

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-70030

(P2005-70030A)

(43) 公開日 平成17年3月17日(2005.3.17)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
GO 1 C 19/56	GO 1 C 19/56	2 F 1 0 5
GO 1 P 9/04	GO 1 P 9/04	
HO 1 L 41/08	HO 1 L 41/08	Z
HO 1 L 41/18	HO 1 L 41/18	I O 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2004-183655 (P2004-183655)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社
(22) 出願日	平成16年6月22日 (2004.6.22)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(31) 優先権主張番号	特願2003-286215 (P2003-286215)	(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅普
(32) 優先日	平成15年8月4日 (2003.8.4)	(74) 代理人	100107076 弁理士 藤綱 英吉
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100107261 弁理士 須澤 修
		(72) 発明者	神名 重男 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	篠▲崎▼ 順一郎 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

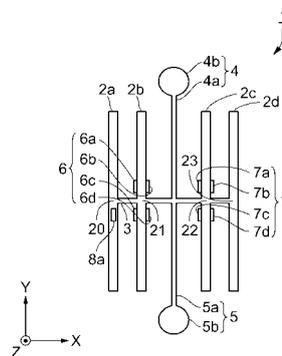
(54) 【発明の名称】 ジャイロ振動子及び電子機器

(57) 【要約】

【課題】 音片の振動が支持部を介して漏れることなく、精度良く姿勢の変化を検出できるジャイロ振動子を提供する。

【解決手段】 ほぼ同一の平面内で相互に平行に延在する第1から第4の棒状の音片 2 a、2 b、2 c、2 d と、平面内で前記4つの音片にほぼ垂直な方向に延在し、音片 2 a、2 b、2 c、2 d に接続される棒状の梁 3 と、梁 3 を支持する棒状の支持部 4、5 と、音片 2 b、2 c に配置された駆動部 6、7 と、音片 2 a に配置された検出部 8 とを備える。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ほぼ同一の平面内で相互に平行に延在する第 1、第 2、第 3 及び第 4 の棒状の音片であって、前記第 1 の音片と前記第 2 の音片は最も外側に配置され、前記第 3 の音片と前記第 4 の音片は、前記第 1 の音片と前記第 2 の音片の間に配置されるとともに、前記第 3 の音片は前記第 1 の音片の近い位置に配置され、前記第 4 の音片は前記第 2 の音片に近い位置に配置された 4 つの音片と、

前記平面内で前記 4 つの音片にほぼ垂直な方向に延在し、前記 4 つの音片に接続される棒状の梁と、

前記梁を支持する棒状の支持部と、

前記 4 つの音片の内の少なくとも 2 つの音片に配置された駆動部と、

前記 4 つの音片の内の少なくとも 1 つの音片に配置された検出部と、  
を含むジャイロ振動子であって、

前記音片を前記駆動部により駆動振動させ、前記音片が延在する方向を回転軸とする回転を、前記検出部が配置された音片の変形によって検出することを特徴とするジャイロ振動子。

10

## 【請求項 2】

前記支持部は、前記梁に交差し前記音片の延在する方向に延在して形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のジャイロ振動子。

## 【請求項 3】

前記支持部は、前記梁の長さの略中央を交差して形成されていることを特徴とする請求項 2 記載のジャイロ振動子。

20

## 【請求項 4】

前記支持部は、前記梁が前記第 1 の音片および前記第 2 の音片の外側に延在し、その端部に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のジャイロ振動子。

## 【請求項 5】

前記支持部は、前記第 1 から第 4 の音片を外側から囲むフレーム部を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のジャイロ振動子。

## 【請求項 6】

前記梁は、前記第 1 から第 4 の音片の延在する長さの略中央で前記音片と接続されることを特徴とする請求項 1 記載のジャイロ振動子。

30

## 【請求項 7】

前記第 1 および第 3 の音片と、前記第 2 および第 4 の音片とは、前記梁の中心を通り音片に平行な直線について線対称な位置に設けられていることを特徴とする請求項 6 記載のジャイロ振動子。

## 【請求項 8】

前記第 1 の音片および前記第 2 の音片に前記駆動部を含む、または、前記第 3 の音片および前記第 4 の音片に前記駆動部を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のジャイロ振動子。

## 【請求項 9】

前記第 1 の音片および前記第 2 の音片に前記駆動部を設けたときには、前記駆動部は、第 1 の音片と前記第 2 の音片との振動を相互に逆相になるように駆動し、

前記第 3 の音片および前記第 4 の音片に前記駆動部を設けたときには、前記駆動部は、前記第 3 の音片と前記第 4 の音片との振動を相互に逆相になるように駆動することを特徴とする請求項 8 記載のジャイロ振動子。

40

## 【請求項 10】

前記検出部を少なくとも第 1 の音片と第 2 の音片、または第 3 の音片と第 4 の音片、または第 1 の音片と第 3 の音片、または第 2 の音片と第 4 の音片、に含むことを特徴とする請求項 9 記載のジャイロ振動子。

## 【請求項 11】

50

前記第 1、第 2、第 3、および第 4 の音片に前記駆動部を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項記載のジャイロ振動子。

【請求項 1 2】

前記駆動部は、前記第 1 の音片の振動と第 2 の音片の振動とが相互に同相であり、前記第 3 の音片の振動と第 4 の音片の振動とが相互に同相であり、かつ、前記第 1 の音片の振動と前記第 3 の音片の振動とが相互に逆相になるように前記第 1、第 2、第 3、および第 4 の音片の振動を駆動することを特徴とする請求項 1 1 記載のジャイロ振動子。

【請求項 1 3】

前記検出部を少なくとも第 1 の音片と第 4 の音片、または第 2 の音片と第 3 の音片、または第 1 の音片と第 3 の音片、または第 2 の音片と第 4 の音片、に含むことを特徴とする請求項 1 2 記載のジャイロ振動子。

10

【請求項 1 4】

前記駆動部は、前記第 1 の音片の振動と第 2 の音片の振動とが相互に逆相であり、前記第 3 の音片の振動と第 4 の音片の振動とが相互に逆相であり、かつ、前記第 1 の音片の振動と前記第 3 の音片の振動とが相互に逆相になるように前記第 1、第 2、第 3、および第 4 の音片の振動を駆動することを特徴とする請求項 1 1 記載のジャイロ振動子。

【請求項 1 5】

前記検出部を少なくとも第 1 の音片と第 2 の音片、または第 1 の音片と第 3 の音片、または第 2 の音片と第 4 の音片、または第 3 の音片と第 4 の音片、に含むことを特徴とする請求項 1 4 記載のジャイロ振動子。

20

【請求項 1 6】

請求項 1 記載のジャイロ振動子を備えることを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動型ジャイロスコープのようなジャイロ振動子及び当該振動子を含む電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

ジャイロ振動子（以下「振動子」と呼ぶ）において、姿勢の変化を検出するために、音片は駆動用振動および、回転が発生した際にコリオリ力により生起する検出用振動を行う。前記振動子では、音片に生ずる両振動が、振動子を載置するための回路基板へ漏れ、これにより両振動の周波数がずれるというおそれがある。そこで、下記の特許文献 1 に記載された振動子では、両振動の周波数のずれを低減すべく、音片を浮かせた状態又は吊るした状態で支持するサスペンション機構（Suspension System）を有している。

30

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 5 3 9 6 1 4 4 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

しかしながら、上記従来振動子はサスペンション機構を有していても、音片の振動が振動子を支持する回路基板等へ漏れることを、十分に回避できないという問題があった。

また、上記の問題の他に、検出部が、両振動の漏れに起因する梁の形状の変化を、コリオリ力に基づく梁の形状の変化であると誤認するという問題もあった。

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、その目的は、音片の振動が支持部を介して漏れることなく、精度良く姿勢の変化を検出できるジャイロ振動子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

## 【0006】

上記の課題を解決するために、本発明に係る振動子は、ほぼ同一の平面内で相互に平行に延在する第1、第2、第3及び第4の棒状の音片であって、前記第1の音片と前記第2の音片は最も外側に配置され、前記第3の音片と前記第4の音片は、前記第1の音片と前記第2の音片の間に配置されるとともに、前記第3の音片は前記第1の音片の近い位置に配置され、前記第4の音片は前記第2の音片に近い位置に配置された4つの音片と、前記平面内で前記4つの音片にほぼ垂直な方向に延在し、前記4つの音片に接続される棒状の梁と、前記梁を支持する棒状の支持部と、前記4つの音片の内の少なくとも2つの音片に配置された駆動部と、前記4つの音片の内の少なくとも1つの音片に配置された検出部と、を含むジャイロ振動子であって、前記音片を前記駆動部により駆動振動させ、前記音片が延在する方向を回転軸とする回転を、前記検出部が配置された音片の変形によって検出することを特徴とする。

10

## 【0007】

本発明に係る振動子によれば、少なくとも2つの音片が駆動用振動を行い、回転が発生した際に、前記第1、第2、第3及び第4の音片にコリオリ力により生起する検出用振動を行う。これにより、当該音片の形状が変化する。従って、少なくとも一つの音片に設けられた検出部は、前記音片の形状の変化を検出することができ、前記回転を検出することができる。

## 【0008】

また、本発明に係る振動子では、支持部は、前記梁に交差し前記音片の延在する方向に延在して形成されていることが望ましい。

20

## 【0009】

また、本発明に係る振動子では、支持部は、前記梁の長さの略中央を交差して形成されていることが望ましい。

## 【0010】

また、本発明に係る振動子では、支持部は、前記梁が前記第1の音片および前記第2の音片の外側に延在し、その端部に形成されていることが望ましい。

## 【0011】

また、本発明に係る振動子では、支持部は、前記第1から第4の音片を外側から囲むフレーム部を含むことが望ましい。

30

## 【0012】

これらの構成の振動子によれば、支持部に検出部や駆動部からの配線を配置することができ、設計の自由度があがる。また、振動子収容容器に支持部を接着保持すれば、十分な接着面積を得られ、収容容器に振動子を確実に保持することができる。

## 【0013】

前記本発明に係る振動子では、前記梁は、前記第1から第4の音片の延在する長さの略中央で前記音片と接続されることが望ましい。

## 【0014】

前記本発明に係る振動子では、前記第1および第3の音片と、前記第2および第4の音片とは、前記梁の中心を通り音片に平行な直線について線対称な位置に設けられていることが望ましい。

40

## 【0015】

これらの構成の振動子によれば、音片が梁の中心を通る音片に平行な直線について線対称となっているため、それぞれの音片がバランス良く振動し、音片の振動が梁に漏れることなく、特性の優れた良好な振動子が得られる。

## 【0016】

前記本発明に係る振動子では、前記第1の音片および前記第2の音片に前記駆動部を含む、または、前記第3の音片および前記第4の音片に前記駆動部を含むことが望ましい。

## 【0017】

前記本発明に係る振動子では、前記第1の音片および前記第2の音片に前記駆動部を設

50

けたときには、前記駆動部は、第1の音片と前記第2の音片との振動を相互に逆相になるように駆動し、前記第3の音片および前記第4の音片に前記駆動部を設けたときには、前記駆動部は、前記第3の音片と前記第4の音片との振動を相互に逆相になるように駆動することが望ましい。

【0018】

前記本発明に係る振動子では、前記検出部を少なくとも第1の音片と第2の音片、または第3の音片と第4の音片、または第1の音片と第3の音片、または第2の音片と第4の音片、に含むことが望ましい。

【0019】

本発明に係る振動子によれば、2つの音片が駆動用振動を行い、回転が発生した際に、前記第1、第2、第3及び第4の音片にコリオリ力により生起する検出用振動を行う。これにより、当該音片の形状が変化する。従って、少なくとも2つの音片に設けられた検出部は、前記音片の形状の変化を検出することができ、前記回転を検出することができる。また、少なくとも2つの検出部により、前記回転にとって外乱である加速度を検出でき、加速度と回転の区別が可能となり、精度良く姿勢の変化を検出できる振動子を得ることができる。

10

【0020】

前記本発明に係る振動子では、前記第1、第2、第3、および第4の音片に前記駆動部を含んでもよい。

【0021】

前記本発明に係る振動子では、前記駆動部は、前記第1の音片の振動と第2の音片の振動とが相互に同相であり、前記第3の音片の振動と第4の音片の振動とが相互に同相であり、かつ、前記第1の音片の振動と前記第3の音片の振動とが相互に逆相になるように前記第1、第2、第3、および第4の音片の振動を駆動してもよい。

20

【0022】

前記本発明に係る振動子では、前記検出部を少なくとも第1の音片と第4の音片、または第2の音片と第3の音片、または第1の音片と第3の音片、または第2の音片と第4の音片、に含んでもよい。

【0023】

前記本発明に係る振動子では、前記駆動部は、前記第1の音片の振動と第2の音片の振動とが相互に逆相であり、前記第3の音片の振動と第4の音片の振動とが相互に逆相であり、かつ、前記第1の音片の振動と前記第3の音片の振動とが相互に逆相になるように前記第1、第2、第3、および第4の音片の振動を駆動してもよい。

30

【0024】

前記本発明に係る振動子では、前記検出部を少なくとも第1の音片と第2の音片、または第1の音片と第3の音片、または第2の音片と第4の音片、または第3の音片と第4の音片、に含んでもよい。

【0025】

本発明に係る振動子によれば、4つの音片が駆動用振動を行い、回転が発生した際に、前記第1、第2、第3及び第4の音片にコリオリ力により生起する検出用振動を行う。これにより、当該音片の形状が変化する。従って、少なくとも2つの音片に設けられた検出部は、前記音片の形状の変化を検出することができ、前記回転を検出することができる。また、少なくとも2つの検出部により、前記回転にとって外乱である加速度を検出でき、加速度と回転の区別が可能となり、精度良く姿勢の変化を検出できる振動子を得ることができる。

40

【0026】

本発明に係る電子機器は、前記振動子を備えることを特徴とする。

【0027】

本発明に係る電子機器によれば、精度良く姿勢の変化を検出できる振動子を備えており、良好な性能を発揮する電子機器を得ることができる。

50

**【発明を実施するための最良の形態】****【0028】**

本発明に係る振動子の実施例について図面を参照して説明する。

**【実施例1】****【0029】**

実施例1の振動子は、コリオリ力を励起する駆動用振動を行なう駆動モード、及びコリオリ力により生起する検出用振動を行う検出モードを有している。以下、実施例1の振動子について、構成及び駆動モードを並行して説明した後、検出モードを説明する。

**【0030】**

図1は、実施例1の振動子の構成を示す正面図である。図2(A)は実施例1の駆動モード中の振動子を示す斜視図であり、図2(B)は、同図(A)の正面図である。 10

実施例1の振動子1は図1、図2(A)及び図2(B)に示されるように、4つの音片2a(第1の音片)、2b(第3の音片)、2c(第4の音片)、2d(第2の音片)と、梁3と、2つの支持部4、5と、2つの駆動部6、7と、検出部8とを有する。

**【0031】**

音片2a、2b、2c、2dは、Y方向に延在し相互に平行な棒状の部材であり、断面が矩形であり材質が均一である。音片2b、2cは、音片2aと2dの間に設けられている。より詳細には、音片2bは、音片2aまでの距離が音片2dまでの距離より短い位置に設けられており、音片2cは、音片2dまでの距離が音片2aまでの距離より短い位置に設けられている。 20

**【0032】**

音片2a及び音片2dは、その長さの略中心である交点20、23で梁3と接続されている。音片2a及び音片2dは、駆動モードにおいて、何ら振動を行なわない。

**【0033】**

他方で、音片2bは、その長さの略中心である交点21で梁3と交差している。駆動部6は、音片2bのYZ平面に平行な2つの面に設けられ、駆動素子6a、6b、6c、6dから構成されている。駆動素子6aと6bは、音片2bのYZ平面に平行な平面に関して面对称な位置にある。また、駆動素子6d、6cは同様な面对称な位置にある。

音片2cは、その長さの略中心である交点22で梁3と交差している。駆動部7は、音片2cのYZ平面に平行な2つの面に設けられ、駆動素子7a、7b、7c、7dから構成されている。駆動素子7aと7bは、音片2cのYZ平面に平行な平面に関して面对称な位置にある。また、駆動素子7d、7cは同様な面对称な位置にある。 30

**【0034】**

梁3は、X方向に延在し、棒状で断面が矩形である。そして、Z方向の厚さが音片2a、2b、2c、2dのZ方向の厚さと略同一である。梁3は、一端が音片2aの長さの略中心である交点20に接続され、他端が音片2dの長さの略中心である交点23に接続されている。

**【0035】**

支持部4は、棒状部4aと円板部4bとからなり、同様に、支持部5は、棒状部5aと円板部5bとからなる。棒状部4aは、梁3の略中心を起点として、Y方向に音片2a、2b、2c、2dより長く延在し、断面が矩形である。また、棒状部4aのZ方向の厚さは、音片2a、2b、2c、2d及び梁3のZ方向の厚さと略同一である。円板部4bは、棒状部4aの先端に設けられる。円板部4bの直径は、棒状部4aのX方向の幅より大きい。従って、接着剤により回路基板等に振動子1を固定するために必要な面積を有する。また、円板部4bのZ方向の厚さは、棒状部4aのZ方向の厚さと略同一である。 40

**【0036】**

棒状部5a、円板部5bは、棒状部4a、円形部4bと同様な形状を有する。棒状部5aは、梁3の長さの略中心を起点として、棒状部5aの延在する方向とは逆向きに延在し、円形部5bは、棒状部5aの先端に設けられている。

**【0037】**

音片 2 b は、駆動モードのとき、駆動部 6 の励起により X 方向に屈曲振動を行なう。ここで、音片 2 b と梁 3 とが交差する交点 2 1 は、音片 2 b の屈曲振動の中心となり動かない。従って、音片 2 b の振動は梁 3 に伝播することがない。

【0038】

同様に、音片 2 c は、駆動モードのとき、駆動部 7 の励起により X 方向に屈曲振動を行なう。ここで、音片 2 c の振動は、音片 2 b と逆相の関係で行う。即ち、図 2 (A) 及び図 2 (B) に示されるように、X 方向について、音片 2 b が " < " の形状に変形するとき、音片 2 c は、音片 2 b の形状と反対な " > " の形状に変形する。また、上記とは反対に、X 方向について、音片 2 b が " > " の形状に変形するとき、音片 2 c は、音片 2 b の形状と反対な " < " の形状に変形する。

10

音片 2 c と梁 3 とが交差する交点 2 2 は、音片 2 c の屈曲振動の中心となり動かない。従って、音片 2 c の振動が梁 3 に伝播することがない。

【0039】

検出部 8 は、検出素子 8 a、8 b から構成されており、検出素子 8 a、8 b は、音片 2 a の X Y 平面に平行な 2 つの面に対向するように設けられている。そして、検出素子 8 a、8 b は、音片 2 a の長さの略中心からやや外れた位置に取り付けられている。検出部 8 は、振動子 1 の検出モードにおける検出用振動に起因して、音片 2 a に生ずる変形を検出する。

なお、振動子の材質として、恒弾性材料や圧電材料から適宜選択することができる。エリンバ材などの恒弾性材料を用いた場合には、駆動素子及び検出素子としてピエゾ素子などの圧電素子を用いる。また、振動子が水晶やタンタル酸リチウムなどの圧電材料を用いた場合には、駆動素子及び検出素子として電極を用いればよい。

20

【0040】

次に、実施例 1 における振動子 1 の検出モードについて説明する。

図 3 (A)、図 3 (B) 及び図 3 (C) は、それぞれ、検出モードでの振動子を示す斜視図、側面図、平面図である。実施例 1 の振動子 1 は、音片 2 b、2 c が X 方向に屈曲振動する上記の駆動モードにおいて、Y 方向を中心軸とする回転（以下、「Y 軸回転」と呼ぶ）が生じると、音片 2 b、2 c に、Z 方向に沿って実線の矢印で示したコリオリ力 F 及び点線の矢印で示したコリオリ力 F が交互に発生する。交互に発生する当該コリオリ力により、音片 2 b、2 c は、Z 方向に屈曲振動する。つまり、音片 2 b、2 c は X 方向の屈曲振動をしながら、コリオリ力による Z 方向の屈曲振動を同時にすることになる。また、音片 2 a と 2 d の動きは、音片 2 b、2 c に働くコリオリ力 F による回転モーメントを打ち消すように振動する。つまり、音片 2 a と 2 b、音片 2 c と 2 d がそれぞれ逆相になるように、Z 方向に屈曲振動する。

30

【0041】

具体的には、図 3 (A)、図 3 (B) 及び図 3 (C) に示されるように、実線の矢印で示されたコリオリ力 F が発生するとき、Z 方向について、音片 2 a は、" < " の形状に変形し、音片 2 b は、音片 2 a の形状と反対な " > " の形状に変形する。また、このとき、音片 2 d は、音片 2 a の形状と反対な " > " の形状に変形し、音片 2 c は、音片 2 d の形状と反対であって音片 2 b の形状とも反対な " < " の形状に変形する。

40

上記とは反対に、点線の矢印で示されたコリオリ力 F が発生するとき、Z 方向について、音片 2 a は、" > " の形状に変形し、音片 2 b は、音片 2 a の形状と反対な " < " の形状に変形する。また、このとき、音片 2 d は、音片 2 a の形状と反対な " < " の形状に変形し、音片 2 c は、音片 2 d の形状と反対であって音片 2 b の形状とも反対な " > " の形状に変形する。

【0042】

上記の Z 方向に沿った音片 2 a、2 b、2 c、2 d の屈曲振動により、正確には、音片 2 a の Z 方向の屈曲振動により、検出部 8 が取り付けられている位置で形状の変化が生じる。検出部 8 は、圧電性を有するので、形状の変化を示す電気信号を生成し、当該電気信号を演算部（図示せず）に出力する。演算部は、検出部 8 から前記電気信号を受けると、

50

従来知られた方法に従って前記電気信号を処理することにより、前記したY軸回転、即ち振動子1の姿勢の変化を算出する。

#### 【0043】

上述したように、実施例1の振動子1では、音片2b、2cのX方向の屈曲振動中にY軸回転が発生すると、音片2b、2cにZ方向のコリオリ力Fが生じ、当該コリオリ力Fにより音片2b、2cがZ方向に屈曲振動する。他方で、音片2a、2dは、音片2b、2cの当該屈曲振動による回転モーメントを打ち消すように、Z方向に屈曲振動する。その結果、音片2a自身の当該屈曲振動により音片2aに形状の変化が生じる。従って、音片2aに設けられた検出部8は、音片2aの前記形状の変化を検出することができる。これにより、振動子1のY軸回転を検出することができる。

10

なお、実施例1の振動子1において検出部8を、音片2b、または2c、あるいは2dに設けることによっても、上記と同様に振動子1のY軸回転を検出することができる。検出部8を音片2a、または2dに設けた場合には、駆動モードの振動の漏れによる誤検出を回避することができる。一方、検出部8を音片2b、または2cに設けた場合には、コリオリ力による音片の形状の変化を効率的に検出することができる。

#### 【0044】

実施例1の振動子1では、音片2aと2dが、支持部4、5を通るYZ平面に関して面対称な位置にあり、音片2aの動きは、音片2dの動きと逆相関係にある。さらに支持部4、5は音片2a、2dから等距離に位置すると同時に、音片2b、2cからも等距離に位置する。これらのことから、音片2a、2bの振動、及び音片2c、2dの振動が相殺される。すなわち、音片2a、2bの振動が支持部4、5に漏れること及び音片2c、2dの振動が支持部4、5に漏れることを相殺することができる。

20

#### 【0045】

図7は前述の振動子1を振動子収容容器に実装した状態を示す斜視図である。

セラミックスなどで形成された収容容器100は、一面が開放されて凹部が設けられている。また、凹部には載置台101が形成され、載置台101に振動子1の支持部4、5の円板部4b、5bを接着剤で接着することにより、振動子1が収容容器に固定される。このとき、振動子1の音片2a、2b、2c、2dは収容容器100には接触せず、振動を阻害することはない。支持部の円板部4b、5bに形成された配線と収容容器100に形成された配線を接続するためにワイヤーボンディングが行われ、振動子1と収容容器100の電氣的接続がなされている。そして、収容容器100の上面には図示しない蓋体が内部を真空雰囲気あるいは不活性ガス雰囲気に保持して固着され、パッケージされた振動子となる。

30

[支持部の配置における変形例]

#### 【0046】

図8(A)、(B)は実施例1の支持部の配置における変形例を示す構成図である。

図8(A)に示すように支持部80および81は、音片2a、2b、2c、2dの長さより棒状部80a、81aが短く延在し、その先端に円板部80b、81bを形成している。そして、この円板部80b、81bを収容容器に接着することにより、振動子1の固定ができる。

40

また、図8(B)に示すように、音片2a、2b、2c、2dと接続される梁3の長さの略中心付近に支持部82を設けてもよい。そして、この支持部82を収容容器に接着することにより振動子1の固定ができる。

#### 【0047】

また、他の変形例として、図9(A)、(B)に示す実施も可能である。

図9(A)は、梁3を音片2a、2dの外側に延在した先端に、支持部83及び84を設けている。そして、この支持部83、84を収容容器に接着することにより振動子1の固定ができる。

また、図9(B)は実施例1の支持部4、5に加え、梁3を音片2a、2dの外側に延在した先端にも、支持部としての円板部85及び86を設けている。

50

このように、円板部 4 b、5 b、8 5、8 6 を収容容器に接着することができるため、振動子 1 の接着強度を増すことができ、振動子 1 の耐衝撃性を向上させることができる。また、駆動部や検出部からの配線を、支持部 4、5 および 8 5、8 6 側に引き出せることから、配線の配置の自由度が向上する。

[ 検出モードの変形例 ]

【 0 0 4 8 】

図 4 ( A ) 及び図 4 ( B ) は、それぞれ、実施例 1 の振動子の駆動モードの変形例を示す斜視図及び正面図である。振動子 3 0 は、駆動部 9、1 0 を音片 2 a、2 d に設けている。駆動部 9 は駆動素子 9 a、9 b、9 c、9 d から構成され、駆動部 1 0 は駆動素子 1 0 a、1 0 b、1 0 c、1 0 d から構成されている。これらの駆動素子の配置における位置関係は、実施例 1 で述べた音片に対しての位置関係と同様である。

10

さらに、振動子 3 0 は、音片 2 b に検出部 1 1 が設けられ、検出部 1 1 は検出素子 1 1 a、1 1 b から構成されている。検出素子 1 1 a、1 1 b の位置関係は、実施例 1 で述べた音片に対しての位置関係と同様である。

【 0 0 4 9 】

上記のように構成される振動子 3 0 は、駆動モードにおいて、音片 2 a、2 d が X 方向に屈曲振動し、音片 2 b、2 c は何ら屈曲振動を行わない。

【 0 0 5 0 】

具体的には、音片 2 a は、X 方向に沿った屈曲振動を駆動部 9 の励起により行い、音片 2 d も同様に、X 方向に沿った屈曲振動を駆動部 1 0 の励起により行う。このとき、音片 2 a と音片 2 d は逆相関係となる屈曲振動を行う。即ち、図 4 ( A ) 及び図 4 ( B ) に示されるように、X 方向について、音片 2 a が " < " の形状に変形するとき、音片 2 d は音片 2 a の形状と反対な " > " の形状に変形する。また、X 方向について、音片 2 a が " > " の形状に変形するとき、音片 2 d は、音片 2 a の形状と反対な " < " の形状に変形する。

20

【 0 0 5 1 】

音片 2 a と梁 3 との接続点である交点 2 0 は、音片 2 a の屈曲振動の中心となり動かないことから、音片 2 a の振動が梁 3 に伝播することを制止する。同様に、音片 2 d と梁 3 との接続点である交点 2 3 は、音片 2 d の屈曲振動の中心となり動かず、音片 2 d の振動が梁 3 に伝播することを制止する。

30

【 0 0 5 2 】

振動子 3 0 では、駆動モードで音片 2 a、2 d が X 方向に屈曲振動するとき、Y 軸回転が生じると、振動子 1 の検出モードを示す図 3 と同様に、Z 方向に沿って発生するコリオリ力 F により、音片 2 a、2 d は、Z 方向に屈曲振動する。また、音片 2 b、2 c は、音片 2 a、2 d の振動と逆相になるように、Z 方向に屈曲振動する。

【 0 0 5 3 】

このような Z 方向に沿った音片 2 a、2 b、2 c、2 d の屈曲振動により、正確には、音片 2 b 自身の屈曲振動により、検出部 1 1 が取り付けられている位置に対応する音片 2 b の部位に形状の変化が生じ、検出部 1 1 は、音片 2 b の前記部位における形状の変化を示す電気信号を演算部に出力する。演算部は、振動子 3 0 の姿勢の変化を算出する。

40

【 0 0 5 4 】

上述したように、変形例の振動子 3 0 では、音片 2 a、2 d の X 方向の屈曲振動中に、Y 軸回転が発生すると、音片 2 a、2 d に Z 方向のコリオリ力 F が生じ、当該コリオリ力により Z 方向に音片 2 a、2 d が屈曲振動し、他方で、音片 2 b、2 c も Z 方向に屈曲振動する。この結果、音片 2 b 自身の当該屈曲振動により音片 2 b に形状の変化が生じる。従って、音片 2 b に設けられた検出部 1 1 は、音片 2 b の前記形状の変化を検出することができる。つまり、Y 軸回転を検出することができる。

なお、検出部 1 1 を音片 2 b に配置せず、音片 2 a、または 2 c、あるいは 2 d に設けることによって、上記と同様に振動子 3 0 の Y 軸回転を検出することができる。検出部 1 1 を音片 2 b、または 2 c に設けた場合には、駆動モードの振動の漏れによる誤検出を

50

回避することができる。一方、検出部 11 を音片 2 a、または 2 d に設けた場合には、コリオリ力による音片の形状の変化を効率的に検出することができる。

[検出部を複数配置した変形例]

【0055】

図 10 (A) は検出部を複数設けた場合の変形例を示す平面構成図、図 10 (B) は、同図 (A) の斜視図である。

駆動素子 6 a、6 b、6 c、6 d から構成される駆動部 6 を有する音片 2 b に、検出部 9 2、9 3 が設けられている。検出部 9 2 は、音片 2 b における相互に裏表の関係にある X Y 平面上に設けた検出素子 9 2 a、9 2 b から構成されている。さらに、検出部 9 3 は、音片 2 b における相互に裏表の関係にある X Y 平面上に設けた検出素子 9 3 a、9 3 b から構成されている。

10

また、同様に駆動素子 7 a、7 b、7 c、7 d から構成される駆動部 7 を有する音片 2 c に、検出部 9 4、9 5 が設けられている。検出部 9 4 は検出素子 9 4 a、9 4 b から構成され、検出部 9 5 は検出素子 9 5 a、9 5 b から構成されている。なお、検出部 9 2、9 3、9 4、9 5 はそれぞれの音片 2 b、2 c の長さの略中心からやや外れた位置に取り付けられている。

【0056】

音片 2 a には、検出部 9 0、9 1 が設けられている。検出部 9 0 は、音片 2 a における相互に裏表の関係にある X Y 平面上に設けた検出素子 9 0 a、9 0 b から構成されている。さらに、検出部 9 1 は、音片 2 a における相互に裏表の関係にある X Y 平面上に設けた

20

検出素子 9 1 a、9 1 b から構成されている。

また、同様に音片 2 d には検出部 9 6、9 7 が設けられている。検出部 9 6 は検出素子 9 6 a、9 6 b から構成され、検出部 9 7 は検出素子 9 7 a、9 7 b から構成されている。なお、検出部 9 0、9 1 は梁 3 と音片 2 a との交点からやや離れた X Y 平面に平行な面に取り付けられている。検出部 9 6、9 7 は、梁 3 と音片 2 d の交点からやや離れた X Y 平面に平行な面に取り付けられている。

【0057】

振動子 1 としての、駆動モードと検出モードにおける各音片 2 a、2 b、2 c、2 d の振動については、実施例 1 で説明した通りであり、説明を省略する。

複数の検出部を設けることの効果として、Y 軸回転にとって外乱である Z 方向の加速度に対して検出が可能となる。Z 軸方向に加速度がかかった場合に、4 つの音片 2 a、2 b、2 c、2 d は Z 軸に沿って同じ方向に変形する。このことから、Y 軸回転において、Z 軸に沿って逆相で振動する少なくとも二つの音片に、検出部を設けることにより、加速度と Y 軸回転を区別することが可能となる。

30

【0058】

上記のように、駆動部を音片 2 b (第 3 の音片)、及び 2 c (第 4 の音片) に設け、音片 2 b、2 c を相互に逆相になるように駆動した場合、Y 軸回転にとって外乱である Z 方向の加速度を検出できる検出部の配置としては、少なくとも二つの音片に検出部が配置されていれば良く、次の 4 種類のどれかを選択することで加速度の検出が可能である。

音片 2 a (第 1 の音片) と音片 2 d (第 2 の音片) に検出部を配置

40

音片 2 b (第 3 の音片) と音片 2 c (第 4 の音片) に検出部を配置

音片 2 a (第 1 の音片) と音片 2 b (第 3 の音片) に検出部を配置

音片 2 c (第 4 の音片) と音片 2 d (第 2 の音片) に検出部を配置

また、駆動部を音片 2 a (第 1 の音片)、及び 2 d (第 2 の音片) に設け、音片 2 a、2 d を相互に逆相になるように駆動した場合、Y 軸回転にとって外乱である Z 方向の加速度を検出できる検出部の配置としては、少なくとも二つの音片に検出部が配置されていれば良く、次の 4 種類のどれかを選択することで加速度の検出が可能である。

音片 2 a (第 1 の音片) と音片 2 d (第 2 の音片) に検出部を配置

音片 2 b (第 3 の音片) と音片 2 c (第 4 の音片) に検出部を配置

音片 2 a (第 1 の音片) と音片 2 b (第 3 の音片) に検出部を配置

50

音片 2 c (第 4 の音片) と音片 2 d (第 2 の音片) に検出部を配置

このようにすれば、Y 軸回転と加速度を区別することができ、加速度をキャンセルすることにより、高精度の Y 軸回転の検出ができる。

【0059】

また、検出部はコリオリ力による変形の生ずる部分の音片に配置することができ、図 10 に示すように、1 つの音片に複数設けても良い。このように、2 つ以上の検出部を設けることの効果として、多くの音片の変形を検出することにより、検出におけるノイズや誤差を演算部において平均化し、高精度の Y 軸回転の検出が可能となる。

【実施例 2】

【0060】

図 5 (A) 及び図 5 (B) は、それぞれ、駆動モード中の実施例 2 の振動子を示す斜視図及び正面図である。

実施例 2 の振動子 40 は、実施例 1 の振動子 1 と同様な形状を有し、異なる点は、4 つの音片に駆動部が設けられ、その内の 1 つの音片にさらに検出部が設けられている。つまり、音片 2 a に駆動部 9 (9 a、9 b、9 c、9 d) が設けられ、音片 2 b には駆動部 6 (6 a、6 b、6 c、6 d) が設けられ、音片 2 c には駆動部 7 (7 a、7 b、7 c、7 d) が設けられ、音片 2 d には駆動部 10 (10 a、10 b、10 c、10 d) が設けられている。また、音片 2 a に検出部 8 (8 a、8 b) を有している。

以下、実施例 2 の振動子の駆動モード及び検出モードでの動作について説明する。

【0061】

図 5 (A) 及び図 5 (B) に示されるように、実施例 2 の振動子 40 では駆動モードのとき、音片 2 a、2 b は、X 方向に相互に逆相関係で屈曲振動し、音片 2 c、2 d も X 方向に相互に逆相関係で屈曲振動する。加えて、音片 2 a の屈曲振動と、音片 2 d の屈曲振動は、相互に同相関係である。また、音片 2 b の屈曲振動と音片 2 c の屈曲振動は、相互に同相関係である。

【0062】

具体的には、X 方向について、音片 2 a が " < " の形状に変形するとき、音片 2 b は、音片 2 a の形状と反対な " > " の形状に変形する。このとき、音片 2 d は、音片 2 a の形状と略同一な " < " の形状に変形し、音片 2 c は、音片 2 d の形状と反対であって音片 2 b の形状と略同一な " > " の形状に変形する。

また、上記とは反対に、X 方向について、音片 2 a が " > " の形状に変形するとき、音片 2 b は、音片 2 a の形状と反対な " < " の形状に変形する。このとき、音片 2 d は、音片 2 a の形状と略同一な " > " の形状に変形し、音片 2 c は、音片 2 d の形状と反対であって音片 2 b の形状と略同一な " < " の形状に変形する。

【0063】

次に、実施例 2 の振動子 40 の検出モードについて説明する。

図 6 (A) 及び図 6 (B) は、それぞれ、検出モードでの実施例 2 の振動子を示す斜視図及び正面図である。実施例 2 の振動子 40 では、検出モードのとき、即ち、上記した駆動モードでの X 方向に沿った屈曲振動中に Y 軸回転が生じたとき、Z 方向に実線の矢印で示されるコリオリ力 F 及び点線の矢印で示されるコリオリ力 F が交互に発生する。このとき、音片 2 a、2 b は、Z 方向に相互に逆相関係で屈曲振動し、音片 2 c、2 d もまた、Z 方向に逆相関係で屈曲振動する。他方で、音片 2 a、2 d は、Z 方向に同相関係で屈曲振動し、また、音片 2 b、2 c もまた、Z 方向に同相関係で屈曲振動する。

【0064】

より詳しくは、実線の矢印で示されたコリオリ力 F が発生するとき、Z 方向について、音片 2 a は、" < " の形状に変形し、音片 2 b は、音片 2 a の形状と反対な " > " の形状に変形する。このとき、音片 2 d は、音片 2 a の形状と略同一な " < " の形状に変形し、音片 2 c は、音片 2 d の形状と反対であって音片 2 b の形状と略同一な " > " の形状に変形する。

また、上記とは反対に、点線の矢印で示されたコリオリ力 F が発生するとき、Z 方向に

10

20

30

40

50

ついて、音片 2 a は、" > " の形状に変形し、音片 2 b は、音片 2 a の形状と反対な " < " の形状に変形する。また、このとき音片 2 d は、音片 2 a の形状と略同一な " > " の形状に変形し、音片 2 c は、音片 2 d の形状と反対であって音片 2 b の形状と略同一な " < " の形状に変形する。

【 0 0 6 5 】

このような、検出モードでの音片 2 a、2 b、2 c、2 d の Z 方向の屈曲振動により、正確には、音片 2 a 自身の Z 方向の屈曲振動により音片 2 a に形状の変化が生じ、音片 2 a に設けられた検出部 8 ( 8 a、8 b ) は、音片 2 a の前記形状の変化を検出する。この結果、演算部が、振動子 4 0 の姿勢の変化を算出することができる。

【 0 0 6 6 】

上述したように、実施例 2 の振動子 4 0 では、Y 軸回転に対応して発生する Z 方向のコリオリ力 F により、Z 方向について、音片 2 a、2 b が、相互に逆相関係で屈曲振動し、音片 2 c、2 d も相互に逆相関係で屈曲振動する。加えて、音片 2 a、2 d が相互に同相関係で屈曲振動し、音片 2 b、2 c も相互に同相関係で屈曲振動する。そして、音片 2 a の当該屈曲振動により、音片 2 a に形状の変化が生じる。音片 2 a に設けられた検出部 8 は、音片 2 a の前記形状の変化を検出することから、振動子 4 0 の Y 軸回転を検出することができる。

なお、実施例 2 の振動子 4 0 において検出部 8 を音片 2 a に設けることに代えて、音片 2 b 又は音片 2 c、あるいは音片 2 d に検出部 8 を設けることによっても、同様に振動子 4 0 の Y 軸回転を検出することができる。

[ 検出モードの変形例 ]

【 0 0 6 7 】

図 1 9 ( A ) 及び図 1 9 ( B ) は、それぞれ、実施例 2 の振動子の駆動モードの変形例を示す斜視図及び平面図である。振動子 4 0 の構成については実施例 2 と同様のため、図面に同符号をつけ説明を省略する。以下、実施例 2 の変形例の振動子の駆動モード及び検出モードでの動作について説明する。

【 0 0 6 8 】

図 1 9 ( A ) 及び図 1 9 ( B ) に示されるように、振動子 4 0 は駆動モードのとき、音片 2 a、2 b は、X 方向に相互に逆相関係で屈曲振動し、音片 2 c、2 d も X 方向に相互に逆相関係で屈曲振動する。加えて、音片 2 a の屈曲振動と、音片 2 d の屈曲振動は、相互に逆相関係である。また、音片 2 b の屈曲振動と音片 2 c の屈曲振動は、相互に逆相関係である。

【 0 0 6 9 】

具体的には、X 方向について、音片 2 a が " > " の形状に変形するとき、音片 2 b は、音片 2 a の形状と反対な " < " の形状に変形する。このとき、音片 2 c は、音片 2 a の形状と略同一な " > " の形状に変形し、音片 2 d は、音片 2 c の形状と反対であって音片 2 b の形状と略同一な " < " の形状に変形する。

また、上記とは反対に、X 方向について、音片 2 a が " < " の形状に変形するとき、音片 2 b は、音片 2 a の形状と反対な " > " の形状に変形する。このとき、音片 2 c は、音片 2 a の形状と略同一な " < " の形状に変形し、音片 2 d は、音片 2 c の形状と反対であって音片 2 b の形状と略同一な " > " の形状に変形する。

【 0 0 7 0 】

次に、振動子 4 0 の検出モードについて説明する。

図 2 0 ( A ) 及び図 2 0 ( B ) は、それぞれ、検出モードでの振動子を示す斜視図及び正面図である。振動子 4 0 は、検出モードのとき、即ち、上記した駆動モードでの X 方向に沿った屈曲振動中に Y 軸回転が生じたとき、Z 方向に実線の矢印で示されるコリオリ力 F 及び点線の矢印で示されるコリオリ力 F が交互に発生する。このとき、音片 2 a、2 b は、Z 方向に相互に逆相関係で屈曲振動し、音片 2 c、2 d もまた、Z 方向に逆相関係で屈曲振動する。他方で、音片 2 a、2 d は、Z 方向に逆相関係で屈曲振動し、また、音片 2 b、2 c もまた、Z 方向に逆相関係で屈曲振動する。

10

20

30

40

50

## 【0071】

より詳しくは、実線の矢印で示されたコリオリ力Fが発生するとき、Z方向について、音片2aは、“<”の形状に変形し、音片2bは、音片2aの形状と反対な“>”の形状に変形する。このとき、音片2cは、音片2aの形状と略同一な“<”の形状に変形し、音片2dは、音片2cの形状と反対であって音片2bの形状と略同一な“>”の形状に変形する。

また、上記とは反対に、点線の矢印で示されたコリオリ力Fが発生するとき、Z方向について、音片2aは、“>”の形状に変形し、音片2bは、音片2aの形状と反対な“<”の形状に変形する。また、このとき音片2cは、音片2aの形状と略同一な“>”の形状に変形し、音片2dは、音片2cの形状と反対であって音片2bの形状と略同一な“<”の形状に変形する。 10

## 【0072】

このような、検出モードでの音片2a、2b、2c、2dのZ方向の屈曲振動により、正確には、音片2a自身のZ方向の屈曲振動により音片2aに形状の変化が生じ、音片2aに設けられた検出部8(8a、8b)は、音片2aの前記形状の変化を検出する。この結果、演算部が、振動子40の姿勢の変化を算出することができる。

[検出部を複数配置した変形例]

## 【0073】

図21(A)は検出部を複数設けた場合の変形例を示す平面構成図、図21(B)は、同図(A)の斜視図である。 20

音片2aには駆動素子9a、9b、9c、9dから構成される駆動部9と、検出素子90a、90bから構成される検出部90と、検出素子91a、91bから構成される検出部91を有している。

また、音片2bには駆動素子6a、6b、6c、6dから構成される駆動部6と、検出素子92a、92bから構成される検出部92と、検出素子93a、93bから構成される検出部93を有している。

そして、音片2cには駆動素子7a、7b、7c、7dから構成される駆動部7と、検出素子94a、94bから構成される検出部94と、検出素子95a、95bから構成される検出部95を有している。

さらに、音片2dには駆動素子10a、10b、10c、10dから構成される駆動部10と、検出素子96a、96bから構成される検出部96と、検出素子97a、97bから構成される検出部97を有している。 30

## 【0074】

駆動部6、7、9、10はそれぞれの音片のYZ平面上に対向して設けられ、音片の長さの略中心からやや外れた位置に取り付けられている。

また、検出部90、91、92、93、94、95、96、97はそれぞれの音片のXY平面上に対向して設けられ、音片の長さの略中心からやや外れた位置に取り付けられている。

## 【0075】

振動子40としての駆動モードと検出モードにおける各音片2a、2b、2c、2dの振動については実施例2およびその変形例で説明した通りであり、説明を省略する。 40

複数の検出部を設けることの効果として、Y軸回転にとって外乱であるZ方向の加速度に対して検出が可能となる。Z軸方向に加速度がかかった場合に、4つの音片2a、2b、2c、2dはZ軸に沿って同じ方向に変形する。このことから、Y軸回転において、Z軸に沿って逆相で振動する少なくとも二つの音片に、検出部を設けることにより、加速度とY軸回転を区別することが可能となる。

## 【0076】

つまり、音片2a(第1の音片)と音片2d(第2の音片)の振動が同相であり、音片2b(第3の音片)と音片2c(第4の音片)の振動が同相であり、かつ音片2aと音片2bの振動が相互に逆相になるように音片を駆動した場合、Y軸回転にとって外乱である 50

Z方向の加速度を検出できる検出部の配置としては、次の4種類のどれかを選択することで加速度の検出が可能である。

- 音片2 a (第1の音片)と音片2 c (第4の音片)に検出部を配置
- 音片2 b (第3の音片)と音片2 d (第2の音片)に検出部を配置
- 音片2 a (第1の音片)と音片2 b (第3の音片)に検出部を配置
- 音片2 c (第4の音片)と音片2 d (第2の音片)に検出部を配置

【0077】

また、音片2 a (第1の音片)と音片2 d (第2の音片)の振動が逆相であり、音片2 b (第3の音片)と音片2 c (第4の音片)の振動が逆相であり、かつ音片2 aと音片2 bの振動が相互に逆相になるように音片を駆動した場合、Y軸回転にとって外乱であるZ方向の加速度を検出できる検出部の配置としては、次の4種類のどれかを選択することで加速度の検出が可能である。

10

- 音片2 a (第1の音片)と音片2 d (第2の音片)に検出部を配置
- 音片2 a (第1の音片)と音片2 b (第3の音片)に検出部を配置
- 音片2 c (第4の音片)と音片2 d (第2の音片)に検出部を配置
- 音片2 b (第3の音片)と音片2 c (第4の音片)に検出部を配置

【0078】

このように、相互に逆相となる少なくとも2つの音片に、検出部を設けることにより、Y軸回転と加速度を区別することができ、高精度のY軸回転の検出が可能となる。

また、検出部はコリオリ力による変形の生ずる部分の音片に配置することができ、図2 1に示すように、1つの音片に複数設けても良い。このように、2つ以上の検出部を設けることの効果として、多くの音片の変形を検出することにより、検出におけるノイズや誤差を演算部において平均化し、高精度のY軸回転の検出が可能となる。

20

【実施例3】

【0079】

図11は実施例3の振動子の構成を示す正面図であり、また、図12(A)及び図12(B)は、それぞれ、駆動モード中の実施例3の振動子を示す斜視図及び正面図である。実施例3の振動子50はY軸回転を検出すべく、4つの音片2 a (第1の音片)、2 b (第3の音片)、2 c (第4の音片)、2 d (第2の音片)と、梁3と、2つの支持部4、5と、フレーム部26と、2つの駆動部6、7と、検出部8から構成されている。

30

【0080】

音片2 a、2 b、2 c、2 dは、Y方向に延在し相互に平行な棒状の部材であり、断面が矩形であり材質が均一である。音片2 b、2 cは、音片2 a、2 dの間に設けられており、より詳細には、音片2 bは、音片2 aまでの距離が音片2 dまでの距離より短い位置に設けられており、音片2 cは、音片2 dまでの距離が音片2 aまでの距離より短い位置に設けられている。

【0081】

音片2 a及び音片2 dは、その長さの略中心である交点20、23で梁3と接続されている。音片2 a及び音片2 dは、駆動モードにおいて、何ら振動を行なわない。

【0082】

40

他方で、音片2 bは、その長さの略中心である交点21で梁3と交差している。駆動部6は音片2 bのYZ平面に平行な2つの面に設けられている。駆動部6は、駆動素子6 aと6 b、6 c、6 dからなり、駆動素子6 aと6 bは、音片2 bのYZ平面に平行な平面に関して、面对称な位置にある。また、駆動素子6 cと6 dは、同様な面对称な位置にある。音片2 cは、その長さの略中心である交点22で梁3と交差している。

駆動部7は、音片2 cのYZ平面に平行な2つの面に設けられ、駆動素子7 a、7 b、7 c、7 dから構成されている。駆動素子7 aと7 bは、音片2 cのYZ平面に平行な平面に関して面对称な位置にある。また、駆動素子7 d、7 cは同様な面对称な位置にある。

【0083】

50

梁 3 は、X 方向に延在する棒状の部材であり、断面が矩形であり、Z 方向の厚さが音片 2 a、2 b、2 c、2 d の Z 方向の厚さと略同一である。梁 3 は、一端が音片 2 a の略中心である交点 2 0 に接続され、他端が音片 2 d の略中心である交点 2 3 に接続されている。

また、梁 3 は音片 2 a、2 b の略中心である交点 2 0、2 3 から X 方向に延在し、音片 2 a、2 b、2 c、2 d を外側から囲むフレーム部 2 6 と交点 2 4、2 5 で接続されている。フレーム部 2 6 は、断面が矩形であり、Z 方向の厚さが音片 2 a、2 b、2 c、2 d の Z 方向の厚さと略同一である。

#### 【0084】

支持部 4 は、棒状部材 4 a と、円板部材 4 b とからなり、同様に、支持部 5 は、棒状部材 5 a と、円板部材 5 b とからなる。棒状部材 4 a は、梁 3 の長さの略中心を起点として、Y 方向に延在し、断面が矩形であり、Z 方向の厚さが、音片 2 a、2 b、2 c、2 d 及び梁 3 の Z 方向の厚さと略同一である。円板部材 4 b は、棒状部材 4 a の先端に設けられる。円板部材 4 b の直径は、棒状部材 4 a の X 方向の幅より大きい。従って、接着剤により回路基板等に振動子 5 0 を固定するために必要な面積を有する。また、円板部材 4 b の Z 方向の厚さは、棒状部材 4 a の Z 方向の厚さと略同一である。

#### 【0085】

棒状部材 5 a、円板部材 5 b は、棒状部材 4 a、円形部材 4 b と同様な形状を有する。棒状部材 5 a は、梁 3 の長さの略中心を起点として、Y 方向に沿いつつ棒状部材 4 a の延在とは逆向きに延在し、円形部材 5 b は、棒状部材 5 a の先端に設けられている。

#### 【0086】

音片 2 b は、駆動モードのとき、駆動部 6 の励起により、X 方向に沿って、Y 軸回転を検出するための屈曲振動を行なう。ここで、音片 2 b と梁 3 とが交差する交点 2 1 は、音片 2 b の屈曲振動の中心となり動かないことから、音片 2 b の振動が梁 3 に伝播することを制止する。

#### 【0087】

音片 2 c は、音片 2 b と同様な X 方向に沿った屈曲振動を、駆動部 7 の励起により、音片 2 b と逆相関係で行う。即ち、図 1 2 (A) 及び図 1 2 (B) に示されるように、X 方向について、音片 2 b が " $<$ " の形状に変形するとき、音片 2 c は、音片 2 b の形状と反対な " $>$ " の形状に変形する。また、上記とは反対に、X 方向について、音片 2 b が " $>$ " の形状に変形するとき、音片 2 c は、音片 2 b の形状と反対な " $<$ " の形状に変形する。音片 2 c と梁とが交差する交点 2 2 は、音片 2 c の屈曲振動の中心となり動かないことから、音片 2 c の振動が梁 3 に伝播することを阻止する。

#### 【0088】

検出部 8 は、検出素子 8 a、8 b から構成されており、検出素子 8 a、8 b は、音片 2 a における相互に表裏の関係にある X Y 平面上の長さの中心からやや外れた位置に取り付けられている。検出部 8 は、音片 2 a に生ずる変形や変位の大きさを示す電気信号を出力する。

なお、振動子の材質として、恒弾性材料や圧電材料から適宜選択することができる。エリンバ材などの恒弾性材料を用いた場合には、駆動素子及び検出素子としてピエゾ素子などの圧電素子を用いる。また、振動子が水晶やタンタル酸リチウムなどの圧電材料を用いた場合には、駆動素子及び検出素子として電極を用いればよい。

#### 【0089】

次に、実施例 3 における振動子 5 0 の検出モードについて説明する。

図 1 3 (A)、図 1 3 (B) 及び図 1 3 (C) は、それぞれ、検出モードでの振動子 5 0 を示す斜視図、側面図、平面図である。実施例 3 の振動子 5 0 は、音片 2 b、2 c が X 方向に屈曲振動する上記の駆動モードにおいて、Y 軸回転が生じると、音片 2 b、2 c に、Z 方向に沿って実線の矢印で示したコリオリ力 F 及び点線の矢印で示したコリオリ力 F が交互に発生する。交互に発生する当該コリオリ力により、音片 2 b、2 c は、Z 方向に沿って屈曲振動する。また、音片 2 a と 2 d の動きは、音片 2 b、2 c に働くコリオリ力

Fによる回転モーメントを打ち消すように、換言すれば、音片2 bと2 cの動きと逆相になるように、Z方向に沿って屈曲振動する。

【0090】

具体的には、図13(A)、図13(B)及び図13(C)に示されるように、実線の矢印で示されたコリオリ力Fが発生するとき、Z方向について、音片2 aは、“<”の形状に変形し、音片2 bは、音片2 aの形状と反対な“>”の形状に変形する。また、このとき音片2 dは、音片2 aの形状と反対な“>”の形状に変形し、音片2 cは、音片2 dの形状と反対であって音片2 bの形状とも反対な“<”の形状に変形する。

上記とは反対に、点線の矢印で示されたコリオリ力Fが発生するとき、Z方向について、音片2 aは、“>”の形状に変形し、音片2 bは、音片2 aの形状と反対な“<”の形状に変形する。また、このとき音片2 dは、音片2 aの形状と反対な“<”の形状に変形し、音片2 cは、音片2 dの形状と反対であって音片2 bの形状とも反対な“>”の形状に変形する。

【0091】

上記のZ方向に沿った音片2 a、2 b、2 c、2 dの屈曲振動により、より正確には、音片2 a自身のZ方向に沿った屈曲振動により、検出部8が取り付けられている位置で形状の変化が生じる。検出部8は、圧電性を有するので、形状の変化を示す電気信号を生成し、当該電気信号を演算部(図示せず)に出力する。演算部は、検出部8から前記電気信号を受けると、従来知られた方法に従って前記電気信号を処理することにより、Y軸回転、即ち振動子50の姿勢の変化を算出する。

【0092】

上述したように、実施例3の振動子50では、音片2 b、2 cのX方向の屈曲振動中に、振動子50のY軸回転が発生すると、音片2 b、2 cにZ方向のコリオリ力Fが生じ、当該コリオリ力Fにより音片2 b、2 cがZ方向に屈曲振動する。他方で、音片2 a、2 dは、音片2 b、2 cの当該屈曲振動による回転モーメントを打ち消すように、Z方向に沿って屈曲振動する。その結果、音片2 a自身の当該屈曲振動により音片2 aに形状の変化が生じる。従って、音片2 aに設けられた検出部8は、音片2 aの前記形状の変化を検出し、これにより、振動子50のY軸回転を検出することができる。

なお、実施例3の振動子50において検出部8を、音片2 b、または音片2 c、あるいは音片2 dに設けることによっても、上記と同様に振動子50のY軸回転を検出することができる。検出部8を音片2 a、または2 dに設けた場合には、駆動モードの振動の漏れによる誤検出を回避することができる。一方、検出部8を音片2 b、または2 cに設けた場合には、コリオリ力による音片の形状の変化を効率的に検出することができる。

【0093】

実施例3の振動子50では、音片2 aと2 dが、支持部4、5を通るYZ平面に関して面対称な位置にあり、音片2 aの動きは、音片2 dの動きと逆相関係にある。さらに支持部4、5は音片2 a、2 dから等距離に位置すると同時に、音片2 b、2 cからも等距離に位置する。これらのことから、音片2 a、2 bの振動、及び音片2 c、2 dの振動が相殺される。すなわち、音片2 a、2 bの振動が支持部4、5に漏れること及び音片2 c、2 dの振動が支持部4、5に漏れることを相殺することができる。また、振動子50のようにフレーム部26を設けたことにより、フレーム部26に検出部や駆動部からの配線を引き出すことができ、配線の配置の自由度が向上する。

【0094】

図14(A)は、前述の振動子50を振動子収容容器に実装した状態を示す正面図である。

図14(B)は同図(A)のa-a断面図である。

セラミックスなどで形成された収容容器200は、一面が開放されて凹部が設けられている。また、凹部には載置台201が形成され、載置台201に振動子50の支持部4、5の円形部材4b、5b及びフレーム部26を接着剤で接着することにより、振動子50が収容容器200に固定される。このとき、振動子50の音片2 a、2 b、2 c、2 dは

10

20

30

40

50

収容容器 200 には接触せず、振動を阻害することはない。支持部に形成された配線と収容容器 200 に形成された配線を接続するためにワイヤーボンディングが行われ、振動子 50 と収容容器 200 の電氣的接続がなされている。そして、収容容器 200 の上面には図示しない蓋体が内部を真空雰囲気あるいは不活性ガス雰囲気に保持して固着され、パッケージされた振動子となる。

このように、収容容器 200 にフレーム部 26 を接着保持すれば、接着面積を大きくすることができるため接着強度が上がり、耐衝撃性を向上させることができる。さらに、フレーム部 26 の外周をガイドにして、収容容器 200 内に載置すれば振動子 50 の位置決めをする必要がなく、組み立て性を向上させることができる。

[支持部の配置における変形例]

10

【0095】

図 15 (A)、(B) は実施例 3 の支持部の配置における変形例を示す構成図である。

本変形例では、図 15 (A) に示すように、音片 2a、2b、2c、2d と接続される梁 3 の長さの略中央の部分に支持部 87 を設けた構成としてもよい。

このようにすれば、支持部 87 およびフレーム部 26 を接着保持することができることから、接着面積を大きくでき、耐衝撃性の向上した振動子を得ることができる。

また、図 15 (B) に示すように、棒状部材 4a、5a を Y 方向に延在させフレーム部 26 と接続させた構成としてもよい。

このようにすれば、フレーム部 26 を補強することができ、振動子の組み立てにおける振動子の破損を防止できる。

20

【0096】

また、他の変形例として、図 16 に示す実施も可能である。

図 16 は、実施例 3 における音片 2b と 2c の間に設けた支持部 4、5 を削除し、フレーム部 26 に支持部としての機能を合わせ持たせた構成である。

このようにすれば、音片 2b と 2c の間に設けた支持部 4、5 を設けないことから、振動子 50 の小型化を図ることが可能となる。

[検出部を複数配置した変形例]

【0097】

図 17 (A) は検出部を複数設けた場合の変形例を示す平面構成図、図 17 (B) は、同図 (A) の斜視図である。

30

駆動素子 6a、6b、6c、6d から構成される駆動部 6 を有する音片 2b に、検出部 92、93 が設けられている。検出部 92 は、音片 2b における相互に裏表の関係にある XY 平面上に設けた検出素子 92a、92b から構成されている。さらに、検出部 93 は音片 2b における相互に裏表の関係にある XY 平面上に設けた検出素子 93a、93b から構成されている。

また、同様に駆動素子 7a、7b、7c、7d から構成される駆動部 7 を有する音片 2c に、検出部 94、95 が設けられている。検出部 94 は検出素子 94a、94b から構成され、検出部 95 は検出素子 95a、95b から構成されている。なお、検出部 92、93、94、95 はそれぞれの音片 2b、2c の XY 平面上の中心からやや外れた位置に取り付けられている。

40

【0098】

音片 2a には、検出部 90、91 が設けられている。検出部 90 は、音片 2a における相互に裏表の関係にある、XY 平面上に設けた検出素子 90a、90b から構成されている。さらに、検出部 91 は、音片 2a における相互に裏表の関係にある XY 平面上に設けた検出素子 91a、91b から構成されている。

また、同様に音片 2d には検出部 96、97 が設けられている。検出部 96 は、検出素子 96a、96b から構成され、検出部 97 は検出素子 97a、97b から構成されている。なお、検出部 90、91、96、97 はそれぞれの音片 2a、2d の XY 平面上の中心からやや外れた位置に取り付けられている。

【0099】

50

振動子 50 としての、駆動モードと検出モードにおける各音片 2 a、2 b、2 c、2 d の振動については、実施例 3 で説明した通りであり、説明を省略する。

複数の検出部を設けることの効果として、Y 軸回転にとって外乱である Z 方向の加速度に対して検出が可能となり、その加速度による影響を除去することができる。Z 軸方向に加速度がかかった場合には、4 つの音片 2 a、2 b、2 c、2 d は Z 軸に沿って同じ方向に変形する。このことから、Y 軸回転において、Z 軸に沿って逆相で振動する少なくとも二つの音片に、検出部を設けることにより、加速度と Y 軸回転を区別することが可能となる。一例としては、図 17 の振動子 50 において、音片 2 a と 2 d の検出部 91 と 97 を配置することにより、加速度と Y 軸回転を区別することが可能となる。

また、検出部はコリオリ力による変形の生ずる部分の音片に配置することができ、図 17 に示すように、1 つの音片に複数設けても良い。また、さらに複数の検出部を設けることの効果として、多くの音片の変形を検出することにより、検出におけるノイズや誤差を演算部において平均化し、高精度の Y 軸回転の検出が可能となる。

【応用機器】

【0100】

上記した実施例 1、2、3 の振動子 1、30、40、50 を用いた応用機器として、その姿勢の変化を検出する必要がある携帯電話、デジタルカメラ、ビデオカメラ及びナビゲーションシステムのような電子機器が挙げられる。

図 18 は電子機器の構成図である。例えば、デジタルカメラなどの電子機器 300 に実施例 1 における振動子 1 が内蔵され、デジタルカメラの姿勢を検出しシャッターを押した時の手ぶれの補正を可能としている。なお、振動子としては本実施例で説明した振動子 30、40、50 を用いてもよい。

このように、当該電子機器では、当該電子機器に設けられた上記の実施例の振動子 1、30、40、50 が、当該電子機器の姿勢の変化を振動子 1、30、40、50 の姿勢の変化として検出することにより、上述した効果を楽しむことができる。

【図面の簡単な説明】

【0101】

【図 1】実施例 1 の振動子の構成を示す図。

【図 2】実施例 1 の振動子の駆動モードを示す図であり、同図 (A) は斜視図、同図 (B) は正面図。

【図 3】実施例 1 の振動子の検出モードを示す図であり、同図 (A) は斜視図、同図 (B) は斜視図、同図 (C) は側面図、同図 (D) は平面図。

【図 4】実施例 1 の変形例の振動子の駆動モードを示す図であり、同図 (A) は斜視図、同図 (B) は正面図。

【図 5】実施例 2 の振動子の駆動モードを示す図であり、同図 (A) は斜視図、同図 (B) は正面図。

【図 6】実施例 2 の振動子の検出モードを示す図であり、同図 (A) は斜視図、同図 (B) は正面図。

【図 7】実施例 1 の振動子を振動子収容容器に実装した状態を示す斜視図。

【図 8】実施例 1 の支持部の配置における変形例を示す構成図であり、同図 (A)、(B) はそれぞれの変形例を示す構成図。

【図 9】実施例 1 の支持部の配置における変形例を示す構成図であり、同図 (A)、(B) はそれぞれの変形例を示す構成図。

【図 10】実施例 1 における検出部を複数設けた場合の変形例を示す構成図であり、同図 (A) は斜視図、同図 (B) は平面図。

【図 11】実施例 3 の振動子の構成を示す図。

【図 12】実施例 3 の振動子の駆動モードを示す図であり、同図 (A) は斜視図、同図 (B) は平面図。

【図 13】実施例 3 の振動子の検出モードを示す図であり、同図 (A) は斜視図、同図 (B) は側面図、同図 (C) は平面図。

10

20

30

40

50

【図14】実施例3の振動子を振動子收容容器に実装した状態を示す図であり、同図(A)は平面図、同図(B)は断面図。

【図15】実施例3の支持部の配置における変形例を示す構成図であり、同図(A)、(B)はそれぞれの変形例を示す構成図。

【図16】実施例3の支持部の配置における変形例を示す構成図。

【図17】実施例3における検出部を複数設けた場合の変形例を示す構成図であり、同図(A)は平面図、同図(B)は斜視図。

【図18】本実施例の振動子を応用機器に内蔵した構成図。

【図19】実施例2の振動子の他の駆動モードを示す図であり、同図(A)は斜視図、同図(B)は正面図。

【図20】実施例2の振動子の他の検出モードを示す図であり、同図(A)は斜視図、同図(B)は正面図。

【図21】実施例2における検出部を複数設けた場合の変形例を示す構成図であり、同図(A)は斜視図、同図(B)は平面図。

【符号の説明】

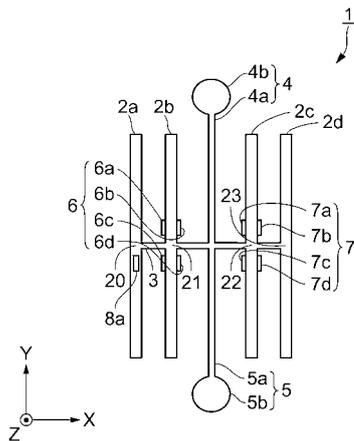
【0102】

1...振動子、2a...第1の音片、2b...第3の音片、2c...第4の音片、2d...第2の音片、3...梁、4、5...支持部、4a、5a...棒状部、4b、5b...円板部、6、7...駆動部、6a、6b、7a、7b...駆動素子、8...検出部、8a、8b...検出素子、20、21、22、23...交点、26...フレーム部、30...振動子、40...振動子、50...振動子。

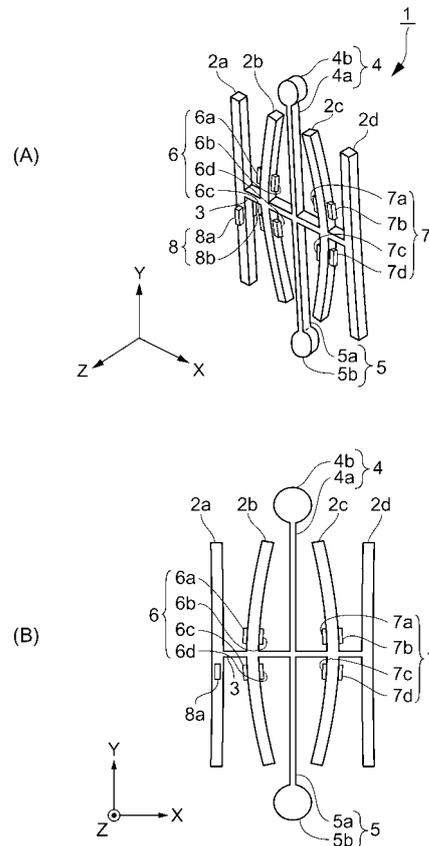
10

20

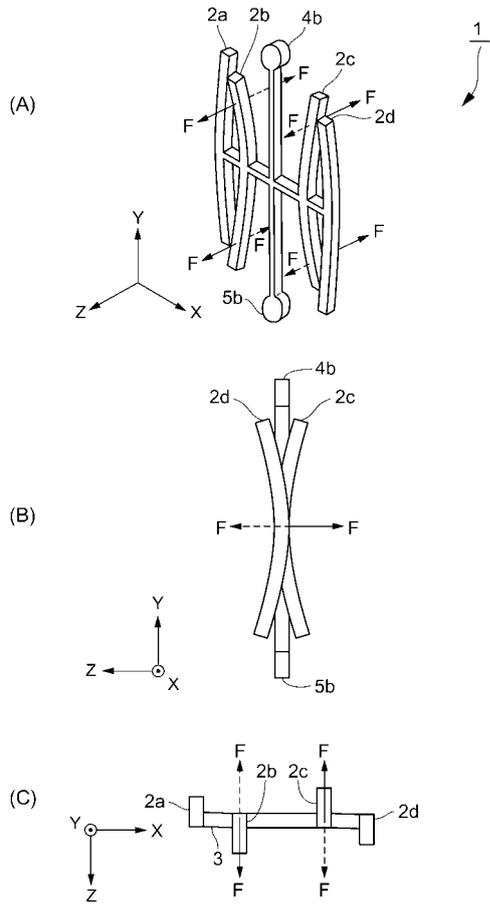
【図1】



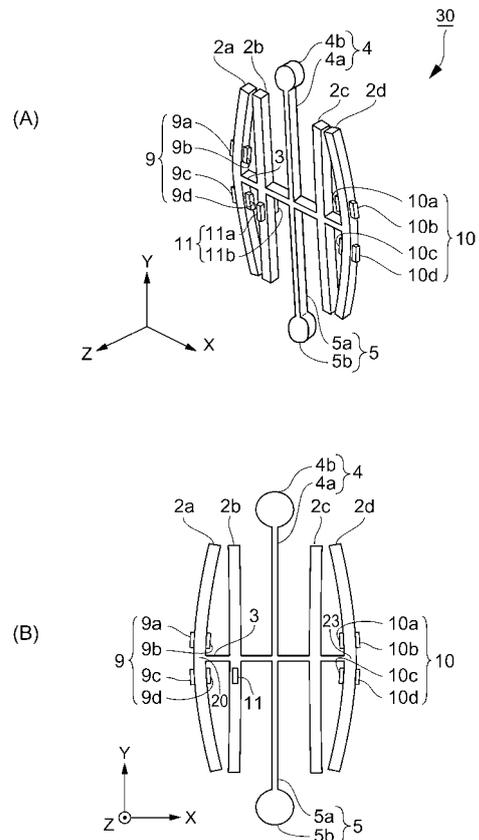
【図2】



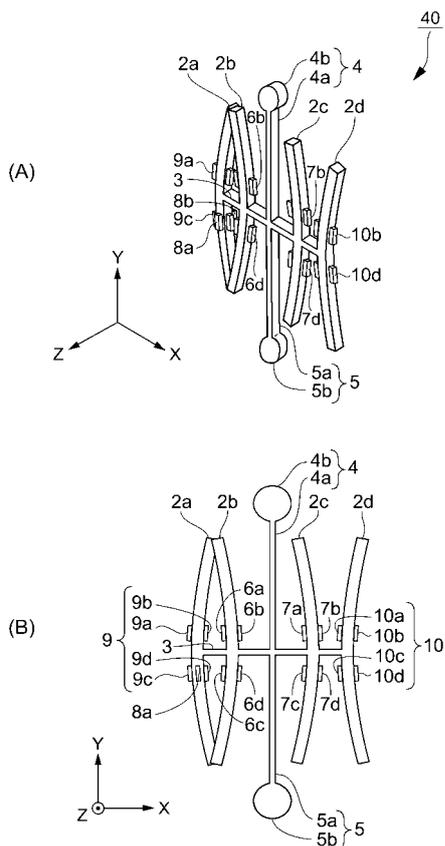
【 図 3 】



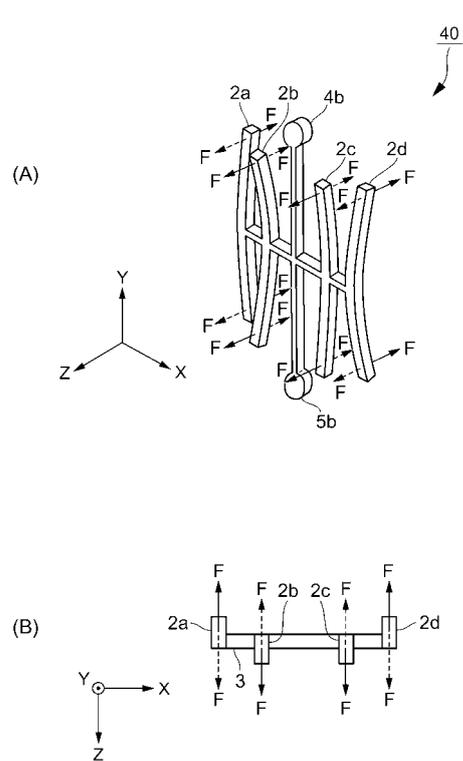
【 図 4 】



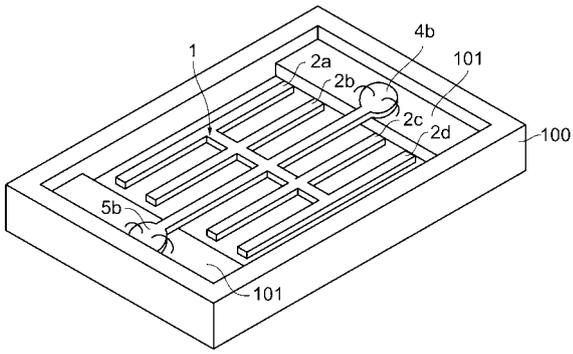
【 図 5 】



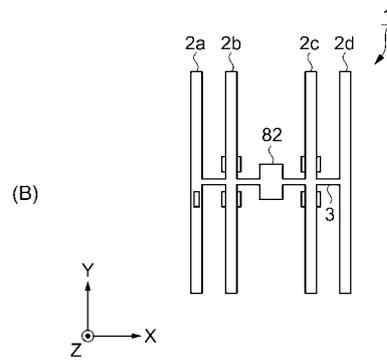
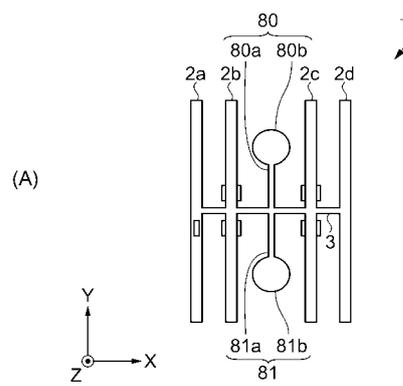
【 図 6 】



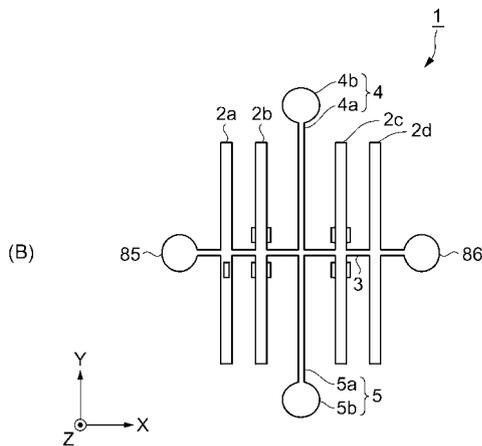
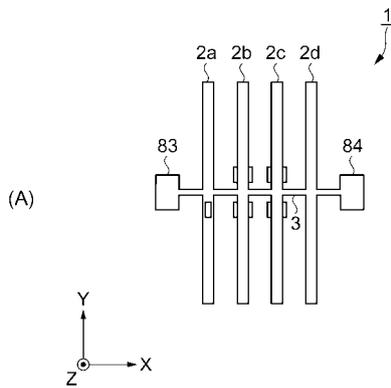
【 図 7 】



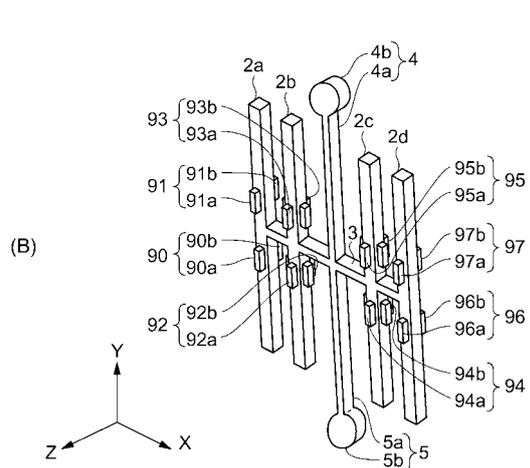
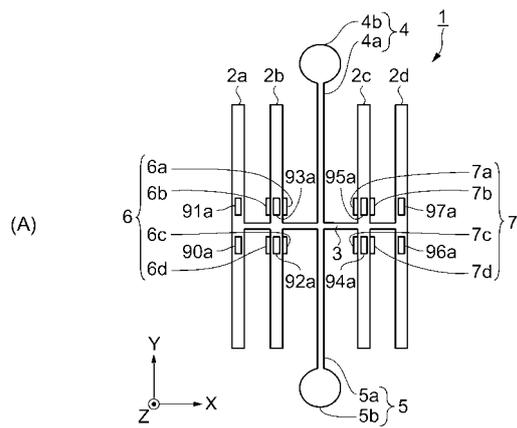
【 図 8 】



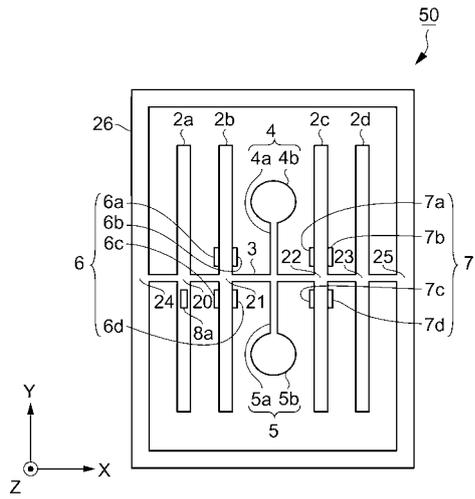
【 図 9 】



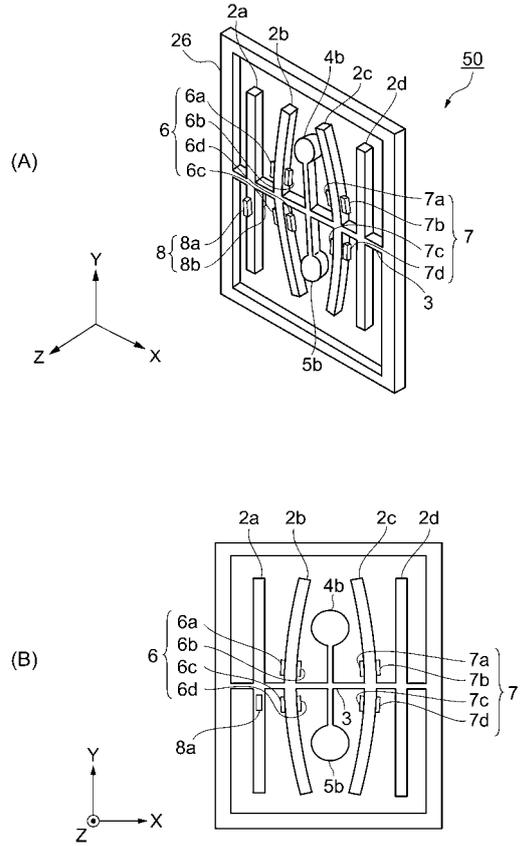
【 図 10 】



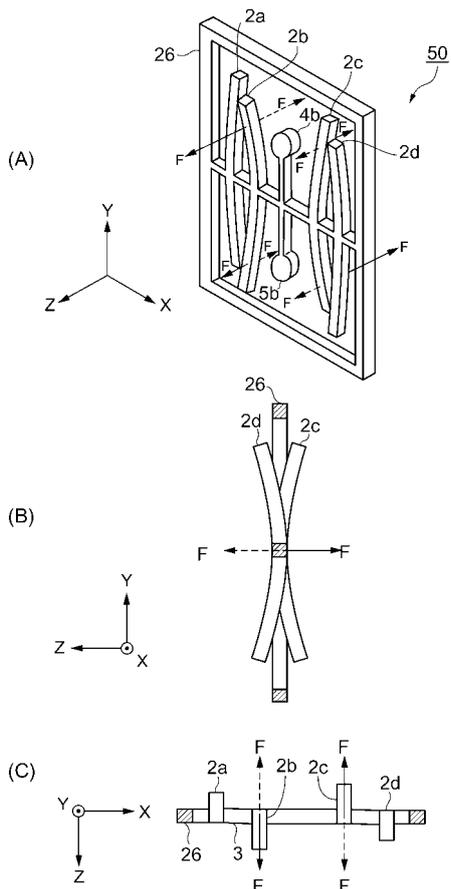
【 図 1 1 】



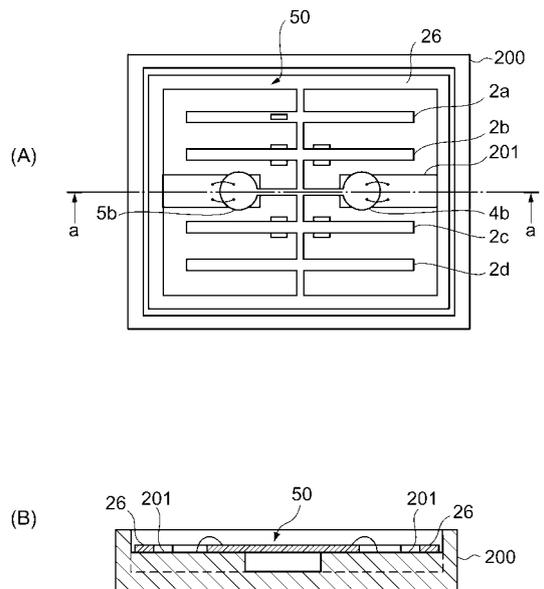
【 図 1 2 】



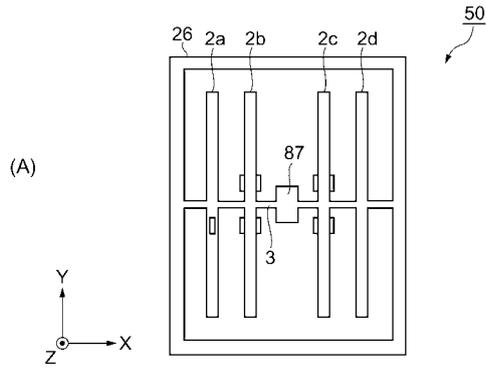
【 図 1 3 】



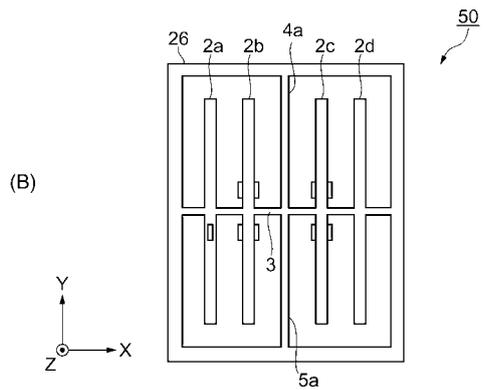
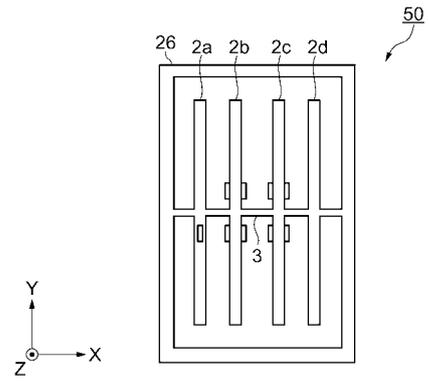
【 図 1 4 】



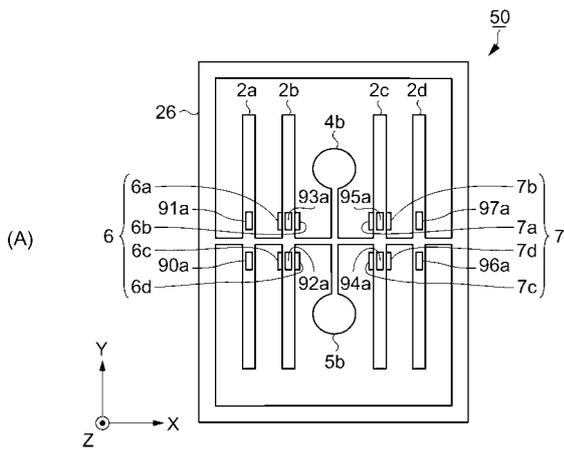
【 図 1 5 】



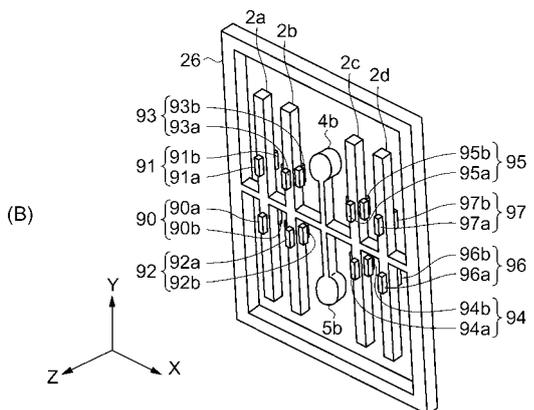
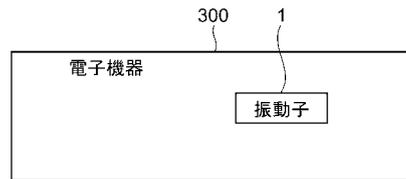
【 図 1 6 】



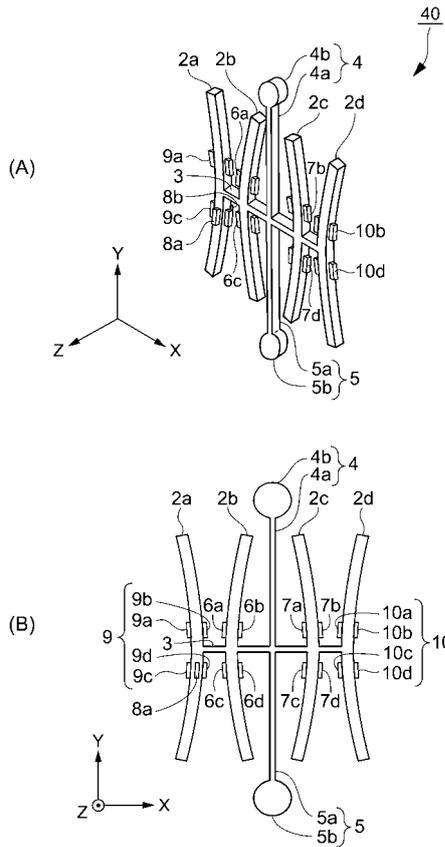
【 図 1 7 】



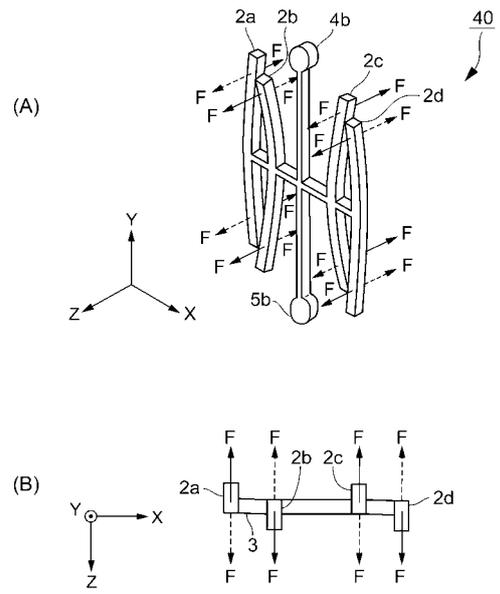
【 図 1 8 】



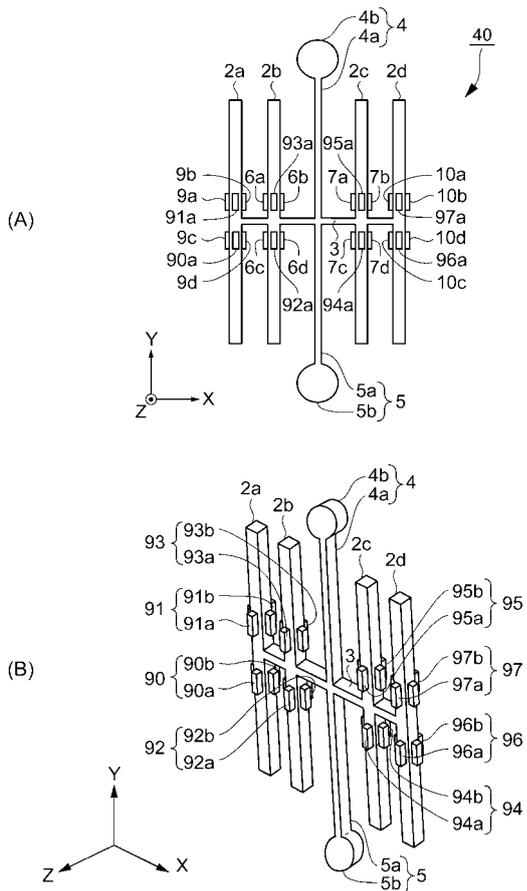
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 江口 誠

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 2F105 BB03 CC01 CC11 CD02 CD06 CD11 CD13