

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4367403号  
(P4367403)

(45) 発行日 平成21年11月18日(2009.11.18)

(24) 登録日 平成21年9月4日(2009.9.4)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 P 15/105 (2006.01)** GO 1 P 15/08 C

請求項の数 7 (全 29 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-338328 (P2005-338328)                  (22) 出願日 平成17年11月24日(2005.11.24)                  (65) 公開番号 特開2007-147303 (P2007-147303A)                  (43) 公開日 平成19年6月14日(2007.6.14)                  審査請求日 平成18年6月28日(2006.6.28)</p>	<p>(73) 特許権者 000003067                  T D K株式会社                  東京都中央区日本橋一丁目13番1号                  (74) 代理人 100074930                  弁理士 山本 恵一                  (72) 発明者 庄司 茂                  東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T                  D K株式会社内                  審査官 越川 康弘</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加速度センサ用ばね部材、加速度センサ及び磁気ディスクドライブ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

錘部材を兼用する磁界発生手段又は磁界検出手段が取り付けられる加速度センサ用ばね部材であって、中央部に支点を有する第1の帯状板ばねと、該第1の帯状板ばねの両端に中央部がそれぞれ連結された2つの第2の帯状板ばねとを備えており、該第2の帯状板ばねの各々の両端部に前記錘部材がそれぞれ取り付けられるように構成されており、前記第1の帯状板ばねは外部から印加される力に対して曲げ応力又は捩り応力を発生させて前記錘部材を変位させるように構成されており、前記第2の帯状板ばねは外部から印加される力に対して曲げ応力を発生させて前記錘部材を変位させるように構成されており、前記2つの第2の帯状板ばねの各々に又は該各第2の帯状板ばねの両端部に取り付けられた前記錘部材に、固着されており、該各第2の帯状板ばねのばね動作を抑制する帯状支持部材をさらに備えていることを特徴とする加速度センサ用ばね部材。

【請求項2】

ハウジング部材と、4つの磁界発生錘部材と、前記ハウジング部材に支点が取り付けられたばね部材と、前記4つの磁界発生錘部材のうち少なくとも3つに対向して前記ハウジング部材にそれぞれ取り付けられている少なくとも3つの磁界検出センサとを備えており、前記ばね部材が、中央部に前記支点を有する第1の帯状板ばねと、該第1の帯状板ばねの両端に中央部がそれぞれ連結された2つの第2の帯状板ばねとを有しており、該2つの第2の帯状板ばねの両端部に前記4つの磁界発生錘部材がそれぞれ取り付けられており、前記第1の帯状板ばねは外部から印加される力に対して曲げ応力又は捩り応力を発生させ

て前記磁界発生錘部材を変位させるように構成されており、前記第2の帯状板ばねは外部から印加される力に対して曲げ応力を発生させて前記磁界発生錘部材を変位させるように構成されており、前記2つの第2の帯状板ばねの各々に又は該各第2の帯状板ばねの両端部に取り付けられた前記4つの磁界発生錘部材のうちの2つの磁界発生錘部材に、固着されており、該各第2の帯状板ばねのばね動作を抑制する帯状支持部材をさらに備えていることを特徴とする加速度センサ。

【請求項3】

前記磁界検出センサが磁化固定層及び磁化自由層を含みかつ該磁化固定層が前記第1の帯状板ばね又は前記第2の帯状板ばねの変位方向と平行な方向に磁化固定された少なくとも1対の多層構造磁気抵抗効果素子を備えており、前記磁界発生錘部材が少なくとも1つの永久磁石を備えており、外部から力が印加されていない時に前記少なくとも1対の多層構造磁気抵抗効果素子の積層面とほぼ垂直な方向に磁界が印加されるように構成されていることを特徴とする請求項2に記載の加速度センサ。

10

【請求項4】

前記少なくとも1つの永久磁石が、前記磁界検出センサに対向する面が互いに逆極性となるように並列配置された1対の永久磁石からなることを特徴とする請求項3に記載の加速度センサ。

【請求項5】

前記少なくとも1対の多層構造磁気抵抗効果素子が、前記1対の永久磁石にそれぞれ対向して配置されていることを特徴とする請求項4に記載の加速度センサ。

20

【請求項6】

前記各多層構造磁気抵抗効果素子が、巨大磁気抵抗効果素子又はトンネル磁気抵抗効果素子であることを特徴とする請求項3から5のいずれか1項に記載の加速度センサ。

【請求項7】

請求項2から6のいずれか1項に記載の加速度センサを備えたことを特徴とする磁気ディスクドライブ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気抵抗効果(MR)素子を用いた加速度センサ用のばね部材、加速度センサ及びこの加速度センサを備えた磁気ディスクドライブ装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

例えば携帯型パソコン、携帯電話、デジタルオーディオプレーヤ等の携帯機器に組み込まれるハードディスクドライブ(HDD)、又はそれ自体がストレージとして携帯されるHDD若しくはリムーバブルHDD等の磁気ディスクドライブ装置においては、落下衝撃によって磁気ヘッドと磁気記録媒体とが衝突することを防ぐために、落下した瞬間を検知し磁気ヘッドを磁気記録媒体面から退避させることが必要となる。このような落下の瞬間は、重力加速度のわずかな変化として検知することができる。

【0003】

40

重力加速度のわずかな変化を検知するための加速度センサとして、錘をばねによって支え、そのばねに圧電素子を貼り付けることにより、錘からばねに印加される力の変化を検知する圧電素子型加速度センサが知られている(例えば、特許文献1)。

【0004】

重力加速度の変化を錘の微小変位で検知する加速度センサとして、対向する可動電極と固定電極間の距離の加速度による変化をこれらの静電容量の変化として検出する静電容量型加速度センサも知られている(例えば、特許文献2)。

【0005】

このような圧電素子型加速度センサや静電容量型加速度センサは、いずれも、ばね自体に、又はばねに取り付けた錘若しくはその近傍に信号を取り出すための電極を設ける必要

50

があるため、配線の引き回しで構造が非常に複雑になる。また、小型化したばねや錘に微小配線を施すことは、過重な衝撃が印加された際に破損を招き、ばねの変位を妨げるので感度を向上する際の障害となっている。この傾向は、加速度センサ全体の小型化を図るほどより顕著となる。

【 0 0 0 6 】

従来の圧電素子型加速度センサや静電容量型加速度センサの上述したような不都合を解消できる加速度センサとして、捩れ及び撓みの弾性変形が容易な4本のステーによって支持されており三次元的な捩れを伴う振動が可能な振動子に、Z軸上に軸線を含ませた質点の永久磁石を取り付け、X軸及びY軸の上であって座標軸の原点周りの同心円上にそれぞれ中心を持つ4個以上のMR素子による検出素子を配置し、永久磁石からの磁界強度の変化をX軸上の2個のMR検出素子の出力電圧の相対差によりX軸方向の、Y軸上の2個のMR検出素子の出力電圧の相対差によりY軸方向の、及び全てのMR検出素子の出力電圧の総和によりZ軸方向の加速度をそれぞれ検出する加速度センサが提案されている(例えば、特許文献3)。

10

【 0 0 0 7 】

【特許文献1】特許第2732287号公報

【特許文献2】特許第2586406号公報

【特許文献3】特開平11-352143号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【 0 0 0 8 】

特許文献3に記載された加速度センサでは、4本のステー、即ちばね、によって支えられた振動子に永久磁石を固着し、印加された加速度によって生じる回転モーメントをこれらステーの捩り応力で平衡させ、その時の永久磁石の角度変化から加速度検出を行なっている。

【 0 0 0 9 】

一般に、板ばねにおける捩り応力のばね係数は、曲げ応力のばね係数より大きく、従って、その変位は小さい。このため、特許文献3に記載の加速度センサのように、主に捩り応力を利用するばねを用いた場合、変位量が小さいので、加速度検出感度を高めることが難しい。変位量を大きくして感度を高めるためには、全体のばね面積を大きくする必要があり、これは加速度センサの小型化への要求と逆行するものである。

30

【 0 0 1 0 】

従って本発明の目的は、加速度センサの大幅な小型化が図れ、かつ小型化を図った場合にも、高感度の加速度検出を行なうことができる加速度センサ用ばね部材、加速度センサ及びこの加速度センサを備えた磁気ディスクドライブ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、錘部材を兼用する磁界発生手段又は磁界検出手段が取り付けられる加速度センサ用ばね部材であって、支点を有すると共に支点から偏位した位置に錘部材が取り付けられるように構成されており、外部から印加される力に対して曲げ応力を発生させて錘部材を変位させる少なくとも1つの帯状板ばねを備えた加速度センサ用ばね部材が提供される。

40

【 0 0 1 2 】

外力に対抗して曲げ応力を発生させ平衡させることにより錘部材を変位させる帯状板ばねを用いているため、小型でかつ変位量が大きい、従って小型で感度の高いばね構造とすることができ、小型かつ高感度の加速度センサを提供することができる。

【 0 0 1 3 】

少なくとも1つの帯状板ばねが2つの帯状板ばねからなり、各帯状板ばねが、一方の端部に支点を有すると共に他方の端部に錘部材が取り付けられるように構成されていることが好ましい。

50

## 【0014】

少なくとも1つの帯状板ばねが、中央部に支点を有すると共に両方の端部に錘部材がそれぞれ取り付けられるように構成された1つの帯状板ばねからなることも好ましい。

## 【0015】

本発明によれば、さらに、錘部材を兼用する磁界発生手段又は磁界検出手段が取り付けられる加速度センサ用ばね部材であって、中央部に支点を有する第1の帯状板ばねと、第1の帯状板ばねの両端に中央部がそれぞれ連結された2つの第2の帯状板ばねとを備えており、第2の帯状板ばねの各々の両端部に錘部材がそれぞれ取り付けられるように構成されており、第1の帯状板ばねは外部から印加される力に対して曲げ応力又は捩り応力を発生させて錘部材を変位させるように構成されており、第2の帯状板ばねは外部から印加される力に対して曲げ応力を発生させて錘部材を変位させるように構成されている加速度センサ用ばね部材が提供される。

10

## 【0016】

ここでは、外力に対抗して主に曲げ応力を発生させ平衡させることにより錘部材を変位させる帯状板ばねを用いているため、小型でかつ変位量が大い、従って小型で感度の高いばね構造とすることができ、小型かつ高感度の加速度センサを提供することができる。

## 【0017】

また、2つの第2の帯状板ばねの各々又は各第2の帯状板ばねの両端部に取り付けられた錘部材に固着されており、各第2の帯状板ばねのばね動作を抑制する帯状支持部材をさらに備えていることが好ましい。

20

## 【0018】

本発明によれば、さらに、ハウジング部材と、磁界発生錘部材と、ハウジング部材に支点が取り付けられたばね部材と、磁界発生錘部材に対向してハウジング部材に取り付けられている磁界検出センサとを備えており、ばね部材が、支点から偏位した位置で磁界発生錘部材を固着しており、外部から印加される力に対して曲げ応力を発生させて磁界発生錘部材を変位させる少なくとも1つの帯状板ばねを有している加速度センサが提供される。

## 【0019】

ばね部材として、外力に対抗して曲げ応力を発生させ平衡させることにより錘部材を変位させる帯状板ばねを用いているため、小型かつ高感度の加速度センサを提供することができる。もちろん、ばね部材や磁界発生錘部材の部分に電極を設ける必要がないため、配線構造が簡単となる。また、磁界発生錘部材からのバイアス磁界を受けるため、外部電界及び外部磁界の影響を受けにくい。

30

## 【0020】

ばね部材の少なくとも1つの帯状板ばねが2つの帯状板ばねからなり、各帯状板ばねが、一方の端部に支点を有すると共に他方の端部に磁界発生錘部材が取り付けられるように構成されていることが好ましい。

## 【0021】

ばね部材の少なくとも1つの帯状板ばねが、中央部に支点を有すると共に両方の端部に磁界発生錘部材がそれぞれ取り付けられるように構成された1つの帯状板ばねからなることも好ましい。

40

## 【0022】

磁界検出センサが磁化固定層及び磁化自由層を含みかつ磁化固定層が少なくとも1つの帯状板ばねの変位方向と平行な方向に磁化固定された少なくとも1対の多層構造MR素子を備えており、磁界発生錘部材が少なくとも1つの永久磁石を備えており、外部から力が印加されていない時に少なくとも1対の多層構造MR素子の積層面とほぼ垂直な方向に磁界が印加されるように構成されていることが好ましい。

## 【0023】

本発明によれば、さらに、ハウジング部材と、4つの磁界発生錘部材と、ハウジング部材に支点が取り付けられたばね部材と、4つの磁界発生錘部材のうちの少なくとも3つに対向してハウジング部材にそれぞれ取り付けられている少なくとも3つの磁界検出センサ

50

とを備えており、ばね部材が、中央部に支点を有する第1の帯状板ばねと、第1の帯状板ばねの両端に中央部がそれぞれ連結された2つの第2の帯状板ばねとを有しており、2つの第2の帯状板ばねの両端部に4つの磁界発生錘部材がそれぞれ取り付けられており、第1の帯状板ばねは外部から印加される力に対して曲げ応力又は捩り応力を発生させて磁界発生錘部材を変位させるように構成されており、第2の帯状板ばねは外部から印加される力に対して曲げ応力を発生させて磁界発生錘部材を変位させるように構成されている加速度センサが提供される。

【0024】

ここでは、ばね部材として、外力に対抗して主に曲げ応力を発生させ平衡させることにより錘部材を変位させる帯状板ばねを用いているため、小型かつ高感度の加速度センサを提供することができる。2つの第2の帯状板ばね又は帯状支持部材の4つの端部を同一形状にすれば、X、Y及びZの3軸の感度及び指向性が揃った加速度センサを提供することができる。もちろん、ばね部材や磁界発生錘部材の部分に電極を設ける必要がないため、配線構造が簡単となる。また、磁界検出センサは磁界発生錘部材からのバイアス磁界を受けるため、外部電界及び外部磁界の影響を受けにくい。

10

【0025】

また、磁界検出センサが磁化固定層及び磁化自由層を含みかつ磁化固定層が少なくとも1つの帯状板ばね又は帯状板ばねの変位方向と平行な方向に磁化固定された少なくとも1対の多層構造MR素子を備えており、磁界発生錘部材が少なくとも1つの永久磁石を備えており、外部から力が印加されていない時に少なくとも1対の多層構造MR素子の積層面とほぼ垂直な方向に磁界が印加されるように構成されていることが好ましい。磁化固定層が帯状板ばねの変位方向と平行な方向に磁化固定されているため、この方向へのバイアス磁界の変化のみがその多層構造MR素子によって検出されることとなるので、X軸方向及びY軸方向の加速度を独立して検出することが可能となる。また、磁界検出センサとして磁化固定層及び磁化自由層を含む多層構造MR素子、例えば、巨大磁気抵抗効果(GMR)素子又はトンネル磁気抵抗効果(TMR)素子を用いて磁化ベクトル検出を行なっているので、検出したい各方向における加速度の向き及び大きさを1つの磁界検出センサで検出することができる。従って、磁界検出センサ数が低減でき構造を非常に簡単化できるから、加速度センサを小型化することができる。さらに、GMR素子やTMR素子は磁気検出感度が非常に高いので、高感度の加速度検出を行なうことが可能となる。さらにまた、圧電素子型加速度センサや静電容量型加速度センサに比して低インピーダンスであるため、外乱の影響を受けにくい。

20

30

【0026】

2つの第2の帯状板ばねの各々又は各第2の帯状板ばねの両端部に取り付けられた2つの磁界発生錘部材に固着されており、各第2の帯状板ばねのばね動作を抑制する帯状支持部材をさらに備えていることが好ましい。

【0027】

少なくとも1つの永久磁石が、磁界検出センサに対向する面が互いに逆極性となるように並列配置された1対の永久磁石からなることも好ましい。

【0028】

少なくとも1対の多層構造MR素子が、1対の永久磁石にそれぞれ対向して配置されていることも好ましい。

40

【0029】

多層構造MR素子が、GMR素子又はTMR素子であることが好ましい。

【0030】

本発明によれば、さらにまた、上述した加速度センサを備えた磁気ディスクドライブ装置が提供される。

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、外力に対抗して曲げ応力を発生させ平衡させることにより錘部材を変

50

位させる帯状板ばねを用いているため、小型でかつ変位量が大きい、従って小型で感度の高いばね構造とすることができ、小型かつ高感度の加速度センサを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

図1は加速度センサを組み込んだ磁気ディスクドライブ装置の一例の全体構成を概略的に示す斜視図である。この磁気ディスクドライブ装置は、例えば2.5インチ、1.8インチ、1.3インチ又は1インチ以下の磁気ディスクを用いる超小型HDDであり、例えば携帯型パソコン、携帯電話、デジタルオーディオプレーヤ等の携帯機器に組み込まれるHDD又はそれ自体がストレージとして携帯されるHDD若しくはリムーバブルHDDである。

10

【0033】

同図は磁気ディスクドライブ装置の蓋を外した状態を示しており、10は動作時にスピンドルモータにより回転する磁気ディスク、10aは落下検出時に磁気ヘッドが移動するデータの書き込まれていない退避ゾーン、11は動作時に磁気ディスク10の表面に対向する磁気ヘッドを先端部に有するヘッドジンバルアセンブリ(HGA)、12は磁気ヘッドに電氣的に接続された配線部材であるフレキシブル回路(FPC)、13はHGA11を支持する支持アーム、14は支持アーム13を回転軸15を中心に回転させて位置決めするためのアクチュエータであるボイスコイルモータ(VCM)、16は落下検出時に支持アーム13の爪13aが乗り上げて磁気ヘッドを磁気ディスク表面から離れるための退避ランプ、17は回路基板18上に搭載された加速度センサをそれぞれ示している。

20

【0034】

図2は本発明の加速度センサの一実施形態における全体構成を概略的に示す分解斜視図であり、図3はハウジング部材の内部に設けられるばね部材、磁界発生錘部材及び磁界検出センサチップの構成を概略的に示す分解斜視図である。

【0035】

これらの図に示すように、本実施形態における加速度センサは、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の3軸加速度を検出するためのものであり、ハウジング部材20内に、第1の帯状板ばね21a、2つの第2の帯状板ばね21b及び21c並びに磁界発生錘部材を支持するための4つの錘支持部21d~21gを一体的に形成してなるばね部材21と、永久磁石の伸長方向を除いて寸法、形状及び重量等の構成が共に同じである4つの磁界発生錘部材22a~22dと、X軸Z軸用の第1の磁界検出センサチップ23と、X軸Z軸用の第2の磁界検出センサチップ24と、Y軸用の第3の磁界検出センサチップ25と、支点部材26とを収納するように構成されている。

30

【0036】

ハウジング部材20は、基板自体が例えばポリイミド又はBTレジン等の樹脂材料による平板形状の基板に配線パターン(図示なし)を設けることで形成された配線基板20aと、この配線基板20aを覆って密封する磁性金属材料によって形成されたカバー部材20bとから構成されている。本実施形態では、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の3軸加速度を、配線基板20aによる1平面上に搭載した3つの磁界検出センサチップ23~25で検出することが可能となる。

40

【0037】

ばね部材21は、例えばNiFeやNi等による薄膜金属板か、ステンレス鋼等の薄板か、又はポリイミド等による薄い樹脂板を、本実施形態では、図3に示すように形状加工することによって一体的に形成されている。

【0038】

第1の帯状板ばね21aは主ばねを構成しており、外部から印加される力に対して曲げ応力及び/又は捩り応力を発生させる。第1の帯状板ばね21aの中央部は支点を構成しており、この中央部は一端が配線基板20aに固着されている支点部材26の他端に固着されている。2つの第2の帯状板ばね21b及び21cは副ばねを構成しており、外部か

50

ら印加される力に対して曲げ応力のみを発生させる。これら第2の帯状板ばね21b及び21cは、中央部が第1の帯状板ばね21aの両端にそれぞれ一体的に連結されている。第2の帯状板ばね21b及び21cの両端は互いに同一形状の錘支持部21d～21gにそれぞれ一体的に連結されている。なお、錘支持部21d～21gは図では矩形であるが、円形であってもその他の形状であっても良い。

【0039】

磁界発生錘部材22a～22dは、ばね部材21の錘支持部21d～21gの一方の面（磁界センサチップに対向する面とは反対側の面）上にそれぞれ接着剤で固着されている。磁界発生錘部材22a～22dは、それぞれ、磁界発生用の1対の永久磁石22a<sub>1</sub>及び22a<sub>2</sub>、22b<sub>1</sub>及び22b<sub>2</sub>、22c<sub>1</sub>及び22c<sub>2</sub>、並びに22d<sub>1</sub>及び22d<sub>2</sub>から構成されている。

10

【0040】

X軸Z軸用の第1の磁界検出センサチップ23、X軸Z軸用の第2の磁界検出センサチップ24及びY軸用の第3の磁界検出センサチップ25は、4つの磁界発生錘部材22a～22dのうちの3つの磁界発生錘部材22a～22cにそれぞれ対向して、具体的には錘支持部21d～21fの他方の面にそれぞれ対向して、配線基板20a上に接着剤で固着されている。従って、磁界発生錘部材22a～22cは、加速度に応じて角度の変化する磁界を第1～第3の磁界検出センサチップ23～25にそれぞれ印加することとなる。なお、本実施形態では、磁界発生錘部材22dは、ばね部材21の平衡を保つことのみを目的として設けられている。

20

【0041】

1対の永久磁石22a<sub>1</sub>及び22a<sub>2</sub>は、X軸方向に互いに平行に伸長する直方体形状のフェライト材料で形成されており、X軸Z軸用の第1の磁界検出センサチップ23に対向している。これら1対の永久磁石22a<sub>1</sub>及び22a<sub>2</sub>は、第1の磁界検出センサチップ23に対向する面が互いに逆極性となるように配置されているおり、両者で閉磁路を構成している。後述するように、第1の磁界検出センサチップ23のスピバルブGMR素子がこの閉磁路内にその積層面とほぼ垂直な方向に磁界（バイアス磁界）が印加されるように配置される。

【0042】

1対の永久磁石22b<sub>1</sub>及び22b<sub>2</sub>は、X軸方向に互いに平行に伸長する直方体形状のフェライト材料で形成されており、X軸Z軸用の第2の磁界検出センサチップ24に対向している。これら1対の永久磁石22b<sub>1</sub>及び22b<sub>2</sub>は、第2の磁界検出センサチップ24に対向する面が互いに逆極性となるように配置されているおり、両者で閉磁路を構成している。後述するように、第2の磁界検出センサチップ24のスピバルブGMR素子がこの閉磁路内にその積層面とほぼ垂直な方向にバイアス磁界が印加されるように配置される。

30

【0043】

1対の永久磁石22c<sub>1</sub>及び22c<sub>2</sub>は、Y軸方向に互いに平行に伸長する直方体形状のフェライト材料で形成されており、Y軸用の第3の磁界検出センサチップ25に対向している。これら1対の永久磁石22c<sub>1</sub>及び22c<sub>2</sub>は、第3の磁界検出センサチップ25に対向する面が互いに逆極性となるように配置されているおり、両者で閉磁路を構成している。後述するように、第3の磁界検出センサチップ25のスピバルブGMR素子がこの閉磁路内にその積層面とほぼ垂直な方向にバイアス磁界が印加されるように配置される。

40

【0044】

図4は本実施形態の加速度センサにおける配線基板上の結線及び磁界検出センサチップの構成を概略的に示す図であり、図5は本実施形態の加速度センサにおける配線基板及び磁界検出センサチップの電氣的構成を概略的に示す回路図であり、図6は本実施形態の加速度センサにおける等価回路図である。

【0045】

50

これらの図に示すように、X軸Z軸方向の加速度を検出するための第1の磁界検出センサチップ23には、X軸方向と垂直な方向(Y軸方向)に沿った直線部分を有する4つ(2対)のスピバルブGMR素子23a、23b、23c及び23dが互いに平行に形成されている。スピバルブGMR素子23a及び23bは対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極 $T_{VCC}$ 及び $T_{VDD}$ にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子 $T_{X1}$ に接続されている。スピバルブGMR素子23c及び23dも対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極 $T_{VCC}$ 及び $T_{VDD}$ にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子 $T_{Z1}$ に接続されている。

【0046】

スピバルブGMR素子23a、23b、23c及び23dの各々は、基本的には、反強磁性材料によるピン層及び強磁性材料によるピンド層からなる磁化固定層と、非磁性中間層と、強磁性材料による磁化自由層(フリー層)とを積層した多層構造を有しており、ピンド層がフリー層の延在方向と垂直な同一方向に磁化固定されている。即ち、これらスピバルブGMR素子23a、23b、23c及び23dのピンド層は、全てX軸方向の同一向きに磁化固定されている。

【0047】

図7はスピバルブGMR素子の積層面への印加磁界角度に対するMR抵抗変化特性を表す図である。同図において、横軸は印加磁界のフリー層の延在方向(磁化固定方向と垂直な方向)となす角度( $^{\circ}$ )、縦軸はMR抵抗( )をそれぞれ表している。同図から分かるように、MR抵抗はバイアス磁界が $90^{\circ}$ 近傍で僅かに変化しても大きく変化する。バイアス磁界の微小角度の変化は $90 \pm$  であるから、磁界発生錘部材の、従って1対の永久磁石の僅かな傾きが抵抗変化として取り出され、しかも、磁化ベクトルとして、大きさのみならずその正負の方向も取り出せることとなる。

【0048】

互いに直列接続された対となるスピバルブGMR素子23a及び23bのピンド層が同一方向に磁化固定されるのは、対となるスピバルブGMR素子の各々に印加されるバイアス磁界が互いにほぼ逆方向であるためである。即ち、図5に示すように、1対の永久磁石 $22a_1$ 及び $22a_2$ によって閉磁路が構成されており、対となるスピバルブGMR素子23a及び23bが、閉磁路の逆方向磁界が流れる磁路内に配置されているからバイアス磁界が互いにほぼ逆方向となるのである。互いに直列接続された対となるスピバルブGMR素子23c及び23dについても同様である。この場合、閉磁路を構成する磁気回路の中心が、対となるスピバルブGMR素子間の中心線上に位置していることとなる。

【0049】

このように、互いにほぼ逆方向のバイアス磁界が印加されることにより、対をなすスピバルブGMR素子23a及び23b並びに23c及び23dのピンド層の磁化固定方向が同一方向となるので、これら対をなす4つのスピバルブGMR素子を1つのチップ内に形成することができ、その結果、加速度センサ全体のさらなる小型化を図ることが可能となる。

【0050】

X軸Z軸方向の加速度を検出するための第2の磁界検出センサチップ24にも、X軸方向と垂直な方向(Y軸方向)に沿った直線部分を有する4つ(2対)のスピバルブGMR素子24a、24b、24c及び24dが互いに平行に形成されている。スピバルブGMR素子24b及び24aは対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極 $T_{VCC}$ 及び $T_{VDD}$ にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子 $T_{X2}$ に接続されている。スピバルブGMR素子24c及び24dも対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極 $T_{VCC}$ 及び $T_{VDD}$ にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子 $T_{Z2}$ に接続されている。

【0051】

10

20

30

40

50

スピンバルブGMR素子24a、24b、24c及び24dの各々は、基本的には、反強磁性材料によるピン層及び強磁性材料によるピンド層からなる磁化固定層と、非磁性中間層と、強磁性材料による磁化自由層（フリー層）とを積層した多層構造を有しており、ピンド層がフリー層の延在方向と垂直な同一方向に磁化固定されている。即ち、これらスピンバルブGMR素子24a、24b、24c及び24dのピンド層は、全てX軸方向の同一向きに磁化固定されている。

【0052】

互いに直列接続された対となるスピンバルブGMR素子24a及び24bのピンド層が同一方向に磁化固定されるのは、対となるスピンバルブGMR素子の各々に印加されるバイアス磁界が互いにほぼ逆方向であるためである。即ち、図5に示すように、1対の永久磁石22b<sub>1</sub>及び22b<sub>2</sub>によって閉磁路が構成されており、対となるスピンバルブGMR素子24a及び24bが、閉磁路の逆方向磁界が流れる磁路内に配置されているからバイアス磁界が互いにほぼ逆方向となるのである。互いに直列接続された対となるスピンバルブGMR素子24c及び24dについても同様である。この場合、閉磁路を構成する磁気回路の中心が、対となるスピンバルブGMR素子間の中心線上に位置していることとなる。

10

【0053】

このように、互いにほぼ逆方向のバイアス磁界が印加されることにより、対をなすスピンバルブGMR素子24a及び24b並びに24c及び24dのピンド層の磁化固定方向が同一方向となるので、これら対をなす4つのスピンバルブGMR素子を1つのチップ内に形成することができ、その結果、加速度センサ全体のさらなる小型化を図ることが可能となる。

20

【0054】

Y軸方向の加速度を検出するための第3の磁界検出センサチップ25には、Y軸方向と垂直な方向（X軸方向）に沿った直線部分を有する4つ（2対）のスピンバルブGMR素子25a、25b、25c及び25dが互いに平行に形成されている。スピンバルブGMR素子25a及び25bは対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極T<sub>VCC</sub>及びT<sub>VDD</sub>にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子T<sub>Y1</sub>接続されている。スピンバルブGMR素子25c及び25dも対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極T<sub>VCC</sub>及びT<sub>VDD</sub>にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子T<sub>Y2</sub>接続されている。

30

【0055】

スピンバルブGMR素子25a、25b、25c及び25dの各々は、基本的には、反強磁性材料によるピン層及び強磁性材料によるピンド層からなる磁化固定層と、非磁性中間層と、強磁性材料による磁化自由層（フリー層）とを積層した多層構造を有しており、ピンド層がフリー層の延在方向と垂直な同一方向に磁化固定されている。即ち、これらスピンバルブGMR素子25a、25b、25c及び25dのピンド層は、全てY軸方向の同一向きに磁化固定されている。

【0056】

互いに直列接続された対となるスピンバルブGMR素子25a及び25bのピンド層が同一方向に磁化固定されるのは、対となるスピンバルブGMR素子の各々に印加されるバイアス磁界が互いにほぼ逆方向であるためである。即ち、図5に示すように、1対の永久磁石22c<sub>1</sub>及び22c<sub>2</sub>によって閉磁路が構成されており、対となるスピンバルブGMR素子25a及び25bが、閉磁路の逆方向磁界が流れる磁路内に配置されているからバイアス磁界が互いにほぼ逆方向となるのである。互いに直列接続された対となるスピンバルブGMR素子25c及び25dについても同様である。この場合、閉磁路を構成する磁気回路の中心が、対となるスピンバルブGMR素子間の中心線上に位置していることとなる。

40

【0057】

このように、互いにほぼ逆方向のバイアス磁界が印加されることにより、対をなすスピ

50

ンバルブGMR素子25a及び25b並びに25c及び25dのピンド層の磁化固定方向が同一方向となるので、これら対をなす4つのスピンバルブGMR素子を1つのチップ内に形成することができ、その結果、加速度センサ全体のさらなる小型化を図ることが可能となる。

【0058】

第1の磁界検出センサチップ23のスピンバルブGMR素子23a及び23b間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{x1}$ から第1のX軸方向加速度信号 $V_{x1}$ が取り出される。また、第2の磁界検出センサチップ24のスピンバルブGMR素子24b及び24a間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{x2}$ から第2のX軸方向加速度信号 $V_{x2}$ が取り出される。従って、これらスピンバルブGMR素子23a及び23b並びにスピンバルブGMR素子24b及び24aは、図6(A)に示すようにフルブリッジ接続されていることとなり、信号出力端子 $T_{x1}$ 及び信号出力端子 $T_{x2}$ からの信号 $V_{x1}$ 及び $V_{x2}$ が差動増幅されてX軸方向の加速度信号となる。このX軸方向の加速度信号は、印加される加速度の方向によって、磁界発生錘部材22a(従って永久磁石22a<sub>1</sub>及び22a<sub>2</sub>)と磁界発生錘部材22b(従って永久磁石22b<sub>1</sub>及び22b<sub>2</sub>)とがZ軸の互いに反対方向に変位した際にのみ出力され、共に同じ方向に変位した際には第1のX軸方向加速度信号 $V_{x1}$ 及び第2のX軸方向加速度信号 $V_{x2}$ が互いに打ち消し合って出力されない。

10

【0059】

第1の磁界検出センサチップ23のスピンバルブGMR素子23c及び23d間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{z1}$ から第1のZ軸方向加速度信号 $V_{z1}$ が取り出される。また、第2の磁界検出センサチップ24のスピンバルブGMR素子24c及び24d間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{z2}$ から第2のZ軸方向加速度信号 $V_{z2}$ が取り出される。従って、これらスピンバルブGMR素子23c及び23d並びにスピンバルブGMR素子24c及び24dは、図6(B)に示すようにフルブリッジ接続されていることとなり、信号出力端子 $T_{z1}$ 及び信号出力端子 $T_{z2}$ からの信号 $V_{z1}$ 及び $V_{z2}$ が差動増幅されてZ軸方向の加速度信号となる。このZ軸方向の加速度信号は、印加される加速度によって、磁界発生錘部材22a(従って永久磁石22a<sub>1</sub>及び22a<sub>2</sub>)と磁界発生錘部材22b(従って永久磁石22b<sub>1</sub>及び22b<sub>2</sub>)とがZ軸の共に同じ方向に変位した際にのみ出力され、互いに反対方向に変位した際には第1のZ軸方向加速度信号 $V_{z1}$ 及び第2のZ軸方向加速度信号 $V_{z2}$ が互いに打ち消し合って出力されない。

20

30

【0060】

第3の磁界検出センサチップ25のスピンバルブGMR素子25b及び25a間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{y1}$ から第1のY軸方向加速度信号 $V_{y1}$ が取り出され、スピンバルブGMR素子25c及び25d間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{y2}$ から第2のY軸方向加速度信号 $V_{y2}$ が取り出される。従って、この第3の磁界検出センサチップ25のスピンバルブGMR素子25a~25dは、図6(C)に示すようにフルブリッジ接続されていることとなり、信号出力端子 $T_{y1}$ 及び信号出力端子 $T_{y2}$ からの信号 $V_{y1}$ 及び $V_{y2}$ が差動増幅されてY軸方向の加速度信号となる。このY軸方向の加速度信号は、印加される加速度によって、磁界発生錘部材22c(従って永久磁石22c<sub>1</sub>及び22c<sub>2</sub>)がZ軸方向に変位した際に出力される。

40

【0061】

次に、本実施形態におけるばね部材21についてより詳細に説明する。

【0062】

図8は本発明のばね部材における帯状板ばねの基本的な動作を説明する図である。

【0063】

同図(A)は外力が印加されていない場合であり、80は帯状板ばね、81はその一方の端に位置する曲げ中心又は支点、82は曲げ中心81から偏位した位置である、帯状板

50

ばね 80 の他方の端部の一面に固着された錘部材をそれぞれ示している。以下の説明のために、帯状板ばね 80 の面と垂直な方向を曲げ方向、帯状板ばね 80 の縦方向を長さ方向と定義する。

【 0064 】

同図 ( B ) に示すように曲げ方向に外力が印加された場合及び同図 ( C ) に示すように長さ方向に外力が印加された場合のいずれにも、帯状板ばね 80 は曲げ応力を発生させ、その端部及び錘部材 82 は曲げ方向に変位する。

【 0065 】

図 9 は図 8 に示した帯状板ばねが曲げ中心から両側に 2 つ展開した構成の帯状板ばね、換言すれば、中央部に支点 91 を有し、両端部に錘部材 92 a 及び 92 b が取り付けられた帯状板ばね 90 の動作を説明する図である。

10

【 0066 】

同図 ( A ) は曲げ方向に外力  $F_z$  が印加された場合であり、この場合に帯状板ばね 90 の両端部及び錘部材 92 a 及び 92 b は共に同一の曲げ方向に変位する。一方、同図 ( B ) は長さ方向に外力  $F_x$  が印加された場合であり、この場合に帯状板ばね 90 の両端部及び錘部材 92 a 及び 92 b は互いに反対の曲げ方向に変位する。ここで、同図 ( A ) の外力  $F_z$  と同図 ( B ) の外力  $F_x$  とが、 $|F_z| = |F_x|$  の場合には、錘部材 92 a 及び 92 b の変位量は等しくなる。錘部材 92 a 及び 92 b の変位量は、錘部材 92 a 及び 92 b の変位角 に比例する。錘部材を磁界を発生する永久磁石とすれば、スピナルブ GMR 素子は、この変位角 を検出して印加される外力を検出することができる。

20

【 0067 】

図 10 は本実施形態におけるばね部材の動作を説明するための図である。ただし、図 10 では、磁界発生錘部材 22 c 及び 22 d の伸長方向が本実施形態と異なって表されているが、ばね部材としての動作は同じである。

【 0068 】

同図 ( A ) に示すように、X 軸方向の外力  $F_x$  が印加されると、主ばねである第 1 の帯状板ばね 21 a 及び副ばねである第 2 の帯状板ばね 21 b 及び 21 c が共に曲げ応力を発生させ、平衡が保たれる位置まで主ばねの曲げ方向に変位する。この場合、磁界発生錘部材 22 a 及び 22 c と磁界発生錘部材 22 b 及び 22 d との変位方向は互いに逆方向である。同図 ( B ) に示すように、Z 軸方向の外力  $F_z$  が印加されると、主ばねである第 1 の帯状板ばね 21 a 及び副ばねである第 2 の帯状板ばね 21 b 及び 21 c が共に曲げ応力を発生させ、平衡が保たれる位置まで主ばねの曲げ方向に変位する。ただし、この場合、磁界発生錘部材 22 a 及び 22 c と磁界発生錘部材 22 b 及び 22 d との変位方向は共に同じ方向である。さらに、同図 ( C ) に示すように、Y 軸方向の外力  $F_y$  が印加されると、主ばねである第 1 の帯状板ばね 21 a はその長さ方向の中心を軸として回転する捩れ応力を発生させ、副ばねである第 2 の帯状板ばね 21 b 及び 21 c は曲げ応力を発生させ、平衡が保たれる位置まで主ばねの長さ方向の中心を軸とした回転方向に変位する。この場合、磁界発生錘部材 22 a 及び 22 b と磁界発生錘部材 22 c 及び 22 d との変位方向は互いに逆方向である。

30

【 0069 】

X 軸方向の外力  $F_x$  が印加され、磁界発生錘部材 22 a 及び 22 c 並びに磁界発生錘部材 22 b 及び 22 d が上述のごとく主ばねの曲げ方向に変位すると、スピナルブ GMR 素子 23 a 及び 23 b 並びに 24 b 及び 24 a に印加されるバイアス磁界の角度がこれに伴って同じ方向に変化し、第 1 の X 軸方向加速度信号  $V_{x1}$  及び第 2 の X 軸方向加速度信号  $V_{x2}$  を加算した差動出力が得られ、これが X 軸方向の加速度信号となる。この場合、第 1 の Z 軸方向加速度信号  $V_{z1}$  及び第 2 の Z 軸方向加速度信号  $V_{z2}$  が互いに打ち消し合い、Z 軸方向の加速度信号は出力されない。また、この場合、バイアス磁界の角度がスピナルブ GMR 素子 25 d、25 b、25 c 及び 25 a のフリー層の延在方向に沿って変化するため、第 1 の Y 軸方向加速度信号  $V_{y1}$  及び第 2 の Y 軸方向加速度信号  $V_{y2}$  は出力されず、従って Y 軸方向の加速度信号は出力されない。

40

50

## 【 0 0 7 0 】

Z軸方向の外力 $F_z$ が印加され、磁界発生錘部材22a及び22c並びに磁界発生錘部材22b及び22dが上述のごとく主ばねの曲げ方向に変位すると、スピバルブGMR素子23c及び23d並びに24c及び24dに印加されるバイアス磁界の角度がこれに伴って反対方向に変化し、第1のZ軸方向加速度信号 $V_{z1}$ 及び第2のZ軸方向加速度信号 $V_{z2}$ を加算した差動出力が得られ、これがZ軸方向の加速度信号となる。この場合、第1のX軸方向加速度信号 $V_{x1}$ 及び第2のX軸方向加速度信号 $V_{x2}$ が互いに打ち消し合い、X軸方向の加速度信号は出力されない。また、この場合、バイアス磁界の角度がスピバルブGMR素子25d、25b、25c及び25aのフリー層の延在方向に沿って変化するため、第1のY軸方向加速度信号 $V_{y1}$ 及び第2のY軸方向加速度信号 $V_{y2}$ は出力されず、従ってY軸方向の加速度信号は出力されない。

10

## 【 0 0 7 1 】

Y軸方向の外力 $F_y$ が印加され、磁界発生錘部材22a及び22c並びに磁界発生錘部材22b及び22dが上述のごとく主ばねの長さ方向の中心を軸とした回転方向に変位すると、スピバルブGMR素子25d、25b、25c及び25aに印加されるバイアス磁界の角度がこれに伴って同じ方向に変化し、第1のY軸方向加速度信号 $V_{y1}$ 及び第2のY軸方向加速度信号 $V_{y2}$ を加算した差動出力が得られ、これがY軸方向の加速度信号となる。また、この場合、バイアス磁界の角度がスピバルブGMR素子23a~23d及び24a~24dのフリー層の延在方向に沿って変化するため、第1のX軸方向加速度信号 $V_{x1}$ 及び第2のX軸方向加速度信号 $V_{x2}$ 並びに第1のZ軸方向加速度信号 $V_{z1}$ 及び第2のZ軸方向加速度信号 $V_{z2}$ は出力されず、従ってX軸方向及びZ軸方向の加速度信号は出力されない。

20

## 【 0 0 7 2 】

以上説明したように、本実施形態によれば、主ばねである第1の帯状板ばね21a及び副ばねである第2の帯状板ばね21b及び21cが共に曲げ応力を発生させ、平衡が保たれる位置まで変位するように構成されているため、小型でかつ変位量が大きい、従って小型で感度の高いばね構造とすることができ、小型かつ高感度の加速度センサを提供することができる。

## 【 0 0 7 3 】

ばね部材の4つの端部の構造を同一形状とすることができるため、検出したい各方向(X軸方向、Y軸方向、Z軸方向)の感度、感度指向性が揃った加速度センサを提供することができる。

30

## 【 0 0 7 4 】

さらに本実施形態によれば、中央に支点を有し両端部に磁界発生錘部材をそれぞれ固着した第1の帯状板ばね21aの曲げ動作を利用すると共に、第1の磁界検出センサチップ23の一部出力 $V_{x1}$ 又は $V_{z1}$ と第2の磁界検出センサチップ24の一部出力 $V_{x2}$ 又は $V_{z2}$ との差動出力を取り出すようにしているので、X軸方向及びZ軸方向の加速度成分を確実に分離して正確に検出することができる。また、第1の帯状板ばね21aの振り動作を利用すると共に、第3の磁界検出センサチップ25の磁界検出方向を工夫しているので、Y軸方向の加速度成分を確実に分離して正確に検出することができる。

40

## 【 0 0 7 5 】

また、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向における加速度の向き及び大きさを3つの磁界検出センサチップで検出できるので、磁界検出センサチップ数が低減でき構造を非常に簡便化でき、加速度センサ全体を小型化することができる。また、スピバルブGMR素子は磁気検出感度が非常に高いので、高感度の加速度検出を行なうことが可能となる。

## 【 0 0 7 6 】

さらに、各磁界検出センサチップにおいて、互いにほぼ逆方向のバイアス磁界が印加されるため、対をなすスピバルブGMR素子のピン層の磁化固定方向が同一方向となりこれら対をなす4つのスピバルブGMR素子を1つのチップ内に形成することができる。その結果、加速度センサ全体のさらなる小型化を図ることが可能となる。

50

## 【0077】

さらにまた、本実施形態によれば、対となる2つの永久磁石によって、広い範囲に分布した垂直方向の磁界による閉磁路が形成され、スピバルブGMR素子がこの閉磁路中に配置されるため、必要最小限の磁界しか閉磁路から外部へ漏れず、漏れ磁界が少なくなるから十分に大きなバイアス磁界が印加されることとなり、永久磁石が小型となった場合にも、加速度の検出感度が安定してかつ高くなり、しかも外部電界及び外部磁界の影響を受けにくくなる。

## 【0078】

本実施形態によれば、さらに、ばね部材や磁界発生錘部材の部分に電極を設ける必要がないため、配線構造が簡単となる。また、圧電素子型加速度センサや静電容量型加速度センサに比して低インピーダンスであるため、外乱の影響も受けにくい。

10

## 【0079】

図11は本発明の加速度センサの他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材を除く構成は図2の実施形態の場合と同様である。従って、図11において、図2の実施形態と同じ構成要素については同じ参照番号を使用する。

## 【0080】

本実施形態におけるばね部材の構成は、図2の実施形態の場合と同じである。異なっているのは、磁界発生錘部材22a~22dが、第2の帯状板ばね21b及び21cの両端部に設けられた錘支持部の磁界検出センサチップ側の面上、即ち図2の実施形態とは反対側の面上、にそれぞれ固着されている点にある。4つの磁界発生錘部材はばね部材のどちら側の面に取り付けても良い。

20

## 【0081】

本実施形態のばね部材及び磁界発生錘部材のその他の構成、さらに本実施形態の動作、作用効果等は図2の実施形態の場合と同様である。

## 【0082】

図12は本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材を除く構成は図2の実施形態の場合と同様である。従って、図12において、図2の実施形態と同じ構成要素については同じ参照番号を使用する。

30

## 【0083】

本実施形態におけるばね部材の構成は、図2の実施形態の場合と同じである。異なっているのは、磁界発生錘部材22a、22b、22c及び22dが、第2の帯状板ばね21b及び21cの両端部に設けられた錘支持部の磁界検出センサチップ側の面上、即ち図2の実施形態とは反対側の面上、にそれぞれ固着されている点と、磁界発生錘部材22c及び22dの伸長方向が、異なっている点とにある。4つの磁界発生錘部材はばね部材のどちら側の面に取り付けても良い。また、第2の帯状板ばね21b及び21cの両端部にそれぞれ設けられる4つの磁界発生錘部材は方向、形状が互いに異なっても重量的にバランスしていれば良い。

## 【0084】

本実施形態のばね部材及び磁界発生錘部材のその他の構成、さらに本実施形態の動作、作用効果等は図2の実施形態の場合と同様である。

40

## 【0085】

図13は本発明の加速度センサのまたさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材を除く構成は図2の実施形態の場合と同様である。従って、図13において、図2の実施形態と同じ構成要素については同じ参照番号を使用する。

## 【0086】

本実施形態におけるばね部材の構成は、図2の実施形態の場合と同じである。異なっているのは、磁界発生錘部材22a~22dが、第2の帯状板ばね21b及び21cの両端

50

部に設けられた錘支持部の磁界検出センサチップ側の面上、即ち図2の実施形態とは反対側の面上、にそれぞれ固着されている点と、磁界発生錘部材22a及び22c並びに磁界発生錘部材22b及び22dが剛性を有する带状支持部材130a及び130bによってそれぞれ連結されている点とにある。4つの磁界発生錘部材はばね部材のどちら側の面に取り付けても良い。带状支持部材130a及び130bが固着されていることにより、第2の带状板ばね21b及び21cはばね動作せず、第1の带状板ばね21aのみがばね動作することになる。外部から印加される力に対して、第1の带状板ばね21aは曲げ応力及び捩り応力を発生させ、磁界発生錘部材22a~22dを変位させる。

【0087】

本実施形態のばね部材及び磁界発生錘部材のその他の構成、さらに本実施形態の動作、作用効果等は図2の実施形態の場合と同様である。

10

【0088】

図14は本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材を除く構成は図2の実施形態の場合と同様である。従って、図14において、図2の実施形態と同じ構成要素については同じ参照番号を使用する。

【0089】

本実施形態におけるばね部材の構成は、図2の実施形態の場合と同じである。異なっているのは、磁界発生錘部材22c及び22dの伸長方向が異なっている点と、磁界発生錘部材22a及び22c並びに磁界発生錘部材22b及び22dが剛性を有する带状支持部材130a及び130bによってそれぞれ連結されている点とにある。第2の带状板ばね21b及び21cの両端部にそれぞれ設けられる4つの磁界発生錘部材は方向、形状が互いに異なっても重量的にバランスしていれば良い。带状支持部材130a及び130bが固着されていることにより、第2の带状板ばね21b及び21cはばね動作せず、第1の带状板ばね21aのみがばね動作することになる。外部から印加される力に対して、第1の带状板ばね21aは曲げ応力及び捩り応力を発生させ、磁界発生錘部材22a、22b、22c及び22dを変位させる。

20

【0090】

本実施形態のばね部材及び磁界発生錘部材のその他の構成、さらに本実施形態の動作、作用効果等は図2の実施形態の場合と同様である。

30

【0091】

図15は本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材を除く構成は図2の実施形態の場合と同様である。従って、図15において、図2の実施形態と同じ構成要素については同じ参照番号を使用する。

【0092】

本実施形態におけるばね部材の構成は、図2の実施形態の場合と同じである。異なっているのは、磁界発生錘部材22c及び22dの伸長方向が異なっている点と、第2の带状板ばね21b及び21c上に剛性を有する带状支持部材130a及び130bが固着されており、その上に磁界発生錘部材が固着され、これら磁界発生錘部材22a及び22c並びに磁界発生錘部材22b及び22dが带状支持部材130a及び130bによってそれぞれ連結されている点とにある。第2の带状板ばね21b及び21cの両端部にそれぞれ設けられる4つの磁界発生錘部材は方向、形状が互いに異なっても重量的にバランスしていれば良い。重量バランスが崩れなければ、带状支持部材130a及び130bを磁界発生錘部材の上下左右のどの位置に設けても良い。带状支持部材130a及び130bが固着されていることにより、第2の带状板ばね21b及び21cはばね動作せず、第1の带状板ばね21aのみがばね動作することになる。外部から印加される力に対して、第1の带状板ばね21aは曲げ応力及び捩り応力を発生させ、磁界発生錘部材22a、22b、22c及び22dを変位させる。

40

【0093】

50

本実施形態のばね部材及び磁界発生錘部材のその他の構成、さらに本実施形態の動作、作用効果等は図2の実施形態の場合と同様である。

【0094】

図16は本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材を除く構成は図2の実施形態の場合と同様である。従って、図16において、図2の実施形態と同じ構成要素については同じ参照番号を使用する。

【0095】

本実施形態におけるばね部材の構成は、図2の実施形態の場合と同じである。異なっているのは、磁界発生錘部材が2つの磁界発生錘部材162a及び162bからなる点と、これら磁界発生錘部材162a及び162bが第2の帯状板ばね21b及び21cにそれぞれ一体的に固着されている点とにある。磁界発生錘部材162a及び162bが一体的に固着されていることにより、第2の帯状板ばね21b及び21cはばね動作せず、第1の帯状板ばね21aのみがばね動作することになる。外部から印加される力に対して、第1の帯状板ばね21aは曲げ応力及び捩り応力を発生させ、磁界発生錘部材162a及び162bを変位させる。磁界発生錘部材162a及び162bの各々は、図2の実施形態に示したような4対の永久磁石と、これら永久磁石を内蔵する錘部材とから構成される。

【0096】

本実施形態のばね部材及び磁界発生錘部材のその他の構成、さらに本実施形態の動作、作用効果等は図2の実施形態の場合と同様である。

【0097】

図17は本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態におけるばね部材、磁界発生錘部材及び支点部材を除く構成は図2の実施形態の場合と同様である。従って、図17において、図2の実施形態と同じ構成要素については同じ参照番号を使用する。

【0098】

本実施形態においては、主ばねを構成しており、外部から印加される力に対して曲げ応力及び/又は捩り応力を発生させる第1の帯状板ばねが、2つに分割された第1の帯状板ばね171a<sub>1</sub>及び171a<sub>2</sub>から構成されている。さらに、第1の帯状板ばね171a<sub>1</sub>及び171a<sub>2</sub>の一端が支点を構成しており、この一端は一端が配線基板に固着されている支点部材176a及び176bの他端にそれぞれ固着されている。副ばねを構成しており、外部から印加される力に対して曲げ応力のみを発生させる2つの第2の帯状板ばね171b及び171cの中央部が第1の帯状板ばね171a<sub>1</sub>及び171a<sub>2</sub>の他端にそれぞれ一体的に連結されている。第2の帯状板ばね171b及び171cの両端部には、磁界発生錘部材22a、22b、22c及び22dが固着されている。さらに、本実施形態においては、磁界発生錘部材22a、22b、22c及び22dが第2の帯状板ばね21b及び21cの両端部に設けられた錘支持部の磁界検出センサチップ側の面上、即ち図2の実施形態とは反対側の面上、にそれぞれ固着されており、磁界発生錘部材22c及び22dの伸長方向が図2の実施形態の場合と異なっている。本実施形態のばね部材のように、主ばねが2分割されていても、図2の実施形態の場合と同様の機能を得ることができる。また、4つの磁界発生錘部材は、ばね部材のどちら側の面に取り付けても良い。さらに、第2の帯状板ばね171b及び171cの両端部にそれぞれ設けられる4つの磁界発生錘部材は方向、形状が互いに異なっても重量的にバランスしていれば良い。

【0099】

本実施形態のばね部材及び磁界発生錘部材のその他の構成、さらに本実施形態の動作、作用効果等は図2の実施形態の場合と同様である。

【0100】

図18は本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態におけるばね部材、磁界発生錘部材

10

20

30

40

50

及び支点部材を除く構成は図2の実施形態の場合と同様である。従って、図18において、図2の実施形態と同じ構成要素については同じ参照番号を使用する。

#### 【0101】

本実施形態においては、主ばねを構成しており、外部から印加される力に対して曲げ応力及び/又は捩り応力を発生させる第1の帯状板ばねが、2つに分割された第1の帯状板ばね171a<sub>1</sub>及び171a<sub>2</sub>から構成されている。さらに、第1の帯状板ばね171a<sub>1</sub>及び171a<sub>2</sub>の一端が支点を構成しており、この一端は一端が配線基板に固着されている支点部材176a及び176bの他端にそれぞれ固着されている。副ばねを構成しており、外部から印加される力に対して曲げ応力のみを発生させる2つの第2の帯状板ばね171b及び171cの中央部が第1の帯状板ばね171a<sub>1</sub>及び171a<sub>2</sub>の他端にそれぞれ一体的に連結されている。第2の帯状板ばね171b及び171cの両端部には、磁界発生錘部材22a、22b、22c及び22dが固着されている。さらに、本実施形態においては、磁界発生錘部材22a及び22c並びに磁界発生錘部材22b及び22dが剛性を有する帯状支持部材180a及び180bによってそれぞれ連結されており、磁界発生錘部材22c及び22dの伸長方向が図2の実施形態の場合と異なっている。本実施形態のばね部材のように、主ばねが2分割されていても、図2の実施形態の場合と同様の機能を得ることができる。また、帯状支持部材180a及び180bが固着されていることにより、第2の帯状板ばね171b及び171cはばね動作せず、第1の帯状板ばね171a<sub>1</sub>及び171a<sub>2</sub>のみがばね動作することになる。外部から印加される力に対して、第1の帯状板ばね171a<sub>1</sub>及び171a<sub>2</sub>は曲げ応力及び捩り応力を発生させ、磁界発生錘部材22a、22b、22c及び22dを変位させる。さらに、第2の帯状板ばね171b及び171cの両端部にそれぞれ設けられる4つの磁界発生錘部材は方向、形状が互いに異なっても重量的にバランスしていれば良い。

#### 【0102】

本実施形態のばね部材及び磁界発生錘部材のその他の構成、さらに本実施形態の動作、作用効果等は図2の実施形態の場合と同様である。

#### 【0103】

図19は本発明の加速度センサのまたさらに他の実施形態における全体構成を概略的に示す分解斜視図であり、図20はハウジング部材の内部に設けられるばね部材、磁界発生錘部材及び磁界検出センサチップの構成を概略的に示す分解斜視図である。

#### 【0104】

これらの図に示すように、本実施形態における加速度センサは、X軸方向及びZ軸方向又はY軸方向及びZ軸方向の2軸加速度を検出するためのものである。ただし、以下の説明では、X軸方向及びZ軸方向の2軸加速度を検出するためのものであるとする。

#### 【0105】

この加速度センサは、ハウジング部材190内に、帯状板ばね191a、及び磁界発生錘部材を支持するための2つの錘支持部191b及び191cを一体的に形成してなるばね部材191と、寸法、形状及び重量等の構成が同じである2つの磁界発生錘部材192a及び192bと、X軸Z軸用の第1の磁界検出センサチップ193と、X軸Z軸用の第2の磁界検出センサチップ194と、支点部材196とを収納するように構成されている。

#### 【0106】

ハウジング部材190は、基板自体が例えばポリイミド又はBTレジン等の樹脂材料による平板形状の基板に配線パターン(図示なし)を設けることで形成された配線基板190aと、この配線基板190aを覆って密封する磁性金属材料によって形成されたカバー部材190bとから構成されている。本実施形態では、X軸方向及びZ軸方向の2軸加速度を、配線基板190aによる1平面上に搭載した2つの磁界検出センサチップ193及び194で検出することが可能となる。

#### 【0107】

ばね部材21は、例えばNiFeやNi等による薄膜金属板か、ステンレス鋼等の薄板

か、又はポリイミド等による薄い樹脂板を、本実施形態では、図20に示すように形状加工することによって一体的に形成されている。

【0108】

帯状板ばね191aは、外部から印加される力に対して曲げ応力を発生させる。この帯状板ばね191aの中央部は支点を構成しており、この中央部は一端がカバー部材190bに固着されている支点部材196の他端に固着されている。帯状板ばね191aの両端は互いに同一形状の錘支持部191b及び191cにそれぞれ一体的に連結されている。なお、錘支持部191b及び191cは図では矩形であるが、円形であってもその他の形状であっても良い。

【0109】

磁界発生錘部材192a及び192bは、ばね部材191の錘支持部191b及び191cの一方の面上にそれぞれ接着剤で固着されている。磁界発生錘部材192a及び192bは、それぞれ、磁界発生用の1対の永久磁石192a<sub>1</sub>及び192a<sub>2</sub>並びに192b<sub>1</sub>及び192b<sub>2</sub>から構成されている。

【0110】

X軸Z軸用の第1の磁界検出センサチップ193及び第2の磁界検出センサチップ194は、2つの磁界発生錘部材192a及び192bにそれぞれ対向して、配線基板190a上に接着剤で固着されている。従って、磁界発生錘部材192a及び192bは、加速度に応じて角度の変化する磁界を第1及び第2の磁界検出センサチップ193及び194にそれぞれ印加することとなる。

【0111】

1対の永久磁石192a<sub>1</sub>及び192a<sub>2</sub>は、X軸方向に互いに平行に伸長する直方体形状のフェライト材料で形成されており、X軸Z軸用の第1の磁界検出センサチップ193に対向している。これら1対の永久磁石192a<sub>1</sub>及び192a<sub>2</sub>は、第1の磁界検出センサチップ193に対向する面が互いに逆極性となるように配置されているおり、両者で閉磁路を構成している。後述するように、第1の磁界検出センサチップ193のスピナルブGMR素子がこの閉磁路内にその積層面とほぼ垂直な方向に磁界(バイアス磁界)が印加されるように配置される。

【0112】

1対の永久磁石192b<sub>1</sub>及び192b<sub>2</sub>は、X軸方向に互いに平行に伸長する直方体形状のフェライト材料で形成されており、X軸Z軸用の第2の磁界検出センサチップ194に対向している。これら1対の永久磁石192b<sub>1</sub>及び192b<sub>2</sub>は、第2の磁界検出センサチップ194に対向する面が互いに逆極性となるように配置されているおり、両者で閉磁路を構成している。後述するように、第2の磁界検出センサチップ194のスピナルブGMR素子がこの閉磁路内にその積層面とほぼ垂直な方向にバイアス磁界が印加されるように配置される。

【0113】

図21は本実施形態の加速度センサにおける配線基板上の結線及び磁界検出センサチップの構成を概略的に示す図であり、図22は本実施形態の加速度センサにおける配線基板及び磁界検出センサチップの電氣的構成を概略的に示す回路図であり、図23は本実施形態の加速度センサにおける等価回路図である。

【0114】

これらの図に示すように、X軸Z軸方向の加速度を検出するための第1の磁界検出センサチップ193には、X軸方向と垂直な方向(Y軸方向)に沿った直線部分を有する4つ(2対)のスピナルブGMR素子193a、193b、193c及び193dが互いに平行に形成されている。スピナルブGMR素子193a及び193bは対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極T<sub>VCC</sub>及びT<sub>VDD</sub>にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子T<sub>X1</sub>に接続されている。スピナルブGMR素子193c及び193dも対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極T<sub>VCC</sub>及びT<sub>VDD</sub>にそれぞれ接続されており、中点が信

10

20

30

40

50

号出力端子  $T_{z1}$  に接続されている。

【0115】

スピンバルブGMR素子193a、193b、193c及び193dの各々は、基本的には、反強磁性材料によるピン層及び強磁性材料によるピンド層からなる磁化固定層と、非磁性中間層と、強磁性材料による磁化自由層（フリー層）とを積層した多層構造を有しており、ピンド層がフリー層の延在方向と垂直な同一方向に磁化固定されている。即ち、これらスピンバルブGMR素子193a、193b、193c及び193dのピンド層は、全てX軸方向の同一向きに磁化固定されている。

【0116】

互いに直列接続された対となるスピンバルブGMR素子193a及び193bのピンド層が同一方向に磁化固定されるのは、対となるスピンバルブGMR素子の各々に印加されるバイアス磁界が互いにほぼ逆方向であるためである。即ち、図22に示すように、1対の永久磁石192a<sub>1</sub>及び192a<sub>2</sub>によって閉磁路が構成されており、対となるスピンバルブGMR素子193a及び193bが、閉磁路の逆方向磁界が流れる磁路内に配置されているからバイアス磁界が互いにほぼ逆方向となるのである。互いに直列接続された対となるスピンバルブGMR素子193c及び193dについても同様である。この場合、閉磁路を構成する磁気回路の中心が、対となるスピンバルブGMR素子間の中心線上に位置していることとなる。

【0117】

このように、互いにほぼ逆方向のバイアス磁界が印加されることにより、対をなすスピンバルブGMR素子193a及び193b並びに193c及び193dのピンド層の磁化固定方向が同一方向となるので、これら対をなす4つのスピンバルブGMR素子を1つのチップ内に形成することができ、その結果、加速度センサ全体のさらなる小型化を図ることが可能となる。

【0118】

X軸Z軸方向の加速度を検出するための第2の磁界検出センサチップ194にも、X軸方向と垂直な方向（Y軸方向）に沿った直線部分を有する4つ（2対）のスピンバルブGMR素子194a、194b、194c及び194dが互いに平行に形成されている。スピンバルブGMR素子194b及び194aは対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極  $T_{VCC}$  及び  $T_{VDD}$  にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子  $T_{X2}$  に接続されている。スピンバルブGMR素子194c及び194dも対となっており、互いに直列接続されている。その直列接続の両端が電源端子電極  $T_{VCC}$  及び  $T_{VDD}$  にそれぞれ接続されており、中点が信号出力端子  $T_{Z2}$  に接続されている。

【0119】

スピンバルブGMR素子194a、194b、194c及び194dの各々は、基本的には、反強磁性材料によるピン層及び強磁性材料によるピンド層からなる磁化固定層と、非磁性中間層と、強磁性材料による磁化自由層（フリー層）とを積層した多層構造を有しており、ピンド層がフリー層の延在方向と垂直な同一方向に磁化固定されている。即ち、これらスピンバルブGMR素子194a、194b、194c及び194dのピンド層は、全てX軸方向の同一向きに磁化固定されている。

【0120】

互いに直列接続された対となるスピンバルブGMR素子194a及び194bのピンド層が同一方向に磁化固定されるのは、対となるスピンバルブGMR素子の各々に印加されるバイアス磁界が互いにほぼ逆方向であるためである。即ち、図22に示すように、1対の永久磁石192b<sub>1</sub>及び192b<sub>2</sub>によって閉磁路が構成されており、対となるスピンバルブGMR素子194a及び194bが、閉磁路の逆方向磁界が流れる磁路内に配置されているからバイアス磁界が互いにほぼ逆方向となるのである。互いに直列接続された対となるスピンバルブGMR素子194c及び194dについても同様である。この場合、閉磁路を構成する磁気回路の中心が、対となるスピンバルブGMR素子間の中心線上に位

10

20

30

40

50

置していることとなる。

【0121】

このように、互いにほぼ逆方向のバイアス磁界が印加されることにより、対をなすスピンバルブGMR素子194a及び194b並びに194c及び194dのピンド層の磁化固定方向が同一方向となるので、これら対をなす4つのスピンバルブGMR素子を1つのチップ内に形成することができ、その結果、加速度センサ全体のさらなる小型化を図ることが可能となる。

【0122】

第1の磁界検出センサチップ193のスピンバルブGMR素子193a及び193b間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{x1}$ から第1のX軸方向加速度信号 $V_{x1}$ が取り出される。また、第2の磁界検出センサチップ194のスピンバルブGMR素子194b及び194a間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{x2}$ から第2のX軸方向加速度信号 $V_{x2}$ が取り出される。従って、これらスピンバルブGMR素子193a及び193b並びに194b及び194aは、図23(A)に示すようにフルブリッジ接続されていることとなり、信号出力端子 $T_{x1}$ 及び信号出力端子 $T_{x2}$ からの信号 $V_{x1}$ 及び $V_{x2}$ が差動増幅されてX軸方向の加速度信号となる。このX軸方向の加速度信号は、印加される加速度の方向によって、磁界発生錘部材192a(従って永久磁石192a<sub>1</sub>及び192a<sub>2</sub>)と磁界発生錘部材192b(従って永久磁石192b<sub>1</sub>及び192b<sub>2</sub>)とがZ軸の互いに反対方向に変位した際にのみ出力され、共に同じ方向に変位した際には第1のX軸方向加速度信号 $V_{x1}$ 及び第2のX軸方向加速度信号 $V_{x2}$ が互いに打ち消し合って出力されない。

【0123】

第1の磁界検出センサチップ193のスピンバルブGMR素子193c及び193d間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{z1}$ から第1のZ軸方向加速度信号 $V_{z1}$ が取り出される。また、第2の磁界検出センサチップ194のスピンバルブGMR素子194c及び194d間には電源電圧 $V_{cc} - V_{dd}$ が印加され、その中点に接続された信号出力端子 $T_{z2}$ から第2のZ軸方向加速度信号 $V_{z2}$ が取り出される。従って、これらスピンバルブGMR素子193c及び193d並びに194c及び194dは、図23(B)に示すようにフルブリッジ接続されていることとなり、信号出力端子 $T_{z1}$ 及び信号出力端子 $T_{z2}$ からの信号 $V_{z1}$ 及び $V_{z2}$ が差動増幅されてZ軸方向の加速度信号となる。このZ軸方向の加速度信号は、印加される加速度によって、磁界発生錘部材192a(従って永久磁石192a<sub>1</sub>及び192a<sub>2</sub>)と磁界発生錘部材192b(従って永久磁石192b<sub>1</sub>及び192b<sub>2</sub>)とがZ軸の共に同じ方向に変位した際にのみ出力され、互いに反対方向に変位した際には第1のZ軸方向加速度信号 $V_{z1}$ 及び第2のZ軸方向加速度信号 $V_{z2}$ が互いに打ち消し合って出力されない。

【0124】

次に、本実施形態におけるばね部材191についてより詳細に説明する。

【0125】

図24は本実施形態におけるばね部材の動作を説明するための図である。

【0126】

同図(A)は外力が印加されていない場合であり、変位は発生しない。一方、同図(B)に示すようにX軸方向に外力 $F_x$ が印加されると、帯状板ばね191aは曲げ応力を発生させ、平衡が保たれる位置まで曲げ方向に変位する。この場合、帯状板ばね191aの両端部及び磁界発生錘部材192a及び192bの変位方向は互いに逆方向である。また、同図(C)に示すようにZ軸方向に外力 $F_z$ が印加されると、帯状板ばね191aは曲げ応力を発生させ、平衡が保たれる位置まで曲げ方向に変位する。この場合、帯状板ばね191aの両端部及び磁界発生錘部材192a及び192bの変位方向は共に同じ方向である。磁界発生錘部材192a及び192bの変位量は、それらの変位角に比例する。磁界発生錘部材の角度がこのように変化すると、スピンバルブGMR素子は、その変位角を

検出して印加される外力を検出することができる。外力  $F_x$  が印加された際の磁界発生錘部材 192a 及び 192b の変位角をそれぞれ  $\theta_{x1}$  及び  $\theta_{x2}$  とすると、 $F_x = \theta_{x1} - \theta_{x2}$  で与えられる。また、外力  $F_z$  が印加された際の磁界発生錘部材 192a 及び 192b の変位角をそれぞれ  $\theta_{z1}$  及び  $\theta_{z2}$  とすると、 $F_z = \theta_{z1} + \theta_{z2}$  で与えられる。

【0127】

X 軸方向の外力  $F_x$  が印加され、磁界発生錘部材 192a 及び 192b が上述のごとく曲げ方向に変位すると、スピバルブ GMR 素子 193a 及び 193b 並びに 194b 及び 194a に印加されるバイアス磁界の角度がこれに伴って同じ方向に変化し、第 1 の X 軸方向加速度信号  $V_{x1}$  及び第 2 の X 軸方向加速度信号  $V_{x2}$  を加算した差動出力が得られ、これが X 軸方向の加速度信号となる。この場合、第 1 の Z 軸方向加速度信号  $V_{z1}$  及び第 2 の Z 軸方向加速度信号  $V_{z2}$  が互いに打ち消し合い、Z 軸方向の加速度信号は出力されない。

10

【0128】

Z 軸方向の外力  $F_z$  が印加され、磁界発生錘部材 192a 及び 192b が上述のごとく曲げ方向に変位すると、スピバルブ GMR 素子 193c 及び 193d 並びに 194c 及び 194d に印加されるバイアス磁界の角度がこれに伴って反対方向に変化し、第 1 の Z 軸方向加速度信号  $V_{z1}$  及び第 2 の Z 軸方向加速度信号  $V_{z2}$  を加算した差動出力が得られ、これが Z 軸方向の加速度信号となる。この場合、第 1 の X 軸方向加速度信号  $V_{x1}$  及び第 2 の X 軸方向加速度信号  $V_{x2}$  が互いに打ち消し合い、X 軸方向の加速度信号は出力されない。

20

【0129】

以上説明したように、本実施形態によれば、帯状板ばね 191a が曲げ応力を発生させ、平衡が保たれる位置まで変位するように構成されているため、小型でかつ変位量が大きく、従って小型で感度の高いばね構造とすることができ、小型かつ高感度の加速度センサを提供することができる。

【0130】

ばね部材の 2 つの端部の構造を同一形状とすることができるため、検出したい各方向 (X 軸方向及び Z 軸方向、又は Y 軸方向及び Z 軸方向) の感度、感度指向性が揃った加速度センサを提供することができる。

30

【0131】

さらに、本実施形態によれば、中央に支点を有し両端部に磁界発生錘部材をそれぞれ固着した帯状板ばね 191a の曲げ動作を利用すると共に、第 1 の磁界検出センサチップ 193 の一部出力  $V_{x1}$  又は  $V_{z1}$  と第 2 の磁界検出センサチップ 194 の一部出力  $V_{x2}$  又は  $V_{z2}$  との差動出力を取り出すようにしているので、X 軸方向及び Z 軸方向の加速度成分を確実に分離して正確に検出することができる。

【0132】

また、2 軸方向の加速度の向き及び大きさを 2 つの磁界検出センサチップで検出できるので、磁界検出センサチップ数が低減でき構造を非常に簡単化でき、加速度センサ全体を小型化することができる。また、スピバルブ GMR 素子は磁気検出感度が非常に高いので、高感度の加速度検出を行なうことが可能となる。

40

【0133】

さらにまた、各磁界検出センサチップにおいて、互いにほぼ逆方向のバイアス磁界が印加されるため、対をなすスピバルブ GMR 素子のピンド層の磁化固定方向が同一方向となりこれら対をなす 4 つのスピバルブ GMR 素子を 1 つのチップ内に形成することができる。その結果、加速度センサ全体のさらなる小型化を図ることが可能となる。

【0134】

さらに、本実施形態によれば、対となる 2 つの永久磁石によって、広い範囲に分布した垂直方向の磁界による閉磁路が形成され、スピバルブ GMR 素子がこの閉磁路中に配置されるため、必要最小限の磁界しか閉磁路から外部へ漏れず、漏れ磁界が少なくなるから

50

十分に大きなバイアス磁界が印加されることとなり、永久磁石が小型となった場合にも、加速度の検出感度が安定してかつ高くなり、しかも外部電界及び外部磁界の影響を受けにくくなる。

【0135】

本実施形態によれば、さらに、ばね部材や磁界発生錘部材の部分に電極を設ける必要がないため、配線構造が簡単となる。また、圧電素子型加速度センサや静電容量型加速度センサに比して低インピーダンスであるため、外乱の影響も受けにくい。

【0136】

なお、上述の実施形態では、閉磁路を形成するために磁界検出センサチップに対向する面が互いに逆極性となるように配置された2つの永久磁石を用いているが、1つの永久磁石と例えば軟磁性体からなるヨークとを組み合わせても閉磁路を形成することは可能である。

10

【0137】

上述した実施形態では、磁界検出センサとしてスピナルブGMR素子を用いているが、その代わりにTMR素子を用いても良いことは明らかである。

【0138】

なお、本発明の加速度センサが、上述した実施形態のごとく磁気ディスクドライブ装置のみに適用されるものではなく、加速度を検出するいかなる用途にも適用可能であることはいうまでもない。

【0139】

20

以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

【図面の簡単な説明】

【0140】

【図1】本発明の加速度センサを組み込んだ磁気ディスクドライブ装置の一例の全体構成を概略的に示す斜視図である。

【図2】本発明の加速度センサの一実施形態における全体構成を概略的に示す分解斜視図である。

【図3】図2に示した加速度センサにおけるハウジング部材の内部に設けられるばね部材、磁界発生錘部材及び磁界検出センサチップの構成を概略的に示す分解斜視図である。

30

【図4】図2に示した加速度センサにおける配線基板上の結線及び磁界検出センサチップの構成を概略的に示す図である。

【図5】図2に示した加速度センサにおける配線基板及び磁界検出センサチップの電気的構成を概略的に示す回路図である。

【図6】図2に示した加速度センサにおける等価回路図である。

【図7】スピナルブGMR素子の積層面への印加磁界角度に対するMR抵抗変化特性を表す図である。

【図8】本発明のばね部材における帯状板ばねの基本的な動作を説明する図である。

【図9】中央部に支点を有し、両端部に錘部材が取り付けられた帯状板ばねの動作を説明する図である。

40

【図10】図2の実施形態におけるばね部材の動作を説明するための図である。

【図11】本発明の加速度センサの他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。

【図12】本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。

【図13】本発明の加速度センサのまたさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。

【図14】本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。

50

【図15】本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。

【図16】本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。

【図17】本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。

【図18】本発明の加速度センサのさらに他の実施形態におけるばね部材及び磁界発生錘部材の構成を模式的に示す斜視図である。

【図19】本発明の加速度センサのまたさらに他の実施形態における全体構成を模式的に示す分解斜視図である。

10

【図20】図19に示した加速度センサにおけるハウジング部材の内部に設けられるばね部材、磁界発生錘部材及び磁界検出センサチップの構成を概略的に示す分解斜視図である。

【図21】図19に示した加速度センサにおける配線基板上の結線及び磁界検出センサチップの構成を概略的に示す図である。

【図22】図19に示した加速度センサにおける配線基板及び磁界検出センサチップの電気的構成を概略的に示す回路図である。

【図23】図19に示した加速度センサにおける等価回路図である。

【図24】図19の実施形態におけるばね部材の動作を説明するための図である。

20

【符号の説明】

【0141】

- 10 磁気ディスク
- 10a 退避ゾーン
- 11 HGA
- 12 FPC
- 13 支持アーム
- 13a 爪
- 14 VCM
- 15 回動軸
- 16 退避ランプ
- 17 加速度センサ
- 18 回路基板
- 20、190 ハウジング部材
- 20a、190a 配線基板
- 20b、190b カバー部材
- 21、191 ばね部材
- 21a、171a<sub>1</sub>、171a<sub>2</sub>、 第1の帯状板ばね
- 21b、21c、171b、171c 第2の帯状板ばね
- 21d、21e、21f、21g、191b、191c 錘支持部
- 22a、22b、22c、22c、22d、22d、162a、162b、192
- a、192b 磁界発生錘部材
- 22a<sub>1</sub>、22a<sub>2</sub>、22b<sub>1</sub>、22b<sub>2</sub>、22c<sub>1</sub>、22c<sub>2</sub>、22d<sub>1</sub>、22d<sub>2</sub>
- 、192a<sub>1</sub>、192a<sub>2</sub>、192b<sub>1</sub>、192b<sub>2</sub> 永久磁石
- 23、24、25、193、194 磁界検出センサチップ
- 23a、23b、23c、23d、24a、24b、24c、24d、25a、25b
- 、25c、25d、193a、193b、193c、193d、194a、194b、1
- 94c、194d スピンバルブGMR素子
- 26、176a、176b、196 支点部材
- 80、90、191a 帯状板ばね
- 81、91 支点

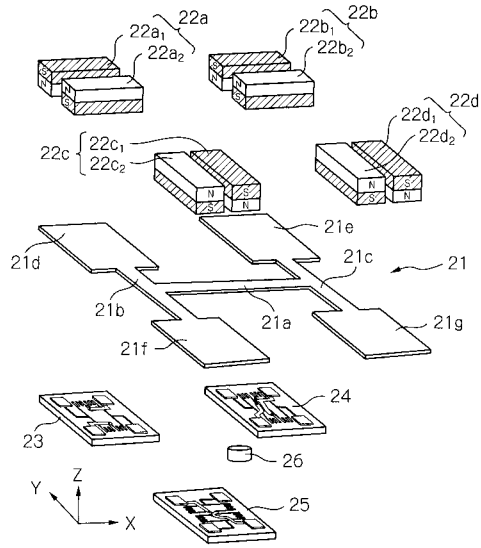
30

40

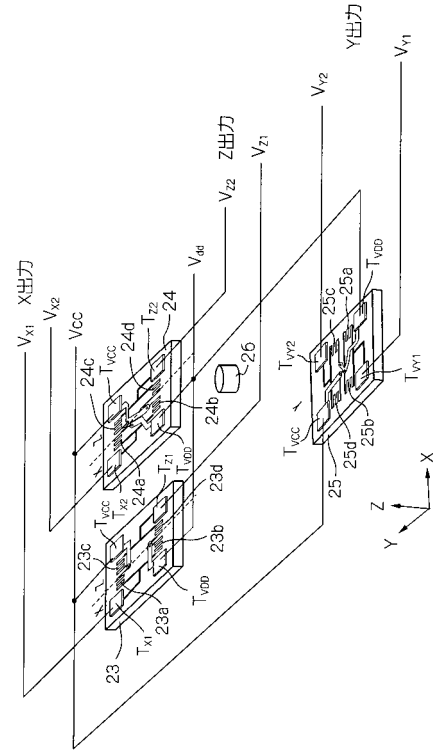
50



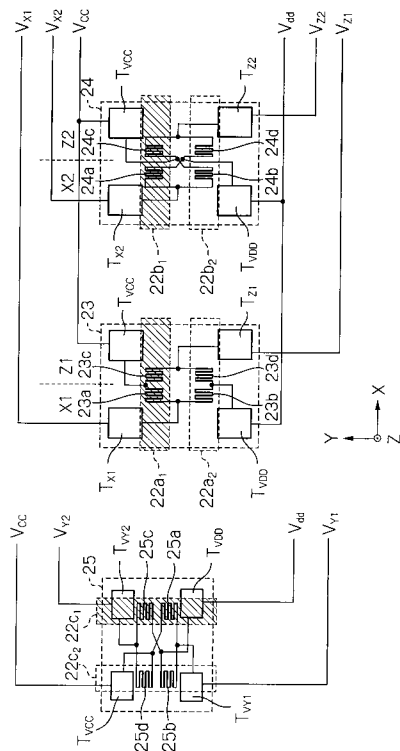
【図3】



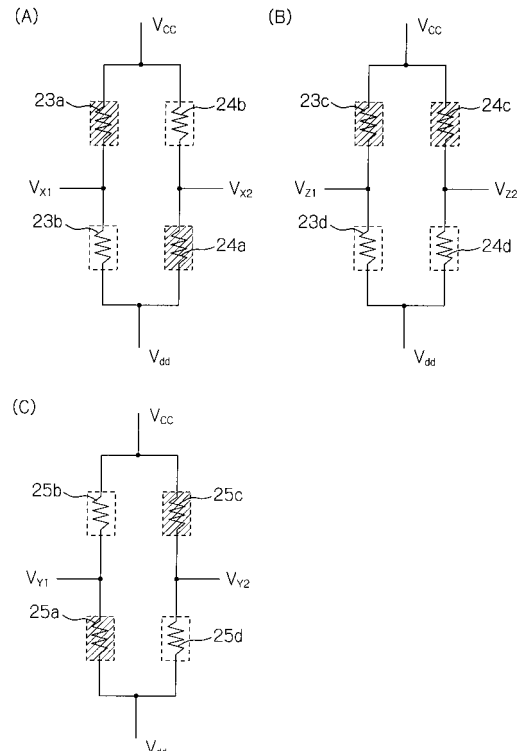
【図4】



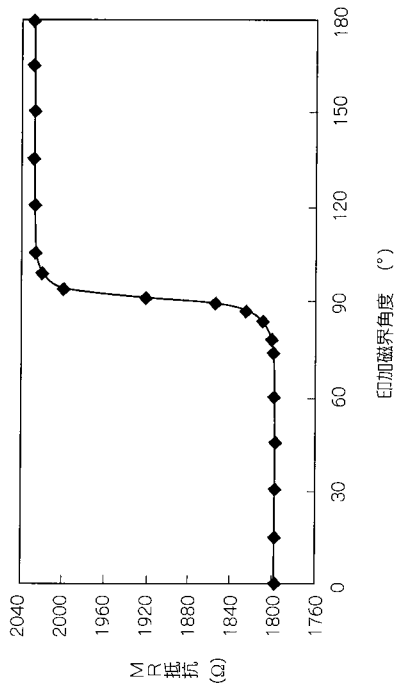
【図5】



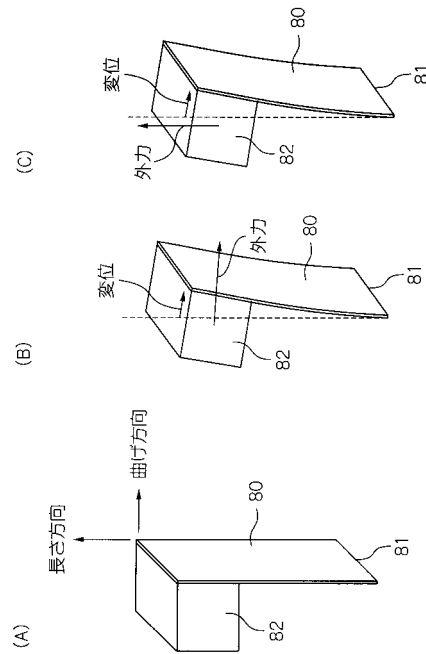
【図6】



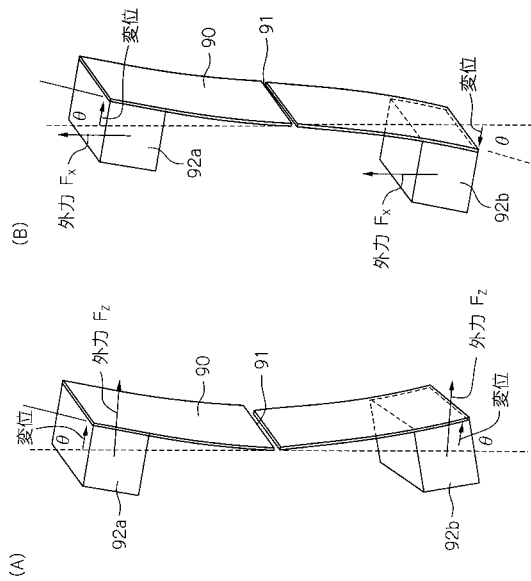
【 図 7 】



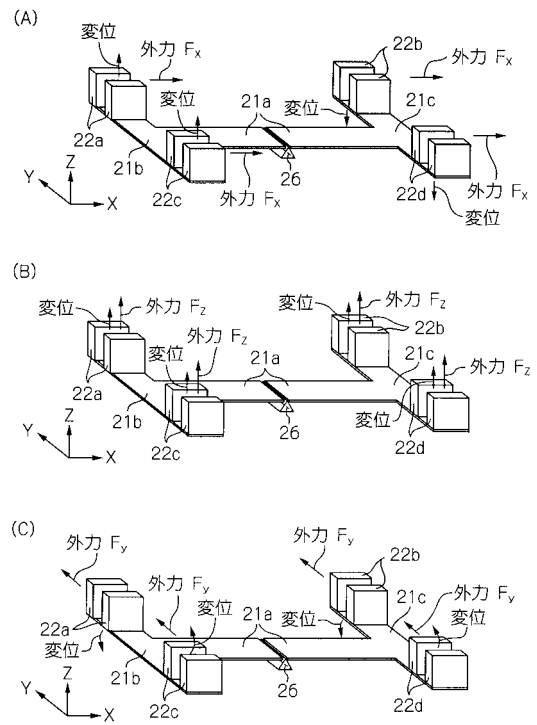
【 図 8 】



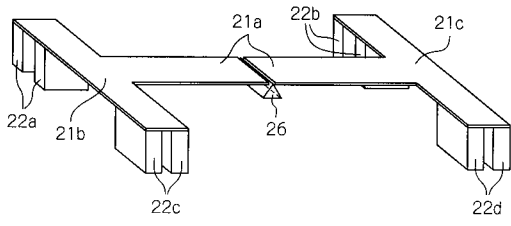
【 図 9 】



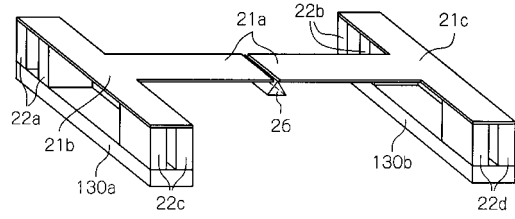
【 図 10 】



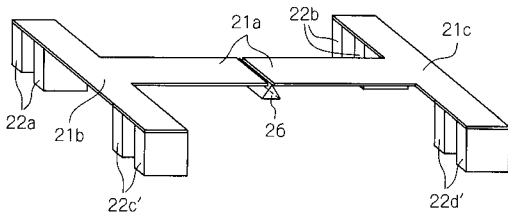
【図11】



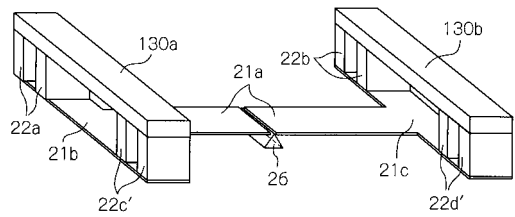
【図13】



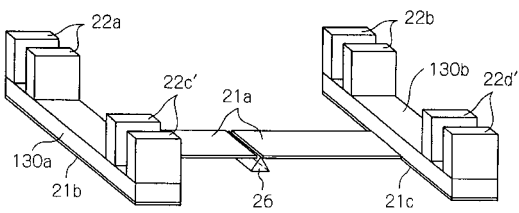
【図12】



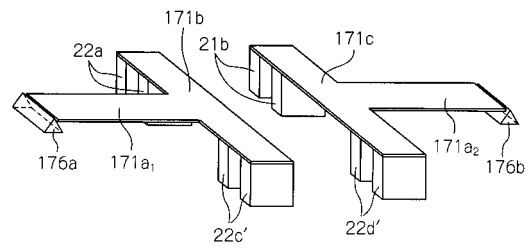
【図14】



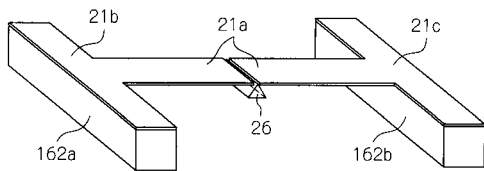
【図15】



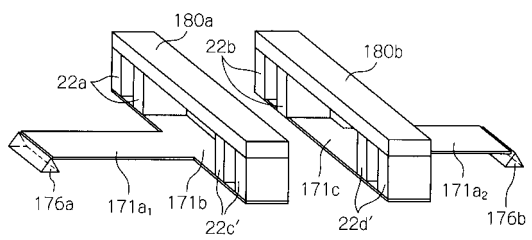
【図17】



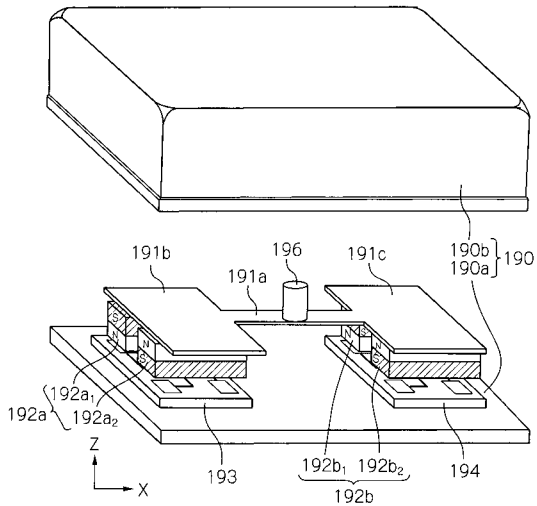
【図16】



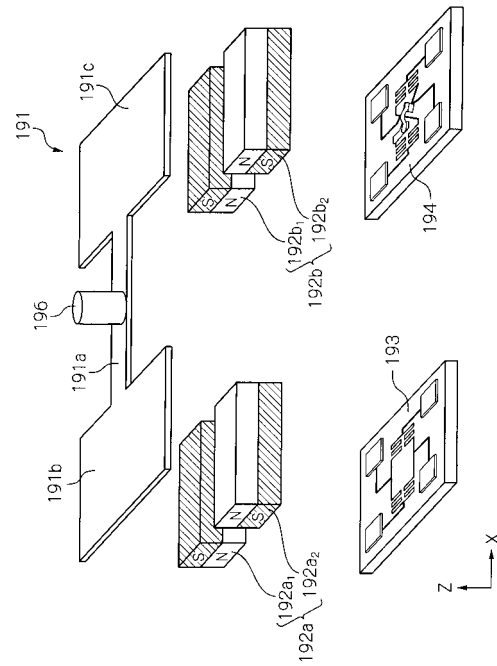
【図18】



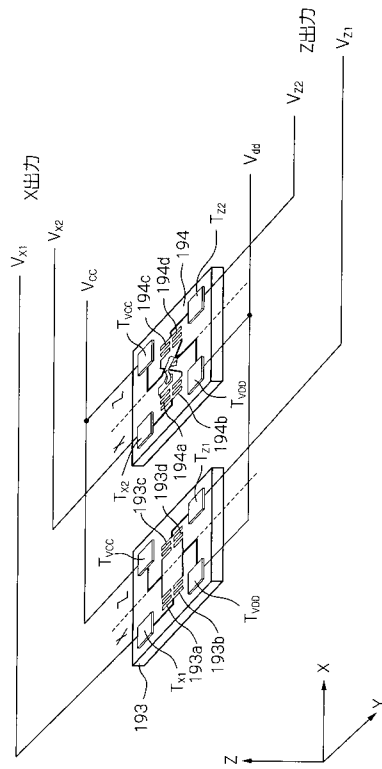
【図19】



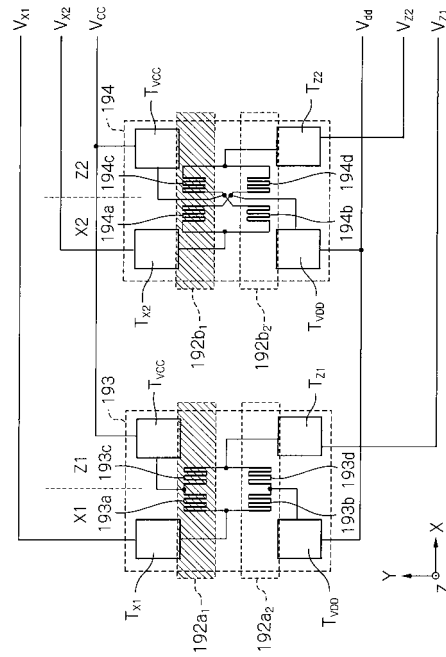
【図20】



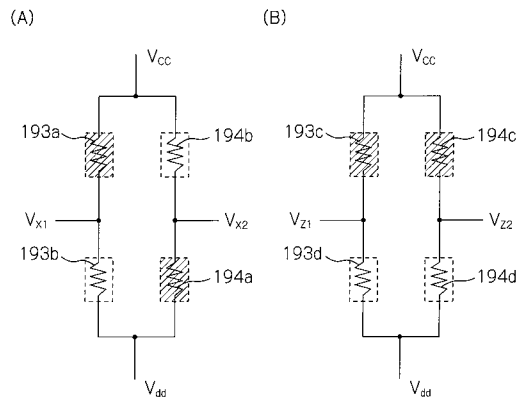
【図21】



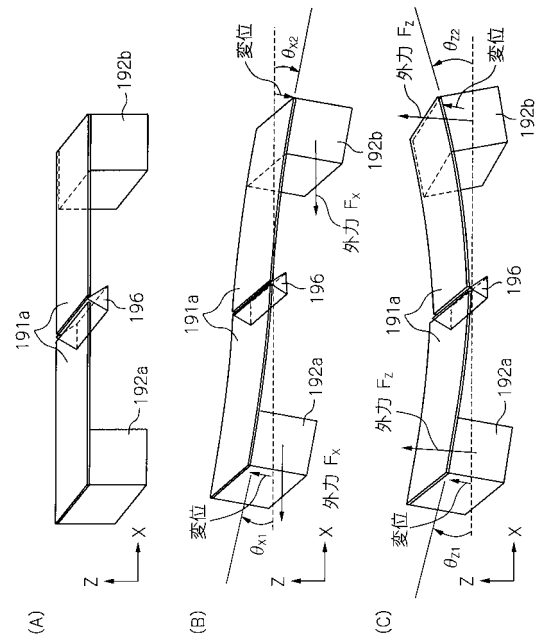
【図22】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-291746(JP,A)  
特開2007-064825(JP,A)  
実開平03-025162(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01P 15/08