(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2007-107934
(P2007-107934A)
(43)公開日　平成19年4月26日(2007.4.26)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01P 15/12	(2006.01)	G01P	15/12	D	4M112
G01P 15/18	(2006.01)	G01P	15/00	K	
H01L 29/84	(2006.01)	H01L	29/84	A	

審査請求 未請求　請求項の数 4　ＯＬ　（全 9 頁）

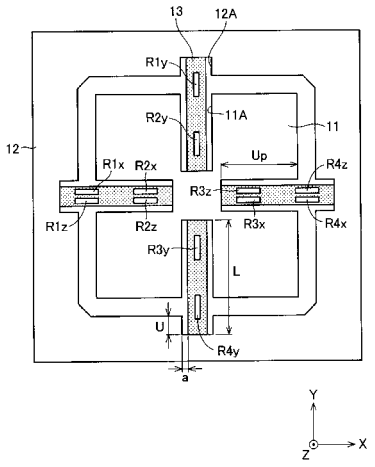
(21)出願番号　特願2005-296949 (P2005-296949)
(22)出願日　平成17年10月11日 (2005.10.11)

(71)出願人　000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
(71)出願人　000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目３番６号
(74)代理人　110000338
特許業務法人原謙三国際特許事務所
(72)発明者　アルベルト　オー．アダン
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内
(72)発明者　池内　直樹
東京都港区赤坂五丁目３番６号　ＴＢＳ放送センター東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ＭＥＭＳ加速度センサ

(57)【要約】
【課題】ピエゾ抵抗特性の不釣合いを誘引するような構造を改善し、残留応力の影響の小さいＭＥＭＳ加速度センサを実現する。
【解決手段】ＭＥＭＳ加速度センサは、枠形状のフレーム部１２と、上記フレーム部の枠内に配置される錘部１１とを、複数の可撓性の梁部１３にて接続する構成とする。梁部１３におけるフレーム部１２との接続側では、長さＵのノッチ部１２Ａがフレーム部１２において形成され、梁部１３における錘部１１との接続側では、長さＵｐのノッチ部１１Ａが錘部１１において形成される。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
枠形状のフレーム部と、
上記フレーム部の枠内に配置される錘部と、
一方の端部を上記フレーム部に接続され、他方の端部を上記錘部に接続されて、上記錘部を上記フレーム部の枠内にて吊り下げ支持する複数の可撓性の梁部と、
上記梁部上に、それぞれの梁部の両端に配置される複数のピエゾ抵抗とを有し。
上記梁部における上記フレーム部との接続側では、第１のノッチ部が該フレーム部において形成されており、
上記梁部における上記錘部との接続側では、第２のノッチ部が該錘部において形成されていることを特徴とするＭＥＭＳ加速度センサ。
【請求項２】
上記第１のノッチ部は、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵであり、上記第２のノッチ部は、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵｐであり、
Ｕ＜Ｕｐ
であることを特徴とする請求項１に記載のＭＥＭＳ加速度センサ。
【請求項３】
上記第１のノッチ部は、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵであり、
上記第１のノッチ部における上記梁部と上記フレーム部とのギャップ幅と、上記第２のノッチ部における上記梁部と上記錘部とのギャップ幅とが共にａであり、
Ｕ＞１．５×ａ
であることを特徴とする請求項１に記載のＭＥＭＳ加速度センサ。
【請求項４】
上記フレーム部、上記錘部、および上記梁部が、半導体材料にて形成されていることを特徴とする請求項１に記載のＭＥＭＳ加速度センサ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、シリコン基板上に製造されるＭＥＭＳ加速度計の構造、およびＭＥＭＳ加速度計に形成されるピエゾ抵抗のマッチング特性を向上させる構造に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
微小電子機械システム（ＭＥＭＳ：Micro Electro-Mechanical System）をベースとするセンサは、半導体集積回路の処理、およびプロセススケーリングおよび大量生産によるコスト低減の可能性の両立のため、その応用分野が急速に成長している。
【０００３】
ＭＥＭＳに基づく加速度センサは、静電センシングおよびピエゾ抵抗変化センシングに基づいて開発されている。一般に、ＭＥＭＳ加速度計は、復元ばねとして作用する弾性梁に支持された錘部によって構成される。上記加速度センサに力または加速度が加えられることにより、上記錘部は、加えられた力に比例して平衡位置から移動し、その移動が支持梁の撓みを発生させる。
【０００４】
図３は、非特許文献１に開示のある、静電センシングによるＭＥＭＳ加速度計を示すものである。このデバイスは、固定部材１０１に対する錘部１０２の位置変化を容量変化として検知する。
【０００５】
図４は、特許文献１に開示のある、ピエゾ抵抗センシングによる３軸加速度計を示すものである。このデバイスは、錘部１１１を枠状フレーム１１２に対して長さＬｃの４本の弾性梁１１３にて支持して形成されている。また、錘部１１１はクローバー型に成形された５つの領域から構成されている。各弾性梁１１３の端部においては複数のピエゾ抵抗１

１４が配されており、これらのピエゾ抵抗１１４は、抵抗（ΔＲ／Ｒ）の変化を引き起こす錘部１１１の偏りを、

ΔＲ／Ｒ＝πｐ×σｘ

として検出するホイートストン回路を形成するように配置されている。具体的には、錘部１１１に対して反対側に設けられる２本の弾性梁１１２のそれぞれにおいて、２つずつのピエゾ抵抗を配置し、これら４個のピエゾ抵抗を１組としてホイートストン回路を構成している。ここで、πｐおよびσｘは、弾性梁１１３材料のピエゾ抵抗に関する係数であり、錘部１１１に加えられた加速度によって引き起こされる材料応力を示す。そして、σｘ～ａｘは、加えられた加速度ａｘに比例した応力となる。図４のデバイスでは、さらに、ｚ方向およびｘ方向に加えられた加速度を検出するために、２組のピエゾ抵抗によるホイートストン回路が同一の梁上に形成されている。

【０００６】

このようなピエゾ型ＭＥＭＳ３軸加速度センサは、半導体プロセスを用いて製造可能であり、広く用いられている。

【特許文献１】特開２００２－２９６２９３号公報（公開日２００２年１０月９日）

【非特許文献１】M. Lemkin and B.E.Boser, “A three-axis micromachined accelerometer with a CMOS position-sense interface and digital offset-trim electronics”, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.34, No.4, pp.456-468, April 1999

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

しかしながら、特許文献１における従来のＭＥＭＳ加速度計は、５つの領域から構成されたクローバー型の錘部１１１を用いることで、錘部１１１の重量を大きくしながら、弾性梁１１３の長さを長くでき、検出感度を向上させることができるものの、センサの特性を安定化することが困難であるといった問題を生じる。この問題を詳細に説明すると以下の通りである。

【０００８】

すなわち、特許文献１に開示のあるようなホイートストンブリッジを基とするセンサにおいては、錘部に加速度等の入力が加えられない場合の出力信号のオフセットが注目すべきパラメータとなる。このオフセットは、弾性梁に生じる残留応力により、ホイートストン回路抵抗の特性の不釣合いが生じることによって発生する。

【０００９】

つまり、上述のようなＭＥＭＳ加速度計では、錘部の変位を受けて弾性梁が変形することにより、該弾性梁において残留歪（残留応力）が生じる。この残留歪は、錘部に加速度等の入力が加えられない場合にも残存する。この残留歪は、ピエゾ抵抗が配置される弾性梁の両端において、理想的に等しい状態で発生すればその影響は互いに打ち消され、ＭＥＭＳ加速度計の出力においてオフセットは発生しない。

【００１０】

しかしながら、上記特許文献１の構成では、弾性梁の両端における残留応力は、理想的に等しい状態での発生とはならない。これは、弾性梁１１３とフレーム１１２との接合部と、弾性梁１１３と錘部１１１との接合部との形状の違いによる。つまり、弾性梁１１３とフレーム１１２との接合部においては、図５（ａ）に示すように、弾性梁１１３の端部がフレーム１１２における直線状の縁部に接合されている。これに対し、弾性梁１１３と錘部１１１との接合部においては、図５（ｂ）に示すように、弾性梁１１３の端部が錘部１１１におけるＵ字型ノッチ部の底部に接合されている。そして、接合部のこのような形状の違いにより、弾性梁の両端において発生する残留歪に僅かながらも相違が生じる。その残留歪の相違によってピエゾ抵抗値が弾性梁内で一定とならずオフセットが生じ、センサの特性を安定化することが困難となる。

【００１１】

尚、上記オフセット電圧は、メモリ修正及び検出信号に対する後処理によって部分的に

補正することが可能であるが、その場合は、コストおよび消費電力の増加した複雑な補正回路が必要となる。従って、上記回路抵抗の不釣合いの原因をできる限り排除できるようなセンサデバイス構造とすることが価値をもつ。

【００１２】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、ピエゾ抵抗特性の不釣合いを誘引するような構造を改善し、残留応力の影響の小さいＭＥＭＳ加速度センサを実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

本発明に係るＭＥＭＳ加速度センサは、上記課題を解決するために、枠形状のフレーム部と、上記フレーム部の枠内に配置される錘部と、一方の端部を上記フレーム部に接続され、他方の端部を上記錘部に接続されて、上記錘部を上記フレーム部の枠内にて吊り下げ支持する複数の可撓性の梁部と、上記梁部上に、それぞれの梁部の両端に配置される複数のピエゾ抵抗を有し、上記梁部における上記フレーム部との接続側では、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵの第１のノッチ部が、該フレーム部において形成されており、上記梁部における上記錘部との接続側では、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵｐの第２のノッチ部が、該錘部において形成されていることを特徴としている。

【００１４】

上記の構成によれば、上記フレーム部と上記錘部とを接続する上記梁部のそれぞれにおいて、その両端にノッチ部が設けられる。これらのノッチ部は、梁部のそれぞれにおいて、フレーム部に接続される側の端部と錘部に接続される側の端部とで、同様の近接効果を生じさせ、梁部の両端で同一の残留応力が生じるため、この残留応力による出力信号のオフセットを構造的に抑制することが可能となる。したがって、それぞれの梁部の両端に配置される複数のピエゾ抵抗において、ピエゾ抵抗特性の不釣合いを誘引するような構造を改善し、残留応力の影響の小さいＭＥＭＳ加速度センサを実現することができる。

【００１５】

また、上記ＭＥＭＳ加速度センサは、上記第１のノッチ部は、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵであり、上記第２のノッチ部は、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵｐであり、Ｕ＜Ｕｐである構成とすることが好ましい。上記の構成によれば、錘部に形成される第２のノッチ部の長さをフレーム部に形成される第１のノッチ部の長さよりも大きくすることで、センサの大型化を招くことなく、センサ感度を向上させることができる。

【００１６】

また、上記ＭＥＭＳ加速度センサは、上記第１のノッチ部は、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵであり、上記第１のノッチ部における上記梁部と上記フレーム部とのギャップ幅と、上記第２のノッチ部における上記梁部と上記錘部とのギャップ幅とが共にａであり、Ｕ＞１．５×ａである構成とすることにより、梁部の両端における残留応力がおおよそ等しくなる。

【００１７】

また、上記ＭＥＭＳ加速度センサは、上記フレーム部、上記錘部、および上記梁部が、半導体材料にて形成されていることが好ましい。

【発明の効果】

【００１８】

本発明に係るＭＥＭＳ加速度センサは、以上のように、枠形状のフレーム部と、上記フレーム部の枠内に配置される錘部と、一方の端部を上記フレーム部に接続され、他方の端部を上記錘部に接続されて、上記錘部を上記フレーム部の枠内にて吊り下げ支持する複数の可撓性の梁部と、上記梁部上に、それぞれの梁部の両端に配置される複数のピエゾ抵抗を有し、上記梁部における上記フレーム部との接続側では、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵの第１のノッチ部が、該フレーム部において形成されており、上記

梁部における上記錘部との接続側では、上記梁部の長手方向と平行な方向における長さがＵｐの第２のノッチ部が、該錘部において形成されている構成である。

【００１９】

それゆえ、上記梁部の両端にノッチ部が設けられることにより、梁部のそれぞれにおいて、フレーム部に接続される側の端部と錘部に接続される側の端部とで、同様の近接効果を生じさせ、梁部の両端で同一の残留応力が生じる。このため、それぞれの梁部の両端に配置される複数のピエゾ抵抗において、ピエゾ抵抗特性の不釣合いを誘引するような構造を改善し、残留応力による出力信号のオフセットを構造的に抑制することが可能となるといった効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２０】

本発明の一実施形態について図面に基づいて説明すると以下の通りである。ここでは、新規なＭＥＭＳ加速度センサの構造について説明する。尚、以下の説明では、図２のセンサ構造をアレンジしたものとして、本実施の形態に係る新しいセンサ構造を説明するが、本発明は、他のどのような種類のピエゾ抵抗センサにも拡張して適用可能である。

【００２１】

本実施の形態に係るＭＥＭＳ加速度センサの概略構成を図１および図２に示す。図１および図２に示すセンサ構造は、ＳＯＩ（Silicon On Insulator）基板において、錘部１１と、フレーム部１２と、該錘部１１をフレーム部１２に対して吊り下げ支持する４本の可撓性の梁部１３とを形成してなる。このため、錘部１１、フレーム部１２、および梁部１３は、ＳＯＩ基板と同材料からなる。

【００２２】

上記ＳＯＩ基板は、上部Ｓｉ層２１、埋め込み酸化物層２２、および下部Ｓｉ層２３より構成される。ＳＯＩ層の一般的な厚さは、上部Ｓｉ層２１で２～１０μｍ、埋め込み酸化物層２２で０．５～１μｍ、下部Ｓｉ層２３で５００～６００μｍである。

【００２３】

フレーム部１２の高さはＳＯＩ基板厚さに等しい。また、錘部１１は角柱形状をしており、その高さＴは一般的にはＳＯＩ基板厚さに等しく、３００～６５０μｍである。梁部１２は埋め込み酸化物層２２において形成されており、その厚さｔは錘部１１の厚さＴよりも十分に薄い。梁部１３は、その一端をフレーム部１２に支持され、他端にて錘部１１を支持している。この構成では、錘部１１の質量中心は、錘部１１の荷重作用を除いても梁部１３を含む面から外れている。

【００２４】

また、錘部１１には、梁部１２の数に対応して４箇所のノッチ部１１Ａが形成されており、梁部１２はそれぞれのノッチ部１１Ａの奥にて錘部１１と接続されている。すなわち、上記ノッチ部１１Ａは、錘部１１において、Ｚ方向に延びるように形成された溝形状の切り欠き部であり、そのＸ－Ｙ平面内の溝断面は、錘部１１の外縁から長さがＵｐであり、その溝幅は梁部１３の両側に幅ａのギャップを有する幅に形成されている。この形状は、センサの大型化を招来することなく、錘部１１の重量を増し、同時に梁部１３の長さを長く取ることができるため、センサ感度を向上させることができる。

【００２５】

フレーム部１２は、移動可能な錘部１１を横方向に囲んでおり、梁部１３の錨としても作用する。梁部１３は、一般的には、３～１０μｍの厚さｔ、および２０～１００μｍの幅を有している。梁部１３の長さＬは、要求される機能特性、すなわちセンサの感度に従って設計されるが、一般的には１００～１０００μｍの範囲である。

【００２６】

本実施の形態に係るＭＥＭＳ加速度センサでは、加速度を検出するためのピエゾ抵抗は、各梁部１３の端部において形成されている。具体的には、Ｙ方向の加速度を検出するためのピエゾ抵抗Ｒ１ｙ～Ｒ４ｙが、錘部１１のＹ方向に配置された２本の梁部１３のそれぞれの端部に図示のように配置されている。また、Ｘ方向の加速度を検出するためのピエ

ゾ抵抗Ｒ１ｘ～Ｒ４ｘ、およびＺ方向の加速度を検出するためのピエゾ抵抗Ｒ１ｚ～Ｒ４ｚが、錘部１１のＸ方向に配置された２本の梁部１３のそれぞれの端部に図示のように配置されている。上記全てのピエゾ抵抗は、等しい呼称値を有する。

【００２７】

これらのピエゾ抵抗は、ピエゾ抵抗Ｒ１ｙ～Ｒ４ｙ、ピエゾ抵抗Ｒ１ｘ～Ｒ４ｘ、およびピエゾ抵抗Ｒ１ｚ～Ｒ４ｚのそれぞれの組が、加速度が引き起こす変位および機械的応力を電気信号に変換するホイートストンブリッジを形成するように接続される。これらのピエゾ抵抗は、公知の技術を用いて、梁部１３の半導体材料の表面に形成される。また、ホイートストンブリッジによる加速度の検出方法自体も公知であるため、個々では詳細な説明を省略する。

【００２８】

また、従来から知られるように、半導体基板としてＳｉを用いる場合は、梁部１３およびｐ型導電性のピエゾ抵抗は、上部Ｓｉ層２１の面内方向に配置される。そして、ピエゾ抵抗を流れる電流も上部Ｓｉ層２１の面内方向に存在し、該ピエゾ抵抗の効果を最大限にする。特に、上部Ｓｉ層２１は、（１００）面内に結晶学的な配置を有し、10^{15}～10^{16}ａｔ／ｃｍ^{3}のドーピング密度でｎ型導電性を有する。ピエゾ抵抗は、ｐ型拡散抵抗を形成するために、10^{17}～10^{19}ａｔ／ｃｍ^{3}の不純物ドーピング密度でボロンイオンの注入によって形成される、

梁部１３は、その両端をフレーム部１２および錘部１１によってクランプされる（挟み込まれる）ように取り付けられる。両端をクランプされた梁部１３の両端においては、例えば、垂直方向（Ｚ方向）の力が理想的に等しい状態で錘部１１に加わった場合は、梁部１３はその両端において同じ大きさであり、かつ逆符号の圧縮応力および引張り応力が補足しあって作用する。その結果、Ｚ軸センシング抵抗は、その抵抗値の平衡が保たれるように変化する。

【００２９】

しかしながら実際には、図４における従来構成では、梁部１１３において、フレーム１１２に接続される側の端部と錘部１１１に接続される側の端部とでは、錘部１１１に接続される側の端部での近接効果により僅かに異なる機械的歪が生じる。すなわち、このように、梁部の両端で異なる機械的歪が生じることによって、異なる残留応力が生じ、この残留応力が加速度センサオフセットにおける出力信号のオフセットの要因となる。

【００３０】

これに対し、本実施の形態に係るＭＥＭＳ加速度センサでは、梁部１３の両端での残留応力を等しくするために、フレーム部１２に接続される側の端部において、端部ノッチ１２Ａが該フレーム部１２に形成される。この端部ノッチ１２Ａは、梁部１３の数に対応して４ヶ所設けられており、梁部１２はそれぞれの端部ノッチ１２Ａの奥にてフレーム１２と接続されている。すなわち、端部ノッチ１２Ａは、フレーム部１２において、Ｚ方向に延びるように形成された溝形状の切り欠き部であり、そのＸ－Ｙ平面内の溝断面は、フレーム部１２の内縁からの長さがＵであり、その溝幅は梁部１３の両側に幅ａのギャップを有する幅に形成されている。

【００３１】

上述のように、梁部１３と錘部１１との間、および梁部１１とフレーム部１２との間には、幅ａのギャップが設けられている。このギャップ幅ａは１０～１００μｍの範囲で形成されることが好ましく、一般的には３０μｍである。また、錘部１１に形成されるノッチ部１１Ａは、センサの感度を向上させるために設けられるものであり、その長さは長く取られる必要がある。一方で、フレーム１１に設けられる端部ノッチ１２Ａは、梁部１３の両端に生じる残留応力を均一化するために設けられるものであるため、その長さは最小限の長さを有していれば良い。したがって、ノッチ部１１Ａの長さＵｐに対して、端部ノッチ１２Ａの長さＵは、Ｕ＜Ｕｐとなる。

【００３２】

また、端部ノッチ１２Ａの長さＵは、理想的には梁部１３の長さＬに比較されるべきで

ある。しかしながら、実験的には、Ｕ＞１．５×ａとなる場合に、梁部１３の両端における残留応力がおおよそ等しくなることが発見された。したがって、ここでの設計は、Ｌ＝５００μｍ、ａ＝３０μｍ、Ｕ＝５０μｍが適用された。

【００３３】

このように、本実施の形態に係るＭＥＭＳ加速度センサでは、梁部１３のそれぞれにおけるフレーム部１２との接続側において、該フレーム部１２に端部ノッチ１２Ａを設けている。これにより、梁部１３は、該梁部１３と錘部１１との間、および該梁部１１とフレーム部１２との間に幅ａのギャップが設けられた状態で、錘部１１およびフレーム部１２と接続されることになる。

【００３４】

つまり、本実施の形態における上記構成では、梁部１３において、フレーム部１２に接続される側の端部と錘部１１に接続される側の端部とでは、同様の近接効果が生じ、梁部の両端で同一の残留応力が生じるため、この残留応力による出力信号のオフセットを構造的に抑制することが可能となる。

【産業上の利用可能性】

【００３５】

本発明は、加速度センサおよび方向検出センサ等の用途に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【００３６】

【図１】本発明の実施形態を示すものであり、ＭＥＭＳ加速度センサの要部構成を示す平面図である。

【図２】上記ＭＥＭＳ加速度センサの要部構成を示す断面図である。

【図３】従来のＭＥＭＳ加速度センサの一例を示す斜視図である。

【図４】従来のＭＥＭＳ加速度センサの他の一例を示す斜視図である。

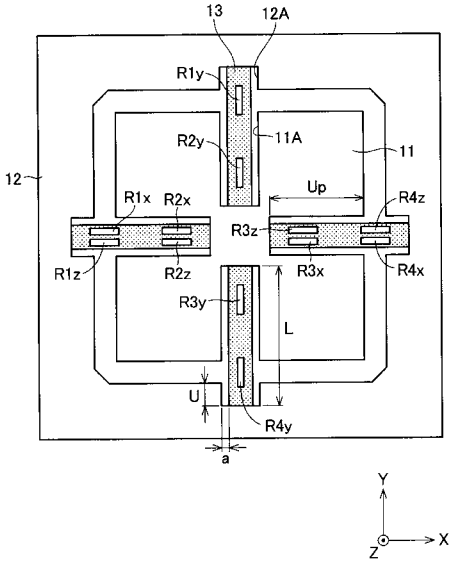
【図５】図５（ａ），（ｂ）は、図４に示すＭＥＭＳ加速度センサの梁部の取付形状を示す平面図である。

【符号の説明】

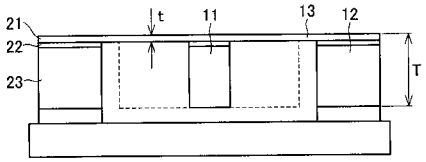
【００３７】

１１　錘部
１２　フレーム部
１３　梁部
１１Ａ　ノッチ部（第２のノッチ部）
１２Ａ　端部ノッチ（第１のノッチ部）
Ｒ１ｘ～Ｒ４ｘ，Ｒ１ｙ～Ｒ４ｙ，Ｒ１ｚ～Ｒ４ｚ　ピエゾ抵抗

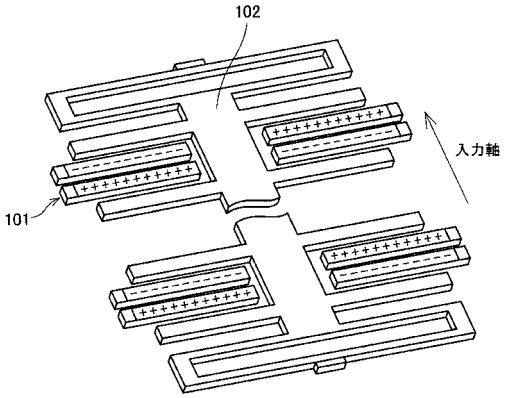
【図１】


13
12A
R1y
R2y
11A
11
12
Up
R1x
R2x
R4z
R3z
R1z
R2z
R3x
R4x
R3y
L
U
R4y
a
Y
X
Z

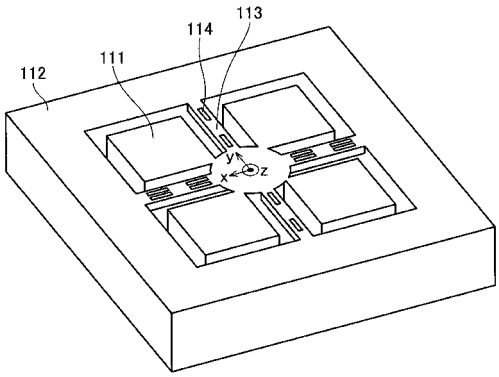
【図２】


21
22
23
t
11
13
12
T

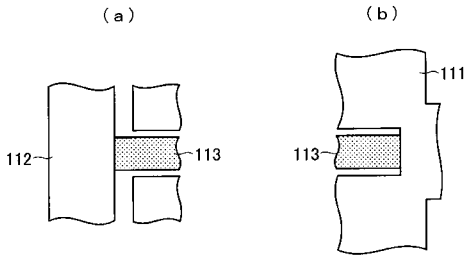
【図３】


102
入力軸
101

【図４】


113
114
111
112
y
x
z

【図５】


(a)
(b)
112
113
113
111

フロントページの続き

(72)発明者　原田　宗生
東京都港区赤坂五丁目３番６号　ＴＢＳ放送センター東京エレクトロン株式会社内
(72)発明者　橋本　浩幸
東京都港区赤坂五丁目３番６号　ＴＢＳ放送センター東京エレクトロン株式会社内

Ｆターム(参考) 4M112 AA02　BA01　CA21　CA24　CA29　DA10　DA18　EA02　EA10　FA09