

(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2016-65752  
(P2016-65752A)

(43) 公開日 平成28年4月28日(2016.4.28)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
<b>G01C 19/5607 (2012.01)</b>	GO1C	19/56	1 O 7 2 F 1 O 5
<b>H03H 9/19 (2006.01)</b>	HO3H	9/19	A 5 J 1 O 8
<b>H01L 41/09 (2006.01)</b>	HO1L	41/09	
<b>H01L 41/113 (2006.01)</b>	HO1L	41/113	
<b>H01L 41/08 (2006.01)</b>	HO1L	41/08	

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-193775 (P2014-193775)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成26年9月24日 (2014. 9. 24)	(74) 代理人	100090479 弁理士 井上 一
		(74) 代理人	100104710 弁理士 竹腰 昇
		(74) 代理人	100124682 弁理士 黒田 泰
		(72) 発明者	石井 昌宏 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	菊池 尊行 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

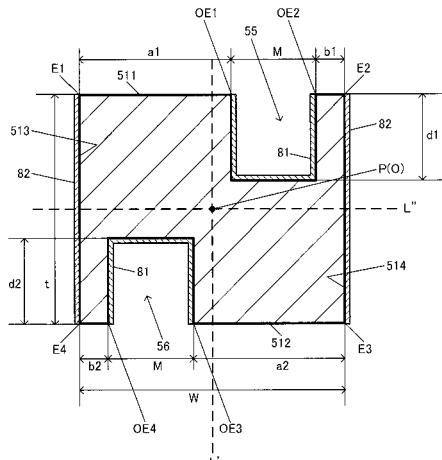
(54) 【発明の名称】振動片、角速度センサー、電子機器および移動体

## (57) 【要約】 (修正有)

【課題】不要な振動を抑制して安定した斜め振動を生じさせることができる振動片、角速度センサー、電子機器および移動体を提供する。

【解決手段】振動片は、第1正面511、第2正面512、第1側面513、第2側面514を含み、第1方向に延在する振動部を備える。振動部は、第1正面に形成された第1溝部55と第2正面に形成された第2溝部56とを有し、第1溝部の第1開口端OE1と、第1正面と第1側面とが交わる第1端E1との間の長さa1は、第1溝部の第2開口端OE2と、第1正面と第2側面とが交わる第2端E2との間の長さb1よりも長く、第2溝部の第3開口端OE3と、第2正面と第2側面とが交わる第3端E3との間の長さa2は、第2溝部の第4開口端OE4と、第2正面と第1側面とが交わる第4端E4との間の長さb2よりも長い。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第1主面と、前記第1主面の反対側の第2主面と、第1側面と、前記第1側面と反対側の第2側面とを含み、第1方向に延在する振動部を備える振動片であって、

前記振動部は、

前記第1主面に形成された第1溝部と、

前記第2主面に形成された第2溝部と、

を有し、

前記第1主面に直交する方向から見た平面視において、前記第1溝部及び前記第2溝部が、前記振動部が延在する方向と直交する方向であって、かつ、前記第1主面に平行な方向にて互いに逆方向に偏移して設けられ、

前記振動部が延在する前記第1方向と直交する横断面において、前記第1溝部の前記第1側面側の第1開口端と、前記第1主面と前記第1側面とが交わる第1端との間の長さ  $a_1$  は、前記第1溝部の前記第2側面側の第2開口端と、前記第1主面と前記第2側面とが交わる第2端との間の長さ  $b_1$  よりも長く、

前記横断面において、前記第2溝部の前記第2側面側の第3開口端と、前記第2主面と前記第2側面とが交わる第3端との間の長さ  $a_2$  は、前記第2溝部の前記第1側面側の第4開口端と、前記第2主面と前記第1側面とが交わる第4端との間の長さ  $b_2$  よりも長いことを特徴とする振動片。

**【請求項 2】**

請求項1に記載の振動片において、

前記第1主面と前記第2主面との間の距離を二等分する第1中心線に沿って、前記横断面の最大幅に亘って前記振動部が連続して形成されていることを特徴とする振動片。

**【請求項 3】**

請求項2に記載の振動片において、

前記第1主面に直交する方向から見た平面視において、前記第1溝部の一部と前記第2溝部の一部とが重なっていることを特徴とする振動片。

**【請求項 4】**

請求項2に記載の振動片において、

前記第1溝部は、前記第1側面と前記第2側面との間の最大幅を二等分する第2中心線と前記第2側面との間で前記第1主面に開口して形成され、

前記第2溝部は、前記第2中心線と前記第1側面との間で前記第2主面に開口して形成されていることを特徴とする振動片。

**【請求項 5】**

請求項1乃至4のいずれか一項に記載の振動片において、

$a_1 > 2 \times b_1$  でかつ  $a_2 > 2 \times b_2$  を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 6】**

請求項1乃至5のいずれか一項に記載の振動片において、

前記第1溝部の深さ  $d_1$  と、前記第2溝部の深さ  $d_2$  とは、前記第1主面と前記第2主面との間の距離を  $t$  としたとき、 $d_1 + d_2 < t$  を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 7】**

請求項6に記載の振動片において、

$0.3t \leq d_1 + d_2 \leq 0.95t$  を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 8】**

請求項6に記載の振動片において、

$0.4t \leq d_1 + d_2 \leq 0.9t$  を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 9】**

請求項6に記載の振動片において、

$0.5t \leq d_1 + d_2 \leq 0.8t$  を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 10】**

10

20

30

40

50

請求項 2 乃至 4 のいずれか一項に記載の振動片において、前記第 1 溝部の深さ  $d_1$  と、前記第 2 溝部の深さ  $d_2$  とは、前記第 1 主面と前記第 2 主面との間の距離を  $t$  としたとき、 $d_1 < 0.5t$ かつ $d_2 < 0.5t$ を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 1 1】**

請求項 1 0 に記載の振動片において、  
 $0.15t \leq d_1 \leq 0.475t$ かつ $0.15t \leq d_2 \leq 0.475t$ を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 1 2】**

請求項 1 0 に記載の振動片において、  
 $0.2t \leq d_1 \leq 0.45t$ かつ $0.2t \leq d_2 \leq 0.45t$ を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 1 3】**

請求項 1 0 に記載の振動片において、  
 $0.25t \leq d_1 \leq 0.4t$ かつ $0.25t \leq d_2 \leq 0.4t$ を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 1 4】**

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の振動片において、前記横断面において、前記第 1 側面と前記第 2 側面との間の最大幅を  $W$  とし、前記第 1 溝部の開口幅及び前記第 2 溝部の開口幅を  $M$  としたとき、 $0.1W \leq M \leq 0.8W$  を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 1 5】**

請求項 1 4 に記載の振動片において、  
 $0.2W \leq M \leq 0.7W$  を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 1 6】**

請求項 1 4 に記載の振動片において、  
 $0.35W \leq M \leq 0.6W$  を満たすことを特徴とする振動片。

**【請求項 1 7】**

請求項 1 乃至 1 6 のいずれか一項に記載の振動片において、前記振動部が延在する前記第 1 方向と直交する方向であって、かつ前記第 1 主面に平行な第 2 方向において、前記第 1 開口端は前記第 4 開口端よりも一方側に位置し、前記第 2 開口端は前記第 3 開口端よりも前記一方側に位置することを特徴とする振動片。

**【請求項 1 8】**

請求項 1 乃至 1 7 のいずれか一項に記載の振動片において、  
 基部と、  
 前記基部から前記第 1 方向に沿って平行に延在する前記振動部で形成された第 1 駆動部および第 2 駆動部と、  
 を有し、

前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部とは、前記第 1 方向に沿った線分に対して線対称に配置され、前記横断面において前記第 1 主面と平行な方向に逆相で振動し、前記横断面において前記第 1 主面と直交する方向に同相で振動することを特徴とする振動片。

**【請求項 1 9】**

請求項 1 8 に記載の振動片において、  
 前記振動片が回転した時に、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部に加わるコリオリ力に応じて屈曲振動する検出部をさらに備えることを特徴とする振動片。

**【請求項 2 0】**

請求項 1 8 に記載の振動片において、  
 前記基部から前記第 1 方向に沿って前記第 1 駆動部とは逆方向に延在する第 3 駆動部と、  
 前記基部から前記第 1 方向に沿って前記第 2 駆動部とは逆方向に延在する第 4 駆動部と

10

20

30

40

50



面側の第4開口端と、前記第2主面上と前記第1側面とが交わる第4端との間の長さ $b_2$ よりも長い振動片に関する。

【0007】

本発明の一態様では、第1主面に形成された第1溝部と第2主面に形成された第2溝部とを偏移させて配置することにより、振動片の幅方向の中心線および厚さ方向の中心線に対し非対称となる。よって、振動片に斜め振動を生じさせることができる。また、本発明の一態様では、

$$a_1 > b_1 \dots (1)$$

$$a_2 > b_2 \dots (2)$$

が成立している。こうすると、第2溝部と対向する領域での第2主面側の振動片の壁厚 $a_1$ と、第1溝部と対向する領域での第2主面側の振動片の壁厚 $b_2$ とを厚肉に確保できるので、機械的強度が高められる。それにより、振動片の剛性が高まり、捩り振動等の不要な振動が加わることを抑制できる。

10

【0008】

(2) 本発明の一態様では、前記第1主面と前記第2主面との間の距離を二等分する第1中心線に沿って、前記横断面の最大幅に亘って前記振動部を連続して形成することができる。

20

【0009】

こうすると、第1，第2溝部に挟まれる第1中心線上では、横断面の最大幅に亘って振動部を連続して形成できるので、第1中心線を挟んだ第1，第2溝部側の部位間に捩れが生ずることをより抑制することができる。

20

【0010】

(3) 本発明の一態様では、前記第1溝部は、前記第1側面と前記第2側面との間の最大幅を二等分する第2中心線と前記第2側面との間で前記第1主面に開口して形成され、前記第2溝部は、前記第2中心線と前記第1側面との間で前記第2主面に開口して形成することができる。

30

【0011】

こうすると、第2溝部と対向する領域での第1主面側の振動部の壁厚 $a_1$ と、第1溝部と対向する領域での第2主面側の振動部の壁厚 $a_2$ とをより厚肉にすることができるので、機械的強度が高められる。それにより、振動片の剛性はさらに高まり、捩り振動等の不要な振動が加わることを低減できる。

30

【0012】

(4) 本発明の一態様では、好ましくは式(3)、さらに好ましくは(4)を満たして、特許文献1よりも壁厚 $a_1$ ， $a_2$ を厚肉に確保することができる。

$$a_1 > 2 \times b_1 \text{ かつ } a_2 > 2 \times b_2 \dots (3)$$

$$a_1 > 3 \times b_1 \text{ かつ } a_2 > 3 \times b_2 \dots (4)$$

40

【0013】

(5) 本発明の一態様では、前記第1溝部の深さ $d_1$ と、前記第2溝部の深さ $d_2$ とは、前記第1主面と前記第2主面との間の距離を $t$ としたとき、

$$d_1 + d_2 < t \dots (5)$$

を成立させることができる。この場合、好ましくは式(6)、さらに好ましくは式(7)、さらに好ましくは式(8)を満たすことができる。ここで、第1，第2溝部の深さ $d_1$ ， $d_2$ は、深いほど振動部のインピーダンスは下がるが、加工は困難である。第1，第2溝部の深さ $d_1$ ， $d_2$ は浅いほど加工し易く、しかも第1，第2溝部の間の領域に最大幅の厚肉部を残して機械的強度を高めることができる。

$$0.3t \leq d_1 + d_2 \leq 0.95t \dots (6)$$

$$0.4t \leq d_1 + d_2 \leq 0.9t \dots (7)$$

$$0.5t \leq d_1 + d_2 \leq 0.8t \dots (8)$$

【0014】

(6) 本発明の一態様では、前記第1溝部の深さ $d_1$ と、前記第2溝部の深さ $d_2$ とは

50

、前記第1主面と前記第2主面との間の距離を $t$ としたとき、以下の式(9)を満たすことができる。

$$d_1 < 0.5t, \text{かつ } d_2 < 0.5t \dots (9)$$

この数値限定により、第1，第2溝部に挟まれる第1中心線上では、横断面の最大幅に亘って振動部を連続して形成できるので、第1中心線を挟んだ第1，第2溝部側の部位間に捩れが生ずることをより抑制することができる。この場合、好ましくは式(10)、さらに好ましくは式(11)、さらに好ましくは式(12)を満たすことができる。

$$0.15t \leq d_1 \leq 0.475t, \text{かつ } 0.15t \leq d_2 \leq 0.475t \dots (10)$$

$$0.2t \leq d_1 \leq 0.45t, \text{かつ } 0.2t \leq d_2 \leq 0.45t \dots (11)$$

$$0.25t \leq d_1 \leq 0.4t, \text{かつ } 0.25t \leq d_2 \leq 0.4t \dots (12)$$

10

#### 【0015】

(7) 本発明の一態様では、前記横断面において、前記第1側面と前記第2側面との間の最大幅を $W$ とし、前記第1溝部の開口幅及び前記第2溝部の開口幅を $M$ としたとき、好ましくは式(13)、さらに好ましくは式(14)、さらに好ましくは式(15)を満たすことができる。第1溝部及び第2溝部の開口幅 $M$ は、広いほどインピーダンス $C_I$ が下がり、斜め振動成分が多く、加工し易い。ただし、開口幅 $M$ が広いほど振動部の機械的強度が下がる。

$$0.1W \leq M \leq 0.8W \dots (13)$$

$$0.2W \leq M \leq 0.7W \dots (14)$$

$$0.35W \leq M \leq 0.6W \dots (15)$$

20

#### 【0016】

(8) 本発明の一態様では、基部と、前記基部から前記第1方向に沿って平行に延在する前記振動部で形成された第1駆動部および第2駆動部とを有し、前記第1駆動部及び前記第2駆動部とは、前記第1方向に沿った線分に対して線対称に配置され、前記横断面において前記第1主面と平行な方向に逆相で振動し、前記横断面において前記第1主面と直交する方向に同相で振動することができる。

#### 【0017】

こうして、第1駆動部及び第2駆動部を、第1方向に沿った線分に対して線対称に斜め振動させることができる。

#### 【0018】

(9) 本発明の一態様では、前記振動片が回転した時に、前記第1駆動部及び前記第2駆動部に加わるコリオリ力に応じて屈曲振動する検出部をさらに備えることができる。

30

#### 【0019】

この検出部は、第1駆動部及び第2駆動部の線対称な斜め振動のうち、第1主面と直交する方法の振動と釣り合うように面外振動することができる。よって、第1方向に沿った軸廻りの回転は、この面外振動を利用して検出するので、検出感度を高めることができる。

#### 【0020】

(10) 本発明の一態様では、前記振動部が延在する前記第1方向と直交する方向であって、かつ前記第1主面に平行な第2方向において、前記第1開口端は前記第4開口端よりも一方側に位置し、前記第2開口端は前記第3開口端よりも前記一方側に位置させることができる。

40

#### 【0021】

本発明の他の態様に係る振動片では、本発明の一態様での第1，第2溝部の第2方向での偏移をより明確に定義している。

#### 【0022】

(11) 本発明の一態様では、前記基部から前記第1方向に沿って前記第1駆動部とは逆方向に延在する第3駆動部と、前記基部から前記第1方向に沿って前記第2駆動部とは逆方向に延在する第4駆動部と、をさらに有し、前記第3駆動部は前記第1駆動部の前記横断面と同一の形状を有し、前記第4駆動部は前記第2駆動部の前記横断面と同一の形状

50

を有することができる。

【0023】

基部が配置される平面内の直交二軸の各軸に線対称にて第1～第4駆動部が配置され、振動バランスが良好となる。

【0024】

(12) 本発明の他の態様では、(1)～(11)のいずれかに記載の振動片と、前記振動片の前記第1方向と平行な軸廻りの角速度を検出する検出回路と、を備えている角速度センサーに関する。この角速度センサーによれば、駆動部での斜め振動以外の振動を抑制することができる。それにより、ノイズを抑制し、温度特性が向上して、角速度信号を安定して検出することができる。

10

【0025】

(13) 本発明のさらに他の態様では、(12)に記載の角速度センサーを備えている電子機器に関する。

【0026】

(14) 本発明のさらに他の態様では、(12)に記載の角速度センサーを備えている移動体に関する。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の第1実施形態に係る振動片を示す平面図である。

20

【図2】図1中のA-A線断面図である。

【図3】図2に示す駆動腕の拡大断面図である。

【図4】図1に示す振動片の動作を説明するための断面図である。

【図5】図3に示す駆動腕の変形例を示す断面図である。

【図6】振動片を収容・固定するパッケージを示す断面図である。

【図7】本発明の第2実施形態に係る振動片が備えるジャイロセンサー素子を示す平面図である。

【図8】ジャイロセンサー素子にz軸まわりの回転が作用した時の検出時の状態を示す平面図である。

【図9】ジャイロセンサー素子にy z軸まわりの回転が作用した時の検出時の状態を示す平面図である。

30

【図10】駆動腕に駆動時に作用する斜め振動のz成分と釣り合う検出腕のz方向の振動成分を示す図である。

【図11】本発明の振動片を備える電子機器(携帯電話機)を示す図である。

【図12】本発明の振動片を備える電子機器(デジタルスチルカメラ)を示す図である。

【図13】本発明の振動片を備える移動体(自動車)を示す図である。

【図14】図3に示す駆動腕の変形例を示す断面図である。

【図15】図3に示す駆動腕のさらに他の変形例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明の振動片、角速度センサー、電子機器および移動体を添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

40

【0029】

<第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態に係る振動片を示す平面図、図1は、図1中のA-A線断面図、図2は、図1に示す駆動腕(広義には駆動部)の拡大断面図、図3は、図2に示す駆動腕の変形例を示す断面図、図4は、図1に示す振動片の動作を説明するための断面図である。

【0030】

なお、各図では、説明の便宜上、互いに直交する3つの軸としてx軸、y軸およびz軸を図示している。また、以下では、x軸に平行な方向を「x軸方向」、y軸に平行な方向

50

を「y軸方向」（第1方向とも言う）、「z軸に平行な方向」を「z軸方向」と言う。また、以下では、「x軸とy軸とで規定される平面」を「xy平面」と言い、「y軸とz軸とで規定される平面」を「yz平面」と言い、「x軸とz軸とで規定される平面」を「xz平面」と言う。また、以下の説明では、説明の便宜上、図1中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言う。

#### 【0031】

##### [振動片2]

まず、振動片2について説明する。図1は、例えばジャイロセンサー素子として用いられる振動片2を示している。この振動片2は、例えば3脚音叉型の振動片である。また、本実施形態の振動片2は、所定の周波数（共振周波数）で振動する電気信号を発生させるための振動子として用いられる。10

#### 【0032】

このような振動片2は、基部4および基部4から延出する3本の振動腕（広義には振動部）5, 6, 7により構成された圧電体基板と、この圧電体基板上に形成された複数の電極とを有している。

#### 【0033】

圧電体基板は、圧電体材料で構成されている。このような圧電体材料としては、例えば、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、ホウ酸リチウム、チタン酸バリウム等が挙げられる。特に、圧電体基板を構成する圧電体材料としては水晶が好ましい。水晶（Zカット板など）で圧電体基板を構成すると、圧電体基板の振動特性（特に周波数温度特性）を優れたものとすることができます。また、エッチングにより高い寸法精度で圧電体基板を形成することができる。なお、圧電体基板は必ずしも圧電性を有しなくても良く、例えばシリコン基板を用い、圧電膜を用いて振動腕5, 6, 7を振動させても良い。20

#### 【0034】

##### (基部4)

基部4は、xy平面に広がりを有し、z軸方向に厚さを有する板状をなしている。また、基部4は、振動腕5, 6, 7と等しい厚さとなるように形成されている。このような基部4には、3つの振動腕5, 7が接続されている。

#### 【0035】

これら振動腕5, 6, 7のうち、振動腕5, 6は、振動片2を駆動するための駆動腕として機能し、振動腕7は、振動腕5, 6のZ方向の振動を相殺するための調整腕として機能する。なお、以下では説明の便宜上、振動腕5および振動腕6をそれぞれ「駆動腕5」および「駆動腕6」（それぞれ広義には駆動部）と言い、振動腕7を「調整腕7」とも言う。30

#### 【0036】

駆動腕5, 6は、基部4のx軸方向での両端部に接続され、調整腕7は、基部4のx軸方向での中央部に接続されている。これら3つの振動腕5～7は、互いに平行となるように基部4からそれぞれy軸方向に延出して設けられている。また、3つの振動腕5～7は、等間隔でx軸方向に並んで離間配置されている。また、3つの振動腕5～7は、それぞれ、長手形状をなし、その端部が固定端となり、先端部が自由端となる。40

#### 【0037】

##### (駆動腕5)

図1および図2に示すように、駆動腕5は、Y軸方向（第1方向）に延在している。このような振動腕5は、yz平面であって、駆動腕5の幅方向（X軸方向）の中心線（第2中心線とも言う）L'および厚さ方向（Z軸方向）の中心線（第1中心線とも言う）L''に関して非対称な横断面形状を有している。駆動腕5をこのような非対称な形状とすることにより、後述するように、駆動腕5をx軸方向およびz軸方向の両方向成分を有する方向、言い換えればz軸およびz軸の両軸に対して傾斜した方向に屈曲振動（以下、「斜め振動」とも言う。）させることができる。

#### 【0038】

具体的には、図3に示すように、駆動腕5は、z軸方向に対向(離間)し、表裏関係にある、xy平面にて構成される上面(第1主面)511および下面(第2主面)512と、上面511および下面512を接続する一対の側面(第1側面、第2側面)513、514とを有している。

#### 【0039】

駆動腕5には、上面511に開口する第1溝部55と、下面に開口する第2溝部56とが形成されている。第1溝部55および第2溝部56は、それぞれ、y軸方向(第1方向)に延在しており、基部4との接続部を跨いで形成することができる。第1溝部55および第2溝部56は、z軸方向に深さを有する。第1溝部55および第2溝部56は、図3では矩形の横断面を有しているが、特に限定されず、他の横断面形状、例えば略U字の横断面形状や、後述する図14または図15に示す横断面形状であっても良い。

10

#### 【0040】

駆動腕5は、第1主面551に直交する方向から見た平面視(図1に示す平面視)において、第1溝部55及び第2溝部56が、振動腕5が延在するy方向と直交する方向であって、かつ、第1主面551に平行な方向(x方向、第2方向)にて互いに逆方向に偏移して設けられている(図3参照)。

#### 【0041】

さらに駆動腕5は、駆動腕5が延在するy方向と直交する横断面(図3に示すx-z面)において、第1溝部55の第1側面513側の第1開口端OE1と、第1主面551と第1側面513とが交わる第1端E1との間の長さa1と、第1溝部55の第2側面514側の第2開口端OE2と、第1主面551と第2側面514とが交わる第2端E2との間の長さb1よりも長い。つまり、下記の不等式(1)が成立する。

$$a_1 > b_1 \dots (1)$$

20

#### 【0042】

同様に駆動腕5は、xz面において、第2溝部56の第2側面514側の第3開口端OE3と、第2主面552と第2側面514とが交わる第3端E3との間の長さa2は、第2溝部56の第1側面513側の第4開口端OE4と、第2主面552と第1側面513とが交わる第4端E4との間の長さb2よりも長い。つまり、下記の式(2)が成立する。

$$a_2 > b_2 \dots (2)$$

30

#### 【0043】

式(1)(2)を換言すれば、振動腕5が延在する第1方向yと直交する方向であって、かつ第1主面551に平行な第2方向xにおいて、第1開口端OE1は第4開口端OE4よりも一方側に位置し、第2開口端OE2は第3開口端OE3よりも同じく一方側に位置している。

#### 【0044】

第1溝部55と第2溝部56とは、第1、第2中心軸L'、L"の交点である駆動腕5の中心軸Oに関して回転対称に形成されている。これにより、駆動腕5の二等分点Pの一方側と他方側とで質量および形状をほぼ等しくすることができ、駆動腕5が慣性的、質量的にバランスのとれた形状となる。

40

#### 【0045】

このような駆動腕5には、一対の第1駆動電極81と一対の第2駆動電極82とが形成されている。具体的には、一対の第1駆動電極81の一方は、第1溝部55の面内に形成されており、一対の第1駆動電極81の他方は、第2溝部56の内面に形成されている。また、一対の第2駆動電極82の一方は、第1側面513に形成されており、一対の第2駆動電極82の他方は、第2側面514に形成されている。

#### 【0046】

このような電極配置によれば、図2に示すように交流電源900を第1、第2駆動電極81、82に接続することで、第1、第2駆動電極81、82間に発生する電界を駆動腕5に作用させることができる。これにより、駆動腕5を屈曲振動させることができる。

50

## 【0047】

これら第1、第2駆動電極81、82の構成としては、特に限定されず、金(Au)、金合金、白金(Pt)、アルミニウム(Al)、アルミニウム合金、銀(Arg)、銀合金、クロム(Cr)、クロム合金、銅(Cu)、モリブデン(Mo)、ニオブ(Nb)、タンゲステン(W)、鉄(Fe)、チタン(Ti)、コバルト(Co)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)等の金属材料、酸化インジウムスズ(ITO)等の導電材料により形成することができる。

## 【0048】

中でも、第1、第2駆動電極81、82の構成材料としては、金を主材料とする金属(金、金合金)、白金を用いるのが好ましく、金を主材料とする金属(特に金)を用いるのがより好ましい。Auは、導電性に優れ(電気抵抗が小さく)、酸化に対する耐性に優れているため、電極材料として好適である。また、AuはPtに比しエッチングにより容易にパターニングすることができる。

10

## 【0049】

なお、例えば、第1、第2駆動電極81、82を金で構成し、圧電体基板を水晶で構成した場合、これらの密着性が低い。そのため、このような場合、第1、第2駆動電極81、82と圧電体基板との間には、Ti、Cr等で構成された下地層を設けるのが好ましい。これにより、下地層と駆動腕5との密着性、および、下地層と第1、第2駆動電極81、82との密着性をそれぞれ優れたものとすることができます。その結果、第1、第2駆動電極81、82が駆動腕5から剥離するのを防止し、振動片2の信頼性を優れたものとすることができる。

20

## 【0050】

(駆動腕6)

駆動腕6は、図2に示すようにyz平面に関して駆動腕5と対称的に形成されている以外は、駆動腕5と同様の構成(形状)である。したがって、駆動腕6の構成については、その説明を省略する。

## 【0051】

このような駆動腕6にも、図2に示すように、駆動腕5と同様にして一対の第1駆動電極81と一対の第2駆動電極82とが形成されている。具体的には、一対の第1駆動電極81の一方は、第1側面613形成されており、一対の第1駆動電極81の他方は、第2側面614に形成されている。また、一対の第2駆動電極82の一方は、第1溝部65の内面に形成されており、一対の第2駆動電極82の他方は、第2溝部66の内面に形成されている。

30

## 【0052】

このような電極配置によれば、図2に示すように交流電源900を第1、第2駆動電極81、82に接続することで、第1、第2駆動電極81、82間に発生する電界を駆動腕5に作用させることができる。これにより、駆動腕5を屈曲振動させることができる。

30

## 【0053】

(調整腕7)

調整腕7は、その長手方向の全域にわたって、厚さ(z軸方向の長さ)および幅(x軸方向の長さ)が一定となっている。このような調整腕7は、駆動腕5、6の振動に合わせて振動する。

40

## 【0054】

(振動動作)

以上、振動片2の構成について説明した。このような振動片2は、次のようにして駆動する。図2に示す交流電源900によって、第1、第2駆動電極81、82間に交番電圧を印加すると、駆動腕5、6は、それぞれ、中心線L'、L''の両線に関して非対称な横断面形状をなしているため、xz面での面内振動によって、図4に示すように斜め振動する。つまり、第1駆動腕5と第2駆動腕6とは、y軸に対して線対称に配置され、xz横断面において第1主面511と平行なx方向に逆相で振動し、xz横断面において第1主

50

面 5 1 1 と直交する z 方向に同相で振動する。この際、駆動腕 5 , 6 の x 軸方向への屈曲振動が相殺（キャンセル）されるため、調整腕 7 は、x 軸方向には殆ど振動しない。一方、駆動腕 5 , 6 の z 軸方向への屈曲振動は相殺されないため、調整腕 7 は、駆動腕 5 , 6 とのバランスを取るように、z 軸方向で駆動腕 5 , 6 と互いに逆向きに屈曲振動する。

#### 【 0 0 5 5 】

このような振動においては、駆動腕 5 , 6 は、y z 平面に関して対称的に振動するため、駆動腕 5 の屈曲振動のうちの x 軸方向成分の振動と、振動腕 6 の屈曲振動のうちの x 軸方向成分の振動とが釣り合って相殺（キャンセル）される。そのため、調整腕 7 には、x 軸方向の振動が伝達されず、調整腕 7 は、x 軸方向にほとんど振動しない。また、駆動腕 5 , 6 と調整腕 7 とが z 軸方向の反対側に屈曲振動するため、駆動腕 5 , 6 の屈曲振動のうちの z 軸方向成分の振動と、調整腕 7 の z 軸方向の振動とが釣り合って相殺（キャンセル）される。そのため、振動片 2 によれば、効果的に、振動漏れを防止することができる。

10

#### 【 0 0 5 6 】

特に、本実施形態では、斜め振動する 2 つの駆動腕 5 , 6 が基部 4 の両端部に位置しているため、面外方向および面内方向ともにバランスよく駆動することができるので、より安定して駆動腕 5 , 6 および調整腕 7 を振動させることができる。そのため、振動漏れをより効果的に防止することができる。また、振動片 2 では、調整腕 7 を有しているため、駆動腕 5 , 6 の z 軸方向の振動（並進運動）が自動的に相殺されるため、回転モーメントも相殺されて小さくなる。

20

#### 【 0 0 5 7 】

本実施形態の振動片 2 によれば、特許文献 1 の振動片と対比して、さらに以下の特徴を有することができる。上述した斜め振動の際、第 2 溝部 5 6 と対向する領域での第 2 主面 5 1 2 側の振動片の壁厚 a 1 と、第 1 溝部 5 5 と対向する領域での第 2 主面 5 1 2 側の振動片 2 の壁厚 a 2 とを厚肉に確保できるので、機械的強度が高められる。それにより、振動片 2 の剛性高まり、捩り振動等の不要な振動が加わることを抑制できる。

20

#### 【 0 0 5 8 】

##### ( 振動片の細部構造 )

先ず、本実施形態では、第 1 主面 5 1 1 と第 2 主面 5 1 2 との間の距離を二等分する第 1 中心線 L ” に沿って、x z 横断面の最大幅に亘って駆動腕 5 の肉部を連続して形成することができる。こうすると、第 1 , 第 2 溝部 5 5 , 5 6 に挟まれる第 1 中心線 L ” 上では、x z 横断面の最大幅に亘って振動腕 5 を連続して形成できるので、第 1 中心線 L ” を挟んだ第 1 , 第 2 溝部 5 5 , 5 6 側の部位間に捩れが生ずることをより抑制することができる。駆動腕 6 でも同様に捩り振動を抑制することができる。

30

#### 【 0 0 5 9 】

次に、本実施形態では、第 1 溝部 5 5 は、第 1 側面 5 1 3 と第 2 側面 5 1 4 との間の最大幅を二等分する第 2 中心線 L ’ と第 2 側面 5 1 4 との間で第 1 主面 5 1 1 に開口して形成され、第 2 溝部 5 6 は、第 2 中心線 L ’ と第 1 側面 5 1 3 との間で第 2 主面 5 1 2 に開口して形成することができる。

30

#### 【 0 0 6 0 】

こうすると、第 2 溝部 5 6 と対向する領域での第 1 主面 5 1 1 側の駆動腕 5 の壁厚 a 1 と、第 1 溝部 5 5 と対向する領域での第 2 主面 5 1 2 側の駆動腕 5 の壁厚 a 2 とをより厚肉にすることができる。それにより、振動片 2 の剛性はさらに高まり、捩り振動等の不要な振動が加わることをより低減できる。駆動腕 6 でも同様に捩り振動を抑制することができる。

40

#### 【 0 0 6 1 】

##### ( 振動部の変形例 )

図 5 は、図 3 に示す駆動腕 5 の変形例を示す断面図である。図 5 では、図 3 とは異なり、第 1 溝部 5 5 および第 2 溝部 5 6 は、第 2 中心線 L ’ の両側で開口している。つまり、第 1 主面 5 1 1 に直交する方向から見た平面図において、第 1 溝部 5 5 の一部と第 2 溝部

50

5 6 の一部とが重なっている。

#### 【0062】

図5の変形例では、第1溝部55および第2溝部56の開口幅を図3よりも大きくすることができ、それにより駆動腕5のインピーダンスを低下させることができる。駆動腕6でも同様にインピーダンスを低下させることができる。なお、図5でも第1中心線L”に沿って、xz横断面の最大幅に亘って駆動腕5の肉部を連続して形成することができるで、駆動腕5, 6の捩り剛性等の機械的強度を確保することができる。

#### 【0063】

(振動部の形状に関する数値限定)

以下、駆動腕5の形状に関する数値限定を説明するが、駆動腕6についても同様に適用できる。図3および図5のいずれの実施形態でも、好ましくは式(3)、さらに好ましくは(4)を満たして、特許文献1よりも壁厚a1, a2を厚肉に確保することができる。

$$a_1 > 2 \times b_1 \text{ かつ } a_2 > 2 \times b_2 \dots (3)$$

$$a_1 > 3 \times b_1 \text{ かつ } a_2 > 3 \times b_2 \dots (4)$$

#### 【0064】

図3及び図5のいずれの実施形態でも、第1溝部55の深さd1と、第2溝部56の深さd2とは、第1正面511と第2正面512との間の距離をtとしたとき、以下の式(5)を満たすことができる。

$$d_1 + d_2 < t \dots (5)$$

#### 【0065】

つまり、第1, 第2溝部55, 56の深さの和d1+d2は、駆動腕5の厚さtよりも小さい。この場合、好ましくは式(6)、さらに好ましくは式(7)、さらに好ましくは式(8)を満たすことができる。ここで、第1, 第2溝部55, 56の深さd1, d2は、深いほど駆動腕5のインピーダンスは下がるが、加工は困難である。第1, 第2溝部55, 56の深さd1, d2は浅いほど加工し易く、しかも第1, 第2溝部55, 56の間の領域に最大幅の厚肉部を残して機械的強度を高めることができる。

$$0.3t \leq d_1 + d_2 \leq 0.95t \dots (6)$$

$$0.4t \leq d_1 + d_2 < 0.9t \dots (7)$$

$$0.5t \leq d_1 + d_2 \leq 0.8t \dots (8)$$

#### 【0066】

図3及び図5のいずれの実施形態でも、第1溝部55の深さd1と、第2溝部の深さd2とは、第1正面511と第2正面512との間の距離をtとしたとき、以下の式(9)を満たすことができる。

$$d_1 < 0.5t, \text{かつ } d_2 < 0.5t \dots (9)$$

#### 【0067】

この数値限定により、第1, 第2溝部55, 56に挟まれる第1中心線L”上では、xz横断面の最大幅に亘って振動腕5を連続して形成できるので、第1中心線L”を挟んだ第1, 第2溝部55, 56側の部位間に捩れが生ずることをより抑制することができる。この場合、好ましくは式(10)、さらに好ましくは式(11)、さらに好ましくは式(12)を満たすことができる。上述の通り、第1, 第2溝部55, 56の深さd1, d2は、深いほど駆動腕5のインピーダンスは下がるが、加工は困難である。第1, 第2溝部55, 56の深さd1, d2は浅いほど加工し易く、しかも第1, 第2溝部55, 56の間の第1中心線L”上の領域に最大幅の厚肉部を残して機械的強度を高めることができる。

$$0.15t \leq d_1 \leq 0.475t, \text{かつ } 0.15t \leq d_2 \leq 0.475t \dots (10)$$

$$0.2t \leq d_1 \leq 0.45t, \text{かつ } 0.2t \leq d_2 \leq 0.45t \dots (11)$$

$$0.25t \leq d_1 \leq 0.4t, \text{かつ } 0.25t \leq d_2 \leq 0.4t \dots (12)$$

#### 【0068】

図5に示す実施形態において、xz横断面において、第1側面513と第2側面514との間の最大幅をWとし、第1溝部55の開口幅及び第2溝部56の開口幅をMとしたと

10

20

30

40

50

き、好ましくは式(13)、さらに好ましくは式(14)、さらに好ましくは式(15)を満たすことができる。第1溝部及び第2溝部の開口幅Mは、広いほどインピーダンスCIが下がり、斜め振動成分が多く、加工し易い。ただし、開口幅Mが広いほど駆動腕5の機械的強度が下がる。なお、図3の実施形態の場合には、 $0.1W \leq M < 0.5W$ を満たすことができる。

$$0.1W \leq M \leq 0.8W \dots (13)$$

$$0.2W \leq M \leq 0.7W \dots (14)$$

$$0.35W \leq M \leq 0.6W \dots (15)$$

### 【0069】

#### [パッケージ]

10

次に、振動片2を収容・固定するパッケージ9について説明する。

図6に示すように、パッケージ9は、板状のベース基板91と、枠状の枠部材92と、板状の蓋部材93とを有している。ベース基板91、枠部材92および蓋部材93は、下側から上側へこの順で積層されている。ベース基板91と枠部材92とは、後述のセラミック材料等で形成されており、互いに一体に焼成されることで接合されている。枠部材92と蓋部材93は、接着剤あるいはろう材等により接合されている。そして、パッケージ9は、ベース基板91、枠部材92および蓋部材93で画成された内部空間Sに、振動片2を収納している。なお、パッケージ9内には、振動片2の他、振動片2を駆動する電子部品(発振回路)等を収納することもできる。

### 【0070】

20

なお、ベース基板91の構成材料としては、絶縁性(非導電性)を有しているものが好ましく、例えば、各種ガラス、酸化物セラミックス、窒化物セラミックス、炭化物系セラミックス等の各種セラミックス材料、ポリイミド等の各種樹脂材料などを用いることができる。また、枠部材92および蓋部材93の構成材料としては、例えば、ベース基板91と同様の構成材料、Al、Cuのような各種金属材料、各種ガラス材料等を用いることができる。

### 【0071】

このベース基板91の上面には、固定材96を介して、前述した振動片2が固定されている。この固定材96は、例えば、エポキシ系、ポリイミド系、シリコン系等の接着剤で構成されている。このような固定材96は、未硬化(未固化)の接着剤をベース基板91上に塗布し、さらに、この接着剤上に振動片2を載置した後、その接着剤を硬化または固化させることにより形成される。これにより、振動片2がベース基板91に確実に固定される。

30

なお、この固定は、導電性粒子を含有するエポキシ系、ポリイミド系、シリコン系等の導電性接着剤を用いて行っててもよい。

### 【0072】

#### <第2実施形態>

40

次に、本発明の振動片の第2実施形態について説明する。

図7は、本発明の第2実施形態に係る振動片が備える振動片の振動腕の断面図である。以下、第2実施形態について、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

図7に示すジャイロセンサー(角速度センサー)3は、z軸まわりの角速度zと、y軸まわりの角速度yとを検出することのできるジャイロセンサーである。xy平面に拡がりを有し、z軸方向に厚みを有するジャイロセンサー3は、基部4と、第1検出腕7Aと、第2検出腕7Bと、第1駆動腕5A、第2駆動腕6A、第3駆動腕5B、第4駆動腕6Bとを有している。基部4は、基部本体4Aと、基部本体4Aと連結された第1連結腕4B及び第2連結腕4Cとを含む。

### 【0073】

50

第3駆動腕5Bは、基部4からy方向に沿って第1駆動腕5Aとは逆方向に延在する。第4駆動腕6Bは、基部4からy方向に沿って第2駆動腕6Aとは逆方向に延在する。第

1，第3駆動腕5A，5Bは例えば図2に示す第1駆動腕5と同一の形状を有し、第2，第4駆動腕6A，6Bは例えば図2に示す第2駆動腕6と同一の形状を有する。

#### 【0074】

ジャイロセンサー3にz軸まわりの角速度zが加わると、図8に示すように、コリオリ力Aが作用し、このコリオリ力Aを駆動力として矢印Bで示す振動(z軸回り角速度検出振動モード)が励振される。このとき、第1、第2検出腕7A、7Bに生じる変形は、x軸に関して逆方向である。また、この検出振動モードは、駆動周波数の±10%以内の周波数であることが好ましい。なお、この第1、第2検出腕7A、7Bがz軸回りに関して同じ回転方向に振動しているといい換えることができる。これは、第1～第4駆動腕5A，6A，5B，6Bがコリオリ力Aの作用によって図8のように振動し、なおかつ第1、第2検出腕7A、7Bは、基部4を挟んで上側と下側にそれぞれ延出しているため、第1検出腕7Aは、第1、第2駆動腕5A、6Aに対応した変形をし、第2検出腕7Bは、第3、第4駆動腕5B，6Bに対応した変形をするためである。10

#### 【0075】

一方、ジャイロセンサー3にy軸まわりの角速度yが加わると、図9に示すように、コリオリ力Aが作用し、このコリオリ力Aを駆動力として、矢印Bで示す振動(y軸回り角速度検出振動モード)が励振される。この時、第1、第2検出腕7A、7Bに生じる変形は、x軸に関して同方向である。また、この検出振動モードは、駆動周波数の±10%以内の周波数であることが好ましい。なお、この第1、第2検出腕7A、7Bの振動方向に関しては、第1、第2検出腕7A、7Bがx軸に関して同方向に振動しているといい換えることができる。これは、コリオリ力Aの作用によって第1～第4駆動腕46～49が図9のように振動し、さらに第1、第2検出腕7A、7Bにx軸に関して同方向かつ第1～第4駆動腕5A，5B，6A，6Bと逆方向のコリオリ力が働くためx軸方向に関しては同方向に振動するためである。20

#### 【0076】

ここで、y軸まわりの角速度yの検出感度は、第1～第4駆動腕5A，6A，5B，6Bの駆動時の斜め振動に起因して第1、第2検出腕7A、7Bに生ずるz方向の振幅に依存する。図10は、第1，第2駆動腕5A，6Aの斜め振動ベクトルSV1，SV2のz成分と釣り合う第1検出腕7Aのz方向の振動ベクトルSV3を示している。斜め振動の角度が大きいほど、振動ベクトルSV3は大きくなることが分かる。上述した図3または図4の第1駆動腕5の構造により斜め振動の角度が大きくすることができる。それにより、第1、第2検出腕7A、7Bに生ずるz方向の振幅が大きくなり、y軸まわりの角速度yの検出感度を高めることができる。また、上述した図3または図5の第1駆動腕5の構造により、斜め振動以外の振動を抑制することができる。それにより、ノイズを抑制し、温度特性が向上して、角速度信号を安定して検出することができる。30

#### 【0077】

ジャイロセンサー3では、前述のz軸まわりの角速度zが加わったときと、y軸まわりの角速度yが加わったときの検出腕7A、7Bの振動方向の異なりを利用して、角速度zおよび角速度yをそれぞれ独立して検出することができる。具体的に説明すると、角速度zが加わったときに、第1検出腕7Aから取り出される信号(電圧)V1は、角速度zに起因した信号(電圧)+Vzであり、第2検出腕7Bから取り出される信号(電圧)V2は、角速度zに起因した信号(電圧)-Vzである。すなわち、V1=+Vz、V2=-Vzである。40

#### 【0078】

一方、角速度yが加わったときに、第1検出腕7Aから取り出される信号V1は、角速度yに起因した信号+Vyであり、第2検出腕7Bから取り出される信号V2は、角速度Yに起因した信号+Vyである。すなわち、V1=+Vy、V2=+Vyである。なお、信号V1、V2の間で符号が同じなのは、z軸回りの角速度に対し異符号の信号を生じるように構成されているためである。50

## 【0079】

そのため、ジャイロセンサー3に、y軸方向およびz軸方向の両方向成分を有する軸（すなわち、y軸およびz軸の両軸に対して傾斜した軸）まわりの角速度 $\dot{\theta}_y$ が加わると、第1検出腕7Aから取り出される信号 $V_1$ は、 $(+\dot{V}_y) + (+\dot{V}_z)$ であり、第2検出腕7Bから取り出される信号 $V_2$ は、 $(+\dot{V}_y) + (-\dot{V}_z)$ である。すなわち、 $V_1 = \dot{V}_y + \dot{V}_z$ 、 $V_2 = \dot{V}_y - \dot{V}_z$ である。

## 【0080】

このようにして得られた信号 $V_1$ 、 $V_2$ を検出回路にて加算または減算することにより、角速度 $\dot{\theta}_y$ のy軸まわりの角速度 $\dot{\theta}_y$ と、z軸まわりの角速度 $\dot{\theta}_z$ とを分離することができ、角速度 $\dot{\theta}_y$ および角速度 $\dot{\theta}_z$ をそれぞれ独立して検出することができる。具体的には、 $V_1 + V_2 = 2\dot{V}_y$ となり、角速度 $\dot{\theta}_z$ に起因する信号 $\dot{V}_z$ を排除することができる。これにより、y軸まわりの角速度 $\dot{\theta}_y$ が求まる。反対に、 $V_1 - V_2 = 2\dot{V}_z$ となり、角速度 $\dot{\theta}_y$ に起因する信号 $\dot{V}_y$ を排除することができる。これにより、z軸まわりの角速度 $\dot{\theta}_z$ が求まる。ジャイロセンサー3によれば、簡単に、y軸まわりの角速度 $\dot{\theta}_y$ およびz軸まわりの角速度 $\dot{\theta}_z$ をそれぞれ独立して検出することができる。このような計算は、ジャイロセンサー3に接続された図示しないICチップ等の検出回路により行うことができる。

10

## 【0081】

なお、上述した信号「 $V_z$ 」、「 $V_y$ 」の符号は、配線の構成によっては符号が逆となる。すなわち、上記「 $+V_z$ 」が「 $-V_z$ 」、「 $-V_z$ 」が「 $+V_z$ 」となるとともに、「 $+V_y$ 」が「 $-V_y$ 」、「 $-V_y$ 」が「 $+V_y$ 」となる場合もある。

20

## 【0082】

## [電子機器]

図11は電子機器の一具体例として携帯電話機例えばスマートフォン101を概略的に示す。スマートフォン101には振動片2を有するジャイロセンサー1000が組み込まれる。ジャイロセンサー1000はスマートフォン101の姿勢を検出することができる。いわゆるモーションセンシングが実施される。ジャイロセンサー1000の検出信号は例えばマイクロコンピューターチップ(MPU)102に供給することができる。MPU102はモーションセンシングに応じて様々な処理を実行することができる。その他、モーションセンシングは、携帯電話機、携帯型ゲーム機、ゲームコントローラー、カーナビゲーションシステム、ポインティングデバイス、ヘッドマウンティングディスプレイ、タブレットパソコン等の各種電子機器で利用されることができる。

30

## 【0083】

図12は電子機器の他の具体例としてのデジタルスチルカメラ（以下「カメラ」という）103を概略的に示す。カメラ103には振動片2を有するジャイロセンサー1000が組み込まれる。ジャイロセンサー1000はカメラ103の姿勢を検出することができる。ジャイロセンサー1000の検出信号は手ぶれ補正装置104に供給することができる。手ぶれ補正装置104はジャイロセンサー1000の検出信号に応じて例えばレンズセット105内の特定のレンズを移動させることができる。こうして手ぶれを補正することができる。その他、手ぶれ補正是デジタルビデオカメラで利用されることができる。

40

## 【0084】

なお、本発明の振動片を備える電子機器は、図11の携帯電話機、図12のデジタルスチルカメラの他にも、例えば、パーソナルコンピューター（モバイル型パーソナルコンピューター）、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャ、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサー、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、ライトシュミレーター等に適用することができる

50

。

## 【0085】

## [移動体]

図13は移動体の一具体例としての自動車106を概略的に示す。自動車106には振動片2を有するジャイロセンサー1000が組み込まれる。ジャイロセンサー1000は車体107の姿勢を検出することができる。ジャイロセンサー1000の検出信号は車体姿勢制御装置108に供給することができる。車体姿勢制御装置108は例えば車体107の姿勢に応じてサスペンションの硬軟を制御し、個々の車輪109のブレーキを制御することができる。その他、姿勢制御は二足歩行ロボットや航空機、ヘリコプター等の各種移動体で利用することができる。

10

## 【0086】

以上、本発明の振動片、振動片および電子機器を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の2以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

また、各振動腕の先端部には、必要に応じて、基端部よりも横断面積が大きい質量部（ハンマーHEAD）を設けてもよい。これにより、振動片をより小型なものとしたり、振動腕の屈曲振動の周波数をより低めたりすることができる。

## 【0087】

また、本発明の振動片（振動片）は、水晶発振器（SPXO）、電圧制御水晶発振器（VCXO）、温度補償水晶発振器（TCXO）、恒温槽付水晶発振器（OCXO）等の圧電発振器等にも適用することができる。

20

## 【0088】

振動部5,6に形成される溝部55,56の形状は、図14または図15に示す断面形状とすることができます。つまり、溝部55,56の断面形状はエッティング特性に応じて形成することができます。特に、振動片2を異方性を有する水晶で形成した場合であって、水晶をウェットエッティングすると、図14または図15に示すような形状にエッティング加工することができます。なお、図15に示すように、振動部5,6の四隅は面取りされていても良い。この場合でも、a1>b1かつa2>b2を満たすことができる上、第1中心線L”上で振動部が連続した最大幅を有することができます。

30

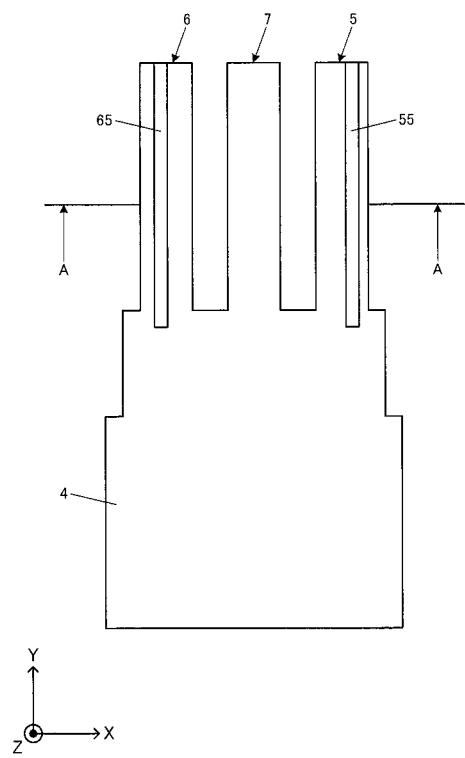
## 【符号の説明】

## 【0089】

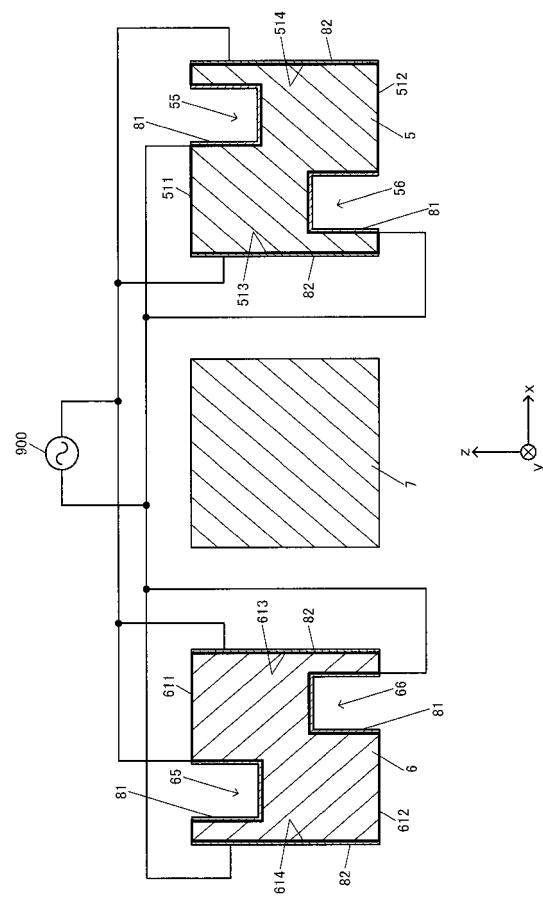
2 ……振動片 3 ……ジャイロセンサー（角速度センサー） 4 ……基部 5 ……振動腕（駆動腕） 511 ……第1主面 512 ……第2主面 513 ……第1側面、514 ……第2側面 55 ……第1溝部 56 ……第2溝部 6 ……振動腕（駆動腕） 65 ……第1溝部 66 ……第2溝部 613 ……第1側面、614 ……第2側面 7 ……振動腕（検出腕） 81 ……第1駆動電極 82 ……第2駆動電極 9 ……パッケージ 91 ……ベース基板 92 ……枠部材 93 ……蓋部材 96 ……固定材 900 ……電源 101 スマートフォン（電子機器） 103 ……デジタルスチルカメラ（電子機器） 106 自動車（移動体） 1000 ジャイロセンサー P 二等分点 S 内部空間 L' ……第2中心線、L” ……第1中心線

40

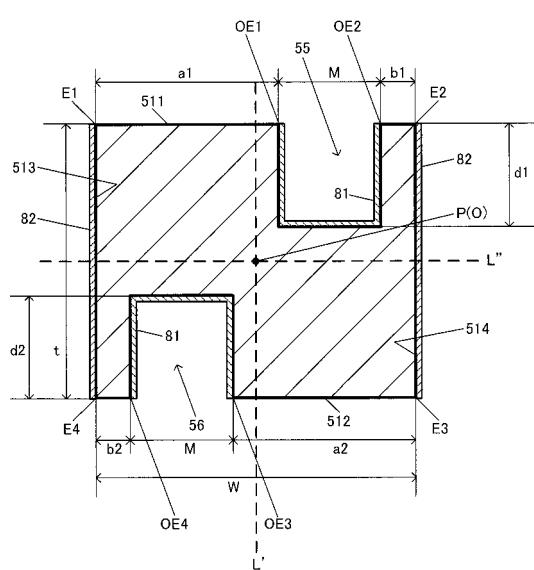
【図1】



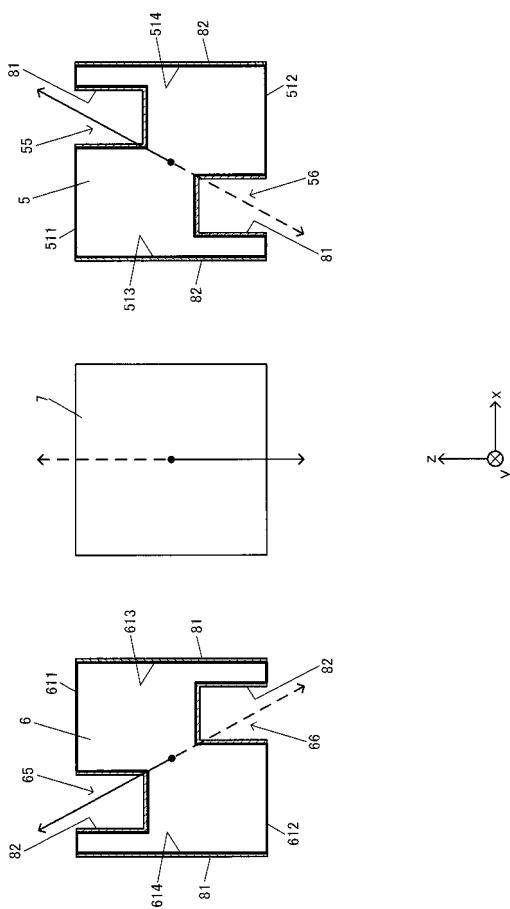
【図2】



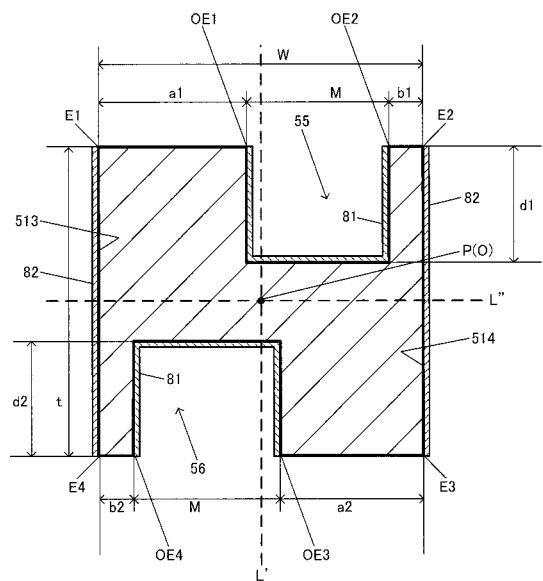
【図3】



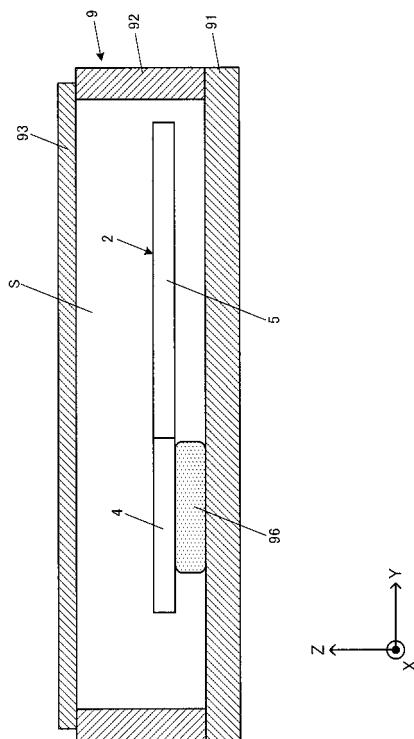
【図4】



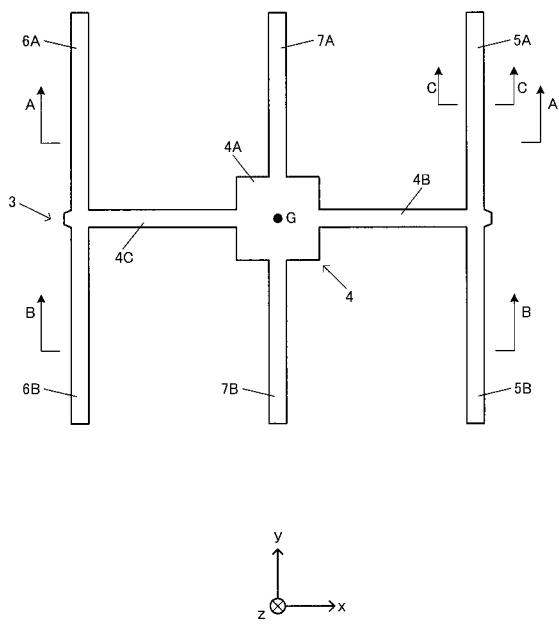
【図5】



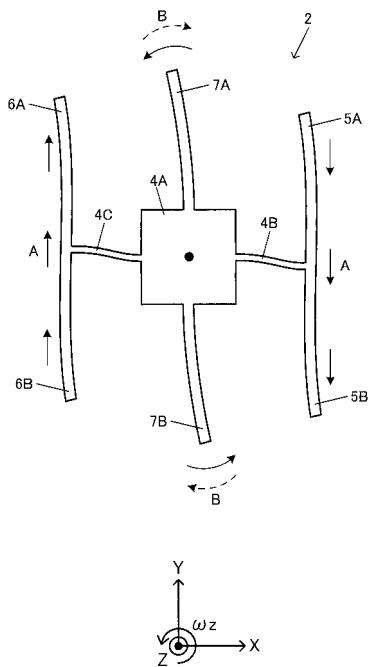
【図6】



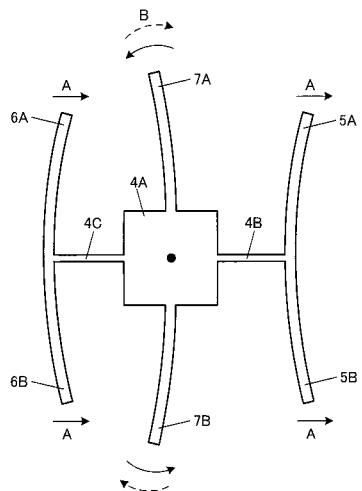
【図7】



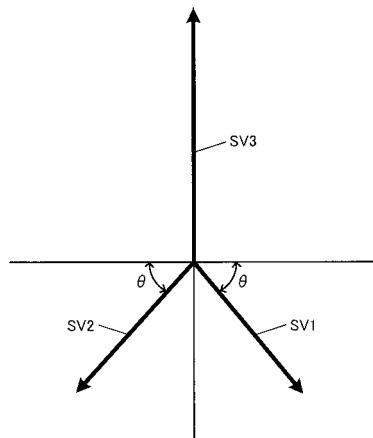
【図8】



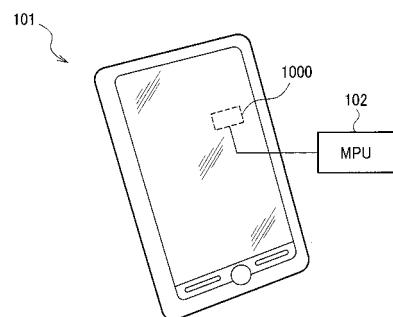
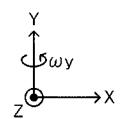
【図 9】



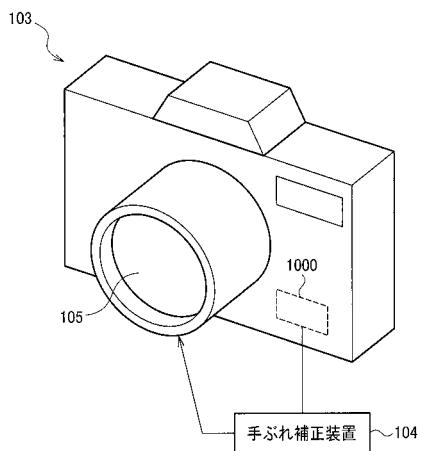
【図 10】



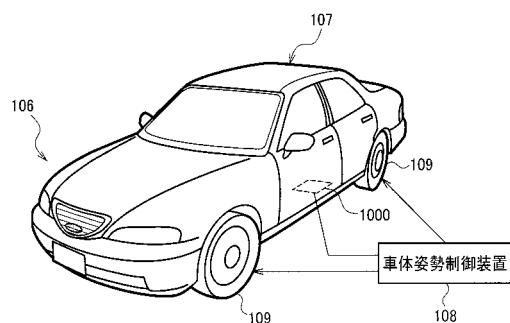
【図 11】



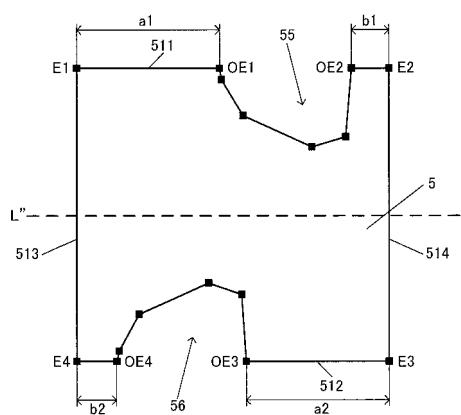
【図 12】



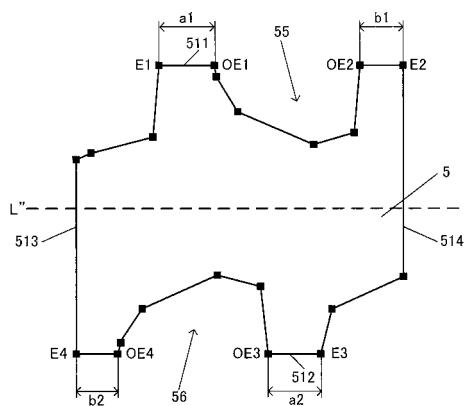
【図 13】



【図 14】



【図 15】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2F105 AA01 AA02 AA03 AA06 AA08 BB02 BB03 BB04 CC01 CD02  
CD06  
5J108 AA09 BB02 CC06 CC07 CC09 CC12 DD05 EE03 EE04 EE07  
EE13 EE18 FF05 FF11 KK01