号を得ることができる。

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

(2) 前記ループばね梁(3)は前記中心 O に関して点対称の形状であり；
第 1 駆動枠(7)と第 2 駆動枠(17)は前記中心 O に関して点対称であり；
第 1 振動体(11)と第 2 振動体(21)も前記中心 O に関して点対称であり；
第 1 の変位検出手段(12,13)と第 2 の変位検出手段(22,23)も前記中心 O に関して点対称である；上記(1)に記載の角速度センサ。

【 0 0 1 3 】

中心 O に関して点対称としたので、駆動枠および振動体が多点多でアンカーされても、熱膨張、内部応力等の解放によって中心 O に関する対称性がくずれることがなく、角速度信号の信頼性(安定性)が高い。

【 0 0 1 4 】

(3) 前記ループばね梁(3)の y 軸との交点に連続し、y 軸の延びる方向に撓み性が高い支持部材(1,2)にて基板(100)に対して浮動支持され、x 軸に関して対称に位置する第 3 駆動枠(77)および第 4 駆動枠(87)；
第 3 駆動枠(77)に連続する y 方向に撓み性が高いばね梁(79,80)に連続する第 3 振動体(81)；
第 4 駆動枠(87)に連続する y 方向に撓み性が高いばね梁(89,90)に連続する第 4 振動体(91)；
第 3 振動体(81)の x 振動を検出する第 3 の変位検出手段(82,83)；および、
第 4 振動体(91)の x 振動を検出する第 4 の変位検出手段(92,93)；
を更に備える、上記(1)又は(2)に記載の角速度センサ。

【 0 0 1 5 】

これによれば、第1および第2変位検出手段(12,13/22,23)の変位検出信号と同様な信号が、第3および第4変位検出手段(82,83/92,93)でも得られる。これらの信号を差動増幅して、第1および第2変位検出手段(12,13/22,23)の差動増幅信号と位相を合せて加算することにより、高レベルの高S/Nの角速度信号が得られる。また、第1～第4駆動枠および第1～第4振動体を、駆動枠と振動体の一組を、中心Oを中心に90度づつ回転させ、x軸およびy軸に関して対称なものとするることにより、温度変化、電気ノイズ、外部からの加、減速度や振動による影響が小さい、高S/N、高信頼性(安定性)の角速度信号が得られる。

【0016】

(4)各振動体(11,21,81,91)は、枠形状体であり、それぞれの内側に、各振動体の、前記ループばね梁(3)のx軸との交点のx方向の振動に直交するy方向の振動を検出する各変位検出手段(12,13/22,23/82,83/92,93)が位置する、上記(1)乃至(3)のいずれか1つに記載の角速度センサ。

10

【0017】

(5)浮動支持部材(b1~b4,c,1,2,8,18,b5~b8)は、x軸、y軸上において該軸が延びる方向の撓み性が高いばね梁(1,2,8,18)を含む、上記(1)乃至(3)のいずれか1つに記載の角速度センサ。

【0018】

(6)浮動支持部材(b1~b4,c,1,2,8,18,b5~b8)は、前記軸が延びる方向の撓み性が高いばね梁(1,2,8,18)が連続する枠体(c)、および、該枠体(c)に一端が連続し他端が基板(100)に固定された、x軸、y軸方向の撓み性が高いばね梁(b1~b4)を含む、上記(5)に記載の角速度センサ。

20

【0019】

本発明の好ましい実施例では、角速度センサエレメントの配列を、中心Oに関してすべて点对称とした。これによれば、駆動枠および振動体が多点でアンカーされているにもかかわらず、熱膨張、内部応力等の解放によって中心Oに関する対称性がくずれることがなく、角速度信号の信頼性(安定性)が高い。

【0020】

本発明の他の目的および特徴は、図面を参照した以下の実施例の説明より明らかになる。

30

【0021】

【実施例】

- 第1実施例 -

図1に、本発明の第1実施例の機構要素を示す。絶縁層を形成したシリコン基板100には、導電性とするための不純物を含むポリシリコン(以下導電性ポリシリコン)の、浮動体アンカーa1~a4、駆動電極5,6のアンカー、駆動検出電極15,16のアンカー、角速度検出電極12,13/22,23のアンカー、周波数調整電極25,26のアンカー、および、駆動検出電極15,16と対称な位置にあるダミ-電極65,66のアンカーが接合しており、これらの、65,66のアンカーを除くアンカーは、シリコン基板100上の絶縁層の上に形成された配線により、図示しない接続電極に接続されている。

40

【0022】

リソグラフィによる半導体プロセスを用いて、シリコン基板100から浮きしかも浮動体アンカーa1~a4に連続した、導電性ポリシリコンの、x軸に対して45度方向に向けた偏平リング状のばね梁b1~b4、ならびにこれらに連続した矩形ループ状の連結枠cが形成されている。この連結枠cは、中心Oを通るx軸およびy軸に関して対称であり、浮動体アンカーa1~a4およびばね梁b1~b4は、x軸およびy軸に関して対称に分布する。

【0023】

連結枠cのx平行2辺c1,c3の中点には偏平リング状のばね梁1,2が連続し、ば

50

ね梁 1, 2 に丸コ - ナの 4 辺形ループ 3 および y 振動棒 4, 2 4 が連続している。4 辺形ループ 3 の、x 軸との交点には、x 振動棒 1 4, 6 4 が連続し、しかも、第 1 駆動棒 7, 第 2 駆動棒 1 7 が連続している。第 1, 第 2 駆動棒 7, 1 7 は矩形棒であり、もう一つの、x 軸との交点は、偏平リング状のばね梁 8, 1 8 を介して、連結棒 c の y 平行 2 辺 c 4, c 2 の中点に連続している。第 1 駆動棒 7 および第 2 駆動棒 1 7 の内側に、偏平リング状のばね梁 9, 1 0 / 1 9, 2 0 を介して、第 1 振動体 1 1 および第 2 振動体 2 1 が連続している。これらの要素も、シリコン基板 1 0 0 から浮いており、導電性ポリシリコンである。

【 0 0 2 4 】

第 1, 第 2 の駆動棒 7 と 1 7、第 1, 第 2 の振動体 1 1 と 2 1、はセンサ中心 O を通る x 軸および y 軸に関して対称な形状であって対称な位置にあり、ばね梁 1, 2, 8, 1 8, 9, 1 0, 1 9, 2 0 も、x 軸および y 軸に関して対称である。

10

【 0 0 2 5 】

y 振動棒 4, 2 4 には、x 方向に等ピッチで分布し y 方向に突出する櫛歯状の可動電極があり、駆動電極アンカーに連続した、導電性ポリシリコンの駆動電極 5, 6 および周波数調整電極 2 5, 2 6 にも、可動電極の x 方向分布の空間に突出する櫛歯状の固定電極があり x 方向に分布している。

【 0 0 2 6 】

駆動電極 5, 6 に交互に、y 振動棒 4 の電位 (略機器ア - スレベル) より高い電圧を印加することにより、y 振動棒 4 が y 方向に振動する。この y 振動により 4 辺形ループ 3 の x 平行 2 辺が y 振動して、周波数調整電極 2 5, 2 6 間の y 振動棒 2 4 が y 振動し、この y 振動とは 1 8 0 度の位相差で、駆動棒 7, 1 7 および x 振動棒 1 4, 6 4 が x 方向に振動する。y 振動棒 4, 2 4 の y 振動は相対的に逆相である。また、x 振動棒 1 4, 6 4 の x 振動も相対的に逆相であり、第 1 駆動棒 7 と第 2 駆動棒 1 7 が音叉振動をする。これら第 1 駆動棒 7 と第 2 駆動棒 1 7 で支持された第 1 振動体 1 1 および第 2 振動体 2 1 も、同様に逆相で x 振動する。すなわち音叉振動をする。

20

【 0 0 2 7 】

駆動棒 7 および振動体 1 1 でなる第 1 振動系と、駆動棒 1 7 および振動体 2 1 でなる第 2 振動系とを、このように音叉振動させることにより、エネルギー消費効率が高い x 励振となる。

30

【 0 0 2 8 】

駆動棒 1 7 (7) と共に x 振動棒 1 4 (6 4) が x 方向に振動することにより、駆動棒 1 7 と駆動検出電極 1 5, 1 6 との間の静電容量が振動し、かつその容量振動と逆位相で駆動棒 6 4 と駆動検出電極 6 5, 6 6 との間の静電容量が振動する。

【 0 0 2 9 】

振動体 1 1 / 2 1 も大略で棒形状であるが、x 方向に延びる複数の渡し梁が y 方向に等ピッチで存在し、y 方向で隣り合う渡し梁の間の空間に、各 1 対の導電体ポリシリコンの固定検出電極 1 2, 1 3 / 2 2, 2 3 があり、基板 1 0 0 上の検出電極用の各アンカーで支持されそれと電氣的に連続である (電気接続関係にある)。

【 0 0 3 0 】

対の検出電極 1 2, 1 3 (2 2, 2 3) 間は絶縁されているが、振動体 1 1 (2 1) の y 振動 (y 変位) を検出するための各対電極 1 2, 1 3 (2 2, 2 3) の、各対間に対位位置にある検出電極は、電気リ - ドに共通接続され、チャ - ジアンプ 4 6, 4 7 (5 6, 5 7) に接続されている。

40

【 0 0 3 1 】

振動体 1 1, 2 1 が x 方向に音叉振動しているとき、中心 O を通る z 軸廻りの角速度が加わると、振動体 1 1, 2 1 が、y 成分も有する相対的に逆相の楕円振動となり、これによって電極 1 2, 1 3 / 2 2, 2 3 に y 振動対応の静電容量振動を生ずる。電極 1 2, 1 3 の静電容量振動は相対的に逆相、同様に電極 2 2, 2 3 の静電容量振動も相対的に逆相である。そして、振動体 1 1, 2 1 の y 振動が逆相であるので、電極 1 2, 2 2 の静電容

50

量振動は相対的に逆相、同様に電極 1 3 , 2 3 の静電容量振動は相対的に逆相である。

【 0 0 3 2 】

y 振動枠 2 4 の可動電極および周波数調整電極 2 5 , 2 6 の固定電極は、4 辺形ループ 3 の x 平行 2 辺の y 振動（およびそれによって強制される y 平行 2 辺の x 振動：7 , 1 7 の x 振動）の速度（ばね力）を調整し、駆動枠 7 , 1 7 の振動周波数を下げて、相対的に、振動体 1 1 , 2 1 の共振周波数より数 1 0 0 H z 程度低くするものである。なお、駆動枠 7 , 1 7 は、駆動電圧の印加によって固有振動数相当の周波数で x 励振する。角速度検出感度を高くするために、駆動枠 7 , 1 7 の共振周波数（固有振動数）より、振動体 1 1 , 2 1 の共振周波数（固有振動数）を数 1 0 0 H z 高く設計しており、上述の周波数調整電極 2 5 , 2 6 に x 振動枠 1 4 の変位に比例した電圧（静止点を零とし、x , - x 方向）を印加してそのレベルを調整することにより、駆動枠 7 , 1 7 の共振周波数を設計値に近い値に微調整する。

10

【 0 0 3 3 】

以上に説明した角速度センサには、図 1 に示す角速度検出回路 4 1 ~ 6 0 , T S G , F C R が接続される。タイミング信号発生器 T S G が、駆動枠 7 , 1 7 を x 方向に共振周波数で駆動する駆動信号 A , B を発生して、駆動回路 4 1 a , 4 1 b に与えると共に、同期検波用の同期信号を同期検波回路 4 5 , 5 0 に与える。

【 0 0 3 4 】

図 6 に、駆動信号 A , B と、駆動フィードバック信号および角速度信号、ならびに x 振動および y 振動を示す。駆動信号 A , B に同期して駆動回路 4 1 a , 4 1 b が駆動電極 5 , 6 に駆動電圧（パルス）を印加する。これにより、4 辺形ループ 3 を介して、駆動枠 7 と共に振動体 1 1 ならびに駆動枠 1 7 と共に振動体 2 1 が、x 方向に逆相で振動する。この振動によって、駆動検出電極 1 5 , 1 6 の静電容量が逆相で振動する。この静電容量の振動をチャージアンプ 4 2 , 4 3 が電圧振動（静電容量信号）に変換する。

20

【 0 0 3 5 】

差動増幅器 4 4 がアンプ 4 2 , 4 3 の静電容量信号（逆相）を差動増幅し、1 個のチャージアンプが発生する静電容量信号の振幅を略 2 倍とし、ノイズを相殺した差動信号を発生し、同期検波回路 4 5 およびフィードバック処理回路 F C R に与える。同期検波回路 4 5 は、駆動信号と同相の同期信号に同期して、差動増幅器 4 4 が与える差動信号すなわち x 振動を表わす x 振動検出電圧を検波し、駆動パルス信号に対する x 振動の位相ずれを表わすフィードバック信号を発生してフィードバック処理回路 F C R に与える。

30

【 0 0 3 6 】

フィードバック処理回路 F C R は、同期検波回路 4 5 が与える位相ずれ信号レベルを設定値に合わせるための移相信号を、駆動回路 4 1 a , 4 1 b に与え、それを受けた駆動回路 4 1 a , 4 1 b は、移相信号に対応して、駆動信号に対する出力駆動電圧の位相をシフトする。同期検波回路 4 5 の位相ずれ信号レベルが実質上設定値になった状態で、駆動枠 7 , 1 7 の x 振動は安定したものとなる。周波数調整電極 2 5 , 2 6 には、駆動枠 7 , 1 7 の振動周波数を、振動体 1 1 , 2 1 の共振周波数（設計値）より数 1 0 0 H z 程度低い値に下げる直流電圧を、周波数調整回路 5 9 , 6 0 が印加する。

【 0 0 3 7 】

安定した共振音叉振動の間に、中心 O を通る z 軸廻りの角速度が加わると、コリオリ力が駆動枠 7 , 1 7 および振動体 1 1 , 2 1 に加わり、これらに、x 振動に加えて y 振動を含む楕円運動を起こさせる。しかし駆動枠 7 , 1 7 は、x 方向には撓み性が高いが y 方向には剛性が高いばね梁 8 , 1 8 および 4 辺形ループ 3 の y 平行 2 辺で支持されているので、y 振動は小さい。ところが振動体 1 1 , 2 1 は、y 方向に撓み性が高いばね梁 9 , 1 0 , 1 9 / 2 0 で支持されているので、y 方向に大きく振動する。振動体 1 1 , 2 1 のこの y 振動は相対的に逆相である。

40

【 0 0 3 8 】

振動体 1 1 の y 振動を検出する対の検出電極 1 2 , 1 3 の静電容量が逆相で振動し、これを表わす静電容量信号をチャージアンプ 4 6 , 4 7 が発生して差動増幅器 4 8 が、両信

50

号の差動信号すなわち1個のチャ-ジアンブが発生する静電容量信号の振幅を略2倍とし、ノイズを相殺した差動信号、を発生し、差動増幅器49に与える。振動体21のy振動を検出する対の検出電極22, 23の静電容量が逆相で振動し、これを表わす静電容量信号をチャ-ジアンブ56, 57が発生して差動増幅器58が、両信号の差動信号すなわち1個のチャ-ジアンブが発生する静電容量信号の振幅を略2倍とし、ノイズを相殺した差動信号、を発生し、差動増幅器49に与える。差動増幅器48と58の差動増幅信号は相対的に逆相である。したがって差動増幅器49の差動出力は、第1振動体11と第2振動体21の各信号処理回路に同時に実質上同一レベルで作用するノイズを相殺し、しかも、加, 減速度, 振動など、第1, 第2振動体11, 21に同時に同方向に作用する外力による振動体のy変位成分(これもノイズに該当する)も相殺した、角速度起因のy振動を増幅した検出信号であり、角速度検出感度が高く、S/Nが高い。

10

【0039】

この差動出力すなわち検出信号は、同期検波回路50に与えられ、同期検波回路50は、駆動信号と同相の同期信号に同期して、検出信号を検波し、角速度を表わす信号を発生する。この角速度信号の極性(±)は加わった角速度の方向を、信号レベルの絶対値は角速度の大きさを表わす。

【0040】

第1実施例の角速度センサは、上述のように振動型の双共振音叉構造をもち、温度特性の改善とS/N向上を実現したことを特徴とする。温度特性の改善には、保護枠でもある連結枠cを設けて、基板100と振動子(3, 7, 17, 11, 21)の熱膨張差による応力の増加を、連結枠cとばね梁b1~b4で緩和している。というのは基板100と振動子(3, 7, 17, 11, 21, 14, 64)の熱膨張差を、ばね梁b1~b4のばね形状で吸収する。このばね形状は、ループ形状をしているため、温度による膨張をばねの伸び縮みで吸収する時、ヒステリシスを持たない。そのため、さらに温度特性が改善する。

20

【0041】

保護枠である連結枠cの中にある2つの振動子(7, 11/17, 21)を接続するばね梁3は、円環に近い形状をしており、線形性のある単振動の振動が可能になっている。また、駆動枠7, 振動体11, 振動枠64と、駆動枠17, 振動体21, 駆動枠14のx振動は、このばね梁3の特性により、逆相の駆動を実現する。これらの振動子は保護枠との接続のために4つのばね梁1, 2, 8, 18により接続されており、応力を緩和するようになっている。このため駆動振動xは線形性のある単振動となる。

30

【0042】

駆動部の形状は、加振する部分(駆動枠14, ばね梁3)を振動子(7, 17, 11, 21, 14, 64)と分離し、さらに2つの振動子(7, 11, 64), (17, 21, 14)から等距離になるように配置している。駆動変位の検出部(64~66, 14~16)は、ばね3の、x軸, y軸との交点に接続されている。これにより振動子の駆動変位をフィードバックするための駆動変位検出部(64~66, 14~16)への駆動信号の漏れが低減し、かつ、漏れ信号が同相成分でもれるような形状を実現しているため、検出部のS/Nを向上することができる。

40

【0043】

角速度を検出する部分9~13, 19~23は、駆動枠7, 17の内部にループ状のばね梁9, 10/19, 20に接続された振動体11, 21およびそれらのy変位を検出する固定電極12, 13/22, 23により構成されている。この構成により、角速度対応のy振動の振動モードでは、駆動枠7と17が、また振動体11と21が、逆相で働くため、釣り合いが取れる構成になっている。そのため、角速度検出振動漏れがこの構成ではほとんど無視でき、S/Nが向上する。また、角速度検出振動を同相で振動させてもよい。

【0044】

- 第2実施例 -

50

図 2 に第 2 実施例の機構要素を示す。この第 2 実施例では、第 1, 第 2 駆動枠 7, 17 の y 振動をより抑制するために、偏平ループばね梁 (8 / 18) を各 2 つ 8 a, 8 b / 18 a, 18 b に分けて x 軸に関して対称な位置に配置し、かつ、第 1, 第 2 振動体 11, 22 の x 振動をより抑制するために、偏平ループばね梁 (9, 10 / 19, 20) を各 2 つ 9 a, 9 b, 10 a, 10 b / 19 a, 19 b, 20 a, 20 b に分けて、各振動体の、y 軸に平行な中心線に関して対称な位置に配置したものである。これにより、駆動 x 振動と角速度検知のための検出 y 振動の分離効果が高く、角速度信号の S / N がより高くなる。

【 0 0 4 5 】

- 第 3 実施例 -

図 3 に、本発明の第 3 実施例を示す。この第 3 実施例では、角速度起因の振動 (上述の第 1, 第 2 実施例では y 振動) の、中心 O を中心とするバランスを整えるために、もう 1 対の駆動枠および振動体を付加したものである。すなわち、第 1 駆動枠 7, 偏平ループばね梁 9, 10, 第 1 振動体 11 および振動検出電極 12, 13 を、時計廻りに 90 度回転させたものと同一形状の第 3 駆動枠 77, 偏平ループばね梁 79, 80, 第 3 振動体 81 および振動検出電極 82, 83 と、時計廻りに 270 度回転させたのと同じ形状の第 4 駆動枠 87, 偏平ループばね梁 89, 90, 第 4 振動体 91 および振動検出電極 92, 93 が付加されており、すべての要素が、x 軸および y 軸に関して対称に分布している。

【 0 0 4 6 】

駆動電極 5, 6 に、駆動信号 A, B に同期した駆動電圧 (パルス) を印加することにより、第 1, 第 2 駆動枠 7, 17 が x 方向に逆相で振動し、かつ、第 3, 第 4 駆動枠が y 方向に逆相で振動する。z 軸廻りの角速度が加わると、第 1, 第 2 振動体 11, 21 が y 方向に逆相で振動し、第 3, 第 4 振動体 81, 91 が x 方向に逆相で振動する。

【 0 0 4 7 】

図示は省略したが、第 3 組および第 4 組の振動検出電極 82, 83 および 92, 93 にも、図 1 に示す、第 1 組および第 2 組の振動検出電極 12, 13 および 22, 23 に接続したアンプ 46, 47, 56, 57, 差動増幅器 48, 58, 49 と同様なものを接続し、第 1 組および第 2 組の振動検出電極系の最終段の差動増幅器 49 の出力と、第 3 組および第 4 組の振動検出電極系の最終段の差動増幅器の出力を、追加の差動増幅器に与えて差動増幅器に与えることにより、両系の検出レベルを略 2 倍としノイズを相殺した角速度起因の振動検出信号が得られる。これを同期検波回路 50 (例えば図 1) に与えることにより、角速度信号が得られる。第 1, 第 2 実施例では、角速度起因の振動検出を y 軸対称で行なうが、この第 3 実施例では、x 軸対称でも行なうので、角速度起因の振動のバランスが高く、より S / N が高い角速度信号を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

- 第 4 実施例 -

図 4 に本発明の第 4 実施例を示す。この第 4 実施例は、更に駆動ばね梁 3 の不動点を、ループ状のばね梁 b5 ~ b8 を介してアンカー a5 ~ a8 にて固定支持した。この構成により駆動ばね梁 3 が検出回路の GND に接続されるため、駆動信号の漏れが更に低減し、角速度信号の S / N が更に向上する。

【 0 0 4 9 】

- 第 5 実施例 -

図 5 に本発明の第 5 実施例を示す。この第 5 実施例は、第 2 実施例と同様に、第 1, 第 2 駆動枠 7, 17 の y 振動ならびに第 3, 第 4 駆動枠 81, 91 をより抑制するために、各偏平ループばね梁を対のものとし、しかも第 4 実施例と同様に駆動ばね梁 3 の不動点をループばね梁を介してアンカーにて支持したものである。これにより、駆動 x, y 振動と角速度検知のための検出 y, x 振動の分離効果が高く、角速度信号の S / N がより高くなる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施例の平面図である。

10

20

30

40

50

【図2】 本発明の第2実施例の平面図である。

【図3】 本発明の第3実施例の平面図である。

【図4】 本発明の第4実施例の平面図である。

【図5】 本発明の第5実施例の平面図である。

【図6】 第1～5実施例の駆動回路41, 42が、駆動電極に印加する電圧等を示すタイムチャートであり、(a)および(b)は駆動電極に印加される駆動電圧を、(c)は同期検波回路45の出力信号を、(d)は同期検波回路50の出力信号を、(e)は差動増幅器44の出力信号を、(f)は差動増幅器49の出力信号を、それぞれ示す。

【符号の説明】

a 1～a 8 : アンカー

b 1～b 8, 1～3, 8～10, 19, 20 : ばね梁

c : 連結棒

4 : 駆動棒

5, 6 : 駆動電極

7 : 第1駆動棒

11 : 第1振動体

12, 13, 22, 23 : y変位検出電極

14, 24, 64 : 振動棒

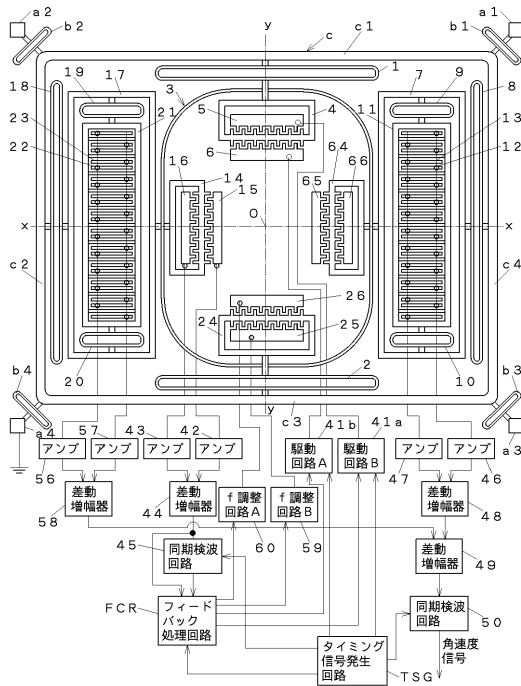
15, 16, 65, 66 : 駆動変位検出電極

25, 26 : 周波数調整用電極

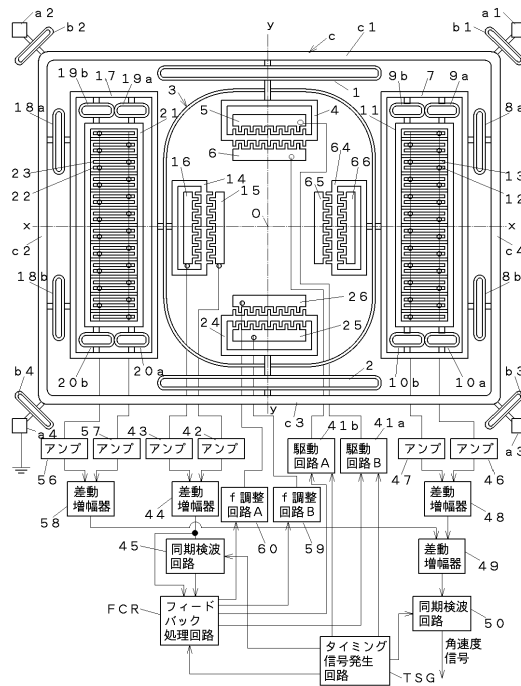
10

20

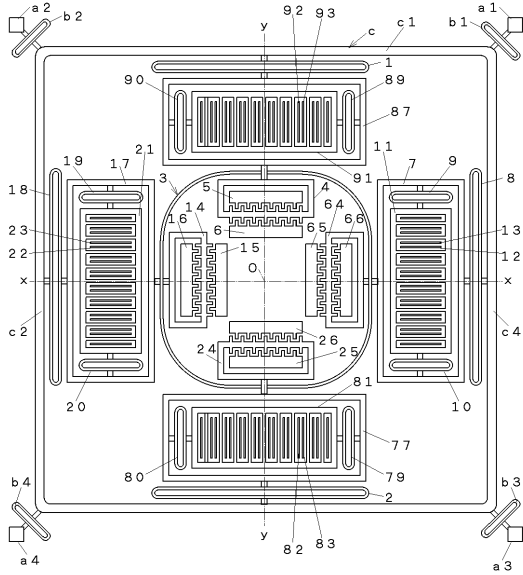
【図1】



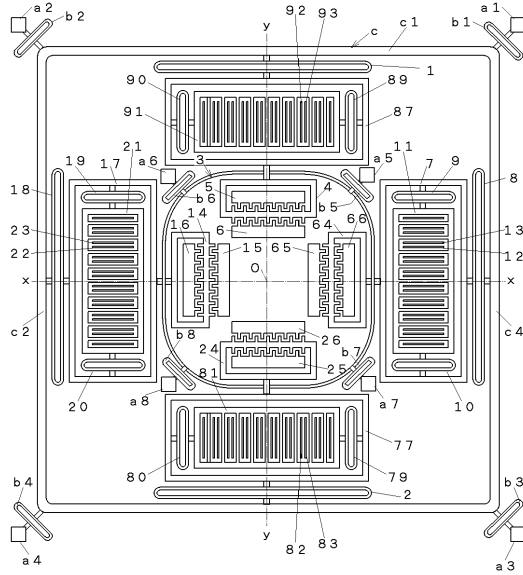
【図2】



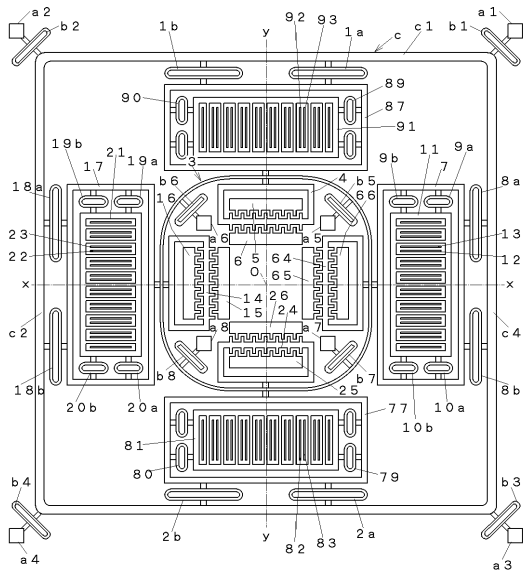
【図3】



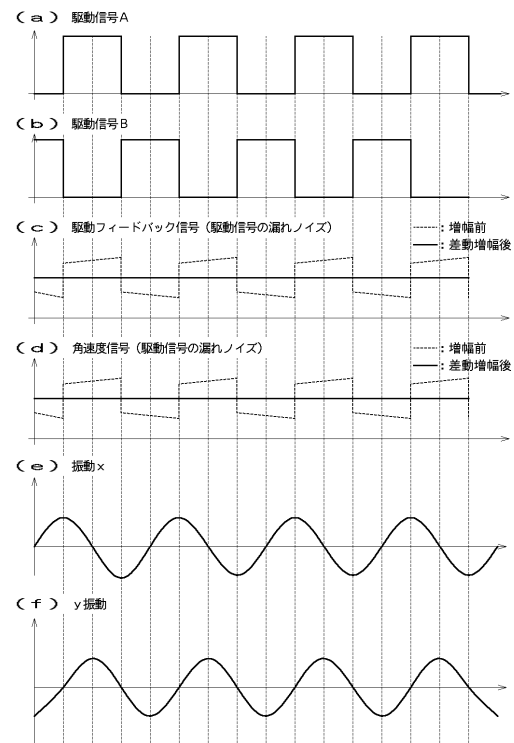
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-220125(JP,A)
特開平10-047972(JP,A)
特表2002-515976(JP,A)
米国特許第05635638(US,A)
特開平09-189557(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56

G01P 9/04