

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4192084号
(P4192084)

(45) 発行日 平成20年12月3日(2008.12.3)

(24) 登録日 平成20年9月26日(2008.9.26)

| | | |
|------------------------|--------------|---|
| (51) Int.Cl. | F I | |
| GO 1 L 5/16 (2006.01) | GO 1 L 5/16 | |
| GO 1 P 15/18 (2006.01) | GO 1 P 15/00 | K |
| GO 1 P 15/12 (2006.01) | GO 1 P 15/12 | Z |
| GO 1 P 15/00 (2006.01) | GO 1 P 15/00 | Z |
| HO 1 L 29/84 (2006.01) | HO 1 L 29/84 | A |

請求項の数 11 (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-422687 (P2003-422687)
 (22) 出願日 平成15年12月19日(2003.12.19)
 (65) 公開番号 特開2005-31062 (P2005-31062A)
 (43) 公開日 平成17年2月3日(2005.2.3)
 審査請求日 平成17年6月30日(2005.6.30)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-172045 (P2003-172045)
 (32) 優先日 平成15年6月17日(2003.6.17)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000111085
 ニッタ株式会社
 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号
 (74) 代理人 100089196
 弁理士 梶 良之
 (74) 代理人 100104226
 弁理士 須原 誠
 (72) 発明者 森本 英夫
 奈良県大和郡山市池沢町172番地 ニッタ株式会社 奈良工場内
 審査官 松浦 久夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多軸センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一平面上に配置された複数の歪みゲージと、
複数の前記歪みゲージが取り付けられる1つの第1のダイヤフラムと、
 前記平面の中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離の位置において、前記第1のダイヤフラムに設けられた作用体とを有しており、
 該多軸センサに作用する多軸の加速度および角加速度を測定することを特徴とする多軸センサ。

【請求項2】

一平面上に配置された複数の歪みゲージと、
複数の前記歪みゲージが取り付けられる1つの第1のダイヤフラムを有する第1部材と
 、
 前記歪みゲージを備えない第2のダイヤフラムを1つ有する第2部材と、
 前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとを連結する作用体とを有しており、
 、
 前記第1部材と前記第2部材とは、前記第1部材の前記第1のダイヤフラムの中心点と前記第2部材の前記第2のダイヤフラムの中心点とが対向するように配置されると共に、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとのそれぞれの前記中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離の位置同士が前記作用体によって連結されており、前記第1部材と前記第2部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを測定すること

を特徴とする多軸センサ。

【請求項 3】

一平面上に配置された複数の歪みゲージと、

複数の前記歪みゲージが取り付けられる 1 つの第 1 のダイヤフラムを有する第 1 部材と

、
一平面に配置された複数の前記歪みゲージが取り付けられた第 2 のダイヤフラムを有する第 2 部材と、

前記第 1 のダイヤフラムと前記第 2 のダイヤフラムとを連結する作用体とを有しており

、
前記第 1 部材と前記第 2 部材とは、前記第 1 部材の前記第 1 のダイヤフラムの中心点と前記第 2 部材の前記第 2 のダイヤフラムの中心点とが対向するように配置されると共に、前記第 1 及び第 2 のダイヤフラムの前記中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離の位置同士が前記作用体によって連結されており、前記第 1 部材と前記第 2 部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを測定することを特徴とする多軸センサ。

10

【請求項 4】

前記第 1 部材の前記歪みゲージと前記第 2 部材の前記歪みゲージとは、多軸センサの重心点を中心に対称位置に配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の多軸センサ。

【請求項 5】

前記第 1 部材の前記歪みゲージと前記第 2 部材の前記歪みゲージとの各出力のうち、いずれか一方の出力信号が所定範囲外であるときは他方の出力信号を採用することを特徴とする請求項 4 に記載の多軸センサ。

20

【請求項 6】

前記角度は 90 度であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の多軸センサ。

【請求項 7】

前記作用体は、前記第 1 のダイヤフラムの中心点を原点とする X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ設けられていることを特徴とする請求項 6 に記載の多軸センサ。

【請求項 8】

前記角度は 120 度であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の多軸センサ。

30

【請求項 9】

前記歪みゲージの配置位置は、

前記平面上の前記作用体に対応する部分の中心点と前記第 1 のダイヤフラムの中心点とを結ぶ線上における前記作用体の縁部と、

前記平面上の前記作用体に対応する部分の中心点における前記線の垂直線上において前記作用体の縁部と、

前記第 1 のダイヤフラムの中心点から等角度おき、かつ前記中心点から等距離の位置であって前記作用体の縁部および前記第 1 のダイヤフラムの縁部のいずれか一方とであることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の多軸センサ。

40

【請求項 10】

前記歪みゲージは piezo 抵抗素子であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の多軸センサ。

【請求項 11】

前記歪みゲージは絶縁膜上に酸化クロム薄膜で形成した歪みゲージであることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の多軸センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、第 1 部材と第 2 部材とに外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、

50

角速度の少なくともいずれか1つを計測することができる多軸センサに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、図49に示すように、一对の対向する円形プレートから成る第1部材100および第2部材101と、これら第1部材100および第2部材101を連結する環状のブリッジ要素102と、各ブリッジ要素102に取り付けられた歪みゲージとを備えた力-モーメントセンサ103が記載されている。

【0003】

このセンサ103ではブリッジ要素102が第1部材100および第2部材101に対して垂直に設けられる。歪みゲージはブリッジ要素102の外周面あるいは孔104の内面に接着により取り付けられる。そして、第1部材100および第2部材101の間に加わった力やモーメントにより各ブリッジ要素102の円環形状がどの方向にどれだけ歪むかを検出することにより加わった力やモーメントを算出するようにしている。

【0004】

【特許文献1】特開昭63-78032号公報(図1、第5頁右下欄第12行~第6頁左上欄第14行、第7頁左上欄第20行~右上欄第12行)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載の技術では、歪みゲージの取り付けられるセンサ起歪体であるブリッジ要素102が複雑な3次元形状をしているので、第1部材100および第2部材101とブリッジ要素102とを組み立てたり加工するコストが高くなってしまふ。また、歪みゲージをブリッジ要素102の曲面などに3次的に取り付けなければならないので、取り付け作業の時間が長くなり量産性が悪くコスト高を招いてしまふ。

【0006】

そこで、本発明の目的は、センサ起歪体を簡易な形状にできると共に歪みゲージの取り付け作業を簡単にできる多軸センサを提供することである。

【課題を解決するための手段及び効果】

【0007】

第1の発明の多軸センサは、一平面上に配置された複数の歪みゲージと、複数の前記歪みゲージが取り付けられる1つの第1のダイヤフラムと、前記平面の中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離の位置において、前記第1のダイヤフラムに設けられた作用体とを有しており、該多軸センサに作用する多軸の加速度および角加速度を測定する。

また、第2の発明の多軸センサは、一平面上に配置された複数の歪みゲージと、複数の前記歪みゲージが取り付けられる1つの第1のダイヤフラムを有する第1部材と、前記歪みゲージを備えない第2のダイヤフラムを1つ有する第2部材と、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとを連結する作用体とを有しており、前記第1部材と前記第2部材とは、前記第1部材の前記第1のダイヤフラムの中心点と前記第2部材の前記第2のダイヤフラムの中心点とが対向するように配置されると共に、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとのそれぞれの前記中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離の位置同士が前記作用体によって連結されており、前記第1部材と前記第2部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを測定する。

さらに、第3の発明の多軸センサは、一平面上に配置された複数の歪みゲージと、複数の前記歪みゲージが取り付けられる1つの第1のダイヤフラムを有する第1部材と、一平面上に配置された複数の前記歪みゲージが取り付けられた第2のダイヤフラムを有する第2部材と、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとを連結する作用体とを有しており、前記第1部材と前記第2部材とは、前記第1部材の前記第1のダイヤフラムの中心点と前記第2部材の前記第2のダイヤフラムの中心点とが対向するように配置されると共に、前記第1及び第2のダイヤフラムの前記中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心

10

20

30

40

50

点から等距離の位置同士が前記作用体によって連結されており、前記第1部材と前記第2部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを測定する。

【0008】

これらの構成によると、各歪みゲージは一平面上に配置されているので、従来のように歪みゲージをブリッジ要素の曲面などに3次元的に取り付ける場合に比べて取り付け作業の時間を短縮することができる。したがって、量産性を良くしてコストを下げるができるようになる。

【0009】

また、これらの構成によると、歪みゲージの取り付けられるセンサ起歪体が簡易な形状になるので、多軸センサを組み立てるコストを下げる事が出来る。

10

【0025】

さらに、これらの構成によると、一平面上に第1のダイヤフラムを複数設けなくてもよいので、多軸センサを小型化することが可能となる。また、多軸センサの形状が簡素化するので、切削加工に要するコストを低減することができる。

【0027】

第1の発明の構成によると、多軸センサに加速度を加えると、作用体に対して慣性力が働く。したがって、作用体の変位し、第1のダイヤフラムに歪みが生じる。この第1のダイヤフラムの歪みを検知することによって、多軸の加速度および角加速度を計測することができる。

【0029】

第2の発明の構成によると、一平面のみに歪みゲージを取り付けるだけで多軸の力およびモーメントを計測することができる。

20

【0031】

第3の発明の構成によると、同じ力あるいはモーメントの成分を示す電気信号が独立して2系統存在するので、センサ出力を二重化して高精度化を図ることができる。

【0032】

本発明の多軸センサでは、前記第1部材の前記歪みゲージと前記第2部材の前記歪みゲージとは、多軸センサの重心点を中心に対称位置に配置されていることが好ましい。この構成によると、2系統の電気信号を対等に扱うことができるので、精度が更に高くなる。

【0033】

本発明の多軸センサでは、前記第1部材の前記歪みゲージと前記第2部材の前記歪みゲージとの各出力のうち、いずれか一方の出力信号が所定範囲外であるときは他方の出力信号を採用することが好ましい。

30

【0034】

この構成によると、何らかの理由で歪みゲージが異常を起こしたときに他方の歪みゲージを利用して、多軸センサの利用を続行することができる。よって、極めて信頼性の高い制御システムを構築することができる。

【0035】

本発明の多軸センサでは、前記角度は90度であることが好ましい。この構成によると、第1のダイヤフラムの中心点を原点とする直交座標のX軸およびY軸での力、モーメント、加速度、角加速度を容易に算出することができる。

40

【0036】

本発明の多軸センサでは、前記作用体は、前記第1のダイヤフラムの中心点を原点とするX軸およびY軸上の正方向および負方向にそれぞれ形成されていることが好ましい。この構成によると、第1のダイヤフラムの中心点を原点とする直交座標のX軸およびY軸での力、モーメント、加速度、角加速度を極めて容易に算出することができる。

【0037】

本発明の多軸センサでは、前記角度は120度であることが好ましい。この構成によると、第1のダイヤフラムに3つの作用体を形成することで、多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができるので、多軸センサの構成を更に簡易化することがで

50

きる。

【 0 0 3 8 】

本発明に多軸センサでは、前記歪みゲージの配置位置は、前記平面上の前記作用体に対応する部分の中心点と前記第 1 のダイヤフラムの中心点とを結ぶ線上における前記作用体の縁、前記平面上の前記作用体に対応する部分の中心点における前記線の垂直線上において前記作用体の縁、および前記第 1 のダイヤフラムの中心点から等角度おき、かつ前記中心点から等距離の位置における前記作用体の縁または前記第 1 のダイヤフラムの縁であることが好ましい。

【 0 0 3 9 】

この構成によると、第 1 のダイヤフラムの中で最も歪みが大きい部位に歪みゲージを取り付けることができるので、感度を高めることができる。また、一平面に複数の第 1 のダイヤフラムを設ける場合に比べて少ない歪みゲージで、多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができる。したがって、歪みゲージのコストおよび配線のコストを削減することができる。

【 0 0 4 0 】

本発明に多軸センサでは、前記歪みゲージは piezo 抵抗素子であることが好ましい。この構成によると、piezo 抵抗素子は箔歪みゲージに比べてゲージ率が 10 倍以上大きいので、箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を 10 倍以上大きくすることができる。

【 0 0 4 1 】

本発明の多軸センサでは、前記歪みゲージは絶縁膜上に酸化クロム薄膜で形成した歪みゲージであることが好ましい。この構成によると、一般的な箔歪みゲージに比べてゲージ率が 10 倍以上大きいので、一般的な箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を 10 倍以上大きくすることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 4 2 】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 4 3 】

図 1 (A) は、本発明の第 1 の参考例による多軸センサ 1 を第 2 部材 3 側から Z 軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図であり、図 1 (B) は多軸センサ 1 の中央縦断面正面図である。図 1 において、多軸センサ 1 は、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とに外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれかを計測するものである。この多軸センサ 1 は、一平面上に配置された複数の歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 を備えている。第 1 部材 2 および第 2 部材 3 は円盤形状のフランジから成る。歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は第 1 部材 2 の表側面 2 a のみに取り付けられている。

【 0 0 4 4 】

ここでは説明の便宜上 X Y Z 三次元座標系を定義し、この座標系を参照しながら各部品に配置説明を行うことにする。図 1 (B) においては、第 1 部材 2 の表側面 2 a の中心位置が原点 O、右水平方向が X 軸、紙面に垂直手前方向が Y 軸、下垂直方向が Z 軸とそれぞれ定義される。つまり、第 1 部材 2 の表側面 2 a は X Y 平面を規定し、第 1 部材 2 の中心位置に Z 軸が通ることになる。

【 0 0 4 5 】

第 1 部材 2 および第 2 部材 3 は、それぞれ対向する 4 つのダイヤフラム 4 , 5 , 6 , 7 を備えている。各ダイヤフラム 4 ~ 7 は薄肉状にされている。各ダイヤフラム 4 ~ 7 の中央部には中心軸 8 が設けられている。互いに向き合うダイヤフラム 4 ~ 7 の中心軸 8 同士がボルト 9 により連結されている。これにより、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とが一体化されている。また、各ダイヤフラム 4 ~ 7 は中心軸 8 を備えていることにより薄肉部が円環形状となっている。

【 0 0 4 6 】

第 1 部材 2 のダイヤフラム 4 ~ 7 は、原点 O を中心に等角度おき、かつ原点 O から等距離に配置されている。ここでは、90 度おきに配置されている。さらに、第 1 部材 2 のダ

10

20

30

40

50

ダイヤフラム 4 ~ 7 は、X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されている。また、第 2 部材 3 のダイヤフラム 4 ~ 7 は、第 1 部材のダイヤフラム 4 ~ 7 と対向するように配置されている。よって、この多軸センサ 1 は 3 次元空間の直交する 3 軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための 6 軸力覚センサとして機能する。図 2 に、X 軸、Y 軸、Z 軸の方向と、各軸に対するモーメント M_x 、 M_y 、 M_z の方向を示す。

【 0 0 4 7 】

第 1 部材 2 の各ダイヤフラム 4 ~ 7 は 8 個の歪みゲージを備えている。歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 の配置位置は、図 1 (A) に示すように第 1 部材 2 の X 軸と Y 軸の各々においてダイヤフラム 4 ~ 7 の薄肉部分の外縁部と内縁部である。すなわち、歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は多軸センサ 1 において最も大きな歪みが発生する場所に貼り付けられている。なお、歪みゲージのリード線の図示は省略している。

10

【 0 0 4 8 】

歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 としては、金属箔歪みゲージや金属線歪みゲージを用いている。歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は一種の抵抗体であり、歪みの発生する場所に貼り付けて使用する検出素子である。歪みの発生により抵抗値が変化することにより、歪みを測定することができる。一般には、引張りによる歪み に対しては抵抗値が大きくなり、圧縮による歪み に対しては抵抗値が小さくなる比例特性を持っている。また、通常は材料が歪み に対して応力 が比例する弾性域で使用する。本参考例でも第 1 部材 2 の弾性域で使用するものとしている。

【 0 0 4 9 】

20

各ダイヤフラム 4 ~ 7 は大きさや厚さを同じにしている。このため、剛性が等しくなる。これにより、例えば図 3 に示すように、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 と中心軸 8 とが全体として平行四辺形の四辺を構成するように変位するときに、各ダイヤフラム 4 ~ 7 に力の方向や大きさに応じた歪みが歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 に発生するようになるので、力やモーメントを高精度に検出することができる。なお、歪みゲージの取り付け作業を簡易にしたり歪みゲージの保護を図るために、取り付け位置に段差を設けてもよい。また、ダイヤフラム 4 ~ 7 以外の部分には他の部材への取り付け用のタップ穴を形成してもよい。また、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とは、中心軸 8 同しがボルト 9 により連結されているが、ボルト 9 を使用せず、直接一体切削加工して形成してもよいし、溶接により中心軸 8 同しを接合してもよい。

30

【 0 0 5 0 】

次に、各軸方向ごとに力とモーメントを検出する原理を説明する。以下、第 1 部材 2 を固定し、第 2 部材 3 に力やモーメントが作用するものとする。

【 0 0 5 1 】

図 3 に、X 軸方向の力 F_x を加えたときの状態を示す。このときは、第 1 部材 2 および第 2 部材 3 の全てのダイヤフラム 4 ~ 7 が図示したように変位し、歪みが検出される。図 4 に歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 の変化を示す。図中、(+) は抵抗値の増加を、(-) は抵抗値の減少を示す。どちらの記号も無い歪みゲージは抵抗値の変化が殆ど無い。

【 0 0 5 2 】

次に、Y 軸方向の力 F_y を加えたときは、X 軸方向の力 F_x を加えたときの状態を 9 0 度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。

40

【 0 0 5 3 】

図 5 に Z 軸方向の力 F_z を加えたときの多軸センサ 1 の状態を示す。図 6 に、このときの各歪みゲージの変化を示す。

【 0 0 5 4 】

図 7 に X 軸のモーメント M_x を加えたときの多軸センサ 1 の状態を示す。図 8 に、このときの各歪みゲージの変化を示す。

【 0 0 5 5 】

次に、Y 軸のモーメント M_y を加えたときは、X 軸のモーメント M_x を加えたときの状態を 9 0 度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。

50

【 0 0 5 6 】

Z軸のモーメントMzを加えたときは、第2部材3をZ軸を中心に回転させる。図9に、このときの各歪みゲージの変化を示す。

【 0 0 5 7 】

表1に上述した各力およびモーメントに対する歪みゲージR11～R48の変化を示す。表中、+は抵抗値の増加、-は抵抗値の減少を示し、符号無しは抵抗値が殆ど変化しないことを示す。また、反対方向の力やモーメントの場合は符号が逆になる。

【 0 0 5 8 】

【表1】

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| R28 | | + | - | + | | | R48 | | + | - | - | | |
| R27 | | - | + | - | | | R47 | | - | + | + | | |
| R26 | | + | + | - | | | R46 | | + | + | + | | |
| R25 | | - | - | + | | | R45 | | - | - | - | | |
| R24 | + | | - | + | | + | R44 | + | | - | - | | - |
| R23 | - | | + | - | | - | R43 | - | | + | + | | + |
| R22 | + | | + | - | | + | R42 | + | | + | + | | - |
| R21 | - | | - | + | | - | R41 | - | | - | - | | + |
| R18 | | + | - | | + | + | R38 | | + | - | | - | - |
| R17 | | - | + | | - | - | R37 | | - | + | | + | + |
| R16 | | + | + | | - | + | R36 | | + | + | | + | - |
| R15 | | - | - | | + | - | R35 | | - | - | | - | + |
| R14 | + | | - | | + | | R34 | + | | - | | - | |
| R13 | - | | + | | - | | R33 | - | | + | | + | |
| R12 | + | | + | | - | | R32 | + | | + | | + | |
| R11 | - | | - | | + | | R31 | - | | - | | - | |
| 力 | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz | 力 | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |

10

20

30

40

【 0 0 5 9 】

以上の性質を利用して、数式1の演算を行うことにより各力およびモーメントを検出することができる。

【 0 0 6 0 】

【数 1】

$$F_x = (R_{22} + R_{42}) - (R_{23} + R_{43})$$

$$F_y = (R_{16} + R_{36}) - (R_{17} + R_{37})$$

$$F_z = (R_{13} + R_{26} + R_{32} + R_{47}) - (R_{11} + R_{28} + R_{34} + R_{45})$$

$$M_x = (R_{25} + R_{46}) - (R_{27} + R_{48})$$

$$M_y = (R_{14} + R_{33}) - (R_{12} + R_{31})$$

$$M_z = (R_{18} + R_{24} + R_{35} + R_{41}) - (R_{15} + R_{21} + R_{38} + R_{44})$$

【0061】

10

この演算では各歪みゲージ $R_{11} \sim R_{48}$ が 1 回ずつ使用されるので無駄が無く、また電圧に変換して OP アンプで演算する場合に都合がよい。また、構造上剛性が強くなって感度が低くなる F_z および M_z については他のときの 2 倍の 8 個の歪みゲージが割り付けられるので、感度を高めることができる。なお、演算方法は数式 1 に限られないのは勿論である。

【0062】

また、数式 1 の演算は各抵抗値を既知あるいは新規の手段を用いて電圧に変換し、OP アンプで演算しても良く、あるいは AD 変換器を用いてマイクロコントローラやコンピュータを用いて演算してもよい。

【0063】

20

あるいは、図 10 に示すようにブリッジ回路を構成して定電圧または定電流を印加しても力およびモーメントを検出することができる。さらに、ハーフブリッジを構成して歪みゲージの数を減らしても検出することができる（図示せず）。なお、歪みゲージの組み合わせは図 10 に示したものに限られないのは勿論である。

【0064】

なお、本参考例では第 1 部材 2 の各ダイヤフラム 4 ~ 7 を X 軸あるいは Y 軸上に配置しているが、これには限られない。すなわち、同じ構造の多軸センサ 1 の設置方向を変更して、第 1 部材 2 の各ダイヤフラム 4 ~ 7 が軸上に位置しないようにしてもよい。この場合、6 軸センサとしては機能せず、5 軸センサとなる。また、本参考例では 6 軸センサとして使用しているが、これには限られず例えば X 軸と Y 軸の 2 方向の力だけを検出する 2 軸センサとして使用してもよい。

30

【0065】

次に、本発明の第 2 の参考例について、図 11 を参照して説明する。図 11 に示すように、第 2 の参考例は、歪みゲージとして piezo 抵抗素子 10 を用いている。そして、半導体製造プロセスを利用して、1 つのダイヤフラムに必要な piezo 抵抗素子 10 を 1 枚の半導体 Si ウェハ 11 に集積してダイヤフラムにダイボンディングして固定している。piezo 抵抗素子 10 は箔歪みゲージに比べてゲージ率が 10 倍以上大きく、箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を 10 倍以上大きくすることができる。

【0066】

次に、本発明の第 3 の参考例について、図 12 を参照して説明する。第 3 の参考例は、多軸センサ 1 の構造としては第 1 の参考例と同様であるが、ブリッジの構成を変形している。図 12 に示すように、各ブリッジは、各ダイヤフラム 4 ~ 7 上に直線的に配置された 4 個の歪みゲージから構成されている。これにより、各ダイヤフラム 4 ~ 7 の歪みの発生状況が 8 個の電圧として直接出力されるようになる。

40

【0067】

この場合、数式 2 により演算を行って力とモーメントを算出することができる。

【0068】

【数 2】

$$F_x = V_4 - V_2$$

$$F_y = V_3 - V_1$$

$$F_z = V_5 + V_6 + V_7 + V_8$$

$$M_x = V_8 - V_6$$

$$M_y = V_7 - V_5$$

$$M_z = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

【0069】

10

数式 2 の演算は各抵抗値を既知あるいは新規の手段を用いて電圧に変換し、OP アンプで演算しても良く、あるいは A/D 変換器を用いてマイクロコントローラやコンピュータを用いて演算してもよい。

【0070】

次に、本発明の第 4 の参考例について、図 1 3 及び図 1 4 を参照して説明する。第 4 の参考例は、第 1 の参考例と同様に第 1 部材 2 に歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 が取り付けられると共に、図 1 3 に示すように重心点 O' と点対称の位置に歪みゲージ R 1 1 1 ~ R 1 4 8 が第 2 部材 3 に取り付けられている。このような機械的な対称性により、多軸センサ 1 に力やモーメントが加わると各ダイヤフラム 4 ~ 7 には力の種類に応じた対称的な歪みが発生する。すなわち、多軸センサ 1 が歪みゲージを一平面に配置していることから、2 組の歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8、R 1 1 1 ~ R 1 4 8 を対称な位置に配置できるという特徴を利用したものである。

20

【0071】

歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は図 1 0 と同様の回路を構成し、力 F_x 、 F_y 、 F_z およびモーメント M_x 、 M_y 、 M_z に対応した電圧 V_{fx1} 、 V_{fy1} 、 V_{fz1} 、 V_{mx1} 、 V_{my1} 、 V_{mz1} を出力するようにする。歪みゲージ R 1 1 1 ~ R 1 4 8 についても図 1 0 と同様の回路を構成し、力 F_x 、 F_y 、 F_z およびモーメント M_x 、 M_y 、 M_z に対応した電圧 V_{fx2} 、 V_{fy2} 、 V_{fz2} 、 V_{mx2} 、 V_{my2} 、 V_{mz2} を出力するようにする。ただし、ある力やモーメントを加えた場合に、電圧 V_{fx1} 、 V_{fy1} 、 V_{fz1} 、 V_{mx1} 、 V_{my1} 、 V_{mz1} の信号の増減と、電圧 V_{fx2} 、 V_{fy2} 、 V_{fz2} 、 V_{mx2} 、 V_{my2} 、 V_{mz2} の信号の増減とが一致するように回路上の設定をしておくものとする。

30

【0072】

以上のように本参考例では同じ力あるいはモーメントの成分を示す電気信号が独立して 2 系統存在し、センサ出力の二重化が図られている。

【0073】

図 1 4 は、各力またはモーメントを検出するブリッジの信号である V_{fx1} 、 V_{fy1} 、 V_{fz1} 、 V_{mx1} 、 V_{my1} 、 V_{mz1} 、 V_{fx2} 、 V_{fy2} 、 V_{fz2} 、 V_{mx2} 、 V_{my2} 、 V_{mz2} を増幅するためのアンプ回路 1 2 の一例である。ここでは、定格負荷の範囲では電源電圧の 25 ~ 75 % 範囲の電圧値になるように調整してある。さらに、このアンプ出力はマイクロコントローラ 1 3 の A/D 変換ポート 1 4 に入力してある。

40

【0074】

一般に歪みゲージで構成したブリッジ回路の出力の変化は数 mV と微小なためアンプなどで数百倍以上に増幅しなければならない。高感度な piezoelectric 抵抗素子 1 0 を用いても出力感度は金属箔歪みゲージの 1 0 倍程度である。このため、もしブリッジ回路を構成する歪みゲージが何らかの原因のために断線するようなことがあるとアンプ出力のバランスが崩れて電源電圧の下限または上限付近まで偏ってしまう。

【0075】

そこで、センサの出力信号が二重化されていることを利用して、図 1 4 に示すように以下の処理を行うようにする。

50

【0076】

アンプの電源電圧の低い方を V_{ee} 、高い方を V_{cc} とする。多軸センサ1が通常の使用の範囲で出力しないと考えられる電圧の小さい方を V_L とし、大きい方を V_H とする。ただし、 $V_{ee} < V_L$ 、 $V_H < V_{cc}$ で、 V_L および V_H はAD変換した値とする。なお、 V_L と V_H は多軸センサ1の特性に合わせて出力ごとに決めるようにしてもよい。

【0077】

そして、X軸方向の力 F_x の場合、マイクロコントローラで $V_L < V_{fx1} < V_H$ 、 $V_L < V_{fx2} < V_H$ が判定する ($S1$ 、 $S2$)。両方とも範囲内であれば ($S1; Yes$ 、 $S2; Yes$)、 V_{fx1} の信号を優先して制御信号として採用する ($S3$)。

【0078】

もし V_{fx1} が範囲外であれば ($S1; No$)、出力異常と判断して V_{fx2} を確認する ($S4$)。 V_{fx2} が範囲内であれば ($S2; Yes$)、 V_{fx1} の代わりに V_{fx2} を力 F_x の信号として処理する。 V_{fx2} も範囲外であれば ($S2; No$)、両方の出力が異常と判断して非常停止などの異常処理をする ($S5$)。

【0079】

F_x 以外の力やモーメントについても同様の処理を行う。

【0080】

本参考例によれば、出力信号を二重化することにより、一方の出力が歪みゲージの断線などによって出力異常を起こしても他方の出力を利用して多軸センサ1の利用を続けることができる。よって、極めて信頼性の高い制御システムを構築することができる。

【0081】

次に、本発明の第5の参考例について、図15を参照して説明する。図15は、第5の参考例による多軸センサ1を第2部材3側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージ $R11 \sim R38$ の配置を描いた平面図である。第5の参考例では、第1部材2および第2部材3はそれぞれ対向する3つのダイヤフラム4～6を備えている。この多軸センサ1は3次元空間の直交する3軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための6軸力覚センサである。

【0082】

第1部材2のダイヤフラム4～6は、原点Oを中心に等角度おき、かつ原点Oから等距離に配置されている。ここでは、120度おきに配置されている。また、第2部材3のダイヤフラム4～6は、第1部材のダイヤフラム4～6と対向するように配置されている。第1部材2の各ダイヤフラム4～6は、8個の歪みゲージを備えている。第1部材2の表側面2aでの歪みゲージ $R11 \sim R38$ の配置位置は、ダイヤフラム4～6の中心点と原点Oとを結ぶ直線上においてダイヤフラム4～6の外縁部と内縁部、およびダイヤフラム4～6の中心点における上記直線の垂直線上においてダイヤフラム4～6の外縁部と内縁部としている。

【0083】

具体的には、歪みゲージ $R11 \sim R14$ は原点Oを通りY軸負方向からX軸正方向に120度をなす線分OC上に配置されている。歪みゲージ $R31 \sim R34$ は原点Oを通りY軸負方向からX軸負方向に120度をなす線分OD上に配置されている。また、歪みゲージ $R15 \sim R18$ は線分OCと直交する方向に配置されている。歪みゲージ $R35 \sim R38$ は線分ODと直交する方向に配置されている。歪みゲージ $R21 \sim R28$ は第1の参考例と同様である。

【0084】

また、歪みゲージとしては第1の参考例と同様に金属箔歪みゲージとしたり、あるいは第2の参考例と同様にピエゾ抵抗素子10とすることができる。その他の構成は第1の参考例と同様であるので説明を省略する。

【0085】

本参考例により各軸方向ごとに力とモーメントを検出する原理を説明する。以下、第1部材2を固定し、第2部材3に力やモーメントが作用するものとする。直線状に配置され

10

20

30

40

50

た4個の歪みゲージから成る歪みゲージ群は、配置された列方向に引っ張りや圧縮の歪みを加えた場合、最も歪みに対する抵抗値の変化の率が大きくなり感度が高くなる。図15に示すように6個の歪みゲージ群があるが、それぞれ最も感度が大きくなる方向が異なる。しかし、各歪みゲージ群の感度をX, Y, Z軸方向のベクトルに分解して考えれば6軸成分の力やモーメントを検出することができる。

【0086】

図15に示す歪みゲージR11～R38に対して図16に示すブリッジ回路を構成し定電圧または定電流を加える。これにより、歪みゲージR15～R18でX軸正方向からY軸負方向に60度方向の力の成分を電圧V1として検出でき、歪みゲージR25～R28でX軸正方向からY軸負方向に90度方向の力の成分を電圧V2として検出でき、歪みゲージR35～R38でX軸正方向からY軸負方向に300度方向の力の成分を電圧V3として検出できる。また、R11～R14、R25～R28、R31～R34では、各ダイヤフラム4～6の中心のZ軸方向の力をそれぞれV4, V5, V6として検出できる。

10

【0087】

ここで、各ブリッジ回路の図16中の節点電圧をe1～e12とすると、数式3が導かれる。

【0088】

【数3】

$$V1 = e1 - e2$$

$$V2 = e3 - e4$$

$$V3 = e5 - e6$$

$$V4 = e7 - e8$$

$$V5 = e9 - e10$$

$$V6 = e11 - e12$$

20

【0089】

このうちV1, V2, V3については、X軸とY軸成分のベクトルに分解して数式4のように表すことができる。

【0090】

【数4】

$$V1 = (V1X, V1Y) = (V1/2, V1 \cdot \sqrt{3}/2)$$

$$V2 = (V2X, V2Y) = (V2, 0)$$

$$V3 = (V3X, V3Y) = (V3/2, V3 \cdot \sqrt{3}/2)$$

30

【0091】

したがって、第2部材3に作用するX軸方向の合力をFx、Y軸方向の合力をFyとすると数式5のように検出することができる。

【0092】

【数5】

$$FX = (V1/2) + V2 + (V3/2)$$

$$FY = (V1 \cdot \sqrt{3}/2) + (V3 \cdot \sqrt{3}/2)$$

40

【0093】

図17にY軸負方向に力Fyを加えたときのダイヤフラム5の変位の状態を示す。このとき、歪みゲージR25とR27は引っ張り方向の歪みが発生して抵抗値が大きくなり、歪みゲージR26とR28は圧縮方向の歪みが発生して抵抗値が小さくなる。力Fyと直

50

交する方向に配置された歪みゲージ R 2 1 ~ R 2 4 には殆ど歪みが発生しない。

【 0 0 9 4 】

他の 2 つのダイヤフラム 4 , 6 にも Y 軸方向に同様の変位や歪みが発生している。しかし、歪みゲージ R 1 1 ~ R 1 8、R 3 1 ~ R 3 8 の配置方向は X 軸や Y 軸の方向と異なっているので、各歪みゲージの抵抗値の変化は歪みゲージ R 2 1 ~ R 2 8 とは異なる。歪みゲージは配置された列方向に感度が最大になるように貼り付けられているので、歪みゲージ R 1 1 ~ R 1 8、R 3 1 ~ R 3 8 は力 F y の方向である Y 軸と各歪みゲージ群がなす角度により感度が決定される。

【 0 0 9 5 】

X 軸方向の力 F x についても同様である。よって、X 軸および Y 軸方向の力は数式 5 により算出することができる。

10

【 0 0 9 6 】

次に、図 1 8 に Z 軸方向の力 F z を加えたときのダイヤフラム 5 の変位の状態を示す。図 1 9 に歪みゲージ R 1 1 ~ R 3 8 の変化を示す。図 1 6 に示すブリッジ回路では、V 1 , V 2 , V 3 は抵抗の変化が打ち消しあって変化しない。V 4 , V 5 , V 6 は Z 軸方向の力 F z に応じて変化する。したがって、力 F z は数式 6 により求めることができる。

【 0 0 9 7 】

【数 6】

$$F_z = V_4 + V_5 + V_6$$

20

【 0 0 9 8 】

次に、第 2 部材 3 にモーメント M x を加えた場合、X 軸を中心に回転する力が加えられる。このため、各ダイヤフラム 4 ~ 6 では Z 軸方向の力 F z が加わる。ここで、図 2 0 において、モーメント M x がダイヤフラム 4 , 6 を図面表側から裏側に向けて押すと共に、ダイヤフラム 5 を図面裏側から表側に向けて引っ張るように作用したとする。原点 O からダイヤフラム 4 ~ 6 の中心までの距離を R とすると、ダイヤフラム 4 , 6 の中心から X 軸までの距離は R / 2 となり、ダイヤフラム 5 の中心から X 軸までの距離は R となる。したがって、X 軸回りのモーメント M x は数式 7 で表される。

30

【 0 0 9 9 】

【数 7】

$$M_x = (V_4 \cdot R / 2) - (V_5 \cdot R) + (V_6 \cdot R / 2)$$

【 0 1 0 0 】

次に、第 2 部材 3 にモーメント M y を加えた場合、ダイヤフラム 4 , 6 の中心から Y 軸までの距離は $\sqrt{3} R / 2$ となるので、Y 軸回りのモーメント M y は数式 8 で表される。

40

【 0 1 0 1 】

【数 8】

$$\begin{aligned} M_y &= (V_4 \cdot \sqrt{3} R / 2) + V_5 \cdot 0 - (V_6 \cdot \sqrt{3} R / 2) \\ &= \sqrt{3} R / 2 (V_4 - V_6) \end{aligned}$$

【 0 1 0 2 】

次に、図 2 1 に Z 軸右回りのモーメント M z を加えたときのダイヤフラム 4 ~ 6 の変位

50

の状態を示す。図 2 2 に歪みゲージ R 1 1 ~ R 3 8 の変化を示す。歪みゲージ群 R 1 5 ~ R 1 8、R 2 1 ~ R 2 4、R 3 5 ~ R 3 8 は最も感度がよい方向に歪みが発生し、図 1 6 の V 1 , V 2 , V 3 が最も高感度に変化する。

【 0 1 0 3 】

一方、歪みゲージ群 R 1 1 ~ R 1 4、R 2 5 ~ R 2 8、R 3 1 ~ R 3 4 は歪みゲージの感度が最も小さくなる配列方向なので、図 1 6 の V 4 , V 5 , V 6 はほとんど変化しない。したがって、モーメント M z は数式 9 で表される。

【 0 1 0 4 】

【数 9】

$$M_z = V_1 + V_2 + V_3$$

10

【 0 1 0 5 】

以上に示す数式 5 ~ 数式 9 を利用して演算を行うことにより、力やモーメントを求めることができる。例えば出力電圧 V 1 ~ V 6 を A/D 変換してマイクロコントローラやコンピュータを用いて演算してもよい。

【 0 1 0 6 】

ここで、多軸センサ 1 への力 F x , F y , F z とモーメント M x , M y , M z の出力電圧を V f x , V f y , V f z , V m x , V m y , V m z とし、多軸センサ 1 に実際に加わる荷重を F x , F y , F z , M x , M y , M z としたとき、数式 1 0 の関係になる。

20

【 0 1 0 7 】

【数 1 0】

$$\begin{bmatrix} V_{fx} \\ V_{fy} \\ V_{fz} \\ V_{mx} \\ V_{my} \\ V_{mz} \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} \quad [A] \text{はキャリブレーション行列}$$

30

【 0 1 0 8 】

ここで両辺の左から [A] - 1 を乗ずると数式 1 1 となる。

【 0 1 0 9 】

【数 1 1】

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = [A]^{-1} \begin{bmatrix} V_{fx} \\ V_{fy} \\ V_{fz} \\ V_{mx} \\ V_{my} \\ V_{mz} \end{bmatrix}$$

40

【 0 1 1 0 】

これにより、出力電圧から正確な 6 軸の力およびモーメントを求めることができる。

50

【 0 1 1 1 】

次に、本発明の第 6 の参考例について、図 2 3 および図 2 4 を参照して説明する。図 2 3 は第 6 の参考例による多軸センサ 1 の中央縦断面正面図であり、図 2 4 は多軸センサ 1 を Z 軸方向と反対方向に透視したときの歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 の配置を描いた平面図である。第 6 の参考例では、多軸センサ 1 は全体として 1 枚の円盤形状であり、4 つのダイヤフラム 4 ~ 7 を備えている。この多軸センサ 1 は 3 次元空間の直交する 3 軸方向の加速度とその軸回りの角加速度を測定するための 6 軸センサである。また、多軸センサ 1 のダイヤフラム 4 ~ 7 以外の部位、例えば外縁部が測定対象 1 5 に固定されている。

【 0 1 1 2 】

ダイヤフラム 4 ~ 7 は第 1 の参考例と同様に配置されている。ただし、第 1 の参考例とは異なり、対向するダイヤフラム 4 ~ 7 は存在しない。各ダイヤフラム 4 ~ 7 の中央部には加速度を受けて変位する作用体 1 6 , 1 7 , 1 8 , 1 9 が設けられている。作用体 1 6 ~ 1 9 の一端はダイヤフラム 4 ~ 7 に固定され、他端は自由端になっている。また、作用体 1 6 ~ 1 9 は、いずれも同一形状である。

10

【 0 1 1 3 】

また、歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 としては第 1 の参考例と同様に金属箔歪みゲージとしたり、あるいは第 2 の参考例と同様にピエゾ抵抗素子とすることができる。その他の構成は第 1 の参考例と同様であるので説明を省略する。

【 0 1 1 4 】

なお、本参考例では、図 2 3 において、作用体 1 6 の重心 G と作用体 1 8 の重心 G とを結ぶ線分の中心点を原点 O、右水平方向を X 軸、紙面に垂直手前方向 Y 軸、下垂直方向を Z 軸とそれぞれ定義する。

20

【 0 1 1 5 】

本参考例により各軸方向ごとに加速度と角加速度を検出する原理を説明する。

【 0 1 1 6 】

X 軸方向の加速度 a_x を受けた場合、図 2 5 に示すように作用体 1 6 ~ 1 9 が変位し、各ダイヤフラム 4 ~ 7 に歪みが発生する。このとき、歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は図 2 6 のように X 軸方向に配列されたもののみが変化する。

【 0 1 1 7 】

また、Y 軸方向の加速度 a_y を受けた場合は、X 軸方向の加速度 a_x を受けた場合と 90 度ずれているだけなので説明を省略する。

30

【 0 1 1 8 】

次に、Z 軸方向の加速度 a_z を受けた場合は、図 2 7 に示すように作用体 1 6 ~ 1 9 が変位する。これにより、歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は図 2 8 に示すようになる。

【 0 1 1 9 】

さらに、各軸を中心とする角加速度が作用する場合について考える。作用体 1 6 ~ 1 9 に作用するダイヤフラム 4 ~ 7 に垂直な加速度を a_{z1} , a_{z2} , a_{z3} , a_{z4} とする。そして、回転の中心を Y 軸とする角加速度 ω_y が作用すると、図 2 9 に示すように作用体 1 6 , 1 8 に加速度 a_{z1} , a_{z3} が作用して変位し、ダイヤフラム 4 ~ 7 に歪みが発生する。このときの歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 の変化を図 3 0 に示す。

40

【 0 1 2 0 】

次に、回転の中心を Z 軸とする角加速度 ω_z が作用すると、作用体 1 6 ~ 1 9 が Z 軸を中心と同じ回転方向に変位しダイヤフラム 4 ~ 7 に歪みが発生する。このときの歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 の変化を図 3 1 に示す。

【 0 1 2 1 】

以上の各加速度および各角加速度に対する歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 の抵抗値の変化を表 2 に示す。

【 0 1 2 2 】

【数 1 2】

$$a_x = (R_{22} + R_{42}) - (R_{23} + R_{43})$$

$$a_y = (R_{16} + R_{36}) - (R_{17} + R_{37})$$

$$a_z = (R_{11} + R_{28} + R_{34} + R_{45}) - (R_{13} + R_{26} + R_{32} + R_{47})$$

$$\alpha_x = (R_{25} + R_{46}) - (R_{27} + R_{48})$$

$$\alpha_y = (R_{14} + R_{33}) - (R_{12} + R_{31})$$

$$\alpha_z = (R_{18} + R_{24} + R_{35} + R_{41}) - (R_{15} + R_{21} + R_{38} + R_{44})$$

10

【0 1 2 7】

また、図 3 2 に示すようにブリッジ回路を構成して定電圧または定電流を印加しても加速度および角加速度を検出することができる。

【0 1 2 8】

この参考例では、ダイヤフラム 4 ~ 7 の厚さや梁の厚さや幅、作用体 1 6 ~ 1 9 の大きさなどの寸法を調整してセンサ感度を調整することができる。また、本参考例では角加速度を求めているが、この角加速度を積分することにより角速度を求めるようにしてもよい。

【0 1 2 9】

20

次に、本発明の第 7 の参考例について、図 3 3 を参照して説明する。第 7 の参考例は、多軸センサ 1 の構造としては第 6 の実施形態と同様であるが、ブリッジの構成を変形している。図 3 3 に示すように、各ブリッジは、各ダイヤフラム 4 ~ 7 上に直線的に配置された 4 個の歪みゲージから構成されている。

【0 1 3 0】

V_{x1} , V_{x2} は X 軸方向の加速度を示す電圧信号であり、 V_{y1} , V_{y2} は Y 軸方向の加速度を示す電圧信号である。また、 $V_{z1} \sim V_{z4}$ は Z 軸方向の加速度を示す電圧信号である。これらの信号を元に数式 1 3 に示す演算を行えば、感度良く加速度と角加速度を検出することができる。

【0 1 3 1】

30

【数 1 3】

$$a_x = (V_{x2}) - (V_{x1})$$

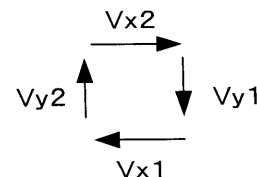
$$a_y = (V_{y2}) - (V_{y1})$$

$$a_z = (V_{z1}) + (V_{z2}) + (V_{z3}) + (V_{z4})$$

$$\alpha_x = (V_{z2}) - (V_{z4})$$

$$\alpha_y = (V_{z1}) - (V_{z3})$$

$$\alpha_z = (V_{x1}) + (V_{x2}) + (V_{y1}) + (V_{y2})$$



40

【0 1 3 2】

a_x , a_y は、 V_{x1} , V_{x2} または V_{y1} , V_{y2} のいずれを用いても検出可能である。いずれにせよ、差動にすることにより感度を大きくすることができる。

【0 1 3 3】

次に、本発明の第 1 の実施の形態について、図 3 4 および図 3 5 を参照して説明する。図 3 4 は第 1 の実施の形態の多軸センサ 1 の平面図、図 3 5 は多軸センサ 1 の中央縦断面図である。この多軸センサ 1 は、第 6 の参考例と同様に、3 次元空間の直交する 3 軸方向の加速度とその軸回りの角加速度を測定するための 6 軸センサである。この多軸センサ 1 では、半導体プロセスを利用し、シリコン基板 2 0 上に piezo 抵抗素子 1 0 を形成すると共に、piezo 抵抗素子 1 0 を利用して加速度と角加速度を検出するためのブリッジ回路を

50

形成している。さらに、このシリコンウェハ 11 にガラス基板を接合し、マイクロマシニング技術を利用して台座 21 や作用体 16 ~ 19 を形成している。なお、 piezo 抵抗素子 10 を形成するシリコンウェハ 11 の面方位によりゲージ率が異なるが、適切な面方位を選択することにより感度のバラツキを最低限に抑えることができる。

【0134】

本実施形態では、検出素子である piezo 抵抗素子 10 を作用体 16 ~ 19 と台座 21 を接続する梁 22 として機能させている。また、開口部 23 を設けることにより、作用体 16 ~ 19 は加速度の作用を受けて変位し易くなり感度を高めることができる。なお、この開口部 23 は方形でも円形でも良く、また必ずしも設けなくてもよい。

【0135】

本実施形態によれば、シリコン基板 20 に半導体プロセスを利用してセンサ信号の処理回路などを同時に形成でき、信号処理回路とセンサの構造体をコンパクトに一体化することができる。このため、信号処理回路とセンサの検出素子との配線を短くできるので、ノイズの影響を受け難く安定した動作を可能とすると共に多軸センサ 1 を小型化できるので設置面でも有利になる。さらに、半導体プロセスやマイクロマシニング技術の利用により、低コストで効率良く製造でき組立精度を高めることができる。

【0136】

次に、本発明の第 2 の実施の形態について、図 36 および図 37 を参照して説明する。図 36 は、本発明の第 2 の実施の形態の多軸センサ 1 の中央断面図、図 37 は多軸センサ 1 を第 2 部材 3 側から Z 軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図である。本実施の形態の多軸センサ 1 は、第 1 の参考例の多軸センサ 1 と同様に 3 次元空間の直交する 3 軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための 6 軸力覚センサである。本実施の形態の多軸センサ 1 の構成が、第 1 の参考例の多軸センサ 1 と主に異なる点は、第 1 の参考例では、第 1 部材 2 および第 2 部材 3 は 4 つのダイヤフラム 4、5、6、7 をそれぞれ備えているが、本実施の形態の第 1 部材 2 および第 2 部材 3 は、1 つのダイヤフラム 4 をそれぞれ備えている点である。

【0137】

本実施の形態の多軸センサ 1 は、第 1 部材 2 と、第 2 部材 3 と、作用体 16 ~ 19 とを有している。第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とは、第 1 部材 2 の上面と第 2 部材 3 の下面とが対向するように配置されている。そして、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とは、作用体 16 ~ 19

【0138】

第 1 部材 2 および第 2 部材 3 にそれぞれ備えられているダイヤフラム 4 は、互いに等しい径を有する円形状であると共に、その縁近傍には円環状の肉厚部 24 が形成されている。また、第 1 部材 2 のダイヤフラム 4 の上面には、円柱形状の 4 つの作用体 16 ~ 19 が形成されている。作用体 16 は X 軸上の正方向、作用体 17 は Y 軸上の負方向、作用体 18 は X 軸上の負方向、作用体 19 は Y 軸上の正方向において、それぞれ原点 O から等距離に形成されている。そして、作用体 16 ~ 19 の上端部は、溶接により、第 1 部材 2 と対向している第 2 部材 3 のダイヤフラム 4 の下面に接合されている。

【0139】

なお、第 1 部材 2 と作用体 16 ~ 19 とは別部材であってもよいし、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 と作用体 16 ~ 19 とを一体切削加工によって形成してもよい。また、第 2 部材と作用体 16 ~ 19 とは、ボルトによって連結されてもよい。

【0140】

図 37 に示すように、20 個の歪みゲージ R11 ~ R45 が、第 1 部材 2 のダイヤフラム 4 の下面に配置されている。第 2 部材 2 のダイヤフラム 4 の下面において、作用体 16 の縁に対応する位置には、歪みゲージ R11 ~ R14 が配置されている。歪みゲージ R11、R12 は、X 軸上において、歪みゲージ R12 の方が歪みゲージ R11 よりも原点 O に近くなるように配置されている。歪みゲージ R13、14 は、X 軸と作用体 16 の中心軸とに直交する軸上において、歪みゲージ R13 が Y 軸正方向、歪みゲージ R14 が Y 軸

10

20

30

40

50

負方向に対応するように配置されている。また、ダイヤフラム 4 の縁において、X 軸正方向に対応する位置には、歪みゲージ R 1 5 が配置されている。

【 0 1 4 1 】

同様に、第 2 部材 2 のダイヤフラム 4 の下面において、作用体 1 7 の縁に対応する位置には歪みゲージ R 2 1 ~ R 2 4 が配置されており、作用体 1 8 の縁に対応する位置には歪みゲージ R 3 1 ~ R 3 4 が配置されており、作用体 1 9 の縁に対応する位置には歪みゲージ R 4 1 ~ R 4 4 が配置されている。また、ダイヤフラム 4 の縁において、Y 軸負方向に対応する部分には歪みゲージ R 2 5 が配置されており、X 軸負方向に対応する位置には歪みゲージ R 3 5 が配置されており、Y 軸正方向に対応する位置には歪みゲージ R 4 5 が配置されている。

10

【 0 1 4 2 】

なお、歪みゲージ R 1 5、R 2 5、R 3 5、R 4 5 の配置位置についてはこれに限らず、第 1 部材 2 のダイヤフラム 4 の下面におけるダイヤフラム 4 の縁部、または作用体 1 6 ~ 1 9 の縁に対応する位置において、原点 O を中心に 9 0 度おき、かつ原点 O から等距離の位置であればどこに配置されてもよい。

【 0 1 4 3 】

次に、各成分ごとに力やモーメントを検出する原理を説明する。以下、第 1 部材 2 を固定し、第 2 部材 3 に力やモーメントが作用するものとする。

【 0 1 4 4 】

図 3 8 に、第 2 部材 3 に対して X 軸方向の力 F_x を加えたときの多軸センサ 1 の状態を示す。このときは、第 1 部材 2 および第 2 部材 3 のダイヤフラム 4 は図示したように変位し、歪みが検出される。このときの歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 5 の抵抗値の変化を、図 3 9 に示す。また、第 2 部材 3 に対して Y 軸方向の力 F_y を加えたときは、X 軸方向の力 F_x を加えたときの状態を 9 0 度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。また、図 4 0 に、第 2 部材 3 に対して Z 軸方向の力 F_z を加えたときの多軸センサ 1 の状態を示す。図 4 1 に、第 2 部材 3 に対して Z 軸方向の力 F_z を加えたときの各歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 5 の抵抗値の変化を示す。

20

【 0 1 4 5 】

図 4 2 に、第 2 部材 3 に対して X 軸のモーメント M_x を加えたときの多軸センサ 1 の状態を示す。図 4 3 に、このときの各歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 5 の抵抗値の変化を示す。また、第 2 部材 3 に対して Y 軸のモーメント M_y を加えたときは、X 軸のモーメント M_x を加えたときの状態を 9 0 度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。また、第 2 部材 3 に対して Z 軸のモーメント M_z を加えたときは、第 2 部材 3 を Z 軸を中心に回転させる。図 4 4 に、第 2 部材 3 に対して Z 軸のモーメント M_z を加えたときの、各歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 5 の抵抗値の変化を示す。

30

【 0 1 4 6 】

表 3 に上述した各力およびモーメントに対する歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 5 の変化を示す。

【 0 1 4 7 】

【表 3】

| 力 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F _x | + | - | | | - | + | - | | | |
| F _y | | | + | - | | | | + | - | + |
| F _z | + | | | | - | | | | + | - |
| M _x | | | | | | | | - | - | + |
| M _y | + | + | | | - | | | | | |
| M _z | | | - | + | | - | + | | | |

10

| 力 | R31 | R32 | R33 | R34 | R35 | R41 | R42 | R43 | R44 | R45 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F _x | + | - | | | + | + | - | | | |
| F _y | | | + | - | | | | + | - | - |
| F _z | | + | | | - | | | + | | - |
| M _x | | | | | | | | + | + | - |
| M _y | - | - | | | + | | | | | |
| M _z | | | + | - | | + | - | | | |

20

30

【0148】

以上の性質を利用して、数式 14 の演算を行うことにより各力およびモーメントを検出することができる。なお、演算方法は数式 14 に限られないのは勿論である。

【0149】

【数 14】

$$F_x = R_{41} - R_{22}$$

$$F_y = R_{13} - R_{34}$$

$$F_z = R_{15} + R_{25} + R_{35} + R_{45}$$

$$M_x = (R_{43} + R_{44}) - (R_{23} + R_{24})$$

$$M_y = (R_{11} + R_{12}) - (R_{31} + R_{32})$$

$$M_z = (R_{14} + R_{33}) - (R_{21} + R_{42})$$

40

【0150】

上述の演算は、図 45 のようにブリッジ回路を構成し、定電圧や定電流を印加して力およびモーメントを検出すれば、効率良く行うことができる。図 45 では定電圧を印加した場合を示している。ここで、図 45 に示すように、F_xおよびF_yを検出する回路は、温度変化によって生じる出力値の誤差を補償することができないハーフブリッジとなっている。したがって、図 46 に示すようなダミー回路をさらに設け、その出力電圧 V₁ との差

50

を演算している。これにより、周囲温度の変化によるドリフトや同相ノイズが打ち消し合い、安定して出力が得られる。なお、図46の歪みゲージRd1、Rd2は、固定部8のように、多軸センサ1に対して負荷が加えられた場合に歪みが殆ど生じない位置に配置されている。

【0151】

また、Fzを検出するブリッジ回路に含まれる抵抗Ra、Rbは、いずれも回路上のダミーの固定抵抗である。そして、抵抗Ra、Rbの抵抗値は、 $Ra = (R15 + R25)$ 、 $Rb = (R35 + R45)$ であるのが好ましい。

【0152】

以上のように、本実施の形態の多軸センサ1では、第1部材2と第2部材3とに、それぞれ1つのダイヤフラム4が設けられる。したがって、第1部材2と第2部材3とに複数のダイヤフラムを設ける場合と比べて、多軸センサ1を小型化することが可能となる。また、多軸センサの形状が簡素化するので、切削加工に要するコストを低減することができる。

【0153】

また、本実施の形態の多軸センサ1では、第1部材2に複数のダイヤフラムを設ける場合と比べて、少ない歪みゲージで多軸の力およびモーメントを計測することができる。したがって、歪みゲージのコストおよび配線のコストを削減することができる。

【0154】

次に、本発明の第3の実施の形態について、図47を参照して説明する。図47は、第3の実施の形態による多軸センサ1を第2部材3側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージR11～R35の配置を描いた平面図である。本実施の形態の多軸センサ1は、第1の参考例の多軸センサ1と同様に3次元空間の直交する3軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための6軸力覚センサである。本実施の形態の多軸センサ1の構成が、第1の参考例の多軸センサ1と主に異なる点は、第1の参考例では、第1部材2および第2部材3は4つのダイヤフラム4、5、6、7をそれぞれ備えているが、本実施の形態の第1部材2および第2部材3は、1つのダイヤフラム4を備えている点である。

【0155】

本実施の形態の多軸センサ1は、第1部材2と、第2部材3と、作用体16～18とを有している。第1部材2と第2部材3とは、第1部材2の上面と第2部材3の下面とが対向するように配置されている。そして、第1部材2と第2部材3とは、作用体16～18によって連結されている。

【0156】

第1部材2および第2部材3にそれぞれ備えられているダイヤフラム4は、互いに等しい径を有する円形状であると共に、その縁近傍には円環状の肉厚部24が形成されている。また、第1部材2のダイヤフラム4の上面には、円柱形状の3つの作用体16～18が形成されている。作用体16は原点Oを通りY軸負方向からX軸正方向に120度をなす線分CO上、作用体17はY軸上の負方向、作用体18は原点Oを通りY軸負方向からX軸負方向に120度をなす線分DO上において、それぞれ原点Oから等距離に形成されている。そして、作用体16～18の上端部は、溶接により、第1部材2と対向している第2部材3のダイヤフラム4の下面に接合されている。

【0157】

図47に示すように、15個の歪みゲージR11～R35が、第1部材2のダイヤフラム4の下面に配置されている。第2部材2のダイヤフラム4の下面において、作用体16の縁に対応する位置には歪みゲージR11～R14が、作用体17の縁に対応する位置には歪みゲージR21～R24が、作用体18の縁に対応する位置には歪みゲージR31～R34が、ダイヤフラム4の縁部には歪みゲージR15、R25、R35がそれぞれ配置されている。

【0158】

次に、各軸方向ごとに力とモーメントを検出する原理を説明する。直線上に配置された

10

20

30

40

50

複数の歪みゲージから成る歪みゲージ群は、配置された列方向に引っ張りや圧縮の歪みを加えた場合、最も歪みに対する抵抗値の変化の率が大きくなり感度が高くなる。本実施の形態の、歪みゲージ R 1 1、R 1 2、歪みゲージ R 1 3、R 1 4、歪みゲージ R 2 1、R 2 2、歪みゲージ R 2 3、R 2 4、歪みゲージ R 3 1、R 3 2、歪みゲージ R 3 3、R 3 4 からなる 6 個の歪みゲージ群は、それぞれ最も感度が大きくなる方向が異なる。しかし、各歪みゲージ群の感度を X、Y、Z 軸方向のベクトルに分解して考えれば 6 軸成分の力やモーメントを検出することができる。

【 0 1 5 9 】

図 4 7 に示す歪みゲージ R 1 1 ~ R 3 3 に対して図 4 8 に示すブリッジ回路を構成し、定電圧または定電流を加える。ここで、図 4 8 のブリッジ回路に含まれる抵抗 R a ~ R o は、いずれも回路上のダミーの固定抵抗である。なお、各抵抗 R a ~ R o の抵抗値は、各歪みゲージ R 1 1 ~ R 3 3 の抵抗値とほぼ等しいことが好ましい。

10

【 0 1 6 0 】

図 4 8 のフルブリッジ回路により、歪みゲージ R 1 1、R 1 2 で X 軸正方向から Y 軸正方向に 30 度方向の力成分を電圧 V a として検出でき、歪みゲージ R 1 3、R 1 4 で X 軸正方向から Y 軸負方向に 60 度方向の力成分を電圧 V b として検出でき、歪みゲージ R 2 1、R 2 2 で X 軸正方向から Y 軸正方向に 180 度方向の力成分を電圧 V c として検出でき、歪みゲージ R 2 3、R 2 4 で X 軸正方向から Y 軸負方向に 90 度方向の力成分を電圧 V d として検出でき、歪みゲージ R 3 1、R 3 2 で X 軸正方向から Y 軸正方向に 150 度方向の力成分を電圧 V e として検出でき、歪みゲージ R 3 3、R 3 4 で X 軸正方向から Y 軸負方向に 120 度方向の力成分を電圧 V f として検出できる。また、図 4 8 のハーフブリッジ回路により、歪みゲージ R 1 5 で作用体 1 6 の中心の Z 軸方向の力成分を電圧 V z 1 として検出でき、歪みゲージ R 2 5 で作用体 1 7 の中心の Z 軸方向の力成分を電圧 V z 2 として検出でき、歪みゲージ R 3 5 で作用体 1 8 の中心の Z 軸方向の力成分を電圧 V z 1 として検出できる。

20

【 0 1 6 1 】

ここで、フルブリッジ回路からの出力電圧 V a ~ V f を、X 軸及び Y 軸成分のベクトルにそれぞれ分解すると数式 1 5 のように表すことができる。

【 0 1 6 2 】

【 数 1 5 】

$$\begin{aligned} V_a &= (V_{ax}, V_{ay}) = (V_a/2, V_a \cdot \sqrt{3}/2) \\ V_b &= (V_{bx}, V_{by}) = (V_b \cdot \sqrt{3}/2, -V_b/2) \\ V_c &= (V_{cx}, V_{cy}) = (V_c, 0) \\ V_d &= (V_{dx}, V_{dy}) = (0, V_d) \\ V_e &= (V_{ex}, V_{ey}) = (V_e/2, -V_e \cdot \sqrt{3}/2) \\ V_f &= (V_{fx}, V_{fy}) = (V_f \cdot \sqrt{3}/2, V_f/2) \end{aligned}$$

30

【 0 1 6 3 】

したがって、第 2 部材 3 に作用する X 軸方向の合力を F x、Y 軸方向の合力を F y とすると、式 1 6 のように検出することができる。

40

【 0 1 6 4 】

【数 1 6】

$$\begin{aligned}
 F_x &= V_{ax} + V_{bx} + V_{cx} + V_{dx} + V_{ex} + V_{fx} \\
 &= (V_a / 2) + (V_b \cdot \sqrt{3} / 2) + V_c + (V_e / 2) + (V_f \cdot \sqrt{3} / 2) \\
 F_y &= V_{ay} + V_{by} + V_{cy} + V_{dy} + V_{ey} + V_{fy} \\
 &= (V_a \cdot \sqrt{3} / 2) - (V_b / 2) + V_d - (V_e \cdot \sqrt{3} / 2) + (V_f / 2)
 \end{aligned}$$

【0 1 6 5】

10

また、ハーフブリッジ回路の出力電圧 V_{z1} 、 V_{z2} 、 V_{z3} は Z 軸方向の力 F_z に応じて変化する。したがって、力 F_z については、数式 1 7 によって求めることができる。

【0 1 6 6】

【数 1 7】

$$F_z = V_{z1} + V_{z2} + V_{z3}$$

【0 1 6 7】

20

次に、第 2 部材 3 にモーメント M_x を加えた場合、X 軸を中心に回転する力が加えられる。ここでは、Y 軸正の部分を Z 軸負方向から Z 軸正方向に向けて押すと共に、Y 軸負の部分を Z 軸正方向から Z 軸負方向に向けて引っ張るようにモーメント M_x が働くとする。また、原点 O から作用体 1 6 ~ 1 8 の中心までの距離を R とすると、作用体 1 6、1 8 のそれぞれの中心から X 軸までの距離は $R / 2$ となり、作用体 1 7 の中心から X 軸までの距離は R となる。したがって、各作用体 1 6 ~ 1 8 の中心に働く力の方向を考慮すると、X 軸回りのモーメント M_x は数式 1 8 で表される。

【0 1 6 8】

【数 1 8】

$$M_x = (F_{z1} \cdot R / 2) - (F_{z2} \cdot R) + (F_{z3} \cdot R / 2)$$

30

【0 1 6 9】

次に、第 2 部材 3 に対して、X 軸正の部分を Z 軸正方向から Z 軸負方向に向けて押すと共に、X 軸負の部分を Z 軸負方向から Z 軸正方向に向けて引っ張るようにモーメント M_y を加えた場合について考える。ここで、作用体 1 6、1 8 の中心から Y 軸までの距離は $3R / 2$ であり、作用体 1 7 の中心は Y 軸上にある。したがって、各作用体 1 6 ~ 1 8 の中心に働く力の方向を考慮すると、Y 軸回りのモーメント M_y は数式 1 9 で表される。

【0 1 7 0】

【数 1 9】

40

$$\begin{aligned}
 M_y &= (F_{z1} \cdot \sqrt{3}R / 2) + F_{z2} \cdot 0 - (F_{z3} \cdot \sqrt{3}R / 2) \\
 &= \sqrt{3} / 2 (F_{z1} - F_{z3})
 \end{aligned}$$

【0 1 7 1】

次に、第 2 部材 3 に対して、Z 軸右回りのモーメント M_z を加えた場合について考える。このとき、歪みゲージ R 1 3、R 1 4、R 2 1、R 2 2、R 3 3、R 3 4 で構成される 3 つの歪みゲージ群は最も感度の高い方向に歪みが発生する。したがって、図 4 8 の回路の出力電圧 V_b 、 V_c 、 V_f が最も高感度に変化する。一方、歪みゲージ R 1 1、R 1 2、R 2 3、R 2 4、R 3 1、R 3 2 で構成される 3 つの歪みゲージ群は歪みゲージの感度が最も低くなる配列方向である。したがって、図 4 8 の回路の出力電圧 V_a 、 V_d 、 V_e

50

はほとんど変化しない。よって、各作用体 16 ~ 18 の中心に働く力の方向を考慮すると、モーメント M_z は数式 20 で表される。

【0172】

【数20】

$$M_z = -V_b + V_c - V_f$$

【0173】

以上に示す数式 15 ~ 数式 20 を利用して演算を行うことにより、力やモーメントを求めることができる、例えば出力電圧 $V_a \sim V_f$ 及び $V_{z1} \sim V_{z3}$ を AD 変換してマイクロコントローラやコンピュータを利用して演算してもよい。

10

【0174】

以上のように、本実施の形態の多軸センサ 1 では、第 2 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。また、ダイヤフラムに 3 つの作用体を形成することで、多軸の力およびモーメントを算出することができるので、多軸センサ 1 の構成を更に簡易化することができる。

【0175】

以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々な設計変更が可能なものである。例えば、上述の第 1 ~ 第 3 の実施の形態では、歪みゲージを第 1 部材 2 に対して個別に貼り付けているが、これには限られず全ての歪みゲージが一平面に貼り付けられることを利用して、歪みゲージを 1 枚のベース板に集積してダイヤフラム 4 に貼り付けるようにしてもよい。また、歪みゲージや回路を形成する導電性の配線は、ダイヤフラム 4 にスパッタリングや蒸着により薄い絶縁膜を形成し、その上にスパッタリングや蒸着により形成された酸化クロム薄膜であってもよい。このようにして形成された歪みゲージは、一般的な箔歪みゲージに比べてゲージ率が 10 倍以上大きいので、一般的な箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を 10 倍以上大きくすることができる。また、歪みゲージをダイヤフラム 4 に貼り付ける作業工程が簡易化され、作業効率が高まって生産性が飛躍的に向上してコストの低減を図ることができる。

20

30

【0176】

また、上述の第 1 ~ 第 3 の実施の形態では、6 軸の力およびモーメント、あるいは加速度および角加速度を検出する多軸センサについて説明しているが、これに限らず例えば X 軸と Y 軸との 2 方向の力だけを検出する 2 軸センサとして使用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0179】

【図 1】本発明の第 1 の参考例による多軸センサを描いた図であり、(A) は第 2 部材側から Z 軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図、(B) は中央縦断面正面図である。

【図 2】直交座標軸を示す斜視図である。

40

【図 3】多軸センサに力 F_x を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 4】多軸センサに力 F_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 5】多軸センサに力 F_z を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 6】多軸センサに力 F_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 7】多軸センサにモーメント M_x を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 8】多軸センサにモーメント M_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

50

【図 9】多軸センサにモーメント M_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 10】多軸センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 11】第 2 の参考例による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

【図 12】第 3 の参考例によるブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 13】第 4 の参考例による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

【図 14】第 4 の参考例による多軸センサのアンプ回路および判断手順を示すブロック図である。

【図 15】第 5 の参考例による多軸センサの第 2 部材側から Z 軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図である。

10

【図 16】多軸センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 17】多軸センサに力 F_y を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 18】多軸センサに力 F_z を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 19】多軸センサに力 F_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 20】多軸センサにモーメント M_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 21】多軸センサにモーメント M_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 22】多軸センサにモーメント M_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

20

【図 23】第 6 の参考例による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

【図 24】第 6 の参考例による多軸センサを Z 軸の逆方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図である。

【図 25】多軸センサに加速度 a_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 26】多軸センサに加速度 a_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 27】多軸センサに加速度 a_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 28】多軸センサに加速度 a_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

30

【図 29】多軸センサに角加速度 γ_y を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 30】多軸センサに角加速度 γ_y を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 31】多軸センサに角加速度 γ_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 32】多軸センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 33】第 7 の参考例によるブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 34】第 1 の実施の形態による多軸センサを示す平面図である。

【図 35】第 1 の実施の形態による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

40

【図 36】第 2 の実施の形態による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

【図 37】第 2 の実施の形態による多軸センサの第 2 部材側から Z 軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図である。

【図 38】多軸センサに力 F_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 39】多軸センサに力 F_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 40】多軸センサに力 F_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 41】多軸センサに力 F_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 42】多軸センサに力 M_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

50

【図43】多軸センサに力 M_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図44】多軸センサに力 M_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図45】多軸センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図46】多軸センサのダミー回路の一例を示す回路図である。

【図47】第3の実施の形態による多軸センサの第2部材側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図である。

【図48】第3の実施の形態によるブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図49】従来の多軸センサを描いた斜視図である。

10

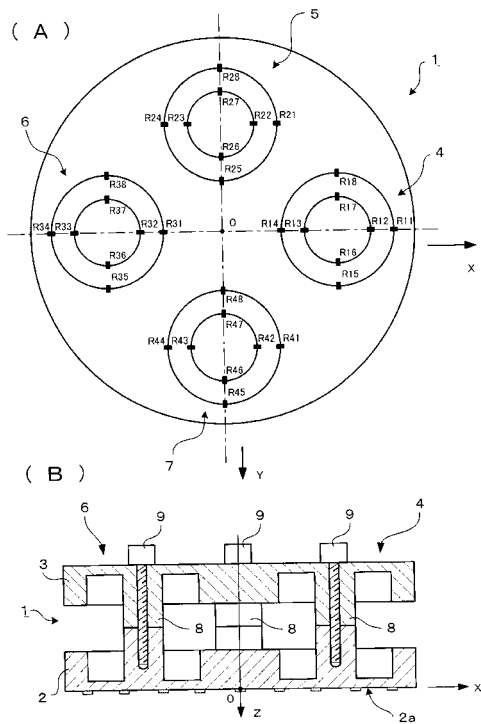
【符号の説明】

【0180】

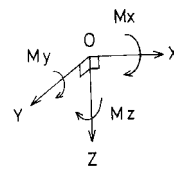
- 1 多軸センサ
- 2 第1部材
- 3 第2部材
- 4, 5, 6, 7 ダイヤフラム
- 8 中心軸
- 10 ピエゾ抵抗素子
- 16, 17, 18, 19 作用体
- R11 ~ R48, R111 ~ R148 歪みゲージ

20

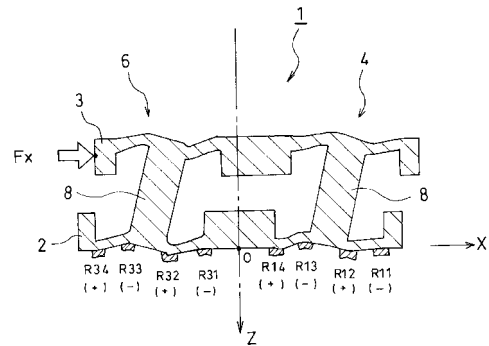
【図1】



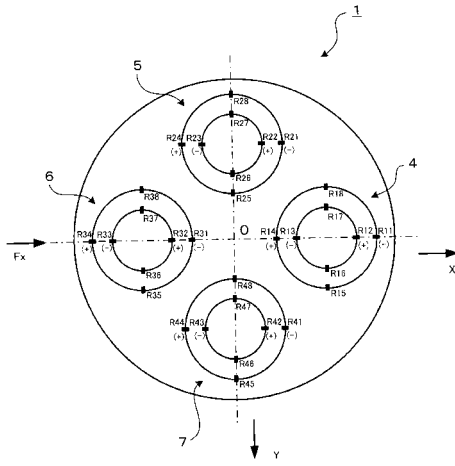
【図2】



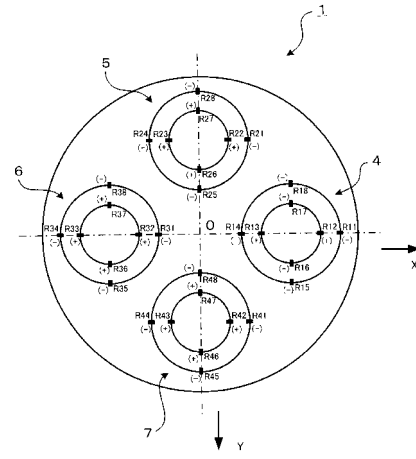
【図3】



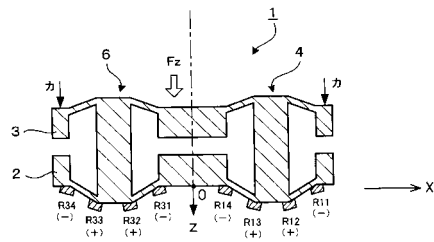
【図4】



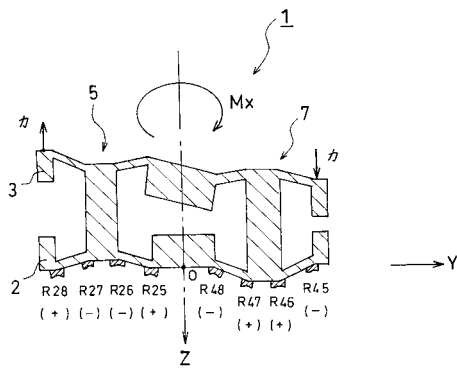
【図6】



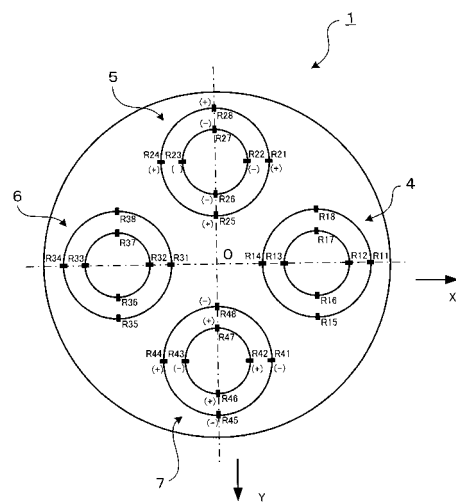
【図5】



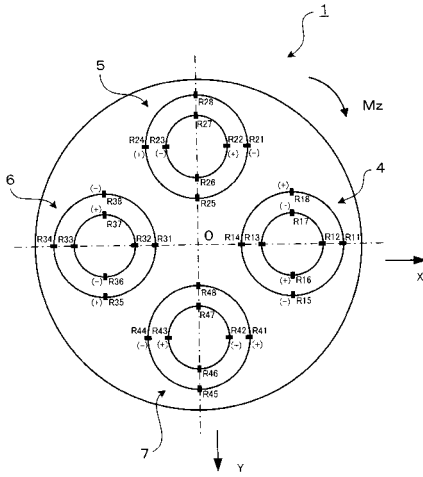
【図7】



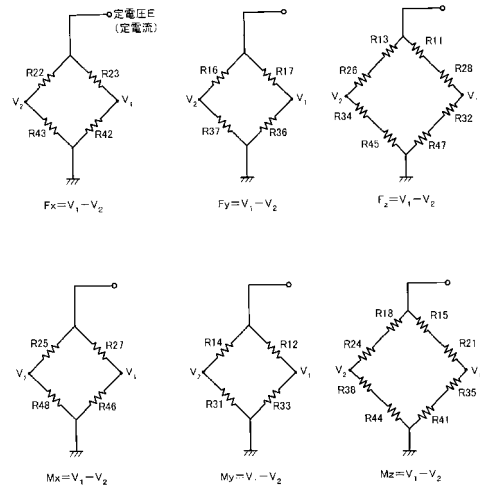
【図8】



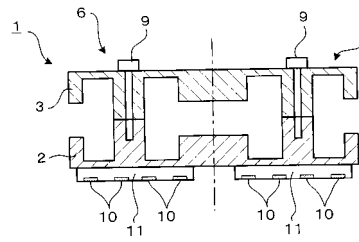
【図9】



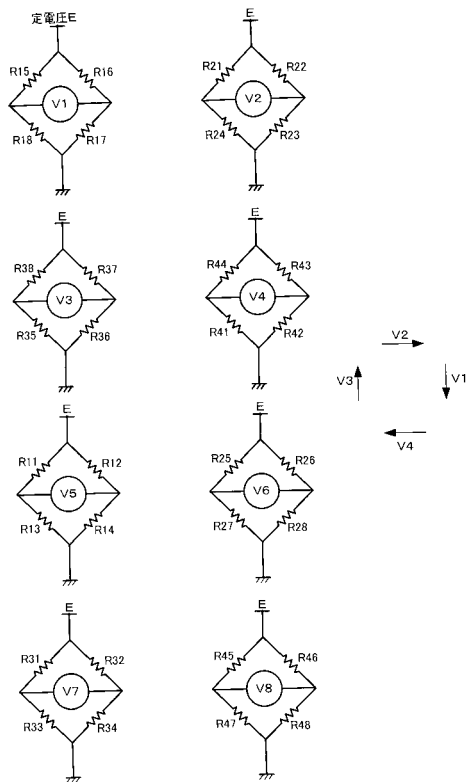
【図10】



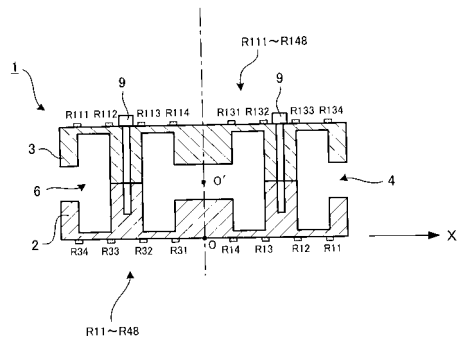
【図11】



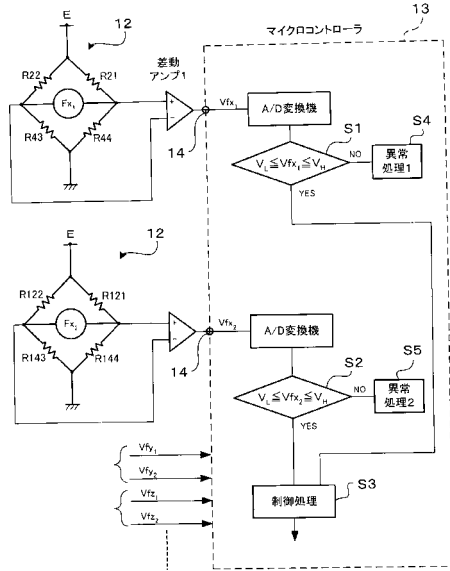
【図12】



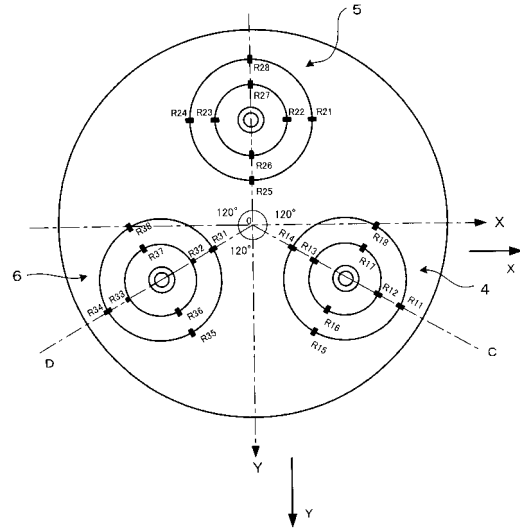
【図13】



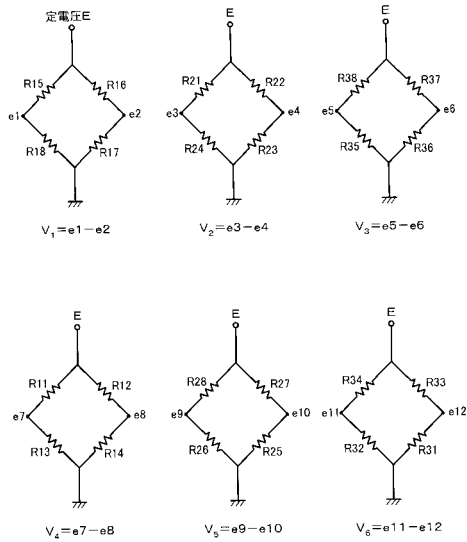
【図14】



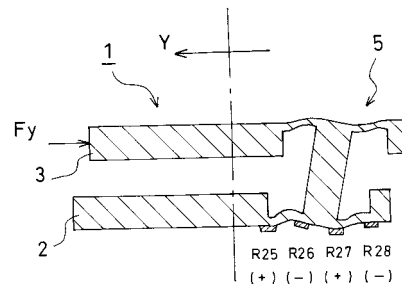
【図15】



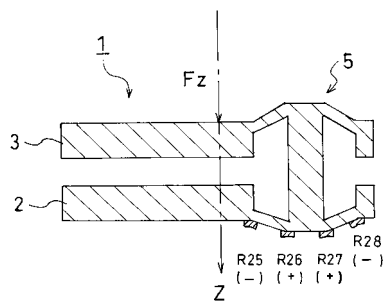
【図16】



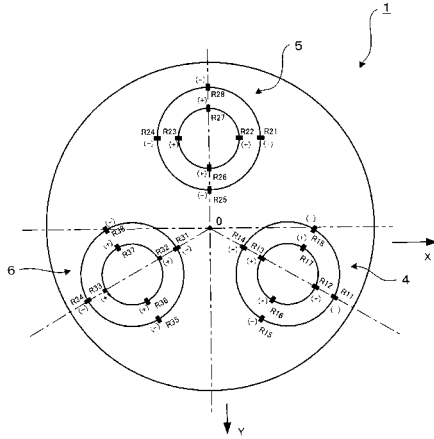
【図17】



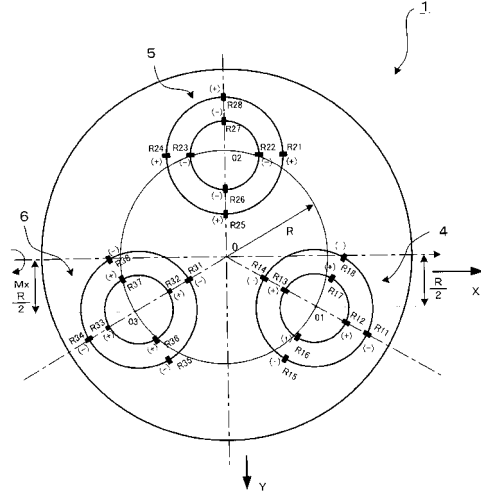
【図18】



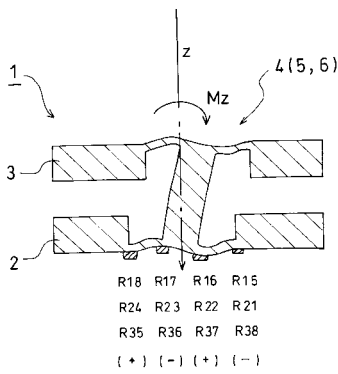
【図19】



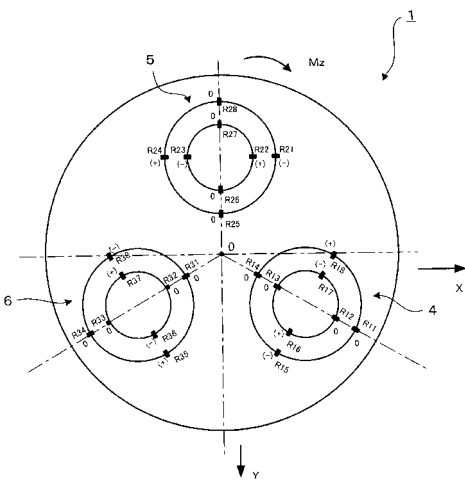
【図20】



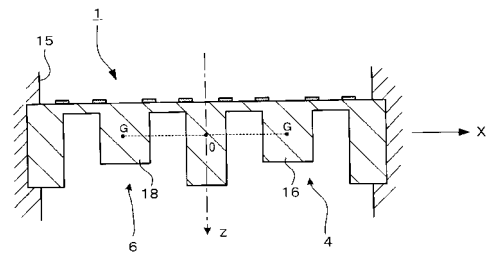
【図21】



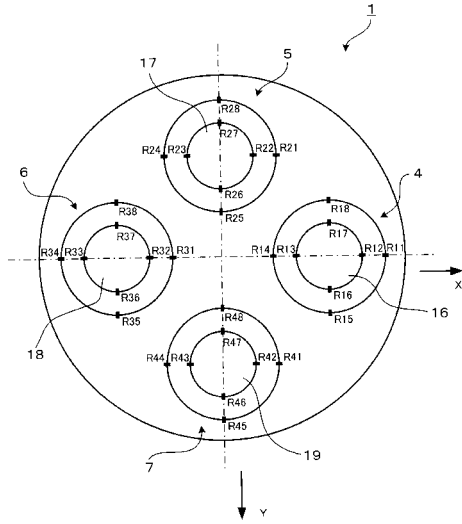
【図22】



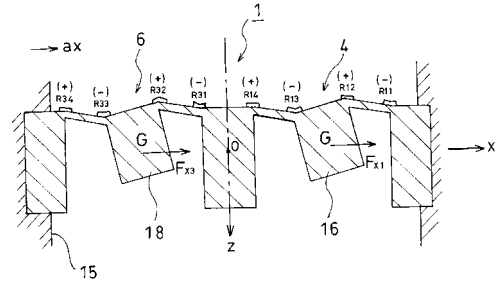
【図23】



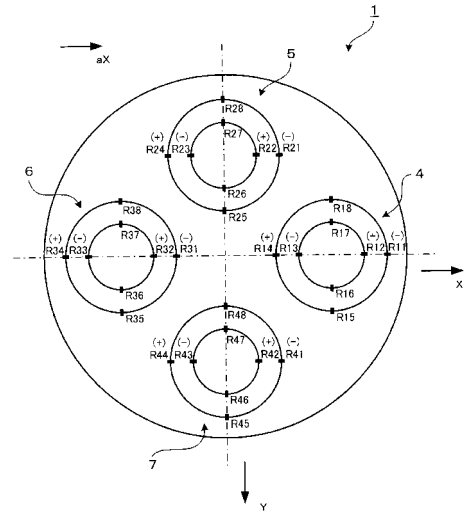
【図 24】



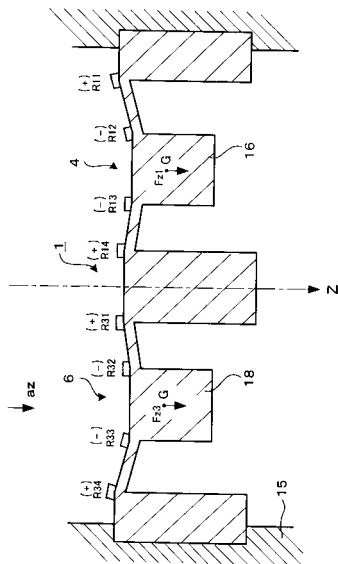
【図 25】



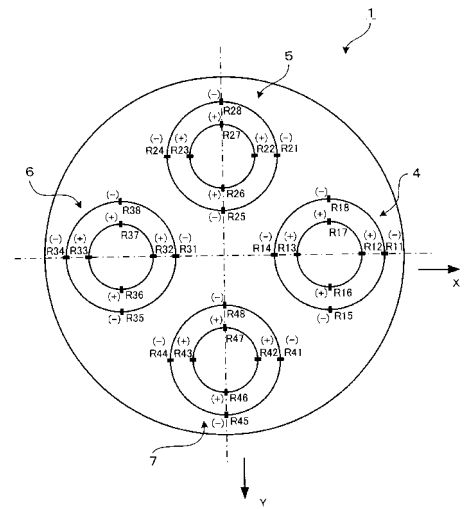
【図 26】



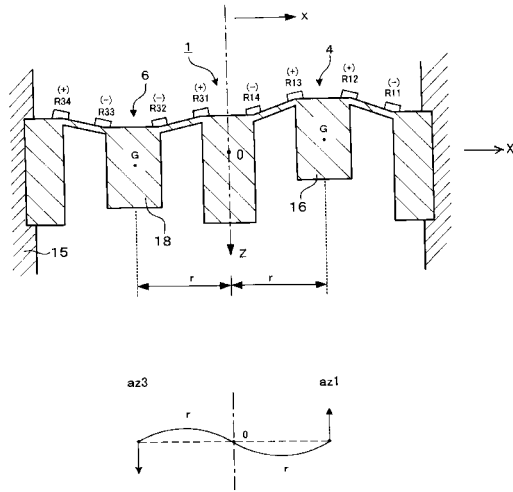
【図 27】



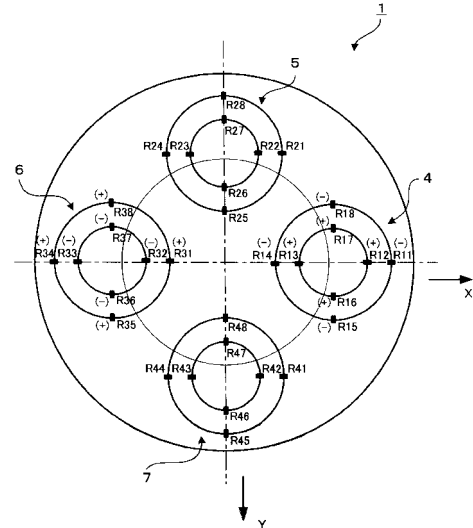
【図 28】



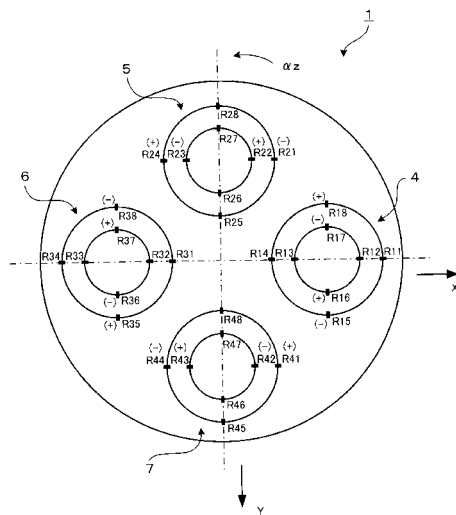
【図 29】



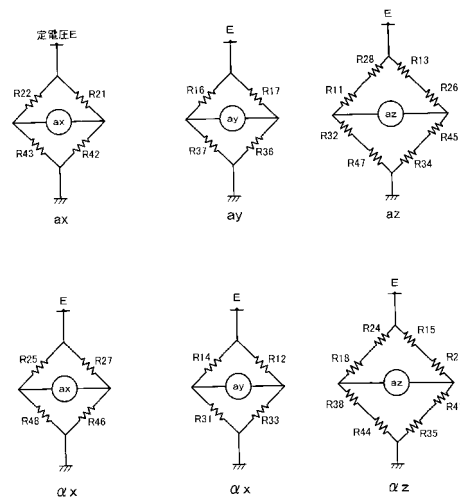
【図 30】



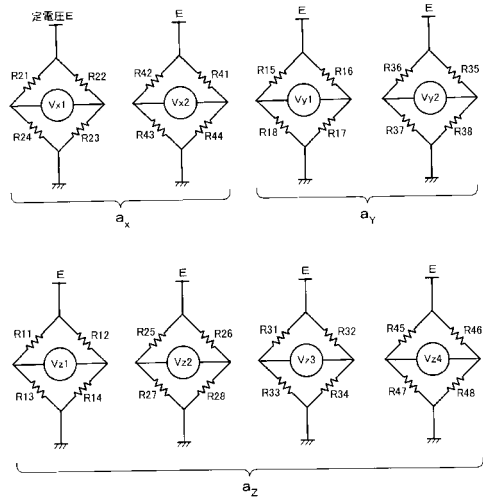
【図 31】



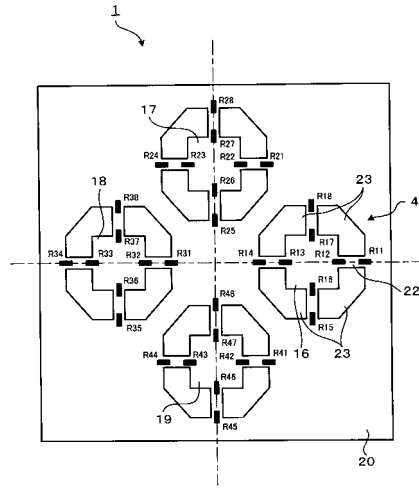
【図 32】



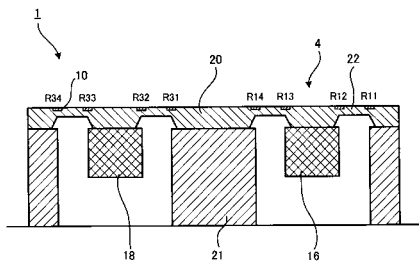
【図 3 3】



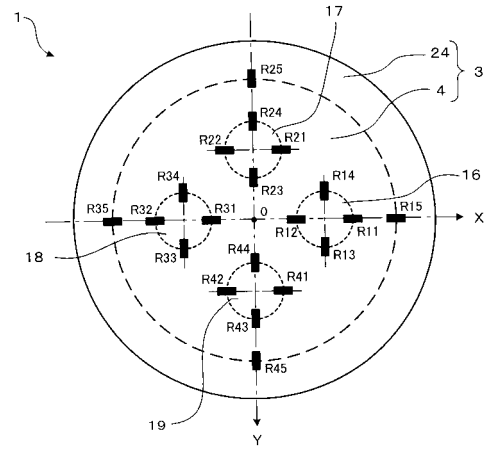
【図 3 4】



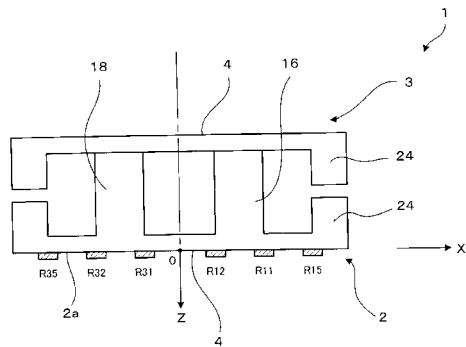
【図 3 5】



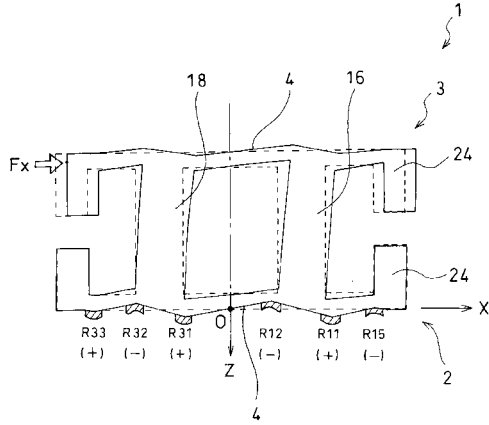
【図 3 7】



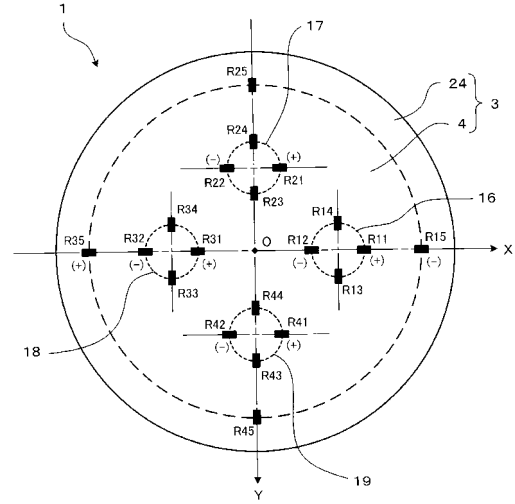
【図 3 6】



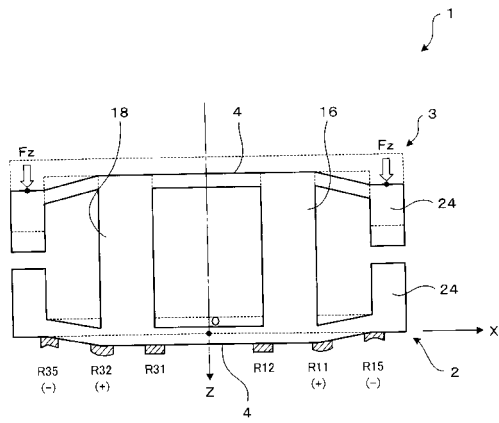
【図38】



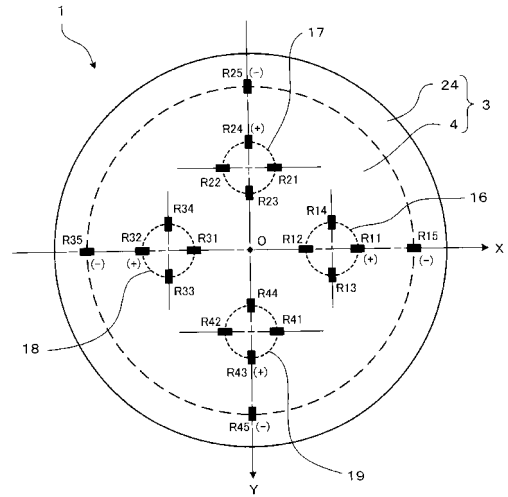
【図39】



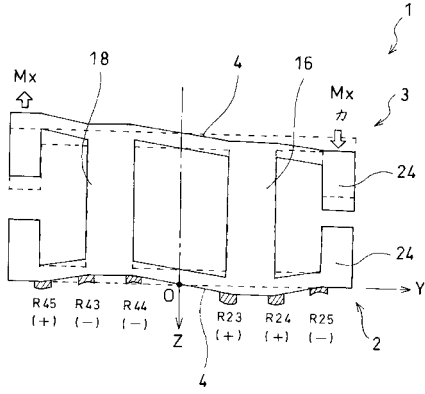
【図40】



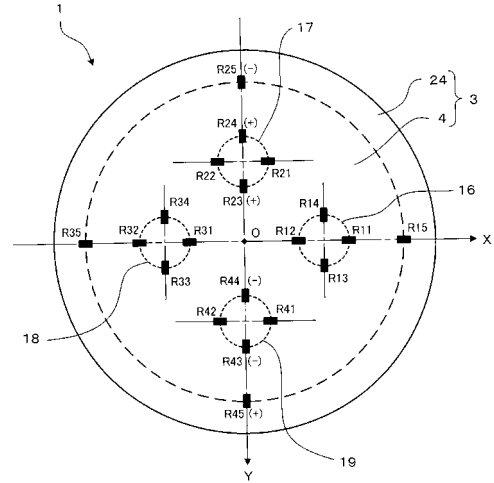
【図41】



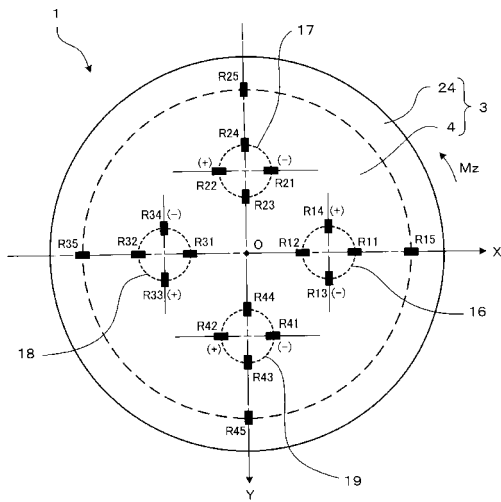
【図 4 2】



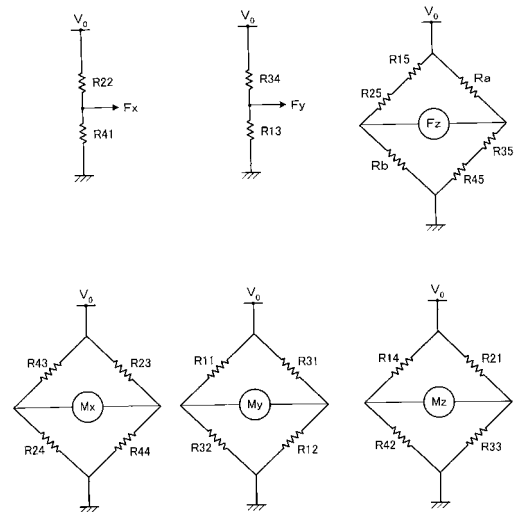
【図 4 3】



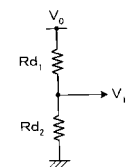
【図 4 4】



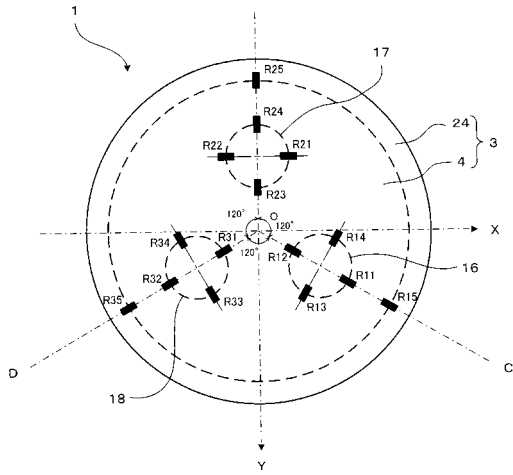
【図 4 5】



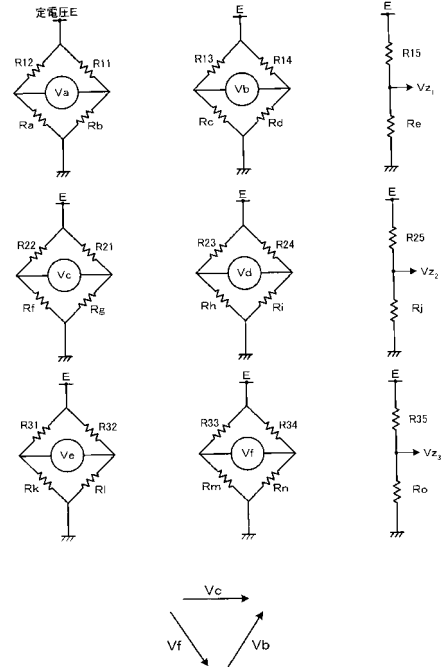
【図 4 6】



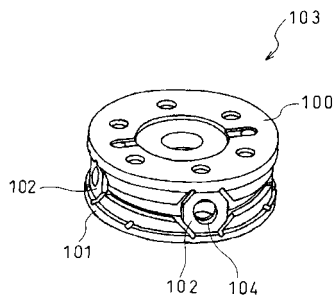
【図47】



【図48】



【図49】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 29/84 B

(56)参考文献 特許第 2 5 8 1 8 2 0 (J P , B 2)
特開平 0 7 - 1 7 4 7 8 6 (J P , A)
特公昭 5 4 - 0 0 9 0 7 4 (J P , B 1)
特許第 2 8 3 8 3 6 1 (J P , B 2)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
G 0 1 L 5 / 1 6
G 0 1 P 1 5 / 0 0