

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4995427号
(P4995427)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 C 19/5649 (2012.01)

GO 1 C 19/56 1 4 9

請求項の数 16 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2005-58460 (P2005-58460)	(73) 特許権者	505363341
(22) 出願日	平成17年3月3日(2005.3.3)		ノースロップ グラマン システムズ コーポレーション
(65) 公開番号	特開2005-249792 (P2005-249792A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州, ロサンゼルス, センチュリー パーク イースト 1840
(43) 公開日	平成17年9月15日(2005.9.15)		
審査請求日	平成20年2月25日(2008.2.25)		
(31) 優先権主張番号	60/549709	(74) 代理人	100094112
(32) 優先日	平成16年3月3日(2004.3.3)		弁理士 岡部 譲
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100064447
			弁理士 岡部 正夫
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128657
			弁理士 三山 勝巳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動ビームを含むエレクトロメカニカル・システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

角速度および回転を測定するための装置であって、
 第 1 振動梁と、
 前記第 1 振動梁と平行であって面を規定する第 2 振動梁と、
 前記第 1 振動梁が、前記第 1 および第 2 振動梁によって規定される前記面に垂直である第 1 方向または該面に平行である第 2 方向に振動できるように、前記第 1 振動梁の周囲に配置された第 1 組の駆動 / センサ構成要素と、
 前記第 2 振動梁が、前記第 1 方向または前記第 2 方向に振動できるように、前記第 2 振動梁の周囲に配置された第 2 組の駆動 / センサ構成要素とを含み、
 第 1 時限中に、前記第 1 組の駆動 / センサ構成要素は、前記装置の角速度または回転を検知するために、前記第 1 振動梁を前記第 1 方向に振動させ、一方、前記第 2 組の駆動 / センサ構成要素は、前記第 2 振動梁を前記第 2 方向の振動から前記第 1 方向の振動へと遷移させ、
 前記第 1 時限の直後の第 2 時限中に、前記第 2 組の駆動 / センサ構成要素は、前記装置の角速度または回転を検知するために、前記第 2 振動梁を前記第 1 方向に振動させ、一方、前記第 1 組の駆動 / センサ構成要素は、前記第 1 振動梁を前記第 1 方向の振動から前記第 2 方向の振動へと遷移させる、装置。

【請求項 2】

前記第 1 および第 2 振動梁が、長方形、三角形、六角形、八角形、または円形の柱を含

む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記第 1 方向が実質的に前記第 2 方向と直角である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記面内において前記第 1 および第 2 振動梁を支持するフレームをさらに含む、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記第 1 組および第 2 組の駆動 / センサ構成要素は、前記第 1 および第 2 振動梁を、前記装置の角速度を検知する振動活動状態と該第 1 および第 2 振動梁の振動方向を変化させる遷移状態との間で周期的に切り替える、請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 6】

処理構成要素を更に含み、

前記第 1 及び第 2 振動梁の 1 つは所定の時間に前記振動活動状態にあり、

前記処理構成要素は、前記振動活動状態において、前記第 1 及び第 2 振動梁の 1 つからのコリオリの力によって誘導される振動の情報を使用して、前記所定の時間に前記装置の角速度の方向と大きさを測定する、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記第 1 組および第 2 組の駆動 / センサ構成要素が、角速度測定誤差を低減させるために、前記第 1 および第 2 振動梁の振動方向を周期的に切り替える、請求項 1 に記載の装置。

20

【請求項 8】

前記第 1 および第 2 振動梁を前記面内で支持するフレームをさらに含み、

前記第 1 および第 2 方向における前記第 1 および第 2 振動梁の振動を交互に行うことで、複数の時限にわたって相殺する反対極性の角速度測定バイアス誤差を生成する、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

前記第 1 組及び第 2 組の駆動 / センサ構成要素が、静電駆動 / センサ構成要素、磁気駆動 / センサ構成要素、または圧電駆動 / センサ構成要素を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 10】

前記第 1 組および第 2 組の駆動 / センサ構成要素を制御するための処理構成要素を更に含み、

30

前記第 1 及び第 2 時限は較正動作の一部であり、

前記第 1 組及び第 2 組の駆動 / センサ構成要素は、前記装置の推定バイアス誤差を発生するために、前記較正動作の間に、前記第 1 および第 2 振動梁の前記第 1 方向への振動と前記第 1 および第 2 振動梁の前記第 2 方向への振動とを周期的に遷移させ、

前記較正動作の後、前記装置の動作中、前記処理構成要素が、前記装置の角速度の方向および大きさ、または前記装置の回転を測定するために、前記推定バイアス誤差を調節する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

前記第 1 および第 2 振動梁は、前記第 1 方向と第 2 方向の両方における振動のために複数の節点を含み、該複数の節点は該第 1 および第 2 振動梁の内部にあり、

40

前記第 1 および第 2 振動梁は、複数の屈曲構成部分を前記複数の節点の周りに露出させる複数の開口を含み、

前記装置は、前記複数の屈曲構成部分に結合して、該第 1 および第 2 振動梁を該複数の節点において支持するフレームをさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】

前記第 1 組および第 2 組の駆動 / センサ構成要素は、前記第 1 および第 2 振動梁が、前記装置の角速度の測定のために、コリオリの力によって誘導される前記第 1 および第 2 方向における該第 1 および第 2 振動梁の振動を検知する期間である第 1 モードで、該第 1 および第 2 振動梁を動作させ、

50

前記第 1 組および第 2 組の駆動 / センサ構成要素は、前記第 1 および第 2 振動梁が振動の方向を変える遷移状態にある期間の第 2 モードで、前記第 1 および第 2 振動梁を動作させる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記第 1 及び第 2 振動梁の各々は、前記第 1 方向と第 2 方向の両方の振動のために複数の節点を含み、

前記第 1 及び第 2 振動梁の各々は、前記複数の節点の周りに複数の開口を含み、該複数の節点は、該第 1 及び第 2 振動梁の複数の節点においてフレームが第 1 及び第 2 振動梁を支持することを可能にする、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 4】

互いに平行であって、面を規定する第 1 振動梁および第 2 振動梁を有する振動梁ジャイロスコープを動作させる方法であって、

第 1 時限中に、前記ジャイロスコープの角速度または回転を検知するために、該ジャイロスコープの第 1 振動梁を前記面に垂直な第 1 方向に振動させる工程と、

前記第 1 時限直後である第 2 時限中に、前記第 1 振動梁の振動を、前記第 1 方向から該第 1 方向に平行な第 2 方向へと変化させる工程と、

前記第 2 時限中に、前記ジャイロスコープの角速度または回転を検知するために、該ジャイロスコープの第 2 振動梁を前記面に垂直な前記第 1 方向に振動させる工程と、

前記第 2 時限直後である第 3 時限中に、前記第 2 振動梁の振動を前記第 1 方向から前記第 2 方向へと変化させる工程と、

前記第 3 時限中に、前記ジャイロスコープの角速度または回転を検知するために、前記第 1 振動梁を前記第 2 方向に振動させる工程とを含む方法。

【請求項 1 5】

前記第 1 及び第 2 振動梁が長方形の角柱を含み、前記第 1 方向は実質的に前記第 2 方向と直角であり、

前記第 1 時限中に、前記ジャイロスコープの角速度または回転を検知するために、該ジャイロスコープの第 1 振動梁を前記面に垂直な第 1 方向に振動させる工程は、

前記第 1 振動梁の第 1 方向の振動を駆動する工程と、

前記ジャイロスコープの角速度を決定するために、コリオリの力によって誘導される前記第 2 方向における該第 1 振動梁の振動を検知する工程と、

を含み、

前記第 2 時限中に、前記ジャイロスコープの角速度または回転を検知するために、該ジャイロスコープの第 2 振動梁を前記面に垂直な前記第 1 方向に振動させる工程は、

前記第 2 振動梁の前記第 1 方向の振動を駆動する工程と、

前記ジャイロスコープの角速度を決定するために、コリオリの力によって誘導される前記第 2 方向における前記第 2 振動梁の振動を検知する工程と

を含み、

前記第 3 時限中に、前記ジャイロスコープの角速度または回転を検知するために、前記第 1 振動梁を前記第 2 方向に振動させる工程は、

前記第 1 振動梁の第 2 方向の振動を駆動する工程と、

前記ジャイロスコープの角速度を決定するために、コリオリの力によって誘導される第 1 方向における第 1 振動梁の振動を検知する工程と

を含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

角速度測定バイアス誤差を減らすために、前記第 1 および第 2 方向の両方に駆動される前記第 1 及び第 2 振動梁の両方から得られた複数の角速度測定値を平均化する工程を更に含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、概してエレクトロメカニカル・システムに関し、特に振動梁の駆動モードと検知モードに関する。

【背景技術】

【0002】

本出願は、米国仮特許出願第60/549709号(2004年3月3日Robert E. Stewartによって出願され、「OSCILLATION OF VIBRATING BEAM IN A FIRST DIRECTION FOR A FIRST TIME PERIOD AND A SECOND DIRECTION FOR A SECOND TIME PERIOD TO SENSE ANGULAR RATE OF THE VIBRATING BEAM」と題する)の優先権を請求するものである。

10

【0003】

本出願は、本出願と同じ譲受人に譲受された下記の出願の主題に付属する主題を含む。下記の出願は、その全体が本出願の中に参照によって組み込まれている。

米国仮特許出願第60/549710号(2004年3月3日Robert E. Stewartによって出願され、「SUPPORT OF VIBRATING BEAM NEAR NODAL POINT」と題する)。

Robert E. Stewartによって同時出願された「SUPPORT OF VIBRATING BEAM NEAR NODAL POINT」。

【0004】

20

一実施例におけるエレクトロメカニカル・システムはあるパラメータを測定する。エレクトロメカニカル・システムは、パラメータを測定するマイクロ・エレクトロメカニカル・システム(MEMS)、加速度計、またはジャイロスコープを含んでもよい。例えば、加速度計は加速度を測定し、ジャイロスコープは角速度(例えば回転)を測定する。ある実施例におけるジャイロスコープは、高Q縮退基本モードの振動を有する振動梁を含む。例えば、高Q振動梁は振動を持続させるためにエネルギーをごく僅かしか必要としない。ある実施例における振動梁は、高性能閉ループ角速度検知のために使用可能である。別の実施例における振動梁は、より低い性能の開ループ角速度検知のために使用可能である。対称振動梁の数学モデルは多くの面において、振動リングまたは半球形共振器ジャイロスコープ(HRG)に類似している。半球形共振器ジャイロスコープに対する分析的な類似性は、振動梁・ジャイロスコープが同様な性能を達成する可能性を有することを指示している。

30

【0005】

振動梁に結合された駆動構成要素は、振動梁の第1振動を生じさせる。振動梁の角速度と第1振動は、振動梁にコリオリの力を誘導する。例えば、角速度は振動梁の縦軸の周りにある。コリオリの力は、振動梁102の第2振動を生じさせる。第2振動は第1振動に実質的に垂直である。ある実施例におけるフィードバック構成要素は、第1振動を調整するために第1振動の大きさの駆動構成要素へのフィードバックを行う。ピックオフ・センサ構成要素が第2振動を検知して、制御信号を加え、ピックオフ信号をゼロにする。制御信号は、振動梁の角速度の大きさと極性の尺度である。

40

【0006】

駆動/ピックオフ構成要素は、振動梁を振動させ、第1方向における振動の振幅を制御し、ピックオフ/駆動構成要素は、第2方向からの第2振動を検知して制御する。振動梁は一方向に駆動されるので、製造許容差に付属するミスアラインメントとサーボ・エレクトロニクスにおける電子位相誤差が、角速度として解釈される検知方向における振動を発生させることもある。サーボ・エレクトロニクスのミスアラインメントの大きさまたは位相の時間及び温度による変化は、ジャイロスコープのバイアス・ドリフト誤差を招く。1つの欠点としては、振動梁の駆動振動は動作中に第1方向に残存しているので、バイアス誤差が時間と変化する温度とにわたって導入されることである。気体スキューズ薄膜、熱弾性、および取付け減衰効果による振動梁の駆動方向と検知方向との間の減衰時定数の差

50

を、角速度として解釈することができる。これら時定数の差の変化はジャイロスコープのバイアス・ドリフトを招く。

【特許文献1】米国仮特許出願第60/549709号

【特許文献2】米国仮特許出願第60/549710号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、バイアス・ドリフト誤差の減少を促進する角速度検知ジャイロスコープの必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は一実施形態において1つの装置を含む。この装置は、振動梁と、第1駆動構成要素と、第2駆動構成要素とを備えている。第1駆動構成要素は、第1時限中に振動梁を第1方向に振動させ、振動梁の角速度を検知する。第2駆動構成要素は、第2時限中に振動梁を第2方向に振動させ、振動梁の角速度を検知する。

【0009】

本発明は別の実施形態において1つの装置を含む。この装置は、複数の共平面振動梁と、第1組の駆動/センサ構成要素と、第2組の駆動/センサ構成要素とを備えている。複数の共平面振動梁は、第1振動梁と第2振動梁とを備えている。第1組の駆動/センサ構成要素は第1振動梁に付属している。第2組の駆動/センサ構成要素は第2振動梁に付属している。第1時限中に、第1組の駆動/センサ構成要素は、第1振動梁を面内方向に振動させて第1振動梁の角速度を検知する。第1時限中に、第2組の駆動/センサ構成要素は、第2振動梁を面内方向の振動から面外方向の振動に変える。第2時限中に、第2組の駆動/センサ構成要素は、第2振動梁を面外方向に振動させて第2振動梁の角速度を検知する。第2時限中に、第1組の駆動/センサ構成要素は、第1振動梁を面内方向の振動から面外方向に振動に変える。

【0010】

本発明は更に別の実施形態において1つの方法を含む。第1時限中に、ジャイロスコープの第1振動梁は第1方向に振動されて、ジャイロスコープの角速度を検知する。第2時限中に、第1振動梁の振動は第1方向から第2方向へ、ジャイロスコープの第2振動梁の振動と同時に換えられて、ジャイロスコープの角速度を検知する。第3時限中に、第1振動梁は第2方向に振動されて、ジャイロスコープの角速度を検知する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の例示的な実装の特色は、説明、特許請求の範囲、および添付の図面から明らかになる。

図1を見ると、一実施例における装置100が、マイクロ・エレクトロメカニカル・システム(MEMS)・ジャイロスコープを含む。ジャイロスコープは高精度航法角速度検知のために採用可能である。一実施例における装置100は、複数の振動梁102および104と、複数の駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116を含む。振動梁102および104の振動モードに応じて、第1サブグループの駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116は、振動梁102および104の第1振動を駆動し、第2サブグループの駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116は、振動梁102および104の第2のコリオリの力で誘導された振動を検知する。

【0012】

ある実施例では、振動梁102の駆動振動は第1方向(例えば面外方向)に沿っている。こうして、駆動/センサ構成要素105および106は振動梁102のための駆動構成要素として働き、駆動/センサ構成要素110および112は振動梁102のためのピッ

10

20

30

40

50

クオフ・センサとして働く。別の実施例では、振動梁 1 0 2 の駆動振動は第 2 方向（例えば面内方向）に沿っている。こうして、駆動/センサ構成要素 1 1 0 および 1 1 2 は振動梁 1 0 2 のための駆動構成要素として働き、駆動/センサ構成要素 1 0 5 および 1 0 6 は振動梁 1 0 2 のためのピックアップ・センサとして働く。

【 0 0 1 3 】

ある実施例における複数の振動梁 1 0 2 および 1 0 4 は、各測定軸のために 2 つまたはそれ以上の振動梁を含む。例えば、振動梁 1 0 2 および 1 0 4 は両方とも 1 つの測定軸のための角速度の検知に寄与する。ある実施例における振動梁 1 0 2 および 1 0 4 は各々、長方形、三角形、または円形のプリズムを含む。例えば、長方形プリズムは、幅の寸法および高さの寸法より大きな長さの寸法を有する。別の実施例では、振動梁 1 0 2 は六角形または八角形の断面を有する。ある実施例における振動梁 1 0 2 および 1 0 4 は、高 Q を達成するために低い内部損失を有する材料から作られている。例えば、高 Q 振動梁は振動を持続させるためにエネルギーをごく僅かしか必要としない。振動梁 1 0 2 および 1 0 4 の駆動方法および検知方法は、高 Q を持続しながら振動梁 1 0 2 および 1 0 4 の運動を引き起こして読み出すために選択される。ある実施例では、振動梁 1 0 2 は一体シリコン・梁を含む。ある実施例では、振動梁 1 0 2 は、互いに接着された 3 つのシリコン層などの、複数のシリコン層を含む。例えば、3 つのシリコン層は、中央層と、頂部カバー 2 1 0（図 2）と、底部カバー 2 1 2（図 2）とを含む。頂部カバー 2 1 0 と底部カバー 2 1 2 は、中央層を密封する働きをする。中央層は、振動梁 1 0 2 および 1 0 4 と駆動/センサ構成要素 1 1 0、1 1 2、1 1 4、1 1 6 とを含む。頂部カバー 2 1 0 は駆動/センサ構成要素 1 0 5、1 0 6、1 0 7、1 0 8 を含む。更に別の実施例では、振動梁 1 0 2 は、圧電駆動および検知を使用する一体水晶梁を含む。更に又別の実施例では、振動梁 1 0 2 は、磁気駆動および検知を使用する透過性材料を含む。

【 0 0 1 4 】

振動梁 1 0 2 は、垂直振動（例えば垂直方向の振動）のための 1 つまたは複数の節軸を含む。例えば、振動梁の 1 0 2 の垂直振動は節軸の周りに生じることができる。振動梁 1 0 2 は又、水平振動（例えば水平方向の振動）のための 1 つまたは複数の節軸を含む。例えば、振動梁の 1 0 2 の水平振動は節軸の周りに生じることができる。ある実施例における垂直振動のための節軸と水平振動のための節軸は、節点において交差している。節点は、複数の実質的に直角な方向の 1 つまたはそれ以上における振動のために、実質的に停止したままである。例えば節点は、垂直振動中と水平振動中の両方において実質的に停止したままである。振動梁 1 0 2 は 1 つまたは複数の連結構成要素 1 2 0 を含み、連結構成要素は、振動梁 1 0 2 の節点においてフレーム 1 1 8 を振動梁 1 0 2 に連結する働きをする。

【 0 0 1 5 】

ある実施例における振動梁 1 0 2 は、頂部カバー 2 1 0 と底部カバー 2 1 2 を通じてフレーム 1 1 8 に連結された屈曲構成要素 1 2 2 によって支持されている（図 2）。屈曲構成要素 1 2 2 によって、振動梁 1 0 2 は角速度の発生によって節点の周りに移動できる。例えば、角速度は振動梁の縦軸の周りにある。ピックアップ・センサと処理構成要素は、振動梁 1 0 2 の移動を測定し、角速度の方向と大きさを表す信号に変換する。

【 0 0 1 6 】

屈曲構成要素 1 2 2 によって、節点の周りにおける振動梁 1 0 2 の水平振動と垂直振動が可能になる。屈曲構成要素 1 2 2 は、振動梁 1 0 2 の縦軸の中心線に沿っている振動梁の小さな区分を含む。ある実施例における節点は振動梁 1 0 2 の内部にある。例えば、振動梁 1 0 2 は、節点の周りの区域を露出する 1 つまたは複数の開口 1 2 4 を含む。ある実施例における開口 1 2 4 は、振動梁 1 0 2 を貫通している。開口 1 2 4 は節点と屈曲構成要素 1 2 2 とを取り囲み、振動梁 1 0 2 が移動するための空間を提供する。開口 1 2 4 は節点の近くにある。開口 1 2 4 によって、フレーム 1 1 8 は振動梁を実質的に節点の近くで支えることができる。開口 1 2 4 は、振動梁 1 0 2 の表面からエッチングされた開放空間を含み、節点を露出させ、屈曲構成要素 1 2 2 を形成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

屈曲構成要素 1 2 2 は、振動梁 1 0 2 を取付け構成要素 1 2 6 に結合する。取付け構成要素 1 2 6 は、頂部カバー 2 1 0 と底部カバー 2 1 2 とを通じて振動梁 1 0 2 をフレーム 1 1 8 に結合する（図 2）。節点の近くで振動梁 1 0 2 をフレーム 1 1 8 に結合することによって、振動梁 1 0 2 の最小限の並進振動エネルギーが、取付け構成要素 1 2 6 やフレーム 1 1 8 などの支持構成要素に伝達される。節点は実質的に停止したままであるから、振動梁 1 0 2 内部の節点近くにおける振動梁 1 0 2 と取付け構成要素 1 2 6 との連結は、支持構成要素に伝達される振動梁 1 0 2 の振動エネルギー量の低減を促進する。例えば、振動中に動いている振動梁 1 0 2 上のある位置において振動梁 1 0 2 をフレーム 1 1 8 に連結することは、振動エネルギーを振動梁 1 0 2 からフレーム 1 1 8 に伝達し、この結果感度が向上する。振動梁 1 0 2 を節点においてフレーム 1 1 8 に連結した場合には、振動梁 1 0 2 を振動中に動いている振動梁 1 0 2 上のある位置において連結した場合よりも、振動梁 1 0 2 において振動を持続するために必要なエネルギーは少なくなり、より高い Q が達成される。

10

【 0 0 1 8 】

節点は、振動梁 1 0 2 の第 1 節点を含む。振動梁 1 0 2 は又、第 2 節点を含む。第 2 節点は第 2 屈曲構成要素（例えば、屈曲構成要素 1 2 2 に類似）および第 2 取付け構成要素（例えば取付け構成要素 1 2 6 に類似）に連結されている。ある実施例における屈曲構成要素は振動絶縁装置を含む。屈曲構成要素 1 2 2 は第 1 モーメントを取付け構成要素 1 2 6 に加える。第 2 屈曲構成要素は第 2 モーメントを第 2 取付け構成要素に加える。第 2 モーメントは第 1 モーメントと逆の極性を有する。こうして、第 2 モーメントは第 1 モーメントをフレーム 1 1 8 において相殺する。

20

【 0 0 1 9 】

ある実施例では、開口 1 2 4 は振動梁 1 0 2 を垂直方向に貫通している。別の実施例では、開口 1 2 4 は、振動梁 1 0 2 を垂直方向と水平方向の両方において対称的に貫通している。例えば、開口 1 2 4 は振動梁 1 0 2 を、振動梁 1 0 2 の頂部表面、並びに振動梁 1 0 2 の側部表面から貫通している。従って、弾性的特性は、振動梁 1 0 2 については垂直振動方向と水平振動方向の両方において実質的に類似している。開口 1 2 4 は振動梁 1 0 2 の頂部表面と側部表面とを貫通しているので、振動梁 1 0 2 の剛性は垂直振動方向と水平振動方向の両方において類似している。ある実施例における振動梁 1 0 2 は又、両振動方向において同じ共振振動数を有している。

30

【 0 0 2 0 】

ある実施例における振動梁 1 0 2 および 1 0 4 は、振動梁 1 0 2 および 1 0 4 を支持するフレーム 1 1 8 の平面などの、一平面に実質的に存在する。ある実施例における振動梁 1 0 2 および 1 0 4 は、2 つの直交方向において振動に関して対称である。例えば、振動梁 1 0 2 および 1 0 4 は、面内方向と面外方向の両方において振動に関して対称である。ある実施例では、振動梁 1 0 2 は、面外振動する振動梁 1 0 4 と同時に面内振動する。別の実施例では、振動梁 1 0 2 は、面内振動する振動梁 1 0 4 と同時に面外振動する。

【 0 0 2 1 】

駆動/センサ構成要素 1 0 5、1 0 6、1 0 7、1 0 8、1 1 0、1 1 2、1 1 4、および 1 1 6 の 1 つまたは複数が、所定の時間に駆動およびピックアップ構成要素として働き、振動梁 1 0 2 および 1 0 4 を制御された振幅の振動（例えば振動）にセットする。駆動/センサ構成要素 1 0 5、1 0 6、1 0 7、1 0 8、1 1 0、1 1 2、1 1 4、および 1 1 6 の 1 つまたは複数は、所定の時間にセンサおよび強制構成要素として働き、第 2 振動をピックアップし、第 2 振動のゼロへの再均衡を強制し、振動梁 1 0 2 および 1 0 4 のその縦軸周りの角速度の大きさを測定する。ある実施例における駆動/センサ構成要素 1 0 5、1 0 6、1 0 7、1 0 8、1 1 0、1 1 2、1 1 4、および 1 1 6 の各々は、所定の時間に駆動構成要素またはセンサ構成要素のいずれかとして働くこともできる。

40

【 0 0 2 2 】

角速度検知ジャイロスコープを初期設定するために、駆動/センサ構成要素 1 0 5、1

50

06、107、108、110、112、114、および116の駆動構成要素は、振動梁102および104の振動を起こさせる。振動梁102および104の、これらの縦軸周りの角速度と第1振動は、振動梁102および104の上にコリオリの力を誘導させる。コリオリの力は、振動梁102および104の第2振動を起こさせる。第2振動は第1振動に対して実質的に直角をなす。ある実施例におけるフィードバック構成要素は、第1振動を調整するために、第1振動の大きさに関するフィードバックを駆動構成要素106および108に提供する。駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116のセンサ構成要素は、第2振動をピックアップし、制御信号を適用してピックアップ信号をゼロにする。制御信号は、振動梁102および104の角速度の大きさと極性の尺度である。

10

【0023】

ある実施例における駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116の駆動構成要素は、静電駆動構成要素、磁気駆動、および/または圧電駆動構成要素を含むこともできる。ある実施例における駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116のセンサ構成要素は、容量性ピックアップ・センサ、磁気ピックアップ・センサ、および/または圧電ピックアップ・センサを含むこともできる。

【0024】

図1および2を参照すると、図1の線2-2に沿った角速度検知ジャイロスコープの断面図202が、駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116に結合された複数の接続構成要素204を示している。ある実施例における接続構成要素204は、駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116への電気経路を含む。ある実施例では、電気信号が接続構成要素204を通過して移動し、駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116を制御する。ある実施例では、接続構成要素204は、面内運動を検知して制御信号を加えるための電気経路を含み、面内運動をゼロにサーボ制御する。例えば、電気信号が接続構成要素204を通過して移動し、情報を駆動/センサ構成要素105、106、107、108、110、112、114、および116から、ジャイロスコープの角速度を決定するために電気信号を使用する処理構成要素に中継する。

20

30

【0025】

装置100のある例示的な動作の例証的説明を、説明の目的で以下に行う。ある実施例における角速度検知ジャイロスコープは、角速度検知中に振動梁102および104の両方を使用する。振動梁102および104は複数の状態のいずれか1つの状態にあってもよい。例えば、ある時限中に、振動梁102および104のいずれかが振動活動状態にあっても、角速度検知のために使用されてもよい。代わりに、振動梁102および104のいずれかが、第1方向における振動から第2方向における振動への遷移状態にあってもよい。振動梁102および104の1つが遷移状態にある間は、ある実施例におけるジャイロスコープは、振動梁102および104の遷移状態のものから得られた角速度データを使用しない。振動梁102および104は、所定の頻度で活動状態と遷移状態との間を周期的に移動する。この頻度は、意図される適用例の1つまたは複数のパラメータに依存することもある。

40

【0026】

ある実施例における振動梁102および104は、実質的にフレーム118の平面の中にある。ジャイロスコープを始動するために、駆動/センサ構成要素105および106は駆動構成要素として働き、面外方向などの第1方向に振動梁102の振動を開始させる。いったん振動梁102が面外方向の動作振動に達すると(例えば、振動梁102が共振振動数と全振幅に達しすると)、センサ構成要素として働く駆動/センサ構成要素110および112は、コリオリの力によって誘導された振動梁102の振動を検知して、ゼロにサーボ制御して、第1時限中の振動梁102の角速度を決定する。駆動/センサ構成要

50

素 1 1 0 および 1 1 2 は、コリオリの力によって誘導された面内方向の振動をピックアップして、制御電圧を加え、振動をゼロにサーボ制御する。第 1 時限中に、駆動 / センサ構成要素 1 0 7 および 1 0 8 は駆動構成要素として働き、面外方向または面内方向などの第 1 または第 2 方向の 1 つに振動梁 1 0 4 の振動を開始させる。例えば、駆動 / センサ構成要素 1 0 7 および 1 0 8 は、面外方向に振動梁 1 0 4 の振動を開始させる。

【 0 0 2 7 】

駆動 / センサ構成要素 1 0 5 および 1 0 6 が面外方向に振動梁 1 0 2 を振動させる時限中に、ある実施例における駆動 / センサ構成要素 1 1 0 および 1 1 2 は、コリオリの力によって誘導された面内方向の振動梁 1 0 2 の振動を検知し、ゼロにサーボ制御する。駆動 / センサ構成要素 1 1 0 および 1 1 2 が面内方向に振動梁 1 0 2 を振動させる時限中に、
ある実施例における駆動 / センサ構成要素 1 0 5 および 1 0 6 は、コリオリの力によって誘導された面外方向の振動梁 1 0 2 の振動を検知し、ゼロにサーボ制御する。

10

【 0 0 2 8 】

第 1 時限が終了すると、振動梁 1 0 4 は遷移状態から活動状態へ移動し、第 2 時限の持続中に、振動梁 1 0 2 は活動状態から遷移状態へ移動する。第 2 時限中に、振動梁 1 0 4 は面外方向に振動し、駆動 / センサ構成要素 1 1 4 および 1 1 6 は、コリオリの力によって誘導された振動梁 1 0 4 の振動を検知して、ゼロにサーボ制御して、振動梁 1 0 4 の角速度を決定する。駆動 / センサ構成要素 1 1 4 および 1 1 6 は、コリオリの力によって誘導された面内方向の振動をピックアップして、制御電圧を加え、面内方向振動をゼロにサーボ制御する。遷移状態では、駆動 / センサ構成要素 1 1 0 および 1 1 2 は駆動構成要素として働き、振動梁 1 0 2 の振動を面外方向から面内方向などの第 2 方向に変える。振動梁 1 0 2 の第 1 振動方向は実質的に第 2 振動方向に直角をなしている。

20

【 0 0 2 9 】

第 2 時限が終了すると、振動梁 1 0 2 は遷移状態から活動状態へ移動し、第 3 時限の持続中に、振動梁 1 0 4 は活動状態から遷移状態へ移動する。第 3 時限中に、振動梁 1 0 2 は面内方向に振動し、駆動 / センサ構成要素 1 0 5 および 1 0 6 は、コリオリの力によって誘導された振動梁 1 0 2 の振動を検知して、ゼロにサーボ制御して、振動梁 1 0 2 の角速度を決定する。駆動 / センサ構成要素 1 0 5 および 1 0 6 は、コリオリの力によって誘導された面外方向の振動をピックアップして、制御信号を加え、振動をゼロにサーボ制御する。遷移状態では、駆動 / センサ構成要素 1 1 4 および 1 1 6 は駆動構成要素として働き、
振動梁 1 0 4 の振動を面外方向から面内方向に変える。

30

【 0 0 3 0 】

第 3 時限が終了すると、振動梁 1 0 4 は遷移状態から活動状態へ移動し、第 4 時限の持続中に、振動梁 1 0 2 は活動状態から遷移状態へ移動する。第 4 時限中に、振動梁 1 0 4 は面内方向に振動し、駆動 / センサ構成要素 1 0 7 および 1 0 8 は、コリオリの力によって誘導された振動梁 1 0 4 の振動を検知して、ゼロにサーボ制御して、振動梁 1 0 4 の角速度を決定する。駆動 / センサ構成要素 1 0 7 および 1 0 8 は、コリオリの力によって誘導された面外方向の振動をピックアップして、制御信号を加え、振動をゼロにサーボ制御する。遷移状態では、駆動 / センサ構成要素 1 0 5 および 1 0 6 は駆動構成要素として働き、
振動梁 1 0 2 の振動を面内方向から面外方向に変える。

40

【 0 0 3 1 】

第 4 時限が終了すると、振動梁 1 0 2 は遷移状態から活動状態へ移動し、第 5 時限の持続中に、振動梁 1 0 4 は活動状態から遷移状態へ移動する。従って、第 4 時限の後に、振動梁 1 0 2 および 1 0 4 は第 1 時限の初期状態に戻り、動作持続時間に関して上に述べた遷移および活動状態を経て進行することができる。

【 0 0 3 2 】

振動梁 1 0 2 および 1 0 4 の駆動モードおよび検知モードを周期的に逆転することによって、ジャイロスコープの時間と温度によるバイアス不確かさは減少する。振動梁 1 0 2 が単に面外または面内方向に駆動される場合には、バイアス誤差は時間と温度と共に変化する。面内方向に関する正のバイアス誤差の一因となる誤差期限には、面外方向に関する

50

負のバイアス誤差の一因になるものもある。従って、面外バイアス誤差と面内バイアス誤差は、振動梁 102 および 104 の駆動モードと検知モードとを周期的に変えることにより、平均によってゼロに近い値に達する。

【0033】

装置 100 の別の例示的な動作の例証的説明を、説明の目的で以下に行う。ある実施例において、ジャイロスコープの動作時間は比較的長いことがある。こうして、ジャイロスコープの動作中に、駆動/センサ構成要素 105、106、107、108、110、112、114、および 116 は、上述の様に周期的に駆動機能とピックアップ機能との間で動作モードを変える。別の実施例では、ジャイロスコープの動作時間は比較的短く、全動作時間中の振動梁 102 および 104 の遷移振動方向には望ましくない。その代わり、ジャイロスコープの始動によって、駆動/センサ構成要素 105、106、107、108、110、112、114、および 116 は、校正時限中に振動梁 102 および 104 の振動方向を周期的に変えてもよい。校正時限は、振動梁 102 および 104 の動作のバイアス誤差を推定する。こうして、ジャイロスコープは動作中に推定バイアス誤差を調節することができ、振動梁 102 および 104 は動作中に活動振動状態にあることができる。

10

【0034】

ある実施例における装置 100 は、ハードウェア構成要素などの複数の構成要素を含む。装置 100 の一実施例の中で、多くのこの様な構成要素を組み合わせるかまたは分割することができる。ある実施例における装置 100 は、どの(例えば水平、斜め、垂直)方向配置も含み、本明細書における説明および図は、説明を目的とする装置 100 の一例示的方向配置を示している。

20

【0035】

本明細書に説明した工程または動作は単なる例示的なものである。これらの工程または動作には、本発明の精神から逸脱することなく多くの変形があり得る。例えば、各工程を異なる順序で実施してもよく、または工程を追加、削除、または変更してもよい。

【0036】

本発明の例示的な実行を本明細書に図示し詳細に説明したが、本発明の精神から逸脱することなく、様々な変更、追加、代用などを行うことができ、従ってこれらは冒頭の特許請求の範囲に定義された本発明の範囲内にあると考えられることは、当業者には明らかになるう。

30

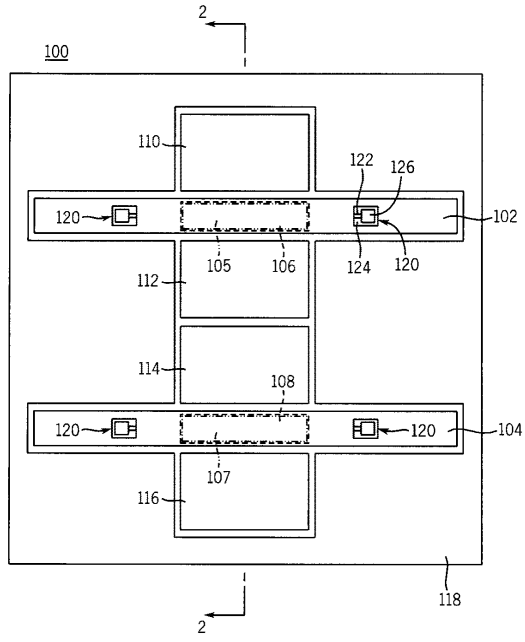
【図面の簡単な説明】

【0037】

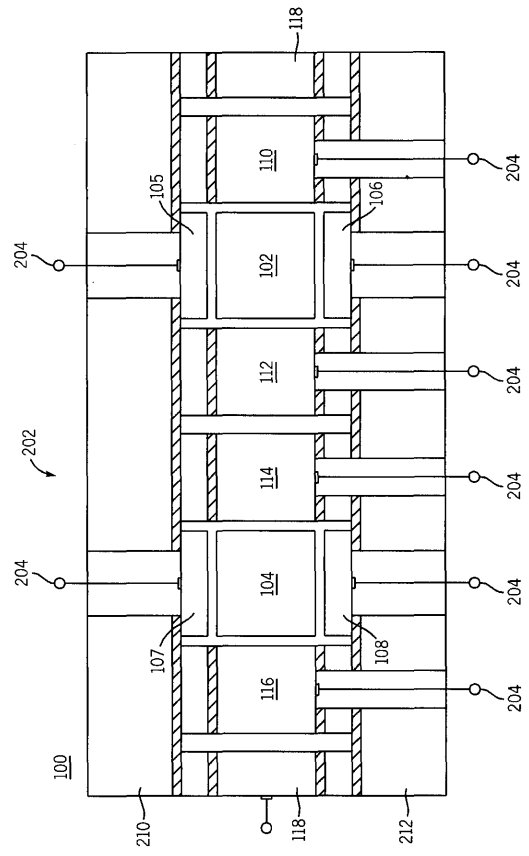
【図 1】わかり易くするために頂部カバーを取り外した、複数の振動梁と複数の駆動/検知構成要素を含む装置の例示的な実装を示す図である。

【図 2】頂部カバーを含む装置の図 1 の線 2 - 2 に沿った断面図である。

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(74)代理人 100160967

弁理士 濱 口 岳久

(74)代理人 100170601

弁理士 川崎 孝

(72)発明者 ロバート イー・スチュアート

アメリカ合衆国, 91364 カリフォルニア, ウッドランド ヒルズ, イバッラ ロード 21
847

審査官 大和田 有軌

(56)参考文献 実開昭64-015113(JP,U)

特開平06-123630(JP,A)

特開2002-148049(JP,A)

特開2005-257683(JP,A)

実開昭64-015114(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/00 - 19/72

G01P 9/00 - 9/02