

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-501241
(P2013-501241A)

(43) 公表日 平成25年1月10日(2013.1.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1C 19/5712 (2012.01)	GO1C 19/56 212	2F105
HO1L 29/84 (2006.01)	HO1L 29/84 A	3C081
B81B 3/00 (2006.01)	HO1L 29/84 Z	4M112
	B81B 3/00	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2012-523642 (P2012-523642)
 (86) (22) 出願日 平成22年7月27日 (2010. 7. 27)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年2月29日 (2012. 2. 29)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/043312
 (87) 国際公開番号 W02011/017069
 (87) 国際公開日 平成23年2月10日 (2011. 2. 10)
 (31) 優先権主張番号 12/535, 477
 (32) 優先日 平成21年8月4日 (2009. 8. 4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 505274818
 アナログ デバイシス, インコーポレイ
 テッド
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02
 062-9106, ノーウッド, ワン
 テクノロジー ウェイ
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策
 (74) 代理人 100062409
 弁理士 安村 高明
 (74) 代理人 100113413
 弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直交誤差に対する感度および微細加工の不正確さを低減した慣性センサ

(57) 【要約】

直交誤差に対する感度および微細加工の不正確さを低減した慣性センサは、デバイス面における2つの直交軸（感度軸）周りの回転を感知するための2つの特別に構成された1軸ジャイロスコープを組み込んだ、ジャイロスコープを含み、各1軸ジャイロスコープは、フォークによって相互接続された2つの回転可能にディザリングされたシャトルを含み、各シャトルは、感度軸に垂直な傾斜軸に沿って面外に傾斜するように構成され、かつ傾斜軸に垂直な（すなわち、感度軸に平行な）軸に沿って位置付けられる対応するコリオリ検出電極を含む。2つの1軸ジャイロスコープは、例えば、フォークおよび/またはシャトルを相互接続する1つ以上の同相または逆相カップリングによって相互接続され得る。

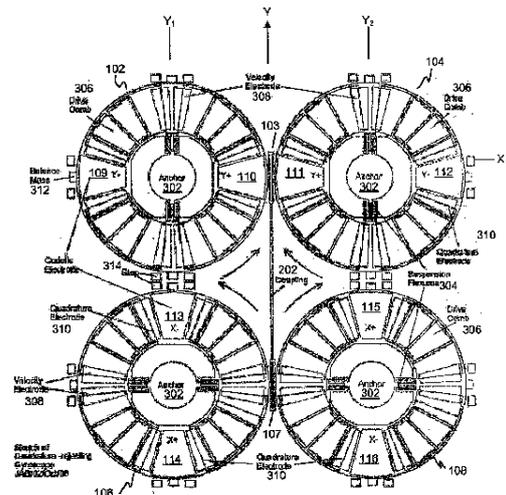


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

MEMS ジャイロスコープであって、

デバイス面内の第 1 の軸（例えば、 x 軸）の周りの回転を感知するように構成された第 1 の共振器であって、該第 1 の共振器は、第 1 の複数のサスペンションフレキシヤによって懸架され、かつ第 1 のフォークによって相互接続された第 1 の対のシャトルを含み、該第 1 の複数のサスペンションフレキシヤは、該第 1 の対のシャトルが、該デバイス面内で回転可能にディザリングされ、かつ該第 1 の軸に直角なそれぞれの傾斜軸（例えば、軸 y_1 および軸 y_2 ）の周りで面外に傾斜することを可能にするように構成されている、第 1 の共振器と、

10

該デバイス面内の該第 1 の軸に垂直な第 2 の軸（例えば、 y 軸）の周りの回転を感知するように構成された第 2 の共振器であって、該第 2 の共振器は、第 2 の複数のサスペンションフレキシヤによって懸架され、かつ第 2 のフォークによって相互接続された第 2 の対のシャトルを含み、該第 2 の複数のサスペンションフレキシヤは、該第 2 の対のシャトルが、該デバイス面内で回転可能にディザリングされ、かつ該第 2 の軸に直角な傾斜軸（例えば、軸 x_2 ）の周りで面外に傾斜することを可能にするように構成されている、第 2 の共振器と、

該第 1 の対のシャトルのそれぞれの傾斜軸（例えば、軸 y_1 および軸 y_2 ）の周りの該第 1 の対のシャトルの傾斜を感知するために、該第 1 の対のシャトルの下側にあり、かつ該第 1 の軸に平行な軸（例えば、軸 x_1 ）に沿って位置付けられる、第 1 の組のコリオリ感知電極と、

20

該第 2 の対のシャトルの傾斜軸（例えば、軸 x_2 ）の周りの該第 2 の対のシャトルの傾斜を感知するために、該第 2 の対のシャトルの下側にあり、かつ該第 1 の共振器傾斜軸（例えば、軸 y_1 および軸 y_2 ）に沿って位置付けられる、第 2 の組のコリオリ感知電極とを備える、MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 2】

前記第 1 の共振器および前記第 2 の共振器は、相互に同相で動作する、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 3】

前記第 1 の共振器および前記第 2 の共振器は、相互に逆相で動作する、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

30

【請求項 4】

前記サスペンションフレキシヤは、少なくとも 1 つの細長い部材と、少なくとも 1 つの短い部材とを含み、各シャトルのサスペンションフレキシヤは、該細長い部材が前記シャトルの傾斜軸に平行であるように配置される、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 5】

各シャトルは、該シャトルの外周内で懸架される、請求項 4 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 6】

各シャトルは、2 つのサスペンションフレキシヤおよび 1 つの中央アンカーによって懸架される、請求項 5 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

40

【請求項 7】

各シャトルは、該シャトルの外周の外側に懸架される、請求項 4 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 8】

各シャトルは、4 つのサスペンションフレキシヤによって懸架される、請求項 7 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 9】

前記第 1 のフォークおよび前記第 2 のフォークは、実質的に同じものである、請求項 1

50

に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項10】

前記第1のフォークおよび前記第2のフォークが異なる、請求項1に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項11】

前記第1のフォークは閉ループのフォークであり、前記第2のフォークは分割されたフォークである、請求項10に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項12】

前記共振器が位相固定様式で動作するように、前記第1および第2の共振器を相互接続する少なくとも1つのカップリングをさらに備える、請求項1に記載のMEMSジャイロスコープ。

10

【請求項13】

前記共振器は、相互に同相で動作し、前記少なくとも1つのカップリングは、同相カップリングである、請求項12に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項14】

前記同相カップリングは、その長さに沿った平行移動を連結するために前記デバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外の曲げに対して順応性である、細長いバーを含む、請求項13に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項15】

前記バーカップリングおよび前記フォークの角度剛性に対する、前記傾斜軸周りの前記サスペンションフレキシシャのねじり剛性の比率は、約100～1000の間である、請求項14に記載のMEMSジャイロスコープ。

20

【請求項16】

前記共振器は、相互に逆相で動作し、前記少なくとも1つのカップリングは、逆相カップリングである、請求項12に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項17】

前記少なくとも1つのカップリングは、前記第1のフォークと前記第2のフォークとを接続するカップリングを含む、請求項12に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項18】

前記少なくとも1つのカップリングは、
前記第1の共振器の第1のシャトルと前記第2の共振器の第1のシャトルとを接続する、第1のカップリングと、
該第1の共振器の第2のシャトルと該第2の共振器の第2のシャトルとを接続する、第2のカップリングと
を含む、請求項12に記載のMEMSジャイロスコープ。

30

【請求項19】

前記シャトルを回転可能にデザインするように構成されている複数のドライバと、
該シャトルの回転可能にデザインされた運動を感知するために構成されている複数の速度感知電極と、
該シャトルの下側にある複数の同相調整電極と、
該シャトルの下側にある複数の直交調整電極と
をさらに備える、請求項1に記載のMEMSジャイロスコープ。

40

【請求項20】

MEMSジャイロスコープであって、
デバイス面内の感度軸周りの回転を感知するために構成される共振器シャトルと、
該シャトルが、該デバイス面内で回転可能にデザインされ、かつ該感度軸に直角な傾斜軸周りに面外に傾斜することを可能にするように構成される一組のサスペンションフレキシシャであって、該サスペンションフレキシシャは、少なくとも1つの細長い部材と、少なくとも1つの短い部材とを含み、該サスペンションフレキシシャは、該細長い部材が該傾

50

斜軸に平行であるように配置される、一組のサスペンションフレキシャとを備える、MEMSジャイロスコープ。

【請求項 2 1】

前記シャトルの下側にあり、かつ前記傾斜軸周りの前記シャトルの傾斜を感知するために、該傾斜軸に直角な軸に沿って位置付けられる、一組のコリオリ感知電極をさらに備える、請求項 2 0 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 2 2】

MEMS ジャイロスコープであって、デバイス面内で共振し、かつ該デバイス面内の第 1 の軸周りの回転を感知するために構成される、第 1 の共振器と、

該デバイス面内で共振し、かつ該デバイス面内の該第 1 の軸に直角な第 2 の軸周りの回転を感知するために構成される、第 2 の共振器と、

該第 1 および第 2 の共振器を相互接続する少なくとも 1 つのカップリングであって、該第 1 および第 2 の共振器の共振を固定し、他の共振器に対する各共振器の面外の動きの伝達を実質的に防止するように構成される、少なくとも 1 つのカップリングとを備える、MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 2 3】

各共振器は、フォークによって相互接続された 2 つのシャトルを含み、前記少なくとも 1 つのカップリングは、前記フォークを相互接続する、請求項 2 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 2 4】

各共振器は、フォークによって相互接続された 2 つのシャトルを含み、前記少なくとも 1 つのカップリングは、

前記第 1 の共振器の第 1 のシャトルと前記第 2 の共振器の第 1 のシャトルとを接続する、第 1 のカップリングと、

該第 1 の共振器の第 2 のシャトルと該第 2 の共振器の第 2 のシャトルとを接続する、第 2 のカップリングと

を含む、請求項 2 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 2 5】

前記共振器は、相互に同相で動作し、前記少なくとも 1 つのカップリングは、同相カップリングである、請求項 2 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 2 6】

前記同相カップリングは、その長さに沿った平行移動を連結するために前記デバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外の曲げに対して順応性である、細長いバーを含む、請求項 2 5 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 2 7】

前記共振器は、相互に逆相で動作し、前記カップリングは、逆相カップリングである、請求項 2 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細加工された慣性センサに関し、より具体的には、直交誤差に対する感度、および共振器のシャトルを支持するために使用されるフレキシャの側壁角度の非対称性等の、微細加工の不正確さを低減した慣性センサに関する。

【背景技術】

【0002】

微細加工された (MEMS) ジャイロスコープは、有用な市販品として確立されてきた。概して、MEMS ジャイロスコープは、2 つの高性能 MEMS デバイスを組み込んでおり、具体的には、自己同調型共振器を駆動軸に組み込み、超小型加速度センサを感知軸に

10

20

30

40

50

組み込んでいる。ジャイロスコープの性能は、とりわけ、製造ばらつき、パッケージングの際の誤差、駆動、直線加速、温度等に対して非常に敏感である。角速度感知ジャイロスコープの動作の基本原則は、十分に理解されており、先行技術に記載されている（例えば、Geen, et al., New iMEMS Angular-Rate-Sensing Gyroscope, Analog Devices, Inc., Analog Dialog 37-03 (2003)、<http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/37-03/gyro.html>で入手可能であり、参照によりその全体が本明細書に援用される）。

【0003】

離散質量を伴う振動感知型角速度ジャイロスコープの原則には長い歴史がある（例えば、Lymanの特許文献1およびLymanの特許文献2を参照されたい。それぞれ、参照によりその全体が本明細書に援用される）。概して、振動速度ジャイロスコープは、試験質量（本明細書では、「シャトル」または「共振器」とも称される）を振動させることによって機能する。振動は、共振周波数でばね-質量-ダンパー系に適用される周期力によって発生する。共振で動作することで、適用された力に対する振動振幅を大きくすることができる。ジャイロスコープが回転すると、振動試験質量には、被駆動振動および回転の両方に直角な方向にコリオリ加速度が発生する。コリオリ加速度の大きさは、振動試験質量の速度および回転速度に比例する。結果として生じるコリオリ加速度は、試験質量の撓みを検知することによって測定することができる。そのような試験質量の撓みを検知するために使用される電気的および機械的構造は、一般に、加速度計と称される。

【0004】

微細加工されたジャイロスコープについてより問題になる製造誤差のうちの1つは、フレキシャのエッチング中に生成される側壁角度の非対称性である。これは、面内（X-Y軸）および面外（Z軸）にクロスカップリングする傾向がある。例えば、特許文献3~8（それぞれが参照によりその全体が本明細書に援用される）に記載されるタイプのX-Yジャイロスコープにおいて、そのような非対称性は、いわゆる「直交」干渉信号、すなわち共振器の変位と同相でのコリオリ加速度計の動作をもたらす可能性がある。このクロスカップリングは、名目上、典型的な生成プロセスの約1%である。特別な生成手段は、それを0.1%まで低減することができるが、高エッチング速度（従って、低コスト）のための最適化されたプロセスでは、それが5%程度になることもあり得る。対照的に、低コストの消費者向けジャイロのフルスケール信号は、一般的に、わずか0.001%であり、必要とされる解像度は、フルスケールよりも数千倍~数万倍も小さい可能性がある。したがって、干渉信号が比較的大きく、ほぼ不可能なダイナミックレンジ要件をジャイロエレクトロニクスに課す。直交信号は、他の開示に記載されているように、適切な電極を使用した静的トリミングおよびサーボでゼロにすることができる。しかしながら、サーボのトリムおよびダイナミックレンジの安定性要件は、依然として、高速大量生産に付随する許容限度を伴う、極めて困難な電子的制約である。

【0005】

面内（すなわち、Z軸周り）の角度振動を伴う対称構造は、コリオリ誘発された面外（すなわち、X-Y軸周り）の傾斜を生成する。概して、粗悪な側壁を伴うフレキシャによって生成される面外の傾斜は、フレキシャの長寸法に直角な軸の周りである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第2309853号明細書

【特許文献2】米国特許第2513340号明細書

【特許文献3】米国特許第5635640号明細書

【特許文献4】米国特許第5869760号明細書

【特許文献5】米国特許第6837107号明細書

【特許文献6】米国特許第6505511号明細書

10

20

30

40

50

【特許文献7】米国特許第6122961号明細書

【特許文献8】米国特許第6877374号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面によれば、MEMSジャイロスコープであって、デバイス面内の第1の軸（例えば、x軸）周りの回転を感知するために構成される、第1の共振器であって、第1の共振器は、第1の複数のサスペンションフレキシャによって懸架され、かつ第1のフォークによって相互接続された第1の対のシャトルを含み、第1の複数のサスペンションフレキシャは、第1の対のシャトルが、デバイス面内で回転可能にディザリングされ、かつ第1の軸に直角なそれぞれの傾斜軸（例えば、軸y1および軸y2）周りに面外に傾斜することを可能にするように構成される、第1の共振器と、デバイス面内の第1の軸に垂直な第2の軸（例えば、y軸）周りの回転を感知するために構成される、第2の共振器であって、第2の共振器は、第2の複数のサスペンションフレキシャによって懸架され、かつ第2のフォークによって相互接続された第2の対のシャトルを含み、第2の複数のサスペンションフレキシャは、第2の対のシャトルが、デバイス面内で回転可能にディザリングされ、かつ第2の軸に直角な傾斜軸（例えば、軸x2）周りに面外に傾斜することを可能にするように構成される、第2の共振器と、第1の対のシャトルのそれぞれの傾斜軸（例えば、軸y1および軸y2）周りの第1の対のシャトルの傾斜を感知するために、第1の対のシャトルの下側にあり、かつ第1の軸に平行な軸（例えば、軸x1）に沿って位置付けられる、第1の組のコリオリ感知電極と、第2の対のシャトルの傾斜軸（例えば、軸x2）周りの第2の対のシャトルの傾斜を感知するために、第2の対のシャトルの下側にあり、かつ第1の共振器傾斜軸（例えば、軸y1および軸y2）に沿って位置付けられる、第2の組のコリオリ感知電極と、を備える、MEMSジャイロスコープが提供される。

【0008】

種々の代替の実施形態において、第1および第2の共振器は、相互に同相で動作してもよく、または相互に逆相で動作してもよい。サスペンションフレキシャは、少なくとも1つの細長い部材と、少なくとも1つの短い部材とを含んでもよく、各シャトルのサスペンションフレキシャは、細長い部材がシャトルの傾斜軸に平行であるように配置されてもよい。各シャトルは、その外周内で、例えば、2つのサスペンションフレキシャおよび1つの中央アンカーによって懸架されてもよい。代替として、各シャトルは、その外周の外側に、例えば、4つのサスペンションフレキシャによって懸架されてもよい。第1および第2のフォークは、実質的に同じものであってもよく、または異なるように構成されてもよい（例えば、第1のフォークは、閉ループのフォークであってもよく、第2のフォークは、分割されたフォークであってもよい）。第1および第2の共振器は、共振器が位相固定様式で動作するように、1つ以上のカップリングによって（例えば、フォークを介して、または隣接するシャトルを介して）機械的に連結されてもよい。例えば、共振器は、相互に同相で動作してもよく、カップリングは、その長さに沿った平行移動を連結するためにデバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外での曲げに対して順応性である、細長いバー等の、同相カップリングであってもよい（例えば、バーカップリングおよびフォークの角度剛性に対する、傾斜軸周りのサスペンションフレキシャのねじり剛性の比率は、約100～1000の間である）。代替として、共振器は、相互に逆相で動作してもよく、カップリングは、逆相カップリングであってもよい。ジャイロスコープはまた、シャトルを回転可能にディザリングするために構成される、複数のドライバ、シャトルの回転可能にディザリングされた運動を感知するために構成される、複数の速度感知電極、シャトルの下側にある複数の同相調整電極、および/またはシャトルの下側にある複数の直交調整電極を含んでもよい。

【0009】

本発明の別の側面によれば、デバイス面内の感度軸周りの回転を感知するために構成される、共振器シャトルと、シャトルが、デバイス面内で回転可能にディザリングされ、か

10

20

30

40

50

つ感度軸に直角な傾斜軸周りに面外に傾斜することを可能にするように構成される、一組のサスペンションフレキシヤであって、サスペンションフレキシヤは、少なくとも1つの細長い部材と、少なくとも1つの短い部材とを含み、サスペンションフレキシヤは、細長い部材が傾斜軸に平行であるように配置される、一組のサスペンションフレキシヤと、を備える、MEMSジャイロスコープが提供される。

【0010】

ジャイロスコープはまた、シャトルの下側にあり、かつ傾斜軸周りのシャトルの傾斜を感知するために、傾斜軸に直角な軸に沿って位置付けられる、一組のコリオリ感知電極を含んでもよい。

【0011】

本発明の別の側面によれば、デバイス面内で共振し、かつデバイス面内の第1の軸周りの回転を感知するために構成される、第1の共振器と、デバイス面内で共振し、かつデバイス面内の第1の軸に直角な第2の軸周りの回転を感知するために構成される、第2の共振器と、第1および第2の共振器を相互接続する少なくとも1つのカップリングであって、第1および第2の共振器の共振を固定し、他の共振器に対する各共振器の面外の動きの伝達を実質的に防止するように構成される、少なくとも1つのカップリングと、を備える、MEMSジャイロスコープが提供される。

【0012】

各共振器は、フォークによって相互接続する2つのシャトルを含んでもよく、少なくとも1つのカップリングは、フォークを相互接続してもよい。代替として、各共振器は、フォークによって相互接続された2つのシャトルを含んでもよく、少なくとも1つのカップリングは、第1の共振器の第1のシャトルと第2の共振器の第1のシャトルとを接続する、第1のカップリングと、第1の共振器の第2のシャトルと第2の共振器の第2のシャトルとを接続する、第2のカップリングと、を含んでもよい。例えば、共振器は、相互に同相で動作してもよく、カップリングは、その長さに沿った平行移動を連結するためにデバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外の曲げに対して順応性である、細長いバー等の、同相カップリングであってもよい（例えば、パークカップリングおよびフォークの角度剛性に対する、傾斜軸周りのサスペンションフレキシヤのねじり剛性の比率は、約100～1000の間である）。代替として、共振器は、相互に逆相で動作してもよく、カップリングは、逆相カップリングであってもよい。

【0013】

本発明の上述および利点は、添付の図面を参照して、以下の詳細な説明からより明白となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、本発明の例示的实施形態によるX-Y軸ジャイロスコープを示す概略図である。

【図2】図2は、本発明の例示的实施形態による、バーによって相互接続されたフォーク103および107を伴う図1のジャイロスコープを示す概略図である。

【図3】図3は、本発明の例示的实施形態による、図2に示され、かつフレキシヤの第1の構成を有するタイプの例示的なジャイロスコープを示す概略図である。

【図4】図4は、本発明の例示的实施形態による、図2に示され、かつフレキシヤの第2の構成を有するタイプの例示的なジャイロスコープを示す概略図である。

【図5】図5は、本発明の例示的实施形態による、シャトルが実質的に正方形である、代替の実施形態を示す概略図である。

【図6A】図6は、本発明の例示的实施形態による逆相カップリングを示す概略図であり、図6Aは、逆相カップリングを詳細に示す図であり、図6Bは、ジャイロスコープのフォークに接続された逆相カップリングを示す図である。

【図6B】図6は、本発明の例示的实施形態による逆相カップリングを示す概略図であり

10

20

30

40

50

、図 6 A は、逆相カップリングを詳細に示す図であり、図 6 B は、ジャイロスコープのフォークに接続された逆相カップリングを示す図である。

【図 7 A】図 7 は、本発明の別の例示的实施形態による逆相カップリングを示す概略図であり、図 7 A は、逆相カップリングを詳細に示す図であり、図 7 B は、ジャイロスコープのフォークに接続された逆相カップリングを示す図である。

【図 7 B】図 7 は、本発明の別の例示的实施形態による逆相カップリングを示す概略図であり、図 7 A は、逆相カップリングを詳細に示す図であり、図 7 B は、ジャイロスコープのフォークに接続された逆相カップリングを示す図である。

【図 8】図 8 は、本発明の例示的实施形態によるカップリングによって相互接続された隣接するシャトルの各対を伴うジャイロスコープを示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

前述の図およびその中に表される要素は、必ずしも一貫した尺度または任意の尺度で描かれているわけではないことに留意されたい。文脈で他に提示されていない限り、同様の要素は、同様の符号によって示される。

【0016】

定義。本明細書および添付の特許請求の範囲で用いられるように、以下の用語は、文脈上異なる解釈を要する場合を除き、示される意味を有するものとする。

【0017】

1つの「組」は、1つ以上の部材を含む。

【0018】

本発明の例示的实施形態において、X - Y 軸ジャイロスコープは、デバイス面内の2つの直交軸（感度軸）周りの回転を感知するために、2つの特別に構成された1軸ジャイロスコープを組み込んでいる。各1軸ジャイロスコープは、カップリング（以下、便宜上、「フォーク」と称する）によって相互接続された2つの回転可能にディザリングされたシャトルを有し、各シャトルは、感度軸に直角な傾斜軸に沿って面外に傾斜するように構成され、かつ傾斜軸に直角な（すなわち、感度軸に平行な）軸に沿って位置付けられる、対応するコリオリ感知電極を含む。とりわけ、そのような構成は、傾斜軸に沿ったシャトルの面外の動きに対する各1軸ジャイロスコープの感度を低減する傾向がある。

【0019】

さらに、特定の実施形態において、各シャトルを支持するサスペンションフレキシャは、製造誤差（特に、側壁角度の非対称性）が実質的に除去されるような方法で構成される。したがって、ジャイロスコープの構成は、側壁角度の品質を改善しようとするのではなく、ジャイロスコープの性能に関するそのような製造誤差の影響を低減する。その結果、より高い生産能力および収率で低コストのジャイロスコープを生産するために、MEMS だけのプロセスを使用することが経済的により実現可能になり得るが、該プロセスは、一般に、他の微細加工プロセスと比較して微細加工精度が劣っており、したがって、一般に、ジャイロスコープに対応できるプロセスであるとはみなされていない。

【0020】

特定の実施形態では、単一の共振周波数を生成するために、2つの1軸ジャイロスコープのモータ運動が連結されてもよい。以下に詳述するように、2つの1軸ジャイロスコープは、相互に同相で、または相互に逆相で動作するように、1つ以上のカップリングによって相互接続されてもよい。便宜上、同相動作に使用されるカップリングは、「同相カップリング」と称される場合があり、また、逆相動作のために使用されるカップリングは、「逆相カップリング」と称される場合がある。特定の実施形態では、2つのフォークがカップリングによって相互接続されてもよく、特定の他の実施形態では、隣接する対のシャトルがカップリングによって相互接続されてもよい。いずれにせよ、カップリングは、一般的に、一方から他方への面外の（例えば、直交）運動を伴わずに、ジャイロスコープのモータ運動を固定するように構成される。

【0021】

10

20

30

40

50

図1は、本発明の例示的实施形態によるX-Y軸ジャイロスコープ100の概略図である。この振動ジャイロスコープは、Greenの米国特許第5635640号(参照によりその全体が本明細書に組み込まれる)に開示されている原則の下で動作する。具体的には、この振動ジャイロスコープは、種々の基板層構造を有する下側の基板の上側に置かれるデバイス層(面)の中に、種々の微細加工されたジャイロスコープ構造を含む。便宜上、関連するジャイロスコープ構造は、デバイス面内で「x」および「y」と符号が付され軸(概略的に、その周りでコリオリ加速度が感知される軸(すなわち、ジャイロスコープ感知軸)を表す)、ならびにx-y軸に垂直な「z」軸を基準にして以下に記載する。

【0022】

図1に示されるように、この例示的なジャイロスコープ100は、2つの共振器を含み、それぞれが、とりわけ、シャトルがデバイス面内で相互に実質的に逆相で共振することを確実にするカップリング(以下、フォークと称する)によって相互接続された2つの回転可能にディザリングされた質量(以下、シャトルと称する)を含む。具体的には、共振器101は、フォーク103によって相互接続されたシャトル102および104を含み、共振器105は、フォーク107によって相互接続されたシャトル106および108を含む。シャトル102および104は、x軸に平行な軸x1に沿って中央に置かれ、シャトル106および108は、x軸に平行な軸x2に沿って中央に置かれる。シャトル102および106は、y軸に平行な軸y1に沿って中央に置かれ、シャトル104および108は、y軸に平行な軸y2に沿って中央に置かれる。シャトル102および104は、それぞれ、AおよびBと符号が付されz方向の軸周りで回転可能にディザリングされ、シャトル106および108は、それぞれ、CおよびDと符号が付されz方向の軸周りで回転可能にディザリングされる。概して、そのような相互接続されたシャトルの対は、コストのかかる装着分離の必要性を除去するが、その理由は、とりわけ、モータ振動の運動量が、共振器を装着損失に対して鈍感にするように、局所的に相殺される傾向があること、および加速度計の非対称性が、共振器を、外部加速、モータ周波数での外部振動、および金型の応力等に対して鈍感にする傾向があるからである。以下に詳述するように、シャトルが共振している時、主にジャイロスコープがx軸および/またはy軸周りに回転した時にコリオリ力によって生じるシャトルの面外の動きは、下側にある基板上に配置された種々のコリオリ検出電極によって感知される。

【0023】

さらに、例示的なジャイロスコープ100において、一方の共振器は、x軸周りだけの回転を感知するように構成され、他方の共振器は、y軸周りだけの回転を感知するように構成される。具体的には、共振器101は、軸y1および軸y2(それぞれy1軸およびy2軸に沿ってシャトル102および104内に描かれる垂直の破線によって表される)それぞれだけに沿って傾くように懸架されたシャトル102および104と、直角な軸x1に実質的に沿ってシャトル102および104の下に配置されたコリオリ感知電極(109、110)および(111、112)とによって、x軸周りだけの回転を感知するように構成される。コリオリ感知電極109および112は、実質的に相互に同相で動作する一方で、コリオリ感知電極110および111は、実質的に相互に同相で動作するが、コリオリ感知電極109および112とは逆相で動作する(すなわち、シャトル102および104がコリオリ感知電極109および112に向かって傾斜した時に、それらは、コリオリ感知電極110および111から離れて傾斜し、逆もまた同様である)。同様に、共振器105は、軸x2(x2軸に沿ってシャトル106および108内に描かれる水平の破線によって表される)だけに沿って傾くように懸架されたシャトル106および108と、直角なy1軸およびy2軸それぞれに実質的に沿ってシャトル106および108の下に配置されたコリオリ感知電極(113、114)および(115、116)とによって、y軸周りだけの回転を感知するように構成される。コリオリ感知電極113および116は、実質的に相互に同相で動作する一方で、コリオリ感知電極114および115は、実質的に相互に同相で動作するが、コリオリ感知電極113および116とは逆相で動作する(すなわち、シャトル106および108がコリオリ感知電極113および1

16 に向かって傾斜した時に、それらは、コリオリ感知電極 114 および 115 から離れて傾斜し、逆もまた同様である)。以下に詳述するように、そのようなコリオリ検出電極の配置は、それらを、シャトルの傾斜軸周りの傾斜に対しては敏感にするが、シャトルの傾斜軸に直角な軸回りの傾斜に対しては敏感にしない。

【0024】

ジャイロスコープ 100 は、一般的に、シャトルの共振を駆動するための駆動電極、シャトルの共振を感知するための速度感知電極、ならびに種々のタイプの誤差源に対する補償信号を提供するための同相補償電極等の、種々の他のタイプの構造（簡潔に説明するため、図 1 には示さず）を含む。典型的な実施形態において、これらの電極は、対応する共振器構造に静電的に連結されるが、種々の代替の実施形態では、他のタイプの構造（例えば、圧電ドライバ/センサ）を使用してもよい。これらのタイプの構造、ならびに関連する回路は、当技術分野において知られている。

10

【0025】

典型的な実施形態では、2つの共振器が相互に同相で動作し、よって、シャトル 102 および 106 は、相互に同相で共振し、シャトル 104 および 108 は、相互に同相で共振するが、シャトル 102 および 106 とは逆相で共振する。したがって、シャトル 102 および 106 が時計回り方向に移動している時、シャトル 104 および 108 は、反時計回り方向に移動しており、その逆もまた同様である。この形態において、フォーク 103 および 107 は、y 軸に沿って相互に同相で動く。

20

【0026】

共振器のシャトルの全てが位相固定様式で動作することが望ましい。とりわけ、位相固定動作は、一般に、駆動エレクトロニクスを単純化し、それによってコストおよび複雑さを抑える。また、関連するクロックエッジの移動および周波数による干渉の問題を回避する傾向もある。また、高 Q 共振器を使用した時には、Q をより十分に利用することを可能にする。

【0027】

したがって、本発明の特定の実施形態において、フォーク 103 および 107 は、共振器 101 および 105 の同相モータ共振を同時に効果的に固定する一方で、一方から他方への直交運動の伝達を除去する、単純な同相カップリング（以下、バーと称する）によって相互接続される。このバーは、その長さに沿って硬く、フォークの平行移動をその長さの方向に緊密に連結し、それによってモータ運動を同時に固定する。しかしながら、比較的細長いことで、一方の対の傾斜運動が事実上他方を連結しないように、面外の曲げに対して順応する。直交の減衰は、概略的に、バーカップリングおよびフォークの角度剛性に対する、コリオリ加速度計のねじり剛性の比率である。例示的实施形態において、比率は、他の設計制約を損なわずに、約 100 ~ 1000 の間であってもよい。したがって、有効な直交は、例えば、コリオリのフルスケールの 1/10 程度に低減することができ、よって、非常に単純な電子機器に適応させることができる。

30

【0028】

図 2 は、本発明の例示的实施形態による、バー 202 によって相互接続されたフォーク 103 および 107 を伴う図 1 のジャイロスコープを示す概略図である。定常状態において、バー 202 は、共振器 101 および 105 に機械的に連結し、よって、それらは、実質的に単一の共振周波数において同相で動作する。しかしながら、共振器 101 および / または共振器 105 のシャトルが、コリオリ力その他のため面外に傾斜した時、バー 202 は、一方の共振器が他方の共振器に連結する傾斜運動を実質的に防止するように、面外に屈曲する。

40

【0029】

前述のように、粗悪な側壁を伴うフレキシャによって生成される面外の傾斜は、一般に、フレキシャの長寸法に直角な軸周りである。そのような製造誤差がコリオリ信号を損なうことを防止するために、本発明の特定の実施形態において、各シャトルと関連するシャトルのフレキシャは、シャトルの傾斜軸に平行なフレキシャの長寸法で構成され、よって

50

、結果として生じる面外の傾斜は、一般に、シャトルの傾斜軸に直角に軸周りになる。各シャトルと関連するコリオリ感知電極は、それらが、傾斜軸に直角な軸周りの傾斜に対して実質的に鈍感であるように位置付けられるので、このシャトルのフレキシヤの構成は、フレキシヤの角度非対称性によって誘発される運動を除去する傾向があり（すなわちフレキシヤの長寸法に直角な、かつ傾斜軸にも直角な軸周り）、それによって、電子機器の制約を緩和し、コストを削減し、かつジャイロスコープの性能を改善する傾向がある。

【0030】

したがって、例えばフレキシヤ側壁の品質を（例えば、異なる材料、異なる種類のエッチング、および/または付加的な製造プロセスの使用を通して）改善することによって、粗悪なフレキシヤ側壁の問題を解決しようとするのではなく、本発明の実施形態は、その

10

【0031】

図3は、本発明の例示的实施形態による、図2に示され、かつフレキシヤの第1の構成を有するタイプの例示的なジャイロスコープを示す概略図である。ここで、各シャトルは、シャトルの傾斜軸に沿って位置付けられる中央アンカー302および一对のフレキシヤ304によって支持される。前述のように、各シャトルのためのフレキシヤ304の長寸法は、シャトルの傾斜軸に平行である。具体的には、シャトル102および104と関連するシャトルフレキシヤ304の長寸法は、y軸に平行である一方で、シャトル106および108と関連するシャトルフレキシヤ304の長寸法は、x軸に平行である。ジャイロスコープはまた、シャトルの過度な回転による損傷を防止するために、各シャトルのための4組の駆動電極306、各シャトルのための2組の速度感知電極308、各シャトルのための4組の直交補償電極310（各組は、コリオリ感知電極の反対側に位置付けられる一对の電極を含む）、各シャトル上の3つのバランス質量312、および各シャトルのための3組のストッパ314等の、種々のタイプの構造も含む。簡潔に説明するために、

20

【0032】

図4は、本発明の例示的实施形態による、図2に示され、かつフレキシヤの第2の構成を有するタイプの例示的なジャイロスコープを示す概略図である。ここで、各シャトルは、4つの外側フレキシヤ404によって支持される。前述のように、各シャトルのためのシャトルフレキシヤ404の長寸法は、シャトルの傾斜軸に平行である。具体的には、シャトル102および104と関連するシャトルフレキシヤ404の長寸法は、y軸に平行である一方で、シャトル106および108と関連するシャトルフレキシヤ404の長寸法は、x軸に平行である。この例示的实施形態において、フォーク103および107は、共振器101および105の異なる種類の動きに適応させるために、異なるように構成される。具体的には、フォーク103は、閉ループ構成を有するように示されるが、フォーク107は、分割された構成を有するように示される。フォーク103の閉ループ構成は、シャトル102および104が共振した時のそれらの面内の逆相の動き、およびシャトル102および104がy1軸およびy2軸に沿って傾斜した時のフォーク103の面外（すなわち上下）の動きの両方に適応することができる。そのような閉ループ構成は、

30

40

【0033】

回転可能にデザインされたシャトル102、104、106、108は、円形とする必要があるわけではないことに留意されたい。図5は、シャトルが実質的に正方形である、代替の実施形態を示す概略図である。このジャイロスコープ構成は、一般に、図2および図3を参照して前述したものと同様に動作するが、微細加工装置（例えば、エッチング装置）は、しばしば、直線格子に基づいており、よって、格子と整列する構造、または格子に対して45度の角度である構造は、一般に、より一貫して生成され得、よりまっす

50

ぐであり得るので、いくつかの点において、微細加工を容易にし得る。典型的な実施形態において、半径方向に配向されたコーン構造のいくつかは、駆動電極として使用される一方で、他のものは、速度を感知するために使用される。この実施形態は、2つの共振器の同相動作を連結するためのバーによって相互接続される、2つのフォークとともに示されているが、バーは、図1を参照して前述したような特定の実施形態から省略されてもよいことに留意されたい。

【0034】

前述した実施形態において、図1の共振器101および105は、相互に同相で動作する。特定の代替の実施形態において、図1に示されるジャイロスコープの共振器101および105は、「クロスクワッド(cross-quad)」構成(米国特許第7421897号(参照によりその全体が本明細書に組み込まれる)は、種々の水平および垂直カップリングによって機械的に連結される外側フレーム内で懸架される直線状にディザリングされた質量を有する、例示的な「クロスクワッド」ジャイロスコープを開示している)に類似した様式で、相互に逆相で動作し得、よって、シャトル102および108は、相互に同相で共振し、シャトル104および106は、相互に同相で共振し、かつシャトル102および108とは逆相に共振する。したがって、シャトル102および108が時計回り方向に動いている時、シャトル104および106は、反時計回り方向に動いており、逆の場合も同様である。この形態において、フォーク103および107は、相互に逆相で動く。

【0035】

そのような逆相動作のために共振器の相を固定するために、フォーク103および107は、単一の共振周波数を得るように機械的に連結されてもよいが、バーは、フォークの逆相の動きに対抗する傾向があり、したがって、共振器が共振するのを防止する傾向があるので、カップリングは、一般に、図2に示されるような単純なバーにはならない。その代わりに、フォークを連結するために、逆相の動きは可能にするが、y軸に沿ったフォークの同相の動きを防止する、逆相カップリングを使用することができる。そのような逆相カップリングは、一般に、単純なバーよりも複雑である。

【0036】

図6は、本発明の1つの例示的实施形態による逆相カップリング600を示す概略図である。図6Aに示されるように、この逆相カップリング600は、4つの側部フレキシャ606、608、609、および610によるボックス状の構造を含む。フレキシャ606は、実質的にその中間点で、バー670によってフォーク107に連結される一方で、フレキシャ610は、実質的にその中間点で、バー630によってフォーク103に連結される。フレキシャ606は、それぞれが2つの固定されたフレキシャ602を有する、2つのダンベル形状の支持構造604によって支持される。固定されたフレキシャ604がフレキシャ606と接触する点は、枢動点としての機能を果たし、よって、バー670が下向きに引っ張られた時、フレキシャ608、609、および610は、上向きに動く傾向があり、逆もまた同様である。図6Bは、ジャイロスコープのフォーク103および107に接続された逆相カップリング600を概略的に示す。

【0037】

図7は、本発明の別の例示的实施形態による逆相カップリング700を示す概略図である。図7Aに示されるように、この逆相カップリング700は、2つの固定されたフレキシャ702を有するダンベル形状の支持構造704によって実質的にその中間点で支持されるフレキシャ706を伴う、シーソーのような構造を含む。固定された構造704がフレキシャ706と接触する点は、枢動点としての機能を果たし、よって、バー770が下向きに引っ張られた時、バー730は、上向きに動く傾向があり、逆もまた同様である。図7Bは、ジャイロスコープフォーク103および107に接続された逆相カップリング700を概略的に示す。この例示的实施形態において、シャトル106および108は、逆相カップリング700の幾何学形状に適応するように、軸y1およびy2からオフセットされる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

別の例示的な逆相カップリングは、米国特許第 7 4 2 1 8 9 7 号に記載されており、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。この逆相カップリングは、フォークの 1 つに接続される、第 1 の対の相互接続されたレバーであって、第 1 のレバーおよび第 2 のレバーを含む、第 1 の対のレバーと、他のフォークに接続される、第 2 の対の相互接続されたレバーであって、第 3 のレバーおよび第 4 のレバーを含む、第 2 の対のレバーと、フォークが逆相で相互に動く時に、レバーを枢動させることができるようにする、複数のレバー支持構造と、実質的のそれらのそれぞれの枢動点の間で第 1 のレバーおよび第 3 のレバーを相互接続する、第 1 のカップリングフレキシヤと、実質的のそれらのそれぞれの枢動点の間で第 2 のレバーおよび第 4 のレバーを相互接続する、第 2 のカップリングフレキシヤと、を含む。カップリングフレキシヤは、実質的にフレームの同相の動きを防止する。各カップリングフレキシヤの両端部は、一般的に、フォークが逆相に動く間、実質的に同じ量だけ同じ方向に、フォークの動きに対して横方向に動くが、フォークが同相に動く間は、反対方向に動くように付勢される。

10

【 0 0 3 9 】

前述したタイプの逆相カップリングは、主に、それを通して 2 つのバーが相互接続される固定された支持構造のため、2 つのフォーク間の付加的な直交分離を提供する傾向がある点に留意されたい。

【 0 0 4 0 】

特定の実施形態では、前述のように単一の同相または逆相カップリングによってフォーク 1 0 3 および 1 0 7 を相互接続するのではなく、2 つの共振器を、2 つの同相または逆相カップリング（各対の隣接するシャトルに 1 つ）によって相互接続してもよい。

20

【 0 0 4 1 】

図 8 は、本発明の例示的な実施形態によるカップリングによって相互接続された隣接するシャトルの各対を伴うジャイロスコープを示す概略図である。具体的には、シャトル 1 0 2 および 1 0 6 は、カップリング 8 0 2 によって相互接続され、シャトル 1 0 4 および 1 0 8 は、カップリング 8 0 3 によって相互接続される。ここで、各カップリング 8 0 2 および 8 0 3 は、2 つの小さいフレキシヤを介して、そのそれぞれのシャトルのバランス質量 3 1 2 に接続するが、他のタイプの接続をシャトル間で行ってもよい（例えば、そのようなフレキシヤを伴う、または伴わないカップリングが、バランス質量に、またはシャトルの外側に直接的に接続してもよい）。とりわけ、2 つの短いフレキシヤは、シャトルの面外の運動を分離するのを援助し、また、カップリングをストッパ 3 1 4 の外側にい続けるのも援助する（図 3 に示されるが、便宜上、図 8 からは省略されている）。共振器の同相動作について、カップリング 8 0 2 および 8 0 3 は、例えば図 2 ~ 図 5 を参照して、前述したものに類似する同相カップリングであってもよく、共振器の逆相動作について、カップリング 8 0 2 および 8 0 3 は、例えば、図 6 ~ 図 7 を参照して、前述したものに類似する逆相カップリングであってもよい。代替の実施形態は、カップリング 8 0 2 および 8 0 3 のうちの 1 つだけしか含まなくてもよく、これは、どちらのカップリングの一般的にバランスのために含まれるが、2 つの共振器の駆動運動を連結するのに十分であり得る。

30

【 0 0 4 2 】

本発明は、本発明の真の範囲を逸脱することなく、他の特定の形態で具現化されてもよい。「本発明」に対する任意の参照は、本発明の例示的な実施形態を参照することを意図しており、文脈上他の意味に解すべき場合を除き、本発明の全ての実施形態を参照することを意図していると解釈すべきではない。記載された実施形態は、全ての点において例示的なものに過ぎず、限定的なものではないとみなされる。

40

【 図 1 】

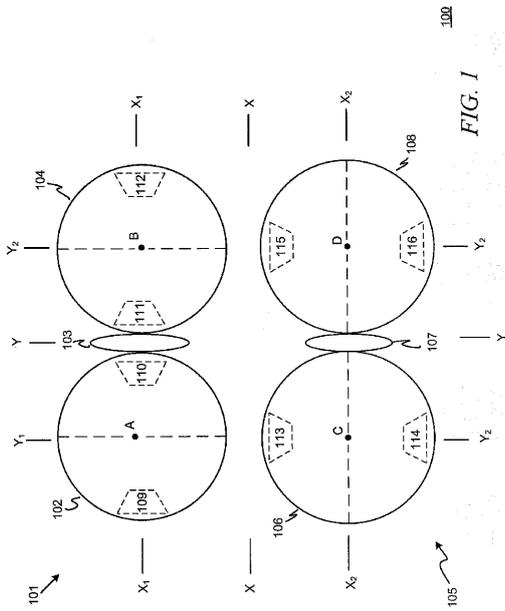


FIG. 1

【 図 2 】

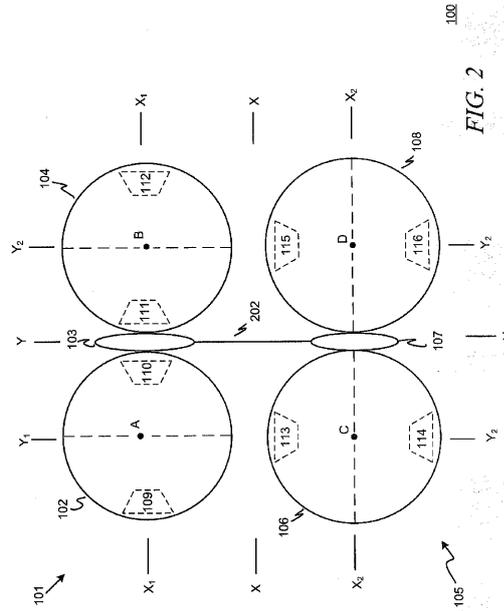


FIG. 2

【 図 4 】

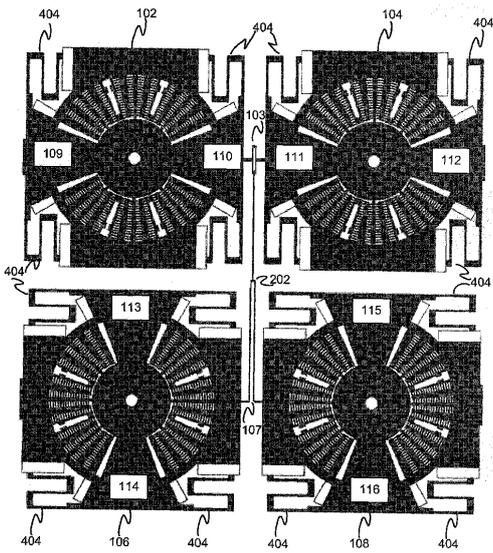


FIG. 4

【 図 5 】

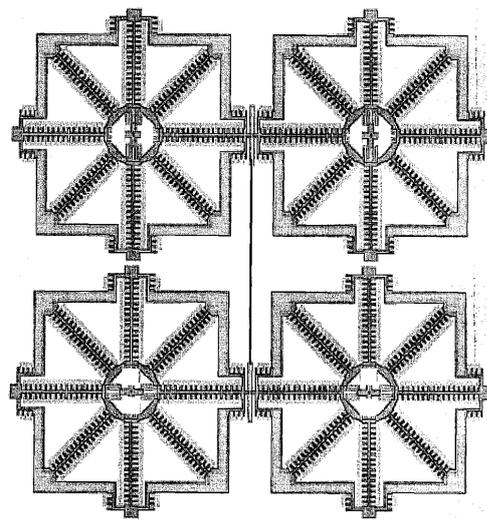


FIG. 5

【 図 6 B 】

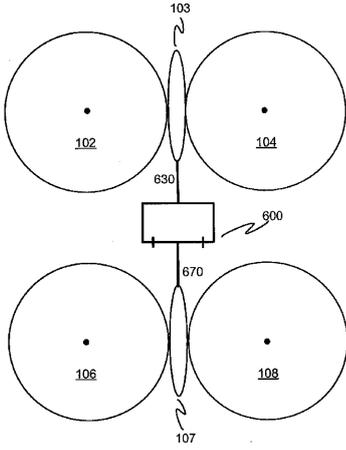


FIG. 6B

【 図 7 B 】

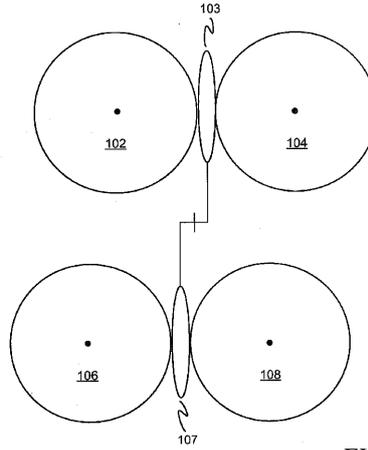


FIG. 7B

【 図 8 】

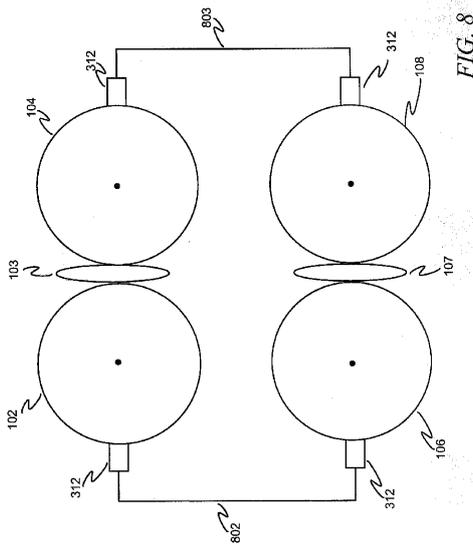


FIG. 8

【 図 3 】

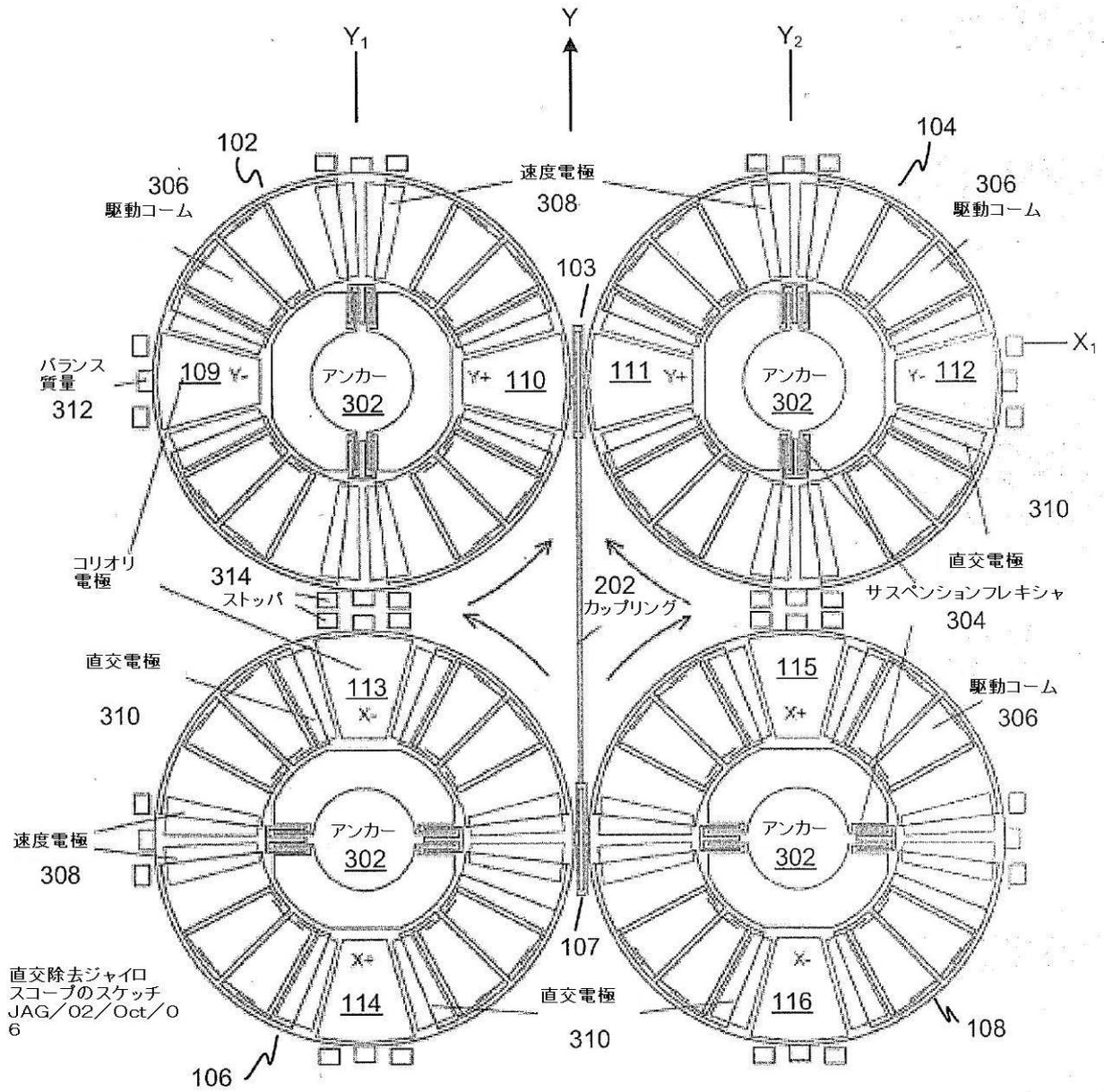


FIG. 3

【 図 6 A 】

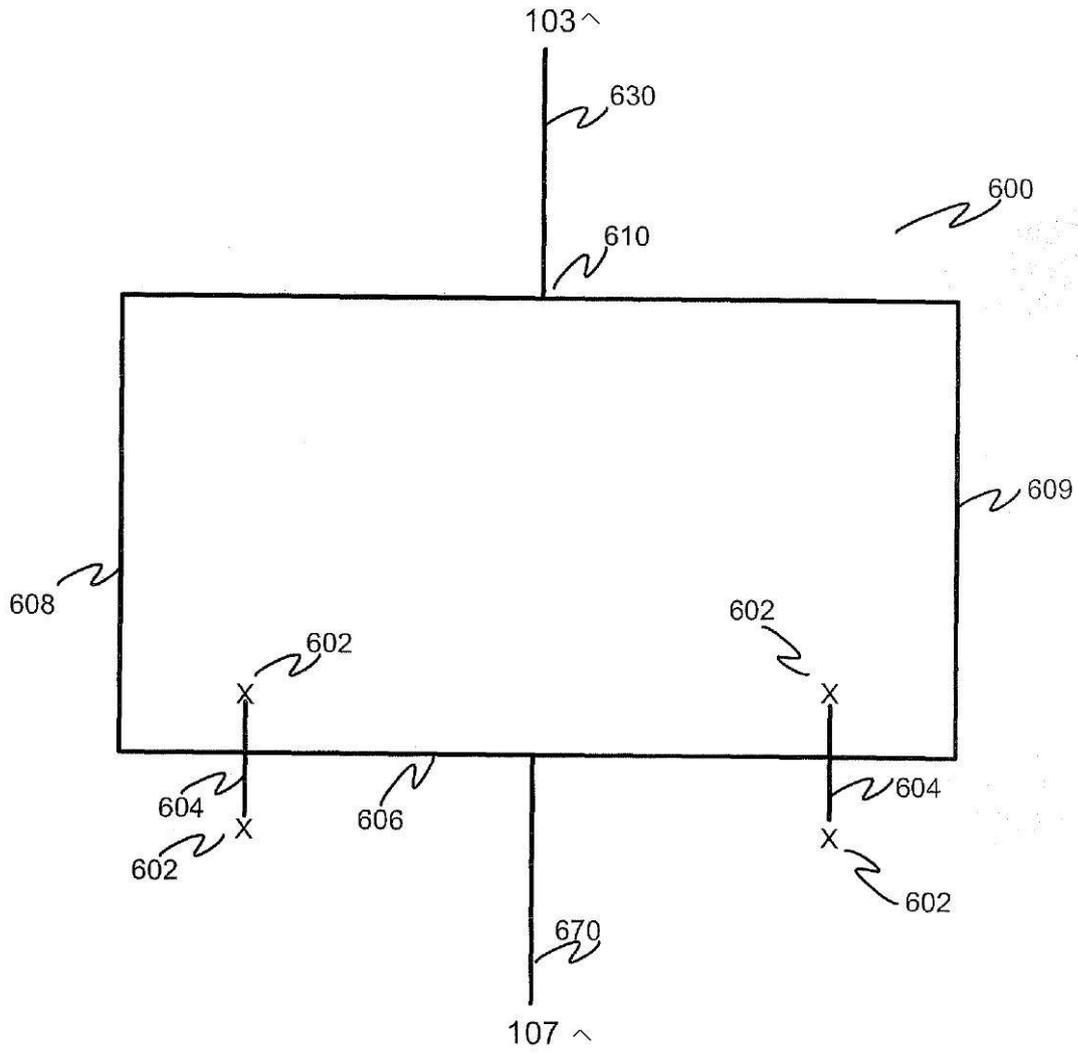


FIG. 6A

【図 7 A】

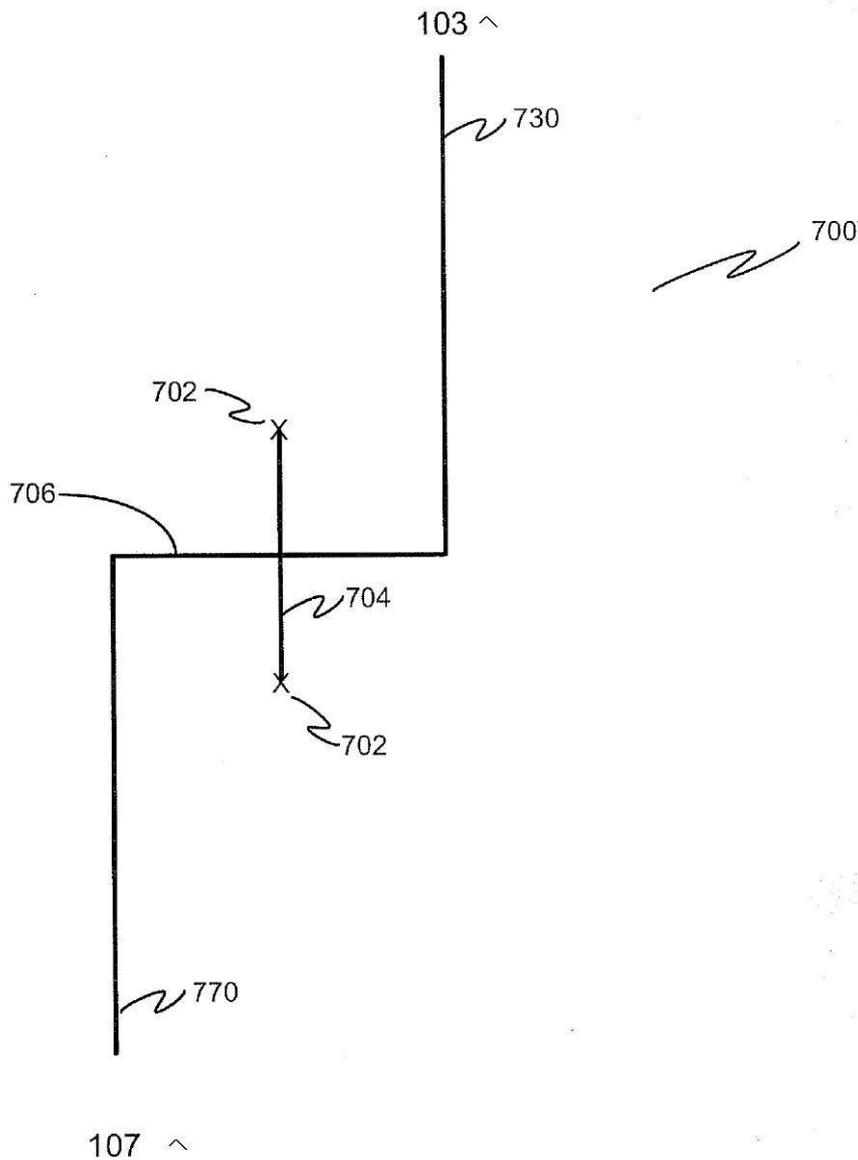


FIG. 7A

【手続補正書】

【提出日】平成24年2月29日(2012.2.29)

【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ジャイロスコープであって、

デバイス面内の第1の軸(例えば、x軸)の周りの回転を感知するように構成された第1の共振器であって、該第1の共振器は、第1の複数のサスペンションフレキシヤによっ

て懸架され、かつ第1のフォークによって相互接続された第1の対のシャトルを含み、該第1の複数のサスペンションフレキシャは、該第1の対のシャトルが、該デバイス面内で回転可能にディザリングされ、かつ該第1の軸に直角なそれぞれの傾斜軸（例えば、軸 y_1 および軸 y_2 ）の周りで面外に傾斜することを可能にするように構成され、該サスペンションフレキシャは、それぞれ、第1の対のシャトルを懸架し、該第1の対のシャトルは、少なくとも1つの細長い部材と、少なくとも1つの短い部材とを含み、該少なくとも1つの短い部材は、該細長い部材が該シャトルの傾斜軸に平行であるように配置される、第1の共振器と、

該デバイス面内の該第1の軸に垂直な第2の軸（例えば、 y 軸）の周りの回転を感知するように構成された第2の共振器であって、該第2の共振器は、第2の複数のサスペンションフレキシャによって懸架され、かつ第2のフォークによって相互接続された第2の対のシャトルを含み、該第2の複数のサスペンションフレキシャは、該第2の対のシャトルが、該デバイス面内で回転可能にディザリングされ、かつ該第2の軸に直角な傾斜軸（例えば、軸 x_2 ）の周りで面外に傾斜することを可能にするように構成され、該サスペンションフレキシャは、それぞれ、第2の対のシャトルを懸架し、該第2の対のシャトルは、少なくとも1つの細長い部材と、少なくとも1つの短い部材とを含み、該少なくとも1つの短い部材は、該細長い部材が該シャトルの傾斜軸に平行であるように配置される、第2の共振器と、

該第1の対のシャトルのそれぞれの傾斜軸（例えば、軸 y_1 および軸 y_2 ）の周りの該第1の対のシャトルの傾斜を感知するために、該第1の対のシャトルの下側にあり、かつ該第1の軸に平行な軸（例えば、軸 x_1 ）に沿って位置付けられる、第1の組のコリオリ感知電極と、

該第2の対のシャトルの傾斜軸（例えば、軸 x_2 ）の周りの該第2の対のシャトルの傾斜を感知するために、該第2の対のシャトルの下側にあり、かつ該第1の共振器傾斜軸（例えば、軸 y_1 および軸 y_2 ）に沿って位置付けられる、第2の組のコリオリ感知電極とを備える、MEMSジャイロスコープ。

【請求項2】

前記第1の共振器および前記第2の共振器は、相互に同相で動作するか、または、該第1の共振器および該第2の共振器は、相互に逆相で動作する、請求項1に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項3】

各シャトルは、例えば、2つのサスペンションフレキシャおよび1つの中央アンカーによって、該シャトルの外周内で懸架される、請求項1に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項4】

各シャトルは、例えば、4つのサスペンションフレキシャによって、該シャトルの外周の外側に懸架される、請求項1に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項5】

前記第1のフォークおよび前記第2のフォークは、実質的に同じものである、請求項1に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項6】

前記第1のフォークおよび前記第2のフォークは、例えば、該第1のフォークが閉ループのフォークであり、該第2のフォークが分割されたフォークであるように異なる、請求項1に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項7】

前記共振器が位相固定様式で動作するように、前記第1および第2の共振器を相互接続する少なくとも1つのカップリングをさらに備え、該第1および第2の共振器は、同相カップリングを用いて相互に同相で動作し得るか、または、逆相カップリングを用いて相互に逆相で動作し得、該同相カップリングは、その長さに沿った平行移動を連結するためにデバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連

結しないように面外の曲げに対して順応性である、細長いバーを含み得、バーカップリングおよびフォークの角度剛性に対する該傾斜軸周りの該サスペンションフレキシャのねじり剛性の比率は、約100～1000の間であり得る、請求項1に記載のMEMSジャイロ스코ープ。

【請求項8】

前記少なくとも1つのカップリングは、前記第1のフォークと前記第2のフォークとを接続するカップリングを含む、請求項7に記載のMEMSジャイロ스코ープ。

【請求項9】

前記少なくとも1つのカップリングは、
前記第1の共振器の第1のシャトルと前記第2の共振器の第1のシャトルとを接続する、第1のカップリングと、
該第1の共振器の第2のシャトルと該第2の共振器の第2のシャトルとを接続する、第2のカップリングと
を含む、請求項7に記載のMEMSジャイロ스코ープ。

【請求項10】

前記シャトルを回転可能にディザリングするように構成されている複数のドライバと、
該シャトルの回転可能にディザリングされた運動を感知するために構成されている複数の速度感知電極と、
該シャトルの下側にある複数の同相調整電極と、
該シャトルの下側にある複数の直交調整電極と
をさらに備える、請求項1に記載のMEMSジャイロ스코ープ。

【請求項11】

MEMSジャイロ스코ープであって、
デバイス面内の感度軸周りの回転を感知するために構成される共振器シャトルと、
該シャトルが、該デバイス面内で回転可能にディザリングされ、かつ該感度軸に直角な傾斜軸周りに面外に傾斜することを可能にするように構成される一組のサスペンションフレキシャであって、該サスペンションフレキシャは、該シャトルを懸架する該サスペンションフレキシャのうちの各々が、少なくとも1つの細長い部材と、少なくとも1つの短い部材とを含み、該細長い部材が該傾斜軸に平行であるように配置される、一組のサスペンションフレキシャと
を備える、MEMSジャイロ스코ープ。

【請求項12】

前記シャトルの下側にあり、かつ前記傾斜軸周りの前記シャトルの傾斜を感知するために、該傾斜軸に直角な軸に沿って位置付けられる、一組のコリオリ感知電極をさらに備える、請求項11に記載のMEMSジャイロ스코ープ。

【請求項13】

MEMSジャイロ스코ープであって、
デバイス面内で共振し、かつ該デバイス面内の第1の軸周りの回転を感知するために構成される、第1の共振器と、
該デバイス面内で共振し、かつ該デバイス面内の該第1の軸に直角な第2の軸周りの回転を感知するために構成される、第2の共振器と、
該第1および第2の共振器を相互接続する少なくとも1つのカップリングであって、該第1および第2の共振器の共振を固定し、他の共振器に対する各共振器の面外の動きの伝達を実質的に防止するように構成される、少なくとも1つのカップリングと
を備える、MEMSジャイロ스코ープ。

【請求項14】

各共振器は、フォークによって相互接続された2つのシャトルを含み、前記少なくとも1つのカップリングは、該フォークを相互接続するか、または、該少なくとも1つのカップリングは、前記第1の共振器の第1のシャトルと前記第2の共振器の第1のシャトルとを接続する、第1のカップリングと、該第1の共振器の第2のシャトルと該第2の共振器

の第2のシャトルとを接続する、第2のカップリングとを含む、請求項13に記載のMEMSジャイロスコープ。

【請求項15】

前記共振器は、相互に同相で動作し、前記少なくとも1つのカップリングは、同相カップリングであり、例えば、該同相カップリングは、その長さに沿った平行移動を連結するために前記デバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外の曲げに対して順応性である、細長いバーを含むか、または、該共振器は、相互に逆相で動作し、該カップリングは、逆相カップリングである、請求項13に記載のMEMSジャイロスコープ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

本発明の上述および利点は、添付の図面を参照して、以下の詳細な説明からより明白となる。

例えば、本発明は以下の項目を提供する。

(項目1)

MEMSジャイロスコープであって、

デバイス面内の第1の軸(例えば、x軸)の周りの回転を感知するように構成された第1の共振器であって、該第1の共振器は、第1の複数のサスペンションフレキシャによって懸架され、かつ第1のフォークによって相互接続された第1の対のシャトルを含み、該第1の複数のサスペンションフレキシャは、該第1の対のシャトルが、該デバイス面内で回転可能にデザインされ、かつ該第1の軸に直角なそれぞれの傾斜軸(例えば、軸y1および軸y2)の周りで面外に傾斜することを可能にするように構成されている、第1の共振器と、

該デバイス面内の該第1の軸に垂直な第2の軸(例えば、y軸)の周りの回転を感知するように構成された第2の共振器であって、該第2の共振器は、第2の複数のサスペンションフレキシャによって懸架され、かつ第2のフォークによって相互接続された第2の対のシャトルを含み、該第2の複数のサスペンションフレキシャは、該第2の対のシャトルが、該デバイス面内で回転可能にデザインされ、かつ該第2の軸に直角な傾斜軸(例えば、軸x2)の周りで面外に傾斜することを可能にするように構成されている、第2の共振器と、

該第1の対のシャトルのそれぞれの傾斜軸(例えば、軸y1および軸y2)の周りの該第1の対のシャトルの傾斜を感知するために、該第1の対のシャトルの下側にあり、かつ該第1の軸に平行な軸(例えば、軸x1)に沿って位置付けられる、第1の組のコリオリ感知電極と、

該第2の対のシャトルの傾斜軸(例えば、軸x2)の周りの該第2の対のシャトルの傾斜を感知するために、該第2の対のシャトルの下側にあり、かつ該第1の共振器傾斜軸(例えば、軸y1および軸y2)に沿って位置付けられる、第2の組のコリオリ感知電極とを備える、MEMSジャイロスコープ。

(項目2)

上記第1の共振器および上記第2の共振器は、相互に同相で動作する、項目1に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目3)

上記第1の共振器および上記第2の共振器は、相互に逆相で動作する、項目1に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目4)

上記スuspensionフレキシャは、少なくとも1つの細長い部材と、少なくとも1つの短い部材とを含み、各シャトルのsuspensionフレキシャは、該細長い部材が上記シャトルの傾斜軸に平行であるように配置される、項目1に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目5)

各シャトルは、該シャトルの外周内で懸架される、項目4に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目6)

各シャトルは、2つのsuspensionフレキシャおよび1つの中央アンカーによって懸架される、項目5に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目7)

各シャトルは、該シャトルの外周の外側に懸架される、項目4に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目8)

各シャトルは、4つのsuspensionフレキシャによって懸架される、項目7に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目9)

上記第1のフォークおよび上記第2のフォークは、実質的に同じものである、項目1に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目10)

上記第1のフォークおよび上記第2のフォークが異なる、項目1に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目11)

上記第1のフォークは閉ループのフォークであり、上記第2のフォークは分割されたフォークである、項目10に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目12)

上記共振器が位相固定様式で動作するように、上記第1および第2の共振器を相互接続する少なくとも1つのカップリングをさらに備える、項目1に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目13)

上記共振器は、相互に同相で動作し、上記少なくとも1つのカップリングは、同相カップリングである、項目12に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目14)

上記同相カップリングは、その長さに沿った平行移動を連結するために上記デバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外の曲げに対して順応性である、細長いバーを含む、項目13に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目15)

上記バーカップリングおよび上記フォークの角度剛性に対する、上記傾斜軸周りの上記suspensionフレキシャのねじり剛性の比率は、約100~1000の間である、項目14に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目16)

上記共振器は、相互に逆相で動作し、上記少なくとも1つのカップリングは、逆相カップリングである、項目12に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目17)

上記少なくとも1つのカップリングは、上記第1のフォークと上記第2のフォークとを接続するカップリングを含む、項目12に記載のMEMSジャイロスコープ。

(項目18)

上記少なくとも1つのカップリングは、

上記第1の共振器の第1のシャトルと上記第2の共振器の第1のシャトルとを接続する、第1のカップリングと、

該第 1 の共振器の第 2 のシャトルと該第 2 の共振器の第 2 のシャトルとを接続する、第 2 のカップリングと

を含む、項目 1 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

(項目 1 9)

上記シャトルを回転可能にディザリングするように構成されている複数のドライバと、該シャトルの回転可能にディザリングされた運動を感知するために構成されている複数の速度感知電極と、

該シャトルの下側にある複数の同相調整電極と、

該シャトルの下側にある複数の直交調整電極と

をさらに備える、項目 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

(項目 2 0)

MEMS ジャイロスコープであって、

デバイス面内の感度軸周りの回転を感知するために構成される共振器シャトルと、

該シャトルが、該デバイス面内で回転可能にディザリングされ、かつ該感度軸に直角な傾斜軸周りに面外に傾斜することを可能にするように構成される一組のサスペンションフレキシヤであって、該サスペンションフレキシヤは、少なくとも 1 つの細長い部材と、少なくとも 1 つの短い部材とを含み、該サスペンションフレキシヤは、該細長い部材が該傾斜軸に平行であるように配置される、一組のサスペンションフレキシヤと

を備える、MEMS ジャイロスコープ。

(項目 2 1)

上記シャトルの下側にあり、かつ上記傾斜軸周りの上記シャトルの傾斜を感知するために、該傾斜軸に直角な軸に沿って位置付けられる、一組のコリオリ感知電極をさらに備える、項目 2 0 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

(項目 2 2)

MEMS ジャイロスコープであって、

デバイス面内で共振し、かつ該デバイス面内の第 1 の軸周りの回転を感知するために構成される、第 1 の共振器と、

該デバイス面内で共振し、かつ該デバイス面内の該第 1 の軸に直角な第 2 の軸周りの回転を感知するために構成される、第 2 の共振器と、

該第 1 および第 2 の共振器を相互接続する少なくとも 1 つのカップリングであって、該第 1 および第 2 の共振器の共振を固定し、他の共振器に対する各共振器の面外の動きの伝達を実質的に防止するように構成される、少なくとも 1 つのカップリングと

を備える、MEMS ジャイロスコープ。

(項目 2 3)

各共振器は、フォークによって相互接続された 2 つのシャトルを含み、上記少なくとも 1 つのカップリングは、上記フォークを相互接続する、項目 2 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

(項目 2 4)

各共振器は、フォークによって相互接続された 2 つのシャトルを含み、上記少なくとも 1 つのカップリングは、

上記第 1 の共振器の第 1 のシャトルと上記第 2 の共振器の第 1 のシャトルとを接続する、第 1 のカップリングと、

該第 1 の共振器の第 2 のシャトルと該第 2 の共振器の第 2 のシャトルとを接続する、第 2 のカップリングと

を含む、項目 2 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

(項目 2 5)

上記共振器は、相互に同相で動作し、上記少なくとも 1 つのカップリングは、同相カップリングである、項目 2 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

(項目 2 6)

上記同相カップリングは、その長さに沿った平行移動を連結するために上記デバイス面

内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外の曲げに対して順応性である、細長いバーを含む、項目 2 5 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

(項目 2 7)

上記共振器は、相互に逆相で動作し、上記カップリングは、逆相カップリングである、項目 2 2 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【 手続補正書 】

【 提出日 】平成 24 年 5 月 31 日 (2012.5.31)

【 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 ジャイロスコープであって、

デバイス面内の第 1 の軸 (例えば、 x 軸) の周りの回転を感知するように構成された第 1 の共振器であって、該第 1 の共振器は、第 1 の対のシャトルを含み、該第 1 の対のシャトルは、第 1 の複数のサスペンションフレキシャによって懸架され、かつ第 1 のフォークによって相互接続され、該第 1 の複数のサスペンションフレキシャは、該第 1 の対のシャトルが、該デバイス面内で回転可能にデザインされ、かつ該第 1 の軸に直角なそれぞれの傾斜軸 (例えば、軸 y_1 および軸 y_2) の周りで面外に傾斜することを可能にするように構成され、該サスペンションフレキシャは、それぞれ、該第 1 の対のシャトルを懸架し、該第 1 の対のシャトルは、細長い部材がそれぞれの傾斜軸に平行であるように配置された少なくとも 1 つの細長い部材および少なくとも 1 つの短い部材を含む、第 1 の共振器と、

該デバイス面内の該第 1 の軸に垂直な第 2 の軸 (例えば、 y 軸) の周りの回転を感知するように構成された第 2 の共振器であって、該第 2 の共振器は、第 2 の対のシャトルを含み、該第 2 の対のシャトルは、第 2 の複数のサスペンションフレキシャによって懸架され、かつ第 2 のフォークによって相互接続され、該第 2 の複数のサスペンションフレキシャは、該第 2 の対のシャトルが、該デバイス面内で回転可能にデザインされ、かつ該第 2 の軸に直角な傾斜軸 (例えば、軸 x_2) の周りで面外に傾斜することを可能にするように構成され、該サスペンションフレキシャは、それぞれ、該第 2 の対のシャトルを懸架し、該第 2 の対のシャトルは、細長い部材が該傾斜軸に平行であるように配置された少なくとも 1 つの細長い部材および少なくとも 1 つの短い部材を含む、第 2 の共振器と、

該第 1 の対のシャトルのそれぞれの傾斜軸 (例えば、軸 y_1 および軸 y_2) の周りの該第 1 の対のシャトルの傾斜を感知するために、該第 1 の対のシャトルの下側にあり、かつ該第 1 の軸に平行な軸 (例えば、軸 x_1) に沿って位置付けられる第 1 の組のコリオリ感知電極と、

該第 2 の対のシャトルの傾斜軸 (例えば、軸 x_2) の周りの該第 2 の対のシャトルの傾斜を感知するために、該第 2 の対のシャトルの下側にあり、かつ該第 1 の共振器の傾斜軸 (例えば、軸 y_1 および軸 y_2) に沿って位置付けられる第 2 の組のコリオリ感知電極とを備える、MEMS ジャイロスコープ。

【 請求項 2 】

前記第 1 の共振器および前記第 2 の共振器は、相互に同相で動作するか、または、該第 1 の共振器および該第 2 の共振器は、相互に逆相で動作する、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【 請求項 3 】

各シャトルは、例えば、2 つのサスペンションフレキシャおよび 1 つの中央アンカーによって、該シャトルの外周内で懸架される、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ

。

【請求項 4】

各シャトルは、例えば、4つのサスペンションフレキシャによって、該シャトルの外周の外側に懸架される、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 5】

前記第 1 のフォークおよび前記第 2 のフォークは、実質的に同じものである、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 6】

前記第 1 のフォークおよび前記第 2 のフォークは、例えば、該第 1 のフォークが閉ループのフォークであり、該第 2 のフォークが分割されたフォークであるように異なる、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 7】

前記共振器が位相固定様式で動作するように、前記第 1 および第 2 の共振器を相互接続する少なくとも 1 つのカップリングをさらに備え、該第 1 および第 2 の共振器は、同相カップリングを用いて相互に同相で動作するように相互接続され得るか、または、逆相カップリングを用いて相互に逆相で動作するように相互接続され得、該同相カップリングは、細長いバーを含み得、該細長いバーは、長さに沿った平行移動を連結するために前記デバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外の曲げに対して順応性であり、バーカップリングおよびフォークの角度剛性に対する該傾斜軸の周りの該サスペンションフレキシャのねじり剛性の比率は、約 100 ~ 1000 の間であり得る、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つのカップリングは、前記第 1 のフォークと前記第 2 のフォークとを接続するカップリングを含む、請求項 7 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのカップリングは、

前記第 1 の共振器の第 1 のシャトルと前記第 2 の共振器の第 1 のシャトルとを接続する第 1 のカップリングと、

該第 1 の共振器の第 2 のシャトルと該第 2 の共振器の第 2 のシャトルとを接続する第 2 のカップリングと

を含む、請求項 7 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 10】

前記シャトルを回転可能にデザインするように構成されている複数のドライバと、該シャトルの回転可能にデザインされた運動を感知するように構成されている複数の速度感知電極と、

該シャトルの下側にある複数の同相調整電極と、

該シャトルの下側にある複数の直交調整電極と

のうちの少なくとも 1 つをさらに備える、請求項 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ

。

【請求項 11】

MEMS ジャイロスコープであって、

デバイス面内の感度軸の周りの回転を感知するように構成される共振器シャトルと、

該シャトルが、該デバイス面内で回転可能にデザインされ、かつ該感度軸に直角な傾斜軸の周りに面外に傾斜することを可能にするように構成される一組のサスペンションフレキシャであって、該サスペンションフレキシャは、該シャトルを懸架する該サスペンションフレキシャの各々を含み、該シャトルは、細長い部材が該傾斜軸に平行であるように配置された少なくとも 1 つの細長い部材および少なくとも 1 つの短い部材を含む、一組のサスペンションフレキシャと

を備える、MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 12】

前記傾斜軸の周りの前記シャトルの傾斜を感知するために、前記シャトルの下側にあり、かつ該傾斜軸に直角な軸に沿って位置付けられる一組のコリオリ感知電極をさらに備える、請求項 1 1 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 1 3】

MEMS ジャイロスコープであって、

デバイス面内で共振し、かつ該デバイス面内の第 1 の軸の周りの回転を感知するように構成された第 1 の共振器と、

該デバイス面内で共振し、かつ該デバイス面内の該第 1 の軸に直角な第 2 の軸の周りの回転を感知するように構成された第 2 の共振器と、

該第 1 および第 2 の共振器を相互接続する少なくとも 1 つのカップリングであって、該第 1 および第 2 の共振器の共振を固定し、他の共振器に対する各共振器の面外の動きの伝達を実質的に防止するように構成された少なくとも 1 つのカップリングと

を備える、MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 1 4】

各共振器は、フォークによって相互接続された 2 つのシャトルを含み、前記少なくとも 1 つのカップリングは、該フォークを相互接続するか、または、該少なくとも 1 つのカップリングは、前記第 1 の共振器の第 1 のシャトルと前記第 2 の共振器の第 1 のシャトルとを接続する第 1 のカップリングと、該第 1 の共振器の第 2 のシャトルと該第 2 の共振器の第 2 のシャトルとを接続する第 2 のカップリングとを含む、請求項 1 3 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【請求項 1 5】

前記共振器は、相互に同相で動作し、前記少なくとも 1 つのカップリングは、同相カップリングであり、例えば、該同相カップリングは、細長いバーを含み、該細長いバーは、長さに沿った平行移動を連結するために前記デバイス面内の曲げに対して非順応性であり、かつ各共振器の傾斜運動が事実上他方に連結しないように面外の曲げに対して順応性であるか、または、該共振器は、相互に逆相で動作し、該カップリングは、逆相カップリングである、請求項 1 3 に記載の MEMS ジャイロスコープ。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2010/043312

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01C19/56 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 837 107 B2 (GEEN JOHN A [US]) 4 January 2005 (2005-01-04) cited in the application figures 1,2,4,5 column 8, line 49 - column 9, line 5 column 9, lines 12-25 column 9, line 60 - column 10, line 18 column 10, lines 28-43	1-16, 18-22, 24-27
A	US 2005/081633 A1 (NASIRI STEVEN S [US] ET AL) 21 April 2005 (2005-04-21) figures 1,13 paragraphs [0017], [0037] - [0040], [0044] - [0045], [0083] - [0088]	1-27
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "G" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
19 October 2010		02/11/2010
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5518 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Faivre, Olivier

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2010/043312

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 6837107	B2	04-01-2005	EP 1618392 A2	25-01-2006
			JP 2006525514 T	09-11-2006
			US 2004211257 A1	28-10-2004
			WO 2004097432 A2	11-11-2004
US 2005081633	A1	21-04-2005	EP 1676096 A2	05-07-2006
			JP 2007509346 T	12-04-2007
			TW 247896 B	21-01-2006
			WO 2005043079 A2	12-05-2005

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 クアン, ジンボ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01720, アクトン, ケイト ドライブ 6

(72)発明者 ジーン, ジョン エー.

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01876, テュークスベリー, ペース ロード 20

Fターム(参考) 2F105 BB03 BB05 CC04 CC11 CD03 CD05 CD06

3C081 AA13 BA44 BA46 BA47 EA02

4M112 AA02 BA08 CA21 CA22 CA24 CA26 CA31 FA01 FA20