

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6366170号  
(P6366170)

(45) 発行日 平成30年8月1日 (2018. 8. 1)

(24) 登録日 平成30年7月13日 (2018. 7. 13)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 C 19/56 (2012. 01)

GO 1 C 19/5705 (2012. 01)

GO 1 C 19/5747 (2012. 01)

GO 1 C 19/56

GO 1 C 19/5705

GO 1 C 19/5747

請求項の数 17 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2014-51006 (P2014-51006)	(73) 特許権者	504199127
(22) 出願日	平成26年3月14日 (2014. 3. 14)		エヌエックスピー ユーエスエイ インコ
(65) 公開番号	特開2014-182133 (P2014-182133A)		ーポレイテッド
(43) 公開日	平成26年9月29日 (2014. 9. 29)		NXP USA, Inc.
審査請求日	平成29年2月21日 (2017. 2. 21)		アメリカ合衆国 テキサス州 78735
(31) 優先権主張番号	13/833, 290		オースティン ウィリアム キャノン
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013. 3. 15)		ドライブ ウェスト 6501
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳
		(72) 発明者	アンドリュウ シー. マクニール
			アメリカ合衆国 85225 アリゾナ州
			チャンドラー イースト カーラ ビス
			タ プレイス 2163

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多軸速度センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

微小電気機械システム (MEMS) デバイスであって、  
第 1 の速度センサと、  
第 2 の速度センサであって、前記第 1 の速度センサおよび該第 2 の速度センサは平坦な  
表面に平行に振動するように構成されている、第 2 の速度センサと、  
駆動周波数を示す駆動信号を提供するために前記第 1 の速度センサおよび前記第 2 の速  
度センサのうちの少なくとも 1 つと通信する駆動要素と、  
前記第 1 の速度センサおよび前記第 2 の速度センサを相互接続する第 1 の結合バネ構造  
体であって、該第 1 の結合バネ構造体によって、前記第 1 の速度センサおよび前記第 2 の  
速度センサが、該第 1 の結合バネ構造体によって決定付けられる駆動方向において前記駆  
動周波数で振動する、第 1 の結合バネ構造体とを備え、前記第 1 の速度センサの前記駆動  
方向は、第 1 の軸と関連付けられた第 1 の駆動方向であり、前記第 2 の速度センサの前記  
駆動方向は、第 2 の軸と関連付けられた第 2 の駆動方向であり、前記第 2 の軸は前記第 1  
の軸に対して垂直であり、  
前記第 1 の軸は前記平坦な表面に垂直であり、前記第 1 の駆動方向は回転駆動方向であ  
り、前記第 1 の速度センサは前記第 1 の軸を中心として前記回転駆動方向に駆動され、  
前記第 2 の軸は前記平坦な表面に平行であり、前記第 2 の駆動方向は並進駆動方向であ  
り、前記第 2 の速度センサは前記第 2 の軸に平行な前記並進駆動方向に駆動される、デバ  
イス。

10

20

## 【請求項 2】

前記第 1 の速度センサおよび前記第 2 の速度センサの各々は、  
中央開口を有する駆動フレームと、

前記中央開口内に位置づけられ、前記駆動フレームに可撓性結合されている感知質量部とを備え、前記第 1 の結合バネ構造体は、前記第 1 の速度センサおよび前記第 2 の速度センサの各々の駆動フレームと相互接続されている、請求項 1 に記載のデバイス。

## 【請求項 3】

前記第 1 の速度センサおよび前記第 2 の速度センサを相互接続する前記第 1 の結合バネ構造体は前記並進駆動方向において剛直であり、前記第 1 の軸および前記第 2 の軸の各々に直交する第 3 の軸に対して柔軟である、請求項 1 に記載のデバイス。

10

## 【請求項 4】

前記第 2 の速度センサの隣に配置されている第 3 の速度センサと、

前記第 2 の速度センサおよび前記第 3 の速度センサを相互接続する第 2 の結合バネ構造体であって、該第 2 の結合バネ構造体によって、前記第 3 の速度センサが、該第 2 の結合バネ構造体によって決定付けられる前記第 2 の駆動方向において前記駆動周波数で振動する、第 2 の結合バネ構造体とをさらに備える、請求項 1 に記載のデバイス。

## 【請求項 5】

前記第 2 の結合バネ構造体によって、前記第 2 の速度センサの振動と前記第 3 の速度センサの振動とが逆相運動に制約される、請求項 4 に記載のデバイス。

## 【請求項 6】

前記第 3 の速度センサの隣に配置されている第 4 の速度センサと、

前記第 3 の速度センサおよび前記第 4 の速度センサを相互接続する第 3 の結合バネ構造体であって、該第 3 の結合バネ構造体によって、前記第 4 の速度センサが、該第 3 の結合バネ構造体によって決定付けられる前記第 1 の駆動方向において前記駆動周波数で振動する、第 3 の結合バネ構造体とをさらに備える、請求項 4 に記載のデバイス。

20

## 【請求項 7】

前記第 1 の速度センサ、前記第 2 の速度センサ、前記第 3 の速度センサ、および前記第 4 の速度センサは一列に配列されている、請求項 6 に記載のデバイス。

## 【請求項 8】

前記第 1 の速度センサ、前記第 2 の速度センサ、前記第 3 の速度センサ、および前記第 4 の速度センサは前記平坦な表面の中央部の周囲に配列されており、

30

前記 MEMS デバイスは、前記第 1 の速度センサと前記第 4 の速度センサとの間に相互接続されている第 4 の結合バネ構造体をさらに備える、請求項 6 に記載のデバイス。

## 【請求項 9】

前記第 1 の結合バネ構造体は、

前記第 1 の速度センサに結合されている第 1 のバネ要素と、

前記第 2 の速度センサに結合されている第 2 のバネ要素と、

前記平坦な表面に結合されているアンカを有する旋回レバーであって、該旋回レバーは、旋回軸を中心として振動するように構成されており、該旋回軸は前記アンカの中心であり前記平坦な表面に垂直であり、前記第 1 のバネ要素は該旋回レバーに結合されており、前記第 2 のバネ要素は該旋回レバーに結合されている、旋回レバーとを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

40

## 【請求項 10】

前記第 1 の速度センサは前記平坦な表面に平行に方向付けられている第 1 の中心線を示し、前記第 1 のバネ要素は、前記第 1 の中心線からずらされたロケーションにおいて前記第 1 の速度センサと結合されており、

前記第 2 の速度センサは第 2 の中心線を示しており、該第 2 の中心線は前記平坦な表面に平行に、かつ、前記第 1 の中心線に平行に方向付けられており、前記第 2 のバネ要素は、該第 2 の中心線に沿った第 2 のロケーションにおいて前記第 2 の速度センサと結合されている、請求項 9 に記載のデバイス。

50

## 【請求項 1 1】

前記第 1 のバネ要素および前記第 2 のバネ要素は前記並進駆動方向において剛直であり、前記第 1 の軸および前記第 2 の軸の各々に直交する第 3 の軸に対して柔軟である、請求項 1 0 に記載のデバイス。

## 【請求項 1 2】

前記第 2 の速度センサの隣に配置されている第 3 の速度センサと、

前記第 2 の速度センサと前記第 3 の速度センサとを相互接続する第 2 の結合バネ構造体であって、該第 2 の結合バネ構造体によって、前記第 3 の速度センサが、該第 2 の結合バネ構造体によって決定付けられる前記第 2 の駆動方向において前記駆動周波数で振動する、第 2 の結合バネ構造体とをさらに備え、前記第 2 の結合バネ構造体は、

前記第 2 の速度センサに結合されている第 1 のバネ要素と、

前記第 3 の速度センサに結合されている第 2 のバネ要素と、

前記平坦な表面に結合されているアンカを有する旋回レバーであって、該旋回レバーは、旋回軸を中心として振動するように構成されており、該旋回軸は前記アンカの中心であり前記平坦な表面に垂直であり、前記第 1 のバネ要素は該旋回レバーに結合されており、前記第 2 のバネ要素は該旋回レバーに結合されている、旋回レバーとを含む、請求項 1 に記載のデバイス。

## 【請求項 1 3】

前記第 1 のバネ要素および前記第 2 のバネ要素は前記並進駆動方向において剛直であり、前記第 1 の軸および前記第 2 の軸の各々に直交する第 3 の軸に対して柔軟である、請求項 1 2 に記載のデバイス。

## 【請求項 1 4】

前記第 3 の速度センサの隣に配置されている第 4 の速度センサであって、前記第 1 の速度センサ、前記第 2 の速度センサ、前記第 3 の速度センサ、および前記第 4 の速度センサは一系列に配列される、第 4 の速度センサと、

前記第 3 の速度センサおよび前記第 4 の速度センサを相互接続する第 3 の結合バネ構造体であって、該第 3 の結合バネ構造体によって、前記第 4 の速度センサが、該第 3 の結合バネ構造体によって決定付けられる前記第 1 の駆動方向において前記駆動周波数で振動する、第 3 の結合バネ構造体とをさらに備え、

前記第 2 の結合バネ構造体は、第 3 のバネ要素と第 4 のバネ要素とをさらに含み、前記第 3 のバネ要素は前記第 1 の速度センサおよび前記旋回レバーの各々に結合されており、前記第 4 のバネ要素は前記第 4 の速度センサおよび前記旋回レバーの各々に結合されている、請求項 1 2 に記載のデバイス。

## 【請求項 1 5】

微小電気機械システム (MEMS) デバイスであって、

平坦な表面に平行に振動するように構成されている複数の速度センサと、

駆動周波数を示す駆動信号を提供するために前記速度センサのうちの少なくとも 1 つと通信する駆動要素と、

前記複数の速度センサを相互接続する結合バネ構造体であって、該結合バネ構造体によって、前記複数の速度センサの各々が、該結合バネ構造体によって決定付けられる駆動方向において前記駆動周波数で振動する、結合バネ構造体とを備え、

前記速度センサの第 1 のサブセットの前記駆動方向は、前記平坦な表面に垂直である第 1 の軸と関連付けられる回転駆動方向であり、前記速度センサの前記第 1 のサブセットは、前記第 1 の軸を中心として回転振動するように駆動され、

前記速度センサの第 2 のサブセットの前記駆動方向は、前記平坦な表面に平行である第 2 の軸と関連付けられる並進駆動方向であり、前記速度センサの前記第 2 のサブセットは、前記第 2 の軸に平行に並進振動するように駆動される、デバイス。

## 【請求項 1 6】

前記複数の速度センサは、

第 1 の速度センサと、

前記結合バネ構造体のうちの第1の結合バネ構造体を通じて前記第1の速度センサと相互接続されている第2の速度センサと、

前記結合バネ構造体のうちの第2の結合バネ構造体を通じて前記第2の速度センサと相互接続されている第3の速度センサと、

前記結合バネ構造体のうちの第3の結合バネ構造体を通じて前記第3の速度センサと相互接続されている第4の速度センサとを備え、前記第1の速度センサおよび第4の速度センサは、前記回転振動をするように構成されている前記速度センサの前記第1のサブセットを形成し、前記第2の速度センサおよび第3の速度センサは、前記並進振動をするように構成されている前記速度センサの前記第2のサブセットを形成する、請求項15に記載のデバイス。

10

【請求項17】

前記結合バネ構造体のうちの前記第2の結合バネ構造体によって、前記第2の速度センサの並進振動と前記第3の速度センサの並進振動とが逆相運動に制約される、請求項16に記載のデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的には速度センサに関する。より具体的には、本発明は、少なくとも2つの軸を中心とした角運動を感知するための微小電気機械システム(MEMS)デバイスに関する。

20

【背景技術】

【0002】

微小電気機械システム(MEMS)技術は、非常に小さな機械構造体を作成し、従来のバッチ半導体処理技法を使用して単一の基板上に電気デバイスとこれらの構造体を集積する方法を提供するため、近年において広く高い評判を勝ち得ている。MEMSの1つの一般的な用途が、センサデバイスの設計および製造である。MEMSセンサデバイスは、自動車、慣性誘導システム、家庭電化製品、ゲームデバイス、さまざまなデバイスのための保護システム、ならびに、多くの他の産業、科学、および工学システムなどの用途に広く使用されている。MEMSセンサの一例は、ジャイロ스코ープとも称されるMEMS角速度センサである。角速度センサは、1つ以上の軸を中心とした角速度または運動速度を感知する。

30

【0003】

なお、二軸速度センサについて、特許文献1に記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許第7,461,552号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

40

角速度センサは概して、センサを第1の運動をするように駆動し、当該第1の運動および感知されるべき角運動速度の両方に応答したセンサの第2の運動を測定することによって機能する。容量感知MEMSデバイスの低い温度感度、小型サイズ、低コストでの大量生産に適していることに起因して、角速度センサのための容量感知MEMSデバイス設計は小型デバイスの動作にとって大いに望ましい。

【0006】

MEMS角速度センサの使用は増大し、および多様化し続けているため、複数の回転軸を中心とした角速度を感知することが可能なデバイスの開発に一層重点が置かれるようになってきている。加えて、製造コストおよび複雑度を増大させることなく、また部品性能を犠牲にすることなく多軸感知能力を達成するMEMS角速度センサの作製方法に一層重

50

点が置かれるようになってきている。これらの取り組みは、自動車、医療、商用、および消費者製品における既存のおよび将来の高容量用途によって主に推し進められている。

【 0 0 0 7 】

一般的な多軸速度感知構成は、直交構成において方向付けられた、同一基板上の2つ以上の別個の速度センサを含み得る。そのような多軸MEMSデバイスは、駆動電極およびモニタ電極から成る複数のセットを必要とする場合があり、駆動電極およびモニタ電極から成る各セットは、角速度センサの1つと関連付けられる。さらに、このような構成は、複数の周波数生成器を有する特定用途向け集積回路(ASIC)を必要とする場合があり、各周波数生成器は角速度センサの1つと関連付けられており、それによって、各速度センサは異なる周波数で駆動される。複数の周波数生成器から速度センサに提供されている駆動信号の周波数は、それらがプロセス変動に起因して互いに一致しないように、十分に離間されているべきである。したがって、別個の速度センサ、および、複数の周波数生成器を有する関連ASICを有するMEMSダイは、望ましくないことに大きく、複雑で、コストがかかる場合がある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

一実施形態は、多軸感知のために複数の個々の速度センサアセンブリを含むMEMSデバイス構造を含む。速度センサアセンブリは結合バネ構造体を通じてともに連結されており、結合バネ構造体の構成が、速度センサアセンブリの各々の駆動方向を決定付ける。加えて、速度センサアセンブリの各々は同一駆動周波数で振動するように駆動される。速度センサアセンブリが同一駆動周波数で振動するように駆動されるため、それらの運動が同期される必要がある。すなわち、速度センサアセンブリの駆動質量部が機械的に同期されていない場合、駆動信号は異なる位相および駆動振幅を有するおそれがあり、この結果として感知信号が不正確になり得る。したがって、結合バネ構造体は、速度センサアセンブリが、関連ASICにおける共通の復調を可能にするために同期した運動によって同一駆動周波数で振動するように構成される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図1】例示的な速度センサアセンブリの上面図。

【図2】図1の速度センサアセンブリの側面図。

【図3】図1の速度センサアセンブリの記号表現の図。

【図4】別の例示的な速度センサアセンブリの上面図。

【図5】図4の速度センサアセンブリの側面図。

【図6】図4の速度センサアセンブリの記号表現の図。

【図7】一実施形態に応じた、一对の速度センサアセンブリを結合するための結合バネ構造体の図。

【図8】一実施形態に応じた、一对の速度センサアセンブリを結合するための別の結合バネ構造体の図。

【図9】一実施形態に応じた、一对の速度センサアセンブリを結合するための別の結合バネ構造体の図。

【図10】一実施形態に応じた、一对の速度センサアセンブリを結合するためのさらに別の結合バネ構造体の図。

【図11】一実施形態に応じた微小電気機械システム(MEMS)デバイスを示す図。

【図12】一実施形態に応じたMEMSデバイスを示す図。

【図13】一実施形態に応じたMEMSデバイスを示す図。

【図14】一実施形態に応じたMEMSデバイスを示す図。

【図15】一実施形態に応じたMEMSデバイスを示す図。

【図16】一実施形態に応じたMEMSデバイスを示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

添付の図面（必ずしも原寸に比例して描かれてはいない）と併せて考察して詳細な説明および請求項を参照することで、より完全に本発明を理解することができ、図面全般に亘り同様の参照符号は類似の項目を示している。

#### 【 0 0 1 1 】

下記により詳細に説明するように、図 1 ~ 図 3 は面内軸を中心とした回転を感知するための速度センサアセンブリの一例を示すために提供されており、これらの速度センサアセンブリは図 1 1 ~ 図 1 6 に関連して説明されるさまざまな例の多軸速度センサ実施形態に組み込まれてもよい。同様に、図 4 ~ 図 6 は面に直交する軸を中心とした回転を感知するための別の例の速度センサアセンブリを示すために提供されており、これらの速度センサアセンブリは図 1 1 ~ 図 1 6 に関連して説明されるさまざまな例の多軸速度センサ実施形態に組み込まれてもよい。本明細書において 2 つの速度センサアセンブリが示されているが、実施形態はこれらの特定の速度センサ設計には限定されないことを理解されたい。代替えとして、実施形態は、複数の速度センサ設計が包含されることを含み、それらの各々が特定の角入力を感じるように最適化されてもよい。複数の速度センサが、それらの駆動方向を決定付けるための結合バネ構造体（本明細書に記載）を通じて適切に連結される。

10

#### 【 0 0 1 2 】

ここで図 1 ~ 図 3 を参照すると、図 1 は一例である速度センサアセンブリ 2 0 の上面図を示しており、図 2 は速度センサアセンブリ 2 0 の側面図を示しており、図 3 は速度センサアセンブリ 2 0 の記号表現を示している。一般には、角速度センサ 2 0 は、X - Y 平面 2 2 内においてほぼ平坦な構造体を有するものとして示されており、3次元座標系における X 軸 2 4 および Y 軸 2 6 は X - Y 平面 2 2 に平行であり、Z 軸 2 8 は、図 1 中の X - Y 平面 2 2 に対して垂直に、図面外に延在している。本実施形態において、速度センサアセンブリ 2 0 は概して、入力軸（本実施形態では X 軸 2 4）について発生する角速度を感知するように構成されている。しかしながら、この設計は容易に、示されている構成に速度センサアセンブリを直角に向けることによって、別の入力軸、すなわち Y 軸 2 6 を中心として発生する角速度を感知するように実装され得る。

20

#### 【 0 0 1 3 】

速度センサアセンブリ 2 0 は、基板 3 0 と、本明細書において駆動質量部 3 2 と称する懸垂質量部と、本明細書において感知質量部 3 4 と称する別の懸垂質量部と、下記に詳細に記載されるさまざまな機械的連結機構とを含む。図 1 の例において、感知質量部 3 4 は駆動質量部 3 2 を貫通して延在する中央開口 3 6 内に存在している。この構成は、「外側駆動、内側感知」センサ設計と称される。

30

#### 【 0 0 1 4 】

ねじりバネ 3 8 の形態の可撓性支持要素が、駆動質量部 3 2 の内周に結合されている。ねじりバネ 3 8 は、駆動質量部 3 2 を、同様に中央開口 3 6 内に存在するアンカ 4 2 を通じて基板 3 0 の平坦な表面 4 0 に接続し、それによって、駆動質量部 3 2 は基板 3 0 の上に懸垂される。ねじりバネ 3 8 は主に X - Y 平面 2 2 において可撓性であり、それによって、駆動質量部 3 2 は Z 軸 2 8 を中心とする面内振動軸回転について大きく制約される。すなわち、駆動質量部 3 2 の駆動方向は Z 軸 2 8 に関連付けられる。振動回転駆動運動は曲線矢印 4 3（図 1 および図 3）によって表されており、本明細書においては回転駆動方向 4 3 とも称する。感知質量部 3 4 は、駆動質量部 3 2 の内周に結合しているトーションビーム 4 4 によって基板 3 0 の上に懸垂されている。トーションビーム 4 4 は Y 軸 2 6 に平行に伸張し、感知質量部 3 4 を、Y 軸 2 6 を中心とした面外回転について制約する。ここでも、この設計は、これを、トーションビーム 4 4 が X 軸 2 4 に平行に伸張し、感知質量部 3 4 を、X 軸 2 4 を中心とした面外回転について制約するように向けることによって、Y 軸 2 6 を中心として発生する角速度を感知するように実装され得る。

40

#### 【 0 0 1 5 】

速度センサアセンブリ 2 0 および他の例の実施形態（後述）の要素は、角速度センサ 2 0 の他の要素「に固定される（anchored to）」、「に取り付けられる（at

50

attached to)」、「と取り付けられる(attached with)」、「に結合される(coupled to)」、「に接続される(connected to)」または「と相互接続される(interconnected with)」ものとしてさまざまに記載されている。これらの用語は、速度センサアセンブリ20の特定の要素の、MEMS作製のパターンニングおよびエッチング工程を通じてそれらが形成されている間に発生する直接または間接的な物理的接続を指していることを理解されたい。加えて、速度センサアセンブリ20および他の例の実施形態(後述)のさまざまな要素は、堆積、パターンニング、エッチングなどの、現行のおよび近い将来の表面マイクロマシニング技法を利用して生成されることができる。したがって、図解において種々の陰影および/または網掛けが利用されている場合があるが、構造層内の種々の要素は一般的に、ポリシリコン、単結晶シリコンなどのような同一材料から形成される。

10

#### 【0016】

さまざまな導電板、または電極が、速度センサアセンブリ20の他の固定構成要素とともに基板30の表面40上に形成されてもよい。この単純化された図解において、電極は、入力軸、すなわちX軸24を中心とした速度センサアセンブリ20の回転を感知するのに使用される感知電極46および48を含む。ASICから電極46および48ならびに感知質量部32までの別個の電気接続を提供するために導体(図示せず)が基板30上に形成されることができる。感知質量部32の面外運動をモニタリングするために、回転は、感知質量部32と電極46および48との間のキャパシタンスの変化として感知されることができる。電極46および48は、図1においては上に重なっている感知質量部34によって隠れている。したがって、図1においては、電極46および48は、感知質量部34に対するそれらの物理的配置を示すために破線形式で表されている。

20

#### 【0017】

一般には、速度センサアセンブリ20は、駆動質量部32に取り付けられている電極板と交互配置されている固定平行板アクチュエータを有する駆動動作ユニット(図示せず)を含んでもよい。概して、交流電流(AC)駆動信号がASIC、すなわち、駆動回路(図示せず)を通じて平行板アクチュエータに印加されてもよい。駆動信号は、駆動質量部32を、回転駆動方向43によって表されているように、X-Y平面22内でZ軸28を中心として振動させる。速度センサアセンブリ20がX軸24を中心とした入力、すなわち、角運動(図1によって矢印50によって表されている)を受けると、角運動50によって生成されるコリオリの力が、感知質量部34を、Y軸26を中心として回転するようにし(図1および図2において矢印52によって表されている)、以下、この運動を感知運動52と称す。Y軸26を中心とした感知質量部34の面外感知運動52、および、従って入力軸、すなわちX軸24を中心とした速度センサアセンブリ20の回転は、当業者に知られているように、電極46および48におけるキャパシタンスを感知することによって検出される。

30

#### 【0018】

図3に示す速度センサアセンブリ20の記号表現は、駆動質量部がZ軸28を中心として振動回転運動するように駆動されている速度センサアセンブリを表している。速度センサアセンブリ20の記号表現内に示されている曲線矢印は、振動回転駆動方向43を表している。上述のように、速度センサアセンブリ20の感知質量部は、X軸24を中心とした、またはY軸26を中心とした角速度を上述のようなコリオリの力を通じて感知するように構成されている。したがって、速度センサアセンブリ20について、以下X-Yセンサアセンブリ20と称す。繰り返しておくが、X-Yセンサアセンブリ20は任意のさまざまな速度センサ設計を表しており、それらの速度センサの各々が、回転駆動方向43に駆動されながらX軸24またはY軸26を中心として発生する角速度を感知するように最適化されてもよい。図3に示す矢印43は、角速度センサ20がX軸24を中心とした、またはY軸26を中心とした入力角速度を感知するのに使用されているかにかかわらず、Z軸28を中心とした振動回転駆動運動を表す。

40

#### 【0019】

50

ここで図４～図６を参照すると、図４は別の例の速度センサアセンブリ５０の上面図を示しており、図５は速度センサアセンブリ５０の側面図を示しており、図６は速度センサアセンブリ５０の記号表現を示している。速度センサアセンブリ２０（図１）と同様に、速度センサアセンブリ５０は、 $X-Y$ 平面２２内においてほぼ平坦な構造体を有するものとして示されている。本実施形態において、速度センサアセンブリ５０は概して、 $X-Y$ 平面２２に垂直である入力軸、すなわち $Z$ 軸２８を中心とした、曲線矢印５２によって表されている角運動を感知するように構成されている。

#### 【００２０】

速度センサアセンブリ５０は、基板３０から離間した関係にある、すなわち、基板３０の上に懸垂されている駆動質量部５４および感知質量部５６を含む。図４の例において、感知質量部５６は駆動質量部５４を貫通して延在する中央開口５８内に存在している。速度センサアセンブリ２０と同様に、この構成も、「外側駆動、内側感知」センサ設計と称されることがある。

10

#### 【００２１】

一実施形態において、可撓性支持要素６０が駆動質量部５４の外周に結合されている。可撓性支持要素６０は、駆動質量部５４を、アンカ６２を通じて基板３０の平坦な表面４０に接続し、それによって、駆動質量部５４は基板３０の上に懸垂される。可撓性支持要素６０は、長手方向において $X$ 軸２４に実質的に平行に向いている。可撓性支持要素６０は主に $Y$ 方向において可撓性であり、すなわち、柔軟であり、それによって、駆動質量部５４は $Y$ 軸２６に平行な面内並進運動について大きく制約される。すなわち、駆動質量部５４の駆動方向は $Y$ 軸２６に関連付けられる。この振動並進駆動運動は、 $Y$ 軸２６に平行に向いている直線矢印６４（図４および図６）によって表されており、本明細書において並進駆動方向６４と称す。本明細書において使用される場合、「並進駆動運動」という語句は、回転のない一定の駆動運動を指す。

20

#### 【００２２】

感知質量部５６は、駆動質量部５４の内周に結合している可撓性支持要素６６によって基板３０の上に懸垂されている。可撓性支持要素６６は、長手方向において $Y$ 軸２６に実質的に平行に向いている。可撓性支持要素６６は主に $X$ 方向において可撓性であり、すなわち、柔軟であり、それによって、感知質量部５６は $X$ 軸２４に平行な面内振動並進運動について大きく制約される。この並進感知方向は $X$ 軸２４に平行に向いている双頭矢印６８（図４および図５）によって表されており、本明細書において感知運動６８と称す。

30

#### 【００２３】

当業者には知られているように、さまざまな固定電極は、速度センサアセンブリ５０の他の固定構成要素とともに感知質量部５６と同一の高さに、基板３０の表面４０にマウントされ形成されてもよい。この単純化された図解において、電極は、入力軸、すなわち $Z$ 軸２８を中心とした速度センサアセンブリ５０の回転を感知するのに使用される感知電極７０および７２を含む。特に、感知電極７０および７２は、感知質量部５６の並進運動を検知するが、それは、この運動が、感知質量部５６と固定感知電極７０および７２との間のキャパシタンスを変化させるためである。したがって、入力軸、すなわち、 $Z$ 軸２８を中心とした速度センサアセンブリ５０の回転が、感知質量部５６と電極７０および７２との間のキャパシタンスの変化として感知されることができる。ASICから電極７０および７２ならびに感知質量部５６までの別個の電気接続を提供するために導体（図示せず）が基板３０上に形成されることができる。

40

#### 【００２４】

一般には、速度センサアセンブリ５０は、駆動質量部５４に取り付けられている電極板とともに適切に配列されている固定平行板アクチュエータを有する駆動動作ユニット（図示せず）を含んでもよい。概して、交流電流（AC）駆動信号がASIC、すなわち、駆動回路（図示せず）を通じて平行板アクチュエータに印加されてもよい。駆動信号は、駆動質量部５４を、並進駆動方向６４によって表されているように、 $X-Y$ 平面２２内で $Y$ 軸２６に平行に振動させる。速度センサアセンブリ５０が $Z$ 軸２８を中心とした入力、す

50



なわち角運動 5 2 を受けると、角運動 5 2 によって生成されるコリオリの力によって、感知質量部 5 6 が X 軸 2 4 に実質的に平行に並進し（図 4 および図 5 において矢印 6 8 によって表されている）、この運動を以下感知運動 6 8 と称す。X 軸 2 4 に平行な感知質量部 5 6 の面内感知運動 6 8、および、従って入力軸、すなわち Z 軸 2 8 を中心とした速度センサアセンブリ 5 0 の回転は、当業者に知られているように、電極 7 0 および 7 2 におけるキャパシタンスを感知することによって検出される。

#### 【 0 0 2 5 】

図 6 に示す速度センサアセンブリ 5 0 の記号表現は、駆動質量部が X 軸 2 4 および Y 軸 2 6 のうちの一方に平行に振動並進運動するように駆動されている速度センサアセンブリを表している。速度センサアセンブリ 5 0 の記号表現内に示されている直線矢印は、並進駆動方向 6 4 を表している。上述のように、速度センサアセンブリ 5 0 の感知質量部は、Z 軸 2 8 を中心とした角速度を上述のようなコリオリの力を通じて感知するように構成されている。したがって、速度センサアセンブリ 5 0 について、以下 Z センサアセンブリ 5 0 と称す。ここでも、速度センサアセンブリ 5 0 は任意のさまざまな速度センサ設計を表しており、それらの速度センサの各々が、並進駆動方向 6 4 に駆動されながら Z 軸 2 8 を中心として発生する角速度を感知するように最適化されてもよいことが容易に理解されるであろう。さらに、並進駆動運動 6 4 は、図示のように Y 軸 2 6 に平行に向けられてもよく、X 軸 2 4 に平行に向けられてもよい。言い換えれば、図 6 に示す矢印 6 4 は、Y 軸 2 6 に平行な振動並進駆動運動を表している。しかしながら、速度センサアセンブリ 5 0 は、図示の矢印に直交して向けられてもよい。そのような実施形態において、並進駆動運動 6 4 は X 軸 2 4 に平行になり、感知質量部 5 6 は、同一入力軸、すなわち Z 軸 2 8 を中心とした入力角回転に応答して Y 軸 2 6 に平行な面内振動並進運動について制約されることになる。

#### 【 0 0 2 6 】

後述の実施形態に応じて、X - Y センサアセンブリ 2 0（図 1）および Z センサアセンブリ 5 0 は、多軸速度センサデバイスを形成するために適切な結合バネ設計を使用して相互接続され、結合バネの構成が速度センサアセンブリの各々の駆動方向（たとえば、回転駆動方向 4 3 または並進駆動方向 6 4）を決定付ける。さらに、結合バネによって、多軸感知デバイスのさまざまな速度センサアセンブリ 2 0、5 0 が、同一駆動周波数で、同期した運動によって振動するように駆動されることが可能になり、A S I C において共通の復調が可能になる。ここで、図 7 ~ 図 1 0 は、多軸 M E M S デバイスを形成するために複数の速度センサアセンブリを連結するために実装されてもよいさまざまな結合バネ設計を示す。

#### 【 0 0 2 7 】

ここで図 7 を参照すると、図 7 は、一実施形態に応じた、一对の速度センサアセンブリ 2 0 を結合するための結合バネ構造体 8 0 を示す。結合バネ構造体 8 0 は一对の結合バネ 8 2 を含み、結合バネ 8 2 の各々は第 1 の軸に対して可撓性、すなわち柔軟であり、第 2 の軸に対し概して非可撓性、すなわち剛直である。図 7 に示す特定の向きにおいて、結合バネ 8 2 の各々のそれぞれの折れによって、結合バネ 8 2 が Y 軸 2 6 に実質的に平行に伸長および収縮することが可能になる。しかしながら、結合バネ 8 2 のそれぞれの折れの構成は概して、結合バネ 8 2 が X 軸 2 4 に平行に伸長および収縮することを妨げる。

#### 【 0 0 2 8 】

図 7 は、それらを相互接続している結合バネ構造体 8 0 によって互いの隣に配置されている X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 をさらに示している。特に、明瞭にするために X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A と称する X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 のうちの一方の端部 8 4 は、明瞭にするために X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 B と称する他方の X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 の端部 8 6 に隣接しているが、接触していない。結合バネ 8 2 の一方の終端部 8 8 は X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A の端部 8 4 の各終端部に結合されており、同じ結合バネ 8 2 の反対の終端部 9 0 は X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 B の端部 8 6 の各終端部に結合されている。したがって、一実施形態において、両方の結合バ

ネ 8 2 の全体が X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A と 2 0 B との間に挟まれている。

【 0 0 2 9 】

結合バネ構造体 8 0 の 2 重結合バネ構成、および、結合バネ 8 2 が X 方向ではなく Y 方向において柔軟であることによって、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B の振動は逆相運動に制約される。すなわち、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B は Z 軸 2 8 を中心とした回転駆動方向 4 3 に駆動されるとき、それらは反対の方向、すなわち逆相（反対に向いた矢印 4 3 によって表されている）に振動し、駆動周波数で同期されている。X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B ならびに結合バネ構造体 8 0 の構成は、図 7 に示す構成に対して直角に向けられてもよく、それによって、結合バネ 8 2 は X 軸 2 4 に対して柔軟になり、Y 軸 2 6 に対して剛直になる。それにもかかわらず、結合バネ構造体 8 0 の 2 重結合バネ構成によって、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B の振動が、回転駆動方向 4 3 における逆相運動に制約される。X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B のいずれかは、図 1 ~ 図 3 に関連して上述したように、感知質量部 3 4 の向きに応じて、X 軸 2 4 または Y 軸 2 6 のいずれかを中心とした入力角速度を感知するように構成されてもよい。

10

【 0 0 3 0 】

図 8 は、別の実施形態に応じた、一对の速度センサアセンブリ 2 0 を結合するための結合バネ構造体 9 2 を示す。結合バネ構造体 9 2 は一对の結合バネ 9 4 を含み、結合バネ 9 4 の各々は第 1 の軸に対して可撓性、すなわち柔軟であり、第 2 の軸に対し概して非柔軟性、すなわち剛直である。図 8 に示す特定の向きにおいて、結合バネ 9 4 の各々のそれぞれの折れによって、結合バネ 9 4 が X 軸 2 4 に実質的に平行に伸長および収縮することが可能になる。しかしながら、結合バネ 9 4 のそれぞれの折れの構成は概して、結合バネ 9 4 が Y 軸 2 6 に平行に伸長および収縮することを妨げる。

20

【 0 0 3 1 】

図 8 は、それらを相互接続している結合バネ構造体 9 2 によって互いの隣に配置されている X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 をさらに示している。特に、明瞭にするために X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A と称する X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 のうちの一方の端部 9 6 は、明瞭にするために X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 B と称する他方の X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 の端部 9 8 に隣接しているが、接触していない。結合バネ 9 4 の一方の終端部 1 0 0 は X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A の端部 9 6 の各終端部に結合されており、同じ結合バネ 9 4 の反対の終端部 1 0 2 は X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 B の端部 9 8 の各終端部に結合されている。本実施形態においては、両方の結合バネ 9 4 の全体は、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A と 2 0 B との間に挟まれていない。代わりに、それらは、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A と 2 0 B との間の空間の外部に位置する。

30

【 0 0 3 2 】

結合バネ構造体 9 2 の 2 重結合バネ構成、および、結合バネ 9 4 が Y 方向ではなく X 方向において柔軟であることによって、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B の振動は、同一方向を向いた矢印 4 3 によって表されている同相運動に制約される。すなわち、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B は Z 軸 2 8 を中心とした回転駆動方向 4 3 に駆動されるとき、それらは同一方向に振動し、駆動周波数で同期されている。ここでも、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B ならびに結合バネ構造体 9 2 の構成は、図 8 に示す構成に対して直角に向けられてもよく、それによって、結合バネ 9 4 は Y 軸 2 6 に対して柔軟になり、X 軸 2 4 に対して剛直になる。それにもかかわらず、結合バネ構造体 9 2 の 2 重結合バネ構成によって、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B の振動が、回転駆動方向 4 3 における同相運動に制約される。さらに、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 B のいずれかは、図 1 ~ 図 3 に関連して上述したように、感知質量部 3 4 の向きに応じて、X 軸 2 4 または Y 軸 2 6 のいずれかを中心とした入力角速度を感知するように構成されてもよい。

40

【 0 0 3 3 】

50

図 9 は、一実施形態に応じた、一对の速度センサアセンブリ 20、50 を結合するための別の結合バネ構造体 104 を示す。本実施形態において、結合バネ構造体 104 は、単一の結合バネ 106 を含む。結合バネ 106 は第 1 の軸に対して可撓性、すなわち柔軟であり、第 2 の軸に対し概して非柔軟性、すなわち剛直である。図 9 に示す特定の向きにおいて、結合バネ 106 の折れによって、結合バネ 106 が Y 軸 26 に実質的に平行に伸長および収縮することが可能になる。しかしながら、結合バネ 106 の構成は概して、結合バネ 106 が X 軸 24 に平行に伸長および収縮することを妨げる。

#### 【0034】

図 9 は、それらを相互接続している結合バネ構造体 104 によって互いの隣に配置されている X - Y 速度センサアセンブリ 20 および Z 速度センサアセンブリ 50 をさらに示している。特に、X - Y 速度センサアセンブリ 20 の端部 108 は Z 速度センサアセンブリ 50 の端部 110 に隣接しているが、接触していない。結合バネ 106 の終端部 112 は X - Y 速度センサアセンブリ 20 の端部 108 の終端部に結合されており、結合バネ 106 の反対の終端部 114 は Z 速度センサアセンブリ 50 の端部 110 の終端部に結合されている。すなわち、結合バネ 106 は、速度センサアセンブリ 20、50 の各々の中心線 116 からずらされて、速度センサアセンブリ 20、50 の各々に取り付けられている。

#### 【0035】

結合バネ構造体 104 の単一結合バネ構成、結合バネの速度センサアセンブリ 20、50 の各々とのずらされた接続、および、結合バネ 106 が 1 つの方向（たとえば、Y 方向）においては柔軟であるが、反対の方向（たとえば、X 方向）においてはそうでないことによって、回転駆動方向 43 における X - Y 速度センサアセンブリ 20 の振動駆動運動が促進され、一方で同時に、並進駆動方向 64 における Z 速度センサアセンブリ 50 の振動駆動運動が促進される。さらに、それらが結合バネ構造体 104 を通じて接続されていることによって、X - Y 速度センサアセンブリ 20 および Z 速度センサアセンブリ 50 は、単一の駆動周波数における同期した運動をする。速度センサアセンブリ 20 および 50 ならびに結合バネ構造体 104 の構成は、図示の構成に直交して向けられることができることを理解されたい。

#### 【0036】

図 10 は、一実施形態に応じた、一对の速度センサアセンブリ（破線形式で図示）を結合するためのさらに別の結合バネ構造体 120 を示す。バネ構造 120 は概して、第 1 のバネ要素 122 と、第 2 のバネ要素 124 と、旋回レバー 126 とを含む。第 1 のバネ要素 122 の終端部 128 は旋回レバー 126 に結合されており、第 1 のバネ要素 122 の反対の終端部 130 は、速度センサアセンブリ 20、50 のうちの一方と相互接続するように構成されている。同様に、第 2 のバネ要素 124 の終端部 132 は旋回レバー 126 に結合されており、反対の終端部 134 は、速度センサアセンブリ 20、50 のうちのもう一方と相互接続するように構成されている。

#### 【0037】

図 12、図 13、図 15、および図 16 に関連した説明において、結合バネ構造体 120 は、X - Y 速度センサアセンブリ 20 同士、Z 速度センサアセンブリ 50 同士、または X - Y 速度センサアセンブリ 20 と Z 速度センサアセンブリ 50 とを相互接続するように適合されてもよいことが理解されるであろう。したがって、速度センサアセンブリ 20、50 は概して、結合バネ構造体 120 が速度センサアセンブリ 20、50 のいずれかを相互接続するように適合されてもよいことを表すために図 10 においては破線形式で図示表現されている。

#### 【0038】

一実施形態において、旋回レバー 126 は、下方にある基板（図示せず）に取り付けられているアンカ 136 と、アンカ 136 を包囲するフレーム 138 と、フレーム 138 の対向する両側から伸張するアーム 140、142 とを含む。ねじりバネ 144 の形態の可撓性支持要素が、フレーム 138 の内周に結合されている。ねじりバネ 144 は、フレーム 138 およびアーム 140、142 を、下方にある基板にアンカ 136 を通じて接続し

10

20

30

40

50

、それによって、旋回レバー 1 2 6 は概して基板の上に懸垂されている。ねじりバネ 1 4 4 は主に X - Y 平面 2 2 において可撓性であり、それによって、旋回レバー 1 2 6 は、アンカ 1 3 6 に中心がある、旋回軸、すなわち Z 軸 2 8 を中心とする面内振動軸回転について大きく制約される。旋回軸を中心とした旋回レバー 1 2 6 の振動回転運動は曲線矢印 1 4 6 によって表されている。

#### 【 0 0 3 9 】

第 1 のバネ要素 1 2 2、1 2 4 は第 1 の軸に対して可撓性、すなわち柔軟であり、第 2 の軸に対し概して非可撓性、すなわち非柔軟性である。図 1 0 に示される特定の向きにおいて、バネ要素 1 2 2、1 2 4 の各々のそれぞれの折れによって、バネ要素 1 2 2、1 2 4 が Y 軸 2 6 に実質的に平行に伸長および収縮することが可能になる。しかしながら、バネ要素 1 2 2、1 2 4 のそれぞれの折れの構成は概して、バネ要素 1 0 6、1 0 8 が X 軸 2 4 に平行に伸長および収縮することを妨げる。図 1 0 に示す構成は図示されている構成に直角に向けられてもよいことを理解されたい。

#### 【 0 0 4 0 】

結合バネ構造体 8 0 ( 図 7 )、9 2 ( 図 8 )、1 0 4 ( 図 9 )、および 1 2 0 ( 図 1 0 ) は、さまざまな個々の速度センサアセンブリ 2 0、5 0 を相互接続するために選択的に実装される。結合バネ構造体 8 0、9 2、1 0 4、および 1 2 0 は、特定の結合バネ構造体 8 0、9 2、1 0 4、および 1 2 0 およびそれらの特定の柔軟性、すなわち可撓性によって決定付けられる駆動方向 (たとえば、回転駆動方向 4 3 および / または並進駆動方向 6 4 ) において、単一の駆動周波数で、相互接続された速度センサアセンブリ 2 0、5 0 が振動することを可能にする。さらに、速度センサアセンブリ 2 0、5 0 が結合バネ構造体 8 0、9 2、1 0 4、および 1 2 0 のいずれかを通じて相互接続される結果として、アセンブリ 2 0、5 0 のすべてが同期した振動をし、感知信号の不確かさが制限される。

#### 【 0 0 4 1 】

概して、さまざまな実施形態は、平坦な表面を有する基板と、当該基板から離間した関係にある少なくとも 2 つの速度センサとを含む M E M S デバイスを含む。速度センサは、基板の平坦な表面に平行に振動するように構成されている。M E M S デバイスは、駆動周波数を示す駆動信号を提供するために速度センサのうちの少なくとも 1 つと通信する駆動要素をさらに含む。少なくとも 1 つの結合バネ (たとえば、結合バネ構造体 8 0、9 2、1 0 4、および 1 2 0 ) が速度センサを相互接続する。結合バネは、速度センサが、当該結合バネの構成によって決定付けられる駆動方向において、上記駆動周波数で振動するように構成される。速度センサの少なくとも 1 つの駆動方向は、第 1 の軸と関連付けられる第 1 の駆動方向であり、速度センサのもう一方の駆動方向は、第 2 の軸と関連付けられる第 2 の駆動方向であり、第 2 の軸は第 1 の軸に対して垂直である。速度センサは、逆相に駆動されてもよく、同相に駆動されてもよい。以下の例において、逆相運動は反対に向いた矢印対 4 3 または 6 4 によって記号化され、同相運動は同様に向いた矢印対 4 3 または 6 4 によって例示される。

#### 【 0 0 4 2 】

後述の図 1 1 ~ 図 1 6 は、例示を目的としてさまざまな M E M S 多軸速度センサデバイス構成を記載する。結合バネ構造体 8 0、9 2、1 0 4、および 1 2 0 が後述の例の実施形態以外の広範な多軸速度センサデバイスを生成するように適合されてもよいことは容易に理解されるであろう。さらに、多軸速度センサデバイス構成は、下記に図 1 1 ~ 図 1 6 が示すような 4 つの速度センサアセンブリに限定される必要はない。代替えとして、より多くの速度センサアセンブリが多軸速度センサデバイスに組み込まれてもよい。

#### 【 0 0 4 3 】

図 1 1 は、一実施形態に応じた M E M S デバイス 1 5 0 を示す。M E M S デバイス 1 5 0 は、一对の X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 と、一对の Z 速度センサアセンブリ 5 0 とを含む。より詳細には、M E M S デバイス 1 5 0 は、ここでは X - Y 速度センサ 2 0 A と称する第 1 の速度センサアセンブリと、ここでは Z 速度センサ 5 0 B と称する第 2 の速度センサアセンブリと、ここでは Z 速度センサ 5 0 C と称する第 3 の速度センサアセンブリ

と、ここではX-Y速度センサ20Dと称する第4の速度センサアセンブリとを含む。本明細書において使用される「第1の」、「第2の」、「第3の」、「第4の」などという用語は、数えられる一連の要素の中での要素の順序付けまたは優先順位付けを指すものではない。代わりに、「第1の」、「第2の」、「第3の」、および「第4の」という用語は、説明を明瞭にするために特定の要素を区別するために使用される。

#### 【0044】

さまざまな実施形態において、図1～図3に関連して説明したように、X-Y速度センサ20Aおよび20Dの両方がX軸24を中心とした角入力を感じ取るように構成されてもよく、X-Y速度センサ20Aおよび20Dの両方がY軸26を中心とした角入力を感じ取るように構成されてもよく、または、X-Y速度センサ20AがX軸24を中心とした角入力を感じ取るように構成されてもよく、X-Y速度センサ20DがY軸26を中心とした角入力を感じ取るように構成されてもよい。したがって、MEMSデバイス150は2軸MEMS速度センサデバイスとして構成されてもよく、または3軸MEMS速度センサデバイスとして構成されてもよい。

#### 【0045】

X-Y速度センサ20A、Z速度センサ50B、Z速度センサ50C、およびX-Y速度センサ20Dは、下方にある基板30から離間した関係にある。加えて、X-Y速度センサ20A、Z速度センサ50B、Z速度センサ50C、およびX-Y速度センサ20Dは、基板30の中央部152の周囲に配置されている。中央部152は必ずしも、基板30の各外縁から等距離にある基板30の中心を指してはいない。代わりに、中央部152は、その周囲にX-Y速度センサ20A、Z速度センサ50B、Z速度センサ50C、およびX-Y速度センサ20Dの各々がその位置から外方におおよそ等しい距離で側方に離間されている、基板30上のおおよそその位置を指す。

#### 【0046】

X-Y速度センサ20AおよびZ速度センサ50Bは互いの隣に配置されており、結合バネ構造体104の単一のバネ構成を通じて相互接続されている。Z速度センサ50BおよびZ速度センサ50Cは互いの隣に配置されており、結合バネ構造体80の2重バネ構成を通じて相互接続されている。Z速度センサ50CおよびX-Y速度センサ20Dは互いの隣に配置されており、もう1つの結合バネ構造体104を通じて相互接続されている。そして、X-Y速度センサ20DおよびX-Y速度センサ20Aは互いの隣に配置されており、もう1つの結合バネ構造体80を通じて相互接続されている。

#### 【0047】

図11に示す構成において、結合バネ構造体104の結合バネ106は、X軸24に平行な方向において柔軟、すなわち、可撓性であり、Y軸26に平行な方向において剛直であるように、X-Y平面22内で適切に方向付けられている。結合バネ構造体80の結合バネ82は、Y軸26に平行な方向において柔軟であり、X軸24に平行な方向において剛直であるように、X-Y平面22内で適切に方向付けられている。

#### 【0048】

MEMSデバイス150は、X-Y速度センサ20A、20DおよびZ速度センサ50B、50Cのそれぞれの駆動質量部32(図1)および54(図4)を駆動するための駆動系をさらに含む。図示の実施形態において、駆動系は、固定駆動要素156および可動駆動要素158を有する2つの駆動アクチュエータユニット154を含む。固定駆動要素156は、基板30と結合されてもよく、可動駆動要素158はX-Y速度センサ20Aおよび20Dの駆動質量部32(図1)に取り付けられてもよい。固定駆動要素156は、可動駆動要素158から離間され、互い違いの配列に位置づけられる。X-Y速度センサ20Aおよび20Dの駆動質量部32にそれらが取り付けられることによって、可動駆動要素158は駆動質量部32とともに運動可能である。逆に、基板30にそれらが固定されて取り付けられていることによって、固定駆動要素156は、可動駆動要素158に対して固定である。例示を簡潔にするため、少数の固定駆動要素156および可動駆動要素158のみを示す。固定駆動要素および可動駆動要素の数量および構造は設計要件に

じて変化することになることを当業者は容易に認識するであろう。

【0049】

MEMSデバイス150の駆動系は、駆動質量部の運動をモニタリングするための駆動モニタユニット160をさらに含んでもよい。示されている実施形態において、駆動モニタユニット160は、固定モニタ要素162と可動モニタ要素164とを含む。固定モニタ要素162は基板30と結合されており、一実施形態において、可動モニタ要素164は、Z速度センサ50Bおよび50Cの駆動質量部54(図4)に取り付けられている。固定モニタ要素162は、可動モニタ要素164から離間され、互い違いの配列に位置づけられる。Z速度センサ50Bおよび50Cの駆動質量部54にそれらが取り付けられることによって、可動モニタ要素164は駆動質量部54とともに運動可能である。逆に、基板30にそれらが固定されて取り付けられていることによって、固定モニタ要素162は、可動モニタ要素164に対して固定である。ここでも、例示を簡潔にするため、少数の固定モニタ要素162および可動モニタ要素164のみを示す。固定モニタ要素および可動モニタ要素の数量および構造は設計要件に応じて変化することができることを当業者は容易に認識するであろう。代替的に、いくつかのシステム設計では、駆動モニタユニット160を含むことを必要としない場合がある。

10

【0050】

概して、特定用途向け集積回路(ASIC)166が、駆動信号168を駆動アクチュエータユニット154に供給する。駆動信号168は、駆動周波数を有する波形(一般的には正弦波)である。一般的に、ASIC166は、MEMSデバイスの共振周波数で駆動が行われるように、駆動信号168の駆動周波数を調整する。いくつかの実施形態において、この調整は、位相ロックループ(PLL)システム(図示せず)を用いて行われてもよい。示されている例において、駆動アクチュエータユニット154を通じて駆動信号168を印加することによって、X-Y速度センサアセンブリ20Aおよび20Dの各々の駆動質量部32は、駆動信号168の駆動周波数で回転駆動方向43において振動するようになる。加えて、Z速度センサアセンブリ50Bおよび50Cの各々の駆動質量部54は、それらが結合バネ構造体104を通じてX-Y速度センサアセンブリ20Aおよび20Dと相互接続されていることに起因して、駆動信号168の駆動周波数で並進駆動方向64において振動することになる。ASIC166は、駆動周波数168が速度センサアセンブリ20A、50B、50C、および20Dに印加されるのに応答して、駆動モニタユニット160からモニタ信号170を受信する。モニタ信号170は、ASIC166が、駆動質量部32および54の駆動変位および位相をモニタリングするのに使用される。

20

30

【0051】

示されている例において、2つの駆動アクチュエータユニット154が、4つの速度センサアセンブリ20A、50B、50C、および20Dを駆動するのに利用されている。このタイプの構成によって、空間効率を達成することができる。しかしながら、他の実施形態において、速度センサアセンブリあたり1つ以上の駆動アクチュエータユニット154を用いて、さらなる駆動アクチュエータユニット154が実装されてもよい。たとえば、本実施形態において、速度センサアセンブリあたり2つの駆動アクチュエータユニット154を用いて、2つの駆動アクチュエータユニット154が実装されてもよい。駆動アクチュエータユニット154は、広範な駆動系構成および技法を表している。それにもかかわらず、さまざまな実施形態において、駆動系はすべての駆動アクチュエータユニットに特定の駆動周波数で同じ駆動信号を供給する。

40

【0052】

X-Y速度センサ20Aおよび20Dが結合バネ構造体80を通じて相互接続されていることに起因して、X-Y速度センサ20Aおよび20Dの駆動質量部32は、その駆動周波数で互いに対して逆相に振動することになる。同様に、Z速度センサ50Cおよび50Dがもう1つの結合バネ構造体80を通じて相互接続されていることに起因して、X-Y速度センサ20Aおよび20Dの駆動質量部32も、同様にその駆動周波数で互いに対

50

して逆相に振動することになる。この逆相運動は、反対に向いた矢印対43および64によって表されている。X-Y速度センサ20AとZ速度センサ50Bとが結合バネ構造体104を通じて相互接続されていること、および、X-Y速度センサ20DとZ速度センサ50Cとがもう1つの結合バネ構造体104を通じて相互接続されていることによって、直線加速度成分が強制的に排除される。すなわち、X軸24に平行な方向および/またはY軸26に平行な方向における直線加速の下で、システムは、加速度成分に応答しないように平衡である。

#### 【0053】

図12は、一実施形態に応じたMEMSデバイス172を示す。MEMSデバイス172は、下方にある基板30から離間した関係にあるX-Y速度センサ20A、Z速度センサ50B、Z速度センサ50C、およびX-Y速度センサ20Dを含み、それらが基板30の中央部152の周囲に配置されているという点において、MEMSデバイス150に類似している。X-Y速度センサ20AおよびZ速度センサ50Bは、結合バネ構造体120の旋回レバーバネ構成を通じて相互接続されている。Z速度センサ50BおよびZ速度センサ50Cは、結合バネ構造体80の2重バネ構成を通じて相互接続されている。Z速度センサ50CおよびX-Y速度センサ20Dは、もう1つの結合バネ構造体120を通じて相互接続されている。そして、X-Y速度センサ20DおよびX-Y速度センサ20Aは、もう1つの結合バネ構造体80を通じて相互接続されている。

#### 【0054】

さまざまな実施形態において、図1～図3に関連して説明されたように、X-Y速度センサ20Aおよび20Dの両方がX軸24を中心とした角入力を感じるように構成されてもよく、X-Y速度センサ20Aおよび20Dの両方がY軸26を中心とした角入力を感じるように構成されてもよく、または、X-Y速度センサ20AがX軸24を中心とした角入力を感じるように構成され、X-Y速度センサ20DがY軸26を中心とした角入力を感じるように構成されてもよい。したがって、MEMSデバイス172は2軸MEMS速度センサデバイスとして構成されてもよく、または3軸MEMS速度センサデバイスとして構成されてもよい。

#### 【0055】

図12に示す構成において、結合バネ構造体120の第1のバネ要素122および第2のバネ要素124は、X軸24に平行な方向において柔軟、すなわち、可撓性であり、Y軸26に平行な方向において非柔軟性、すなわち、剛直であるように、X-Y平面22内で適切に方向付けられている。結合バネ構造体80の結合バネ82は、Y軸26に平行な方向において柔軟であり、X軸24に平行な方向において非柔軟性、すなわち、剛直であるように、X-Y平面22内で適切に方向付けられている。

#### 【0056】

MEMSデバイス150と同様に、MEMSデバイス172は、固定駆動要素156および可動駆動要素158を有する駆動アクチュエータユニット154をさらに含む。示されている実施形態において、固定駆動要素156は基板30と結合されてもよく、可動駆動要素158は、各結合バネ構造体120の旋回レバー126に取り付けられてもよい。それらが旋回レバー126に取り付けられていることによって、可動駆動要素158は、旋回レバー126とともに運動可能である。逆に、基板30にそれらが固定されて取り付けられていることによって、固定駆動要素156は、可動駆動要素158に対して固定である。MEMSデバイス150と同様に、MEMSデバイス172は、上述のように、固定モータ要素162および可動モータ要素164を有する駆動モータユニット160をさらに含む。

#### 【0057】

概して、ASIC166は、所定の駆動周波数を有する駆動信号168を駆動アクチュエータユニット154に供給する。示されている例において、駆動信号168を駆動アクチュエータユニット154を通じて印加することによって、結合バネ構造体120の旋回レバー126は、アンカ136に中心があるそれらのそれぞれの旋回軸を中心として逆相

10

20

30

40

50

に回転するようになる。回転レバー 1 2 6 の運動によって、X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 D の各々の駆動質量部 3 2 ( 図 1 ) は、駆動信号 1 6 8 の駆動周波数で回転駆動方向 4 3 において振動するようになる。同様に、Z 速度センサアセンブリ 5 0 B および 5 0 C の各々の駆動質量部 5 4 ( 図 4 ) は、それらが結合バネ構造体 1 2 0 を通じて X - Y 速度センサアセンブリ 2 0 A および 2 0 D と相互接続されていることに起因して、駆動信号 1 6 8 の駆動周波数で並進駆動方向 6 4 において振動することになる。

【 0 0 5 8 】

X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D が結合バネ構造体 8 0 を通じて相互接続されていることに起因して、X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D の駆動質量部 3 2 は、その駆動周波数で互いに対して逆相に振動することになる。同様に、Z 速度センサ 5 0 C および 5 0 D がもう 1 つの結合バネ構造体 8 0 を通じて相互接続されていることに起因して、X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D の駆動質量部 3 2 も、同様にその駆動周波数で互いに対して逆相に振動することになる。X - Y 速度センサ 2 0 A と Z 速度センサ 5 0 B とが結合バネ構造体 1 2 0 を通じて相互接続されていること、および、X - Y 速度センサ 2 0 D と Z 速度センサ 5 0 C とがもう 1 つの結合バネ構造体 1 2 0 を通じて相互接続されていることによって、直線加速度成分が強制的に排除される。

【 0 0 5 9 】

M E M S デバイス 1 7 2 に関連して図示されているように、結合バネ構造体 1 2 0 に関連付けられるバネ要素のうちの第 1 のバネ要素 1 2 2 は、回転レバー 1 2 6 のアーム 1 4 0 および X - Y 速度センサ 2 0 A に結合されている。同じ結合バネ構造体 1 2 0 の第 2 のバネ要素 1 2 4 は、回転レバー 1 2 6 のアーム 1 4 2 および Z 速度センサ 5 0 B に結合されている。同様に、結合バネ構造体 1 2 0 の他方の第 2 のバネ要素 1 2 4 は、回転レバー 1 2 6 のアーム 1 4 2 および X - Y 速度センサ 2 0 D に結合されており、同じ結合バネ構造体 1 2 0 の第 1 のバネ要素 1 2 2 は、回転レバー 1 2 6 のアーム 1 4 0 および Z 速度センサ 5 0 B に結合されている。

【 0 0 6 0 】

X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D の各々は中心線 1 7 4 を示し、Z 速度センサ 5 0 B および 5 0 C の各々も中心線 1 7 6 を示す。一実施形態において、第 1 のバネ要素 1 2 2 は中心線 1 7 4 からずらされて X - Y 速度センサ 2 0 A に結合されており、第 2 のバネ要素 1 2 4 は中心線 1 7 6 に沿って、または当該中心線において Z 速度センサ 5 0 B に結合されており、同様に、第 2 のバネ要素 1 2 4 は中心線 1 7 4 からずらされて X - Y 速度センサ 2 0 D に結合されており、第 1 のバネ要素 1 2 2 は中心線 1 7 6 に沿って、または当該中心線において Z 速度センサ 5 0 C に結合されている。バネ要素 1 2 2 および 1 2 4 が中心線 1 7 4 に対してずらされて取り付けられる結果として、X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D の駆動質量部 3 2 ( 図 1 ) が回転駆動方向 4 3 において運動することになる。さらに、バネ要素 1 2 4 および 1 2 2 が中心線 1 7 6 に対して中心線で取り付けられる結果として、Z 速度センサ 5 0 B および 5 0 C の駆動質量部 5 4 ( 図 4 ) が並進駆動方向 6 4 において運動するようになる。

【 0 0 6 1 】

加えて、回転駆動方向 4 3 における X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D の駆動質量部 3 2 の運動と、並進駆動方向 6 4 における Z 速度センサ 5 0 B および 5 0 C の駆動質量部 5 4 ( 図 4 ) の運動との比は、連結バネ、たとえば、X - Y 速度センサ 2 0 A に取り付けられる第 1 のバネ要素 1 2 2 および X - Y 速度センサ 2 0 D に取り付けられる第 2 のバネ要素 1 2 4 を適切に配置することによって調整されることができる。

【 0 0 6 2 】

図 1 3 ~ 図 1 6 は、M E M S 多軸速度センサデバイスのさらなる例を提供する。以下の図解において、駆動アクチュエータユニット 1 5 4、駆動モニタユニット 1 6 0、A S I C 1 6 6、および駆動信号 1 6 8 は、単純化するために図示されていない。しかしながら、これらの要素は以下に提供する M E M S デバイス例に関連して容易に実装されることができることを理解されたい。加えて、以下の図解の各々は 2 つの X - Y 速度センサアセン

10

20

30

40

50



ブリ 20 を示す。さまざまな実施形態において、X - Y 速度センサアセンブリ 20 の両方が、2 軸速度センサを形成するために、同じ軸（たとえば、X 軸 24 または Y 軸 26）を中心とした角入力を感じ取るように方向付けられてもよい。代替的に、X - Y 速度センサアセンブリは、X - Y 速度センサアセンブリ 20 の各々が、3 軸速度センサを形成するために、異なる軸（たとえば、X 軸 24 および Y 軸 26）を中心とした角入力を感じ取るように適切に方向付けられてもよい。

#### 【0063】

図 13 は、一実施形態に応じた MEMS デバイス 178 を示す。MEMS デバイス 178 は、下方にある基板 30 から離間した関係にある X - Y 速度センサ 20 A と、Z 速度センサ 50 B と、Z 速度センサ 50 C と、X - Y 速度センサ 20 D とを含む。結合バネ構造体 120 が各対または速度センサアセンブリの間に位置する。そのため、結合バネ構造体 120 は、X - Y 速度センサアセンブリ 20 A および 20 D を含む速度センサアセンブリの対と、Z 速度センサアセンブリ 50 B および 50 C を含む速度センサアセンブリの他方の対との間に位置する。

#### 【0064】

X - Y 速度センサ 20 A および Z 速度センサ 50 B は、結合バネ構造体 120 の巡回レバーバネ構成を通じて相互接続されている。具体的には、結合バネ構造体 120 は、アーム 140 および Z 速度センサ 50 B の各々に結合されている第 3 のバネ要素 180 をさらに含む。したがって、X - Y 速度センサ 20 A および Z 速度センサ 50 B は、第 1 のバネ要素 122、巡回レバー 126、および第 3 のバネ要素 180 によって結合されている。Z 速度センサ 50 B および Z 速度センサ 50 C も、結合バネ構造体 120 の巡回レバーバネ構成を通じて相互接続されている。具体的には、結合バネ構造体 120 は、巡回レバー 126 のアーム 142 および Z 速度センサ 50 C の各々に結合されている第 4 のバネ要素 182 をさらに含む。したがって、Z 速度センサ 50 B および 50 C は、第 3 のバネ要素 180、巡回レバー 126、および第 4 のバネ要素 182 によって結合されている。Z 速度センサ 50 C および X - Y 速度センサ 20 D は、結合バネ構造体 120 の巡回レバーバネ構成を通じて相互接続されている。具体的には、Z 速度センサ 50 C および X - Y 速度センサ 20 D は、第 4 のバネ要素 182、巡回レバー 126、および第 2 のバネ要素 124 によって結合されている。そして最後に、X - Y 速度センサ 20 D および X - Y 速度センサ 20 A は、結合バネ構造体 82 を通じて相互接続されている。

#### 【0065】

第 1 のバネ要素 122、第 2 のバネ要素 128、第 3 のバネ要素 180、および第 4 のバネ要素 182 は、Y 軸 26 に平行な方向において柔軟であり、X 軸 24 に平行な方向において非柔軟性、すなわち、剛直である。結合バネ構造体 82 のバネ 94 は、X 軸 24 に平行な方向において柔軟であり、Y 軸 26 に平行な方向において非柔軟性、すなわち、剛直である。駆動系（図示せず）によって作動されると、アンカ 136 に中心がある巡回軸を中心とした巡回レバー 126 の巡回運動、および、バネ要素 122、124、180、および 182 が Y 軸 26 に平行に柔軟であることによって、Z 速度センサ 50 B および 50 C の駆動質量部 54（図 4）は、並進駆動方向 64 における運動をするようになる。加えて、駆動系によって作動されると、巡回レバー 126 の巡回運動、および、結合バネ 94 が X 軸 24 に平行な方向において柔軟であることによって、X - Y 速度センサ 20 A および 20 D が、回転駆動方向 43 における運動をするようになる。

#### 【0066】

X 速度センサ 50 B および 50 C の並進駆動方向 64 は、バネ要素 122、128、180、および 182 の柔軟性に対して垂直である。したがって、並進駆動方向 64 は、X 軸 24 に平行な方向にある。結合バネ構造体 120 の巡回レバー構成によって、Z 速度センサ 50 B および 50 C は、同一駆動周波数で、しかし互いに対して逆相に振動するようになる。一方で、結合バネ構造体 82 の 2 重バネ構成、および、結合バネ 94 が X 軸 24 に平行な方向において柔軟であることによって、X - Y 速度センサ 20 A および 20 D は同一駆動周波数で、互いに対して同相に振動する。

## 【 0 0 6 7 】

図 1 4 は、一実施形態に応じた M E M S デバイス 1 8 6 を示す。M E M S デバイス 1 8 6 は、下方にある基板 3 0 から離間した関係にある X - Y 速度センサ 2 0 A と、Z 速度センサ 5 0 B と、Z 速度センサ 5 0 C と、X - Y 速度センサ 2 0 D とを含む。しかしながら、前述した実施形態とは異なり、M E M S デバイス 1 8 6 の X - Y 速度センサ 2 0 A、Z 速度センサ 5 0 B、Z 速度センサ 5 0 C、および X - Y 速度センサ 2 0 D は、単一の列 1 8 8 に配列されている。すなわち、Z 速度センサ 5 0 B は X - Y 速度センサ 2 0 A の隣に配置されており、Z 速度センサ 5 0 C は Z 速度センサ 5 0 B の隣に配置されており、X - Y 速度センサ 2 0 D は Z 速度センサ 5 0 C の隣に配置されている。

## 【 0 0 6 8 】

示されている本実施形態において、結合バネ構造体 8 2 ( 図 8 ) からの結合バネ 9 4 のうちの片方が、X 速度センサ 2 0 A および Z 速度センサ 5 0 B を相互接続する。Z 速度センサ 5 0 B および Z 速度センサ 5 0 C は、結合バネ構造体 8 0 の 2 重バネ構成を通じて相互接続されている。Z 速度センサ 5 0 C および X - Y 速度センサ 2 0 D は、結合バネ構造体 8 2 からの結合バネ構造体 9 4 のうちの片方を通じて相互接続されている。M E M S デバイス 1 8 6 の X - Y 速度センサ 2 0 A、Z 速度センサ 5 0 B、Z 速度センサ 5 0 C、および X - Y 速度センサ 2 0 D は、列 1 8 8 に配列されているため、X - Y 速度センサ 2 0 D を X - Y 速度センサ 2 0 A と相互接続する結合バネ構造体は存在しない。

## 【 0 0 6 9 】

結合バネ 9 4 は、Y 軸 2 6 に平行な方向において柔軟であり、X 軸 2 4 に平行な方向において実質的に非柔軟性、すなわち、剛直であるように方向付けられている。逆に、結合バネ構造体 8 0 の結合バネ 8 2 は、X 軸 2 4 に平行な方向において柔軟であり、Y 軸 2 6 に平行な方向において実質的に非柔軟性、すなわち、剛直であるように方向付けられている。したがって、駆動系 ( 図示せず ) によって作動されると、X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D は回転駆動方向 4 3 において同一駆動周波数で、しかし互いに対して逆相に振動することになる。加えて、駆動系によって作動されると、Z 速度センサ 5 0 B および 5 0 C は並進駆動方向 6 4 において、同一駆動周波数であるが、互いに対して逆相に振動することになる。

## 【 0 0 7 0 】

図 1 5 は、一実施形態に応じた M E M S デバイス 1 8 8 を示す。M E M S デバイス 1 8 8 は、下方にある基板 3 0 から離間した関係にある X - Y 速度センサ 2 0 A と、Z 速度センサ 5 0 B と、Z 速度センサ 5 0 C と、X - Y 速度センサ 2 0 D とを含む。加えて、M E M S デバイス 1 8 6 の X - Y 速度センサ 2 0 A、Z 速度センサ 5 0 B、Z 速度センサ 5 0 C、および X - Y 速度センサ 2 0 D は、互いの隣に配置されており、列 1 8 8 に配列されている。

## 【 0 0 7 1 】

この示されている実施形態において、結合バネ構造体 8 0 の 2 重バネ構成が、X - Y 速度センサ 2 0 A と Z 速度センサ 5 0 B とを相互接続する。Z 速度センサ 5 0 B および Z 速度センサ 5 0 C は、結合バネ構造体 1 2 0 の旋回レバー構成を通じて相互接続されている。Z 速度センサ 5 0 C および X - Y 速度センサ 2 0 D は、もう 1 つの結合バネ構造体 8 0 の 2 重バネ構成を通じて相互接続されている。ここでも、M E M S デバイス 1 8 6 の X - Y 速度センサ 2 0 A、Z 速度センサ 5 0 B、Z 速度センサ 5 0 C、および X - Y 速度センサ 2 0 D は、列 1 8 8 に配列されているため、X - Y 速度センサ 2 0 D を X - Y 速度センサ 2 0 A と相互接続する結合バネ構造体は存在しない。

## 【 0 0 7 2 】

結合バネ構造体 8 0 の結合バネ 8 2 は、X 軸 2 4 に平行な方向において柔軟であり、Y 軸 2 6 に平行な方向において実質的に非柔軟性、すなわち、剛直であるように方向付けられている。加えて、結合バネ構造体 1 2 0 の第 1 のバネ要素 1 2 2 および第 2 のバネ要素 1 2 4 は、X 軸 2 4 に平行な方向において柔軟であり、Y 軸 2 6 に平行な方向において実質的に非柔軟性、すなわち、剛直であるように方向付けられている。駆動系 ( 図示せず )

10

20

30

40

50

によって作動されると、アンカ 1 3 6 に中心がある旋回軸を中心とした旋回レバー 1 2 6 の旋回運動によって、X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D は回転駆動方向 4 3 において同一駆動周波数で、互いに対して同相に振動するようになる。加えて、駆動系によって作動されると、Z 速度センサ 5 0 B および 5 0 C は並進駆動方向 6 4 において、Y 軸 2 6 に平行に、同一駆動周波数で、互いに対して逆相に振動することになる。

#### 【 0 0 7 3 】

図 1 6 は、一実施形態に応じた M E M S デバイス 1 9 2 を示す。M E M S デバイス 1 8 8 は、下方にある基板 3 0 から離間した関係にある X - Y 速度センサ 2 0 A と、Z 速度センサ 5 0 B と、Z 速度センサ 5 0 C と、X - Y 速度センサ 2 0 D とを含む。加えて、M E M S デバイス 1 8 6 の X - Y 速度センサ 2 0 A、Z 速度センサ 5 0 B、Z 速度センサ 5 0 C、および X - Y 速度センサ 2 0 D は、互いの隣に配置されており、列 1 8 8 に配列されている。

10

#### 【 0 0 7 4 】

この示されている実施形態において、結合バネ構造体 8 0 の 2 重バネ構成が、X - Y 速度センサ 2 0 A と Z 速度センサ 5 0 B とを相互接続する。Z 速度センサ 5 0 B および Z 速度センサ 5 0 C は、結合バネ構造体 1 2 0 の旋回レバー構成を通じて相互接続されている。Z 速度センサ 5 0 C および X - Y 速度センサ 2 0 D は、もう 1 つの結合バネ構造体 8 0 の 2 重バネ構成を通じて相互接続されている。加えて、結合バネ構造体 1 2 0 は、X - Y 速度センサ 2 0 A と旋回レバー 1 2 6 のアーム 1 4 2 との間に相互接続されている第 3 のバネ要素 1 9 4 と、X - Y 速度センサ 2 0 D と旋回レバー 1 2 6 のアーム 1 4 0 との間に相互接続されている第 4 のバネ要素 1 9 6 とを含む。

20

#### 【 0 0 7 5 】

結合バネ構造体 8 0 の結合バネ 8 2 は、X 軸 2 4 に平行な方向において柔軟であり、Y 軸 2 6 に平行な方向において実質的に非柔軟性、すなわち、剛直であるように方向付けられている。加えて、結合バネ構造体 1 2 0 の第 1 のバネ要素 1 2 2、第 2 のバネ要素 1 2 4、第 3 のバネ要素 1 9 4、および第 4 のバネ要素 1 9 6 は、X 軸 2 4 に平行な方向において柔軟であり、Y 軸 2 6 に平行な方向において実質的に非柔軟性、すなわち、剛直であるように方向付けられている。駆動系（図示せず）によって作動されると、アンカ 1 3 6 に中心がある旋回軸を中心とした旋回レバー 1 2 6 の旋回運動によって、X - Y 速度センサ 2 0 A および 2 0 D は回転駆動方向 4 3 において同一駆動周波数で、互いに対して逆相に振動するようになる。加えて、駆動系によって作動されると、Z 速度センサ 5 0 B および 5 0 C は並進駆動方向 6 4 において、Y 軸 2 6 に平行に、同一駆動周波数で、互いに対して逆相に振動することになる。

30

#### 【 0 0 7 6 】

一実施形態において、M E M S デバイスは、平坦な表面を有する基板と、第 1 の速度センサと、第 2 の速度センサとを備える。第 1 の速度センサおよび第 2 の速度センサは基板から離間した関係にあり、第 1 の速度センサおよび第 2 の速度センサは、平坦な表面に平行に振動するように構成されている。M E M S デバイスは、駆動周波数を示す駆動信号を提供するために第 1 の速度センサおよび第 2 の速度センサのうちの少なくとも 1 つと通信する駆動要素と、第 1 の速度センサおよび第 2 の速度センサを相互接続する第 1 の結合バネとをさらに備える。第 1 の結合バネによって、第 1 の速度センサおよび第 2 の速度センサが、当該結合バネによって決定付けられる駆動方向において上記駆動周波数で振動し、第 1 の速度センサの駆動方向は、第 1 の軸と関連付けられる第 1 の駆動方向であり、第 2 の速度センサの駆動方向は、第 2 の軸と関連付けられる第 2 の駆動方向であり、第 2 の軸は第 1 の軸に対して垂直である。

40

#### 【 0 0 7 7 】

別の実施形態において、M E M S デバイスは、平坦な表面を有する基板と、複数の速度センサとを備える。速度センサは基板から離間した関係にあり、速度センサの各々は、平坦な表面に平行に振動するように構成されている。M E M S デバイスは、駆動周波数を示す駆動信号を提供するために速度センサのうちの少なくとも 1 つと通信する駆動要素と、

50

複数の速度センサを相互接続する結合バネとをさらに含む。結合バネによって、複数の速度センサの各々が、当該結合バネによって決定付けられる駆動方向において、上記駆動周波数で振動する。速度センサの第1のサブセットの駆動方向は、基板の表面に垂直である第1の軸と関連付けられる回転駆動方向であり、それによって、速度センサの第1のサブセットは、第1の軸を中心として回転振動するように駆動される。速度センサの第2のサブセットの駆動方向は、基板の表面に平行である第2の軸と関連付けられる並進駆動方向であり、それによって、速度センサの第2のサブセットは、第2の軸に平行に並進振動するように駆動される。

【0078】

したがって、さまざまな実施形態は、多軸感知のために複数の個々の速度センサアセンブリを含むMEMSデバイス構造を含む。速度センサアセンブリは結合バネを通じてともに連結されており、結合バネの構成が、速度センサアセンブリの各々の駆動方向を決定付ける。加えて、速度センサアセンブリの各々は同一駆動周波数で振動するように駆動される。結合バネは、速度センサアセンブリが、関連ASICにおける共通の復調を可能にするために同期した運動によって同一駆動周波数で振動することを可能にする。結合バネを通じてともに連結され、同一駆動周波数である同じ駆動信号によって駆動される複数の速度センサアセンブリを含むMEMSデバイス構造によって、センサのサイズ、複雑度、およびコストの低減が達成される。

【0079】

本発明の主題の原理が特定のデバイスに関連して上記で説明されてきたが、この説明は例示のみを目的として為されており、本発明の主題に対する限定としてではないことは明瞭に理解されたい。さらに、本明細書において採用されている表現または専門用語は説明を目的としており、限定ではない。

【0080】

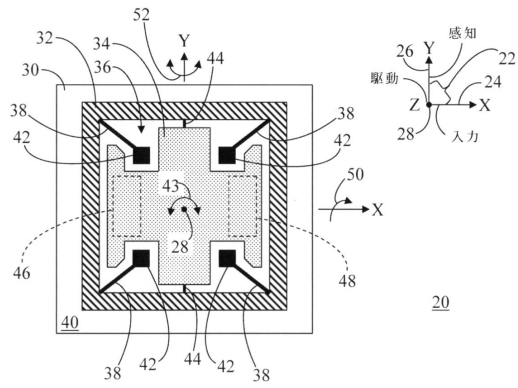
特定の実施形態の上記の記載は、他者が、現在の知識を適用することによって、一般的な概念から逸脱することなくさまざまな用途のためにそれを容易に改変および/または適合することができるだけ十分に本発明の主題の一般的性質を公開している。したがって、このような適合は開示されている実施形態の均等物の意図および範囲内にある。本発明の主題は、すべてのこのような代替形態、改変形態、均等物、および変形形態を、特許請求の範囲の精神および広い範囲内に入るものとして包含する。

10

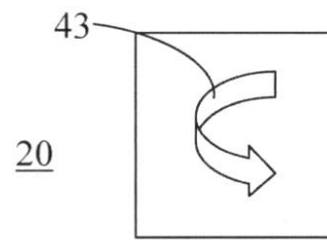
20

30

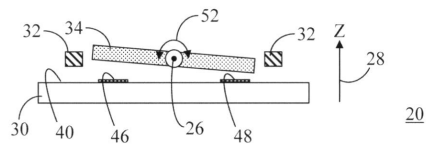
【図 1】



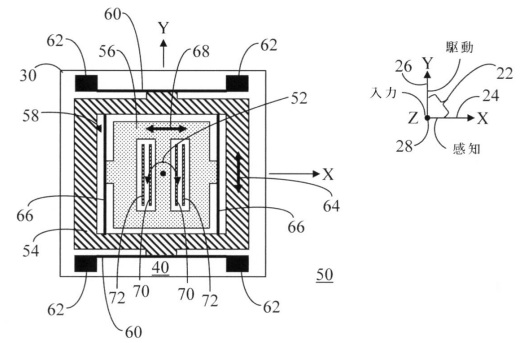
【図 3】



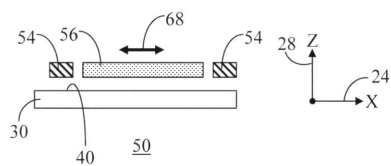
【図 2】



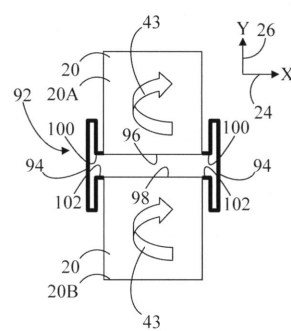
【図 4】



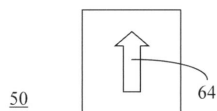
【図 5】



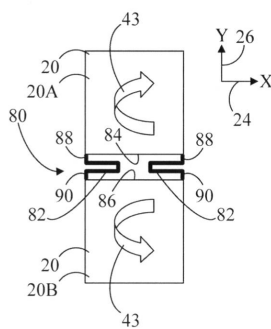
【図 8】



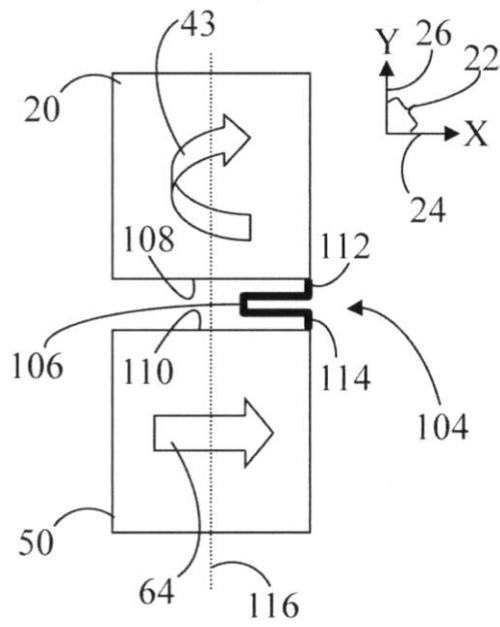
【図 6】



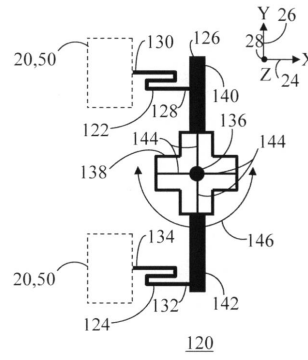
【図 7】



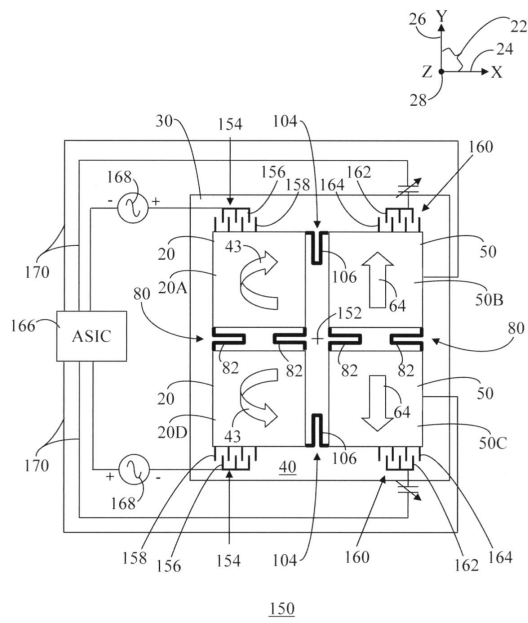
【図 9】



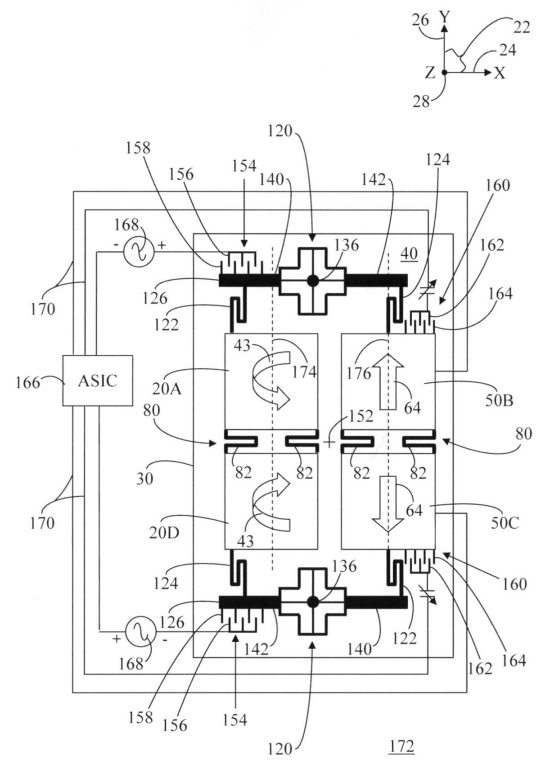
【図 10】



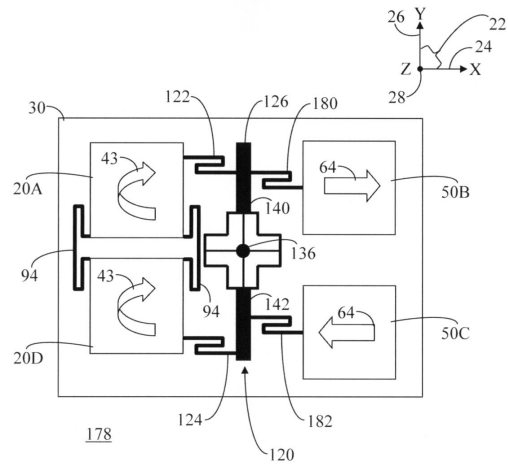
【図 11】



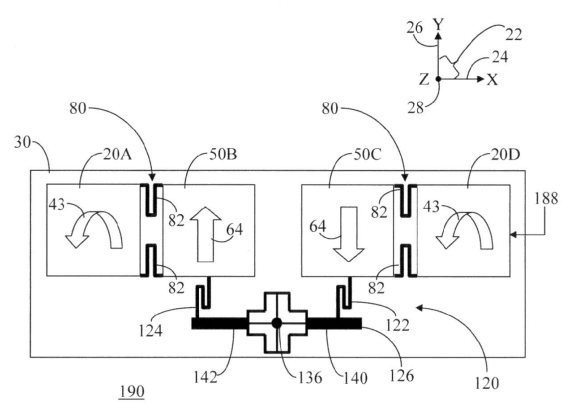
【図 12】



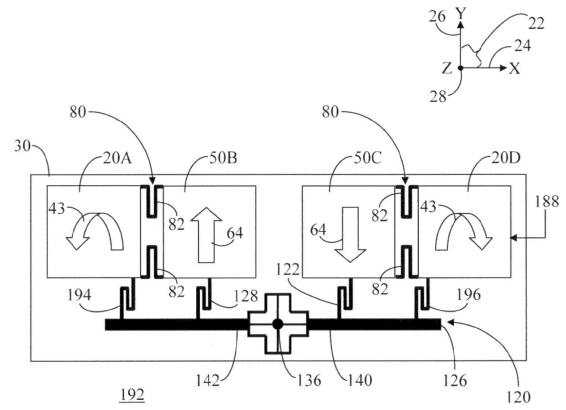
【図 13】



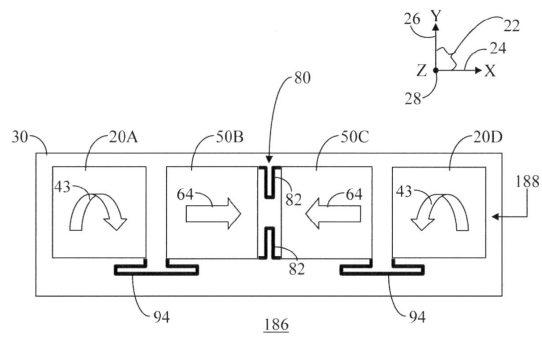
【図 15】



【図 16】



【図 14】



---

フロントページの続き

(72)発明者 イーチェン リン

アメリカ合衆国 12047 ニューヨーク州 コホーズ ダッチ メドーズ ドライブ 9

審査官 梶田 真也

(56)参考文献 特表2012-519267(JP, A)

特開2012-242286(JP, A)

米国特許出願公開第2011/0154898(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56 - 19/5783