

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5924521号
(P5924521)

(45) 発行日 平成28年5月25日 (2016. 5. 25)

(24) 登録日 平成28年4月28日 (2016. 4. 28)

(51) Int. Cl.	F I	
B 8 1 B 3/00 (2006. 01)	B 8 1 B 3/00	
G 0 1 P 15/125 (2006. 01)	G 0 1 P 15/125	Z
H 0 1 L 29/84 (2006. 01)	H 0 1 L 29/84	Z

請求項の数 19 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2011-286840 (P2011-286840)	(73) 特許権者	504199127
(22) 出願日	平成23年12月27日 (2011. 12. 27)		フリースケール セミコンダクター イン
(65) 公開番号	特開2012-152890 (P2012-152890A)		コーポレイテッド
(43) 公開日	平成24年8月16日 (2012. 8. 16)		アメリカ合衆国 テキサス州 7 8 7 3 5
審査請求日	平成26年12月12日 (2014. 12. 12)		オースティン ウィリアム キャノン
(31) 優先権主張番号	13/012, 643		ドライブ ウェスト 6 5 0 1
(32) 優先日	平成23年1月24日 (2011. 1. 24)	(74) 代理人	100142907
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 本田 淳
		(72) 発明者	アンドリュー シー、マクニール
			アメリカ合衆国 8 5 2 2 5 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 2 1 6 3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ジグザグ形のねじりばねを有するMEMS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) センサにおいて、
基板と、

前記基板の 1 つの表面の上に離間して配置された可動要素であって、該可動要素の第 1 の端部と第 2 の端部との間に位置する回転軸に対して運動することができ、前記第 1 の端部から前記回転軸までの前記可動要素の第 1 の部分は、前記第 2 の端部から前記回転軸までの前記可動要素の第 2 の部分より長い、可動要素と、

前記基板の前記表面上に形成されたサスペンションアンカであって、該サスペンションアンカの中心が前記回転軸に位置するサスペンションアンカと、

前記可動要素と前記サスペンションアンカとを相互に接続する第 1 のジグザグ形のねじりばねであって、前記サスペンションアンカに接続された第 1 の端部を有する、第 1 のジグザグ形のねじりばねと、

前記可動要素と前記サスペンションアンカとを相互に接続する第 2 のジグザグ形のねじりばねであって、前記サスペンションアンカに接続された第 2 の端部を有する、第 2 のジグザグ形のねじりばねとを備え、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは実質的に同一の形状を有し、前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは、前記サスペンションアンカの中心を回転中心として前記第 1 のジグザグ形のねじりばねに対しほぼ回転対称となるように配向されており、

10

20

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねの前記第 1 の端部および前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの前記第 2 の端部は、それぞれ前記回転軸の両側に前記回転軸からほぼ等しい距離だけ離間して配置されており、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの各々は、前記回転軸に対しほぼ平行に整合して配置された複数のセグメントを含み、該セグメントは棒部材によって屈曲して連結され、

前記基板に対して垂直方向（Z 軸方向）の加速を測定する、MEMS センサ。

【請求項 2】

前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは、前記第 1 のジグザグ形のねじりばねに対して約 180 度だけ前記サスペンションアンカの中心の周りに回転された方向に配向される、請求項 1 に記載の MEMS センサ。

10

【請求項 3】

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの各々は、前記回転軸に対しほぼ平行に配置されている、請求項 1 に記載の MEMS センサ。

【請求項 4】

前記棒部材は、前記回転軸に対してほぼ垂直であり、かつ前記基板の前記表面に対して平行である、請求項 1 に記載の MEMS センサ。

【請求項 5】

前記棒部材の各々は第 1 の長さを有し、前記セグメントは第 2 の長さを有し、第 1 の長さは第 2 の長さより小さい、請求項 1 に記載の MEMS センサ。

20

【請求項 6】

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは各々前記セグメントのうちの少なくとも 3 つのセグメントを含む、請求項 1 に記載の MEMS センサ。

【請求項 7】

前記可動要素は前記可動要素を通じて延びている開口部を備え、該開口部は前記可動要素の内縁部によって画定されており、

前記サスペンションアンカは前記開口部の中心に配置されており、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねの第 1 の端部は、前記サスペンションアンカの第 1 の側に接続されており、

30

前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの第 2 の端部は、前記サスペンションアンカの第 1 の側に対向する第 2 の側に接続されており、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねは、前記可動要素の前記内縁部に接続された第 3 の端部を有し、

前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは、前記可動要素の前記内縁部に接続された第 4 の端部を有する、請求項 1 に記載の MEMS センサ。

【請求項 8】

前記 MEMS センサは、基板上であって前記可動要素の下に配置された感知要素を含み、該感知要素は、前記基板の 1 つの平面に対し垂直な軸に沿って前記回転軸の周りの第 1 の位置から第 2 の位置までの前記可動要素の移動を検出するべく適合されている、請求項 1 に記載の MEMS センサ。

40

【請求項 9】

微小電気機械システム（MEMS）センサを備えるデバイスであって、

前記 MEMS センサは、

基板と、

前記基板の 1 つの表面の上に離間して配置された可動要素であって、該可動要素の第 1 の端部と第 2 の端部との間に位置する回転軸に対して運動することができ、前記第 1 の端部から前記回転軸までの前記可動要素の第 1 の部分は、前記第 2 の端部から前記回転軸までの前記可動要素の第 2 の部分より長い、可動要素と、

前記基板の前記表面上に形成されたサスペンションアンカであって、前記回転軸に位

50

置する中心を有するサスペンションアンカと、

前記可動要素と前記サスペンションアンカとを相互に接続する第 1 のジグザグ形のねじりばねであって、前記サスペンションアンカに接続された第 1 の端部を有する、第 1 のジグザグ形のねじりばねと、

前記可動要素と前記サスペンションアンカとを相互に接続する第 2 のジグザグ形のねじりばねであって、前記サスペンションアンカに接続された第 2 の端部を有する、第 2 のジグザグ形のねじりばねとを備え、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは実質的に同一の形状を有し、前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは、前記サスペンションアンカの中心を回転中心として前記第 1 のジグザグ形のねじりばねに対しほぼ回転対称となるように配向されており、

10

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねの前記第 1 の端部および前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの前記第 2 の端部は、それぞれ前記回転軸の両側に前記回転軸からほぼ等しい距離だけ離間して配置されており、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの各々は、前記回転軸に対しほぼ平行に整合して配置された複数のセグメントを含み、該セグメントは棒部材によって屈曲して連結され、

前記基板に対して垂直方向（ z 軸方向）の加速を測定する、デバイス。

【請求項 1 0】

前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは、前記第 1 のジグザグ形のねじりばねに対して約 180 度だけ前記サスペンションアンカの中心の周りに回転された方向に配向される、請求項 9 に記載のデバイス。

20

【請求項 1 1】

前記棒部材の各々は第 1 の長さを有し、前記セグメントは第 2 の長さを有し、第 1 の長さは第 2 の長さより小さい、請求項 9 に記載のデバイス。

【請求項 1 2】

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは各々前記セグメントのうちの少なくとも 3 つのセグメントを含む、請求項 9 に記載のデバイス。

【請求項 1 3】

前記可動要素は前記可動要素を通じて延びている開口部を備え、該開口部は前記可動要素の内縁部によって画定されており、

30

前記サスペンションアンカは前記開口部の中心に配置されており、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねの第 1 の端部は、前記サスペンションアンカの第 1 の側に接続されており、

前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの第 2 の端部は、前記サスペンションアンカの第 1 の側に対向する第 2 の側に接続されており、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねは、前記可動要素の前記内縁部に接続された第 3 の端部を有し、

前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは、前記可動要素の前記内縁部に接続された第 4 の端部を有する、請求項 9 に記載のデバイス。

40

【請求項 1 4】

前記 MEMS センサは、基板上であって前記可動要素の下に配置された感知要素を含み、該感知要素は、前記基板の 1 つの平面に対し垂直な軸に沿って前記回転軸の周りの第 1 の位置から第 2 の位置までの前記可動要素の移動を検出するべく適合されている、請求項 9 に記載のデバイス。

【請求項 1 5】

微小電気機械システム（MEMS）センサであって、

基板と、

基板の 1 つの表面の上に離間して配置された可動要素であって、該可動要素を通じて延びている開口部を備え、該開口部は可動要素の内縁部によって画定されており、該可動要

50

素は、該可動要素の第 1 の端部と第 2 の端部との間に位置する回転軸に対して運動することができ、前記第 1 の端部から前記回転軸までの前記可動要素の第 1 の部分は、前記第 2 の端部から前記回転軸までの前記可動要素の第 2 の部分より長い、可動要素と、

基板の前記表面上に形成されたサスペンションアンカであって、前記開口部の中心に配置されているサスペンションアンカと、

可動要素とサスペンションアンカとを相互に接続する第 1 のジグザグ形のねじりばねであって、前記回転軸に対しほぼ平行に配置されており、サスペンションアンカの第 1 の側に接続された第 1 の端部と、可動要素の内縁部に接続された第 2 の端部とを有する第 1 のジグザグ形のねじりばねと、

可動要素とサスペンションアンカとを相互に接続する第 2 のジグザグ形のねじりばねであって、前記回転軸に対しほぼ平行に配置されており、サスペンションアンカの第 1 の側に対向する第 2 の側に接続された第 3 の端部と、可動要素の内縁部に接続された第 4 の端部とを有する第 2 のジグザグ形のねじりばねと、を備え、第 1 および第 2 のジグザグ形のねじりばねは実質的に同一の形状を有し、第 2 のジグザグ形のねじりばねは、サスペンションアンカの中心を回転中心として第 1 のジグザグ形のねじりばねに対しほぼ回転対称となるように配向されており、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねの前記第 1 の端部および前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの前記第 3 の端部は、それぞれ前記回転軸の両側に前記回転軸からほぼ等しい距離だけ離間して配置されており、

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの各々は、前記回転軸に対しほぼ平行に整合して配置された複数のセグメントを含み、該セグメントは棒部材によって屈曲して連結され、

前記基板に対して垂直方向（ z 軸方向）の加速を測定する、MEMS センサ。

【請求項 16】

前記第 2 のジグザグ形のねじりばねは、前記第 1 のジグザグ形のねじりばねに対して約 180 度だけ前記サスペンションアンカの中心の周りに回転された方向に配向される、請求項 15 に記載の MEMS センサ。

【請求項 17】

前記サスペンションアンカの中心は前記回転軸に位置している、請求項 15 に記載の MEMS センサ。

【請求項 18】

前記第 1 のジグザグ形のねじりばねおよび前記第 2 のジグザグ形のねじりばねの各々は、少なくとも 3 つのセグメントを含み、該棒部材の各々は第 1 の長さを有し、前記セグメントは第 2 の長さを有し、第 1 の長さは第 2 の長さより小さい、請求項 15 に記載の MEMS センサ。

【請求項 19】

前記 MEMS センサは、基板上であって前記可動要素の下に配置された感知要素を含み、該感知要素は、前記基板の 1 つの平面に対し垂直な軸に沿って前記回転軸の周りの第 1 の位置から第 2 の位置までの前記可動要素の移動を検出するべく適合されている、請求項 15 に記載の MEMS センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的には微小電気機械システム（MEMS）センサに関する。より詳細には、本発明は、サイズの減少および温度に誘起される誤差に対する影響の受けやすさの減少のためのジグザグ形のねじりばねを有する MEMS センサに関する。

【背景技術】

【0002】

微小電気機械システム（MEMS）センサは、自動車、慣性航法システム、家庭用製品、種々のデバイスのための保護システムや、他の産業、科学、および工学システムなどの

10

20

30

40

50

用途において広く使用されている。このようなMEMSセンサは、加速度、圧力、回転角、または温度などの物理的な状態を感知するために使用され、感知された物理的な状態を表す電気信号を出力する。

【0003】

容量感知式MEMS設計は、加速環境および回転環境の両方における、また小型化されたデバイスにおける動作において非常に望ましく、さらにはコストが低いことによって非常に望ましい。エネルギーの供給された回路の出力を変化させるために、容量式加速度計は加速に関連して電気容量における変化を感知する。1つの一般的な形態の加速度計は、「ティーター＝トーター」構成すなわち「シーソー」構成を有する2層の容量式トランスデューサである。この一般的に利用される型のトランスデューサは、基板上においてZ軸方向の加速下で回転する可動要素またはプレートを用いる。この加速度計構造は、2つの別個の容量値を測定して差容量または相対容量を決定する。

10

【0004】

図1には、Z軸加速を感知するように適合されている従来技術のMEMS容量式加速度計20の平面図を示す。加速度計20は、従来のヒンジ式すなわち「シーソー」型センサとして形成されている。容量式加速度計20は、ほぼ平坦な面を有する基板22を備える。電極要素24, 26(破線によって示す)は、この基板22の平坦な面上に形成されている。これに加えて、この基板22の平坦な面上に、サスペンションアンカ28も形成されている。可動要素30(一般にブルーフマス、慣性錘などと呼ばれる)は、可動要素30とサスペンションアンカ28とを相互に接続する、一般にねじりばね32と呼ばれる1つ以上の回転可撓部(フレキシヤ)によって基板22上に可撓性に(すなわち、非剛直に)懸架される。図に示すように、開口部34は可動要素30を通じて延びており、サスペンションアンカ28は可動要素30の回転軸36に沿って開口部34のほぼ中心に配置されている。

20

【0005】

可動要素30は、加速に応答して回転軸36の周りを回転するように適合されているので、可動要素30の位置は、その下に位置する電極要素24, 26に対して変化する。より詳細には、ねじりばね32は、可動要素30に加わるZ軸加速に応答して、回転軸36と同軸であるねじりばね32自身の軸の周りのねじれ(すなわち、ずり応力)を受ける。この位置の変化によって、1組のキャパシタには、加速を表す差、すなわち差容量が生じる。通常、ねじりばね32は直棒であり、可動要素30が回転軸36の周りに回転し、その中立位置に復帰することを可能とするのに適切なばね定数を有するように形成されている。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

精度、小寸法、及びコスト効率的な製造を可能とするMEMSセンサ設計を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

一態様では、微小電気機械システム(MEMS)センサは、複数のセグメントを有するジグザグ形のねじりばね(トーションばね)を備え、該ねじりばねは、可動要素すなわちブルーフマスを、その下にある基板の上に懸架している。さらなる一態様では、この複数のセグメントを有するジグザグ形のねじりばねは、熱によって誘起される応力による測定誤差を最小化するべく配向される。係るジグザグ形のねじりばねを有するMEMSセンサは、既存のMEMS製法を用いて製造可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】Z軸加速を感知するように適合されている従来技術のMEMS容量式加速度計の平面図。

【図2】一実施形態によるデバイスに含まれるMEMSセンサの平面図。

50

【図 3】図 2 の M E M S センサの側面図。

【図 4】図 2 の M E M S センサの一部を拡大した平面図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

図 2 ~ 4 を参照する。図 2 には、一実施形態によるデバイス 4 2 に含まれる M E M S センサ 4 0 の平面図を示す。図 3 には、M E M S センサ 4 0 の側断面図を示す。図 4 には、M E M S センサ 4 0 の一部を拡大した平面図を示す。M E M S センサ 4 0 は、加速度計の形態では、矢印 4 4 によって表される Z 軸方向の加速を検出するように適合されており、「シーソー」型センサとして形成されている。デバイス 4 2 は、加速度測定を必要とする複数のデバイスのいずれを含んでもよい。それらのデバイスには、例えば、自動車システム、慣性航法システム、家庭用製品、種々のデバイスのための保護システム、携帯計算および通信デバイス、手持ち式のゲームコントローラや、他の多くの産業、科学、および工学システムを含む。

10

【 0 0 1 0 】

M E M S センサ 4 0 は、ほぼ平坦な面 4 8 を有する基板 4 6 を備える。電極要素 5 0 , 5 2 およびサスペンションアンカ 5 4 は、基板 4 6 の平坦な面 4 8 上に形成される。可動要素 5 6 は、基板 4 6 の平坦な面 4 8 の上に離間して配置される。より詳細には、M E M S センサ 4 0 は、可動要素 5 6 が基板 4 6 上に懸架されるように可動要素 5 6 とサスペンションアンカ 5 4 とを相互に接続する第 1 ジグザグ形のねじりばね 5 8 および第 2 ジグザグ形のねじりばね 6 0 を備える。M E M S センサ 4 0 の構成部品は、例えば、堆積、パターニング、およびエッチングを含む、既存のまたは将来の技術による M E M S 製造設計規則および製法を用いて形成され得る。

20

【 0 0 1 1 】

図に示すように、開口部 6 2 は可動要素 5 6 を通じて延びており、可動要素 5 6 の内縁部 6 3 によって画定される。サスペンションアンカ 5 4 は、可動要素 5 6 の第 1 端部 6 8 と第 2 端部 7 0 との間において、開口部 6 2 のほぼ中心 6 4 に可動要素 5 6 の回転軸 6 6 に沿って配置される。

【 0 0 1 2 】

シーソー型加速度計としての動作が意図される場合、回転軸 6 6 の 1 つの側における可動要素 5 6 の第 1 部分 7 2 は、回転軸 6 6 の別の側における可動要素 5 6 の第 2 部分 7 4 より相対的に大きな質量を有するように形成される。例示的な一実施形態では、第 1 部分 7 2 のより大きな質量は、第 1 部分 7 2 が第 2 部分 7 4 より長くなるように回転軸 6 6 を移動させることによって形成される。しかしながら、第 1 部分 7 2 と第 2 部分 7 4 との間の質量の差が回転軸を移動させることによって形成されることに代え、代替の一実施形態では、この質量の差は、材料の追加の層によって第 1 部分 7 2 に質量を追加すること、第 1 部分 7 2 に対して第 2 部分 7 4 から質量を除去すること等によって達成されてよい。可動要素 5 6 は加速 4 4 に応答して回転軸 6 6 の周りに回転するように適合されているので、可動要素 5 6 の位置は、その下にある感知要素（電極要素）5 0 , 5 2 に対して変化する。この位置の変化によって、その差が加速 4 4 を表す 1 組の容量、すなわち差容量が生じる。

30

40

【 0 0 1 3 】

第 1 および第 2 のジグザグ形のねじりばね 5 8 , 6 0 の各々は、ほぼ等しい形状および同様の寸法を有している。第 1 および第 2 のジグザグ形のねじりばね 5 8 , 6 0 の各々は、回転軸 6 6 とほぼ平行に整合して配置されている複数のセグメント 7 6 を備えるねじりばね 5 8 , 6 0 の各々におけるセグメント 7 6 は、棒部材によって蛇行形状、すなわちジグザグ形に接続されており、ねじりばね 5 8 , 6 0 の「折り曲げられた」構成を形成する。図示した例では、第 1 および第 2 のねじりばね 5 8 , 6 0 の各々は、3 つのセグメント 7 6 を備える。しかしながら、代替のジグザグ形の構成は、3 つ以上のセグメント 7 6 を備えてよい。

【 0 0 1 4 】

50

一実施形態では、棒部材 78 は、回転軸 66 に対しほぼ垂直である一方、基板 46 の平坦な面 48 に対し平行である。図 4 の拡大した平面図に特に示すように、各棒部材 78 の長さ 80 は、セグメント 76 の各々の長さ 82 より有意に短い。したがって、棒部材 78 の材料特性は、第 1 および第 2 のジグザグ形のばね 58, 60 のねじれ能力に有意に寄しない。むしろ、

回転軸 66 に対し平行に配置されたセグメント 76 を組み合わせた全体によって、加速 44 に応答して回転軸 66 の周りに可動要素 56 を回転させることを可能とする望ましい効果が得られる。実際に、各セグメント 76 の長さ 82 の合計に等しい全長を有するねじりばね 32 (図 1) など、直棒のねじりばねとほぼ同じ捻ればね定数が得られる。しかしながら、3つのセグメント 76 の「ジグザグ形」の構成のため、第 1 および第 2 のねじりばね 58, 60 によって占有される空間の大きさは、同じ捻ればね定数を有する従来の直棒ねじりばねの約 1/3 である。

【0015】

MEMS センサ用途では、より低い TCO (temperature coefficient of offset) が要求される。TCO は、熱応力が MEMS センサなどの半導体デバイスの性能にどれくらい影響を与えるかの測度である。高い TCO は、熱によって誘起される応力が相当大きいことや、MEMS デバイスがそうした応力の影響を相当受けやすいことを示す。MEMS センサ用途のパッケージングでは、熱膨張率の異なる材料が使用されることが多くある。したがって、望ましくないことに高い TCO が製造時または動作時に発生し得る。これに加えて、最終用途においてパッケージングされた半導体デバイスをプリント回路板上に半田付けすることによって生じる場合もある。応力と MEMS デバイスの材料特性との組み合わせによって、基板 46 に歪み (すなわち、変形) が生じ得る。サスペンションアンカ 54 にも、その下に位置する基板 46 を介し、この歪みまたは変形が生じ得る。サスペンションアンカ 54 における歪みによって、回転軸 66 の周りに可動要素 56 の回転が生じ、これによって測定精度が低下するので、容量式加速度計 40 の出力に不利な影響が与えられる。

【0016】

従来では、MEMS センサにおける要素は、通常、鏡映対称であるように配置されており、要素は 1 つの対称軸に対して配置されている。対称軸とは、幾何学的な線であり、その対称軸に沿って折り返した場合に一方の部分が他方の部分に一致するように図形を 2 つの部分に分ける線である。従来技術の MEMS センサ 20 (図 1) の構成部品は、鏡映対称に配置されている。残念なことに、ジグザグ形のねじりばねを鏡映対称に配置しても、TCO 効果のため、望ましくない大きな歪みおよび測定程度の低下が生じ得る。

【0017】

したがって、第 1 および第 2 ジグザグ形のねじりばねは鏡映対称に配置されていない。むしろ、図 2 に示すように、サスペンションアンカ 54 における歪みによって測定精度の低下が生じるという問題に対処するために、第 2 のジグザグ形のねじりばね 60 は、サスペンションアンカ 54 の中心 84 の周りに第 1 のジグザグ形のねじりばね 58 に対してほぼ回転対称に配置される。本明細書において用いられる用語「回転対称」は、第 2 のジグザグ形のねじりばね 60 が第 1 のジグザグ形のねじりばね 58 に対して中心 84 の周りに回転されるとともに、第 1 のジグザグ形のねじりばね 58 と「同じに見える」ことを意味する。すなわち、第 1 のジグザグ形のねじりばね 58 上の各点は、第 2 のジグザグ形のねじりばね 60 上に、中心 84 からの距離が同じであり、ただし反対方向にある一致点をそれぞれ有する。この回転対称性は、図 2 において矢印 85 によって表される。一実施形態では、第 2 のジグザグ形のねじりばね 60 は、第 1 のジグザグ形のねじりばね 58 に対してサスペンションアンカ 54 の中心 84 の周りに約 180 度だけ回転された方向に配置される。この構成は、「2 回対称性」とも呼ばれる。

【0018】

第 1 のジグザグ形のねじりばね 58 は、サスペンションアンカ 54 の第 1 の側 88 に接続された端部 86 と、可動要素 56 の内縁部 53 に接続された別の端部 90 とを有する。

同様に、第2のジグザグ形のねじりばね60は、サスペンションアンカ54の第1の側88に対向するサスペンションアンカ54の第2の側に接続された端部92を有する。第2のジグザグ形のねじりばね60の別の端部96も、可動要素の内縁部63に接続されている。図に示す実施形態では、第1のジグザグ形のねじりばね58の端部86, 90は、互いに対して整合して配置されていない。むしろ、それらの端部86, 90は、対称軸66に対し、側方に互いから離間するように配置されている。同様に、第2のジグザグ形のねじりばね60の端部92, 96は、対称軸66に対し、側方に互いから離間するように配置されている。

【0019】

第1および第2ねじりばね58, 60の回転対称性配置によって、いずれもサスペンションアンカ54に接続されている第1のジグザグ形のねじりばねの端部86および第2のジグザグ形のねじりばね60の端部92は、対称軸66の対向する側において等しい距離98だけ離間して配置される。したがって、第1のジグザグ形のねじりばね58の端部86においてサスペンションアンカ54を通じて与えられる歪みは、第2のジグザグ形のねじりばね60の端部92においてサスペンションアンカ54を通じて与えられる、ほぼ等しい逆の歪みによって相殺される。この結果、この回転対称性配置によって、TCO効果による測定誤差が有効に打ち消される。

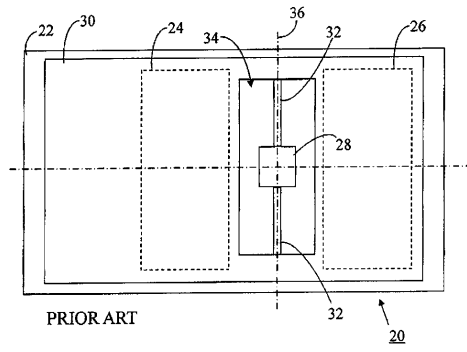
【0020】

一実施形態では、第1および第2のねじりばね58, 60は、回転軸66の対向する側に配置された対応する端部86, 92を有する。しかしながら、代替の実施形態では、サスペンションアンカ54に対する2つのジグザグ形のねじりばねの取付点は回転軸66上にある一方、可動要素56に対するジグザグ形のねじりばねの取付点は、回転軸66の対向する側に等しい距離だけ離間して配置されてよいことが理解される。さらに別の実施形態では、各ジグザグ形のねじりばねは互いに対して回転対称に配置されていればよく、各ジグザグ形のねじりばねの端部が回転軸66上に配置される必要はない。

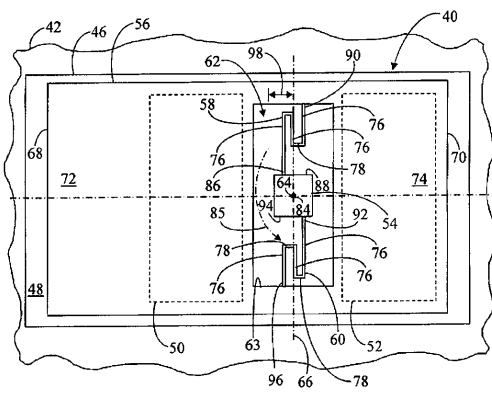
【0021】

本明細書に記載の実施形態では、微小電気機械システム(MEMS)センサは、複数のセグメントを有するジグザグ形のねじりばね(トーションばね)を備え、該ねじりばねは、可動要素すなわちプルーフマス、その下にある基板の上に懸架している。この複数のセグメントを有するジグザグ形のねじりばねによって、等しい捻ればね定数を有する直棒のねじりばねに対して寸法が低減される。これに加えて、この複数のセグメントを有するジグザグ形のねじりばねは、熱によって誘起される応力による測定誤差を最小化するべく回転軸に対して配向される。ばねの配向は回転対称性に基づいており、1つのジグザグ形のねじりばねは別のジグザグ形のねじりばねに対し、1つのジグザグ形のねじりばね上の各点が別のジグザグ形のねじりばね上に、サスペンションアンカの中心からの距離が同じであり、ただし反対方向にある一致点をそれぞれ有するように、配向される。したがって、複数のセグメントを有するジグザグ形のねじりばねは、全体としてより小さな面積を有するMEMSセンサ設計により実装可能であるとともに、厳密なTCO仕様を満たすことが可能である。さらにまた、このようなMEMSセンサは、従来の製法を利用して、低コスト、小型、単一ダイのトランスデューサとして実装可能である。

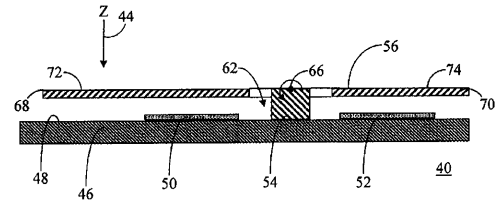
【図 1】



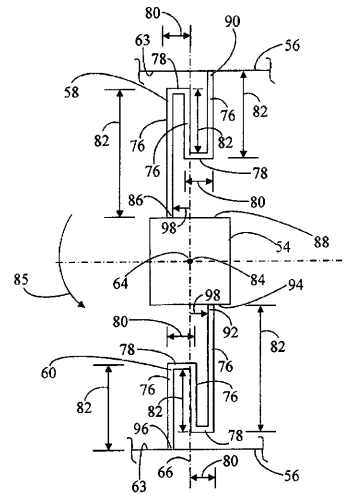
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 ゲイリー ジー・リー

アメリカ合衆国 85286 アリゾナ州 チャンドラー サウス キャリッジ レーン 164
1

審査官 石黒 雄一

(56)参考文献 特開2011-191593(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0186508(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B81B 1/00 - 7/04

B81C 1/00 - 99/00