

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6760575号
(P6760575)

(45) 発行日 令和2年9月23日(2020.9.23)

(24) 登録日 令和2年9月7日(2020.9.7)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 L	5/162	(2020.01)	GO 1 L 5/162
HO 1 L	29/84	(2006.01)	HO 1 L 29/84 A
B 8 1 B	3/00	(2006.01)	B 8 1 B 3/00

請求項の数 21 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2017-86966 (P2017-86966)	(73) 特許権者	000114215 ミネベアミツミ株式会社
(22) 出願日	平成29年4月26日(2017.4.26)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73
(65) 公開番号	特開2018-63235 (P2018-63235A)	(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(43) 公開日	平成30年4月19日(2018.4.19)		
審査請求日	令和2年3月23日(2020.3.23)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(31) 優先権主張番号	特願2016-199486 (P2016-199486)	(72) 発明者	山口 真也 東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内
(32) 優先日	平成28年10月7日(2016.10.7)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	審査官	公文代 康祐

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサチップ、起歪体、力覚センサ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

力点に印加された力または変位の向きに応じた、所定の梁に配置された複数の歪検出素子の出力の変化に基づいて、所定の軸方向の変位を最大で6軸検知するセンサチップであって、

基板と、

前記基板の四隅に配置された第1の支持部と、

前記基板の中央に配置された第2の支持部と、

隣接する前記第1の支持部同士を連結する第1の検知用梁と、

各々の前記第1の検知用梁と前記第2の支持部との間に、各々の前記第1の検知用梁に平行に設けられた第2の検知用梁と、

平行に設けられた前記第1の検知用梁及び前記第2の検知用梁の組において、前記第1の検知用梁と前記第2の検知用梁とを連結する第3の検知用梁と、

各々の前記第1の検知用梁と各々の前記第3の検知用梁との交点に配置された、力が印加される力点と、

前記第1の検知用梁、前記第2の検知用梁、及び前記第3の検知用梁の所定位置に配置された複数の歪検出素子と、を有し、

前記基板の厚さ方向であるZ軸方向の変位は、少なくとも前記第3の検知用梁の変形に基づいて検知し、

前記Z軸方向に直交するX軸方向及びY軸方向の変位は、前記第1の検知用梁又は前記

10

20

第2の検知用梁の少なくとも一方の変形に基づいて検知することを特徴とするセンサチップ。

【請求項2】

力点に印加された力または変位の向きに応じた、所定の梁に配置された複数の歪検出素子の出力の変化に基づいて、所定の軸方向の変位を最大で6軸検知するセンサチップであって、

基板と、

前記基板の四隅に配置された第1の支持部と、

前記基板の中央に配置された第2の支持部と、

隣接する前記第1の支持部同士を連結する第1の検知用梁と、

各々の前記第1の検知用梁と前記第2の支持部との間に、各々の前記第1の検知用梁に平行に設けられた第2の検知用梁と、

平行に設けられた前記第1の検知用梁及び前記第2の検知用梁の組において、前記第1の検知用梁と前記第2の検知用梁とを連結する第3の検知用梁と、

各々の前記第1の検知用梁と各々の前記第3の検知用梁との交点に配置された、力が印加される力点と、

前記第1の検知用梁及び前記第2の検知用梁の所定位置に配置された複数の歪検出素子と、を有し、

前記基板の厚さ方向であるZ軸方向の変位は、前記第1の検知用梁又は前記第2の検知用梁の変形に基づいて検知し、

前記Z軸方向に直交するX軸方向及びY軸方向の変位は、前記第1の検知用梁の変形に基づいて検知することを特徴とするセンサチップ。

【請求項3】

前記第1の検知用梁に、前記X軸方向のモーメント及び前記Y軸方向のモーメントを検知する歪検出素子を配置し、

前記第2の検知用梁に、前記X軸方向の力及び前記Y軸方向の力を検知する歪検出素子を配置し、

前記第3の検知用梁に、前記Z軸方向のモーメント及び前記Z軸方向の力を検知する歪検出素子を配置したことを特徴とする請求項1に記載のセンサチップ。

【請求項4】

前記第1の検知用梁に、前記X軸方向のモーメント、前記Y軸方向のモーメント、前記X軸方向の力、前記Y軸方向の力、及び前記Z軸方向のモーメントを検知する歪検出素子を配置し、

前記第2の検知用梁に、前記Z軸方向の力を検知する歪検出素子を配置したことを特徴とする請求項2に記載のセンサチップ。

【請求項5】

前記第1の検知用梁及び前記第2の検知用梁の幅は、前記第3の検知用梁の幅よりも狭く、

前記第1の検知用梁及び前記第2の検知用梁の長さは、前記第3の検知用梁の長さよりも長いことを特徴とする請求項2又は4に記載のセンサチップ。

【請求項6】

前記第1の検知用梁の外側に前記第1の検知用梁と平行に設けられた、隣接する前記第1の支持部同士を連結する第1の補強用梁と、

前記第1の支持部と前記第2の支持部とを連結する第2の補強用梁と、を有し、

前記第2の補強用梁は、前記第1の補強用梁と非平行に配置され、

前記第1の補強用梁及び前記第2の補強用梁は、前記第1の検知用梁、前記第2の検知用梁、及び前記第3の検知用梁よりも厚く形成され、

前記第2の検知用梁は、隣接する前記第2の補強用梁の前記第2の支持部側の端部同士を連結していることを特徴とする請求項1乃至5の何れか一項に記載のセンサチップ。

【請求項7】

10

20

30

40

50

前記第 1 の検知用梁、前記第 2 の検知用梁、及び前記第 3 の検知用梁は、前記第 1 の支持部及び前記第 2 の支持部の厚さ方向の上端側に設けられ、

前記第 1 の支持部及び前記第 2 の支持部の厚さ方向の下端側において、前記第 1 の支持部の下面、前記第 2 の支持部の下面、及び前記力点の下面は面一であり、

前記下端側において、前記第 1 の補強用梁の下面及び前記第 2 の補強用梁の下面は、前記第 1 の支持部の下面、前記第 2 の支持部の下面、及び前記力点の下面よりも前記上端側に窪んでいることを特徴とする請求項 6 に記載のセンサチップ。

【請求項 8】

前記第 1 の補強用梁及び前記第 2 の補強用梁の一方又は双方の上面に、配線が形成されていることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載のセンサチップ。

10

【請求項 9】

前記第 1 の支持部の上面に、前記配線と接続された電極が配置されていることを特徴とする請求項 8 に記載のセンサチップ。

【請求項 10】

前記センサチップは半導体基板から形成され、

歪検出素子と不純物半導体により構成された温度センサを有し、

前記温度センサを構成する前記歪検出素子と、変位検知用の前記歪検出素子とは、前記半導体基板の結晶方位に対して異なる方向に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載のセンサチップ。

【請求項 11】

20

前記第 1 の支持部の上面に、前記温度センサが配置されていることを特徴とする請求項 10 に記載のセンサチップ。

【請求項 12】

所定の軸方向の変位を検知するセンサチップと接着される起歪体であって、

四隅に配置された、印加された力により変形する第 1 の柱と、

中央に配置された、印加された力により変形しない第 2 の柱と、

隣接する前記第 1 の柱同士を連結する、印加された力により変形する 4 つの第 1 の梁と

各々の前記第 1 の梁の内側面から水平方向内側に突出する、前記第 1 の柱及び前記第 1 の梁の変形を前記センサチップに伝達する第 2 の梁と、

30

各々の前記第 1 の梁の長手方向の中央部から上方に突起する、力が印加される 4 つの入力部と、を有することを特徴とする起歪体。

【請求項 13】

前記第 2 の柱の一方の面の四隅に設けられた第 3 の柱と、

前記第 2 の柱の一方の面の中央に設けられた第 4 の柱と、を有することを特徴とする請求項 12 に記載の起歪体。

【請求項 14】

前記第 2 の梁は、各々の前記第 1 の梁の長手方向の中央部の内側面から水平方向内側に突出することを特徴とする請求項 13 に記載の起歪体。

【請求項 15】

40

各々の前記第 2 の梁の先端側に、上方に突起して前記センサチップと接する突起部が設けられていることを特徴とする請求項 13 又は 14 に記載の起歪体。

【請求項 16】

請求項 1 乃至 11 の何れか一項に記載のセンサチップと、請求項 13 乃至 15 の何れか一項に記載の起歪体と、を有する力覚センサ装置であって、

前記センサチップの前記第 1 の支持部が、前記起歪体の前記第 3 の柱上に固定され、

前記センサチップの前記第 2 の支持部が、前記起歪体の前記第 4 の柱上に固定され、

前記センサチップの前記力点が、前記起歪体の前記第 2 の梁の先端側に固定されていることを特徴とする力覚センサ装置。

【請求項 17】

50

前記センサチップは、前記第 1 の柱の上面から突出しないように、前記起歪体に固定されていることを特徴とする請求項 16 に記載の力覚センサ装置。

【請求項 18】

前記センサチップに対して信号の入出力を行う入出力基板を有し、
前記入出力基板は、電極が前記第 1 の柱上に配置されるように前記起歪体に接着されていることを特徴とする請求項 16 又は 17 に記載の力覚センサ装置。

【請求項 19】

前記入出力基板の電極が形成されている領域の裏面は、樹脂により、前記第 1 の柱に接着されていることを特徴とする請求項 18 に記載の力覚センサ装置。

【請求項 20】

4 つの前記入力部に受入力板を設けたことを特徴とする請求項 16 乃至 18 の何れか一項に記載の力覚センサ装置。

【請求項 21】

前記受入力板には 4 つの凹部が設けられ、
前記受入力板は、各々の前記凹部が前記入力部を覆うことで前記起歪体と位置決めされることを特徴とする請求項 20 に記載の力覚センサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサチップ、起歪体、力覚センサ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、金属からなる起歪体に複数の歪ゲージを貼り付け、外力が印加された際の歪みを電気信号に変換することで多軸の力を検出する力覚センサ装置が知られている。しかし、この力覚センサ装置は、歪ゲージを 1 枚ずつ手作業によって貼り付ける必要から、精度や生産性に問題があり、構造上小型化することが困難であった。

【0003】

一方、歪ゲージを歪み検出用の MEMS のセンサチップに置き換えることで、貼り合わせ精度の問題を解消し、かつ小型化を実現する力覚センサ装置が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 4011345 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記の力覚センサ装置では、センサチップの複数の歪み素子からの出力を演算（信号処理）して 6 軸出力を得る必要があり、簡易な方法で多軸出力を得ることができなかつた。

【0006】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、簡易な方法で多軸の変位を検知して出力可能なセンサチップを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本センサチップ（10）は、力点に印加された力または変位の向きに応じた、所定の梁に配置された複数の歪検出素子の出力の変化に基づいて、所定の軸方向の変位を最大で 6 軸検知するセンサチップであって、基板と、前記基板の四隅に配置された第 1 の支持部（11a～11d）と、前記基板の中央に配置された第 2 の支持部（11e）と、隣接する前記第 1 の支持部（11a～11d）同士を連結する第 1 の検知用梁（13a、13d、

10

20

30

40

50

13g、13j)と、各々の前記第1の検知用梁(13a、13d、13g、13j)と前記第2の支持部(11e)との間に、各々の前記第1の検知用梁(13a、13d、13g、13j)に平行に設けられた第2の検知用梁(13b、13e、13h、13k)と、平行に設けられた前記第1の検知用梁(13a、13d、13g、13j)及び前記第2の検知用梁(13b、13e、13h、13k)の組において、前記第1の検知用梁(13a、13d、13g、13j)と前記第2の検知用梁(13b、13e、13h、13k)とを連結する第3の検知用梁(13c、13f、13i、13l)と、各々の前記第1の検知用梁(13a、13d、13g、13j)と各々の前記第3の検知用梁(13c、13f、13i、13l)との交点に配置された、力が印加される力点(14a~14d)と、前記第1の検知用梁(13a、13d、13g、13j)、前記第2の検知用梁(13b、13e、13h、13k)、及び前記第3の検知用梁(13f、13l)の所定位置に配置された複数の歪検出素子(MxR1~MxR4、MyR1~MyR4、MzR1~MzR4、FxR1~FxR4、FyR1~FyR4、FzR1~FzR4)と、を有し、前記基板の厚さ方向であるZ軸方向の変位は、少なくとも前記第3の検知用梁(13f、13l)の変形に基づいて検知し、前記Z軸方向に直交するX軸方向及びY軸方向の変位は、前記第1の検知用梁(13a、13d、13g、13j)又は前記第2の検知用梁(13b、13e、13h、13k)の少なくとも一方の変形に基づいて検知することを要件とする。

10

【0008】

なお、上記括弧内の参照符号は、理解を容易にするために付したものであり、一例にすぎず、図示の態様に限定されるものではない。

20

【発明の効果】

【0009】

開示の技術によれば、簡易な方法で多軸の変位を検知して出力可能なセンサチップを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1の実施の形態に係る力覚センサ装置を例示する斜視図である。

【図2】第1の実施の形態に係る力覚センサ装置のセンサチップ及び起歪体を例示する斜視図である。

30

【図3】センサチップ10をZ軸方向上側から見た図である。

【図4】センサチップ10をZ軸方向下側から見た図である。

【図5】各軸にかかる力及びモーメントを示す符号を説明する図である。

【図6】センサチップ10のピエゾ抵抗素子の配置を例示する図である。

【図7】センサチップ10における電極配置と配線を例示する図である。

【図8】センサチップ10の温度センサを例示する拡大平面図である。

【図9】起歪体20を例示する斜視図である。

【図10】起歪体20を例示する図である。

【図11】力覚センサ装置1の製造工程を例示する図(その1)である。

【図12】力覚センサ装置1の製造工程を例示する図(その2)である。

40

【図13】力覚センサ装置1の製造工程を例示する図(その3)である。

【図14】起歪体に力及びモーメントを印加した際の変形(歪)についてのシミュレーション結果(その1)である。

【図15】起歪体に力及びモーメントを印加した際の変形(歪)についてのシミュレーション結果(その2)である。

【図16】図14及び図15の力及びモーメントを印加した際にセンサチップ10に発生する応力についてのシミュレーション結果(その1)である。

【図17】図14及び図15の力及びモーメントを印加した際にセンサチップ10に発生する応力についてのシミュレーション結果(その2)である。

【図18】図14及び図15の力及びモーメントを印加した際にセンサチップ10に発生

50

する応力についてのシミュレーション結果（その３）である。

【図１９】第１の実施の形態の変形例１に係る力覚センサ装置を例示する斜視図である。

【図２０】第１の実施の形態の変形例１に係る力覚センサ装置を例示する図である。

【図２１】センサチップ５０をＺ軸方向上側から見た図である。

【図２２】センサチップ５０の piezo 抵抗素子の配置を例示する図である。

【図２３】第１の実施の形態の変形例３に係る力覚センサ装置を例示する斜視図である。

【図２４】第１の実施の形態の変形例４に係る力覚センサ装置を例示する斜視図である。

【図２５】センサチップ１１０をＺ軸方向上側から見た図である。

【図２６】センサチップ１１０をＺ軸方向下側から見た図である。

【図２７】センサチップ１１０の piezo 抵抗素子の配置を例示する図である。

10

【図２８】センサチップ１１０における耐荷重の改善について説明する図（その１）である。

【図２９】センサチップ１１０における耐荷重の改善について説明する図（その２）である。

【図３０】センサチップ１１０における耐荷重の改善について説明する図（その３）である。

【図３１】センサチップ１１０における耐荷重の改善について説明する図（その４）である。

【図３２】センサチップ１１０における感度の向上について説明する図である。

【図３３】センサチップ１１０における他軸特性の改善について説明する図（その１）である。

20

【図３４】センサチップ１１０における他軸特性の改善について説明する図（その２）である。

【図３５】力及びモーメントを印加した際にセンサチップ１１０に発生する応力についてのシミュレーション結果（その１）である。

【図３６】力及びモーメントを印加した際にセンサチップ１１０に発生する応力についてのシミュレーション結果（その２）である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

30

【００１２】

第１の実施の形態

（力覚センサ装置１の概略構成）

図１は、第１の実施の形態に係る力覚センサ装置を例示する斜視図である。図２は、第１の実施の形態に係る力覚センサ装置のセンサチップ及び起歪体を例示する斜視図である。図１及び図２を参照するに、力覚センサ装置１は、センサチップ１０と、起歪体２０と、入出力基板３０とを有している。力覚センサ装置１は、例えば、工作機械等に使用されるロボットの腕や指等に搭載される多軸の力覚センサ装置である。

【００１３】

40

センサチップ１０は、起歪体２０の上面側に、起歪体２０から突出しないように接着されている。又、起歪体２０の上面及び側面に、センサチップ１０に対して信号の入出力を行う入出力基板３０の一端側が接着されている。センサチップ１０と入出力基板３０の各電極３１とは、ボンディングワイヤ等（図示せず）により、電氣的に接続されている。入出力基板３０の他端側には、力覚センサ装置１と接続される制御装置等との電氣的な入出力が可能な端子（図示せず）が配列されている。

【００１４】

なお、本実施の形態では、便宜上、力覚センサ装置１において、起歪体２０の入出力基板３０が設けられた側を上側又は一方の側、その反対側を下側又は他方の側とする。又、各部位の起歪体２０の入出力基板３０が設けられた側の面を一方の面又は上面、その反対

50

側の面を他方の面又は下面とする。但し、力覚センサ装置 1 は天地逆の状態 で用いることができ、又は任意の角度で配置することができる。又、平面視とは対象物をセンサチップ 10 の上面の法線方向 (Z 軸方向) から視ることを指し、平面形状とは対象物をセンサチップ 10 の上面の法線方向 (Z 軸方向) から視た形状を指すものとする。

【0015】

(センサチップ 10)

図 3 は、センサチップ 10 を Z 軸方向上側から視た図であり、図 3 (a) は斜視図、図 3 (b) は平面図である。図 4 は、センサチップ 10 を Z 軸方向下側から視た図であり、図 4 (a) は斜視図、図 4 (b) は底面図である。図 4 (b) において、便宜上、同一高さの面を同一の梨地模様で示している。なお、センサチップ 10 の上面の一辺に平行な方向を X 軸方向、垂直な方向を Y 軸方向、センサチップ 10 の厚さ方向 (センサチップ 10 の上面の法線方向) を Z 軸方向としている。X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 軸方向は、互いに直交している。

10

【0016】

図 3 及び図 4 に示すセンサチップ 10 は、1 チップで最大 6 軸を検知できる MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) センサチップであり、SOI (Silicon On Insulator) 基板等の半導体基板から形成されている。センサチップ 10 の平面形状は、例えば、3000 μm 角程度の正方形とすることができる。

【0017】

センサチップ 10 は、柱状の 5 つの支持部 11a ~ 11e を備えている。支持部 11a ~ 11e の平面形状は、例えば、500 μm 角程度の正方形とすることができる。第 1 の支持部である支持部 11a ~ 11d は、センサチップ 10 の四隅に配置されている。第 2 の支持部である支持部 11e は、支持部 11a ~ 11d の中央に配置されている。

20

【0018】

支持部 11a ~ 11e は、例えば、SOI 基板の活性層、BOX 層、及び支持層から形成することができる、それぞれの厚さは、例えば、500 μm 程度とすることができる。

【0019】

支持部 11a と支持部 11b との間には、支持部 11a と支持部 11b とに両端を固定された (隣接する支持部同士を連結する)、構造を補強するための補強用梁 12a が設けられている。支持部 11b と支持部 11c との間には、支持部 11b と支持部 11c とに両端を固定された (隣接する支持部同士を連結する)、構造を補強するための補強用梁 12b が設けられている。

30

【0020】

支持部 11c と支持部 11d との間には、支持部 11c と支持部 11d とに両端を固定された (隣接する支持部同士を連結する)、構造を補強するための補強用梁 12c が設けられている。支持部 11d と支持部 11a との間には、支持部 11d と支持部 11a とに両端を固定された (隣接する支持部同士を連結する)、構造を補強するための補強用梁 12d が設けられている。

【0021】

言い換えれば、第 1 の補強用梁である 4 つの補強用梁 12a、12b、12c、及び 12d が枠状に形成され、各補強用梁の交点をなす角部が、支持部 11b、11c、11d、11a となる。

40

【0022】

支持部 11a の内側の角部と、それに対向する支持部 11e の角部とは、構造を補強するための補強用梁 12e により連結されている。支持部 11b の内側の角部と、それに対向する支持部 11e の角部とは、構造を補強するための補強用梁 12f により連結されている。

【0023】

支持部 11c の内側の角部と、それに対向する支持部 11e の角部とは、構造を補強するための補強用梁 12g により連結されている。支持部 11d の内側の角部と、それに対

50

向する支持部 11e の角部とは、構造を補強するための補強用梁 12h により連結されている。第 2 の補強用梁である補強用梁 12e ~ 12h は、X 軸方向 (Y 軸方向) に対して斜めに配置されている。つまり、補強用梁 12e ~ 12h は、補強用梁 12a、12b、12c、及び 12d と非平行に配置されている。

【0024】

補強用梁 12a ~ 12h は、例えば、SOI 基板の活性層、BOX 層、及び支持層から形成することができる。補強用梁 12a ~ 12h の太さ (短手方向の幅) は、例えば、140 μm 程度とすることができる。補強用梁 12a ~ 12h のそれぞれの上面は、支持部 11a ~ 11e の上面と略面一である。

【0025】

これに対して、補強用梁 12a ~ 12h のそれぞれの下面は、支持部 11a ~ 11e の下面及び力点 14a ~ 14d の下面よりも数 10 μm 程度上面側に窪んでいる。これは、センサチップ 10 を起歪体 20 に接着したときに、補強用梁 12a ~ 12h の下面が起歪体 20 の対向する面と接しないようにするためである。

【0026】

このように、歪を検知するための検知用梁とは別に、検知用梁よりも厚く形成した剛性の強い補強用梁を配置することで、センサチップ 10 全体の剛性を高めることができる。これにより、入力に対して検知用梁以外が変形しづらくなるため、良好なセンサ特性を得ることができる。

【0027】

支持部 11a と支持部 11b との間の補強用梁 12a の内側には、補強用梁 12a と所定間隔を空けて平行に、支持部 11a と支持部 11b とに両端を固定された (隣接する支持部同士を連結する)、歪を検知するための検知用梁 13a が設けられている。

【0028】

検知用梁 13a と支持部 11e との間には、検知用梁 13a 及び支持部 11e と所定間隔を空けて検知用梁 13a と平行に、検知用梁 13b が設けられている。検知用梁 13b は、補強用梁 12e の支持部 11e 側の端部と補強用梁 12f の支持部 11e 側の端部とを連結している。

【0029】

検知用梁 13a の長手方向の略中央部と、それに対向する検知用梁 13b の長手方向の略中央部とは、検知用梁 13a 及び検知用梁 13b と直交するように配置された、歪を検知するための検知用梁 13c により連結されている。

【0030】

支持部 11b と支持部 11c との間の補強用梁 12b の内側には、補強用梁 12b と所定間隔を空けて平行に、支持部 11b と支持部 11c とに両端を固定された (隣接する支持部同士を連結する)、歪を検知するための検知用梁 13d が設けられている。

【0031】

検知用梁 13d と支持部 11e との間には、検知用梁 13d 及び支持部 11e と所定間隔を空けて検知用梁 13d と平行に、検知用梁 13e が設けられている。検知用梁 13e は、補強用梁 12f の支持部 11e 側の端部と補強用梁 12g の支持部 11e 側の端部とを連結している。

【0032】

検知用梁 13d の長手方向の略中央部と、それに対向する検知用梁 13e の長手方向の略中央部とは、検知用梁 13d 及び検知用梁 13e と直交するように配置された、歪を検知するための検知用梁 13f により連結されている。

【0033】

支持部 11c と支持部 11d との間の補強用梁 12c の内側には、補強用梁 12c と所定間隔を空けて平行に、支持部 11c と支持部 11d とに両端を固定された (隣接する支持部同士を連結する)、歪を検知するための検知用梁 13g が設けられている。

【0034】

10

20

30

40

50

検知用梁 1 3 g と支持部 1 1 e との間には、検知用梁 1 3 g 及び支持部 1 1 e と所定間隔を空けて検知用梁 1 3 g と平行に、検知用梁 1 3 h が設けられている。検知用梁 1 3 h は、補強用梁 1 2 g の支持部 1 1 e 側の端部と補強用梁 1 2 h の支持部 1 1 e 側の端部とを連結している。

【 0 0 3 5 】

検知用梁 1 3 g の長手方向の略中央部と、それに対向する検知用梁 1 3 h の長手方向の略中央部とは、検知用梁 1 3 g 及び検知用梁 1 3 h と直交するように配置された、歪を検知するための検知用梁 1 3 i により連結されている。

【 0 0 3 6 】

支持部 1 1 d と支持部 1 1 a との間補強用梁 1 2 d の内側には、補強用梁 1 2 d と所定間隔を空けて平行に、支持部 1 1 d と支持部 1 1 a とに両端を固定された（隣接する支持部同士を連結する）、歪を検知するための検知用梁 1 3 j が設けられている。

10

【 0 0 3 7 】

検知用梁 1 3 j と支持部 1 1 e との間には、検知用梁 1 3 j 及び支持部 1 1 e と所定間隔を空けて検知用梁 1 3 j と平行に、検知用梁 1 3 k が設けられている。検知用梁 1 3 k は、補強用梁 1 2 h の支持部 1 1 e 側の端部と補強用梁 1 2 e の支持部 1 1 e 側の端部とを連結している。

【 0 0 3 8 】

検知用梁 1 3 j の長手方向の略中央部と、それに対向する検知用梁 1 3 k の長手方向の略中央部とは、検知用梁 1 3 j 及び検知用梁 1 3 k と直交するように配置された、歪を検知するための検知用梁 1 3 l により連結されている。

20

【 0 0 3 9 】

検知用梁 1 3 a ~ 1 3 l は、支持部 1 1 a ~ 1 1 e の厚さ方向の上端側に設けられ、例えば、SOI 基板の活性層から形成することができる。検知用梁 1 3 a ~ 1 3 l の太さ（短手方向の幅）は、例えば、75 μm 程度とすることができる。検知用梁 1 3 a ~ 1 3 l のそれぞれの上面は、支持部 1 1 a ~ 1 1 e の上面と略面一である。検知用梁 1 3 a ~ 1 3 l のそれぞれの厚さは、例えば、50 μm 程度とすることができる。

【 0 0 4 0 】

検知用梁 1 3 a の長手方向の中央部の下面側（検知用梁 1 3 a と検知用梁 1 3 c との交点）には、力点 1 4 a が設けられている。検知用梁 1 3 a、1 3 b、及び 1 3 c と力点 1 4 a とにより、1 組の検知ブロックをなしている。

30

【 0 0 4 1 】

検知用梁 1 3 d の長手方向の中央部の下面側（検知用梁 1 3 d と検知用梁 1 3 f との交点）には、力点 1 4 b が設けられている。検知用梁 1 3 d、1 3 e、及び 1 3 f と力点 1 4 b とにより、1 組の検知ブロックをなしている。

【 0 0 4 2 】

検知用梁 1 3 g の長手方向の中央部の下面側（検知用梁 1 3 g と検知用梁 1 3 i との交点）には、力点 1 4 c が設けられている。検知用梁 1 3 g、1 3 h、及び 1 3 i と力点 1 4 c とにより、1 組の検知ブロックをなしている。

【 0 0 4 3 】

40

検知用梁 1 3 j の長手方向の中央部の下面側（検知用梁 1 3 j と検知用梁 1 3 l との交点）には、力点 1 4 d が設けられている。検知用梁 1 3 j、1 3 k、及び 1 3 l と力点 1 4 d とにより、1 組の検知ブロックをなしている。

【 0 0 4 4 】

力点 1 4 a ~ 1 4 d は、外力が印加される箇所であり、例えば、SOI 基板の BOX 層及び支持層から形成することができる。力点 1 4 a ~ 1 4 d のそれぞれの下面は、支持部 1 1 a ~ 1 1 e の下面と略面一である。

【 0 0 4 5 】

このように、力または変位を 4 つの力点 1 4 a ~ 1 4 d から取り入れることで、力の種類毎に異なる梁の変形が得られるため、6 軸の分離性が良いセンサを実現することができ

50

る。

【0046】

なお、センサチップ10において、応力集中を抑制する観点から、内角を形成する部分はR状とすることが好ましい。

【0047】

図5は、各軸にかかる力及びモーメントを示す符号を説明する図である。図5に示すように、X軸方向の力を F_x 、Y軸方向の力を F_y 、Z軸方向の力を F_z とする。又、X軸を軸として回転させるモーメントを M_x 、Y軸を軸として回転させるモーメントを M_y 、Z軸を軸として回転させるモーメントを M_z とする。

【0048】

図6は、センサチップ10の piezo 抵抗素子の配置を例示する図である。4つ力点14a~14dに対応する各検知ブロックの所定位置には、piezo 抵抗素子が配置されている。

【0049】

具体的には、図3及び図6を参照すると、力点14aに対応する検知ブロックにおいて、piezo 抵抗素子 $M_x R_3$ 及び $M_x R_4$ は、検知用梁13aを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁13cを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、piezo 抵抗素子 $F_y R_3$ 及び $F_y R_4$ は、検知用梁13bを長手方向に二等分する線よりも検知用梁13a側であって、かつ、検知用梁13cを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【0050】

又、力点14bに対応する検知ブロックにおいて、piezo 抵抗素子 $M_y R_3$ 及び $M_y R_4$ は、検知用梁13dを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁13fを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、piezo 抵抗素子 $F_x R_3$ 及び $F_x R_4$ は、検知用梁13eを長手方向に二等分する線よりも検知用梁13d側であって、かつ、検知用梁13fを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【0051】

又、 $M_z R_3$ 及び $M_z R_4$ は、検知用梁13fを短手方向に二等分する線よりも検知用梁13e側であって、かつ、検知用梁13fを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、 $F_z R_3$ 及び $F_z R_4$ は、検知用梁13fを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁13fを短手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【0052】

又、力点14cに対応する検知ブロックにおいて、piezo 抵抗素子 $M_x R_1$ 及び $M_x R_2$ は、検知用梁13gを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁13iを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、piezo 抵抗素子 $F_y R_1$ 及び $F_y R_2$ は、検知用梁13hを長手方向に二等分する線よりも検知用梁13g側であって、かつ、検知用梁13iを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【0053】

又、力点14dに対応する検知ブロックにおいて、piezo 抵抗素子 $M_y R_1$ 及び $M_y R_2$ は、検知用梁13jを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁13lを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、piezo 抵抗素子 $F_x R_1$ 及び $F_x R_2$ は、検知用梁13kを長手方向に二等分する線よりも検知用梁13j側であって、かつ、検知用梁13lを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【0054】

又、 $M_z R_1$ 及び $M_z R_2$ は、検知用梁13lを短手方向に二等分する線よりも検知用梁13k側であって、かつ、検知用梁13lを長手方向に二等分する線に対して対称な位置

10

20

30

40

50

置に配置されている。又、 $F_z R 1$ 及び $F_z R 2$ は、検知用梁 $13 l$ を長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁 $13 l$ を短手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【0055】

ここで、 piezo 抵抗素子 $F_x R 1 \sim F_x R 4$ は力 F_x を検出し、 piezo 抵抗素子 $F_y R 1 \sim F_y R 4$ は力 F_y を検出し、 piezo 抵抗素子 $F_z R 1 \sim F_z R 4$ は力 F_z を検出する。又、 piezo 抵抗素子 $M_x R 1 \sim M_x R 4$ はモーメント M_x を検出し、 piezo 抵抗素子 $M_y R 1 \sim M_y R 4$ はモーメント M_y を検出し、 piezo 抵抗素子 $M_z R 1 \sim M_z R 4$ はモーメント M_z を検出する。

【0056】

このように、センサチップ 10 では、各検知ブロックに複数の piezo 抵抗素子を分けて配置している。これにより、力点 $14 a \sim 14 d$ に印加（伝達）された力または変位の向き（軸方向）に応じた、所定の梁に配置された複数の piezo 抵抗素子の出力の変化に基づいて、所定の軸方向の変位を最大で 6 軸検知することができる。

【0057】

具体的には、センサチップ 10 において、Z 軸方向の変位（ M_x 、 M_y 、 F_z ）は、所定の検知用梁の変形に基づいて検知することができる。すなわち、X 軸方向及び Y 軸方向のモーメント（ M_x 、 M_y ）は、第 1 の検知用梁である検知用梁 $13 a$ 、 $13 d$ 、 $13 g$ 、及び $13 j$ の変形に基づいて検知することができる。又、Z 軸方向の力（ F_z ）は、第 3 の検知用梁である検知用梁 $13 f$ 及び $13 l$ の変形に基づいて検知することができる。

【0058】

又、センサチップ 10 において、X 軸方向及び Y 軸方向の変位（ F_x 、 F_y 、 M_z ）は、所定の検知用梁の変形に基づいて検知することができる。すなわち、X 軸方向及び Y 軸方向の力（ F_x 、 F_y ）は、第 2 の検知用梁である検知用梁 $13 b$ 、 $13 e$ 、 $13 h$ 、及び $13 k$ の変形に基づいて検知することができる。又、Z 軸方向のモーメント（ M_z ）は、第 3 の検知用梁である検知用梁 $13 f$ 及び $13 l$ の変形に基づいて検知することができる。

【0059】

各検知用梁の厚みと幅を可変することで、検出感度の均一化や、検出感度の向上等の調整を図ることができる。

【0060】

但し、piezo 抵抗素子の数を減らし、5 軸以下の所定の軸方向の変位を検知するセンサチップとすることも可能である。

【0061】

図 7 は、センサチップ 10 における電極配置と配線を例示する図であり、センサチップ 10 を Z 軸方向上側から見た平面図である。図 7 に示すように、センサチップ 10 は、電気信号を取り出すための複数の電極 15 を有している。各電極 15 は、力点 $14 a \sim 14 d$ に力が印加された際の歪みが最も少ない、センサチップ 10 の支持部 $11 a \sim 11 d$ の上面に配置されている。各 piezo 抵抗素子から電極 15 までの配線 16 は、各補強用梁上及び各検知用梁上を適宜引き回すことができる。

【0062】

このように、各補強用梁は、必要に応じて配線を引き出す際の迂回路としても利用するため、検知用梁とは別に補強用梁を配置することで、配線設計の自由度を向上することができる。これにより、各 piezo 抵抗素子を、より理想的な位置に配置することが可能となる。

【0063】

図 8 は、センサチップ 10 の温度センサを例示する拡大平面図である。図 7 及び図 8 に示すように、センサチップ 10 は、歪み検出用に用いる piezo 抵抗素子に温度補正を行うための温度センサ 17 を備えている。温度センサ 17 は、4 つの piezo 抵抗素子 $TR 1$ 、 $TR 2$ 、 $TR 3$ 、及び $TR 4$ がブリッジ接続された構成である。

10

20

30

40

50

【0064】

piezo抵抗素子TR1、TR2、TR3、及びTR4のうち、対向する2つは歪み検出用に用いるpiezo抵抗素子M×R1等と同一特性とされている。又、piezo抵抗素子TR1、TR2、TR3、及びTR4のうち、対向する他の2つは、不純物半導体により不純物濃度を変えることで、piezo抵抗素子M×R1等と異なる特性とされている。これにより、温度変化によりブリッジのバランスが崩れるため、温度検出が可能となる。

【0065】

なお、歪み検出用に用いるpiezo抵抗素子(M×R1等)は、全て、センサチップ10を構成する半導体基板(シリコン等)の結晶方位に水平又は垂直に配置されている。これにより、同じ歪みに対して、より大きな抵抗の変化を得ることができ、印加される力及びモーメントの測定精度を向上させることが可能となる。

10

【0066】

これに対して、温度センサ17を構成するpiezo抵抗素子TR1、TR2、TR3、及びTR4は、センサチップ10を構成する半導体基板(シリコン等)の結晶方位に対して45度傾けて配置されている。これにより、応力に対する抵抗変化を低減できるため、温度変化のみを精度よく検知できる。

【0067】

又、温度センサ17は、力点14a~14dに力が印加された際の歪みが最も少ない、センサチップ10の支持部11aの上面に配置されている。これにより、応力に対する抵抗変化をいっそう低減できる。

20

【0068】

なお、piezo抵抗素子は、本発明にかかる歪検出素子の代表的な一例である。

【0069】

(起歪体20)

図9は、起歪体20を例示する斜視図である。図10は、起歪体20を例示する図であり、図10(a)は平面図、図10(b)は図10(a)のA-A線に沿う断面斜視図である。図10(a)において、便宜上、同一高さの面を同一の梨地模様で示している。

【0070】

図9及び図10に示すように、起歪体20において、土台21上の四隅には、第1の柱である4本の柱22a~22dが配置され、隣接する柱同士を連結する第1の梁である4本の梁23a~23dが棒状に設けられている。又、土台21上の中央には、第2の柱である柱22eが配置されている。柱22eは、センサチップ10を固定するための柱であり、柱22a~22dよりも太くて短く形成されている。なお、センサチップ10は、柱22a~22dの上面から突出しないように、柱22e上に固定される。

30

【0071】

起歪体20の概略形状は、例えば、縦5000µm程度、横5000µm程度、高さ7000µm程度の直方体状とすることができる。柱22a~22dの横断面形状は、例えば、1000µm角程度の正方形とすることができる。柱22eの横断面形状は、例えば、2000µm角程度の正方形とすることができる。

【0072】

梁23a~23dのそれぞれの上面の長手方向の中央部には、梁23a~23dの長手方向の中央部から上方に突起する突起部が設けられ、突起部上に、例えば円柱状の入力部24a~24dが設けられている。入力部24a~24dは外部から力が印加される部分であり、入力部24a~24dに力が印加されると、それに応じて梁23a~23d及び柱22a~22dが変形する。

40

【0073】

なお、柱22eは、印加された力により変形する梁23a~23dや、印加された力により変形する柱22a~22dとは分離されているため、入力部24a~24dに力が印加されても可動することはない(印加された力により変形しない)。

【0074】

50

このように、4つの入力部24a～24dを設けることで、例えば1つの入力部の構造と比較して、梁23a～23dの耐荷重を向上することができる。

【0075】

柱22eの上面の四隅には第3の柱である4本の柱25a～25dが配置され、柱22eの上面の中央部には第4の柱である柱25eが配置されている。柱25a～25eは、同一の高さに形成されている。

【0076】

すなわち、柱25a～25eのそれぞれの上面は、同一平面上に位置している。柱25a～25eのそれぞれの上面は、センサチップ10の下面と接着される接合部となる。柱25a～25eは印加された力により変形する梁23a～23dや、印加された力により変形する柱22a～22dとは分離されているため、入力部24a～24dに力が印加されても可動することはない（印加された力により変形しない）。

【0077】

梁23a～23dのそれぞれの内側面の長手方向の中央部には、梁23a～23dのそれぞれの内側面から水平方向内側に突出する梁26a～26dが設けられている。梁26a～26dは、梁23a～23dや柱22a～22dの変形をセンサチップ10に伝達する第2の梁である。又、梁26a～26dのそれぞれの上面の先端側には、梁26a～26dのそれぞれの上面の先端側から上方に突起する突起部27a～27dが設けられている。

【0078】

突起部27a～27dは、同一の高さに形成されている。すなわち、突起部27a～27dのそれぞれの上面は、同一平面上に位置している。突起部27a～27dのそれぞれの上面は、センサチップ10の下面と接着される接合部となる。梁26a～26d及び突起部27a～27dは、可動部となる梁23a～23dと連結されているため、入力部24a～24dに力が印加されると、それに応じて変形する。

【0079】

なお、入力部24a～24dに力が印加されていない状態では、柱25a～25eのそれぞれの上面と、突起部27a～27dのそれぞれの上面とは、同一平面上に位置している。

【0080】

起歪体20において、土台21、柱22a～22e、梁23a～23d、入力部24a～24d、柱25a～25e、梁26a～26d、及び突起部27a～27dの各部位は、剛性を確保しかつ精度良く作製する観点から、一体に形成されていることが好ましい。起歪体20の材料としては、例えば、SUS（ステンレス鋼）等の硬質な金属材料を用いることができる。中でも、特に硬質で機械的強度の高いSUS630を用いることが好ましい。

【0081】

このように、センサチップ10と同様に、起歪体20も柱と梁とを備えた構造とすることで、印加される力によって6軸それぞれで異なる変形を示すため、6軸の分離性が良い変形をセンサチップ10に伝えることができる。

【0082】

すなわち、起歪体20の入力部24a～24dに印加された力を、柱22a～22d、梁23a～23d、及び梁26a～26dを介してセンサチップ10に伝達し、センサチップ10で変位を検知する。そして、センサチップ10において、1つの軸につき1個ずつ形成されたブリッジ回路から各軸の出力を得ることができる。

【0083】

なお、起歪体20において、応力集中を抑制する観点から、内角を形成する部分はR状とすることが好ましい。

【0084】

（力覚センサ装置1の製造工程）

10

20

30

40

50

図11～図13は、力覚センサ装置1の製造工程を例示する図である。まず、図11(a)に示すように、起歪体20を作製する。起歪体20は、例えば、成形や切削、ワイヤ放電等により一体に形成することができる。起歪体20の材料としては、例えば、SUS(ステンレス鋼)等の硬質な金属材料を用いることができる。中でも、特に硬質で機械的強度の高いSUS630を用いることが好ましい。起歪体20を成形により作製する場合には、例えば、金属粒子とバインダーとなる樹脂とを金型に入れて成形し、その後、焼結して樹脂を蒸発させることで、金属からなる起歪体20を作製できる。

【0085】

次に、図11(b)に示す工程では、柱25a～25eの上面、及び突起部27a～27dの上面に接着剤41を塗布する。接着剤41としては、例えば、エポキシ系の接着剤等を用いることができる。外部から印加される力に対する耐力の点から、接着剤41はヤング率1GPa以上で厚さ20μm以下であることが好ましい。

10

【0086】

次に、図12(a)に示す工程では、センサチップ10を作製する。センサチップ10は、例えば、SOI基板を準備し、準備した基板にエッチング加工(例えば、反応性イオンエッチング等)等を施す周知の方法により作製できる。又、電極や配線は、例えば、基板の表面にスパッタ法等により銅等の金属膜を成膜後、金属膜をフォトリソグラフィによってパターンングすることにより作製できる。

【0087】

次に、図12(b)に示す工程では、センサチップ10の下面が柱25a～25eの上面、及び突起部27a～27dの上面に塗布された接着剤41と接するように、センサチップ10を起歪体20内に加圧しながら配置する。そして、接着剤41を所定温度に加熱して硬化させる。これにより、センサチップ10が起歪体20内に固定される。具体的には、センサチップ10の支持部11a～11dが各々柱25a～25e上に固定され、支持部11eが柱25e上に固定され、力点14a～14dが各々突起部27a～27d上に固定される。

20

【0088】

次に、図13(a)に示す工程では、柱22a～22dの上面に、接着剤42を塗布する。接着剤42としては、例えば、エポキシ系の接着剤等を用いることができる。なお、接着剤42は、入出力基板30を起歪体20上に固定するためのものであり、外部から力が印加されないため、汎用の接着剤を用いることができる。

30

【0089】

次に、図13(b)に示す工程では、入出力基板30を準備し、入出力基板30の下面が柱22a～22dの上面に塗布された接着剤42と接するように、入出力基板30を起歪体20上に配置する。そして、入出力基板30を起歪体20側に加圧しながら接着剤42を所定温度に加熱して硬化させる。これにより、入出力基板30が起歪体20に固定される。

【0090】

なお、入出力基板30は、センサチップ10及び入力部24a～24dを露出するように起歪体20に固定される。入出力基板30の各電極31は、入力部24a～24dに力が印加された際の歪みが最も少ない、起歪体20の柱22a～22d上に配置することが好ましい。

40

【0091】

その後、入出力基板30の起歪体20から水平方向にはみ出した部分(入力端子側を除く)を、起歪体20の側面側に折り曲げる。そして、入出力基板30とセンサチップ10の対応する部分をボンディングワイヤ等(図示せず)により電氣的に接続する。これにより、図1に示す力覚センサ装置1が完成する。

【0092】

このように、力覚センサ装置1は、センサチップ10、起歪体20、及び入出力基板30の3部品のみで作製できるため、組み立てが容易であり、かつ位置合わせ箇所も最低限

50

で済むため、実装起因による精度の劣化を抑制できる。

【 0 0 9 3 】

又、起歪体 2 0 において、センサチップ 1 0 との接続箇所（柱 2 5 a ~ 2 5 e の上面、及び突起部 2 7 a ~ 2 7 d の上面）は全て同一平面にあるため、起歪体 2 0 に対するセンサチップ 1 0 の位置合わせが 1 度で済み、起歪体 2 0 にセンサチップ 1 0 を実装することが容易である。

【 0 0 9 4 】

（応力のシミュレーション）

図 1 4 及び図 1 5 は、起歪体 2 0 に力及びモーメントを印加した際の変形（歪）についてのシミュレーション結果である。力及びモーメントは、起歪体 2 0 の入力部 2 4 a ~ 2 4 d（図 9 等参照）から印加した。又、図 1 6 ~ 図 1 8 は、図 1 4 及び図 1 5 の力及びモーメントを印加した際にセンサチップ 1 0 に発生する応力についてのシミュレーション結果である。図 1 6 ~ 図 1 8 において、引張の垂直応力を『 + 』、圧縮の垂直応力を『 - 』で示している。

10

【 0 0 9 5 】

X 軸に沿って X 1 から X 2 の方向に力 F_x が印加された場合は、起歪体 2 0 は図 1 4 に示すように変形し、センサチップ 1 0 には図 1 6 (a) のような応力が発生する。具体的には、力 F_x の印加により、検知用梁 1 3 k 及び 1 3 e が力 F_x の方向に歪む。

【 0 0 9 6 】

ここで、 piezo 抵抗素子 $F_x R_1$ 及び $F_x R_2$ は、検知用梁 1 3 k の長手方向の中心よりも X 1 側に位置しているため、引張の垂直応力が発生して抵抗値が増加する。一方、 piezo 抵抗素子 $F_x R_3$ 及び $F_x R_4$ は、検知用梁 1 3 e の長手方向の中心よりも X 2 側に位置しているため、圧縮の垂直応力が発生して抵抗値が減少する。これにより、 piezo 抵抗素子 $F_x R_1 \sim F_x R_4$ のバランスが崩れるため、図 1 6 (a) に示すブリッジ回路から電圧が出力され、力 F_x を検出することができる。

20

【 0 0 9 7 】

なお、検知用梁 1 3 d 及び 1 3 j も力 F_x の方向に歪むが、 piezo 抵抗素子 $M_y R_1$ 及び $M_y R_2$ 、並びに piezo 抵抗素子 $M_y R_3$ 及び $M_y R_4$ の位置では、ほとんど応力が生じないか、或いは同方向の応力が生じる。そのため、ブリッジのバランスが維持され、図 1 8 (a) に示すモーメント M_y のブリッジ回路からは電圧は出力されない。

30

【 0 0 9 8 】

Y 軸に沿って Y 1 から Y 2 の方向に力 F_y が印加された場合は、センサチップ 1 0 には図 1 6 (b) のような応力が発生する。具体的には、力 F_y の印加により、検知用梁 1 3 b 及び 1 3 h が力 F_y の方向に歪む。

【 0 0 9 9 】

ここで、 piezo 抵抗素子 $F_y R_3$ 及び $F_y R_4$ は、検知用梁 1 3 b の長手方向の中心よりも Y 1 側に位置しているため、引張の垂直応力が発生して抵抗値が増加する。一方、 piezo 抵抗素子 $F_y R_1$ 及び $F_y R_2$ は、検知用梁 1 3 h の長手方向の中心よりも Y 2 側に位置しているため、圧縮の垂直応力が発生して抵抗値が減少する。これにより、 piezo 抵抗素子 $F_y R_1 \sim F_y R_4$ のバランスが崩れるため、図 1 6 (b) に示すブリッジ回路から電圧が出力され、力 F_y を検出することができる。

40

【 0 1 0 0 】

なお、モーメント M_y と同様の理由により、図 1 7 (b) に示すモーメント M_x のブリッジ回路からは電圧は出力されない。

【 0 1 0 1 】

Z 軸に沿って Z 2 から Z 1 の方向に力 F_z が印加された場合は、起歪体 2 0 は図 1 4 に示すように変形し、センサチップ 1 0 には図 1 7 (a) のような応力が発生する。具体的には、力 F_z の印加により、検知用梁 1 3 a、1 3 b、1 3 g、1 3 h、1 3 d、1 3 e、1 3 j、1 3 k、1 3 c、1 3 f、1 3 l、及び 1 3 i が力 F_z の方向に歪む。

【 0 1 0 2 】

50

ここで、 piezo抵抗素子 $F_z R 1$ 及び $F_z R 4$ には引張の垂直応力が発生して抵抗値が増加する。又、 piezo抵抗素子 $F_z R 2$ 及び $F_z R 3$ には圧縮の垂直応力が発生して抵抗値が減少する。これにより、 piezo抵抗素子 $F_z R 1 \sim F_z R 4$ のバランスが崩れるため、図 17 (a) に示すブリッジ回路により、力 F_z を検出することができる。

【 0 1 0 3 】

なお、上記と同様の理由により、図 16 (a) に示す力 F_x のブリッジ回路、図 16 (b) に示す力 F_y のブリッジ回路、図 17 (b) に示すモーメント M_x のブリッジ回路、及び図 18 (a) に示すモーメント M_y のブリッジ回路、図 18 (b) に示すモーメント M_z のブリッジ回路からは電圧は出力されない。

【 0 1 0 4 】

X 軸を回転軸として $Y 2 - Z 2 - Y 1$ の方向にモーメント M_x が印加された場合は、センサチップ 10 には図 17 (b) のような応力が発生する。具体的には、モーメント M_x の印加により、検知用梁 13 g 及び 13 a がモーメント M_x の方向に歪む。そのため、 piezo抵抗素子 $M_x R 1$ 及び $M_x R 2$ には引張の垂直応力が発生して抵抗値が増加する。又、 piezo抵抗素子 $M_x R 3$ 及び $M_x R 4$ には圧縮の垂直応力が発生して抵抗値が減少する。これにより、 piezo抵抗素子 $M_x R 1 \sim M_x R 4$ のバランスが崩れるため、図 17 (b) に示すブリッジ回路により、モーメント M_x を検出することができる。

【 0 1 0 5 】

なお、上記と同様の理由により、図 16 (b) に示す力 F_y のブリッジ回路からは電圧は出力されない。

【 0 1 0 6 】

Y 軸を回転軸として $X 1 - Z 2 - X 2$ の方向にモーメント M_y が印加された場合は、起歪体 20 は図 15 に示すように変形し、センサチップ 10 には図 18 (a) のような応力が発生する。具体的には、モーメント M_y の印加により、検知用梁 13 j 及び 13 d がモーメント M_y の方向に歪む。

【 0 1 0 7 】

ここで、 piezo抵抗素子 $M_y R 1$ 及び $M_y R 2$ には引張の垂直応力が発生して抵抗値が増加する。又、 piezo抵抗素子 $M_y R 3$ 及び $M_y R 4$ には圧縮の垂直応力が発生して抵抗値が減少する。これにより、 piezo抵抗素子 $M_y R 1 \sim M_y R 4$ のバランスが崩れるため、図 18 (a) に示すブリッジ回路により、モーメント M_y を検出することができる。

【 0 1 0 8 】

なお、上記と同様の理由により、図 16 (a) に示す力 F_x のブリッジ回路からは電圧は出力されない。

【 0 1 0 9 】

Z 軸を回転軸として $X 2 - Y 2 - X 1$ の方向にモーメント M_z が印加された場合は、起歪体 20 は図 15 に示すように変形し、センサチップ 10 には図 18 (b) のような応力が発生する。具体的には、モーメント M_z の印加により、検知用梁 13 a、13 b、13 g、13 h、13 d、13 e、13 j、13 k、13 c、13 f、13 l、及び 13 i がモーメント M_z の方向に歪む。

【 0 1 1 0 】

ここで、 piezo抵抗素子 $M_z R 1$ 及び $M_z R 4$ には引張の垂直応力が発生して抵抗値が増加する。又、 piezo抵抗素子 $M_z R 2$ 及び $M_z R 3$ には圧縮の垂直応力が発生して抵抗値が減少する。これにより、 piezo抵抗素子 $M_z R 1 \sim M_z R 4$ のバランスが崩れるため、図 18 (b) に示すブリッジ回路により、モーメント M_z を検出することができる。

【 0 1 1 1 】

なお、上記と同様の理由により、図 16 (a) に示す力 F_x のブリッジ回路、図 16 (b) に示す力 F_y のブリッジ回路、図 17 (b) に示すモーメント M_x のブリッジ回路、図 18 (a) に示すモーメント M_y のブリッジ回路からは電圧は出力されない。

【 0 1 1 2 】

このように、センサチップ 10 では、力点に変位（力又はモーメント）が入力されると

10

20

30

40

50

、入力に応じた曲げ及び捩れの応力が所定の検知用梁に発生する。発生した応力により検知用梁の所定位置に配置されたピエゾ抵抗素子の抵抗値が変化し、センサチップ10に形成された各ブリッジ回路からの出力電圧を電極15から得ることができる。更に、電極15の出力電圧は、入出力基板30を経由して外部で得ることができる。

【0113】

又、センサチップ10では、1つの軸につき1個のブリッジ回路が形成されているため、出力の合成を伴わずに各軸の出力を得ることができる。これにより、複雑な計算や信号処理を必要としない簡易な方法で多軸の変位を検知して出力可能となる。

【0114】

又、ピエゾ抵抗素子を入力の種類により異なる検知用梁に分けて配置している。これにより、該当する検知用梁の剛性(厚みや幅)を変更することで、任意の軸の感度を独立して調整することができる。

10

【0115】

なお、本明細書における、『平行』、『垂直』、『直交』、『同一平面』等の文言は、厳密な意味での『平行』、『垂直』、『直交』、『同一平面』等のみでなく、実質的に『平行』、『垂直』、『直交』、『同一平面』等である場合も含むものとする。すなわち、本実施の形態の作用及び効果が得られる範囲でバラツキがある態様も含むものとする。

【0116】

第1の実施の形態の変形例1

第1の実施の形態の変形例1では、受力板を備えた力覚センサ装置の例を示す。なお、第1の実施の形態の変形例1において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

20

【0117】

図19は、第1の実施の形態の変形例1に係る力覚センサ装置を例示する斜視図である。図20は、第1の実施の形態の変形例1に係る力覚センサ装置を例示する図であり、図20(a)は平面図、図20(b)は図20(a)のB-B線に沿う断面図である。図19及び図20を参照するに、力覚センサ装置1Aは、起歪体20の入力部24a~24d上に受力板40を設けた点が力覚センサ装置1と相違する。

【0118】

受力板40の下面側には4つ凹部40xが設けられている。又、受力板40の上面側の、各々の凹部40xと平面視で略重複する位置に、4つの凹部40yが設けられている。4つの凹部40xは各々起歪体20の入力部24a~24dを覆うように配置され、各々の凹部40xの底面は入力部24a~24dの上面と接している。

30

【0119】

このような構造により、受力板40と起歪体20とを位置決めすることができる。又、凹部40yは、力覚センサ装置1Aをロボット等に取り付ける際の位置決めに用いることができる。

【0120】

受力板40の材料としては、例えば、SUS(ステンレス鋼)630等を用いることができる。受力板40は、例えば、起歪体20に溶接、接着、ねじ止め等により固定することができる。

40

【0121】

このように、受力板40を設けることで、受力板40を介して起歪体20の入力部24a~24dに外部から力を入力することができる。

【0122】

第1の実施の形態の変形例2

第1の実施の形態の変形例2では、第1の実施の形態とは異なるセンサチップの例を示す。なお、第1の実施の形態の変形例2において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【0123】

50

図21は、センサチップ50をZ軸方向上側から見た図であり、図21(a)は平面図、図21(b)は底面図である。図21(b)において、便宜上、同一高さの面を同一の梨地模様で示している。

【0124】

図21に示すセンサチップ50は、センサチップ10と同様に、1チップで最大6軸を検知できるMEMSセンサチップであり、SOI基板等から作製することができる。センサチップ50の平面形状は、例えば、3000 μ m角程度の正方形とすることができる。力覚センサ装置1において、センサチップ10に代えて、センサチップ50を用いることができる。

【0125】

センサチップ50は、柱状の5つの支持部51a~51eを備えている。支持部51a~51eの平面形状は、例えば、500 μ m角程度の正方形とすることができる。第1の支持部である支持部51a~51dは、センサチップ50の四隅に配置されている。第2の支持部である支持部51eは、支持部51a~51dの中央に配置されている。

【0126】

支持部51a~51eは、例えば、SOI基板の活性層、BOX層、及び支持層から形成することができ、それぞれの厚さは、例えば、500 μ m程度とすることができる。

【0127】

支持部51aと支持部51bとの間には、支持部51aと支持部51bとに両端を固定された(隣接する支持部同士を連結する)、構造を補強するための補強用梁52aが設けられている。支持部51bと支持部51cとの間には、支持部51bと支持部51cとに両端を固定された(隣接する支持部同士を連結する)、構造を補強するための補強用梁52bが設けられている。

【0128】

支持部51cと支持部51dとの間には、支持部51cと支持部51dとに両端を固定された(隣接する支持部同士を連結する)、構造を補強するための補強用梁52cが設けられている。支持部51dと支持部51aとの間には、支持部51dと支持部51aとに両端を固定された(隣接する支持部同士を連結する)、構造を補強するための補強用梁52dが設けられている。

【0129】

言い換えれば、第1の補強用梁である4つの補強用梁52a、52b、52c、及び52dが棒状に形成され、各補強用梁の交点をなす角部が、支持部51b、51c、51d、51aとなる。

【0130】

補強用梁52a~52dは、例えば、SOI基板の活性層、BOX層、及び支持層から形成することができる。補強用梁52a~52dの太さ(短手方向の幅)は、例えば、30 μ m程度とすることができる。補強用梁52a~52dのそれぞれの上面は、支持部51a~51eの上面と略面一である。

【0131】

これに対して、補強用梁52a~52dのそれぞれの下面は、支持部51a~51eの下面及び力点54a~54dの下面よりも数10 μ m程度上面側に窪んでいる。これは、センサチップ50を起歪体20に接着したときに、補強用梁52a~52dの下面が起歪体20の対向する面と接しないようにするためである。

【0132】

このように、歪を検知するための検知用梁とは別に、検知用梁よりも厚く形成した剛性の強い補強用梁を配置することで、センサチップ50全体の剛性を高めることができる。これにより、入力に対して検知用梁以外が変形しづらくなるため、良好なセンサ特性を得ることができる。

【0133】

支持部51aと支持部51bとの間の補強用梁52aの内側には、補強用梁52aと所

10

20

30

40

50

定間隔を空けて平行に、支持部 5 1 a と支持部 5 1 b とに両端を固定された（隣接する支持部同士を連結する）、歪を検知するための検知用梁 5 3 a が設けられている。

【 0 1 3 4 】

検知用梁 5 3 a と支持部 5 1 e との間には、検知用梁 5 3 a 及び支持部 5 1 e と所定間隔を空けて、長手方向が検知用梁 5 3 a と平行な棒状の検知用梁 5 3 b が設けられている。検知用梁 5 3 b は、検知用梁 5 3 a の長手方向の略中央部と、それに対向する支持部 5 1 e の 1 辺の略中央部との間を連結する、検知用梁 5 3 a の長手方向に対して略垂直方向に伸びる検知用梁 5 3 c の長手方向の略中央部に保持されている。

【 0 1 3 5 】

支持部 5 1 b と支持部 5 1 c との間の補強用梁 5 2 b の内側には、補強用梁 5 2 b と所定間隔を空けて平行に、支持部 5 1 b と支持部 5 1 c とに両端を固定された（隣接する支持部同士を連結する）、歪を検知するための検知用梁 5 3 d が設けられている。

10

【 0 1 3 6 】

検知用梁 5 3 d と支持部 5 1 e との間には、検知用梁 5 3 d 及び支持部 5 1 e と所定間隔を空けて、長手方向が検知用梁 5 3 d と平行な棒状の検知用梁 5 3 e が設けられている。検知用梁 5 3 e は、検知用梁 5 3 d の長手方向の略中央部と、それに対向する支持部 5 1 e の 1 辺の略中央部との間を連結する、検知用梁 5 3 d の長手方向に対して略垂直方向に伸びる検知用梁 5 3 f の長手方向の略中央部に保持されている。

【 0 1 3 7 】

支持部 5 1 c と支持部 5 1 d との間の補強用梁 5 2 c の内側には、補強用梁 5 2 c と所定間隔を空けて平行に、支持部 5 1 c と支持部 5 1 d とに両端を固定された（隣接する支持部同士を連結する）、歪を検知するための検知用梁 5 3 g が設けられている。

20

【 0 1 3 8 】

検知用梁 5 3 g と支持部 5 1 e との間には、検知用梁 5 3 g 及び支持部 5 1 e と所定間隔を空けて、長手方向が検知用梁 5 3 g と平行な棒状の検知用梁 5 3 h が設けられている。検知用梁 5 3 h は、検知用梁 5 3 g の長手方向の略中央部と、それに対向する支持部 5 1 e の 1 辺の略中央部との間を連結する、検知用梁 5 3 g の長手方向に対して略垂直方向に伸びる検知用梁 5 3 i の長手方向の略中央部に保持されている。

【 0 1 3 9 】

支持部 5 1 d と支持部 5 1 a との間の補強用梁 5 2 d の内側には、補強用梁 5 2 d と所定間隔を空けて平行に、支持部 5 1 d と支持部 5 1 a とに両端を固定された（隣接する支持部同士を連結する）、歪を検知するための検知用梁 5 3 j が設けられている。

30

【 0 1 4 0 】

検知用梁 5 3 j と支持部 5 1 e との間には、検知用梁 5 3 j 及び支持部 5 1 e と所定間隔を空けて、長手方向が検知用梁 5 3 j と平行な棒状の検知用梁 5 3 k が設けられている。検知用梁 5 3 k は、検知用梁 5 3 j の長手方向の略中央部と、それに対向する支持部 5 1 e の 1 辺の略中央部との間を連結する、検知用梁 5 3 j の長手方向に対して略垂直方向に伸びる検知用梁 5 3 l の長手方向の略中央部に保持されている。

【 0 1 4 1 】

検知用梁 5 3 a ~ 5 3 l は、支持部 5 1 a ~ 5 1 e の厚さ方向の上端側に設けられ、例えば、SOI 基板の活性層から形成することができる。検知用梁 5 3 a ~ 5 3 l の太さ（短手方向の幅）は、例えば、150 μm 程度とすることができる。検知用梁 5 3 a ~ 5 3 l のそれぞれの上面は、支持部 5 1 a ~ 5 1 e の上面と略面一である。検知用梁 5 3 a ~ 5 3 l のそれぞれの厚さは、例えば、50 μm 程度とすることができる。

40

【 0 1 4 2 】

検知用梁 5 3 a の長手方向の中央部の下面側（検知用梁 5 3 a と検知用梁 5 3 c との交点）には、力点 5 4 a が設けられている。検知用梁 5 3 a、5 3 b、及び 5 3 c と力点 5 4 a とにより、1 組の検知ブロックをなしている。

【 0 1 4 3 】

検知用梁 5 3 d の長手方向の中央部の下面側（検知用梁 5 3 d と検知用梁 5 3 f との交

50

点)には、力点54bが設けられている。検知用梁53d、53e、及び53fと力点54bとにより、1組の検知ブロックをなしている。

【0144】

検知用梁53gの長手方向の中央部の下面側(検知用梁53gと検知用梁53iとの交点)には、力点54cが設けられている。検知用梁53g、53h、及び53iと力点54cとにより、1組の検知ブロックをなしている。

【0145】

検知用梁53jの長手方向の中央部の下面側(検知用梁53jと検知用梁53lとの交点)には、力点54dが設けられている。検知用梁53j、53k、及び53lと力点54dとにより、1組の検知ブロックをなしている。

10

【0146】

力点54a~54dは、外力が印加される箇所であり、例えば、SOI基板のBOX層及び支持層から形成することができる。力点54a~54dのそれぞれの下面は、支持部51a~51eの下面と略面一である。

【0147】

このように、力を4つの力点54a~54dから取り入れることで、力の種類毎に異なる梁の変形が得られるため、6軸の分離性が良いセンサを実現することができる。

【0148】

図22は、センサチップ50のピエゾ抵抗素子の配置を例示する図である。4つ力点54a~54dに対応する各検知ブロックの所定位置には、ピエゾ抵抗素子配置されている。

20

【0149】

具体的には、図21及び図22を参照すると、力点54aに対応する検知ブロックにおいて、ピエゾ抵抗素子MxR3及びMxR4は、検知用梁53aを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁53cを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、ピエゾ抵抗素子FyR3及びFyR4は、枠状の検知用梁53bの開口部よりも検知用梁53a側であって、かつ、検知用梁53cを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【0150】

又、力点54bに対応する検知ブロックにおいて、ピエゾ抵抗素子MyR3及びMyR4は、検知用梁53dを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁53fを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、ピエゾ抵抗素子FxR3及びFxR4は、枠状の検知用梁53eの開口部よりも検知用梁53d側であって、かつ、検知用梁53fを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

30

【0151】

又、MzR3及びMzR4は、検知用梁53eよりも支持部51e側であって、かつ、検知用梁53fを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、FzR3及びFzR4は、検知用梁53fを長手方向に二等分する線上であって、かつ、枠状の検知用梁53eの開口部を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

40

【0152】

又、力点54cに対応する検知ブロックにおいて、ピエゾ抵抗素子MxR1及びMxR2は、検知用梁53gを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁53iを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、ピエゾ抵抗素子FyR1及びFyR2は、枠状の検知用梁53hの開口部よりも検知用梁53g側であって、かつ、検知用梁53iを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【0153】

又、力点54dに対応する検知ブロックにおいて、ピエゾ抵抗素子MyR1及びMyR2は、検知用梁53jを長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁53lを長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、ピエゾ抵抗素子FxR

50

1 及び F x R 2 は、棒状の検知用梁 1 3 k の開口部よりも検知用梁 5 3 j 側であって、かつ、検知用梁 5 3 l を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【 0 1 5 4 】

又、M z R 1 及び M z R 2 は、検知用梁 5 3 k よりも支持部 5 1 e 側であって、かつ、検知用梁 5 3 l を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、F z R 1 及び F z R 2 は、検知用梁 5 3 l を長手方向に二等分する線上であって、かつ、棒状の検知用梁 5 3 k の開口部を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【 0 1 5 5 】

このように、センサチップ 5 0 では、センサチップ 1 0 と同様に、各検知ブロックに複数の piezo 抵抗素子を分けて配置している。これにより、センサチップ 1 0 と同様に、力点 5 4 a ~ 5 4 d に印加（伝達）された力の向き（軸方向）に応じた、所定の梁に配置された複数の piezo 抵抗素子の出力の変化に基づいて、所定の軸方向の変位を最大で 6 軸検知することができる。

【 0 1 5 6 】

第 1 の実施の形態の変形例 3

第 1 の実施の形態の変形例 3 では、起歪体を用いない力覚センサ装置の例を示す。なお、第 1 の実施の形態の変形例 3 において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【 0 1 5 7 】

図 2 3 は、第 1 の実施の形態の変形例 3 に係る力覚センサ装置を例示する斜視図である。図 2 3 を参照するに、力覚センサ装置 1 B は、センサチップ 1 0 と、受力板 6 0 と、パッケージ 7 0 とを有している。センサチップ 1 0 上に受力板 6 0 が接合され、センサチップ 1 0 はパッケージ 7 0 内に保持されている。受力板 6 0 は、例えば、ガラスにより形成することができる。パッケージ 7 0 は、例えば、セラミックスにより形成することができる。

【 0 1 5 8 】

受力板 6 0 は、略円形状の本体 6 1 と、本体 6 1 の下面側に設けられた 4 つの突起部 6 1 a、6 1 b、6 1 c、及び 6 1 d とを有している。突起部 6 1 a は、検知用梁 1 3 a の上面の、力点 1 4 a に対応する領域と接している。突起部 6 1 b は、検知用梁 1 3 j の上面の、力点 1 4 d に対応する領域と接している。突起部 6 1 c は、検知用梁 1 3 g の上面の、力点 1 4 c に対応する領域と接している。突起部 6 1 d は、検知用梁 1 3 d の上面の、力点 1 4 b に対応する領域と接している。

【 0 1 5 9 】

力覚センサ装置 1 B では、図 2 3 のような構成とすることで、起歪体を用いずに、受力板 6 0 を介してセンサチップ 1 0 に外力を印加することができる。

【 0 1 6 0 】

なお、力覚センサ装置 1 B は、センサチップ 1 0 の完成後に受力板 6 0 を接合する製造プロセスとしてもよいし、以下のような製造プロセスとしてもよい。すなわち、センサチップ 1 0 が形成されたダイシング前のセンサチップウェハに対して、受力板 6 0 となるガラスウェハ（センサチップウェハと同サイズ）を陽極接合する。そして、陽極接合されたセンサチップウェハとガラスウェハを同時にダイシングすることで、センサチップ 1 0 と受力板 6 0 を同時に形成することができる。

【 0 1 6 1 】

第 1 の実施の形態の変形例 4

第 1 の実施の形態の変形例 4 では、起歪体を用いない力覚センサ装置の他の例を示す。なお、第 1 の実施の形態の変形例 4 において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【 0 1 6 2 】

図 2 4 は、第 1 の実施の形態の変形例 4 に係る力覚センサ装置を例示する斜視図である

10

20

30

40

50

。図24を参照するに、力覚センサ装置1Cは、センサチップ10と、柱構造部80とを有している。センサチップ10は柱構造部80上に接着されている。柱構造部80は、例えば、シリコン、ガラス、金属等により形成することができる。

【0163】

柱構造部80は、土台81と、土台81上に略等間隔で配置された9本の柱82a~82iとを有している。柱82a、82c、82e、及び82gは、土台81の四隅に配置されている。柱82iは、土台81の中央に配置されている。柱82bは、柱82aと柱82cとの間に配置されている。柱82dは、柱82cと柱82eとの間に配置されている。柱82fは、柱82eと柱82gとの間に配置されている。柱82hは、柱82gと柱82aとの間に配置されている。

10

【0164】

力覚センサ装置1Cでは、図24のような構成とすることで、起歪体を用いずに、センサチップ10に直接外力を印加することができる。なお、力覚センサ装置1Bと同様に、センサチップ10上に受力板60を設けてもよい。

【0165】

なお、力覚センサ装置1Cは、センサチップ10の完成後に柱構造部80を接合する製造プロセスとしてもよいし、以下のような製造プロセスとしてもよい。すなわち、センサチップ10が形成されたダイシング前のセンサチップウェハに対して、柱構造部80となるガラスウェハ又はシリコンウェハ(センサチップウェハと同サイズ)を陽極接合する。そして、陽極接合されたセンサチップウェハとガラスウェハ又はシリコンウェハを同時にダイシングすることで、センサチップ10と柱構造部80を同時に形成することができる。

20

【0166】

又、力覚センサ装置は、図23に示す受力板60と図24に示す柱構造部80の両方を備える構成としてもよい。この場合、例えば、センサチップ10が形成されるセンサチップウェハの一方の面側に受力板60となるガラスウェハを陽極接合し、他方の面側に柱構造部80となるガラスウェハ又はシリコンウェハを陽極接合する。そして、陽極接合後に、受力板60や柱構造部80となるガラスウェハ又はシリコンウェハでセンサチップウェハを挟み込んだ状態でダイシングすることで、受力板60、センサチップ10、柱構造部80を同時に形成することができる。

30

【0167】

第1の実施の形態の変形例5

第1の実施の形態の変形例5では、第1の実施の形態とは異なるセンサチップの他の例を示す。なお、第1の実施の形態の変形例5において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【0168】

図25は、センサチップ110をZ軸方向上側から見た図であり、図25(a)は斜視図、図25(b)は平面図である。図26は、センサチップ110をZ軸方向下側から見た図であり、図26(a)は斜視図、図26(b)は底面図である。図26(b)において、便宜上、同一高さの面を同一の梨地模様で示している。

40

【0169】

図25及び図26に示すセンサチップ110は、センサチップ10と同様に、1チップで最大6軸を検知できるMEMSセンサチップであり、SOI基板等の半導体基板から形成されている。センサチップ110の平面形状は、例えば、3000 μ m角程度の正方形とすることができる。

【0170】

センサチップ110の基本的な梁構造は、センサチップ10と同様である。センサチップ110の支持部111a~111eは、センサチップ10の支持部11a~11eに相当する。

【0171】

50

同様に、センサチップ110の補強用梁112a～112hは、センサチップ10の補強用梁12a～12hに相当する。同様に、センサチップ110の検知用梁113a～113lは、センサチップ10の検知用梁13a～13lに相当する。同様に、センサチップ110の力点114a～114dは、センサチップ10の力点14a～14dに相当する。

【0172】

センサチップ110では、第1の検知用梁（検知用梁113a、113d、113g、及び113j）、並びに、第2の検知用梁（検知用梁113b、113e、113h、及び113k）の幅は、第3の検知用梁（検知用梁113c、113f、113i、及び113l）の幅よりも狭くなっている。

10

【0173】

又、第1の検知用梁（検知用梁113a、113d、113g、及び113j）、並びに、第2の検知用梁（検知用梁113b、113e、113h、及び113k）の長さは、第3の検知用梁（検知用梁113c、113f、113i、及び113l）の長さよりも長くなっている。

【0174】

又、図25を図3と比較すると、センサチップ110とセンサチップ10では、検知用梁の幅や長さが異なっていることがわかる。例えば、検知用梁113aは、検知用梁13aと比べて幅が狭くなり（0.67倍程度）、長さが長くなっている（1.36倍程度）。同様に、検知用梁113d、113g、及び113jは、検知用梁13d、13g、及び13jと比べて幅が狭くなり（0.67倍程度）、長さが長くなっている（1.36倍程度）。

20

【0175】

又、検知用梁113bは、検知用梁13bと比べて最細部の幅が狭くなり（0.47倍程度）、長さが長くなっている（2.9倍程度）。同様に、検知用梁113e、113h、及び113kは、検知用梁13e、13h、及び13kと比べて最細部の幅が狭くなり（0.47倍程度）、長さが長くなっている（2.9倍程度）。但し、検知用梁113b、113e、113h、及び113kにおいて、他の梁との接続部分は、強度を維持するために最細部よりも太めに形成されている。

【0176】

又、検知用梁113cは、検知用梁13cと比べて長さが短くなっている（0.5倍程度）。検知用梁113cは、検知用梁13cと比べて平均的な幅は同程度であるが、支持部111e側に向かって徐々に縮幅する部分を有する点で相違する。同様に、検知用梁113f、113i、及び113lは、検知用梁13f、13i、及び13lと比べて長さが短くなっている（0.5倍程度）。検知用梁13f、13i、及び13lは、検知用梁13cと比べて平均的な幅は同程度であるが、支持部111e側に向かって徐々に縮幅する部分を有する点で相違する。

30

【0177】

又、検知用梁113c、113f、113i、及び113lを短くして、検知用梁113b、113e、113h、及び113kを検知用梁113a、113d、113g、及び113jに近づけたことにより、支持部111eの面積が支持部11eの面積よりも大きくなっている。

40

【0178】

以上の相違点により、同じ歪（変位）が入力されたときに、検知用梁113a、113d、113g、及び113jは検知用梁13a、13d、13g、及び13jよりも梁に発生する応力を減少させ、検知用梁113b、113e、113h、及び113kは検知用梁13b、13e、13h、及び13kよりも梁に発生する応力を減少させることが可能となる。

【0179】

これにより、大きな歪（変位）が入力されたときに、検知用梁113a、113d、1

50

1 3 g、及び 1 1 3 j の耐荷重を検知用梁 1 3 a、1 3 d、1 3 g、及び 1 3 j の耐荷重よりも大きくすることができる。又、検知用梁 1 1 3 b、1 1 3 e、1 1 3 h、及び 1 1 3 k の耐荷重を検知用梁 1 3 b、1 3 e、1 3 h、及び 1 3 k の耐荷重よりも大きくすることができる。

【 0 1 8 0 】

特に、検知用梁 1 1 3 c、1 1 3 f、1 1 3 i、及び 1 1 3 l を短くして、検知用梁 1 1 3 b、1 1 3 e、1 1 3 h、及び 1 1 3 k を検知用梁 1 1 3 a、1 1 3 d、1 1 3 g、及び 1 1 3 j に近づけた効果大きい。これにより、検知用梁 1 1 3 b、1 1 3 e、1 1 3 h、及び 1 1 3 k を検知用梁 1 3 b、1 3 e、1 3 h、及び 1 3 k と比べて大幅に細く長くできたため、弓なりに撓みやすくなって応力集中を緩和でき、検知用梁 1 1 3 b、1 1 3 e、1 1 3 h、及び 1 1 3 k の耐荷重を大幅に向上することができる。

10

【 0 1 8 1 】

図 2 7 は、センサチップ 1 1 0 の piezo 抵抗素子の配置を例示する図である。図 2 5 及び図 2 7 を参照すると、力点 1 4 a に対応する検知ブロックにおいて、piezo 抵抗素子 $M \times R 3$ 及び $M \times R 4$ は、検知用梁 1 1 3 a を長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁 1 1 3 a の検知用梁 1 1 3 c に近い領域において検知用梁 1 1 3 c を長手方向 (Y 方向) に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、piezo 抵抗素子 $F y R 3$ 及び $F y R 4$ は、検知用梁 1 1 3 a を長手方向に二等分する線よりも補強用梁 1 1 2 a 側であって、かつ、検知用梁 1 1 3 a の検知用梁 1 1 3 c から遠い領域において検知用梁 1 1 3 c を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

20

【 0 1 8 2 】

又、力点 1 4 b に対応する検知ブロックにおいて、piezo 抵抗素子 $M y R 3$ 及び $M y R 4$ は、検知用梁 1 1 3 d を長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁 1 1 3 d の検知用梁 1 1 3 f に近い領域において検知用梁 1 1 3 f を長手方向 (X 方向) に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、piezo 抵抗素子 $F x R 3$ 及び $F x R 4$ は、検知用梁 1 1 3 d を長手方向に二等分する線よりも補強用梁 1 1 2 b 側であって、かつ、検知用梁 1 1 3 d の検知用梁 1 1 3 f から遠い領域において検知用梁 1 1 3 f を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【 0 1 8 3 】

又、piezo 抵抗素子 $M z R 3$ 及び $M z R 4$ は、検知用梁 1 1 3 d を長手方向に二等分する線よりも検知用梁 1 1 3 f 側であって、かつ、検知用梁 1 1 3 d の検知用梁 1 1 3 f に近い領域において検知用梁 1 1 3 f を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。piezo 抵抗素子 $F z R 2$ 及び $F z R 3$ は、検知用梁 1 1 3 e を長手方向に二等分する線よりも支持部 1 1 1 e 側であって、かつ、検知用梁 1 1 3 e の検知用梁 1 1 3 f に近い領域において検知用梁 1 1 3 f を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

30

【 0 1 8 4 】

又、力点 1 4 c に対応する検知ブロックにおいて、piezo 抵抗素子 $M \times R 1$ 及び $M \times R 2$ は、検知用梁 1 1 3 g を長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁 1 1 3 g の検知用梁 1 1 3 i に近い領域において検知用梁 1 1 3 i を長手方向 (Y 方向) に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、piezo 抵抗素子 $F y R 1$ 及び $F y R 2$ は、検知用梁 1 1 3 g を長手方向に二等分する線よりも補強用梁 1 1 2 c 側であって、かつ、検知用梁 1 1 3 g の検知用梁 1 1 3 i から遠い領域において検知用梁 1 1 3 i を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

40

【 0 1 8 5 】

又、力点 1 4 d に対応する検知ブロックにおいて、piezo 抵抗素子 $M y R 1$ 及び $M y R 2$ は、検知用梁 1 1 3 j を長手方向に二等分する線上であって、かつ、検知用梁 1 1 3 j の検知用梁 1 1 3 l に近い領域において検知用梁 1 1 3 l を長手方向 (X 方向) に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。又、piezo 抵抗素子 $F x R 1$ 及び $F x R 2$ は、検知用梁 1 1 3 j を長手方向に二等分する線よりも補強用梁 1 1 2 d 側であって、か

50

つ、検知用梁 1 1 3 j の検知用梁 1 1 3 l から遠い領域において検知用梁 1 1 3 l を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

【 0 1 8 6 】

又、 piezo 抵抗素子 $M_z R 1$ 及び $M_z R 2$ は、検知用梁 1 1 3 j を長手方向に二等分する線よりも検知用梁 1 1 3 k 側であって、かつ、検知用梁 1 1 3 j の検知用梁 1 1 3 l に近い領域において検知用梁 1 1 3 l を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。 piezo 抵抗素子 $F_z R 1$ 及び $F_z R 4$ は、検知用梁 1 1 3 k を長手方向に二等分する線よりも支持部 1 1 1 e 側であって、かつ、検知用梁 1 1 3 k の検知用梁 1 1 3 l から遠い領域において検知用梁 1 1 3 l を長手方向に二等分する線に対して対称な位置に配置されている。

10

【 0 1 8 7 】

このように、センサチップ 1 1 0 では、センサチップ 1 0 と同様に、各検知ブロックに複数の piezo 抵抗素子を分けて配置している。これにより、センサチップ 1 0 と同様に、力点 1 1 4 a ~ 1 1 4 d に印加（伝達）された力の向き（軸方向）に応じた、所定の梁に配置された複数の piezo 抵抗素子の抵抗の変化に基づいて、所定の軸方向の変位を最大で 6 軸検知することができる。

【 0 1 8 8 】

なお、センサチップ 1 1 0 では、歪の検出に用いる piezo 抵抗素子以外にも、ダミーの piezo 抵抗素子が配置されている。ダミーの piezo 抵抗素子は、歪の検出に用いる piezo 抵抗素子も含めた全ての piezo 抵抗素子が、支持部 1 1 1 e の中心に対して点対称となるように配置されている。

20

【 0 1 8 9 】

図 2 8 ~ 図 3 1 は、センサチップ 1 1 0 における耐荷重の改善について説明する図である。図 2 8 (a) は、センサチップ 1 0 において X 軸方向の力 F_x を印加したときの応力発生分布のシミュレーション結果であり、右図は左図の破線部を拡大したものである。図 2 8 (b) は、センサチップ 1 1 0 において X 軸方向の力 F_x を印加したときの応力発生分布のシミュレーション結果であり、右図は左図の破線部を拡大したものである。

【 0 1 9 0 】

図 2 8 (a) に示すように、センサチップ 1 0 では、短くて撓みにくい検知用梁 1 3 k が応力集中部となっている。図 2 8 (b) に示すように、センサチップ 1 1 0 では、検知用梁 1 1 3 k を検知用梁 1 3 k と比べて細く長くしている。合わせて、検知用梁 1 1 3 j を検知用梁 1 3 j と比べて細く長くしている。

30

【 0 1 9 1 】

以上は、検知用梁 1 1 3 k と検知用梁 1 3 k 及び検知用梁 1 1 3 j と検知用梁 1 3 j について説明したが、検知用梁 1 1 3 a と検知用梁 1 3 a 及び検知用梁 1 1 3 b と検知用梁 1 3 b、検知用梁 1 1 3 d と検知用梁 1 3 d 及び検知用梁 1 1 3 e と検知用梁 1 3 e、検知用梁 1 1 3 g と検知用梁 1 3 g 及び検知用梁 1 1 3 h と検知用梁 1 3 h についても同様である。

【 0 1 9 2 】

図 2 9 に示す検知用梁 1 1 3 j の長さ L_1 と検知用梁 1 1 3 k の長さ L_2 との比（検知用梁 1 1 3 a、1 1 3 d、1 1 3 g の長さ）と検知用梁 1 1 3 b、1 1 3 e、1 1 3 h の長さとの比も同様）、及び検知用梁 1 1 3 k の平均幅 W_2 と検知用梁 1 1 3 j の平均幅 W_1 との比（検知用梁 1 1 3 b、1 1 3 e、1 1 3 h の平均幅と検知用梁 1 1 3 a、1 1 3 d、1 1 3 g の平均幅との比も同様）を調整することで、検知用梁に発生する最大応力をセンサチップ 1 0 と同等以下にすることができる。

40

【 0 1 9 3 】

図 3 0 (a) は、センサチップ 1 0 において図 2 8 (a) に示す応力集中部に発生する最大応力を 1 0 0 としたときの、センサチップ 1 1 0 の応力集中部に発生する最大応力を、 L_2 / L_1 をパラメータとしてシミュレーションした結果である。図 3 0 (a) において、横軸が L_2 / L_1 、縦軸が応力である。図 3 0 (b) は、図 3 0 (a) において L_2

50

L_1 が 0.36 以上 0.82 以下のプロットについて、 W_1/W_2 と L_2/L_1 との関係を示したものである。図 30 (b) において、横軸が W_1/W_2 、縦軸が L_2/L_1 である。

【0194】

図 30 (a) 及び図 30 (b) に示すように、 L_2/L_1 を 0.36 以上 0.82 以下とし、 W_1/W_2 を 5.3 以上 37.7 以下とすることで、センサチップ 110 において、検知用梁に発生する最大応力をセンサチップ 10 と同等以下にすることができる。

【0195】

このように、センサチップ 110 において、 W_1/W_2 と L_2/L_1 との関係を選択して剛性を下げることで、検知用梁に発生する最大応力を低減することが可能となり、センサチップ 110 の耐荷重をセンサチップ 10 よりも向上できる。 W_1/W_2 と L_2/L_1 との関係を選択することで、例えば、図 31 に示すように、センサチップ 110 では、センサチップ 10 と比べて耐荷重を大幅に向上することができる(図 31 の例では約 1.1 倍)。

10

【0196】

図 32 は、センサチップ 110 における感度の向上について説明する図である。図 32 (a) 及び図 32 (b) に示すように、センサチップ 110 では、センサチップ 10 とは異なり、短くしたことで応力に対する変形が小さくなった検知用梁 113 l (破線部) には piezo 抵抗素子を配置せず、検知用梁 113 j 及び 113 k の応力が最大になる位置の近傍に piezo 抵抗素子を配置している。検知用梁 113 c、113 f、及び 113 i につ

20

【0197】

その結果、図 32 (c) のシミュレーション結果に示すように、センサチップ 110 では、センサチップ 10 よりも効率よく応力を取り込むことが可能となり、感度(同じ応力に対する piezo 抵抗素子の抵抗変化)が向上する。

【0198】

すなわち、センサチップ 110 では、短くしたことで応力に対する変形が小さくなった検知用梁 113 c、113 f、113 i、及び 113 l には piezo 抵抗素子を配置していない。その代り、検知用梁 113 c、113 f、113 i、及び 113 l よりも細くて長く、弓なりに撓みやすい検知用梁 113 a、113 d、113 g、及び 113 j、並びに検知用梁 113 b、113 e、113 h、及び 113 k の応力が最大になる位置の近傍に piezo 抵抗素子を配置している。その結果、センサチップ 110 では、効率よく応力を取り込むことが可能となり、感度(同じ応力に対する piezo 抵抗素子の抵抗変化)を向上することができる。

30

【0199】

なお、図 29 に示す検知用梁 113 j (検知用梁 113 a、113 d、113 g についても同様) の B 側の梁幅を A 側の梁幅の 75 ~ 80 % の幅に設定し、A 側から B 側に向けて先細る形状とすることで、センサ感度を向上させつつ、耐荷重を維持することができる。B 側の梁幅が A 側の梁幅の 75 % 以下になると、耐荷重が悪化し破損しやすくなる。又、B 側の梁幅が A 側の梁幅の 80 % 以上になるとセンサ感度が悪くなる。

40

【0200】

図 33 及び図 34 は、センサチップ 110 における他軸干渉(力とモーメントとの分離性)の改善について説明する図である。図 33 に示すようにセンサチップ 110 において X 軸方向の力 F_x を印加したシミュレーションを行った結果、図 34 (a) に示すような他軸特性が得られた。図 34 (b) はセンサチップ 10 において X 軸方向の力 F_x を印加したシミュレーションを行った結果得られた他軸特性である。

【0201】

図 34 (a) と図 34 (b) とを比較すると、図 34 (b) に示すセンサチップ 10 では力 F_x を印加したときにモーメント M_y の成分が出現しているが、図 34 (a) に示すセンサチップ 110 では力 F_x を印加したときには、モーメント M_y の成分を含めた他軸

50

成分は略ゼロとなっている。

【0202】

図34(b)でモーメント M_y の成分が出現している理由は、センサチップ10の検知用梁13b、13e、13h、及び13kが太く短いため横方向に変形し難い分、検知用梁13a、13d、13g、及び13jが上下方向に変形したためと考えられる。

【0203】

これに対して、センサチップ110の検知用梁113b、113e、113h、及び113kはセンサチップ10の検知用梁13b、13e、13h、及び13kより細く長い
ため、厚みに対して横方向(F_x 、 F_y)や捻じれ方向(M_x 、 M_y)の変形が容易となり、検知用梁113a、113d、113g、及び113jが上下方向に変形しなくなる
。その結果、図34(a)に示すように、モーメント M_y の成分が出現しなくなり、並進
方向の力とモーメントとの分離性(すなわち、他軸特性)が向上したものと考えられる。

10

【0204】

(応力のシミュレーション)

図35及び図36は、力及びモーメントを印加した際にセンサチップ110に発生する
応力についてのシミュレーション結果である。図35及び図36において、引張の垂直応
力を『+』、圧縮の垂直応力を『-』で示している。

【0205】

X軸に沿ってX1からX2の方向に力 F_x が印加された場合は、センサチップ110に
は図35(a)のような応力が発生する。具体的には、力 F_x の印加により、検知用梁1
13d及び113jが力 F_x の方向に歪む。

20

【0206】

ここで、ピエゾ抵抗素子 $F_x R_1$ 及び $F_x R_2$ は、検知用梁113dの長手方向の中心
よりもX1側に位置しているため、引張の垂直応力が発生して抵抗値が増加する。一方、
ピエゾ抵抗素子 $F_x R_3$ 及び $F_x R_4$ は、検知用梁113jの長手方向の中心よりもX2
側に位置しているため、圧縮の垂直応力が発生して抵抗値が減少する。これにより、ピエ
ゾ抵抗素子 $F_x R_1 \sim F_x R_4$ のバランスが崩れるため、図35(a)に示すブリッジ回
路から電圧が出力され、力 F_x を検出することができる。力 F_y についても同様である。

【0207】

Z軸に沿ってZ2からZ1の方向(センサチップ110の表面側から裏面側)に力 F_z
が印加された場合は、センサチップ110には図35(b)のような応力が発生する。具
体的には、力 F_z の印加により、検知用梁113a、113b、113g、113h、1
13d、113e、113j、113k、113c、113f、113l、及び113i
が力 F_z の方向に歪む。

30

【0208】

ここで、ピエゾ抵抗素子 $F_z R_1$ 及び $F_z R_4$ には引張の垂直応力が発生して抵抗値が
増加する。又、ピエゾ抵抗素子 $F_z R_2$ 及び $F_z R_3$ には圧縮の垂直応力が発生して抵抗
値が減少する。これにより、ピエゾ抵抗素子 $F_z R_1 \sim F_z R_4$ のバランスが崩れるため
、図35(b)に示すブリッジ回路により、力 F_z を検出することができる。

【0209】

Y軸を回転軸としてX1-Z2-X2の方向にモーメント M_y が印加された場合は、セ
ンサチップ110には図36(a)のような応力が発生する。具体的には、モーメント M
 y の印加により、検知用梁113d及び113jがモーメント M_y の方向に歪む。

40

【0210】

ここで、ピエゾ抵抗素子 $M_y R_1$ 及び $M_y R_2$ には引張の垂直応力が発生して抵抗値が
増加する。又、ピエゾ抵抗素子 $M_y R_3$ 及び $M_y R_4$ には圧縮の垂直応力が発生して抵抗
値が減少する。これにより、ピエゾ抵抗素子 $M_y R_1 \sim M_y R_4$ のバランスが崩れるため
、図36(a)に示すブリッジ回路により、モーメント M_y を検出することができる。

【0211】

Z軸を回転軸としてX2-Y2-X1の方向にモーメント M_z が印加された場合は、セ

50

ンサチップ 110 には図 36 (b) のような応力が発生する。具体的には、モーメント M_z の印加により、検知用梁 113 a、113 b、113 g、113 h、113 d、113 e、113 j、113 k、113 c、113 f、113 l、及び 113 i がモーメント M_z の方向に歪む。

【0212】

ここで、 piezo 抵抗素子 $M_z R 1$ 及び $M_z R 4$ には引張の垂直応力が発生して抵抗値が増加する。又、 piezo 抵抗素子 $M_z R 2$ 及び $M_z R 3$ には圧縮の垂直応力が発生して抵抗値が減少する。これにより、 piezo 抵抗素子 $M_z R 1 \sim M_z R 4$ のバランスが崩れるため、図 36 (b) に示すブリッジ回路により、モーメント M_z を検出することができる。

【0213】

このように、センサチップ 110 では、力点に変位（力又はモーメント）が入力されると、入力に応じた曲げ及び捩れの応力が所定の検知用梁に発生する。発生した応力により検知用梁の所定位置に配置された piezo 抵抗素子の抵抗値が変化し、センサチップ 110 に形成された各ブリッジ回路からの出力電圧を電極 15 から得ることができる。更に、電極 15 の出力電圧は、入出力基板 30 を経由して外部で得ることができる。

【0214】

又、センサチップ 110 では、1つの軸につき1個のブリッジ回路が形成されているため、出力の合成を伴わずに各軸の出力を得ることができる。これにより、複雑な計算や信号処理を必要としない簡易な方法で多軸の変位を検知して出力可能となる。

【0215】

又、 piezo 抵抗素子を入力の種類により異なる検知用梁に分けて配置している。これにより、該当する検知用梁の剛性（厚みや幅）を変更することで、任意の軸の感度を独立して調整することができる。

【0216】

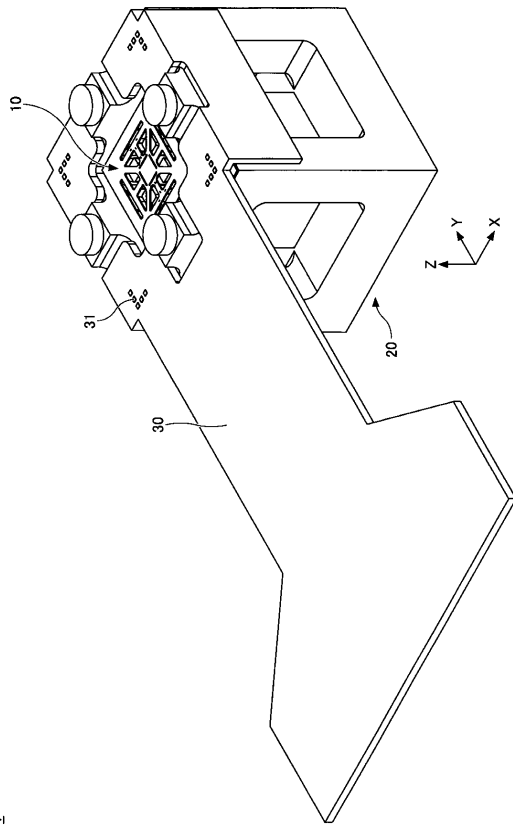
以上、好ましい実施の形態について詳説したが、上述した実施の形態に制限されることはなく、特許請求の範囲に記載された範囲を逸脱することなく、上述した実施の形態に種々の変形及び置換を加えることができる。

【符号の説明】

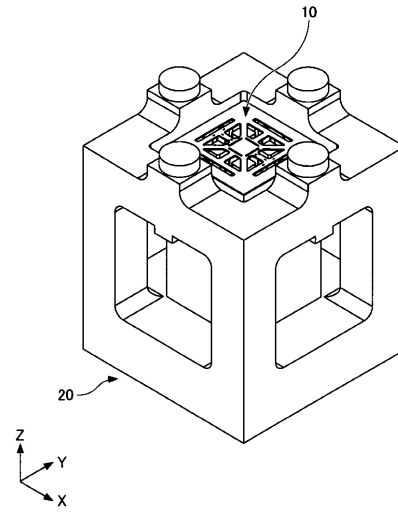
【0217】

- | | | |
|---------------------------------------|---------|----|
| 1、1 A、1 B、1 C | 力覚センサ装置 | 30 |
| 10、50、110 | センサチップ | |
| 11 a ~ 11 e、51 a ~ 51 e、111 a ~ 111 e | 支持部 | |
| 12 a ~ 12 h、52 a ~ 52 d、112 a ~ 112 h | 補強用梁 | |
| 13 a ~ 13 l、53 a ~ 53 l、113 a ~ 113 l | 検知用梁 | |
| 14 a ~ 14 d、54 a ~ 54 d、114 a ~ 114 d | 力点 | |
| 15 | 電極 | |
| 16 | 配線 | |
| 17 | 温度センサ | |
| 20 | 起歪体 | |
| 21、81 | 土台 | 40 |
| 22 a ~ 22 e、25 a ~ 25 d、82 a ~ 82 i | 柱 | |
| 23 a ~ 23 d、26 a ~ 26 d | 梁 | |
| 24 a ~ 24 d | 入力部 | |
| 27 a ~ 27 d、61 a ~ 61 d | 突起部 | |
| 30 | 入出力基板 | |
| 40、60 | 受力板 | |
| 40 x、40 y | 凹部 | |
| 41、42 | 接着剤 | |
| 70 | パッケージ | |
| 80 | 柱構造部 | 50 |

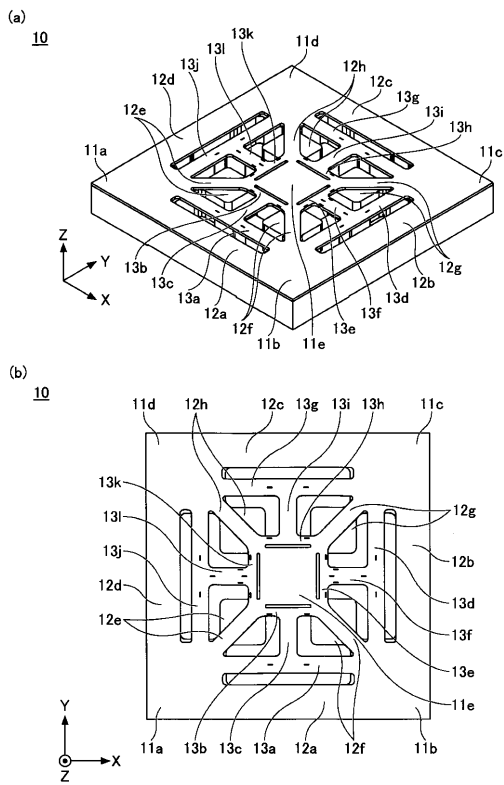
【 図 1 】



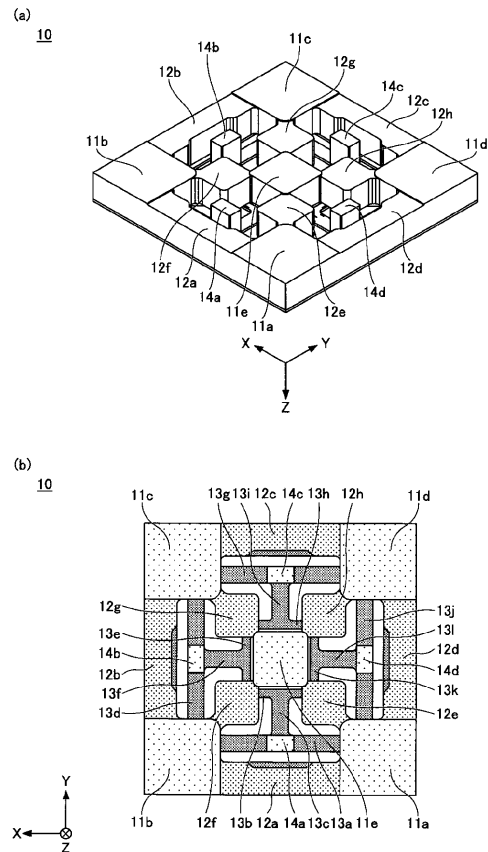
【 図 2 】



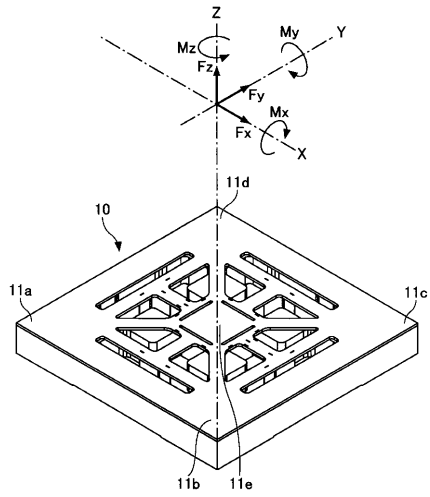
【 図 3 】



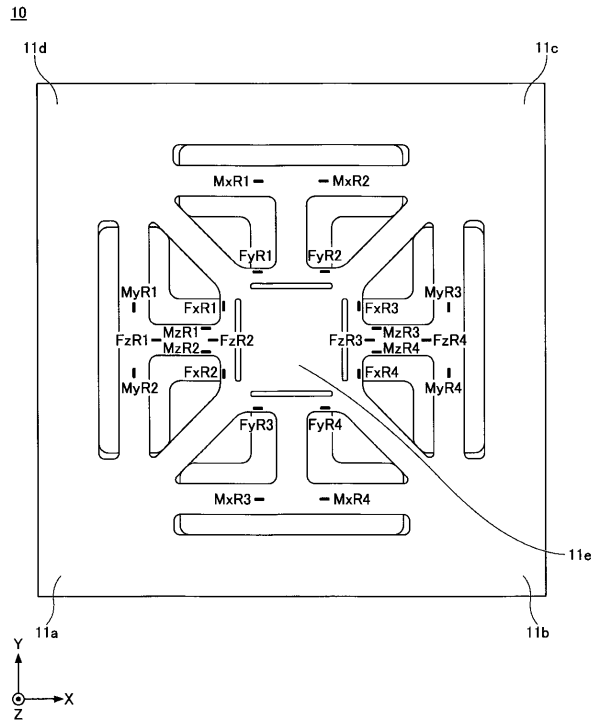
【 図 4 】



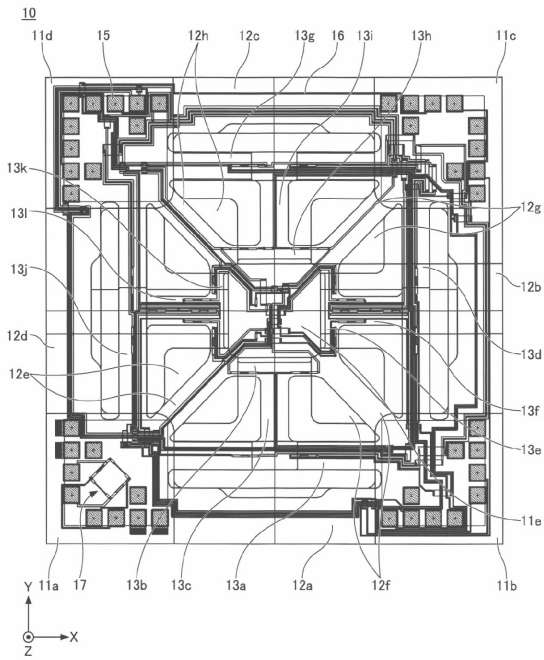
【 図 5 】



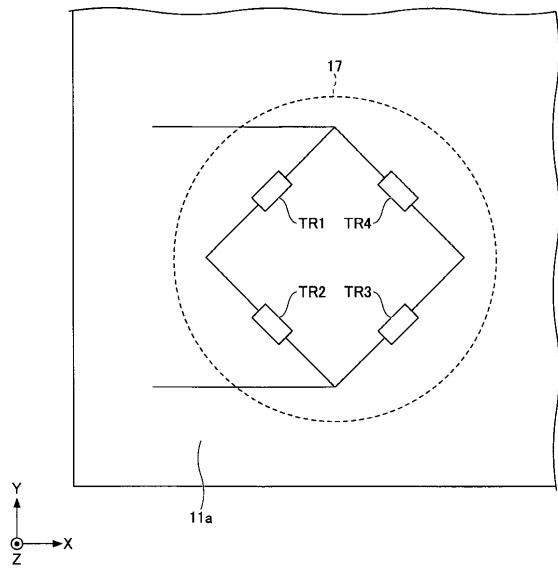
【 図 6 】



【 図 7 】

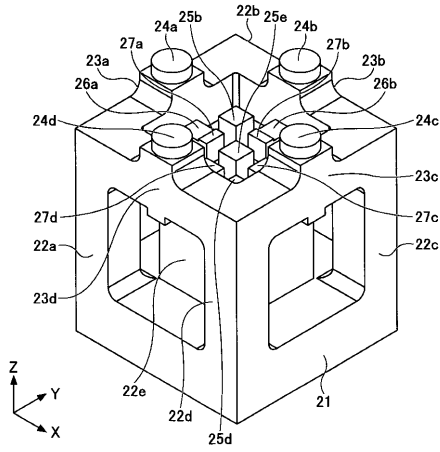


【 図 8 】



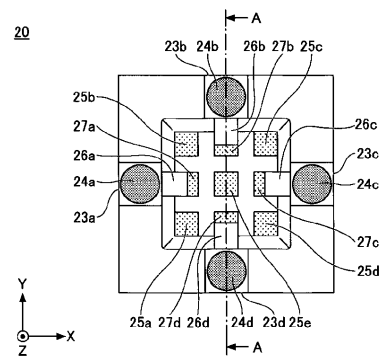
【 図 9 】

20

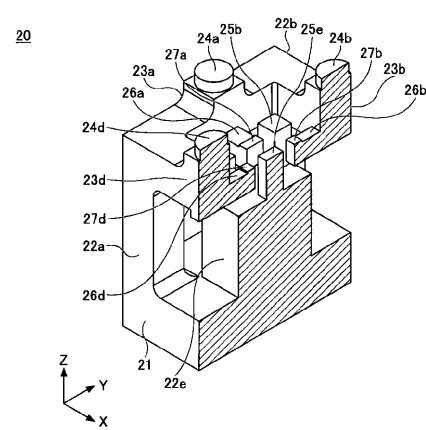


【 図 10 】

(a)

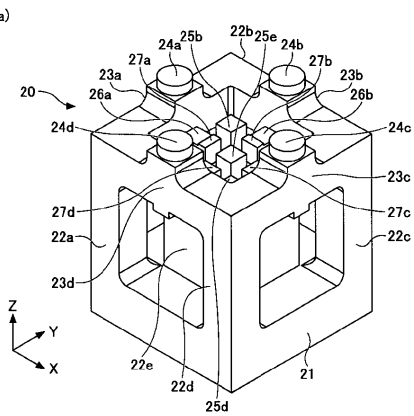


(b)

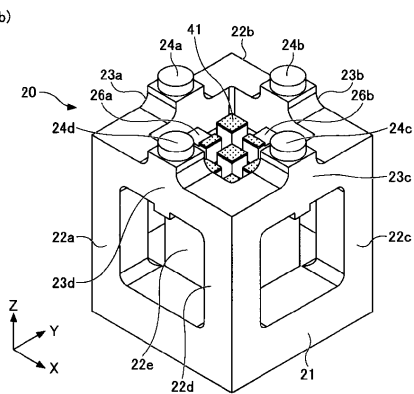


【 図 11 】

(a)

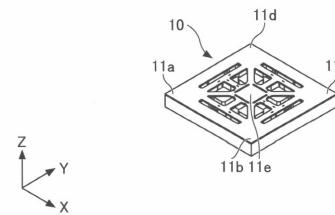


(b)

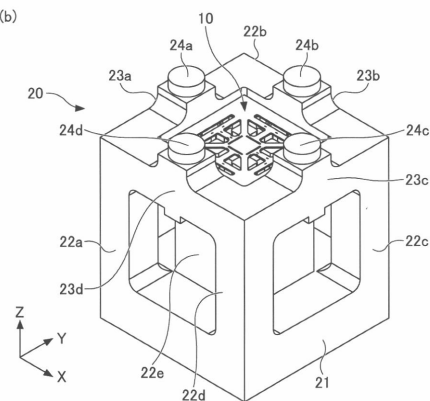


【 図 12 】

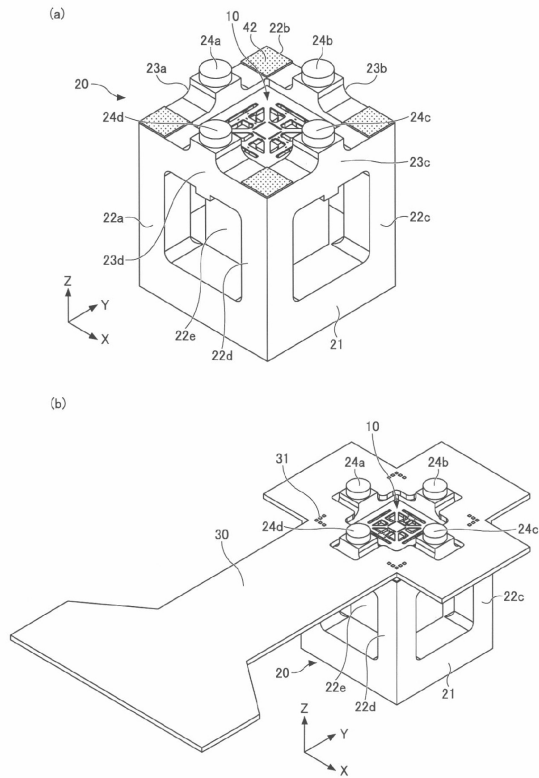
(a)



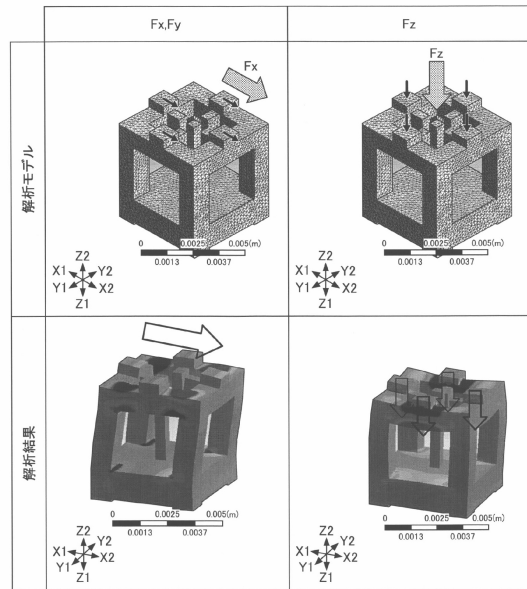
(b)



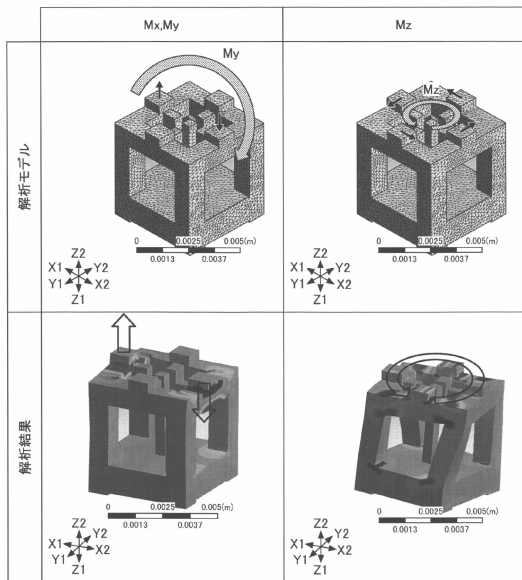
【図13】



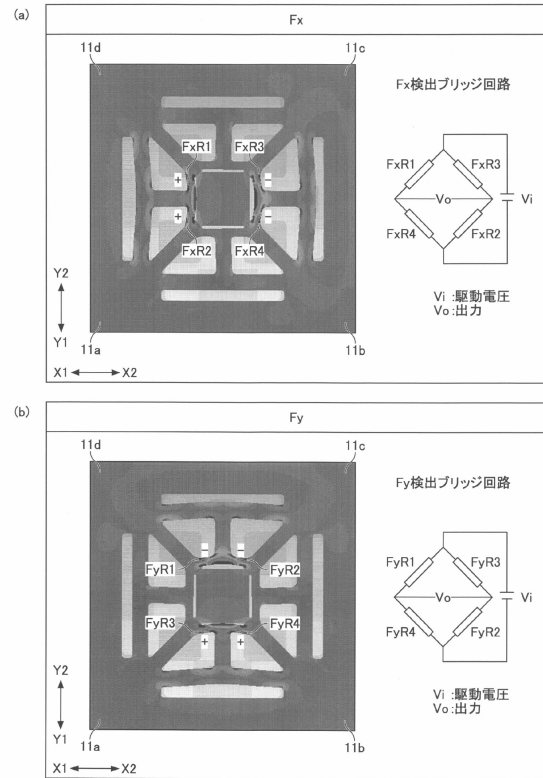
【図14】



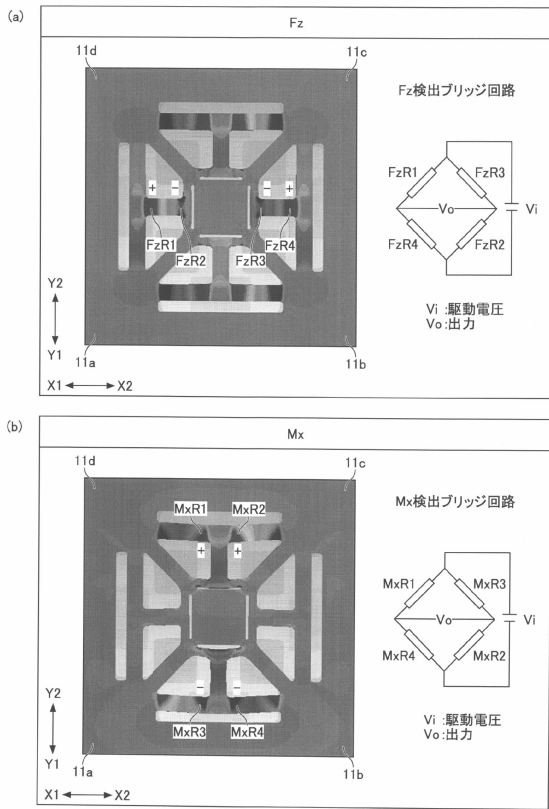
【図15】



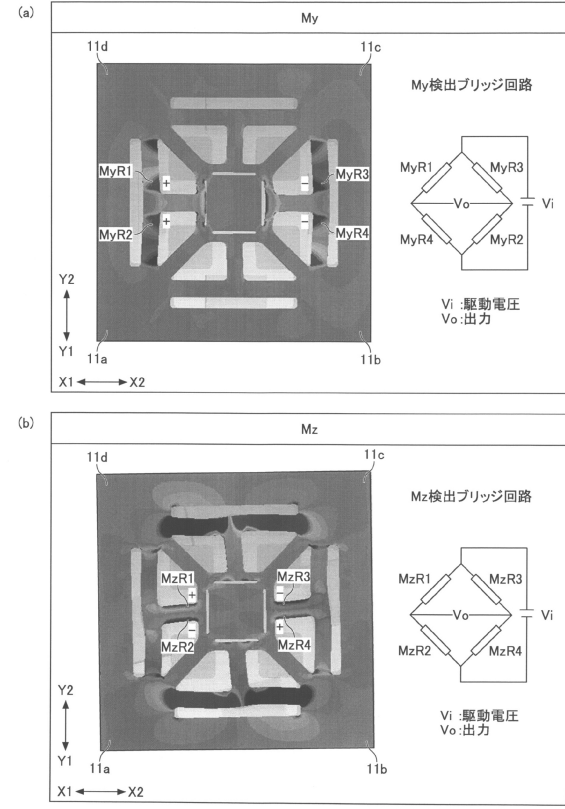
【図16】



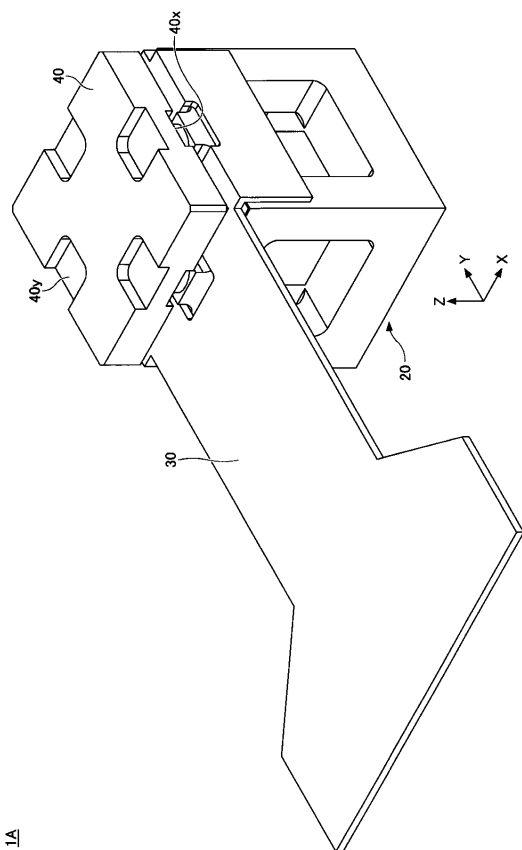
【図17】



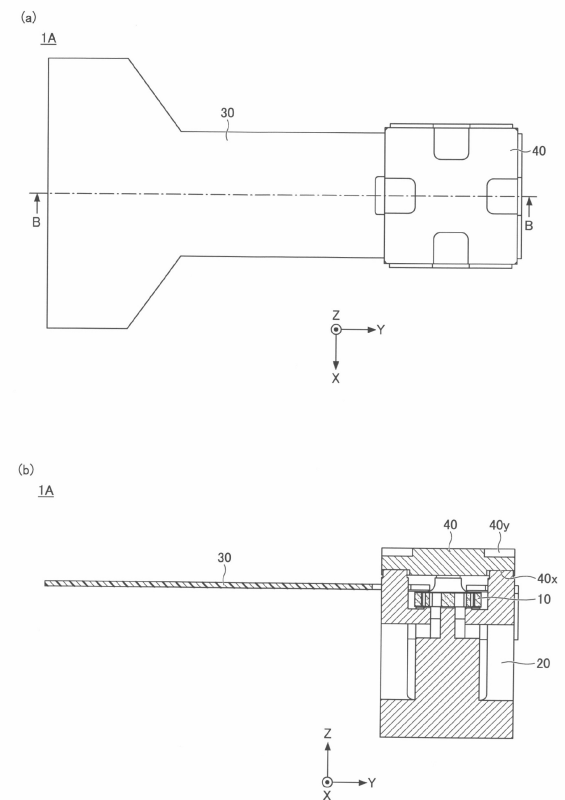
【図18】



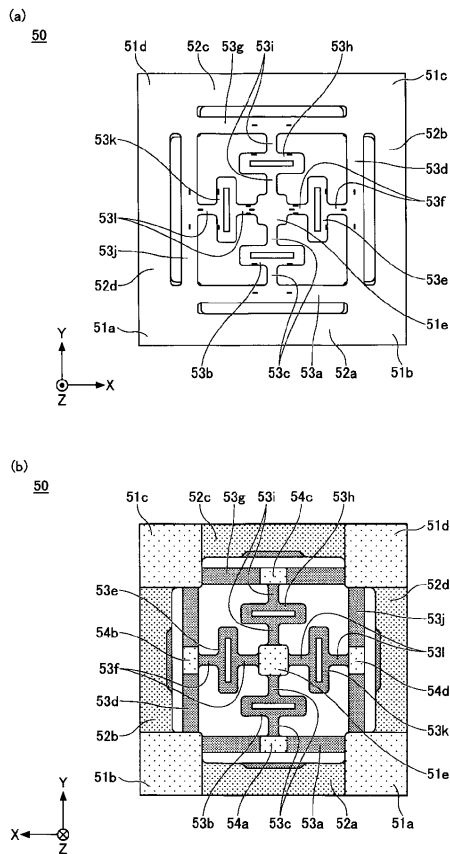
【図19】



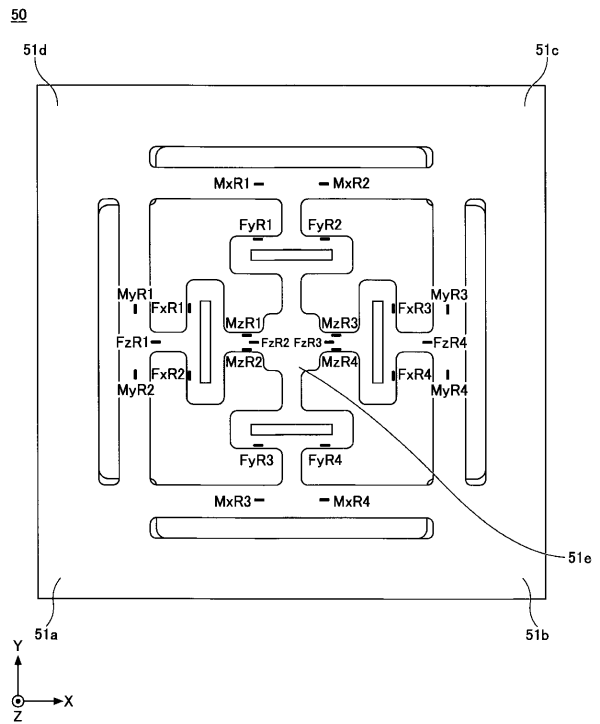
【図20】



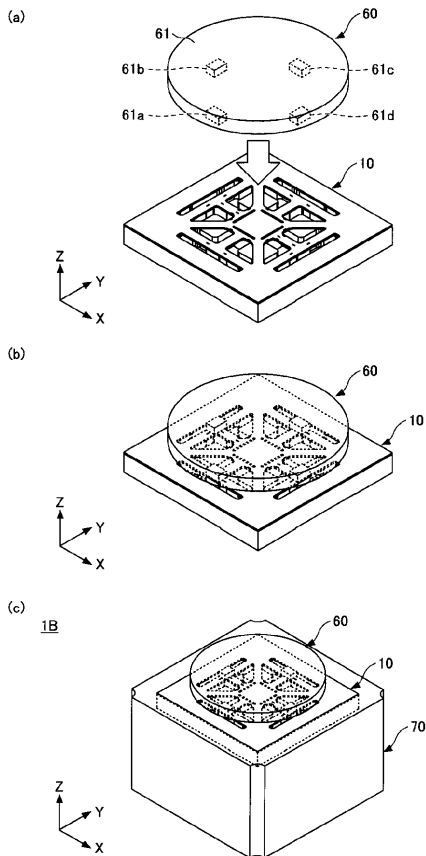
【 図 2 1 】



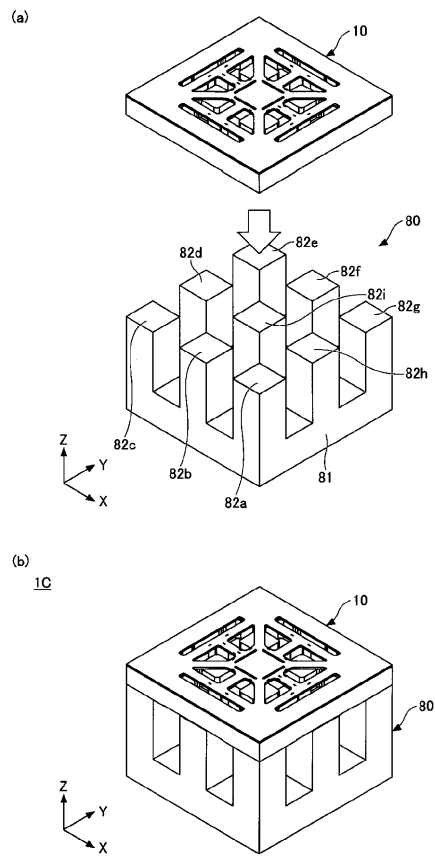
【 図 2 2 】



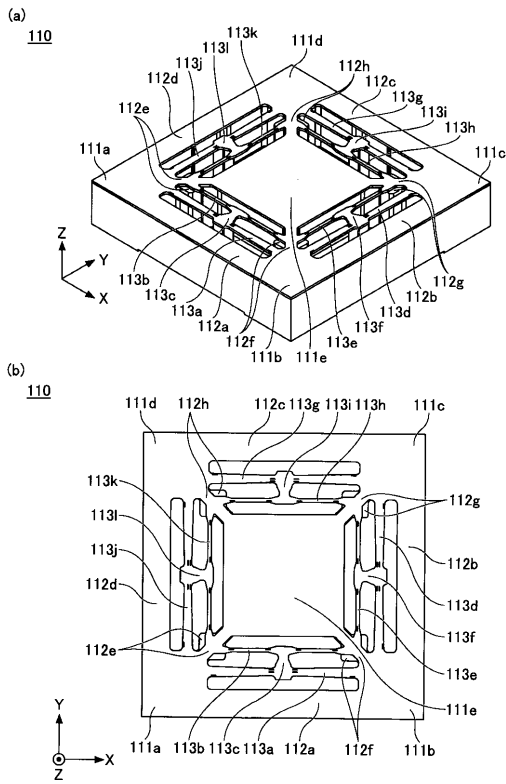
【 図 2 3 】



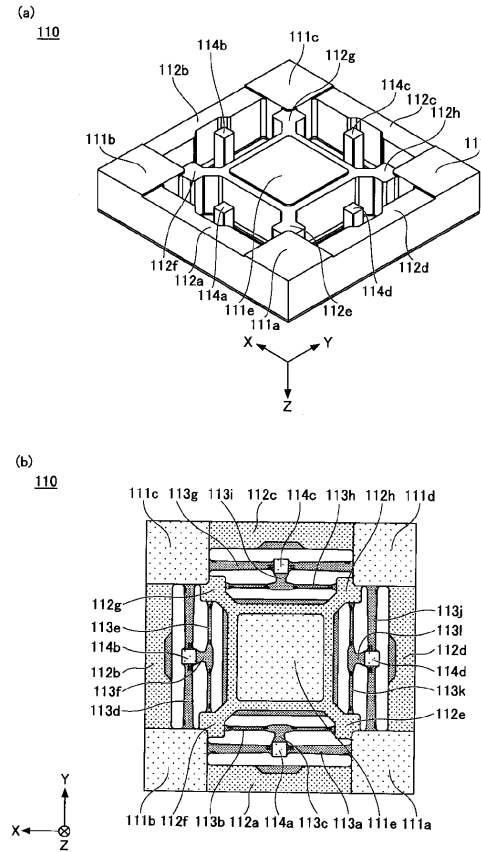
【 図 2 4 】



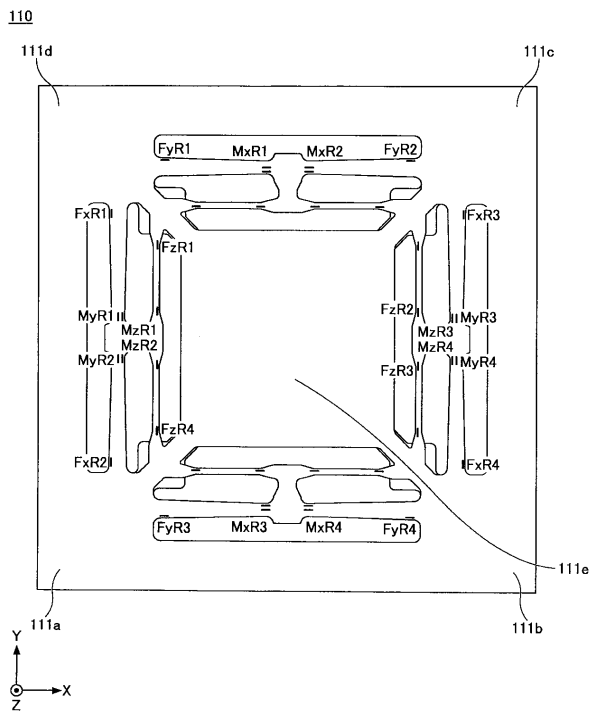
【図 25】



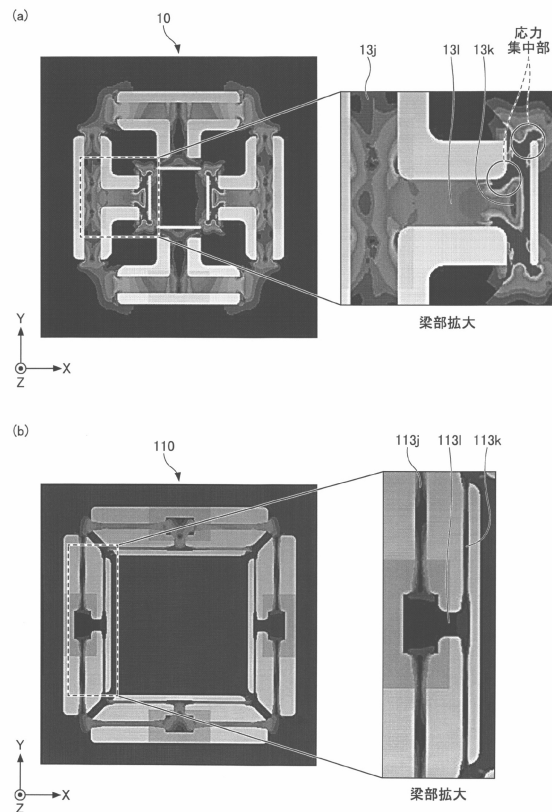
【図 26】



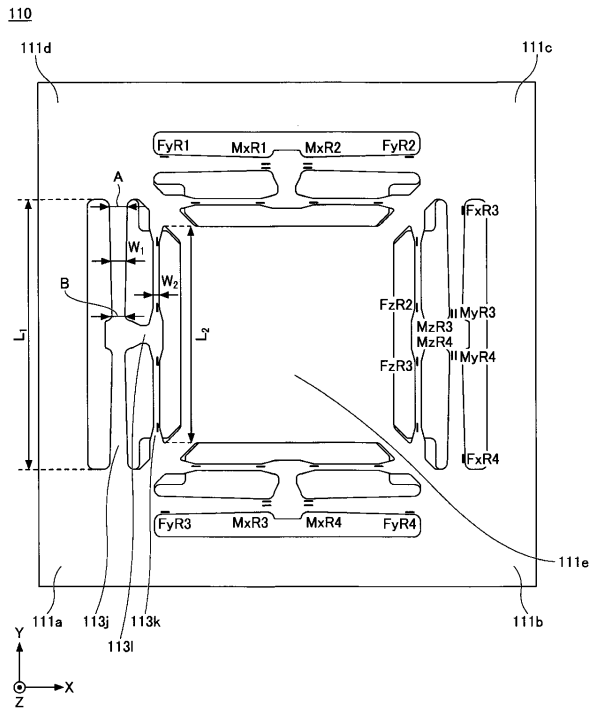
【図 27】



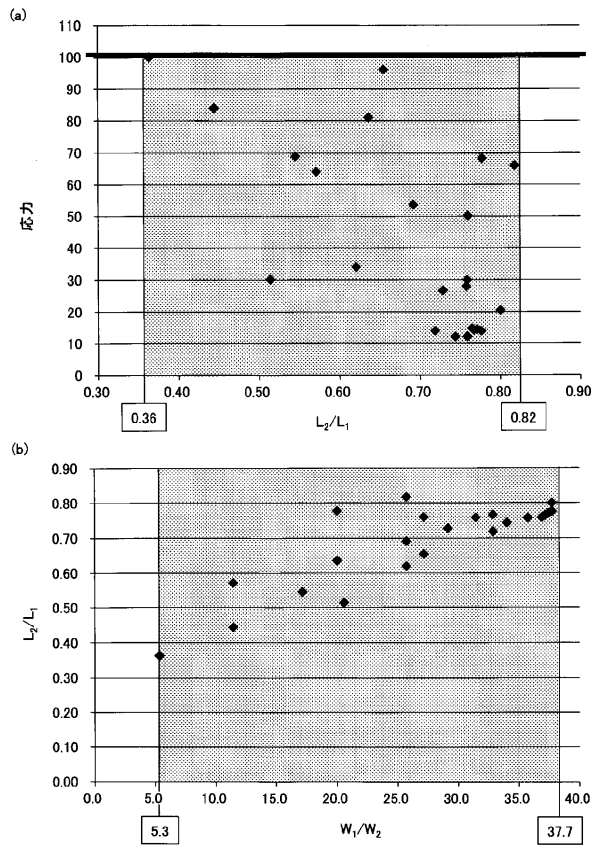
【図 28】



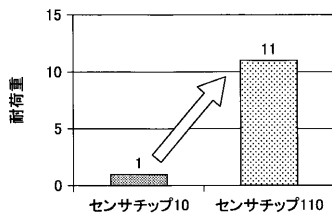
【図 29】



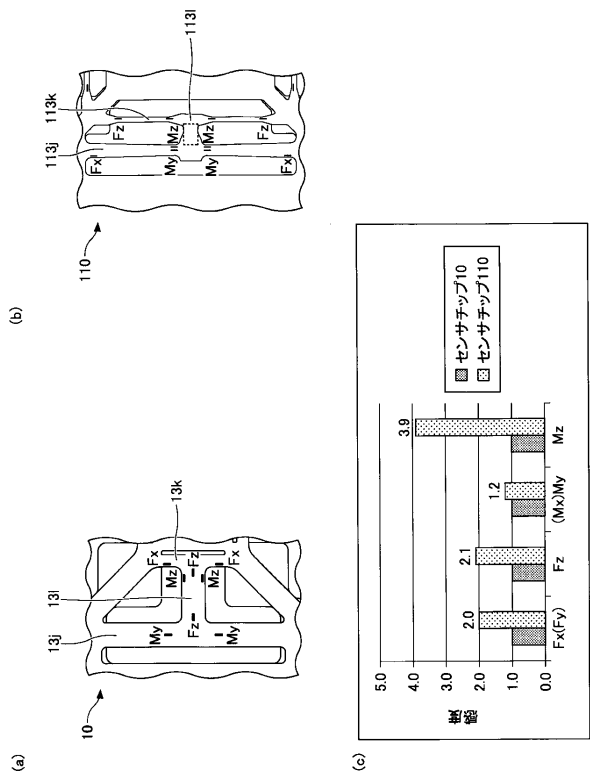
【図 30】



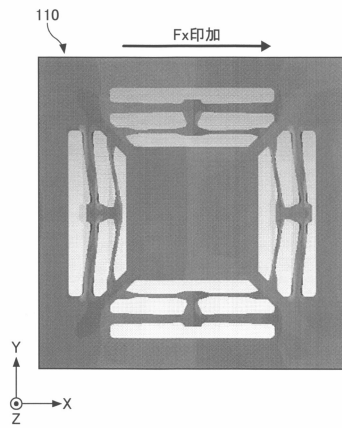
【図 31】



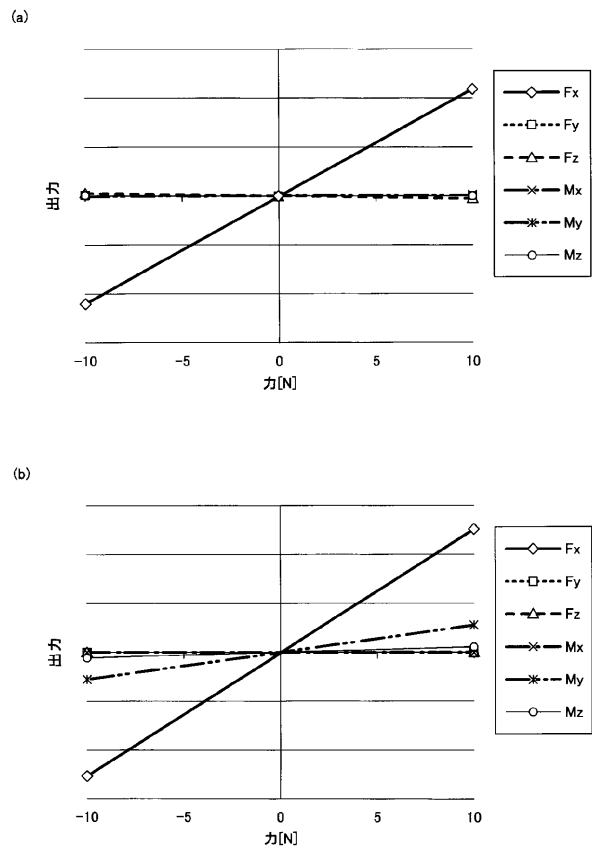
【図 32】



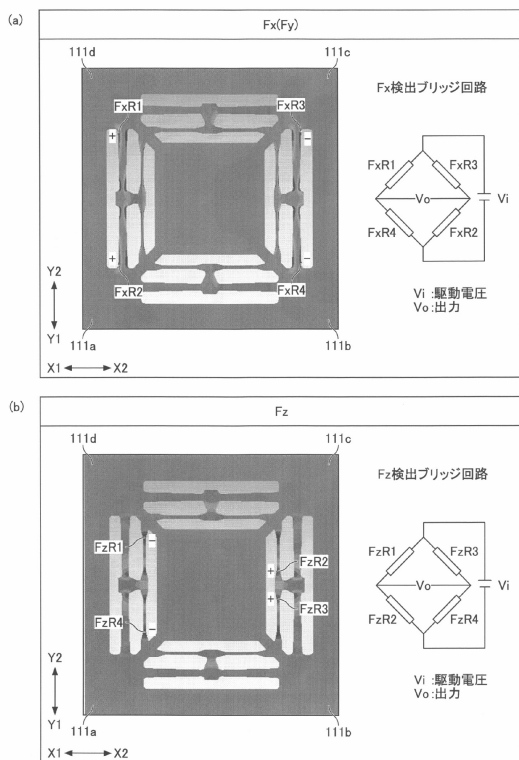
【図33】



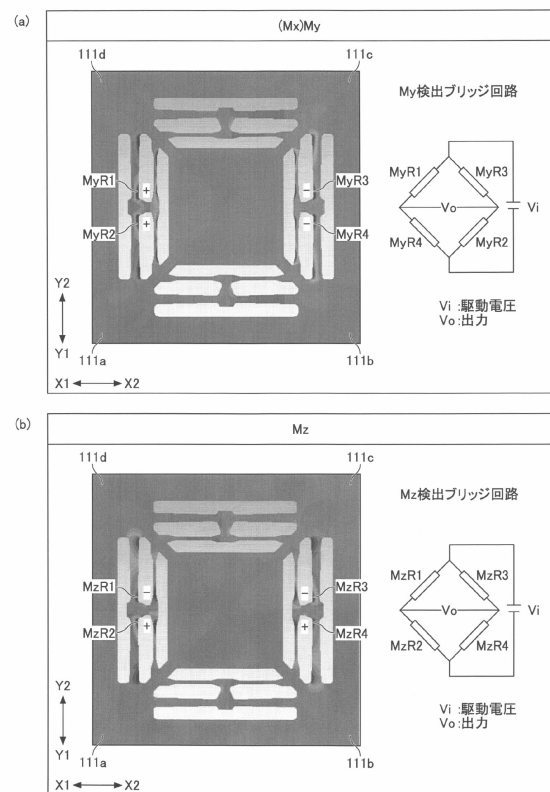
【図34】



【図35】



【図36】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-002942(JP,A)
特開2007-298471(JP,A)
特開2001-331271(JP,A)
米国特許第05526700(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 5/16 - 5/173
G01L 1/22
B81B 3/00
H01L 29/84