

(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 I	テーマコード (参考)
GO 1 C 19/5607 (2012.01)	GO 1 C 19/56 1 O 7	2 F 1 O 5
HO 3 H 9/19 (2006.01)	HO 3 H 9/19 A	5 J 1 O 8
HO 1 L 41/09 (2006.01)	HO 1 L 41/09	
HO 1 L 41/113 (2006.01)	HO 1 L 41/113	
HO 1 L 41/08 (2006.01)	HO 1 L 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
(22) 出願日	平成26年9月24日 (2014.9.24)		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
		(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	

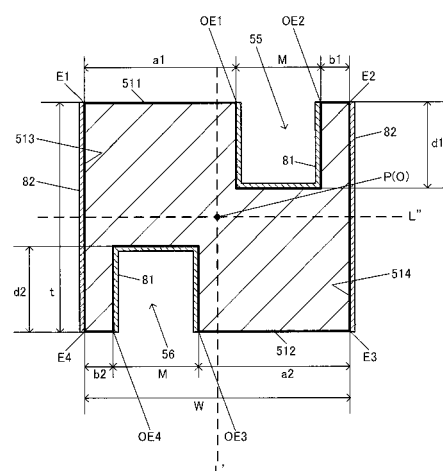
(54) 【発明の名称】 振動片、角速度センサー、電子機器および移動体

(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主面511、第2主面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主面に形成された第1溝部55と第2主面に形成された第2溝部56とを有し、第1溝部の第1開口端OE1と、第1主面と第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主面と第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主面と第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主面と第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、

$a_1 > 2 \times b_1$ であつたかつ $a_2 > 2 \times b_2$ 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 11】

請求項 10 に記載の振動片において、

$0.15t < d_1 < 0.475t$ かつ $0.15t < d_2 < 0.475t$ を満たすことを特徴とする振動片。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の振動片において、

$0.2t < d_1 < 0.45t$ かつ $0.2t < d_2 < 0.45t$ を満たすことを特徴とする振動片。

【請求項 13】

請求項 10 に記載の振動片において、

$0.25t < d_1 < 0.4t$ かつ $0.25t < d_2 < 0.4t$ を満たすことを特徴とする振動片。

【請求項 14】

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、 $0.1W < M < 0.8W$ を満たすことを特徴とする振動片。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の振動片において、

$0.2W < M < 0.7W$ を満たすことを特徴とする振動片。

【請求項 16】

請求項 14 に記載の振動片において、

$0.35W < M < 0.6W$ を満たすことを特徴とする振動片。

【請求項 17】

請求項 1 乃至 16 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 18】

請求項 1 乃至 17 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 19】

請求項 18 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 20】

請求項 18 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

、
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を有することを特徴とする振動片。

【請求項 2 1】

請求項 1 ~ 2 0 のいずれか一項に記載の振動片と、

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、
を備えていることを特徴とする角速度センサー。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 に記載の角速度センサーを備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 2 3】

請求項 2 1 に記載の角速度センサーを備えていることを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、振動片、角速度センサー、電子機器および移動体等に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

振動片、例えば角速度を検出する振動片として、特許文献 1 のジャイロセンサーが知られている。このジャイロセンサーは、特許文献 1 の図 2 および図 3 に示すように駆動腕の断面形状が、駆動腕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である。その構造により、簡単な加工でありながら、特許文献 1 の図 6 に示すように斜め振動させることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2 0 1 3 - 1 5 7 7 0 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

特許文献 1 に開示された構造によれば、確かに駆動腕を斜め振動させることができるが、駆動腕の剛性が弱いため、振り振動等の不要な振動が加わる。そのため、検出される角速度信号の電気的特性（ノイズや安定性）に改善の余地があった。

【0 0 0 5】

本発明の幾つかの態様は、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ことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 6】

（ 1 ）本発明の一態様は、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、一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、前記振動部の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、前記振動部の延在する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

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、振り振動等の不要な振動が加わることを抑制できる。

【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。

【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 溝部側の部位間に振れが生ずることをより抑制することができる。

【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。

【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、振り振動等の不要な振動が加わることを低減できる。

【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。

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

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

【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

10

20

30

40

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 溝部側の部位間に擦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 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】

30

(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。

【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。

【図2】 図1中のA-A線断面図である。

20

【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yz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る。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 平面に広がりをも有し、 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, 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】

50

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、 $x-y$ 平面にて構成される上面（第 1 主面）5 1 1 および下面（第 2 主面）5 1 2 と、上面 5 1 1 および下面 5 1 2 を接続する一対の側面（第 1 側面、第 2 側面）5 1 3、5 1 4 とを有している。

【0039】

駆動腕 5 には、上面 5 1 1 に開口する第 1 溝部 5 5 と、下面に開口する第 2 溝部 5 6 とが形成されている。第 1 溝部 5 5 および第 2 溝部 5 6 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 5 5 および第 2 溝部 5 6 は、 z 軸方向に深さを有する。第 1 溝部 5 5 および第 2 溝部 5 6 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 1 4 または図 1 5 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 5 5 1 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 5 5 及び第 2 溝部 5 6 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 5 1 1 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 5 5 の第 1 側面 5 1 3 側の第 1 開口端 $O E 1$ と、第 1 主面 5 1 1 と第 1 側面 5 1 3 とが交わる第 1 端 $E 1$ との間の長さ $a 1$ と、第 1 溝部 5 5 の第 2 側面 5 1 4 側の第 2 開口端 $O E 2$ と、第 1 主面 5 1 1 と第 2 側面 5 1 4 とが交わる第 2 端 $E 2$ との間の長さ $b 1$ よりも長い。つまり、下記の不等式（1）が成立する。

20

$$a 1 > b 1 \dots (1)$$

【0042】

同様に駆動腕 5 は、 $x-z$ 面において、第 2 溝部 5 6 の第 2 側面 5 1 4 側の第 3 開口端 $O E 3$ と、第 2 主面 5 1 2 と第 2 側面 5 1 4 とが交わる第 3 端 $E 3$ との間の長さ $a 2$ は、第 2 溝部 5 6 の第 1 側面 5 1 3 側の第 4 開口端 $O E 4$ と、第 2 主面 5 1 2 と第 1 側面 5 1 3 とが交わる第 4 端 $E 4$ との間の長さ $b 2$ 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 5 1 1 に平行な第 2 方向 x において、第 1 開口端 $O E 1$ は第 4 開口端 $O E 4$ よりも一方側に位置し、第 2 開口端 $O E 2$ は第 3 開口端 $O E 3$ よりも同じく一方側に位置している。

【0044】

第 1 溝部 5 5 と第 2 溝部 5 6 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 8 1 と一対の第 2 駆動電極 8 2 とが形成されている。具体的には、一対の第 1 駆動電極 8 1 の一方は、第 1 溝部 5 5 の面内に形成されており、一対の第 1 駆動電極 8 1 の他方は、第 2 溝部 5 6 の内面に形成されている。また、一対の第 2 駆動電極 8 2 の一方は、第 1 側面 5 1 3 に形成されており、一対の第 2 駆動電極 8 2 の他方は、第 2 側面 5 1 4 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 9 0 0 を第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 に接続することで、第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 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

【 0 0 4 7 】

これら第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 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 (Ag)、銀合金、クロム (Cr)、クロム合金、銅 (Cu)、モリブデン (Mo)、ニオブ (Nb)、タングステン (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。

【 0 0 4 8 】

中でも、第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 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

【 0 0 4 9 】

なお、例えば、第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 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 8 1、8 2 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 8 1、8 2 との密着性をそれぞれ優れたものとしてすることができる。その結果、第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 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してすることができる。

20

【 0 0 5 0 】

(駆動腕 6)

駆動腕 6 は、図 2 に示すように y z 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。

【 0 0 5 1 】

このような駆動腕 6 にも、図 2 に示すように、駆動腕 5 と同様にして一对の第 1 駆動電極 8 1 と一对の第 2 駆動電極 8 2 とが形成されている。具体的には、一对の第 1 駆動電極 8 1 の一方は、第 1 側面 6 1 3 形成されており、一对の第 1 駆動電極 8 1 の他方は、第 2 側面 6 1 4 に形成されている。また、一对の第 2 駆動電極 8 2 の一方は、第 1 溝部 6 5 の内面に形成されており、一对の第 2 駆動電極 8 2 の他方は、第 2 溝部 6 6 の内面に形成されている。

30

【 0 0 5 2 】

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 9 0 0 を第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 に接続することで、第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 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。

【 0 0 5 3 】

(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

【 0 0 5 4 】

(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 9 0 0 によって、第 1、第 2 駆動電極 8 1、8 2 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、x z 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、x z 横断面において第 1 主面 5 1 1 と平行な x 方向に逆相で振動し、x z 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ために、z 軸方向で駆動腕 5, 6 と互いに逆向きに屈曲振動する。

【0055】

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

【0056】

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（並進速度）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

【0057】

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。

【0058】

（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

【0059】

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。

【0060】

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

【0061】

（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視において、第 1 溝部 5 5 の一部と第 2 溝部

50

５６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ので、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 a_1 ， a_2 を厚肉に確保することができる。

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

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

【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 d_1 と、第２溝部５６の深さ d_2 とは、第１主面５１１と第２主面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 $d_1 + d_2$ 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 d_1 ， d_2 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 d_1 ， d_2 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 d_1 と、第２溝部の深さ d_2 とは、第１主面５１１と第２主面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 d_1 ， d_2 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 d_1 ， d_2 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。

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

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

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

【0069】

[パッケージ]

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、棒状の棒部材92と、板状の蓋部材93とを有している。ベース基板91、棒部材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と棒部材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。棒部材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、棒部材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】

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、棒部材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、各種ガラス材料など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。

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もよい。

【0072】

<第2実施形態>

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 ω_z と、y軸まわりの角速度 ω_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、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】

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

10

20

30

40

50

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 $\pm 10\%$ 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 z 軸回りに関して同じ回転方向に振動していると言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。

【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 $\pm 10\%$ 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言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駆動振動腕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。

【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 θ 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 θ が大きくすることができ、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。

【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) V_1 は、角速度 z に起因した信号(電圧) $+V_z$ であり、第2検出腕7Bから取り出される信号(電圧) V_2 は、角速度 z に起因した信号(電圧) $-V_z$ である。すなわち、 $V_1 = +V_z$ 、 $V_2 = -V_z$ である。

【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 V_1 は、角速度 y に起因した信号 $+V_y$ であり、第2検出腕7Bから取り出される信号 V_2 は、角速度 y に起因した信号 $+V_y$ である。すなわち、 $V_1 = +V_y$ 、 $V_2 = +V_y$ である。なお、信号 V_1 、 V_2 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

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 $y z$ が加わると、第 1 検出腕 7 A から取り出される信号 $V 1$ は、 $(+V y) + (+V z)$ であり、第 2 検出腕 7 B から取り出される信号 $V 2$ は、 $(+V y) + (-V z)$ である。すなわち、 $V 1 = V y + V z$ 、 $V 2 = V y - V z$ である。

【 0 0 8 0 】

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 $y z$ の y 軸まわりの角速度 y と、 z 軸まわりの角速度 z とを分離することができ、角速度 y および角速度 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、 $V 1 + V 2 = 2 V y$ となり、角速度 z に起因する信号 $V z$ 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 y が求まる。反対に、 $V 1 - V 2 = 2 V z$ となり、角速度 y に起因する信号 $V y$ 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 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 y および z 軸まわりの角速度 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

【 0 0 8 1 】

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

【 0 0 8 2 】

〔 電子機器 〕

図 1 1 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 1 0 1 を概略的に示す。スマートフォン 1 0 1 には振動片 2 を有するジャイロセンサー 1 0 0 0 が組み込まれる。ジャイロセンサー 1 0 0 0 はスマートフォン 1 0 1 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 1 0 0 0 の検出信号は例えばマイクロコンピュータチップ（MPU）1 0 2 に供給することができる。MPU 1 0 2 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

【 0 0 8 3 】

図 1 2 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）1 0 3 を概略的に示す。カメラ 1 0 3 には振動片 2 を有するジャイロセンサー 1 0 0 0 が組み込まれる。ジャイロセンサー 1 0 0 0 はカメラ 1 0 3 の姿勢を検出することができる。ジャイロセンサー 1 0 0 0 の検出信号は手ぶれ補正装置 1 0 4 に供給することができる。手ぶれ補正装置 1 0 4 はジャイロセンサー 1 0 0 0 の検出信号に応じて例えばレンズセット 1 0 5 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、手ぶれ補正はデジタルビデオカメラで利用されることができる。

40

【 0 0 8 4 】

なお、本発明の振動片を備える電子機器は、図 1 1 の携帯電話機、図 1 2 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（モバイル型パーソナルコンピュータ）、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、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、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）、フライトシュミレーター等に適用することができる。

50

。

【 0 0 8 5 】

〔 移動体 〕

図 1 3 は移動体の一具体例としての自動車 1 0 6 を概略的に示す。自動車 1 0 6 には振動片 2 を有するジャイロセンサー 1 0 0 0 が組み込まれる。ジャイロセンサー 1 0 0 0 は車体 1 0 7 の姿勢を検出することができる。ジャイロセンサー 1 0 0 0 の検出信号は車体姿勢制御装置 1 0 8 に供給することができる。車体姿勢制御装置 1 0 8 は例えば車体 1 0 7 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 1 0 9 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

【 0 0 8 6 】

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（ハンマーヘッド）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。

【 0 0 8 7 】

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

20

【 0 0 8 8 】

振動部 5 , 6 に形成される溝部 5 5 , 5 6 の形状は、図 1 4 または図 1 5 に示す断面形状とすることができる。つまり、溝部 5 5 , 5 6 の断面形状はエッチング特性に応じて形成することができる。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チングすると、図 1 4 または図 1 5 に示すような形状にエッチング加工することができる。なお、図 1 5 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、 $a_1 > b_1$ であつた $a_2 > b_2$ 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る。

30

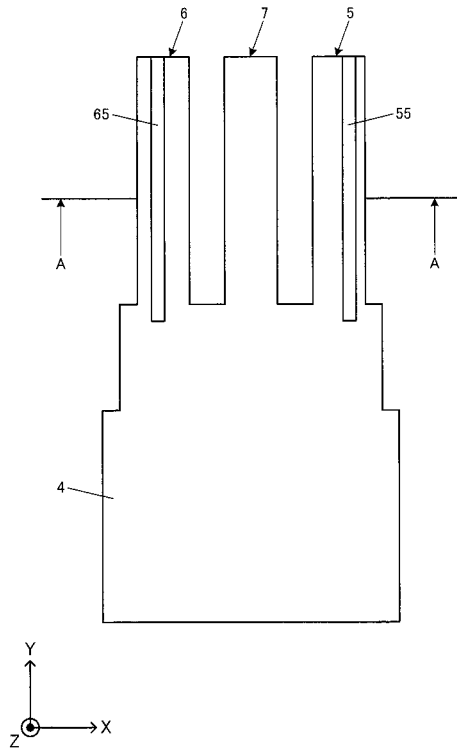
【 符号の説明 】

【 0 0 8 9 】

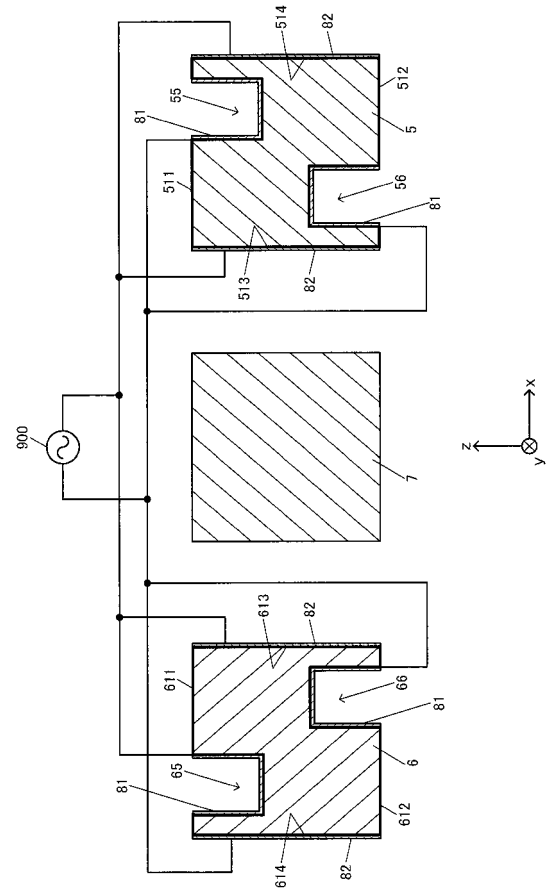
2 ... 振動片 3 ... ジャイロセンサー（角速度センサー） 4 ... 基部 5 ... 振動腕（駆動腕） 5 1 1 ... 第 1 主面 5 1 2 ... 第 2 主面 5 1 3 ... 第 1 側面、5 1 4 ... 第 2 側面 5 5 ... 第 1 溝部 5 6 ... 第 2 溝部 6 ... 振動腕（駆動腕） 6 5 ... 第 1 溝部 6 6 ... 第 2 溝部 6 1 3 ... 第 1 側面、6 1 4 ... 第 2 側面 7 ... 振動腕（検出腕） 8 1 ... 第 1 駆動電極 8 2 ... 第 2 駆動電極 9 ... パッケージ 9 1 ... ベース基板 9 2 ... 枠部材 9 3 ... 蓋部材 9 6 ... 固定材 9 0 0 ... 電源 1 0 1 スマートフォン（電子機器） 1 0 3 ... デジタルスチルカメラ（電子機器） 1 0 6 自動車（移動体） 1 0 0 0 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

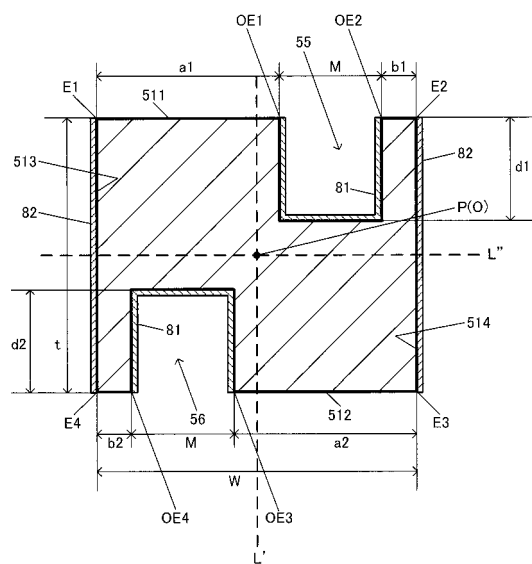
【図 1】



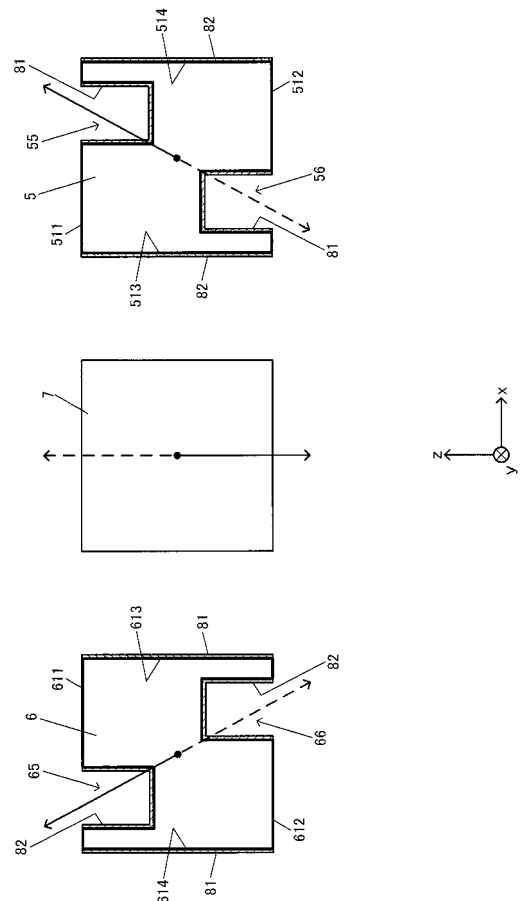
【図 2】



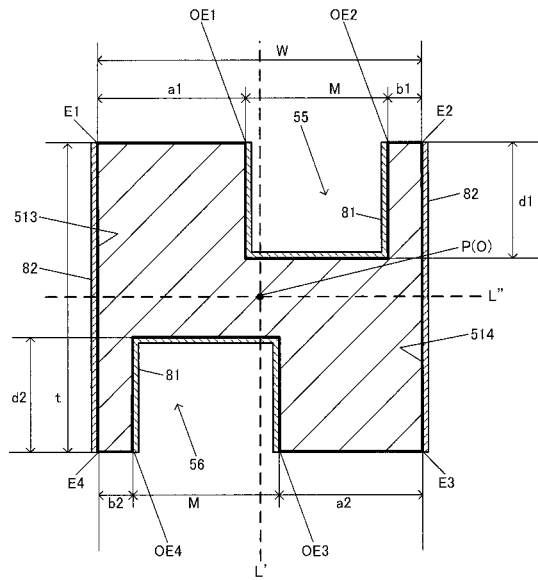
【図 3】



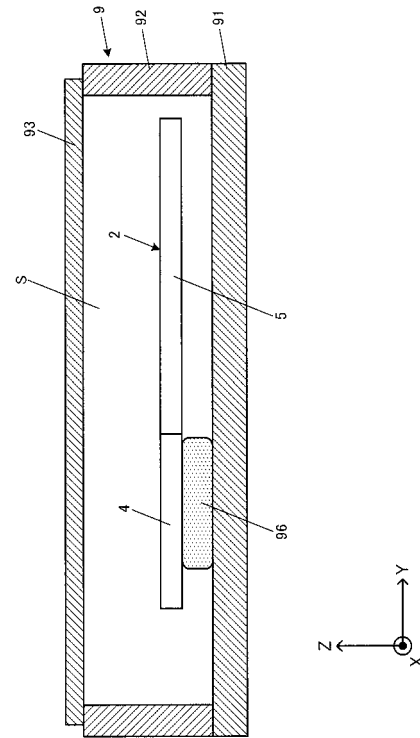
【図 4】



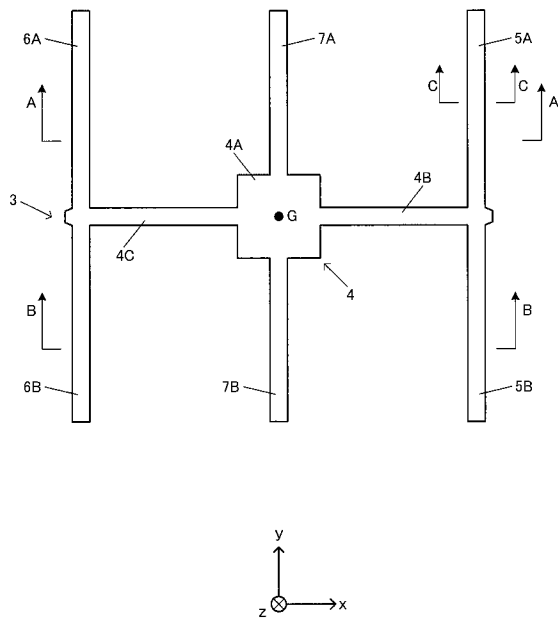
【図 5】



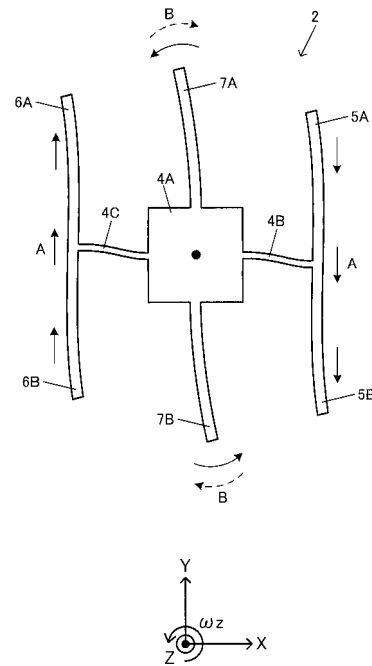
【図 6】



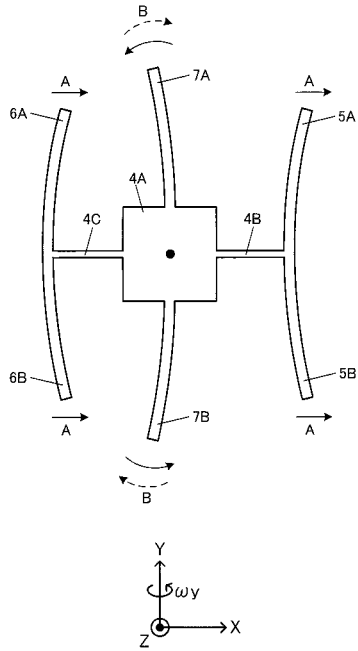
【図 7】



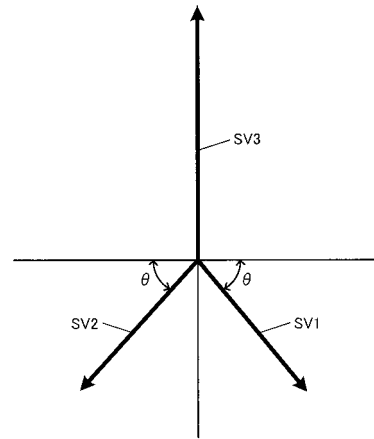
【図 8】



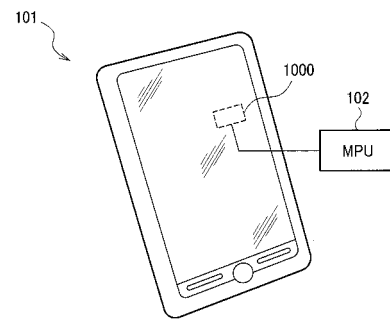
【図 9】



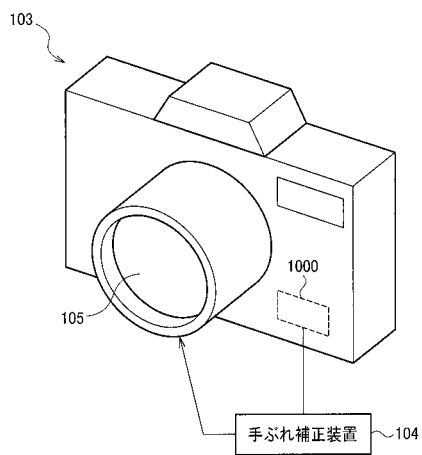
【図 10】



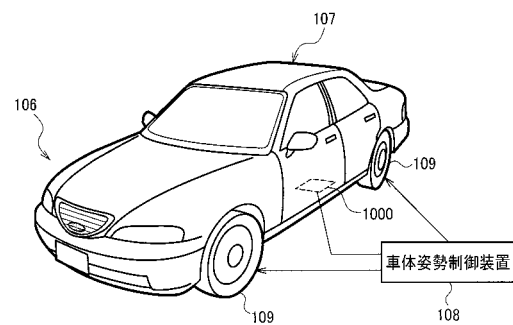
【図 11】



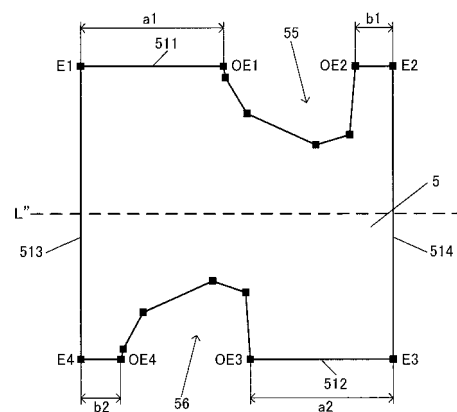
【図 12】



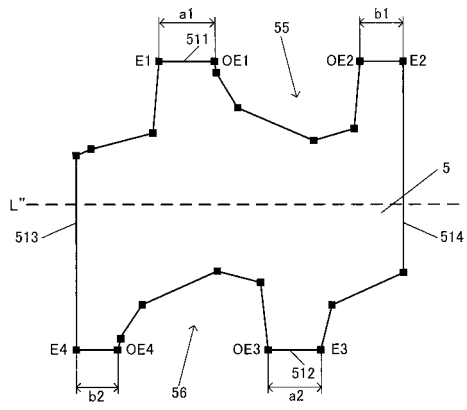
【図 13】



【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