

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5627590号
(P5627590)

(45) 発行日 平成26年11月19日(2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(51) Int.Cl.	F 1		
GO 1 P 15/18	(2013.01)	GO 1 P 15/00	K
B 8 1 B 7/02	(2006.01)	B 8 1 B 7/02	
GO 1 P 15/125	(2006.01)	GO 1 P 15/125	Z
HO 1 L 29/84	(2006.01)	HO 1 L 29/84	Z

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-534580 (P2011-534580)
(86) (22) 出願日	平成21年10月5日 (2009.10.5)
(65) 公表番号	特表2012-507716 (P2012-507716A)
(43) 公表日	平成24年3月29日 (2012.3.29)
(86) 國際出願番号	PCT/US2009/059499
(87) 國際公開番号	W02010/056435
(87) 國際公開日	平成22年5月20日 (2010.5.20)
審査請求日	平成24年9月27日 (2012.9.27)
(31) 優先権主張番号	12/262,042
(32) 優先日	平成20年10月30日 (2008.10.30)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	504199127 フリースケール セミコンダクター イン コーポレイテッド アメリカ合衆国 テキサス州 78735 オースティン ウィリアム キャノン ドライブ ウエスト 6501
(74) 代理人	100142907 弁理士 本田 淳
(72) 発明者	リン、イツエン アメリカ合衆国 85233 アリゾナ州 ギルバート エス. オーク ストリート 1038

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】相互直交方向で分離的検知を有するトランステューサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも二つの相互に直交する方向の加速を検知するトランステューサであって、基板と、

前記基板の表面の上に基板と離間した関係で配置され、回転軸に対して移動される第1試験質量であって、前記第1試験質量を貫通する開口を有する第1試験質量と、

前記基板の表面に形成され、相互直交方向の第1方向の加速に応答して前記第1試験質量が回転軸の周囲を回転可能なように、前記回転軸の位置で前記第1試験質量を前記基板に枢動可能に接続する第1アンカーシステムと、

前記開口内で、前記基板の表面の上に基板と離間した関係で存在する第2試験質量と、

前記基板の表面に形成され、相互直交方向の第2方向の加速に応答して前記第2試験質量が前記基板の表面と実質的に平行に移動できるように前記第2試験質量に接続された第2アンカーシステムと、を備え、

前記第2試験質量は前記回転軸と合致する中心線を有するトランステューサ。

【請求項 2】

請求項1記載のトランステューサにおいて、

前記第1試験質量の前記開口は、内部周辺壁によって区画形成され、

前記第1アンカーシステムは、

前記内部周辺壁の第1側で前記第1試験質量に取り付けられた第1枢動要素と、

前記内部周辺壁の第1側の反対側の前記内部周辺壁の第2側で前記第1試験質量に取り

10

20

付けられた第 2 枢動要素と、
を備えることを特徴とするトランスデューサ。

【請求項 3】

請求項 1 記載のトランスデューサにおいて、
前記第 1 試験質量は第 1 端部及び第 2 端部を有し、
前記回転軸と前記第 1 端部との間に第 1 部分が形成され、
前記回転軸と前記第 2 端部との間に第 2 部分が形成され、
前記第 1 部分は前記第 2 部分より大きな質量を示すことを特徴とするトランスデューサ
。

【請求項 4】

請求項 1 記載のトランスデューサにおいて、
前記第 2 アンカーシステムは、回転軸よりオフセットされ、前記回転軸に対して対称的に配置された複数のバネ要素を有する第 2 アンカーシステムであって、同第 2 アンカーシステムは、前記相互直交方向における第 3 方向の加速に応答して、前記第 2 試験質量が前記基板表面と平行に移動することを可能にすることを特徴とするトランスデューサ。

【請求項 5】

少なくとも二つの相互に直交する方向の加速度を検知するトランスデューサであって、
基板と、
前記基板の表面上に基板と離間した関係で配置され、回転軸に対して移動される第 1 試験質量であって、前記第 1 試験質量を貫通する開口を有し、同開口が前記回転軸と同軸の
第 1 中心線を有する第 1 試験質量と、

前記基板の表面に形成され、相互直交方向の第 1 方向の加速に応答して前記第 1 試験質量が回転軸周囲を回転可能なように、前記回転軸の位置で前記第 1 試験質量を前記基板に枢動可能に接続する第 1 アンカーシステムと、

前記開口内で、基板の表面上に基板と離間した関係で存在する第 2 試験質量であって、
前記回転軸と合致し且つ前記第 1 中心線と同軸の第 2 中心線を示す第 2 試験質量と、

前記基板の表面に形成され、相互直交方向の第 2 方向の加速に応答して前記第 2 試験質量が前記基板表面に対して実質的に平行に移動できるように、前記第 2 試験質量に接続された第 2 アンカーシステムと、

を備えたトランスデューサ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に微小電子機械システム（MEMS）センサに関連している。特に相互直交方向の分離検知機能を有するMEMS加速度センサに関連している。

【背景技術】

【0002】

加速度センサは、一般的に、加速度を測定するために使用される。このような力は重力の一定の力のような静的力、または加速度センサの移動または振動による動的力である。加速度センサは、一つ、二つ、または三つの軸または方向に沿って加速度または他の現象を検知できる。この情報から、加速度センサを取り付けられた装置の移動または方向を取得できる。加速度センサは慣性誘導システム、自動車内エアバッグ展開システム、種々デバイスの保護システム、その他多くの科学的で工学的なシステムに使用される。

40

【0003】

静電容量を検知するMEMS加速度のデザインは、比較的安価なコストであるので、高重力において小型の装置の操作で非常に望ましい。電圧を印加された回路の出力を変えるために、静電容量性加速度センサは、加速に対する電気容量の変化を検知する。加速度センサの一般的な構成の一つは、「ティータ・トオター」または「シーソー」構成を有する静電容量性トランスデューサである。この一般に使用されるトランスデューサのタイプは、基板の上でZ軸加速度下で回転する可動要素またはプレートを使用する。差分キャパシタ

50

ンスまたは相対キャパシタンスを決定するために、加速度センサ構成は少なくとも二つの個別のキャパシタンスを測定できる。

【0004】

図1、2を参照すると、図1は、従来のヒンジまたは「ティータ・トオター」型加速度センサとして構成された従来技術の静電容量検知MEMSセンサ20の平面図を示し、図2は、MEMSセンサ20の側面図を示す。MEMSセンサ20は、静的基板22と、静的基板22から間隔した可動要素24とを備え、静的基板22及び可動要素24はそれぞれ対向する平坦面を有する。キャパシタ電極すなわちまたは「プレート」を形成するために、基板22は、基板の表面28に堆積された所定構成の誘電性電極要素26をいくつかもする。典型的なシナリオでは、電極要素26は、刺激信号を受信する検知または励起電極として作動する。検知信号にフィードバック信号を重ね合わせる時、電極要素26はさらに信号にフィードバック電極として作動もできる。

10

【0005】

電極要素26とともにキャパシタ34、36(C1、C2で示す)を形成するよう回転軸32の周囲で移動要素24が枢動または回転することを可能にするために、一般的に「試験質量」と呼ばれる可動要素24が、一つまたはそれ以上の保持アンカーまたは回転可撓性部材30によって基板22の上に柔軟に保持される。可動要素24は加速に応じて移動し、従って静的に検知する電極要素26に対してその位置を変化させる。この位置変化は、一連のキャパシタをもたらし、当該キャパシタンスの差(すなわち、差分キャパシタンス)が方向37の加速を示す。

20

【0006】

ティータ・トオター型加速度センサとしての作動を意図される場合、回転軸32の一側の可動要素24の部分38は、回転軸32のもう一方の側面の可動要素24の部分40よりも大きな質量を有するように形成される。回転軸32をオフセットすることによって、部分38のより大きな質量が一般的に形成される。すなわち、回転軸32と部分38の端部44との間の長さ42は、回転軸線32と部分40の端部48との間の長さ46より長い。さらに電極素子26は、回転軸32と可動要素24の長手方向軸50に対して対称に形成及び離間される。

【0007】

図1、2に示す装置はZ軸にのみに沿った加速を検知する単軸加速度センサである。しかし、いくつかの応用においては、二つまたは三つの相互に直交する軸に沿って加速を検知する能力が必要である。さらに、多くのMEMSセンサの応用は、積極的なコスト目的を達成するためにコンパクトなサイズと安価なパッケージングを必要とする。

30

【0008】

図3、4を参照すると、図3は、従来技術の多軸MEMSセンサ52の平面図を示し、図4は多軸MEMSセンサ52の側面図を示す。MEMSセンサ52は、三つの相互直交方向にコンプライアント(compliant)することが望ましい一連のバネ58によって複数のアンカー56に取り付けられた試験質量54を含む。ダイまたは基板60にはアンカー56が装着される。MEMSセンサ52の試験質量54は、X軸検知フィンガー62及びY軸検知フィンガー64を備える。各X軸検知フィンガー62は、基板60に形成された二つの固定フィンガー66、68によって囲まれる。同様に、各Y軸検知フィンガー64は、基板60に形成された二つの固定フィンガー70、72によって囲まれる。MEMSセンサ52がX軸74に沿った加速を経験すると、X軸検知するフィンガー62と隣接した固定フィンガー66、68との間の距離が変化し、従ってフィンガー間のキャパシタンスが変化する。このキャパシタンスの変化は検知回路(図示せず)によって記録され、X軸74に沿った加速を示す出力信号に変換される。Y軸検知フィンガー64と、それに対応する固定フィンガー70、72との間のキャパシタンスの変化を記録することによって、Y軸76に沿った加速も同様に検知される。

40

【0009】

試験質量54は、異なる質量を有する対向側面78、80を有する。対向側面78、8

50

0は基本的に等しい厚さ及び幅であるが長さが等しくないように試験質量54が形成されることにより完成される。従って、側面78は側面80より大きな質量を有し、Z軸82に沿った加速に応答してY軸76に対して試験質量54を回転させる。この加速は試験質量54の下に配置された静電容量性プレート84, 86によって検知される。

【0010】

MEMSセンサ52のデザインは、かなりコンパクトなトランステューサのサイズを可能にする。この構成では、X、Y軸検知はバネ58を介してZ軸検知に接続される。従つて、バネ58はXY軸バネ（すなわち、線形バネ）及びZ軸線バネ（すなわち、ねじりバネ）の両方として機能する必要がある。残念ながら、XY軸（すなわち、線形）とZ軸（すなわち、ねじれ）の両方の動きのために機能するバネ58のデザインは、交差軸検知エラーとなる可能性があり、最適化することは困難である。10

【0011】

Z軸82に沿った加速下で、アンカー56及びバネ58は一つの軸を中心としているわけではないので、試験質量54の枢動位置は、試験質量54の一つの端部またはもう一方の端部から移動する。この「沈み」は望ましくない二次非線形性効果となり、測定精度を低下させるか、またはフィードバック閉ループ制御のための感知回路機構の複雑度を増加させるか、またはその両者となる。さらに、枢動位置は加速周波数とともに変化する可能があるので、共通モードと差分モードは非線形性効果を悪化させる異なる減衰周波数とモード周波数を有する可能がある。

【0012】

MEMSセンサは低いオフセット温度係数(TCO)の仕様を求める。「オフセット」という用語は、非励起状態のMEMSセンサでの公称値からの出力偏差のことである。従つて、TCOは、いかに熱応力が、MEMSセンサといった半導体デバイスの性能に影響を与えるかの測定基準となる。MEMSセンサのパッケージは常に熱膨張の異なる係数を有する材料を使用する。従つて、製造または操作の間に、望ましくない高いTCOを発生する可能がある。湿度及び製造処理による圧力と同様に、このような熱応力は、下にある基板の変形（以下「パッケージ応力」という）という結果を招く可能がある。20

【0013】

MEMSセンサ52の下にある基板に配置された中心でないアンカー56が複数に位置することは、パッケージ応力によって不正確な測定をする傾向をもたらす。30

【0014】

従つて、二つまたはそれ以上の相互直交軸に沿って検知可能であり、相当する検知軸に対してバネを最適化すると共に非線形性効果を減少すべくXY軸検知をZ軸検知から分離する、コンパクトトランステューサが必要である。

【0015】

図面と関連して詳細説明と請求項を参照することで、本発明についてより完全に理解することが可能である。図面では同様な参照番号は同様な部材を指す。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】従来ヒンジまたは「ティータ・トオター」型加速度計として構成された従来技術の静電容量検知MEMS加速度センサの平面図。40

【図2】図1のMEMSセンサの側面図。

【図3】従来技術の多軸MEMSセンサの平面図。

【図4】図3の多軸MEMSセンサの側面図。

【図5】本発明の実施形態に従った多軸MEMSセンサの平面図。

【図6】図5のMEMSセンサの側面図。

【図7】本発明の別の実施形態に従った多軸MEMSセンサの平面図。

【図8】本発明の別の実施形態に従った多軸MEMSセンサの平面図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

10

20

30

40

50

図5, 6を参照して、図5は本発明の実施形態に従った微小電子機械システム（MEMS）センサ90の平面図を示し、図6はMEMSセンサ90の側面を示す。例えば、センサ90は静電容量検知可能加速度センサまたは別のMEMS検知装置であっても良い。本発明の一つ実施形態において、MEMSセンサ90は少なくとも二つの相互直交方向の加速度を検知するようになっている多軸センサである。より具体的には、MEMSセンサ90は、X軸線に相当する方向92（以下「X方向92」とする）の加速と、Y軸線に相当する方向94（以下「Y方向94」とする）の加速と、Z軸線に相当する方向96（以下「Z方向96」とする）の加速とを検知する。ここではMEMSセンサ90は三つの相互直交方向の加速を検知するものとして説明するが、MEMSセンサ90は二つの直行方向の加速を、例えばX方向92及びZ方向96を検知するようになっていてよいものとする。

10

【0018】

MEMSセンサ90は、基板98及び基板98から離間された可動要素（以下、「試験質量100」とする）を有し、基板98および試験質量100はどちらも対向する平坦面を有する。基板98の表面104には静的誘電層102が堆積される。静的誘電層102は、少なくとも二つの電気的に分離された電極またはプレート、例えば電極素子106と電極素子108により形成される。電極素子106, 108は、刺激信号を受信する励起または検知電極として作動できる。電極素子106, 108は、フィードバック信号を検知信号に重ね合わせる時、さらにフィードバック電極としても作動できる。

20

【0019】

試験質量100は、基板98の表面104の上方に平行に離間した関係で配置される。すなわち、試験質量100は、表面104の上に自在に保持され、表面104に接触しない。試験質量100は一般的に平面構造であって、外部周辺壁110、内部周辺壁114によって区画形成された開口112を有する。試験質量100は、アンカーシステム116によって基板98上に自在に保持され、基板98に枢動可能に接続される。アンカーシステム116は、基板98の表面104に形成された保持アンカー（以下「枢動要素118, 120」とする）を有する。具体的に、枢動要素118は、係留124を通じて内部周辺壁の側面122で試験質量100に取り付けられる。同様に、枢動要素120は、係留128を通じて側面122の反対側の内部周辺壁114の別の側面126で、試験質量100に取り付けられる。

30

【0020】

アンカーシステム116の枢動要素118, 120は、開口112の中心線130に沿って配置され、中心線130に配置された回転軸132を形成する。枢動要素118, 120は、電極素子106, 108のそれぞれによって試験質量100間のキャパシタを形成するために、試験質量100が回転軸132の周囲を枢動または回転することを可能にする。従って、試験質量100は、ヒンジまたはティータ・トオター型加速度センサとして構成される。説明を簡単にするために、図5では電極素子106, 108だけを示す。しかし、他の実施形態において、MEMSセンサ90は、電極素子の異なる数、または異なる構成、またはその両者を含んでもよい。さらに、回転軸132の周囲の試験質量100の枢動移動を可能にするために、多くの可撓性部材、ヒンジ、そして他の回転機構が使用され得ることは理解されるべきである。

40

【0021】

回転軸132の一側の試験質量100の部分134は、回転軸132の他側の試験質量100の部分136よりも相対的に大きな質量を有するように形成される。部分134のより大きな質量は、回転軸132をずらす、つまりオフセットすることで形成される。これは、回転軸132と部分134の端部140との間の長さ138が、回転軸132と部分136の端部144との間の長さ142より大きいことを示している。電極素子106は、試験質量100の部分134に面しており、電極素子108は試験質量100の部分136に面している。さらに、電極素子106, 108は大きさが等しく、試験質量100の回転軸132に対して対称的に配置される。つまり、電極素子106, 108はそれ

50

それ回転軸 132 の両側で等しい距離 146 だけオフセットされていることを示している。

【0022】

示した実施形態において、部分 134, 136 の間の不均衡は、MEMS センサ 90 が Z 方向 96 における検知機能を発揮するために回転軸 132 をオフセットすることによって構成される。しかし、別の実施形態において、部分 134 は、試験質量 100 の端部 140, 144 の間で回転軸 132 を幾何学的中心として比較的により大きな質量を有するように構成してもよい。例えば、部分 136 の質量に対して、より質量を大きくするために、部分 134 は部材層で重くしてもよい。または、部分 134 の質量に対してより質量を小さくするために、部分 136 に孔を構成してもよい。

10

【0023】

試験質量 100 は、Z 軸と実質的に平行の Z 方向 96 の加速に応じて移動し、従って静的電極素子 106, 108 に対してその位置を変化させる。従って、電極素子 106, 108 は、電極素子 106, 108 の平面と垂直な軸に沿って試験質量 100 の移動を検知するようになっている。この位置変化は、キャパシタの差分キャパシタンスが Z 方向 96 の加速度を示す一連のキャパシタになるという結果をもたらす。本明細書で使用する「静的」という用語は、試験質量 100 に対して固定された誘電層 102 及び電極素子 106, 108 の意味である。すなわち、試験質量 100 は、回転軸線 132 に関して枢動システム 116 の枢動要素 118, 120 で回転または枢動するが、誘電層 102 (電極素子 106, 108 を含む) は、試験質量 100 に対して枢動、回転、または移動はしない。

20

【0024】

図 1, 2 に示す MEMS センサ 20 の従来技術の単軸デザインでは、回転軸 32 を囲み、電極素子 26 によって結合されている可動要素 24 の領域は、方向 37 (Z 軸の検知) の検知に貢献しない。むしろ、その構成の物理性質のため、2 軸 XY 变位センサに比較して、MEMS センサ 20 は望ましくない高い減衰及び固有周波数の減少を有している。この高い減衰は、より低いロールオフ周波数をもたらす。MEMS センサ 52 (図 3, 4) のような従来技術の三軸センサにおいて、XY 検知軸は、必要とされるより低い減衰を有し、一方では Z 軸は必要とされるより高い減衰を有する。従来技術の 3 軸トランスデューサの妥協は、XY 減衰を増加するために装置をより高い結合圧力で装置をキャップすることである。しかし、これは Z 軸でより低いロールオフ周波数を招く。試験質量 100 に開口 112 を形成することによって、Z 方向 96 の検知感度を犠牲にすることなく、Z 軸ロールオフ周波数を増加することができる。

30

【0025】

MEMS センサ 90 はさらに、開口 112 に存在し、基板 98 の表面 104 上に平行に離間した関係で配置された試験質量 148 を含む。試験質量 148 が、開口 112 の中心線 130 と同軸の中心線 150 を有する。また、試験質量 148 の中心線 150 は回転軸 132 と合致する。試験質量 148 を開口 112 内に配置することによって、コンパクトなサイズと安価なパッケージングを必要とする MEMS センサ応用への増加した要求をみたすために、コンパクトな多軸トランスデューサデザインが達成される。

40

【0026】

試験質量 148 は、基板 98 の表面 104 で形成された複数のアンカー 154 からなるアンカーシステム 152 によって、基板 98 の上に自在に保持され、基板 98 に接続される。アンカー 154 は、バネ要素 156 を介して試験質量 148 に接続する。バネ要素 156 は、X 方向 92 または Y 方向 94 の加速に応じて、試験質量 148 が表面 104 と実質的に平行に移動することを可能にするコンプライアント線形バネである。従って、試験質量 148 は XY 検知が可能である。一つの実施形態において、バネ要素 156 は、二つ直交検知軸に沿って同様な加速度を検知するために、X 方向 92 及び Y 方向 94 で同様な硬さを有する。

【0027】

MEMS センサ 90 の試験質量 148 は、試験質量 148 の中心線 150 と整列された

50

X 軸検視フィンガー 158 を備える。試験質量 148 は、中心線 150 に対して直交して配置された試験質量 148 の別の中心線 162 と整列された Y 軸検知フィンガー 160 をさらに備える。各 X 検知フィンガー 158 は、基板 98 に構成された二つの固定フィンガ - 164, 166 によって囲まれる。同様に、各 Y 検知フィンガー 160 は、基板 98 に構成された二つの固定フィンガ - 168, 170 によって囲まれる。MEMS センサ 90 が X 方向 92 で加速を経験すると、X 軸検知フィンガー 158 と隣接した固定フィンガ - 164, 166 との間の距離が変化し、従ってフィンガー間のキャパシタンスが変化する。このキャパシタンス変化は検知回路（図示せず）によって記録され、X 軸方向 92 の加速度を示す出力信号に変換される。Y 軸検知フィンガー 160 と、それに対応する固定フィンガ - 168, 170 との間のキャパシタンスの変化を記録することによって、Y 軸方向 94 の加速も同様に検知される。10

【0028】

この実施形態において、中心線 150 は試験質量 148 の第 1 対称軸であって、中心線 150 に対して直交して配置された中心線 162 は、試験質量 148 の第 2 対称軸である。一般に、アンカーシステム 152 のアンカー 154 は中心線 150, 162 からオフセットされ、中心線 150, 162 に対して対称的配置される。すなわち、各アンカー 154 は中心線 150, 162 から同等距離にオフセットされる。このアンカー 154 の構成は、試験質量 148 を中心とする、または中心線 150, 170 の交点 172 で均衡化されるという結果をもたらす。X 軸検知フィンガー 158 及び Y 検知フィンガー 160 は、試験質量 148 の中心線 150, 170 に対して対称的に配置されても良い。試験質量 148 の対称的構成は、中心線 150, 162 のいずれの側でも一般に同様な熱応力をもたらす結果となる。従って、試験質量 148 に対する熱応力の効果は、X 軸方向 92 及び Y 方向 94 の検知の正確度に影響し、その効果は減少する。20

【0029】

試験質量 148 のアンカーシステム 152 は、試験質量 100 のアンカーシステム 116 から機械的に分離される（すなわち、異なる）ことを特に理解されたい。この構成において、Z 方向 96 の Z 軸検知のための電極素子 118, 120 及び係留 124, 128 のデザインを最適化すると共に、X 方向 92 と Y 方向 94 の XY 軸検知のためのバネ要素 156 を最適化することが可能である。また、Z 軸検知は XY 軸検知から分離されるので、交差軸検知は大幅に削除される。これは図 6 で示しており、Z 方向 96 の加速に応じて、回転軸 132 の周囲を試験質量 100 が回転する。しかし、独立アンカーシステム 152 によって試験質量 148 は試験質量 100 から分離されるので、試験質量 148 は試験質量 100 に相当して枢動及び回転しない。すなわち、試験質量 148 は、下にある基板 98 の表面 104 と離間し、実質的に平行なままである。30

【0030】

図 7 は、本発明の別の実施形態に従った多軸 MEMS センサ 174 の平面図を示す。MEMS センサ 174 のデザインは、MEMS センサ 90 のデザインと類似する。すなわち、MEMS センサ 174 は、基板 98（図示せず）と、アンカーシステム 116 によって基板 98 の上に自在に保持され、枢動的に接続された試験質量 100 と、アンカーシステム 152 によって基板 98 上に自在に保持され、枢動的に接続された試験質量 148 とを備えている。この特徴は図 5, 6 で説明しており、該特徴の利点及び規定は、簡潔にするためにここでは繰り返さない。40

【0031】

いくつかの例では、X 検知フィンガー 158 及び Y 検知フィンガー 160 の XY 検知感度を増加するように、試験質量 148 の質量を増加することが望ましい。すなわち、試験質量 148 の質量が増加すれば、かなり低い加速度でも、X 方向 92 または Y 方向 94 のいずれに試験質量 148 が変位する可能性が大きくなる。従って、MEMS センサ 174 は、試験質量 148 の中心線 150, 162 に対して試験質量 148 上に対称的に配置された材料 176 をさらに備える。材料 176 は、例えば、金属または試験質量 148 上に配置される他の適切な材料である。材料 176 は公知の処理によって堆積及びパターン化50

できる。材料 176 は、試験質量 148 の質量を増加するために機能する。結果として、X 検知フィンガー 158 及び Y 検知フィンガー 160 の X-Y 検知感度が効果的に増加する。

【0032】

図 8 は、本発明の別の実施形態に従った多軸 MEMS センサ 178 の平面図を示す。MEMS センサ 178 のデザインは MEMS センサ 90 と類似している。すなわち、MEMS センサ 178 は、基板 98 と、アンカーシステム 116 によって基板 98 の上に自在に保持され、枢動的に接続される試験質量 100 を備えている。これらの特徴は、図 5, 6 で上述しており、該特徴の説明および利点は、簡潔にするために繰り返さない。いくつかの例では、X 方向検知は Y 方向検知から機械的に分離されることが望ましい。従って、試験質量 180, 182 は、試験質量 100 の開口 112 に存在する。

【0033】

試験質量 180 は、基板 98 に形成された複数のアンカー 186 の形態でアンカーシステム 184 によって基板 98 の上に自在に保持され、基板 98 に接続される。アンカー 186 は、バネ要素 188 を介して試験質量 188 に接続する。試験質量 180 は試験質量 100 の回転軸 132 に整列した複数の X 軸検知フィンガー 190 をさらに備える。各 X 軸検知フィンガー 190 は、下にある基板 98 に形成された二つの固定フィンガー 192, 194 によって囲まれる。バネ要素 188 は、X 方向 92 の加速に応じて試験質量 180 が基板と実質的に平行に移動することを可能にするコンプライアント線形バネである。従って、MEMS センサ 178 が X 方向 92 で加速を検知する時、X 軸検知フィンガー 190 と隣接した固定フィンガー 192, 194 との間の距離が変化し、そしてフィンガー間のキャパシタンスを変える。このキャパシタンス変化は検知回路（図示せず）によって記録され、X 方向 92 の加速度を示す出力信号に変換される。

【0034】

試験質量 182 は、基板 98 に形成された複数のアンカー 198 の形態でアンカーシステム 196 によって、基板 98 の上に自在保持され、基板 98 に接続される。アンカー 198 は、バネ要素 200 を介して試験質量 182 に接続される。試験質量 182 はさらに、試験質量 100 の回転軸 132 に対して直交して配置された Y 軸検知フィンガー 202 を備える。各 Y 軸検知フィンガー 202 は、下にある基板 98 に形成された二つの固定フィンガー 204, 206 によって囲まれる。バネ要素 200 は、Y 方向 94 の加速に応じて試験質量 182 が基板と実質的に平行に移動することを可能にするコンプライアント線形バネである。従って、MEMS センサ 178 が Y 方向 94 で加速を検知する時、Y 軸検知フィンガー 202 と隣接した固定フィンガー 204, 206 との間の距離が変化し、そしてフィンガー間のキャパシタンスを変える。このキャパシタンス変化は検知回路（図示せず）によって記録され、Y 方向 94 の加速度を示す出力信号として変換される。

【0035】

この実施形態では、試験質量 100 の異なるアンカーシステム 116 に加えて、試験質量 182 が、試験質量 180 のアンカーシステム 183 とは異なるアンカーシステム 196 によって自在に保持されることを理解されたい。従って、X 軸方向 92 と Y 軸方向 94 の間のいかなる交差軸検知も、大幅に削除される。また、個別アンカー 186, 198 は、二つの直交検知軸に沿って異なる加速度の大きさを検知するために X 方向 92 対 Y 方向 94 で異なる剛性を有するようにデザインできる。さらに、MEMS センサ 178 の構成は、試験質量 100 の係留 124, 126 の長さに対してより大きな柔軟性を提供し、一方で開口 112 の利点、すなわち非線形の減少及び減衰の改善を維持する。

【0036】

ここで記述する実施形態は、少なくとも二つの相互に直交する方向の加速度を検知するようになっているトランスデューサを含む。該トランスデューサは、異なるアンカーシステムによって基板の上に各々が自在に保持された少なくとも二つの試験質量を含む。第 1 試験質量は、第 1 第 1 方向の加速度を検知するためのティータ・トオター型として作られた差分加速度センサを備えてよい。第 1 試験質量のアンカーシステムの枢動要素は回転

10

20

30

40

50

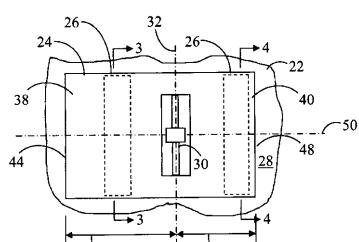
軸に物理的に配置されるため、回転軸からオフセットした枢動要素を有するいくつかの従来技術のデザインに見られる二次非線形結果が大幅に削除される。第1試験質量は、開口と、該開口に存在する第2試験質量とを備える。第2試験質量は、下にある基板と実質的に平行であるが、第2及び/または第3の相互直交方向の加速に応答して変位が可能なアンカーシステムを有する差分変位加速度センサである。第1試験質量の開口形成によって、第1第1方向の検知感度を犠牲にしなくても、第1方向のロールオフ周波数は増加できる。また、開口への第2試験質量の配置は、コンパクトサイズ及び安価パッケージングを必要とするMEMSセンサアプリケーションに対する要求を満たすためのコンパクトな多軸トランスデューサデザインを達成する。各試験質量の異なるアンカーシステムは、交差軸検知を省くと同時に、相当するねじれ及び線形バネ要素の最適化を可能にする。

10

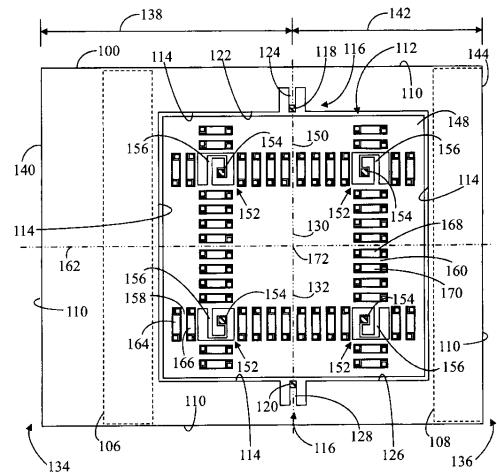
【0037】

本発明の代表的な実施形態に関して説明してきたが、本技術分野の当業者は本発明がその精神を逸脱することなく上述した以外の具体的な形式で用いることが可能であることを容易に理解するであろう。上述の実施形態は例示であって、いかなる意味においても限定的に解釈すべき物ではない。本発明の範囲は上述の説明ではなく、添付の請求項によって与えられ、請求項の範囲に含まれる全ての変形及び等価物は本発明に包含されることが意図されている。

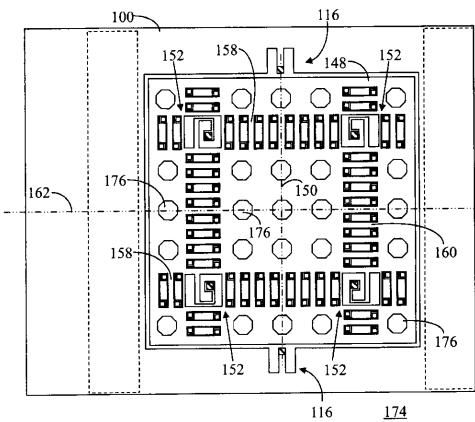
【図1】



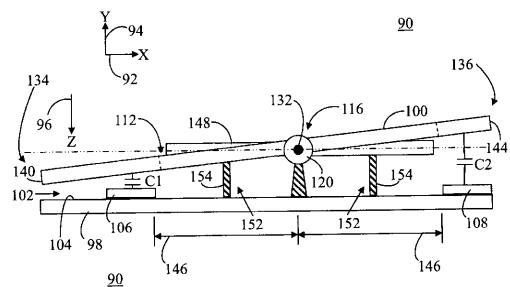
【 図 5 】



【 図 7 】



【 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 マクニール、アンドリュー シー .

アメリカ合衆国 85225 アリゾナ州 チャンドラー イー.カラ ビスタ ブレイス 2
163

審査官 繩山 浩二

(56)参考文献 特開2007-298410 (JP, A)

特開2008-107349 (JP, A)

特表2007-530914 (JP, A)

特開2007-298385 (JP, A)

国際公開第2007/061756 (WO, A1)

特開平10-239347 (JP, A)

特開2007-298405 (JP, A)

特表2008-529001 (JP, A)

特表2008-531991 (JP, A)

特開平08-178952 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01P 15/18

B81B 7/02

G01P 15/125

H01L 29/84