

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-271611

(P2007-271611A)

(43) 公開日 平成19年10月18日(2007.10.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1C 19/56 (2006.01)	GO1C 19/56	2F105
B81B 5/00 (2006.01)	B81B 5/00	3C081
GO1P 9/04 (2006.01)	GO1P 9/04	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2007-60949 (P2007-60949)
 (22) 出願日 平成19年3月9日(2007.3.9)
 (31) 優先権主張番号 06425163.0
 (32) 優先日 平成18年3月10日(2006.3.10)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁(EP)

(71) 出願人 591002692
 エステーマイクロエレクトロニクス エ
 ス. アール. エル.
 STMicroelectronics
 S. r. l.
 イタリア国 ミラノ 20041 アグラ
 ーテ ブリアンツァ ヴィア ツィー オ
 リヴェッティ 2
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100072051
 弁理士 杉村 興作
 (74) 代理人 100114292
 弁理士 来間 清志

最終頁に続く

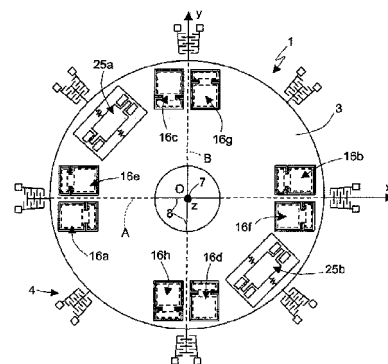
(54) 【発明の名称】 回転駆動運動を用いる微小電気機械集積センサ構造

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高い検知効率および設計可能性を有する集積微小電気機械構造を提供する。

【解決手段】 第1センサ質量16aが、第1外部応力の存在時に第1検知運動を行うように弾性支持要素20によって駆動質量3に接続されている。駆動質量3は、回転軸に沿って配置されたアンカー7に取り付けられており、回転軸z周りに回転運動する。駆動質量内に貫通孔9aが設けられ、第1センサ質量16aが貫通孔内に配置されている。弾性支持要素とアンカーによって、回転運動状態では第1センサ質量が駆動質量3に固定された状態にされ、検知運動状態では第1センサ質量が駆動質量から分離された状態にされる。第2センサ質量25aが、第2外部応力の存在時に第2検知運動を行うように駆動質量に接続されている。第1検知運動は、平面内の軸を中心とする回転運動であり、第2検知運動は、平面内の軸方向の線形動作である。

【選択図】 図13



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸 (z) を中心に回転運動するように設計され、弾性アンカー要素 (8) によって前記回転軸 (z) に沿って配置されたアンカー (7) に固定された駆動質量 (3) と、前記駆動質量 (3) の内部に設けられた少なくとも 1 つの第 1 貫通孔 (9 a) と、前記第 1 貫通孔 (9 a) 内に配置され、第 1 外部応力の存在時に第 1 検知運動を行うように第 1 弾性支持要素 (2 0) によって前記駆動質量 (3) に接続された第 1 のタイプの第 1 センサ質量 (1 6 a) とを備え、前記第 1 弾性支持要素 (2 0) および前記第 1 弾性アンカー要素 (8) は、前記第 1 のタイプの第 1 センサ質量 (1 6 a) が前記回転運動時に前記駆動質量 (3) に固定され、前記第 1 検知運動時に前記駆動質量 (3) から分離されるように構成されていることを特徴とする集積微小電気機械構造 (1)。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の構造であって、前記駆動質量 (3) がほぼ平面 (x y) 内に延在し、前記回転軸 (z) が前記平面 (x y) に垂直であり、前記アンカー (7) が前記駆動質量 (3) のほぼ中心 (0) に配置されている集積微小電気機械構造。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の構造であって、さらに、前記駆動質量 (3) 内に設けられた第 2 貫通孔 (2 6 a) の内部に配置され、第 2 外部応力の存在時に第 2 検知運動を行うように第 2 弾性支持要素 (2 8) によって前記駆動質量 (3) に接続された少なくとも 1 つの第 2 のタイプの第 1 センサ質量 (2 5 a) を備え、前記第 1 検知運動が前記平面 (x y) 内の軸を中心とする回転運動であり、前記第 2 検知運動が前記平面 (x y) 内の軸方向の線形運動である集積微小電気機械構造。

20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の構造であって、前記第 2 の外部応力が第 1 半径方向 (r) に働くコリオリ力 (F_c) であり、前記線形動作が前記第 1 半径方向 (r) に向いている集積微小電気機械構造。

【請求項 5】

請求項 1 - 4 のいずれかに記載の構造であって、前記駆動質量 (3) がほぼ平面 (x y) 内に延在しており、さらに、前記第 1 のタイプの第 1 センサ質量 (1 6 a) と前記平面 (x y) 内の検知軸 (x) の方向に整列され、前記駆動質量 (3) 内に設けられた対応する貫通孔 (9 b) に配置された第 1 のタイプの第 2 センサ質量 (1 6 b) を備え、前記第 1 のタイプの第 1 および第 2 センサ質量 (1 6 a 、 1 6 b) が前記平面 (x y) 内の前記駆動質量 (3) の全体寸法内に内包されており、さらに前記第 1 検知運動を検知するための前記第 1 のタイプの第 1 および第 2 センサ質量 (1 6 a 、 1 6 b) に関連する検知手段 (2 2 、 2 3) を備え、前記第 1 検知運動が前記平面 (x y) 内にあり前記第 1 検知軸 (x) と直角の軸を中心とする回転運動である集積微小電気機械構造。

30

【請求項 6】

請求項 5 に記載の構造であって、前記第 1 のタイプの第 1 センサ質量 (1 6 a) に関連する検知手段 (2 2 、 2 3) を前記第 1 のタイプの第 2 センサ質量 (1 6 b) の検知手段に電氣的に接続するように構成された接続手段 (2 4 、 3 6 - 3 9) を備え、前記接続手段 (2 4 、 3 6 - 3 9) が、特定の動作条件において、差分検知法を実行するように構成されている集積微小電気機械構造。

40

【請求項 7】

請求項 6 に記載の構造であって、前記接続手段 (2 4 、 3 6 - 3 9) がさらに、前記微小電気機械構造 (1) の動作モードを、ジャイロスコープモードと加速度計モードとの間で切り替えるよう構成されている集積微小電気機械構造。

【請求項 8】

請求項 6 もしくは 7 に記載の構造であって、前記検知手段が、それぞれ前記第 1 のタイプの第 1 および第 2 センサ質量 (1 6 a 、 1 6 b) と向かい合うように設置された第 1 検知電極 (2 2) および第 2 検知電極 (2 3) を備え、前記接続手段が、前記第 1 のタイプ

50

の第1および第2センサ質量と向かい合った前記第1検知電極(22)と前記第2検知電極(23)をそれぞれ互いに接続する第1スイッチ要素および第2スイッチ要素(36、37)と、前記第1のタイプの第1センサ質量(16a)と向かい合った前記第1および第2検知電極(22、23)をそれぞれ前記第1のタイプの第2センサ質量(16b)と向かい合った前記第2および第1検知電極(23、22)に接続する第3スイッチおよび第4スイッチ要素(38、39)を備え、前記第1および第2スイッチ要素(36、37)が開状態で前記第3および第4スイッチ要素(38、39)が閉状態のとき前記ジャイロスコープモードを実行するよう構成され、前記第1および第2スイッチ要素(36、37)が閉状態で前記第3および第4スイッチ要素(38、39)が開状態のとき前記加速度計モードを実行するよう構成された集積微小電気機械構造。

10

【請求項9】

請求項1-8のいずれかに記載の構造であって、さらに、前記第1のタイプの第1センサ質量(16a)とともに、前記平面(xy)内の第1検知軸(x)方向に前記アンカー(7)に対して両側に整列配置された第1対の第1のタイプのセンサ質量を構成する第1のタイプの第2センサ質量(16b)と、前記平面(xy)内にあり第1検知軸(x)と直角の第2検知軸(y)方向に前記アンカーに対して両側に整列配置された第2対の第1のタイプのセンサ質量(16c、16d)を備える集積微小電気機械構造。

【請求項10】

請求項9に記載の構造であって、さらに、第1半径方向(r)に前記アンカー(7)の両側に整列配置された1対の第2のタイプのセンサ質量(25a、25b)を備え、前記第2のタイプのセンサ質量(25a、25b)の対が、第2外部応力の存在時に第2検知運動を行うようにそれぞれ第2弾性支持要素(28)によって前記駆動質量(3)に接続されている集積微小電気機械構造。

20

【請求項11】

請求項10に記載の構造であって、第1対および第2対の第1のタイプのセンサ質量(16a-16b、16c-16d)がそれぞれ、前記第1および第2検知軸(x、y)を中心とする第1外部角速度(ω_x)および第2外部角速度(ω_y)を検知するよう構成されており、前記第2のタイプのセンサ質量の対(25a、25b)が前記平面(xy)に垂直な第3検知軸(z)を中心とする第3外部角速度(ω_z)を検知するよう構成されている、3軸型のジャイロスコープを規定する集積微小電気機械構造。

30

【請求項12】

請求項1-11のいずれかに記載の構造であって、さらに、前記第1のタイプの第1センサ質量(16a)とともに、前記平面(xy)内の第1検知軸の両側に前記アンカー(7)に対して対称に整列配置された第1対の第1のタイプのセンサ質量を構成する第1のタイプの第2センサ質量(16b)と、前記平面(xy)内にあり第1検知軸(x)と直角の第2検知軸(y)の両側に前記アンカー(7)に対して対称に配置された第2対の第1のタイプのセンサ質量(16c、16d)と、前記第1および第2検知軸(x、y)の各々に関して、前記第1対および第2対の第1のタイプのセンサ質量に対して前記第1および第2検知軸(x、y)の各々の両側に前記アンカー(7)に対して対称に配置された他対の第1のタイプのセンサ質量(16e-f、16g-16h)を備え；同じ検知軸に関連する対応した第1対および第2対のセンサ質量が、前記それぞれの検知軸に関してそれぞれ互に向かい合っており、前記それぞれの検知軸に沿って互い違いの位置に第1弾性支持要素(20)を有する集積微小電気機械構造。

40

【請求項13】

請求項9-12のいずれかに記載の構造であって、前記駆動質量(3)が中心に空所(6)を規定し、さらに、使用時にそれぞれ異なる電圧にバイアスされる前記駆動質量(3)の駆動部分(3c)と検知部分(3a、3b)を電氣的に絶縁する電気絶縁領域(34a、34b)を備え、前記電気絶縁領域(34a、34b)が、前記センサ質量の一部を囲む第1環(34a)および前記センサ質量の他の部分を囲む第2環(34b)を備え、前記第1および第2環(34a、34b)が前記空所(6)において開口し、その内側で

50

前記検知部分(3a、3b)を、その外側で前記駆動部分(3c)を規定する集積微小電気機械構造。

【請求項14】

請求項1-13のいずれかに記載の構造であって、前記駆動質量(3)は、前記平面(xy)において第1対称軸および第2対称軸(A、B)を有するとともに前記アンカー(7)に対応する位置に中心点(O)を持つ空所(6)を規定する円形状を有し、前記弾性アンカー要素(8)が前記空所(6)内に延在する集積微小電気機械構造。

【請求項15】

請求項1-14のいずれかに記載の微小電気機械構造(1)を備えるセンサ装置(40)

10

【請求項16】

請求項15に記載のセンサ装置であって、さらに、前記微小電気機械構造(1)の動作モードをジャイロスコープモードと加速度計モードとの間で切り替えるように構成された読み取り段(42)を備えるセンサ装置。

【請求項17】

請求項16に記載のセンサ装置であって、前記微小電気機械構造(1)が、前記第1検知運動を検知するための検知手段(22、23)、および前記検知手段(22、23)の電気接続を確立するための接続手段(24、36-39)を備え、前記読み取り段(42)が、前記微小電気機械構造(1)の前記動作モードの切り替えを行うために前記接続手段と相互作用するよう構成されているセンサ装置。

20

【請求項18】

アンカーと、

弾性アンカー要素と、

回転軸を中心に回転運動可能な駆動質量であって、回転軸に沿って配置されたアンカーに前記弾性アンカー要素によって取り付けられ、回転軸に垂直な平面内にほぼ延在している駆動質量と、

前記駆動質量内に配置された第1貫通孔および第2貫通孔と、

第1弾性支持要素と、

第1貫通孔内に配置され、第1外部応力に応答して第1検知運動を行うことができるように第1弾性支持要素によって駆動質量に接続された第1のタイプの第1センサ質量であって、第1弾性支持要素および弾性アンカー要素が第1のタイプの第1センサ質量を駆動質量に固定するように構成され、第1検知運動時に弾性アンカー要素が駆動質量からほぼ分離されるように構成されている第1のタイプの第1センサ質量と、

30

第2弾性支持要素と、

第2貫通孔内に配置され、第2外部応力に応答して第2検知運動を行うことができるように第2弾性支持要素によって駆動質量に接続された第2のタイプの第1センサ質量とを備え、

第1センサ質量によって検知される第1検知運動は前記平面内の軸に関する回転運動であり、第2センサ質量によって検知される第2検知運動は前記平面内の軸に平行な線形運動である微小電機機械装置。

40

【請求項19】

請求項18に記載の微小電気機械装置であって、第2外部応力は第1半径方向に働くコリオリ力であり、前記線形動作は第1半径方向の運動である微小電気機械装置。

【請求項20】

請求項18に記載の微小電気機械装置であって、駆動質量がさらに：

第1のタイプの第1センサ質量と前記平面内の第1検知軸方向に整列され且つ駆動質量に設けられた少なくとも第1の貫通孔のそれぞれ1つに配置された第1タイプの第2戦さ質量を備え、第1のタイプの第1および第2のセンサ質量が前記平面内における駆動質量の全体寸法内に内包されており、

さらに、第1外部応力に応答して生じる第1のタイプの第1および第2センサ質量の第1

50

検知運動の検知を実行する検知手段を備え、第1検知運動の検知は前記平面内にあり第1検知軸に直角の軸を中心とする回転運動の検知である微小電気機械装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転駆動運動を用いる微小電気機械集積センサ構造に関する。特に、以下の明細書の記載においては、加速度計(単軸型、2軸型、3軸型のいずれでもよい)として動作させることができるジャイロスコープ(単軸型、2軸型、3軸型のいずれでもよい)について説明する。

【背景技術】

【0002】

当該技術分野においては既知のように、マイクロプロセス技術によって半導体材料層内に微小電気機械構造もしくはシステム(いわゆるMEMS)を形成することが可能になっており、これらの半導体材料層は、化学エッチングによって除去される犠牲層の上部に蒸着(例えば、多結晶シリコン層の場合)、もしくは成長(例えば、エピタキシャル層の場合)されている。前記技術によって実現された慣性センサ、加速度計およびジャイロスコープは、例えば自動車分野や慣性航法もしくは携帯機器産業において、より一層の成功を収めている。

【0003】

特に、MEMS技術を用いて製作された半導体集積ジャイロスコープが知られている。前記ジャイロスコープは、コリオリ加速度を利用し、相対加速度の定理に従って作動する。ある線速度で移動している可動質量にある角速度が与えられた場合、可動質量はコリオリ力と呼ばれる見かけ上の力を“感じる”ため、このコリオリ力から物体の線速度方向および回転軸方向に垂直な方向への変位を決定することができる。この可動質量は、見掛けの力の方向の変位を可能にするバネによって支持されている。フックの法則によると、前記変位は見掛けの力の大きさに比例するため、可動質量の変位からコリオリ力およびそれを生じさせる角速度の大きさを検知することができる。可動質量の変位は、例えば、固定電極と歯合する可動質量に一体に固定されたくし歯状の可動電極の運動によって生じる電気容量の変化を共振条件において測定することによって容量的に検知することができる。

【0004】

MEMS型の集積ジャイロスコープの例は、本願出願人によって出願された、直線駆動運動を用いるジャイロスコープに関する特許文献1および特許文献2に、あるいは、回転駆動運動を用いるジャイロスコープに関する特許文献3記載されている。

【0005】

【特許文献1】欧州特許出願公開第1253399号明細書

【特許文献2】欧州特許出願公開第1365211号明細書

【特許文献3】米国特許第6062082号明細書

【0006】

一般に、周知のタイプのジャイロスコープは、その製造単純性、寸法縮小性、能率性、外乱に対する耐性を考慮すると、完全に満足のものではない。加えて、周知のタイプの微小電気機械構造は、設計可能性が限定され、さらに、外部妨害(例えば、スプリング線加速度もしくは角加速度による)の除去にも限界がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、上述の欠点および問題点を克服することが可能な集積微小電気機械構造、特に小型で製造容易であり、高い検知効率および設計可能性を有する集積微小電気機械構造を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

10

20

30

40

50

従って、本発明によれば、請求項 1 に特定された集積電気機械構造を提供する。

【0009】

本発明のより一層の理解のために、好適な実施形態を純粹に非限定的な例として添付図面を参照して以下に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明の一態様による微小電機機械センサ構造は、1つの駆動質量を備えており、この駆動質量は単一中心点で支持体に固定され、中心点を通る駆動質量の平面に垂直な軸を中心とする回転運動によって駆動される。特に、駆動質量の回転が駆動質量の平面内に駆動速度の互いに直交する2つの成分を発生しうる。駆動質量内にはセンサ質量が配置された少なくとも1つの貫通孔が設けられ、センサ質量は駆動質量内に封入され、基板に対して懸垂支持され、駆動質量に柔軟性要素によって接続されている。センサ質量はその回転運動中駆動質量に固定され、センサに働く外部応力、特にコリオリ力の関数として他の運動の自由度をする。柔軟性要素は、これらの特定の構造によって、センサ質量が、センサ平面内にある軸を中心とする検知用の回転運動、もしくは、センサ平面に垂直な方向に働くコリオリ加速度または前記平面内の方向に働くコリオリ加速度にตอบสนองして生ずるセンサ平面にある軸に沿う検知用の線形運動をすることができるようにする。前記運動は、いずれの場合にも駆動質量の運動とはほぼ分離される。後に詳しく記載しているように、微小電機機械構造は、コンパクトである上に(1つ以上のセンサ質量をその全寸法内に内包するただ1つの駆動質量を想定する限りにおいては)、構造上の少しの変更によって、単軸型、2軸型、3軸型のジャイロスコープ(および/または実行する電氣的接続によって加速度計)を構成することが可能であり、同時に検知運動時に駆動質量とセンサ質量との非常によい分離を得ることができる。

10

20

【0011】

より詳しくは、図1につき説明すると、本発明の第1の実施形態による微小電機機械センサ構造は、駆動質量3および駆動装置4によって構成される駆動構造を備えている。駆動質量3は、例えば放射形対称のほぼ円形形状であり(他の形状も可能)、第1軸xおよび第2軸yによって規定される平面(以下では“センサ平面xy”という)に広がる主寸法を有し、第3軸と平行な方向(以下では“垂直軸z”という)の寸法は主寸法に対して無視できる寸法である。この垂直軸zと第1軸x、第2軸yは、センサ構造に対して固定された1組の3方向直交軸を形成している。特に、駆動質量3はセンサ平面xyにほぼ環形の形状を有し、その中心部に、駆動質量3の重心および対称中心に一致する中心点Oを持つ空所6を形成している。駆動質量3は、中心点Oに配置されたアンカー7によって基板2(図2a)に固定され、アンカー7に弾性アンカー要素8によって接続される。弾性アンカー要素8は例えば、駆動質量3の第1対称軸Aおよび第2対称軸Bに沿って中心点Oから交差するようになっている。上記対称軸は、それぞれ第1軸xおよび第2軸yに対して平行である。弾性アンカー要素8は、後に明らかにされるように、中心点Oを通り垂直軸zに平行でセンサ平面xyに垂直な駆動軸を中心とする駆動質量の回転運動を可能とする。

30

【0012】

駆動質量3はさらに、第2軸yに平行な方向に細長いほぼ長方形の細長い形状をもち、直径方向に沿う第1対称軸Aの方向に整列され且つ空所6に対して両側に配置された第1対の第1の貫通孔9aおよび9bを有している。特に、後に明らかにされるように、第1の貫通孔9aおよび9bの配列方向は、微小電機機械センサ構造1の検知方向に対応している(図示の例では第1軸xと一致する)。

40

【0013】

駆動装置4は、駆動質量3から外部へ向かって放射方向に延び、等角距離ずつ離れている複数の被動アーム10(例えば、8個)と、被動アーム10の両側に被動アーム10と平行に延在する複数の第1および第2の駆動アーム12aおよび12bとを備えている。各被動アーム10は、被動アームに垂直な方向に被動アームの両側に延在する複数の第1の

50

電極 13 を備えている。さらに、第 1 および第 2 の駆動アーム 12 a および 12 b はそれぞれ、それぞれの被動アーム 10 に向かって延在し、対応する第 1 の電極 13 と歯合するくし歯状の第 2 の電極 14 a および 14 b を備えている。第 1 の駆動アーム 12 a はすべて、それぞれの被動アーム 10 の同じ側に配置されており、第 1 電圧にバイアスされている。同様に、第 2 の駆動アーム 12 b はすべて、それぞれの被動アーム 10 の反対側に配置されており、第 2 電圧にバイアスされている。図示されてはいないがそれ自体は周知の方法によって、第 1 および第 2 電圧を供給し、電極の相互および交互引力によって駆動軸を中心とする駆動質量 3 の特定の振動周波数の振動回転運動を決定するために、第 2 の電極 14 a および 14 b に駆動回路が接続されている。

【0014】

微小電気機械センサ構造 1 はさらに、垂直軸 z に平行な軸を持つ第 1 対の加速度センサを備えており、特に、それぞれ第 1 の貫通孔 9 a および第 2 の貫通孔 9 b の内に配置され、センサ平面 $x-y$ 内に駆動質量 3 の全体寸法内に完全に囲まれかつ含まれる第 1 対のセンサ質量 16 a、16 b を備えている。第 1 のセンサ質量 16 a、16 b は、一般に長方形であり、 x 軸に沿う方向において幅の広い第 1 長方形部 17 および幅の狭い第 2 の長方形部 18 から形成されており、これらは第 2 軸 y に平行な方向において第 1 および第 2 長方形部よりも短い接続部 19 によって接続されている。第 1 センサ質量 16 a、16 b はそれぞれの第 1 長方形部 17 内に位置する重心 G を有しており、接続部 19 から駆動質量 3 へと第 2 軸 y に平行に延在する、接続部 19 に接続された 1 対の第 1 弾性支持要素 20 によって支持されている。第 1 弾性支持要素 20 は、それぞれのセンサ質量 16 a、16 b の重心から少し離れた位置を延在し、駆動質量 3 の回転運動に対して剛性のトーシオンバネを形成しているとともに、センサ平面 $x-y$ 内に位置する第 2 軸 y に平行な回転軸を中心とする第 1 センサ質量の回転運動も可能にしている（なお、結果としてこれらの運動はセンサ平面 $x-y$ 外となる）。

【0015】

第 1 対の第 1 および第 2 の検知電極 22、23 が、センサ質量の第 1 および第 2 長方形部 17、18 の下部に配置されている（図 2 a 参照）。この検知電極は例えば、基板 2 上に形成され、上部にある長方形部 17、18 とほぼ同じ寸法をもつ多結晶シリコン領域によって構成されている。第 1 および第 2 の検知電極 22、23 はそれぞれ、第 1 および第 2 長方形部 17、18 から、空隙を介して離れており、また読み取り回路に接続されている。このように第 1 および第 2 検知電極 22、23 は、第 1 および第 2 長方形部 17、18 と共にそれぞれ検知キャパシタ C_1 、 C_2 を形成している（図 2 a にのみ示されている）。

【0016】

駆動質量 3 も第 1 センサ質量 16 a、16 b も既知の方法によって穿孔されるため、製造プロセス中に下部の犠牲層を化学エッチングして、そして基板 2 から犠牲層を取り除くことが可能となる。

【0017】

使用の際には、微小電気機械センサ構造 1 は、第 1 軸 x を中心とする角速度 ω_x （図 1 においては反時計回りの角速度を想定している）を検知するように設計した 1 軸型のジャイロスコープとして作動させることができる。尚、本明細書において、右肩の矢印はベクトルを表す。

【0018】

図 2 b を参照し、第 1 センサ質量 16 a、16 b に小さな変位が生じており、駆動質量 3 に小さな回転が生じている場合を仮定すると、駆動質量 3 および第 1 センサ質量 16 a、16 b の駆動軸を中心とする回転運動は、その軌道を描く外周の接線方向の駆動速度ベクトル V_a を用いて表すことができる。第 1 軸 x を中心とする角速度 ω_x の回転運動によって、構造全体にかかるコリオリ力（ F_c で表される）として知られる力が決定する。特にコリオリ力 F_c は、角速度 ω_x と駆動速度 V_a のベクトル積の大きさに比例するため、垂直軸 z と平行な方向に向いており、駆動速度 V_a が第 1 軸 x と平行である

10

20

30

40

50

点においては0になり、したがってコリオリ力は中心Oからの距離に応じて大きくなる。構造が単一剛体であると考え、構造全体を通して、中心Oからの距離の変化につれて変化するコリオリ力の分布を決定することが可能である。第1センサ質量16a、16bのそれぞれの重心Gにかかるコリオリ力 F_c 。の合力によって第1センサ質量16a、16bは、第2軸yに平行で第1弾性支持要素20を通る軸を中心に回転し、センサ平面xy外へと動くことになる。前記運動は、第1弾性支持要素20がねじれることによって可能となる。代わりに、弾性アンカー要素8の構成は、駆動質量3のセンサ平面xyへの運動を良好に禁止し、これにより駆動運動から第1センサ質量の検知を行うための運動を効果的に分離することができる。第1センサ質量16a、16bのセンサ平面xy外への変位によって、角速度 ω_x に比例する検知キャパシタ C_1 、 C_2 の差分容量変化が生じ、この容量変化は、意図的に設けた読み取り回路によって、周知の方法を用いて決定することができる。

10

【0019】

特に、読み取り方法は差分法であるため(後続の図7参照)、1対の第1センサ質量を用いることにより、垂直軸zに沿うスプリング線形加速度を自動的に取り除くことが可能となる。実際、前記加速度は検知キャパシタ C_1 、 C_2 の同じ方向に変位を生じさせ、この変化は差分読み取りによって打ち消される。また、弾性アンカー要素8の集合が軸x、y方向に非常に剛性であり、それゆえセンサ質量に変位が生じることがないとすると、中心アンカーの存在によって、軸x、yに沿うスプリング線形加速度を取り除くことが可能になる。さらに、センサの周波数応答は非常に選択性の高いフィルタとしてモデル化できるため、上述の構造は垂直軸zを中心とするスプリング角加速度を機械的に取り除くことができる。

20

【0020】

記載された構造の対称性を考慮すると、第2軸yを中心とする回転を検知するための1軸型ジャイロスコープを提供できることは明らかである。特に(図3参照)、この場合、微小電気機械センサ構造1は、第2対の第1貫通孔9c、9dを(第1対の第1貫通孔9a、9bの代わりとして)有しており、これらは第2対称軸Bに沿って配置されており、第1軸xに平行な方向に延在するほぼ長方形の形状をしており、および空所6に対して両側に配置されている。さらに、この場合、微小電気機械センサ構造1は、垂直軸zに平行な軸を中心とする第2対の加速度センサ、特に第2対の第1センサ質量16c、16dを(第1対の第1センサ質量16a、16bの代わりとして)備えており、これらセンサ質量は貫通孔9c、9d内に格納されており、駆動質量3内に完全に囲まれかつ含まれている。センサ質量16c、16dは、センサ質量16a、16bを90°回転させることにより得ることができ、したがって対応する弾性支持要素20は、第1軸xに平行に延在し、また対応するセンサ質量は第1軸xに平行な回転軸を中心に回転することが可能になる。第2対の第1および第2検知電極22、23は、第1センサ質量16c、16dの下部に配置されており、上述の場合全く同様の方法でそれぞれ検知キャパシタ C_1 、 C_2 を形成している。実際には、微小電気機械センサ構造1は、第2軸yを中心とする角速度 ω_y (図3においては反時計回りを仮定している)を検知するための単軸ジャイロスコープとして機能することができる。第2軸yを中心とする回転運動により同様に垂直軸zに沿ったコリオリ力が生じ、これにより第1軸xに平行な回転軸を中心とする第1センサ質量16c、16dの回転が生じ、結果として検知キャパシタに反対方向の不均衡が生じる。

30

40

【0021】

同様に明らかな方法によって(図4参照)、第1軸xおよび第2軸yを中心とする回転を検知する2軸のジャイロスコープを構成することができる。この場合、微小電気機械センサ構造1は、第1対の第1センサ質量16a、16bおよび第2対のセンサ質量16c、16dを備えている。特に、第1軸xを中心とする回転は、生じるコリオリ力 F_c がゼロである(角速度 ω_x と対応する駆動速度 V_a とのベクトル積がゼロであるため)限り、第2対の第1センサ質量16c、16dによっては検知されない。同様に、第2軸yを中心とする回転は、同様の理由によって第1対の第1センサ質量16a、16bによっ

50

ては検知されず、結果として両検知軸は影響せず、互いに分離している。

【0022】

上述の解決法は、多くの観点からみても十分なものであるにも関わらず、検知軸を中心とするスプリアス角加速度を取り除くことができない。例えば、図1の構造においては、第1弾性支持要素20が剛性であるために、第1軸xのスプリアス角加速度は第1センサ質量16a、16bに検知できる程度の容量不平衡を生じないのに対して、第2軸yのスプリアス角加速度は、第1軸xの回転によるコリオリ力として、同様の効果(検知キャパシタの差分容量変化)を生ずる。

【0023】

前記問題点を解決するために、本発明の第3の実施形態(図5に示されている)には、垂直軸zに平行な軸に対してさらなる加速度センサの対を使用することが示されており、それゆえ各検知軸ごとに第1センサ質量を使用することが示されている(すなわち2軸のジャイロスコープの場合、合計8つの第1センサ質量が使用される)。この場合、微小電気機械センサ構造1は、第1軸xの角加速度を検知する際に第1対の第1センサ質量16a、16bと協働する、第3対の第1貫通孔9e、9fに配置された第3対の第1センサ質量16e、16f;および第2軸yに関する角加速度を検知する際に第2対の第1センサ質量16c、16dと協働する、第4対の第1貫通孔9g、9hに配置された第4対の第1センサ質量16g、16hを備えている。上述の場合同様の方法によって、第3対および第4対の第1センサ質量に対応して、第3対および第4対の第1および第2電極22、23が、センサ平面xyの下部に検知キャパシタを形成するように配置されている。

10

20

【0024】

詳しくは、この場合、第1センサ質量16a、16bは整列させないで中心点Oに関して対称となるように第1対称軸Aに対して互いに反対側に配置される。第1センサ質量16e、16fも同様に配置され、第1センサ質量16a、16bと第1対称軸Aに関して向かい合っている。さらに、それぞれの弾性支持要素20は、第1軸xに沿って互い違いに配置されているため、一つのセンサ質量の幅の広い第1方形部17は、対向するセンサ質量の第2方形部18と向かい合っている。同様に、第1センサ質量16c、16dは、第2対称軸Bに対して互いに反対側に配置され且つ中心点Oに関して対称に配置されている。第1センサ質量16g、16hは、第2対称軸Bの反対側に第1センサ質量16c、16dと向かい合う位置に配置されており、対応する弾性支持要素は第2軸yに沿って互い違いに配置されている。

30

【0025】

使用の際には、上記の構成によれば、軸x、yのスプリアス角加速度を取り除くことができる。例えば、第2軸yのスプリアス角加速度が存在する場合、第2対の第1センサ質量16c、16dおよび第4対の第1センサ質量16g、16hには、対応する第1弾性支持要素20が剛性のために、(上述の場合と同様に)検知できる程度の容量不平衡は生じない。さらに、第1対の第1センサ質量16a、16bおよび第3対の第1センサ質量16e、16fは、電氣的に適切に接続されている場合(後に詳しく説明する)、同相モード信号を生じる容量不平衡を生じるので、この容量不平衡はコリオリ力による有用な差分信号と区別することができる。

40

【0026】

詳しくは(図6a)、上述の場合と同様に、第1軸xを中心とする角速度 ω_x の反時計回りの回転は、第1対の第1センサ質量16a、16bおよび第3対の第1センサ質量16e、16fに反対方向の勾配を生じさせるコリオリ力 F_c を発生する。一方(図6b)、第2軸yを中心とする角速度 ω_y のスプリアス角回転は、上記の第1センサ質量と同じ方向の勾配を生じ、これにより結果として同相モードの容量変化を生じる。前記同相モード変化は、コリオリ力に起因する差分容量変化と区別することができ、それゆえ意図的に設けた読み取り回路によって容易に抑制できる。構造の対称性を考慮すると、第2軸yに関する検知にも全く同様の考察が適用できることは明らかである。

【0027】

50

図7は、センサ質量に取り付けられた検知キャパシタ間の電気接続24の可能な実施形態を示しており、これにより上述の差分読取り方法が可能になる。特に、互いに向かい合ったセンサ質量の第1電極22と第2電極23を互いに接続し、同一の対に属するセンサ質量のそれぞれの第1電極22とそれぞれの第2電極23を互いに接続する。

【0028】

図8は、図7と類似する接続方法を示しているが、しかしながら、第1および第2検知電極22、23がほぼ同じ大きさを持っている場合に対応している。スプリアス角加速度が生じる場合、読取り回路の明らかな単純化により、同相モード信号の代わりにゼロ信号が得られ、読取り回路の単純化が得られること明らかである。

【0029】

前述の記載においては、第1センサ質量に作用する駆動速度 V_a が第1軸 x もしくは第2軸 y に平行な方向を向いているという第1の近似を仮定しており、したがって第1センサ質量は点状であって、構造の対称軸A、Bの一つの上に配置されていると見なされる。この近似を行わない場合、駆動質量3により付与される第1センサ質量の回転駆動運動により外乱を生じ、特に、本質的に運動力学に関連するスプリアス角速度を生じる。またこの場合、互いに適切に接続された8つの第1センサ質量を使用することで、妨害を取り除くことができる。

【0030】

詳しくは、駆動軸を中心とする反時計回りの回転駆動運動をしている図9を参照し、第1軸 x を中心とする角速度 ω_x の反時計回りの回転運動を検知するものと仮定する。構造の各回転点は、その回転中心点 O からの距離が固定されると、その軌道を描く外周の接線方向の駆動速度 V_a を持ち、この駆動速度は2つの成分のベクトル和、即ち第1軸 x に沿う方向の第1成分 V_{ax} と第2軸 y に沿う方向の第2成分 V_{ay} とのベクトル和で表せる。第1対の第1センサ質量16a、16bおよび第3対の第1センサ質量16e、16fにおいては、それぞれの第2成分 V_{ay} は、検知目的に有用なコリオリ力 F_c を決定するが、それぞれの第1成分 V_{ax} は角速度 ω_x 方向に平行である限りコリオリ力には全く寄与しない。その代わりに第2対の第1センサ質量16c、16dおよび第4対のセンサ質量16g、16hに関しては、それぞれの第1成分 V_{ax} は、角速度 ω_x の方向に平行であるためにコリオリ力に全く寄与しないが、それぞれの第2成分 V_{ay} が垂直軸 z に沿う方向に力を生じさせる。さらに前記力は、上述のセンサ質量に変位を生じさせるが、これは第1軸 x におけるスプリアス角加速度によって生じる変位に類似する(図6c~6d参照)。それゆえ、差分読取りによって前記寄与分を取り除くことが可能となる。同様の論理を、第2軸 y における角加速度の検知に適用することができる。

【0031】

4つのセンサ質量のみが使用される場合(もしくは単軸ジャイロスコープの場合には2つのセンサ質量のみ)には、同じ動的条件(図10)において、第2成分 V_{ay} は、センサ質量を第2対称軸Bで分割した場合のセンサ質量16dの右半分を上方向の力を、左半分に下方向の力を生じさせる(同様のことがセンサ質量16cにも起こる)。結果として、前記力是对応する第1弾性支持要素20の曲げを生じさせようとするが、第1弾性支持要素はその設計を考慮すると曲げに対して極めて剛固である。それゆえ全体の構造は、適切な大きさに設計されていれば、4つ(または2つ)のセンサ質量しか使用しない場合でも、前記外乱に感応しない。

【0032】

本発明の第4の実施形態は、垂直軸 z の周りの角速度を検知するための微小電気機械構造を示している。前記構造は、上述のものと類似しているが(ゆえに類似する部分は同じ参照番号によって表示する)、センサ質量の配置(および弾性支持要素により許されるセンサ質量の運動)に関して、および採用した検知原理に関して異なっている。特に、この場合には、駆動質量3に形成した貫通孔に、センサ平面 xy 内に位置する軸(例えば、第1軸 x もしくは第2軸 y に平行な軸)を持つ加速度センサを設ける。

【0033】

10

20

30

40

50

詳しくは(図11参照)、微小電気機械センサ構造1は、センサ平面x y内に位置する軸を有する1対の加速度計、特に第1対の第2の貫通孔26 a、26 b内に配置された第1対のセンサ質量25 a、26 bを備えている。第2貫通孔26 a、26 bは、長方形であって、第1半径方向(図11の例では第2軸yに沿う方向)に整列され、その長手方向が第1半径方向に直角の方向になっている。第2センサ質量25 a、26 bは、各辺が第2貫通孔26 a、26 bの対応する辺に平行なほぼ長方形の形状を持ち、基板2に対して懸垂支持され、駆動質量3に第2弾性支持要素28を介して接続されている。第2弾性支持要素28は、第2センサ質量の主表面のほぼ中心の位置の点から出て、第1半径方向に延びている。特に、第2弾性支持要素28は駆動質量3の駆動運動に関して剛固であり、対応するセンサ質量の半径方向の運動のみ可能となっており、他の方向への運動は妨げるようになっている(言い換えると、第2弾性支持要素28は第1半径方向にのみ弾性である)。さらに第2センサ質量25 a、25 bは、第1半径方向に垂直な方向(図中では第1軸xに沿う方向)に、その短い辺のほぼ中心から延びる延長部29を有している。延長部29は、延長部29と平行に向かい合っている基板に固定された固定電極と共に、平面平行板を持つ検知キャパシタを形成している。例えば、それぞれの延長部29は、それぞれの第2センサ質量25 a、25 bのそれぞれの短い辺から延びており、2つの固定電極と向かい合っており、その2つの電極の間に取り付けられている。すでに記載したのと同様に、中心から見て半径方向の外側部分に配置された固定電極は、第1検知電極22とみなすことができ、中心から見て半径方向の内側部分に配置された固定電極は、第2検知電極23とみなすことができる。代わりに、互いに歯合する多数の電極を設けることができる。いずれにしても、この場合には検知電極はセンサ平面x y内にある。

【0034】

使用の際には、駆動質量3は、垂直軸zを中心に駆動角速度 ω_x (例えば反時計回り)で回転し、一緒に第2センサ質量25 a、25 bを回転させる。同様に垂直軸zの周りに作用する検知すべき外部角速度 ω_e は、第2センサ質量25 a、25 bに半径方向(すなわち同質量に働く遠心力の方向)にコリオリ力 F_c が発生し、検知キャパシタに電気容量の変化を生じる。

【0035】

さらに詳しくは、慣性基準系 $O'X'Y'Z'$ を考えると、駆動質量3が振動する基板に固定された基準系 $OXYZ$ が基準系 $O'X'Y'Z'$ に対して外部角速度 ω_e で回転する。結果として微小電気機械構造は、慣性基準系 $O'X'Y'Z'$ に対して、外部角速度と駆動角速度のベクトル和に等しい合成角速度 $\omega_r = \omega_e + \omega_a$ を持つ。特にこの場合、駆動角速度 ω_a および外部角速度 ω_e は、同じ方向である。慣性基準系 $O'X'Y'Z'$ において、微小電気機械構造は、 $a_{c f g} = \omega_r^2 \cdot r$ の大きさを持つ半径方向の遠心加速度を受ける。ここで、 r は回転軸からの距離(すなわち中心Oからの距離)である。前記加速の方向は、常に回転の中心から半径方向に外を向いている。仮に定式化すると、遠心加速度 $a_{c f g}$ は、慣性基準系 $O'X'Y'Z'$ に関して以下のように表す事ができる。

$$a_{c f g} = \omega_r^2 \cdot r = (\omega_a + \omega_e)^2 \cdot r = (\omega_a^2 + 2 \cdot \omega_a \cdot \omega_e + \omega_e^2) \cdot r$$

【0036】

遠心加速度 $a_{c f g}$ の式を構成する3つの項は以下の通りである。

$\omega_a^2 \cdot r$: 基準系 $OXYZ$ に対して回転している質量の相対加速度;
 $\omega_e^2 \cdot r$: 慣性基準系 $O'X'Y'Z'$ に対する基準系 $OXYZ$ の抗力加速度;
 $2 \cdot \omega_a \cdot \omega_e \cdot r$: コリオリ加速度; 実際にはこの項は $2 \cdot \omega_e \cdot (\omega_a \cdot r)$ と書き換えることができ、 $(\omega_a \cdot r) = V_a$ であるので、これはベクトル積 $2 \cdot \omega_e \times V_a$ と書き換えることができる。

【0037】

加速度の合成の一般法則を上記のシステム用書き換えることによって同じ結果を得る事ができる。周知のように、既知の2つの基準系、すなわち絶対系 $O'X'Y'Z'$ および相対系 $OXYZ$ を考えると、以下の式が当てはまる:

10

20

30

40

50

$$a = a' + a_t + a_c = a' - [a_{o'} + \dot{\omega} \times r' + \omega \times (\omega \times r')] - 2\omega \times v_a$$

ここで、 a は絶対加速度； a' は相対加速度； $a_t = a_{o'} + \dot{\omega} \times r' + \omega \times (\omega \times r')$ の項は抗力加速度； $a_c = 2\omega \times v_a$ の項はコリオリ加速度である。図11の場合、 $r \equiv r'$ であること、および両基準系が共に右回りであることを考慮に入れると、上の式は、以下のよう

$$a = \ddot{\theta}_a^2 r' + \ddot{\theta}_a^2 r' + a_{o'} + \dot{\Omega}_e \times r' + \Omega_e^2 r' + 2\Omega_e (\dot{\theta}_a r')$$

ここで、 θ_a は構造全体の基準系OXYZに対する回転角； $\dot{\theta}_a^2 r' = \Omega_a^2 r'$ の項は構造全体の基準系OXYZに対する相対遠心加速度の項； $\ddot{\theta}_a^2 r'$ の項は基準系OXYZに対する相対接線加速度；基準系OXYZおよびO'X'Y'Z'は直進運動によって互いに動くことはないので $a_{o'} = 0$ であり； $\dot{\Omega}_e \times r'$ の項は角速度 Ω_e で回転する基準系OXYZの慣性基準系O'X'Y'Z'に対する接線抗力加速度； $\Omega_e^2 r'$ の項は角速度 Ω_e で回転する基準系OXYZの慣性基準系O'X'Y'Z'に対する遠心抗力加速度；

$$2\Omega_e (\dot{\theta}_a r') = 2\Omega_e (\Omega_a r') = 2\Omega_e \times v_a \text{ はコリオリ加速度である。}$$

10

20

30

40

50

【0038】

接線加速度を表す項は、センサ質量が半径方向にしか運動することができない限り、駆動質量に対するセンサ質量の運動に何も影響しない。したがって、一般式は以下の式と等価である。

$$a_{cf} = r^2 \cdot r = (a + e)^2 \cdot r = (a^2 + 2 \cdot a \cdot e + e^2) \cdot r$$

【0039】

意図的に設けた読み取り回路を用いる場合（例えば本願出願人によって2004年8月3日に出願された欧州特許出願04425600.6に記載されている）、外部角速度 ω_e に比例する容量信号を駆動角速度 ω_a に対して復調することができる。この場合、復調器の帯域幅内に入る有用信号のみが $2 \cdot \omega_a \cdot \omega_e$ の項に関係し、これは復調されると $2 \cdot \omega_e$ に等しくなるため、外部角速度 ω_e のみに比例し、その値が決定すべきものとなる。他の項（これらは2乗されているので）は簡単に復調器の下流でフィルタをかけることができる（元の周波数の2倍であれば）。それゆえ、これらは出力に大きな外乱を生じさせることはない。出願人は、上述の事項をMATLAB“simulink”モデルを用いて検証している。要するに、微小電気機械センサ構造1は、上述のように駆動力学が実行される結果として、遠心加速度を同じ方向を持つコリオリ加速度を変調する。

【0040】

第2軸yにおけるスプリアス加速度については（ただし、同様の考察が第1軸xにおける検知の場合にも適用される）、これらは読み取りを差分方式によって行う限りにおいては自動的に取り除かれる。実際、コリオリ有用信号は第2センサ質量25a、25bを（ $2 \cdot \omega_a \cdot \omega_e \cdot r$ の項においてベクトルrが反対方向を向いている限りにおいては）反対半径方向に不釣り合いにする傾向があるのに対して、スプリアス角加速度は同方向に寄与する。2つの加速度センサによって発生された2つの加速度信号を互いに差し引くことによって、コリオリ寄与分を測定し、第2軸yにおけるスプリアス加速度を取り除く事

ができる。

【0041】

軸 z におけるスプリアス角加速度は接線加速度を生じるが、これらは第 2 軸 y における検知に外乱を生じさせるものではない。

【0042】

代わりに、第 1 軸 x における角加速度もしくは第 2 軸 y における角加速度が装置にかかっていると仮定すると、構造の中心にある弾性アンカー要素 8 が平面 x y からの駆動質量の曲り強く抵抗するため、駆動質量 3 は少しねじれる。軸 x もしくは y に沿う小さな回転の場合、これは加速度計に軸 z に沿う変位およびスプリアス信号を生ずるのみであり、これは平面 x y 内のセンサの差分読み取りによって本質的に取り除くことができる。

10

【0043】

垂直軸 z の回転駆動運動に由来するスプリアス信号に関しては、図 12 を参照することができ、ここでは駆動角速度 a と検出すべき外部角速度 e が垂直軸 z を中心に反時計回りの方向であるものと仮定している。この場合、駆動角速度と外部角速度の寄与の和に起因する、回転中心からの距離を半径として持つそれぞれの第 2 センサ質量の軌道を決定する外周の接線方向の第 2 センサ質量に働く駆動速度 V_a は 2 つの成分に分解することができる：第 1 の成分は第 1 軸 x に沿う方向を向いており (V_{ax} で表される)、第 2 の成分は第 2 軸 y に沿う方向を向いている (V_{ay} で表される)。第 1 成分 V_{ax} は、以下のコリオリ項を生む項を生じるのに対し、

$a_{cf}g = r^2 \cdot r = (a + e)^2 \cdot r = (a^2 + 2 \cdot a \cdot e + e^2) \cdot r$ 20
第 2 成分 V_{ay} は、ベクトル和 $r = e + a$ の外積によって第 1 軸 x に沿う力を生じさせる。第 2 弾性支持要素 2 8 が前記方向に堅固であると仮定すると、センサは好ましくない前記速度成分を取り除くことができる。

【0044】

センサ平面 x y 内にある外部角速度の場合、駆動速度 V_a の成分は駆動運動のみに起因する。これらのセンサ平面 x y 内にある外部角速度とのベクトル積によって、センサ平面 x y の外に向かうコリオリ項が生じる。またこの場合、第 2 弾性支持要素 2 8 は、少なくとも第 1 の近似においては、平面外変位を生じることはできない。したがって、センサは軸 z 方向を向いていない角速度も取り除くことができる。

【0045】

本発明の第 5 の実施形態は、上述の構造を組み合わせることによって達成できる 3 軸センサ構造 (特にジャイロスコープ) を想定している。

30

【0046】

詳しくは (図 13 参照)、微小電気機械センサ構造 1 はこの場合、4 対の第 1 センサ質量 16 a - 16 h を備えており、これらによって上述のように第 1 軸および第 2 検知軸 (第 1 及び第 2 軸 x, y) を中心とする回転に対応する角速度を検知し、また第 2 センサ質量 25 a、25 b の対によって上述のように第 3 検知軸 (垂直軸 z) を中心とする回転に対応する角速度を検知する。第 2 センサ質量 25 a、25 b は、センサ平面 x y 内の任意の方向に整列させることができ、第 3 検知軸はセンサ平面 x y に垂直であって、センサ平面外のヨー軸を構成する。

40

【0047】

図 14 に示されているように、構造全体を中心点 O に関して対称とするために、さらに第 2 対の貫通孔 26 c、26 d とともに第 2 対の第 2 センサ質量 25 c、25 d を設けることができる。この第 2 対の第 2 センサ質量 25 c、25 d は、第 1 対の第 2 センサ質量 25 a、25 b の配置の第 1 半径方向に直角の第 2 半径方向に配置する。

【0048】

さらに、例えば欧州特許 1617178 もしくは 2004 年 12 月 29 日に本願出願人によって出願された欧州特許出願 04425957.0 に記載されているように、駆動質量をセンサ質量から電氣的に分離するために絶縁領域を設けることができる。この分離によって、駆動構造と検知構造で異なるバイアス電圧を用いることができるようになり、ま

50

た読み取り段階においてクロストークや干渉を防ぐことができるようになる。

【0049】

図15に図式的に示したように、この場合微小電気機械センサ構造1は、例えば酸化ケイ素からなる第1絶縁領域34aおよび第2絶縁領域34bを備えている。これら絶縁領域は中心点Oに関して対象であり、それぞれ第1センサ質量および第2センサ質量の第1の半分および第2の半分の周囲を囲んでいる（この図示の例では、各絶縁領域はそれぞれ第1センサ質量を4つ、および第2センサ質量を2つ囲んでいる）。第1および第2絶縁領域34a、34bは、空所6に対応する部分が開口した環の形状をしており、接点や交差点はない。特に、駆動質量およびセンサ質量が同一の構造層（エピタキシャル層もしくは擬似エピタキシャル層）から形成されているとすると、絶縁領域は、駆動質量3の厚さ全体に亘ってセンサ平面xyを横断する方向に延在し、上部および底部でプラグによって閉じられ、これにより望ましい電氣的絶縁が保障される一方で、製造処理中、特に構造を確定するトレンチエッチング（エピタキシャルシリコンのディープ反応性イオンエッチングまたはDRIE）および犠牲層の除去のためのエッチング中における絶縁の保護が保障される。

10

【0050】

駆動質量3の絶縁領域34a、34b内にある検知部分3a、3bとして参照されている部分は、検知構造の一部を構成し、検知電圧にバイアスされるが、駆動質量3の前記絶縁領域34a、34b外の駆動部分3cとして参照されている部分は、駆動構造の一部を構成し（同時に他の要素のうちの被動アーム10の一部も構成している）、駆動電圧にバイアスされる。特に、検知電圧および駆動電圧は、それぞれ第1電極35aおよび第2電極35bによって供給される。第1電極35aおよび第2電極35bは、互いに絶縁され、アンカー7に相当する位置に配置され、それぞれ2つの弾性アンカー要素8に固定されており、弾性アンカー要素8がこれらの電極をそれぞれ駆動質量3の検知部分および駆動部分に接続する。絶縁領域34a、34bが開口した環形状であるが、この“開口”部分（即ち環を閉じる部分）は絶縁環全体の大きさに比べると小さくなっているため、その漏損への寄与は無視することができる。

20

【0051】

本発明の他の態様によると、微小電気機械センサ構造1は、検知キャパシタ間、特に第1電極22および第2電極23の間の電気接続24に簡単な変更を加えることで、ジャイロスコープ（単軸型、2軸型、3軸型のいずれでもよい）および加速度計（単軸型、2軸型、3軸型のいずれでもよい）として選択的に使用することができる。特にこの場合、上述の電気接続24は設計段階においては構築せず、例えば制御スイッチなどの意図的に設けた読み取り回路によって変更することができる。

30

【0052】

例として、図16a-16bに、1対の第1センサ質量および第2センサ質量（例えば第2対の第1センサ質量16c、16dおよび第1対の第2センサ質量25a、25b）に関する検知キャパシタの接続を図示する。特に、読み取り回路によって適切に制御される4つのスイッチ要素を設ける。第1スイッチ要素36および第2スイッチ要素37は、それぞれ第1電極22同士および第2電極23同士を互いに接続し、第3スイッチ要素38および第4スイッチ要素39は、同一対の各センサ質量の第1電極22および第2電極23をそれぞれ互いに接続する。

40

【0053】

詳しくは、読み取り回路は、単に第3スイッチ要素38および第4スイッチ要素39を閉じ、第1スイッチ要素36および第2スイッチ要素37を開くことでセンサ構造のジャイロスコープ動作モードを制御し；単に第1スイッチ要素36および第2スイッチ要素37を閉じ、第3スイッチ要素38および第4スイッチ要素39を開くことでセンサ構造の加速度計動作モードを制御する。上述の制御は、全く同様に他のセンサ質量の対、および記載した任意の検知構造（単軸型、2軸型、3軸型にかかわらず）に適用することができる。

50

【0054】

本発明による微小電気機械センサ構造の利点は、以上の記載から明らかである。

【0055】

どのような場合においても、検知用に設計されたセンサ質量をその全体寸法内に内包する1つの駆動質量の存在によって、単軸型、2軸型、特には3軸型の寸法の小さいジャイロスコープを提供することができることを再度強調しておく。駆動質量の回転運動によって、センサ平面内に互いに直交する2つの駆動速度成分を自動的に得ることができ、それゆえ2軸検知を効果的に行うことができる。さらに、半径方向に自由に動き、遠心加速度と同じ方向を持つコリオリ力に応答するセンサ質量の存在によって3軸の検知が可能となる。

10

【0056】

駆動質量に対する1つの中心アンカーの存在によって、前述の回転運動が可能であることに加えて、熱機械応力を低減することができる（これ自体は周知であり、例えば当該出願人によって出願された微小電気機械加速度計に関する欧州特許1083144参照）。

【0057】

駆動力学および検知力学は、弾性支持要素および弾性アンカー要素を特定の位置に配置することで、互いに明確に区別することができる。

【0058】

記載した構造は、検知方向によらず、スプリング線加速度および角加速度および角直交速度を良好に除去することができる。

20

【0059】

加えて、微小電気機械構造の動作モードは、単に検知キャパシタの接続を変更するだけで（切り替えは意図的に設けた読み取り回路によって行われる）加速度計モードとジャイロスコープモードとの間で切り替えることができる。この接続に関して、図17は、微小電気機械センサ構造1；駆動装置4に接続され駆動質量3に回転駆動運動を伝えるための駆動回路41；および検知電極22、23およびスイッチ要素36-39に接続されセンサ質量の変位を検知するとともに微小電気機械構造の動作モードを切り替えるための読み取り回路42を備えたセンサ装置40を示している。

【0060】

最後に、本明細書において記載および図示された事項については、付属の請求項によって特定される本発明の範囲を逸脱しない限りにおいて、修正もしくは変更を加えることができることは明らかである。

30

【0061】

特に、駆動質量3は、円形以外にも例えば閉じた多角形などの形状とすることができる。さらに、有利でないにしても、前記形状は完全な放射形対称（もしくは概してす任意の他の形式の対称）にしくともよい。

【0062】

センサ質量の変位は、周知のように、電気容量以外の方法、例えば磁力を検知することによって検出することもできる。

【0063】

また、第1センサ質量対および第2センサ質量対を適切に組み合わせることによって、図示の構造と異なる他の構造、例えば検知軸 $x-z$ もしくは $y-z$ を持つような2軸ジャイロスコープを得ることができる。

40

【0064】

さらに、駆動質量を回転運動によって振動させるねじりモーメントは、例えば平行板電極もしくは磁気駆動などの他の方法によっても生じさせることができる。

【0065】

最後に、微小電気機械構造は、その最も簡単な実施形態では、単一の（第1もしくは第2の）センサ質量を備えることができるが、検知方向の線加速度を除去できないという欠点を有する。

50

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】図1は、本発明の第1の実施形態による微小電気機械構造の概略平面図である。

【図2】図2 aおよび2 bは、それぞれコリオリ力がない場合とある場合の図1の構造の一部の概略側面図である。

【図3】図3は、図1の構造の変形例を示した概略平面図である。

【図4】図4は、微小電気機械構造の第2の実施形態の概略平面図である。

【図5】図5は、微小電気機械構造の第3の実施形態の概略平面図である。

【図6】図6 a ~ dは、センサ質量の変位を示す図5の構造の一部の概略側面図である。

【図7】図7は、キャパシタ間の接続を示す図5の構造のレイアウト図である。

10

【図8】図8は、図5の構造の変形例を示す図7と同様のレイアウト図である。

【図9】図9は、それぞれのセンサ質量における駆動速度を示す図5の構造の概略平面図である。

【図10】図10は、図9と同様に、センサ質量における駆動速度を示す図4の構造の一部の概略平面図である。

【図11】図11は、本発明の第4の実施形態による微小電気機械構造の概略平面図である。

【図12】図12は、それぞれのセンサ質量における駆動速度を示す図11の構造の概略平面図である。

【図13】図13は、本発明の第5の実施形態による微小電気機械構造の概略平面図である。

20

【図14】図14は、図13の構造の変形例を示す概略平面図である。

【図15】図15は、電気絶縁構造を示す、図13の構造の他の変形例の概略平面図である。

【図16】図16 aおよび16 bは、ジャイロスコープ動作モードと加速度計動作モードとの間で切り替えることができる、図13の構造の一部のキャパシタの接続方法を示す図である。

【図17】図17は、本発明による微小電気機械構造を備えたセンサ装置の構成図である。

【符号の説明】

30

【0067】

1 集積微小電気機械構造

2 基板

3 駆動質量

4 駆動装置

6 空所

7 アンカー

8 弾性アンカー要素

9 a, b, , c, d, e, f, g 第1貫通孔

10 被動アーム

40

12 a, b 第2駆動アーム

13 第1電極

14 a, b 第2電極

16 a, b, c, d, e, f, g 第1センサ質量

20 第1弾性指示要素

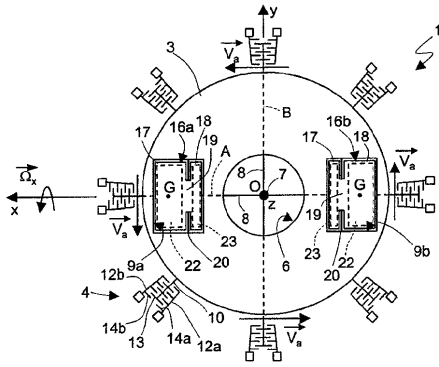
22、23 第1、第2検知電極

25 a, b, c, d 第2センサ質量

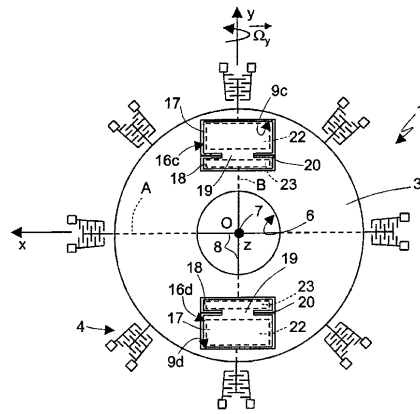
26 a, b, c, d 第2貫通孔

28 第2弾性支持要素

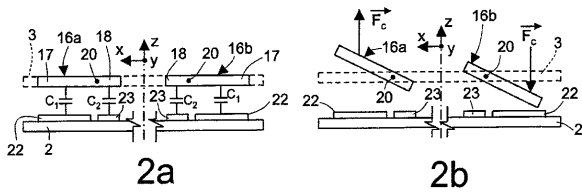
【 図 1 】



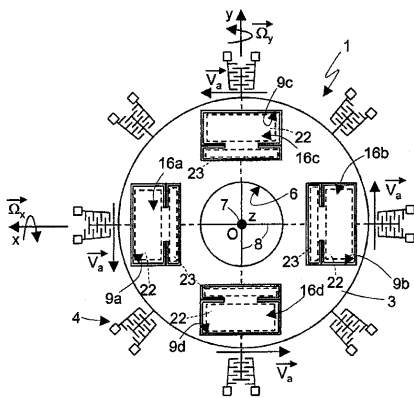
【 図 3 】



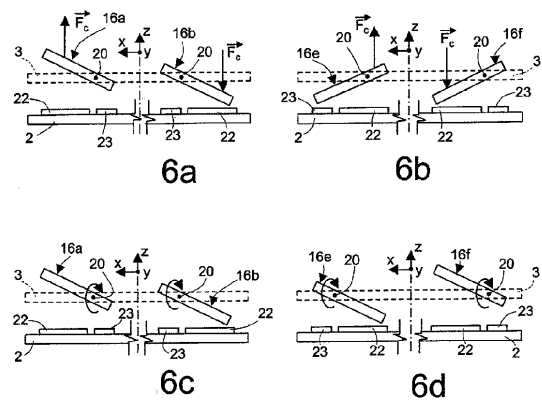
【 図 2 】



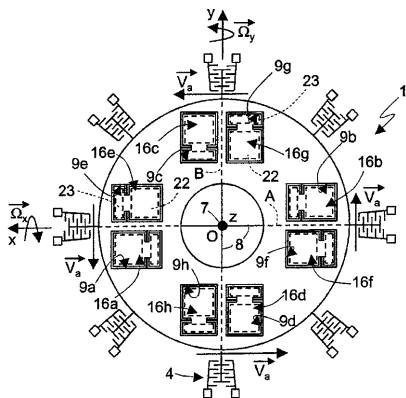
【 図 4 】



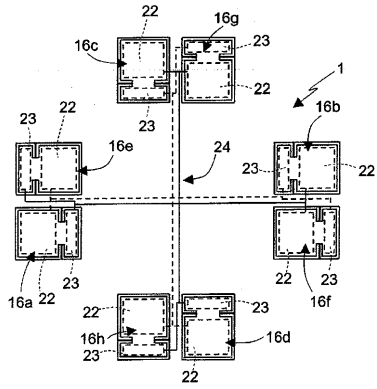
【 図 6 】



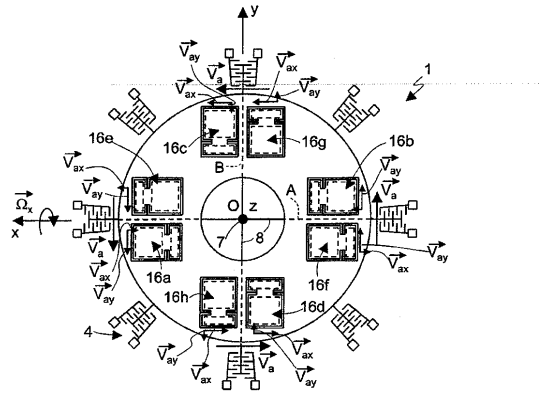
【 図 5 】



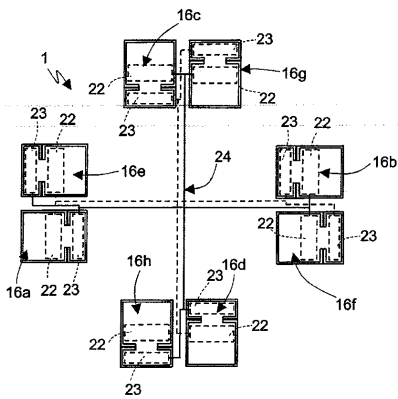
【 図 7 】



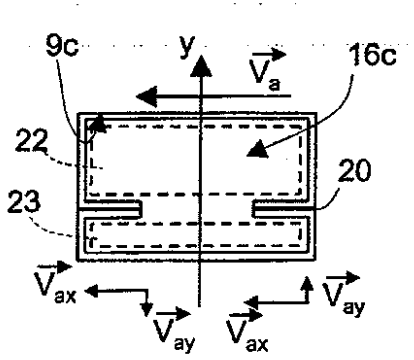
【 図 9 】



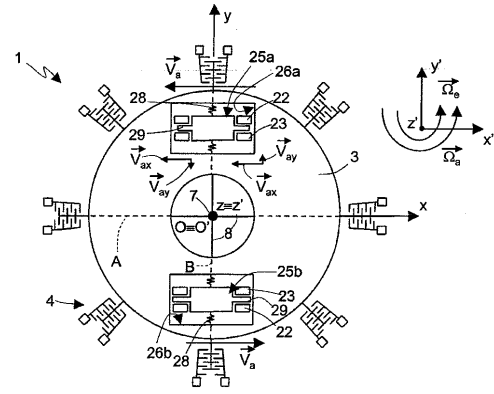
【 図 8 】



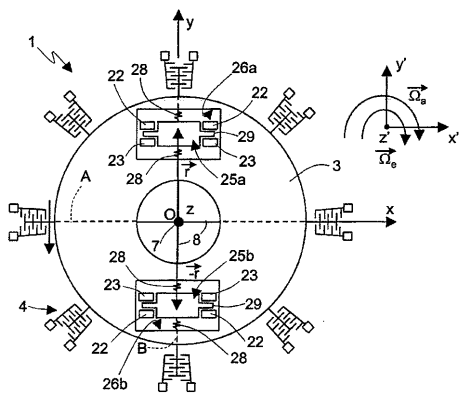
【 図 10 】



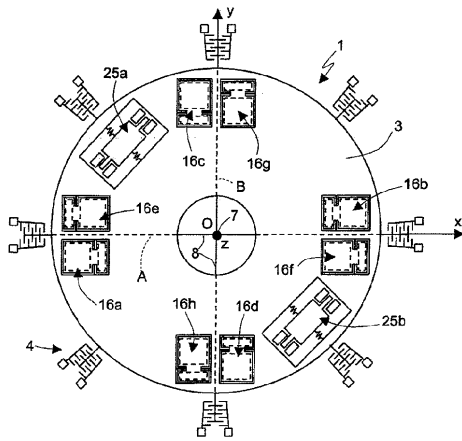
【 図 12 】



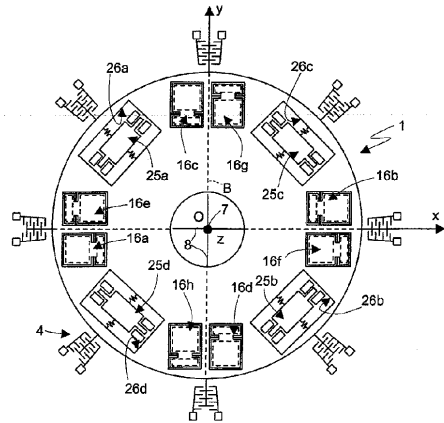
【 図 11 】



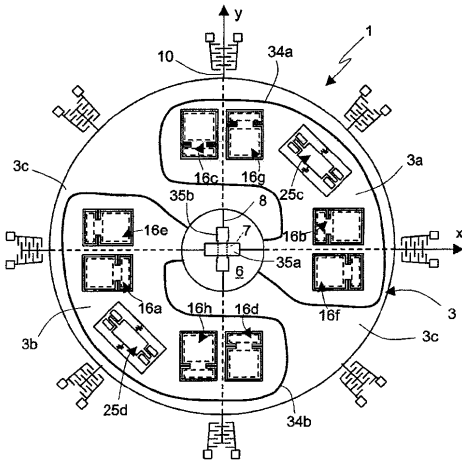
【 図 1 3 】



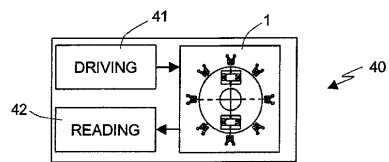
【 図 1 4 】



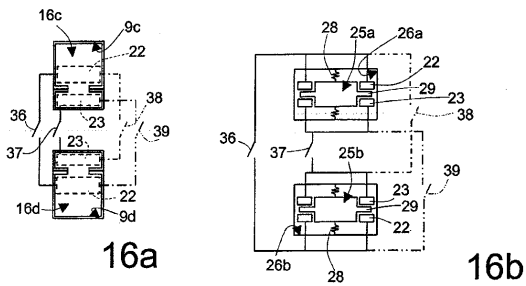
【 図 1 5 】



【 図 1 7 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

(74)代理人 100107227

弁理士 藤谷 史朗

(74)代理人 100134005

弁理士 澤田 達也

(74)代理人 100113745

弁理士 藤原 英治

(72)発明者 グイド スピノラ ダランテ

イタリア国 2 1 0 2 6 ガヴィラテ ヴィア サンヴィト 8

(72)発明者 アレッサンドロ パルゼッリ ルドヴィコ

イタリア国 2 0 0 1 0 コーナレド ヴィア ツカ デグリ アブラッチ 3 5

(72)発明者 サラ ゼービニ

イタリア国 2 0 0 1 2 コーナレド ヴィア ファヴァグリ グランダッゼ 3 6

Fターム(参考) 2F105 AA02 AA03 BB03 BB13 BB15 BB17 CC04 CC11 CD03 CD05

3C081 AA00 AA01 BA03 BA07 BA44 BA51 BA74 BA75 EA02

【外国語明細書】

2007271611000001.pdf