

(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2007-304099

(P2007-304099A)

(43) 公開日 平成19年11月22日(2007.11.22)

(51) Int.C1.

GO1C 19/56 (2006.01)
GO1P 9/04 (2006.01)

F 1

GO1C 19/56
GO1P 9/04

テーマコード(参考)

2F105

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2007-124687 (P2007-124687)
 (22) 出願日 平成19年5月9日 (2007.5.9)
 (31) 優先権主張番号 11/382,633
 (32) 優先日 平成18年5月10日 (2006.5.10)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 500575824
 ハネウェル・インターナショナル・インコ
 一ポレーテッド
 アメリカ合衆国ニュージャージー州O79
 62-2245, モーリスタウン, コロン
 ビア・ロード 101, ピー・オー・ボッ
 クス 2245
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

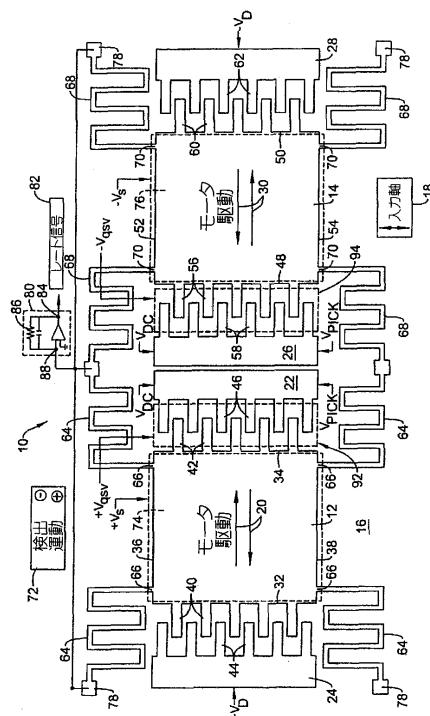
(54) 【発明の名称】慣性センサのリフト効果を打ち消すための電極の使用

(57) 【要約】

【課題】MEMS型ジャイロスコープの誤差を減少させる装置及び方法を提供する。

【解決手段】本発明の実施形態によるMEMS型ジャイロスコープは、入力軸についてのジャイロスコープの運動から生じた、1又は複数のブルーフ・マスに作用するコリオリの力を測定するために、検出電極の上方の駆動面で振動するように構成された1又は複数のブルーフ・マスを備える。1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材を、1又は複数のブルーフ・マスのそれぞれに隣接して配置して、検出電極の方向へブルーフ・マスを静電気的に引き付けるように作動させて、直交方向の運動及び/又は温度の影響に起因するブルーフ・マスの任意の不要な運動を減少させる。それぞれの直交方向ステアリング電圧部材へ印加される電圧は、時間変化電圧とすることができ、場合によっては、ブルーフ・マスを駆動するために使用される電圧信号と同じ電圧信号から導出することもできる。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

MEMS型ジャイロスコープであって、時間で変化する駆動電圧源に結合され、支持基板の上方の駆動面で振動するように構成される1又は複数のブルーフ・マスと、

前記1又は複数のブルーフ・マスの各々に隣接して配置される少なくとも1つの検出電極と、

前記1又は複数のブルーフ・マスに結合され、前記1又は複数のブルーフ・マスと対応する検出電極との間に電荷を生成するように構成される検出バイアス電圧源と、

前記1又は複数のブルーフ・マスに作用するコリオリの力を測定し、入力軸についての前記ジャイロスコープの回転レートに対応するレート信号を出力する検出手段と、

前記1又は複数のブルーフ・マスの各々に隣接して配置され、それぞれに或る電圧に電気的に結合される1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材と
を備えるMEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 2】

請求項1に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記電圧がDC電圧である、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 3】

請求項1に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記電圧がAC電圧である、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 4】

請求項3に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記AC電圧が前記駆動電圧源と同相である、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 5】

請求項4に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記電圧が、前記駆動電圧源の成分である、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 6】

請求項5に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材へ印加される前記電圧の大きさが、前記駆動電圧源の大きさより小さい、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 7】

請求項5に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材へ印加される前記電圧の大きさが、前記駆動電圧源の大きさと実質的に等しい、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 8】

請求項5に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記駆動電圧源とそれぞれの前記直交方向ステアリング電圧部材との間に直列に配置された抵抗素子を更に備える、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 9】

請求項8に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記抵抗素子が可変抵抗器である、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 10】

請求項8に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記抵抗素子が固定型抵抗器である、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 11】

請求項1に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材へ印加される前記電圧がゼロにされる、MEMS型ジャイロスコープ

10

20

30

40

50

。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記検出手段が電荷増幅器を含む、 M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 1 3】

M E M S 型ジャイロスコープであって、

時間で変化する駆動電圧源に結合され、支持基板の上方の駆動面で振動するように構成される 1 又は複数のブルーフ・マスと、

前記 1 又は複数のブルーフ・マスの各々に隣接して配置される少なくとも 1 の検出電極と、

前記 1 又は複数のブルーフ・マスと対応する検出電極との間に電荷を誘起するための検出バイアス電圧と、

各ブルーフ・マスに隣接して配置され、前記駆動電圧源と直列に抵抗素子と電気的にそれぞれが結合される 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材と、

前記 1 又は複数のブルーフ・マスに作用するコリオリの力を測定し、入力軸についての前記ジャイロスコープの回転レートに対応するレート信号を出力する検出手段と

を備える M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 1 4】

ジャイロスコープにおける誤差を低減する方法であって、

検出電極の上方の駆動面で各々が前後に振動するように構成された 1 又は複数のブルーフ・マスに結合される、時間で変化する駆動電圧源を備えるジャイロスコープを提供するステップと、

前記ブルーフ・マスに隣接する 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材を提供するステップと、

前記 1 又は複数のブルーフ・マスの任意の不要な直交方向の運動を減少させるために、時間で変化する電圧を前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材へ印加して、前記ブルーフ・マスを前記検出電極の方向に静電気的に引き付けるステップと

を備える方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の方法であって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記時間で変化する電圧が A C 電圧である、方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の方法であって、前記 A C 電圧が前記駆動電圧源と同相である、方法。

。

【請求項 1 7】

請求項 1 4 に記載の方法であって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記時間で変化する電圧が、前記駆動電圧源の成分である、方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 7 に記載の方法であって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記時間で変化する電圧の大きさが、前記駆動電圧源の大きさより小さい、方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 7 に記載の方法であって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記時間で変化する電圧の大きさが、前記駆動電圧源の大きさと実質的に等しい、方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 4 に記載の方法であって、

前記 1 又は複数のブルーフ・マスの各々に検出バイアス電圧を提供するステップと、

前記 1 又は複数のブルーフ・マスに作用するコリオリの力を測定し、入力軸についての前記ジャイロスコープの回転レートに対応するレート信号を出力するステップと

10

20

30

40

50

を更に備える方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に、マイクロエレクトロメカニカル・システム（MEMS）の分野に関する。より詳細には、本発明はステアリング電極を使用するMEMS型ジャイロスコープ装置における誤差の低減に関する。

【0002】

本発明は、2005年3月22日に出願された「Quadrature Reduction in MEMS Gyro Devices Using Quad Steering Voltages」と題する米国特許出願第10/907131号の一部継続出願である。

【背景技術】

【0003】

マイクロエレクトロメカニカル・システム（MEMS）・ジャイロスコープ装置は、1又は複数の次元の慣性運動を検出する様々な用途で使用される。このような装置は、運動や加速度の微小な変化を測定及び／又は検出することが必要であったり、或いは寸法及び／又は重量が重要な設計検討事項になるような、高い信頼性及び精度を必要とする用途で特に有用である。ナビゲーション・システムや通信システムの設計では、例えば、空間を移動する物体の直線及び回転運動の僅かな変動を測定及び／又は検出する際に、このような装置が有用になる。このような装置は、バッチ式の半導体製造技術（例えば、フォトリソグラフィ）を使用して製造することができるので、従来の製造技術と比べてより高い公差及び信頼性を達成することができる。

【0004】

MEMS型ジャイロスコープの設計は、それらの個々の目的に応じて大きく変化する。例えば、レート・ジャイロスコープは、コリオリの力を発生させ測定することによって運動体の回転レートを求めるために使用されることが多い。例えば、振動型のレート・ジャイロスコープでは、1又は複数のプルーフ・マス（proof mass）を含む駆動システムは、運動が測定される入力軸即ち「レート軸」に直交する駆動平面でモータ・ピックオフ・コム（motor pickoff comb）に対して前後に振動するように構成することができる。各プルーフ・マスは、駆動電圧源からの時間で変化する信号により静電的に荷電されたときに相互に移動するように構成された幾つかのインターデジタルにされたコム・フィンガ（comb finger）を、備えることができる。各プルーフ・マスの運動を、下にある支持基板の上方で特定の方向に制限するために、典型的には幾つかのサスペンション・スプリング又は他の撓みエレメントを使用することができる。

【0005】

各プルーフ・マスと隣接して平行な基板上に配置された検出電極又は他の検出手段は、検出バイアス電圧によって荷電することができる。各プルーフ・マスは基板の上方で前後に移動するので、運動体が入力軸について回転すると、その運動体の運動量の保存によって生じるコリオリの力は、各プルーフ・マスと検出電極との間の間隔を変化させ、それに付随して静電容量が変化する。このように、プルーフ・マスと検出電極との間の静電容量を測定することによって、運動体の回転運動及び／又は加速度の大きさを求めることができる。

【0006】

多くのMEMS型ジャイロスコープにおける誤差の主要な発生源は、プルーフ・マスが検出電極の上方で前後に振動するときのプルーフ・マスの直交方向の運動（即ち、面外運動）である。このような直交方向の運動は、例えば、駆動システムで使用されるコム・フィンガやサスペンション・スプリングのプロフィールの不完全性や、製造プロセスの間に生じた他の不完全性によってもたらされ得る。このような直交方向の運動は、存在する場合には大きな検出信号を生成し、レート信号の僅かな変動を正確に見分けるジャイロスコ

ープの機能に影響を与える結果となる。このような直交方向の運動は、ブルーフ・マスを駆動するために使用される駆動電子回路に干渉することもあり、場合によっては追加の誤差訂正回路を必要とする。駆動システムのこのような不整の結果として、出力検出信号が、所望されるレート信号と不要な直交方向信号との両方を含み、結果としてレート運動を有効に測定するジャイロスコープの機能を損なう可能性がある。

【0007】

場合によっては、ジャイロスコープをとりまく環境の温度もまた、レート信号の僅かな変動を検出するジャイロスコープの機能に影響を与える可能性がある。一般的には、ジャイロスコープの温度が上昇すると、ブルーフ・マスの駆動がより困難になり、その結果として、ブルーフ・マスを駆動するために必要な電圧の大きさが増す。設計によっては、熱により、ブルーフ・マスが基板表面の上方で検出軸の方向に上昇又は押し上げられる場合があり、検出信号に不要な熱成分がもたらされる。

10

20

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

駆動システムにおける直交方向運動、振動、及び他の不整を補償するために、多くの従来技術による設計は、駆動システム及び/又は検出回路における複雑な誤差訂正技術を使用して、不要な直交方向の信号を抑制する方法及び技術に注目してきた。或る従来技術の設計では、例えば、周波数変換回路を使用して、所定の周波数範囲におけるセンサ出力信号に対する駆動信号の成分を抑制して、従来のフィルタリング技術を使用して検出信号から駆動信号を分離することができるようとする。他の従来技術の設計では、同期復調プロセスによって直交方向誤差が低減されるようにし、そこでは、所望のレート信号が、直交方向信号と位相が90°外れるように維持される。不要な直交方向信号を補償するためにこのような方法が使用されてきたが、このような技術は、駆動システムの不要な直交方向の運動を除去しない。従って、多くの従来技術のジャイロスコープは、実際には、運動の微小な変化を正確に検出し測定することはできない。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、直交方向ステアリング電圧を使用したMEMS型ジャイロスコープ装置における直交方向の運動の低減に関する。本発明の一例示的実施形態によるMEMS型ジャイロスコープは、支持基板の上方の駆動面で振動するように構成された1又は複数のブルーフ・マスを備える。1又は複数のブルーフ・マスのそれぞれと隣接し、それと平行に配置された検出電極は、駆動面に実質的に直交する方向のブルーフ・マスの運動を検出するために使用することができる。例えば、或る実施形態では、検出電極又はブルーフ・マスの何れかへ印加される検出バイアス電圧を使用して電荷を生成し、その電荷を使用して、入力軸についてのジャイロスコープの運動によって生じるブルーフ・マスに作用するコリオリの力を測定することができる。次いで、ブルーフ・マスと検出電極との間に誘起された結果的な電荷は、電荷増幅器へ供給することができ、この電荷増幅器は、運動体の速度及び/又は加速度を示すレート信号を出力するように構成することができるものである。

40

【0010】

ブルーフ・マスは、駆動面におけるブルーフ・マスの運動を制限するように働く1又は複数のサスペンション・スプリング又は他の曲げ要素を使用して、下にある支持基板に固定することができる。或る実施形態では、駆動システム内の不平衡電流が電荷増幅器の出力へ流れ込むことを阻止するために、サスペンション・スプリングを使用して、ブルーフ・マスを支持基板に接地することができる。他の実施形態では、サスペンション・スプリングを使用して、各ブルーフ・マスを電荷増幅器の入力へ電気的に接続することもできる。

50

【0011】

駆動システム内の不要な運動を減少させるために、直交方向の運動が生じたときに、1又は複数のブルーフ・マスの各々に隣接して配置された1又は複数の直交方向ステアリン

50

グ電圧部材を選択的に荷電して、ブルーフ・マスを検出電極の方向へ静電気的に引き付けることができる。或る実施形態では、例えば、各ブルーフ・マスに隣接して配置された单一の直交方向ステアリング電圧部材を使用して、検出電極から離れるブルーフ・マスの直交方向の運動を静電気的に減少させることができる。他の実施形態では、複数の直交方向ステアリング部材を使用して、ブルーフ・マスの直交方向の運動を静電気的に減少させることもできる。それぞれの直交方向ステアリング電圧部材へ印加される電圧は、DC電圧又は時間変化 (time-varying、時間で変化する) 電圧の何れかを含むことができる。実施形態によっては、例えば、電圧は、ブルーフ・マスを駆動するために使用される同じ信号から導出されるAC信号を含むことができるが、その電圧はポテンショメータ又は他の抵抗素子を使用して下げられる。直交方向ステアリング電圧部材へ印加される電圧は、例えば周囲環境内の熱によって生じるリフト効果を低減するために、ブルーフ・マスの運動と同相にすることもできる。

10

【0012】

実施形態によっては、必要な場合には、検出電極とインターデジタル・コム・フィンガとの間の電位差、並びに直交方向ステアリング電圧部材へ印加される直交方向ステアリング電圧によって生じる浮揚を更に使用して、ブルーフ・マスの直交方向の運動を減少させることができる。検出システムへの直交方向ステアリング電圧の注入を低減するために、各々の検出電極又はブルーフ・マスへ印加される電圧の極性を、逆にすることもできる。実施形態によっては、駆動システムにおける接触電位や他の不整を補償するために、それぞれの検出電極又はブルーフ・マスへ印加される電圧の大きさを非対称にすることもできる。

20

【0013】

実施形態によっては、直交方向ステアリング電圧部材は、支持基板の上方のブルーフ・マスの位置に応じて、可変量の直交方向ステアリングを提供するように構成することができる。或る実施形態では、例えば、1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材のそれぞれは、ブルーフ・マスが中心から離れて移動するにつれてより大きな量の静電気力を提供するように構成された幾つかの内部へ突き出たフィンガを備えることができる。他の例示的実施形態では、1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材のそれぞれは、ブルーフ・マスが中心から離れて移動するにつれて静電気力を変化させるために、検出電極の切り欠き部分に配置された内部へ突き出たフィンガを備えることもできる。

30

【0014】

さらなる他の例示的実施形態では、検出電極の一端又は両端に隣接して配置された一連の直交方向ステアリング電圧部材は、直交方向ステアリング電圧部材の幾つかへ様々な直交方向ステアリング電圧を提供することによって、或いは作動サイクルの間の様々な時点で直交方向ステアリング電圧部材のそれぞれを選択的に作動させることによって、ブルーフ・マスが中心から離れて移動するにつれてより大きい又はより小さい量の静電気力を提供するように構成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下の説明は図面を参照しながら読むことが望ましい。図面においては、異なる図面に示された同一の要素には、同一の番号が振られている。図面は必ずしも一定の縮尺では描かれていない。また、図面は、選択された実施形態を描いたものであり、本発明の範囲を制限することを意図したものではない。様々な要素に対して構造、寸法、及び材料の例が示されているが、当業者には、示された例の多くが、使用可能な適切な代替案を有していることを理解されよう。

40

【0016】

次に、図1を参照しながら、従来技術によるMEMS型ジャイロスコープ10の概略図について説明する。ジャイロスコープ10は、例示として振動型のレート・ジャイロスコープであり、下にある支持基板16の上方で、慣性運動が測定されるジャイロスコープの入力軸18に直交する駆動面で前後に振動するように各々が構成された、第1のブルーフ

50

・マス12と第2のブルーフ・マス14とを備える。全体的に右／左組の矢印20で示されるように、第1のブルーフ・マス12は、支持基板16の上方で、第1のモータ・ピックオフ・コム22と第1の駆動電極24との間で前後に振動するように構成することができ、第1のモータ・ピックオフ・コム22と第1の駆動電極24との双方とも、第1のブルーフ・マス12の移動を制限するように支持基板16の上方で静止している。第2のブルーフ・マス14は、同様に支持基板16の上方で、第2のモータ・ピックオフ・コム26と第2の駆動電極28との間で前後に振動するが、全体的に左／右組の矢印30で示されるように、その振動は第1のブルーフ・マス12とは180度位相がずれるように構成することができる。

【0017】

10

第1のブルーフ・マス12は、第1の端部32、第2の端部34、第1の側部36、及び第2の側部38を有する薄いプレート又は他の適切な構造体を備えることができる。第1のブルーフ・マス12の各端部32、34からは、右／左組の矢印20によって示される方向に第1のブルーフ・マス12を静電気的に駆動するために使用される幾つかのコム・フィンガ40、42が、外側へと伸びている。図1に示された例示のジャイロスコープ10では、例えば、第1のブルーフ・マス12の第1の端部32から外側へ伸びた第1の組のコム・フィンガ40は、第1の駆動電極24に形成された対応する1組のコム駆動フィンガ44とインターデジタル構成となるようにされる。第1のブルーフ・マス12の第2の端部34から外側に伸びた第2の組のコム・フィンガ42は、第1のモータ・ピックオフ・コム22に形成された対応する1組のコム・フィンガ46とインターデジタル構成となるようにされる。

20

【0018】

30

第2のブルーフ・マス14は、第1のブルーフ・マス12と同様に、第1の端部48、第2の端部50、第1の側部52、及び第2の側部54を有するように構成することができる。第2のブルーフ・マス16の第1の端部48から外側へ伸びた第1の組のコム・フィンガ56は、第2のモータ・ピックオフ・コム26に形成された対応する1組のコム・フィンガ58とインターデジタル構成となるようにされる。第2のブルーフ・マス14の第2の端部50から外側へ伸びた第2の組のコム・フィンガ60は、第2の駆動電極28に形成された対応する1組のコム・フィンガ62とインターデジタル構成となるようにすることができる。

【0019】

40

第1及び第2のブルーフ・マス12、14は、1又は複数のサスペンション・スプリングを使用して、下にある支持構造体16の上方で1又は複数の方向において制限を課すことができる。図1に示されるように、例えば、第1のブルーフ・マス12は、第1の組の4つのサスペンション・スプリング64を使用して、支持基板16に固定又は結合することができる。第1の組の4つのサスペンション・スプリング64は、各端部66で第1のブルーフ・マス12の4つの隅部に接続することができる。同様にして、第2のブルーフ・マス14は、第2の組の4つのスプリング68を使用して下にある支持基板16に固定することができる。第2の組の4つのスプリング68は、各端部70で第2のブルーフ・マス14の4つの隅部に接続することができる。使用に際して、第1及び第2のブルーフ・マス12、14の振動的な運動を右／左組の矢印20、30によって全体的に示される方向に分離させるようにサスペンション・スプリング64、68を構成して、入力軸18の方向の不要な垂直運動を低減し、また、検出運動72方向の直交方向運動を低減することができる。サスペンション・スプリング64、68は、ブルーフ・マス12、14を支持基板16の上方に支持することに加えて、それぞれの作動サイクルの間の駆動電圧信号がゼロ・ポイントを通過するときに復元力を提供するように構成することもできる。

【0020】

50

駆動電圧 V_D を第1及び第2の駆動電極24、28へ印加して、インターデジタルのコム・フィンガ間に静電気力を発生させ、それによってコム・フィンガを静電気的に互いに運動させることができる。駆動電圧 V_D は、時間変化電圧信号を出力してコム・フィンガ

へ提供される電荷を交番させ、サスペンション・スプリング 64、68と共に、第1及び第2のブルーフ・マス 12、14を、支持基板 16の上方で、特定の様式で前後に振動させるように構成することができる。典型的に、駆動電圧 V_D は第1及び第2のブルーフ・マス 12、14の共振周波数に相当する周波数を有するが、必要な場合には、他の所望の駆動周波数を使用することもできる。

【0021】

入力軸 18についてのジャイロスコープの移動の結果としての、検出運動方向 72における第1及び第2のブルーフ・マス 12、14の面外偏差を検出および測定するために、検出システムの一部として1対の検出電極 74、76を提供することができる。図1に破線で示されているように、検出電極 74、76は、薄い長方形の電極プレートを含むことができる。このプレートは、ブルーフ・マス 12、14の下側に配置され、各検出電極 74、76の上面がそれぞれのブルーフ・マス 12、14の下面と垂直に隣接し且つ平行に配置されるように配向される。検出電極 74、76は、駆動電圧源 V_D が検出信号へ漏れるのを防止するために、周囲のコム・フィンガ 40、42、56、60との電気的な干渉を最小にするようなサイズおよび形状に構成することができる。

10

【0022】

それぞれの検出電極 74、76へ印加される検出バイアス電圧 V_s は、第1及び第2のブルーフ・マス 12、14へ、それぞれの検出電極 74、76とブルーフ・マス 12、14との間の静電容量（キャパシタンス）に比例する電荷を誘導するために使用することができる。検出電極 74、76は、第1及び第2のブルーフ・マス 12、14を形成するために使用される材料（例えば、シリコン・ドープされた導体）と電気的に伝導するシリコンなど適切な材料から形成することができ、検出バイアス電圧 V_s に関して検出電極 74、76に生成された電荷をブルーフ・マス 12、14へ送ることができるようにする。

20

【0023】

動作の間に、入力軸 18についてのジャイロスコープ 10の回転運動から生じたコリオリの力は、検出電極 74、76に関して、第1及び第2ブルーフ・マス 12、14を面外へと移動させる。このことが生じると、検出電極 74、76とブルーフ・マス 12、14とのそれぞれの間の間隔の変化は、検出電極 74、76とブルーフ・マス 12、14との間の静電容量の変化をもたらす。この静電容量は、下記の式を用いて、ブルーフ・マス 12、14上の電荷として測定することができる。

30

【0024】

$$q = \epsilon_0 A V_s / D$$

【0025】

上記の式において、Aは検出電極とブルーフ・マスとのオーバラップする領域、 V_s は検出電極へ印加される検出バイアス電圧、 ϵ_0 は誘電定数、Dは検出電極 74、76とそれぞれのブルーフ・マス 12、14との間の距離、即ち、間隔である。次に、ブルーフ・マス 12、14で受け取った、結果として生じた電荷は、様々なサスペンション・スプリング 64、68を介して幾つかのリード 78へ供給される。次いで、リード 78は、電荷増幅器 80へ電気的に接続することができ、電荷増幅器 80は、第1及び第2のブルーフ・マス 12、14から受け取った電荷信号又は電流を、コリオリの力を示す対応するレート信号 82へと変換する。

40

【0026】

電荷増幅器 80への入力をゼロ又はほぼゼロにバランスをとるのに役立つように、第1のブルーフ・マス 12へ印加される検出バイアス電圧 V_s は、第2のブルーフ・マス 14へ印加される検出バイアス電圧 V_s の極性と逆の極性を有することができる。或る設計では、例えば、+5Vと-5Vの検出バイアス電圧 V_s をそれぞれ検出電極 74、76へ印加して、不平衡な電流が電荷増幅器 80の出力ノード 84へ流れ込むのを防止することができる。ブルーフ・マス 12、14に誘起される電荷を仮想接地に維持するために、必要な場合には、電荷増幅器 80の入力ノード 88と出力ノード 86との間に比較的大きい値の抵抗器 86を接続することができる。

50

【0027】

駆動電圧源 V_D によって引き起こされたブルーフ・マス 12、14 の変位を検出及び / 又は測定するために、モータ・バイアス電圧 V_{Dc} を、第 1 及び第 2 のモータ・ピックオフ・コム 22、26 に供給することができる。第 1 及び第 2 のモータ・ピックオフ・コム 22、26 上のコム・フィンガ 46、58 に対する、第 1 及び第 2 のブルーフ・マス 12、14 上のコム・フィンガ 42、56 の運動によって生ずるモータ・ピックオフ電圧 V_{pk} は、第 1 及び第 2 のブルーフ・マス 12、14 の運動を検出するために使用することができる。

【0028】

ジャイロスコープ 10 の作動中に、駆動システムやサスペンション・システムの不完全性により、第 1 及び第 2 のブルーフ・マス 12、14 に、直交方向の運動、即ち面外でありモータの運動と同相の運動が生ずる可能性がある。このような直交方向の運動は、例えば、第 1 及び第 2 のブルーフ・マス 12、14 を静電気的に駆動するために使用されるコム・フィンガのプロフィールの不均一性から、また、ブルーフ・マス 12、14 の移動を支持基板 16 の上方で制約するために使用されるサスペンション・スプリングが理想的なものではないことから、生じ得る。また、ジャイロスコープ 14 の製造の間に生じた他の不完全性も、ブルーフ・マス 12、14 の直交方向の運動を生じさせて、検出システムの感度に影響を与えることがある。場合によっては、不要な直交方向信号が所望のレート信号よりも大きくなり、結果としてジャイロスコープの運動の小さな変化を正確に検出し測定する検出システムの機能を低下させる場合がある。

10

20

30

40

50

【0029】

場合によっては、ジャイロスコープの周囲環境の温度の変動もまた、レートを正確に検出するジャイロスコープの機能に影響を与える可能性がある。駆動電圧 V_D 信号の振幅、駆動電極 24、28 とブルーフ・マス 12、14 との間の駆動静電容量、モータ・ピックオフ・コム 22、26 とブルーフ・マス 12、14 との間のモータ・ピックオフ静電容量の不整合や、モータ・ピックオフ・コム 22、26 へ印加されるモータ・ピックオフ・バイアス電圧 V_{Dc} 信号の電気的特性の不整合などもまた、正確に速度を検出するジャイロスコープの機能に影響を与える場合がある。典型的に、ブルーフ・マス 12、14 の温度に起因する直交方向の運動は、ブルーフ・マス 12、14 の駆動運動と同相であり、検出運動とは位相がずれている。

【0030】

この直交方向運動の影響を低減するために、多くの従来技術によるジャイロスコープは、コム駆動フィンガへ印加されるモータ・バイアス電圧 V_{Dc} を変化させることによってや、所望されるレート信号から不要な直交方向信号を除去するフィルタ技術を使用することによって、不要な直交方向信号を補償しようと試みる。或る従来技術設計では、例えば、周波数変換回路を使用して所定の周波数の駆動信号成分を抑制して、駆動信号と検出信号とを従来のフィルタ技術を使用して分離することができるようとする。直交方向信号に関する補償を行うために、複雑な誤差修正方法を使用する他の技術も使用されており、それは駆動及び検出電子回路のコストと複雑さを増大する結果となっている。このような技術を使用することで直交方向信号をレート信号から分離することはできるが、このような技術は駆動システムの根本的な直交方向の運動は除去しない。従って、多くのジャイロスコープ装置は、運動の小さな変化を検出及び / 又は測定するその機能が制限される。

【0031】

次に、図 2 を参照しながら、直交方向ステアリング電圧を使用して直交方向の運動を減少させる、本発明の例示的実施形態によるMEMS型ジャイロスコープ 90 の概略図について説明する。ジャイロスコープ 90 は、図 1 に関して説明したものと同様に構成することができ、それぞれの図面において、同じエレメントには同じ番号が付されている。しかし、図 2 の例示的実施形態では、ジャイロスコープ 90 は、駆動システムの直交方向の運動を静電気的に補償するために使用できる 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧 (Q_{sv}) 部材を更に備え、それによって、検出システムへの直交方向信号の流入を防止する

ことができる。

【0032】

直交方向ステアリング電圧部材は、第1及び第2のブルーフ・マス12、14の一方又は両方の端部及び/又は側部に隣接して配置することができる。図2の例示的実施形態では、例えば、第1のブルーフ・マス12の第2の端部34に隣接して配置された第1の直交方向ステアリング電圧部材92は、検出運動方向72(即ち、駆動平面に直交する方向)における第1のブルーフ・マス12の直交方向の運動を減少させるように構成することができる。同様に、第2のブルーフ・マス14の第1の端部48に隣接して配置された第2の直交方向ステアリング電圧部材94もまた、検出運動方向72における第2のブルーフ・マス14の直交方向の運動を減少させるように構成することができる。

10

【0033】

図2の破線で示されるように、それぞれの直交方向ステアリング電圧部材92、94は、第1及び第2のモータ・ピックオフ・コム22、26に対する第1及び第2のブルーフ・マス12、14の運動を検出するためには、コム・フィンガの下側に配置された薄い長方形の電極プレートを備えることができる。検出電極74、76と同様に、直交方向ステアリング電圧部材92、94は、それぞれの直交方向ステアリング電圧部材92、94の上面がコム・フィンガの下面と垂直方向に隣接して平行に配置されるように、配向することができる。

【0034】

図2から更に分かるように、各直交方向ステアリング電圧部材92、94へ直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} を印加することができる。直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} が検出信号へ注入されるのを防止するのに役立つように、各直交方向ステアリング電圧部材92、94へ印加される直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} の極性を逆にして、電荷増幅器80の入力ノード88での正味の直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} を打ち消すことができる。それぞれの直交方向ステアリング電圧部材92、94へ印加される直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} は、同じ大きさで互いに逆極性の電圧でも良いし、或いは、必要な場合には、各ブルーフ・マス12、14へ異なる直交方向ステアリング電圧を印加できるように、大きさと極性の両方が異なっていても良い。

20

【0035】

図3は、単一の直交方向ステアリング電圧部材を使用しての、駆動システムにおける直交方向の運動を減少させる例示的方法96を示す概略図である。図3に示されるように、図2に関して上述したのと同様のジャイロスコープは、下にある検出電極100の上方で前後に振動するように構成されたブルーフ・マス98を備えることができる。理想的には、ブルーフ・マス98は、検出電極100と実質的に平行に振動して、振動するブルーフ・マス98と検出電極100との間の公称距離Dが、運動体によって作用されるコリオリの力の変化のみに応答して変化するようにする。しかし、参考番号102によって全体的に示されるように、駆動システムの不完全性によっても、振動するブルーフ・マス98が検出電極100から離れる方向へ移動することがあり得る。検出信号はブルーフ・マス98と検出電極100との間の距離Dに依存するので、ブルーフ・マス98の運動の直交方向の運動102から生ずる距離Dの変化は検出信号へ注入され、コリオリの力の僅かな変化を正確に検出するジャイロスコープの機能を低下させる結果となる。

30

【0036】

この直交方向の運動を打ち消すために、直交方向ステアリング電圧部材104は、検出電極100の横方向に隣接して平行に配置することができる。例示の実施形態では、駆動システムで直交方向の運動102が検出されたときに、直交方向ステアリング電圧部材104を使用してブルーフ・マス98を下方に検出電極100の方へ静電的に引き付けることができる。図3に示されるように、例えば、ブルーフ・マス98の初期(即ち、左)位置から中央位置への動きは、駆動軸に直交する方向へのブルーフ・マス98の不要な直交方向の運動を生じる。この運動を打ち消すために、第1の直交方向ステアリング電圧を直交方向ステアリング電圧部材104へ印加して、ブルーフ・マス98と直交方向ステアリ

40

50

ング電圧部材 104 との間に、矢印 F1 によって全体的に示される静電引力を誘起することができる。作動サイクルの間にブルーフ・マス 98 が更に第 2 (即ち、右) の位置へ移動すると、ブルーフ・マスと直交方向ステアリング電圧部材 104 との間のオーバラップの増加によって、より大きい矢印 F2 によって全体的に示されるように、静電引力を増大させることができる。

【0037】

ブルーフ・マス 98 の直交方向の運動 102 を有効にうち消すために、直交方向ステアリング電圧部材 104 へ印加される直交方向ステアリング電圧は、直交方向の運動 102 によって生じた距離 D の変化だけを打ち消すのに十分な大きさにする必要がある。実施形態によっては、例えば、直交方向ステアリング電圧部材 104 によって生成される静電引力をブルーフ・マス 98 の直交方向運動の力に等しいか又はほぼ等しくして、検出電極 100 によって測定されるコリオリの力の成分だけを検出することを可能にする。用途によっては、このようにして直交方向の運動 102 を打ち消すことが望ましいが、他の所望の様式で直交方向の運動 102 を補償するように直交方向ステアリング電圧部材 104 を構成することができることも理解されたい。

【0038】

図 4 は、複数の直交方向ステアリング電圧部材を使用して駆動システムにおける直交方向の運動を減少させる、本発明の他の例示的実施形態による MEMS 型ジャイロスコープ 106 の概略図である。ジャイロスコープ 106 は、例示として振動型レート・ジャイロスコープであり、第 1 のブルーフ・マス 108 と第 2 のブルーフ・マス 110 を備え、これらの各々は、全体的に右 / 左組の矢印 114、116 によって示されるように、下にある支持基板 112 の上方で互いに反対方向に前後に振動するように構成されている。

【0039】

第 1 のブルーフ・マス 108 は、第 1 の端部 118、第 2 の端部 120、第 1 の側部 122、及び第 2 の側部 124 を有する薄いプレート又は他の適切な構造体を備えることができる。第 1 のブルーフ・マス 108 の各端部 118、120 からは、幾つかのコム・フィンガ 126、128 が外側に延びており、これらのコム・フィンガを使用して、右 / 左組の矢印 114 によって示される方向に第 1 のブルーフ・マス 108 を静電気的に駆動することができる。図 4 に示された例示のジャイロスコープ 106 では、例えば、第 1 のブルーフ・マス 108 の第 1 の端部 118 から外側に延びた第 1 の組のコム・フィンガ 126 は、第 1 の駆動電極 132 に形成された対応する 1 組のコム・フィンガ 130 とインターデジタル構成とされる。第 1 のブルーフ・マス 108 の第 2 の端部 120 から外側に延びたコム・フィンガ 128 は、第 1 のモータ・ピックオフ・コム 136 に形成された対応する 1 組のコム・フィンガ 134 とインターデジタル構成とされる。

【0040】

第 2 のブルーフ・マス 110 は、第 1 のブルーフ・マス 108 と同様に構成することができ、第 1 の端部 140、第 2 の端部 142、第 1 の側部 144、及び第 2 の側部 146 を有する。第 2 のブルーフ・マス 110 の第 1 の端部 140 から外側に延びた第 1 の組のコム・フィンガ 148 は、第 2 のモータ・ピックオフ・コム 152 に形成された対応する 1 組のコム・フィンガ 150 とインターデジタル構成となるようにされる。第 2 のブルーフ・マス 110 の第 2 の端部 142 から外側に延びた第 2 の組のコム・フィンガ 154 は、第 2 の駆動電極 158 に形成された対応する 1 組のコム・フィンガ 156 とインターデジタル構成となるようにされる。

【0041】

第 1 及び第 2 のブルーフ・マス 108、110 は、図 1 に関して説明した構造と同様の構造で、幾つかのサスペンション・スプリング 160、162 又は他の撓みエレメントを使用して、支持基板 112 の上方で、1 又は複数の方向における制限を課すことができる。しかし、図 4 の例示的実施形態では、サスペンション・スプリング 160、162 は、幾つかの接地接続部 164 で支持基板 112 に電気的に接地されるが、電荷増幅器 166 には電気的に接続されない。使用に際し、これらの接地接続部 164 は、不平衡電流を検

10

20

30

40

50

出システムへ漏れさせてレート信号出力 168 に影響を与える可能性がある、駆動システムの振動感度を打ち消すために、役立つ。

【0042】

駆動電圧 V_D を第1及び第2の駆動電極 132、158 へ印加して、インターデジタル構成のコム・フィンガ間に静電気力を誘起し、それを用いてブルーフ・マス 108、110 を静電気的に振動させることができる。本明細書の他の実施形態と同様に、駆動電圧 V_D は、時間変化電圧信号を出力してコム・フィンガへ供給される電荷を交番させ、それとともにサスペンション・スプリング 160、162 を働かせて、第1及び第2のブルーフ・マス 108、110 を支持基板 112 の上方で特定の様式で前後に振動させるように構成することができる。

10

【0043】

1対の検出電極 170、172 は、入力軸についてのジャイロスコープ 106 の動きに応答した第1及び第2のブルーフ・マス 108、110 の面外変位を検出および測定するために、提供することができる。図4に破線で示されているように、それぞれの検出電極 170、172 は薄い長方形のプレートを含むことができる。そのプレートは、ブルーフ・マス 108、110 の下側に配置され、それぞれの検出電極 170、172 の上面がそれぞれのブルーフ・マス 108、110 の下面と垂直方向に隣接して平行に配置されるように配向される。

20

【0044】

図1に関して説明したのと同様に、検出バイアス電圧 V_s は、運動体によって作用されるコリオリの力を示す、検出電極 170、172 とブルーフ・マス 108、110 との間の静電容量の変動を測定するために使用することができる。図4の例示的実施形態では、検出バイアス電圧 V_s をそれぞれの検出電極 170、172 へ印加して、検出電極 170、172 とブルーフ・マス 108、110 とのそれぞれの間の静電容量に比例した電荷を、各ブルーフ・マス 108、110 に誘起させる。図4では、検出バイアス電圧 V_s は検出電極 170、172 へ印加されるように示されているが、検出バイアス電圧 V_s をブルーフ・マス 108、110 へ直接に印加してブルーフ・マス 108、110 に電荷を生成し、その電荷を検出電極 170、172 を介して移送し、電荷増幅器 166 の入力へ供給することができることも理解されたい。その場合、図4に示されたものとは異なり、電荷増幅器 166 を検出電極 170、172 へ結合することができる。

30

【0045】

ブルーフ・マス 108、110 の動きを検出および測定するために、モータ検出バイアス電圧 V_{Dc} 信号を第1及び第2のモータ・ピックオフ・コム 136、152 の各々へ印加することができる。或る実施形態では、第1及び第2のモータ・ピックオフ・コム 136、152 の各々を分割して2つの個別のモータ・ピックオフ・コム 136a、136b、152a、152b を形成し、その各々を互いに電気的に絶縁することができる。モータ検出バイアス電圧 V_{Dc} が検出システムへ注入されるのを防止するために、モータ・ピックオフ・コム半部 136a、136b、152a、152b のそれぞれへ印加される電圧の極性を、或る所望の様式で逆転又はオフセットさせることができる。図4に示したように、例えば、正のモータ検出バイアス電圧 + V_{Dc} 信号を、分割された上側のモータ・ピックオフ・コム 136a へ印加し、負のモータ検出バイアス - V_{Dc} 信号を、分割された下側のモータ・ピックオフ・コム 136b へ印加することができる。このようにして、各モータ・ピックオフ・コム 136、152 の極性を逆にすることによって、正味ゼロの電荷をコム・フィンガ 148 に供給して、モータ検出バイアス電圧 V_{Dc} 信号が検出システムへ漏れるのを防止することができる。

40

【0046】

電荷増幅器 166 への入力をゼロ又はほぼゼロにバランスをとるために、検出電極 170 へ印加される検出バイアス電圧 V_s は、検出電極 172 へ印加される検出バイアス電圧 V_s の極性とは逆の極性を有することができる。或る実施形態では、例えば、不平衡電流が電荷増幅器 166 の出力へ流れ込むことを防止するために、+5V 及び -5V の検出バ

50

イアス電圧 V_s を、それぞれ、検出電極 1701、72 へ印加することができる。場合によつては、製造プロセスでの不整によつて検出電極 108、110 の接触電位が変化し、駆動システムにオフセット誤差を生じさせる可能性がある。このような変動を補償するために、必要な場合には、検出バイアス電圧 V_s の大きさを変化させて(例えば、4.8V や 5.2V)、電荷増幅器 166 の入力での正味検出バイアス電圧 V_s をゼロにすることができる。

【0047】

図 4 で更に分かるように、ジャイロスコープ 106 は、駆動システムにおける直交方向の運動を減少させるように構成される幾つかの直交方向ステアリング電圧部材を更に備えることができる。図 4 の例示の実施形態では、第 1 及び第 2 のブルーフ・マス 108、110 の各々は、複数の直交方向ステアリング電圧部材を備えるように示されており、必要な場合には、それらの電圧部材を使用して複数の方向での直交方向の運動を減少させることができる。例えば、第 1 のブルーフ・マス 108 に関して、第 1 のブルーフ・マス 108 の第 1 の端部 118 に横方向に隣接して配置された第 1 の直交方向ステアリング電圧部材 174 は、第 1 のブルーフ・マス 108 が作動サイクルの前半に右から左の方向へ移動するときに、第 1 のブルーフ・マス 108 の直交方向の運動を減少させるように構成することができる。実施形態によつては、第 1 のブルーフ・マス 110 の第 2 の端部 120 に横方向に隣接して配置された第 2 の直交方向ステアリング電圧部材 176 を、第 1 のブルーフ・マス 108 が作動サイクルの後半に左から右の方向へ移動するときに、第 1 のブルーフ・マス 108 の直交方向の運動を減少させるように構成することができる。或る場合には、個々の装置で生ずる直交方向の運動に応じて、第 1 の直交方向ステアリング電圧部材 174 又は第 2 の直交方向ステアリング電圧部材 176 の何れかが使用され、両方は使用されない。しかし、他の場合には、第 1 の直交方向ステアリング電圧部材 174 と第 2 の直交方向ステアリング電圧部材 176 との両方を使用することもできる。第 2 のブルーフ・マス 110 の端部 140、142 に横方向に隣接して配置された同様の直交方向ステアリング電圧部材 178、180 の組は、作動サイクルの各段階の間に、第 2 のブルーフ・マス 110 の直交方向の運動を防止するように構成することができる。

【0048】

検出信号への直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} の混入を更に減少させるために、直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180 のそれぞれは、図 4 で 174a、174b、176a、176b、178a、178b、及び 180a、180b とそれぞれ符号付けされた個々の直交方向ステアリング電圧部材へと分割することができる。モータ・ピックオフ・コム 136、152 の場合と同様に、分割された直交方向ステアリング電圧部材 174a、174b、176a、176b、178a、178b、180a、180b のそれぞれは、互いに電気的に絶縁し、直交方向ステアリング電圧部材のそれぞれの片側にそれぞれ印加される直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} の極性を逆にすることができる。

【0049】

正味の直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} 信号を更にゼロに近づけるために、ブルーフ・マス 108、110 のそれぞれの側へ印加される直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} の極性もまた、逆にすることができる。第 1 のブルーフ・マス 108 に関して、例えば、正の直交方向ステアリング電圧 $+V_{Qsv}$ を左上の直交方向ステアリング電圧部材 174a へ印加することができ、負の直交方向ステアリング電圧 $-V_{Qsv}$ を右上の直交方向ステアリング電圧部材 176a へ印加することができる。本明細書の他の実施形態と同様に、直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180 の各々へ印加される直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} の大きさは、互いに等しくすることも、或る所望の量だけオフセットさせることもできる。

【0050】

図 5 は、複数の直交方向ステアリング電圧部材を使用して駆動システムにおける直交方向の運動を減少させる例示的方法 182 を示す概略図である。図 5 に示されるように、図

10

20

30

40

50

4 に関して説明したのと同様のジャイロスコープは、下にある検出電極 186 の上方で、公称距離 D で前後に振動するように構成されたプルーフ・マス 184 を備えることができる。図 5 に示された特定の図では、プルーフ・マス 184 は、検出電極 186 の上方で、最初（即ち、右の）の位置から中央の位置へ、次いで左の位置へ移動するように示されている。参考番号 188 によって全体的に示されるように、プルーフ・マス 184 の直交方向の運動成分は、プルーフ・マス 184 を検出電極 186 から離れる方向に移動させ、検出信号へ直交方向信号成分をもたらす。

【 0051 】

この直交方向の運動 188 を打ち消すために、駆動システムに直交方向の運動 188 が発生したときに、検出電極 186 と横方向に隣接して左側に平行に配置された第 1 の直交方向ステアリング電圧部材 190 を使用して、プルーフ・マス 184 を下にある検出電極 186 へ向けて下方に静電気的に引き付けることができる。第 1 の直交方向ステアリング電圧部材 190 へ印加される直交方向ステアリング電圧の大きさは、検出される直交方向運動 188 の量に応じて設定することができる。

【 0052 】

矢印 F L 1 及び F L 2 によって全体的に示されるように、プルーフ・マス 184 が更に左に移動すると、プルーフ・マス 184 と直交方向ステアリング電圧部材 190 との間のオーバラップが増大することによって、より大きな矢印 F 2 で全体的に示されるように静電引力を増大させる。実施形態によっては、直交方向ステアリング電圧部材 190 によって生成される静電引力を、プルーフ・マス 98 に対する直交方向運動の力に等しいか又はほぼ等しくして、検出電極 185 によって測定されるコリオリの力の成分だけを検出できるようにする必要がある。用途によっては、このようにして直交方向の運動 188 を打ち消すことが望ましいが、直交方向ステアリング電圧部材 190 は、他の所望の様式によって直交方向の運動 188 を補償するように構成することができることも理解されたい。場合によっては、プルーフ・マス 192 が検出電極 186 から離れて右から左へと移動するときの作動サイクルの間の様々な時間に、直交方向ステアリング電圧の大きさを変化させて、直交方向ステアリング電圧部材 190 とプルーフ・マス 184 との間に可変の静電気力を誘起することができる。何れにしても、第 1 の直交方向ステアリング電圧部材 190 によって生成される静電引力 F L 1 、 F L 2 を、プルーフ・マス 184 の直交方向の運動 180 成分によって生じる距離 D の変化を打ち消すために十分な大きさとして、運動体によって生じたコリオリの力を検出システムが正確に検出し測定することを可能にすることができます。

【 0053 】

図 6 は、反対方向の直交方向の運動のある場合の図 5 のシステムを示す他の概略図である。個々の装置の直交方向運動の方向は、駆動システムやサスペンション・システムの不完全性などのような幾つかの要因に依存し得る。図 6 に示されるように、プルーフ・マス 184 が検出電極 186 の上方で、最初（即ち、左）の位置から中央の位置へ、次いで右の位置へ移動すると、参考番号 192 によって全体的に示された直交方向の運動は、プルーフ・マス 184 を検出電極 186 から離れる方向へと移動させて、検出信号へ直交信号成分をもたらす。

【 0054 】

この直交方向の運動 192 を打ち消すために、検出電極 194 と横方向に隣接して右側に平行に配置された第 2 の直交方向ステアリング電圧部材 194 を使用して、プルーフ・マス 184 を、下にある検出電極 186 に向けて下方へ静電気的に引き付けることができる。左側の直交方向ステアリング電圧部材 190 と同様に、第 2 の直交方向ステアリング電圧部材 194 によって生成される静電荷の量は、上述のように、検出される直交方向運動の量に基づいて設定することができる。

【 0055 】

図 7 は、複数の直交方向ステアリング電圧部材を使用して駆動システムにおける直交方向の運動を減少させる他の例示的方法 196 を示す概略図である。図 7 に示されるように

10

20

30

40

50

、図4に関して説明したジャイロスコープと同様のジャイロスコープは、下にある検出電極200の上方で、公称距離Dで前後に振動するように構成されたブルーフ・マス198を備えることができる。図4のコム・フィンガ40、42、44、46と同様に、ブルーフ・マス198は、駆動電極(図示せず)に接続された幾つかの駆動コム・フィンガ204とインター・デジタル構成にされる第1の幾つかのコム・フィンガ202と、モータ・ピックオフ・コム(図示せず)に接続された幾つかのコム・フィンガ208とインター・デジタル構成にされる第2の幾つかのコム・フィンガ206とを備えることができる。

【0056】

図7に示された特定の図では、ブルーフ・マス198は検出電極200の上方で、左から右に移動するように示されている。参考番号210によって全体的に示されるように、ブルーフ・マス198の直交方向の運動成分は、ブルーフ・マス198を検出電極200から離れる方向に移動させて、検出信号へ直交方向信号成分をもたらし得る。検出電極200の上方での右から左へのブルーフ・マス198の移動によって生じた、類似しているが反対側の位置での直交方向の運動成分は、同様にブルーフ・マス198を検出電極200から離れる方向に移動させて、検出信号へ更に直交方向信号成分をもたらし得る。

10

【0057】

直交方向の運動を打ち消すために、駆動システムに直交方向の運動が生じたときに、検出電極200の横方向に隣接して左側及び右側それぞれに平行に配置された幾つかの直交方向ステアリング電圧部材212、214を使用して、ブルーフ・マス198を、下にある検出電極200に向けて下方へ静電気的に引き付けることができる。実施形態によっては、直交方向ステアリング電圧部材212、214は、図4に関して説明したものと同様の分割構成を備えることができ、その際、分割された直交方向ステアリング電圧部材のそれぞれは相互に電気的に絶縁され、それぞれの片側にそれぞれ印加される直交方向ステアリング電圧の極性は逆である。

20

【0058】

矢印F1によって全体的に示されるように、ブルーフ・マス198が検出電極200の上方で左から右に移動すると、ブルーフ・マス198と直交方向ステアリング電圧部材214との間に静電引力が生じる。図8の第2のビューに更に示されるように、ブルーフ・マス198が左から右へと更に移動したとき、ブルーフ・マス198と直交方向ステアリング電圧部材214との間のオーバラップは増加して、静電引力F2を増加させる。このことが生じたとき、ブルーフ・マスのコム・フィンガ206とモータ・ピックオフ・コムのコム・フィンガ208との間のオーバラップ量216も増加し、場合によっては、検出電極200とモータ・ピックオフ・コム・フィンガ208との間の電圧が増加する。

30

【0059】

或る実施形態では、検出電極200とモータ・ピックオフ・コム・フィンガ208との間の電圧の増加により、ブルーフ・マス198に対する浮揚力又はリフト力が生成され、ブルーフ・マス198を検出電極200から上方へ離れるように移動させるように構成することができる。この上方浮揚力を、直交方向ステアリング電圧部材214によって生成される下方静電作動力F1、F2と共に更に使用して、ブルーフ・マス198の直交方向の運動によって生じた距離Dの変化を打ち消すことによって、検出システムが運動体によって生じたコリオリの力を正確に検出および測定することを可能にすることができます。必要な場合には、作動サイクル中にブルーフ・マス198が左から右へと移動するときに、同様の浮揚力をブルーフ・マス198に誘起することができる。本明細書の他の実施形態と同様に、直交方向ステアリング電圧部材214へ印加される直交方向ステアリング電圧の大きさは、検出される直交方向運動210の量に応じて設定することができる。

40

【0060】

図9は、本発明の例示的実施形態によるMEMS型ジャイロスコープにおける直交方向の運動を減少させる代替のシステム218の概略図である。図9に示されるように、システム218は、図1に示された構造と同様の構造を有するブルーフ・マス220を備え、駆動電極とモータ・ピックオフ・コム(図示せず)との間でブルーフ・マス220を前後

50

に静電気的に駆動するために使用することができる第1の組のコム・フィンガ222と第2の組のコム・フィンガ224とを備える。全体的に破線228によって示された形状を有する検出電極226は、ブルーフ・マス220の下側に配置することができ、検出電極226の上面がブルーフ・マス220の下面と垂直方向に隣接して平行に配置されるように配向することができる。

【0061】

検出電極226と横方向に隣接して平行に配置された1組の直交方向ステアリング電圧部材230、232は、図5～6に関して説明したのと同様の様式でブルーフ・マス220の任意の直交方向の運動を減少させるように構成することができる。しかし、図9の例示的実施形態では、それぞれの直交方向ステアリング電圧部材230、232は、幾つかの内側に突き出たフィンガ234、236を備える。内側に突き出たフィンガ234、236のそれぞれは非直線的な形状を有することができ、コム・フィンガ222、224が、内側に突き出たフィンガ234、236の方へ移動すると、コム駆動フィンガ222、224と、内側に突き出たフィンガ234、236と、そして／または検出電極226との間のオーバラップ量が非線形的に増加する。このような構成により、ブルーフ・マス220が支持基板の上方でその中心位置から離れるように駆動されたときに、直交方向ステアリングをより良く制御できる。

【0062】

図10は、MEMS型ジャイロスコープにおける直交方向の運動を減少させる他の代替のシステム238の概略図である。図10に示されるように、システム238は、図1に示した構造と同様の構造を有するブルーフ・マス240を備え、駆動電極とモータ・ピックオフ・コム（図示せず）との間でブルーフ・マス240を前後に静電気的に駆動するために使用することができる第1の組のコム・フィンガ242と第2の組のコム・フィンガ244とを備える。全体的に破線248によって示される形状を有する検出電極246は、ブルーフ・マス240の下側に配置することができ、検出電極246の上面がブルーフ・マス240の下面と垂直方向に隣接して平行に配置されるように配向する。

【0063】

検出電極246の各端部と横方向に隣接して平行になるように配置された1組の直交方向ステアリング電圧部材250、252は、図9に関して説明したのと同様の様式でブルーフ・マス240の任意の直交方向運動を減少させるように構成することができる。しかし、図10の例示的実施形態では、それぞれの直交方向ステアリング電圧部材250、252は、検出電極246の切り欠き部分258、260へと延びた、内側に突き出たフィンガ254、256を備える。使用に際して、内側に突き出たフィンガ254、256の形状は、ブルーフ・マス240が支持基板の上方で、その中心位置から遠ざかるように駆動されたときに、ブルーフ・マス240と検出電極246との間に所望の量のオーバラップを生成するように構成することができる。

【0064】

図11は、MEMS型ジャイロスコープにおける直交方向運動を減少させる他の代替のシステム262の概略図である。図11に示されるように、システム262は、図1に示された構造と同様の構造を有するブルーフ・マス264を備え、駆動電極とモータ・ピックオフ・コム（図示せず）との間でブルーフ・マス264を前後に静電気的に駆動するために使用することができる第1の組のコム・フィンガ266、268を備える。全体的に破線272によって示された形状を有する検出電極270は、ブルーフ・マス264の下側に配置することができ、検出電極270の上面がブルーフ・マス264の下面と垂直方向に隣接して平行に配置されるように配向することができる。

【0065】

検出電極270の上方でブルーフ・マス264を前後に作動させる間に、直交方向ステアリング電圧部材274、276の第1及び／又は第2の配列は、直交方向の運動を除去するのに役立つ静電気力を提供することができる。それぞれの直交方向ステアリング電圧部材274、276は、ブルーフ・マスの直交方向の運動を減少させる所望の（恐らくは

10

20

30

40

50

非線形の)修正力を生成するために、様々な直交方向ステアリング電圧が印加される。場合によっては、直交方向ステアリング電圧部材 274、276 は、ブルーフ・マス 264 がより多くの個々の直交方向ステアリング電圧部材 274、276 の上を移動して行くにつれて、或る場合には段階的な様式で、時間にわたり制御することもできる。このようにして直交方向ステアリング電圧部材 274、276 を作動させることによって、作動サイクルの間の様々な段階で、必要に応じて可変量の直交方向ステアリングをブルーフ・マス 264 に適用できる。

【0066】

図 12 は、MEMS 型ジャイロスコープにおける直交方向運動を減少させる他の代替のシステム 278 の概略図である。図 12 に示されるように、システム 278 は、図 1 に示された構造と同様の構造を有するブルーフ・マス 280 を備え、駆動電極とモータ・ピックオフ・コム (図示せず) との間でブルーフ・マス 280 を前後に静電気的に駆動するために使用することができる第 1 の組のコム・フィンガ 282 と第 2 の組のコム・フィンガ 284 とを備える。全体的に破線 288 によって示される形状を有する検出電極 286 は、ブルーフ・マス 280 の下側に配置することができ、検出電極 286 の上面がブルーフ・マス 280 の下面と垂直方向で隣接して平行に配置されるように配向する。

【0067】

ブルーフ・マス 280 が検出電極 286 の上方で前後に振動するときの直交方向の運動を打ち消すために、システム 278 は、幾つかの直交方向ステアリング電極パッド 290 を備えることができ、直交方向ステアリング電極パッド 290 は、検出電極 286 の内部に配置された幾つかの対応する切り欠き 292 の中に形成される。それぞれの電極パッド 290 を直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} に結合する電気リード線 294 を使用して、ブルーフ・マス 280 の任意の直交方向運動を静電的に減少させることができる。直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} が検出信号へ注入されるのを防止するために、それぞれの隣接する電極パッド 290 へ印加される直交方向ステアリング電圧 V_{Qsv} の極性を逆にすることができる。

【0068】

次に、図 13 を参照して、AC 直交方向ステアリング電圧を使用して直交方向の運動を減少させる例示的なシステム 296 の概略図について説明する。システム 296 は、図 4 に関して説明したものと同様に構成することができ、図面では同じエレメントは同様に示されている。しかし、図 13 の例示的なシステム 296 では、それぞれの直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180 に電圧を印加するために使用される直交方向ステアリング電圧源は、駆動電圧源 $V_d(t)$ と同相の時間変化 (例えば、AC) 電圧 $V_{Qsv}(t)$ とすることもでき、これは、動作の間に、動作環境内の温度変動に部分的に起因する不要な直交方向運動を減少させることを容易にする。例えば、温度変動により検出軸方向でのブルーフ・マス 108、110 の大きな面外移動が生じる可能性がある用途では、AC 直交方向ステアリング電圧 $V_{Qsv}(t)$ を使用することにより、より少ない電力を使用しながらも、直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180 とブルーフ・マス 108、110 との間により大きな静電気力を生成することができる。これらの増強された静電気力は、ブルーフ・マス 108、110 の温度に起因する面外運動や、存在し得る他の任意の直交方向運動を克服するのに十分な大きさとすることができる。

【0069】

直交方向ステアリング電圧 $V_{Qsv}(t)$ とそれぞれの直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180 との間に直列に配された可変又は固定値の抵抗器 300、302、304、306 は、それぞれの対応する直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180 へ印加される直交方向ステアリング電圧信号 308、310、312、314 の大きさを調整するために提供することができる。例えば、図 13 の例示的実施形態では、それぞれの抵抗器 300、302、304、306 はポテンショメータとして示されており、それらは、部分的には直交方向運動の大きさに基づいて直交方向ス

10

20

30

40

50

テアリング電圧部材 174、176、178、180へ印加される直交方向ステアリング電圧信号 308、310、312、314の大きさを変化させるために使用することができる。必要な場合には、それぞれの抵抗器 300、302、304、306を選択的に切り替えるために、機械的又は電気的スイッチ 316、318、320、322を直交方向ステアリング電圧 $V_{Qsv}(t)$ と直列に設けることもできる。

【0070】

電荷増幅器 166の入力ノード 88での正味の直交方向ステアリング電圧 $V_{Qsv}(t)$ 信号をゼロにするために、各プルーフ・マス 108、110へ印加される直交方向ステアリング電圧 $V_{Qsv}(t)$ の極性を逆にすることができる。図面を見やすくするために図 13 には示されていないが、例えば、図 4 に関して本明細書中で説明したように、それぞれの直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180を、互いに電気的に絶縁された個々の直交方向ステアリング電圧部材へと更に分割し、直交方向ステアリング電圧部材のそれぞれの片側部にそれぞれ印加される極性を逆にすることも、理解されたい。

【0071】

図 13 の例示的実施形態では、検出バイアス電圧 V_s は、幾つかのスイッチ 324、326、328、330を使用して、プルーフ・マス 108、110又は検出電極 170、172の何れかへ印加することができる。第 1 の組のスイッチ 324、326 は、例えば、検出バイアス電圧 $+V_s$ 及び $-V_s$ を、それぞれ第 1 及び第 2 のプルーフ・マス 108、110へ投入するように構成することができる。第 2 の組のスイッチ 328、330 は、検出バイアス電圧 $+V_s$ 及び $-V_s$ を、それぞれ第 1 及び第 2 の検出電極 170、172へ投入するように構成することができる。検出バイアス電圧 $+V_s$ 及び $-V_s$ が、プルーフ・マス 108、110又は検出電極 170、172の何れかへ印加され、その両方へは印加されないように、第 1 の組のスイッチ 324、326 の位置と第 2 の組のスイッチ 328、330 の位置とを交互に替えることもできる。しかし、他の構成も可能であることを理解されたい。

【0072】

プルーフ・マス 108、110の運動を制御するために使用される A C 直交方向ステアリング電圧は、本明細書に記載した直交方向ステアリング電圧部材の実施形態の何れにも印加することができる。従って、図 13 の A C 電圧信号 308、310、312、314 は、実質的に長方形の直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180へ結合されるように示されているが、図 9 ~ 12 に関して説明したような他の代替構成を実装できることも理解されたい。

【0073】

図 14 は、駆動システム電圧 $V_D(t)$ 源から導かれた A C 電圧を使用して直交方向の運動を減少させる他の代替のシステム 332 を示す概略図である。システム 332 は、上述のシステム 296 と同様に構成することができ、同じエレメントには同じ符号が付けられている。しかし、図 14 の例示的実施形態では、それぞれの直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180へ印加される直交方向ステアリング電圧信号 334、336、338、340 は、プルーフ・マス 108、110を駆動するために使用される駆動電圧 $V_D(t)$ 信号の成分を含むことができる。このような構成では、駆動電圧 $V_D(t)$ 源と直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180との間に直列に配された抵抗器 300、302、304、306 は、直交方向ステアリング電圧信号 334、336、338、340 の大きさを下げるために使用されて、駆動電圧 $V_D(t)$ 信号の大きさの何分の一かにする。

【0074】

それぞれの直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180へ印加される時間変化電圧信号 334、336、338、340 は、駆動電圧 $V_D(t)$ 信号と同相なので、直交方向ステアリング電圧部材 174、176、178、180とそれぞれのプルーフ・マス 108、110との間に誘起される静電気力は、動作環境内の温度変動から

生ずるいかなる直交方向運動とも同相になる。従って、このようにして駆動電圧信号から直交方向ステアリング電圧信号を導出することによって、システム 332 は、温度に起因するブルーフ・マス 108、110 のいかなる直交方向の運動も補償することができるようになる。

【0075】

ここまで本発明の幾つかの実施形態について説明してきたが、当業者ならば、本明細書に添付の特許請求の範囲に含まれる他の実施形態を構成および使用できることを、容易に理解できるであろう。本明細書に包含される本発明の利点の多くについては、これまでの説明の中で述べてきた。この開示が、多くの点で例示に過ぎないことが理解されよう。詳細については、とりわけ部品の形状、サイズ、及び配置に関しては、本発明の範囲を逸脱することなく変更を実施することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】図1は、従来技術のMEMS型ジャイロスコープの概略図である。

【図2】図2は、直交方向ステアリング電圧を使用して直交方向の運動を減少させる例示的なMEMS型ジャイロスコープの概略図である。

【図3】図3は、単一の直交方向ステアリング電圧部材を使用して駆動システムにおける直交方向運動を除去する例示的方法を示す概略図である。

【図4】図4は、複数の直交方向ステアリング電圧部材を使用して駆動システムにおける直交方向運動を減少させるMEMS型ジャイロスコープの概略図である。

20

【図5】図5は、複数の直交方向ステアリング電圧部材を使用して駆動システムにおける直交方向運動を除去する例示的方法を示す概略図である。

【図6】図6は、作動サイクル中の異なる段階における図5の例示的方法を示す別の概略図である。

【図7】図7は、複数の直交方向ステアリング電圧部材を使用して駆動システムにおける直交方向運動を減少させる他の例示的方法を示す概略図である。

【図8】図8は、作動サイクル中の異なる段階における図7の例示的方法を示す別の概略図である。

【図9】図9は、各々に幾つかの内側に突き出たフィンガを備える直交方向ステアリング電圧部材を使用して、駆動システムにおける直交方向運動を減少させる代替のシステムの概略図である。

30

【図10】図10は、各々に単一の内側に突き出たフィンガを備える直交方向ステアリング電圧部材を使用して、駆動システムにおける直交方向運動を減少させる他の代替のシステムの概略図である。

【図11】図11は、直交方向ステアリング電圧部材の配列を使用して駆動システムにおける直交方向運動を減少させる他の代替のシステムの概略図である。

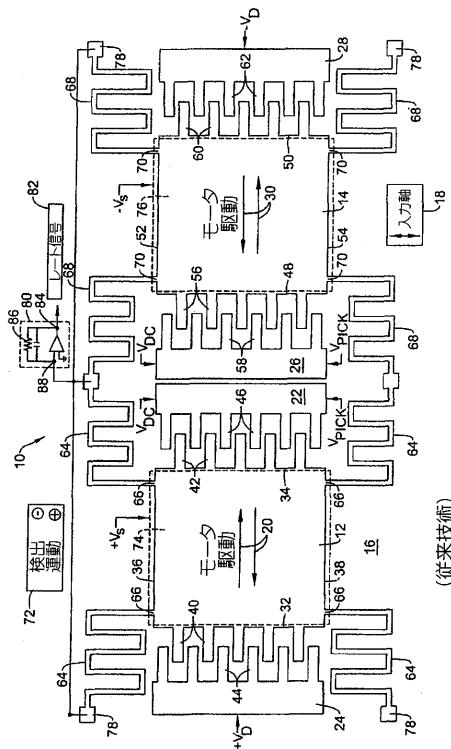
【図12】図12は、幾つかの直交方向ステアリング電圧電極パッドを使用して駆動システムにおける直交方向運動を減少させる他の代替のシステムの概略図である。

【図13】図13は、AC直交方向ステアリング電圧を使用して直交方向運動を減少させる例示的システムを示す概略図である。

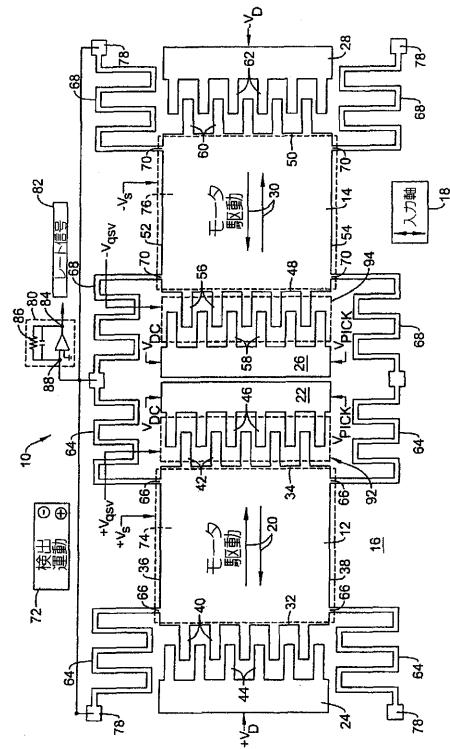
40

【図14】図14は、駆動電圧源から導出されるAC直交方向ステアリング電圧を使用して直交方向運動を減少させる他の代替のシステムを示す概略図である。

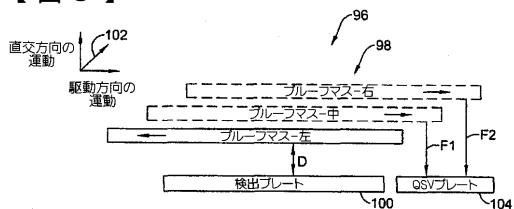
【 図 1 】



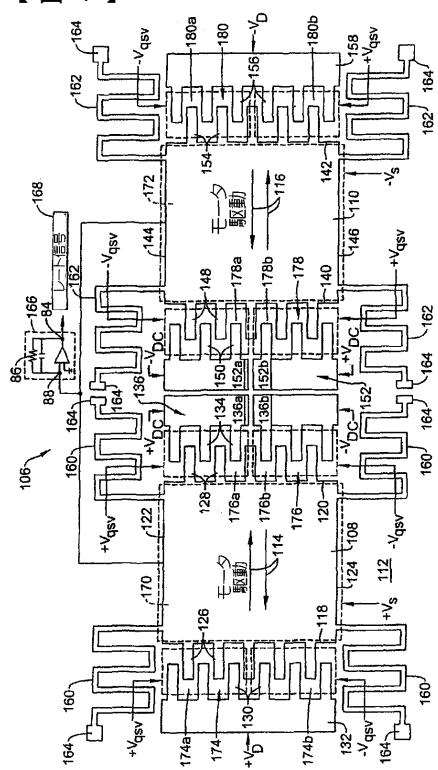
【 図 2 】



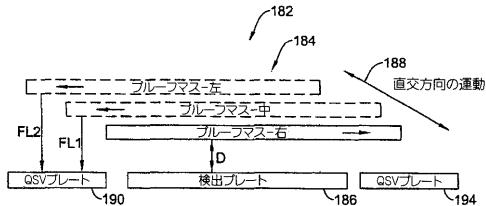
【 図 3 】



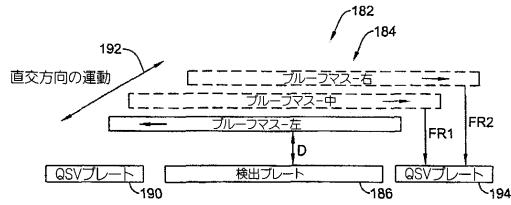
【 四 4 】



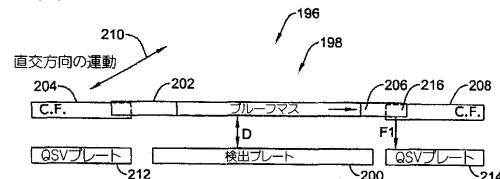
【図5】



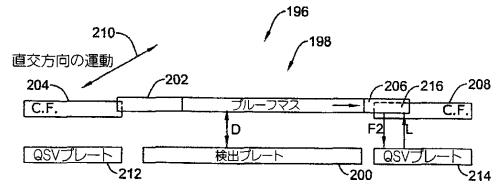
【 四 6 】



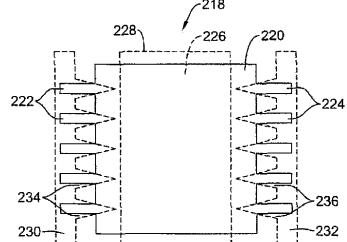
【図7】



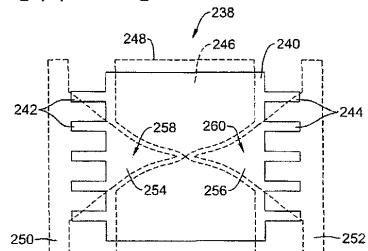
【 四 8 】



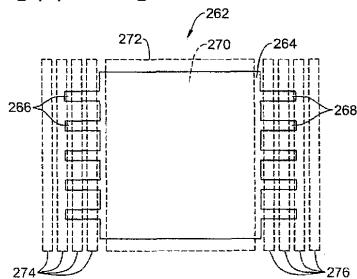
【 図 9 】



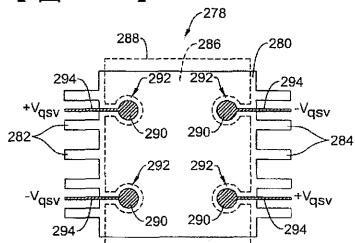
【 囮 1 0 】



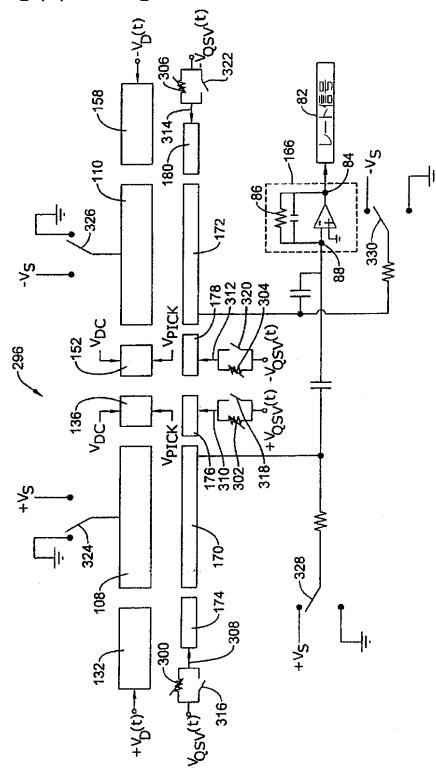
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

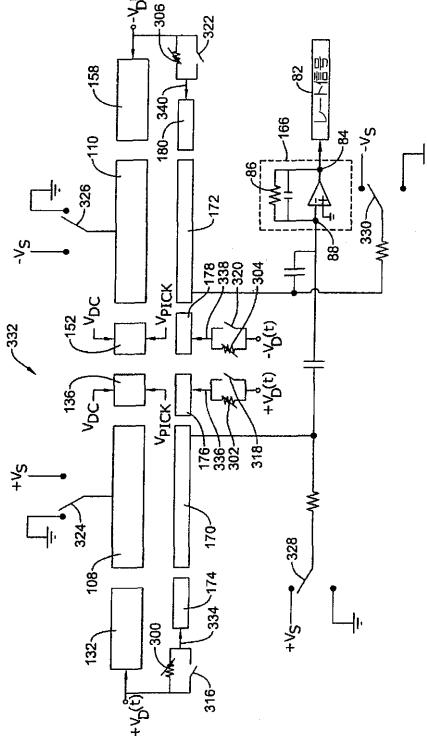


【 図 1 3 】



(21)

【図14】



【手続補正書】

【提出日】平成19年7月10日(2007.7.10)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

MEMS型ジャイロスコープであって、

時間で変化する駆動電圧源に結合され、支持基板の上方の駆動面で振動するように構成される1又は複数のブルーフ・マスと、

前記1又は複数のブルーフ・マスの各々に隣接して配置される少なくとも1つの検出電極と、

前記1又は複数のブルーフ・マスに結合され、前記1又は複数のブルーフ・マスと対応する検出電極との間に電荷を生成するように構成される検出バイアス電圧源と、

前記1又は複数のブルーフ・マスに作用するコリオリの力を測定し、入力軸についての前記ジャイロスコープの回転レートに対応するレート信号を出力する検出手段と、

前記1又は複数のブルーフ・マスの各々に隣接して配置され、それぞれに或る電圧に電気的に結合される1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材と

を備えるMEMS型ジャイロスコープ。

【請求項2】

請求項1に記載のMEMS型ジャイロスコープであって、前記1又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記電圧がDC電圧である、MEMS型ジャイロスコープ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記電圧が A C 電圧である、 M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記 A C 電圧が前記駆動電圧源と同相である、 M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材に結合される前記電圧が、前記駆動電圧源の成分である、 M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材へ印加される前記電圧の大きさが、前記駆動電圧源の大きさより小さい、 M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材へ印加される前記電圧の大きさが、前記駆動電圧源の大きさと実質的に等しい、 M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 8】

請求項 5 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記駆動電圧源とそれぞれの前記直交方向ステアリング電圧部材との間に直列に配置された抵抗素子を更に備える、 M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記 1 又は複数の直交方向ステアリング電圧部材へ印加される前記電圧がゼロにされる、 M E M S 型ジャイロスコープ。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の M E M S 型ジャイロスコープであって、前記検出手段が電荷増幅器を含む、 M E M S 型ジャイロスコープ。

フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100096068

弁理士 大塚 住江

(72)発明者 ハワード・ビー・フレンチ

アメリカ合衆国ミネソタ州55113, ファルコン・ハイツ, ガーデン・アベニュー 1597

(72)発明者 マーク・ダブリュー・ウェーバー

アメリカ合衆国ミネソタ州55398, ズィマーマン, トウハンドレッドアンドフォーティセブン
ス・アベニュー 11560

F ターム(参考) 2F105 BB08 CC04 CD03 CD05 CD11 CD13

【外國語明細書】

2007304099000001.pdf