

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5381149号  
(P5381149)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>HO3H</b>	<b>9/19</b>	<b>(2006.01)</b>	HO3H	9/19	J
<b>HO3H</b>	<b>9/215</b>	<b>(2006.01)</b>	HO3H	9/215	
<b>HO1L</b>	<b>41/09</b>	<b>(2006.01)</b>	HO3H	9/19	K
<b>HO1L</b>	<b>41/187</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1L	41/08	C
			HO1L	41/08	L

請求項の数 4 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2009-37387 (P2009-37387)
(22) 出願日	平成21年2月20日 (2009.2.20)
(65) 公開番号	特開2010-193331 (P2010-193331A)
(43) 公開日	平成22年9月2日 (2010.9.2)
審査請求日	平成24年1月31日 (2012.1.31)

(73) 特許権者	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
(74) 代理人	100091292 弁理士 増田 達哉
(74) 代理人	100091627 弁理士 朝比 一夫
(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅善
(74) 代理人	100107261 弁理士 須澤 修
(74) 代理人	100127661 弁理士 宮坂 一彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動片および振動子

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

基部と、

3以上の中数本の振動腕と、

前記基部と前記振動腕との間に位置し、前記基部と前記中数本の振動腕とを連結する連結部と、を備え、

各前記振動腕は、厚み方向に振動し、かつ隣り合う前記振動腕が互いに反対方向に振動し、

前記振動腕の厚みをt1、前記連結部の厚みをt2、前記基部の厚みをt3、としたとき、  
t1 < t2 < t3、であり、

前記振動腕の延びる方向に沿って隣り合う前記振動腕の間の距離を2等分する中心線を分割線として、前記連結部を分割したときに、

一方の端の前記振動腕から数えて、中数本目の前記振動腕とそれに連なる分割された前記連結部の体積の総和と、偶数本目の前記振動腕とそれに連なる分割された前記連結部の体積の総和と、が等しく、かつ、前記連結部には、前記振動腕が並ぶ方向の両端に肩部が設けられている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、

前記振動腕の前記連結部に近い位置に圧電素子が設けられていることを特徴とする振動片。

10

20

**【請求項 3】**

請求項 1 または 2 に記載の振動片において、  
前記振動腕と前記連結部との間及び前記連結部と前記基部との間の少なくともいずれか  
一方に斜面部が形成されていることを特徴とする振動片。

**【請求項 4】**

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の振動片と、  
前記振動片を収納する収容器と、を有し、  
前記振動片が前記収容器内に気密に収容されていることを特徴とする振動子。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

10

**【0001】**

本発明は、振動腕を有する振動片およびその振動片を収容した振動子に関する。

**【背景技術】****【0002】**

振動腕を有する振動子において、振動腕が屈曲振動のように面内で振動するのではなく、振動腕の厚み方向に振動する振動片が知られている。この振動片は、一般に複数本の振動腕を有し、隣り合う振動腕が反対方向の振動を交互に繰り返す、ウォークモード振動を行う振動片である。

特に、奇数本の振動腕を使った振動片では、振動の姿態が対称ではないため、振動腕に連結される基部に振動が漏れる問題がある。

20

この対策として、特許文献 1 には 3 本の腕（脚）を持つ振動片において、取り付け部と腕の間に棒状の支持部を設けて、支持部がトーションバーとして機能する構造とし、振動の漏れを減少させる振動片が開示されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2001-196891 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

30

しかしながら、特許文献 1 の構造では支持部を設けるために、振動片のサイズが大きくなり、振動片の小型化が困難である。

また、ウォークモード振動を利用した振動片では、全ての振動腕が同じ方向に振動してしまう同相モードの振動が生ずることがある。これは、主振動のウォークモード振動と同相モード振動の共振周波数が近いために生じており、同相モード振動を抑制した振動片が望まれている。

**【課題を解決するための手段】****【0005】**

本発明は上記課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

40

**【0006】**

【適用例 1】本適用例にかかる振動片は、基部と、3 以上の奇数本の振動腕と、前記基部と前記振動腕との間に位置し、前記基部と前記奇数本の振動腕とを連結する連結部と、を備え、各前記振動腕は、厚み方向に振動し、かつ隣り合う前記振動腕が互いに反対方向に振動し、前記振動腕の厚みを  $t_1$ 、前記連結部の厚みを  $t_2$ 、前記基部の厚みを  $t_3$ 、としたとき、 $t_1 < t_2 < t_3$ 、であり、前記振動腕の延びる方向に沿って隣り合う前記振動腕の間の距離を 2 等分する中心線を分割線として、前記連結部を分割したときに、一方の端の前記振動腕から数えて、奇数本目の前記振動腕とそれに連なる分割された前記連結部の体積の総和と、偶数本目の前記振動腕とそれに連なる分割された前記連結部の体積の総和と、が等しく、かつ、前記連結部には、前記振動腕が並ぶ方向の両端に肩部が設けられて

50

いことを特徴とする。

**【0007】**

この構成の振動片は、連結部の厚み  $t_2$  を振動腕の厚み  $t_1$  と同等あるいは厚く形成し、基部の厚み  $t_3$  を連結部の厚み  $t_2$  よりも厚く形成している。

このように、振動腕の厚みより連結部、基部の厚みを厚く形成することで、振動腕の振動エネルギーを、これらの厚板化した部分で反射させて振動腕に振動エネルギーを閉じ込め、振動が基部に漏れることを防止できる。

また、振動腕の厚みと同等に形成した連結部を設けることで、振動片のスプリアスマードである同相モードの共振周波数を主振動の周波数から離すことが可能である。同相モードの共振周波数を主振動の共振周波数から離すことで、同相モードの振動が発生しにくくなる。10

このように、本適用例の振動片は振動漏れおよび同相モード振動の発生を低減し、簡単な構造で振動片の小型化を可能にすることができる。

**【0009】**

この構成の振動片によれば、奇数本目の振動腕とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、偶数本目の振動腕とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、が等しい。

この構成の振動片において、振動腕の振動に伴って連結部に歪みが生じるため、一方の方向に振動する各振動腕および連結部の体積と、他方の方向に振動する振動腕および連結部の体積とを等しくすることで振動の姿態が対称となり、振動漏れを低減することができる。20

**【0011】**

この構成によれば、連結部の両端に、振動腕が並ぶ方向に張り出す肩部が形成されている。このような構造とすることで、隣り合う振動腕の間の距離を2等分する中心線を分割線として振動片を分割したと想定したとき、振動腕とそれに連なる連結部の形状が相似形となり、振動の対称性が高まり、振動漏れを低減することができる。

**【0012】**

[適用例2] 上記適用例にかかる振動片において、前記振動腕の前記連結部に近い位置に圧電素子が設けられていることが望ましい。

**【0013】**

この構成によれば、圧電材料を電極で挟んだ圧電素子が振動腕の連結部に近い位置に設けられている。

圧電素子の電極に交番電圧を印加することで圧電素子が伸縮し、そして振動腕が振動する。このように、振動腕に圧電素子を設けることで振動腕を容易に駆動することができる。

**【0014】**

[適用例3] 上記適用例にかかる振動片において、前記振動腕と前記連結部との間及び前記連結部と前記基部との間の少なくともいずれか一方に斜面部が形成されていることが望ましい。

**【0015】**

この構成によれば、厚みの差が生ずる振動腕と連結部との間及び連結部と基部との間の少なくともいずれか一方に斜面部が形成されている。このため厚みの差で生ずる段差部は形成されず、振動腕に備えられる電極に接続される配線がこの斜面部を通って配置でき、断線することなく確実に配線を配置することができる。

**【0016】**

[適用例4] 本適用例にかかる振動子は、上記に記載の振動片と、前記振動片を収納する収容器と、を有し、前記振動片が前記収容器内に気密に収容されていることを特徴とする。

**【0017】**

この構成によれば、上記の振動漏れが低減された振動片が収容器に収容されていること50

から、特性に優れ小型化された振動子を提供することができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0018】**

【図1】第1の実施形態における振動片の構成を示す概略平面図。

【図2】第1の実施形態における振動片の構成を示し、図1の裏面の概略平面図。

【図3】第1の実施形態における圧電素子の構成を示す概略断面図。

【図4】第1の実施形態における振動片の構成を示し、図1のB-B断線に沿う概略断面図。

【図5】第1の実施形態における振動片プランクの構成を示す説明図。

【図6】第1の実施形態における下部電極に接続される配線の概略平面図。 10

【図7】第1の実施形態における下部電極に接続される裏面の配線の概略平面図。

【図8】第1の実施形態における上部電極に接続される配線の概略平面図。

【図9】第1の実施形態における上部電極に接続される裏面の配線の概略平面図。

【図10】第1の実施形態における振動片の動作を説明する模式図。

【図11】変形例1における振動片プランクの構成を示す説明図。

【図12】変形例2における振動片プランクの構成を示す説明図。

【図13】変形例3における振動片プランクの構成を示す説明図。

【図14】第2の実施形態における振動子の構成を示し、(a)は概略平面図、(b)は概略断面図。

**【発明を実施するための形態】**

**【0019】**

以下、本発明を具体化した実施形態について図面に従って説明する。なお、以下の説明に用いる各図面では、各部材を認識可能な大きさとするため、各部材の寸法の割合を適宜変更している。

**(第1の実施形態)**

**【0020】**

図1は本実施形態の振動片の構成を示す概略平面図である。図2は本実施形態の振動片の構成を示し、図1の裏面の概略平面図である。図3は圧電素子の構成を示し図1のA-A断線に沿う概略断面図である。図4は図1のB-B断線に沿う概略断面図である。

図1、図2に示すように、振動片プランク1aに圧電素子61, 62, 63が設けられ振動片1が形成されている。この振動片プランク1aは水晶またはシリコンなどの基材を用いて形成されている。振動片1は直交座標系でXY平面に展開したときに、Z方向を厚みとする形態である。振動片1は3本の振動腕11, 12, 13を有し、振動腕11, 12, 13はX方向に並列されると共に、Y方向に互いに平行に延在している。 30

そして、振動腕11, 12, 13は連結部14に連結され、さらに連結部14は基部15に連結されている。また、振動腕11, 12, 13のZ方向に垂直な面である第1面16aと第2面16bとが対向し、この第1面16aと第2面16bの間の寸法が振動腕11, 12, 13の厚みを規定する。

**【0021】**

振動片プランク1aは図4に示すように、振動腕11, 12, 13の厚みと連結部14の厚みとが同等に形成され、基部15は連結部14より厚みが厚く形成されている。そして振動腕の第2面16b側の基部15には、連結部14との厚みの差による段差部を形成せずに、連結部14側から厚みが徐々に増加する斜面部17が形成されている。 40

**【0022】**

各振動腕11, 12, 13の連結部14に近い位置にはそれぞれ圧電素子61, 62, 63が形成されている。

振動腕11に形成された圧電素子61は、図3に示すように、下部電極21、圧電膜31、上部電極51が積層されて形成されている。

下部電極21は、振動腕11の厚みを規定する対向する面のうちの第1面16a上に設けられている。また、この下部電極21は振動腕11の幅と同等の幅で形成されている。 50

下部電極 2 1 の上には、下部電極 2 1 を覆い振動腕 1 1 の周囲を囲むように側面および第 2 面 1 6 b にかけて圧電膜 3 1 が形成されている。そして、圧電膜 3 1 の上には、圧電膜 3 1 を覆う上部電極 5 1 が形成されている。さらに、上部電極 5 1 に接続される配線 5 8 が、振動腕 1 1 を囲むように振動腕 1 1 の側面を経て第 2 面 1 6 b に引き出されている。

#### 【0023】

このようにして、圧電膜 3 1 を挟んで下部電極 2 1 と上部電極 5 1 とが対向することで圧電素子 6 1 が形成され、各電極間に正負の電圧をかけることで圧電膜 3 1 が圧縮または伸長することが可能である。そして、圧電膜 3 1 が圧縮または伸長することで、振動腕 1 1 を Z 方向に変位させることができる。このように、振動腕 1 1 に圧電素子 6 1 を設けることで振動腕 1 1 を容易に駆動することができる。

同様に、振動腕 1 2 , 1 3 に形成された圧電素子 6 2 , 6 3 は、下部電極 2 2 , 2 3 、圧電膜 3 2 , 3 3 、上部電極 5 2 , 5 3 が積層されて形成されている。さらに、上部電極 5 2 , 5 3 に接続される配線 5 8 が、振動腕 1 2 , 1 3 を囲むように振動腕 1 2 , 1 3 の側面を経て第 2 面 1 6 b に引き出されている。

#### 【0024】

なお、下部電極 2 1 , 2 2 , 2 3 、上部電極 5 1 , 5 2 , 5 3 およびこれらの電極に接続される配線 2 8 , 5 8 は連続して形成されているため、本実施形態の説明では下部電極 2 1 , 2 2 , 2 3 および上部電極 5 1 , 5 2 , 5 3 は、これらの電極が圧電膜 3 1 , 3 2 , 3 3 を挟んで重なり合う部分を言い、それ以外はそれぞれの電極に接続する配線 2 8 , 5 8 と呼ぶ。

また、下部電極 2 1 , 2 2 , 2 3 と上部電極 5 1 , 5 2 , 5 3 との間に  $\text{SiO}_2$  、  $\text{Si}_2\text{N}_3$  などの絶縁膜を設け、下部電極 2 1 , 2 2 , 2 3 と上部電極 5 1 , 5 2 , 5 3 の間の電気的短絡を確実に防止しても良い。

#### 【0025】

次に図 1 、図 2 、図 4 に示すように、下部電極 2 1 , 2 2 , 2 3 に接続される配線 2 8 および上部電極 5 1 , 5 2 , 5 3 に接続される配線 5 8 は、振動片 1 の基部 1 5 に引き出され、パッケージなどの基台に固定されて電気的導通が図られるマウント電極 6 5 , 6 6 に接続されている。このとき、振動片の第 2 面 1 6 b 側では斜面部 1 7 を通って配線 5 8 が配置される。また、下部電極 2 2 と上部電極 5 1 , 5 3 とを繋ぎ、圧電素子 6 1 , 6 3 と圧電素子 6 2 との極性が逆になるように接続部 5 7 が設けられている。

#### 【0026】

なお、下部電極および上部電極は Au 、 Al 、 Ti などの金属材料を利用できる。また、下部電極および上部電極は下地との密着強度を向上させるために下地との間に Cr 膜を備えても良い。圧電膜としては、 ZnO 、 AlN 、 PZT 、 LiNbO<sub>3</sub> 、 KNbO<sub>3</sub> などの材料を使用することができるが、特に ZnO 、 AlN がより良好な特性が得られ好ましい。

また、振動片ブランク 1 a の基材として水晶を用いる場合には、 X カット板、 AT カット板、 Z カット板などを利用することができる。

#### 【0027】

##### < 振動片ブランクの構成 >

次に、振動片ブランクの構成について詳しく説明する。

図 5 は振動片ブランクの構成を示す説明図である。この図では、平面図と断面図とを用いて、それぞれの位置関係を対応して表示している。

振動片ブランク 1 a は、振動腕 1 1 , 1 2 , 1 3 と、連結部 1 4 と、基部 1 5 を備えている。そして、振動腕 1 1 , 1 2 , 1 3 の厚みを  $t_1$  、連結部 1 4 の厚みを  $t_2$  、基部 1 5 の厚みを  $t_3$  、としたとき  $t_1 = t_2$  、  $t_2 < t_3$  、という関係にある。

また、振動腕 1 1 の腕幅を  $W_1$  、振動腕 1 2 の腕幅を  $W_2$  、振動腕 1 3 の腕幅を  $W_3$  、とすると、  $W_2 = W_1 + W_3$  、という関係に設定されている。

#### 【0028】

さらに、振動腕 1 1 と振動腕 1 2 との間の距離を  $D_1$  、振動腕 1 2 と振動腕 1 3 との間

10

20

30

40

50

の距離を  $D_2$ 、とし、振動腕 11, 12 の延びる方向に沿って、これらの距離  $D_1, D_2$  をそれぞれ 2 等分する中心線  $C_1, C_2$  を分割線として連結部 14 を分割したと想定する。

振動腕 11 に連なる、中心線  $C_1$  により分割された連結部 14 の体積を  $V b_1$ 、振動腕 12 に連なる、中心線  $C_1, C_2$  により分割された連結部 14 の体積を  $V b_2$ 、振動腕 13 に連なる、中心線  $C_2$  により分割された連結部 14 の体積を  $V b_3$ 、とする。また、振動腕 11 の体積を  $V a_1$ 、振動腕 12 の体積を  $V a_2$ 、振動腕 13 の体積を  $V a_3$ 、とする。このとき、 $(V a_1 + V b_1) + (V a_3 + V b_3) = V a_2 + V b_2$ 、なる関係に設定されている。つまり、振動腕 11 から数えて奇数本目（1 本目と 3 本目）の振動腕 11, 13 とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、偶数本目（2 本目）の振動腕 12 とそれに連なる分割された連結部の体積の総和とが等しい関係にある。10

#### 【0029】

<下部電極および上部電極に接続される配線の構成>

次に、上記のような振動片 1 の下部電極および上部電極に接続される配線について詳しく説明する。

図 6 は下部電極に接続される配線の概略平面図であり、図 7 は図 6 の裏面の概略平面図である。図 8 は上部電極に接続される配線の概略平面図であり、図 9 は図 8 の裏面の概略平面図である。

#### 【0030】

まず、図 6 に示すように、下部電極 21, 22, 23 は振動腕 11, 12, 13 の厚みを規定する対向する面のうちの第 1 面 16a 上に設けられている。20

中央に位置する振動腕 12 に形成された下部電極 22 からは、同一面の連結部 14 に配線 28 が引き出されて、接続部 27 に接続されている。振動腕 12 の両側に位置する振動腕 11, 13 に形成された下部電極 21, 23 からは、同一面の連結部 14 および基部 15 に配線 28 が引き出されて接続され、さらにこれらの配線 28 はマウント電極 66 に接続されている。また、図 7 に示すように、他方の面（裏面）には配線は形成しなくても良い。

#### 【0031】

次に図 8、図 9 に示すように、上部電極 51, 52, 53 は下部電極を覆う位置に形成される。そして、上部電極 51, 52, 53 に接続される配線 58 が、振動腕 11, 12, 13 を囲むように振動腕 11, 12, 13 の側面を経て第 2 面 16b に引き出されている。30

振動片の表面では、図 8 に示すように、振動腕 12 の両側に位置する振動腕 11, 13 に形成された上部電極 51, 53 からは、連結部 14 に配線 58 が引き出されて、接続部 57 に接続されている。

#### 【0032】

一方、振動片の裏面では、図 9 に示すように、中央に位置する振動腕 12 に形成された上部電極 52 からは、連結部 14 および基部 15 に配線 58 が引き出されて、斜面部 17 を通ってマウント電極 66 に接続されている。このマウント電極 66 は基部 15 の側面に形成された配線により振動片の表面に引き回されて、表裏にマウント電極 66 が設けられている。40

また、振動腕 11 に形成された上部電極 51 からは、連結部 14 および基部 15 に配線 58 が引き出されて、斜面部 17 を通ってマウント電極 65 に接続されている。このマウント電極 65 は基部 15 の側面に形成された配線により振動片の表面に引き回されて、表裏にマウント電極 65 が設けられている。

このように、斜面部 17 を通って配線 58 を配置でき、段差部がないので配線 58 が断線することがない。

#### 【0033】

このような、下部電極 21, 22, 23 に接続される配線 28 および上部電極 51, 52, 53 に接続される配線 58 が構成され、下部電極側の接続部 27 と上部電極側の接続部 57 が接続され、下部電極 22 と上部電極 51, 53 が接続される。さらに、上部電極50

5 1 を通って上部電極側のマウント電極 6 5 に接続される。このようにして、下部電極 2 2 と上部電極 5 1 , 5 3 がマウント電極 6 5 に接続された配線となる。

また、下部電極側のマウント電極 6 6 と上部電極側のマウント電極 6 6 とが接続され、下部電極 2 1 , 2 3 と上部電極 5 2 が接続される。このようにして、下部電極 2 1 , 2 3 と上部電極 5 2 がマウント電極 6 6 に接続された配線となる。

#### 【0034】

図 10 は、第 1 の実施形態における振動片の動作を説明する模式図である。

上記のような構成の振動片 1 は、各圧電素子（図示せず）に電圧を加えることで振動腕は Z 方向に変位する。そして、振動腕 1 1 と振動腕 1 3 は同じ極性の圧電素子が設けられていることから、中央の振動腕 1 2 とその両脇の振動腕 1 1 , 1 3 は逆方向に振動し、交番電圧を加えることで隣り合う振動腕が反対方向の振動を交互に繰り返す振動（ウォークモード振動）を行う。10

#### 【0035】

以上、本実施形態の振動片 1 は、連結部 1 4 の厚み  $t_2$  を振動腕 1 1 , 1 2 , 1 3 の厚み  $t_1$  と同等に形成し、基部 1 5 の厚み  $t_3$  を連結部 1 4 の厚み  $t_2$  よりも厚く形成している。

このように、振動腕 1 1 , 1 2 , 1 3 の厚み  $t_1$  より基部 1 5 の厚み  $t_3$  を厚く形成することで、これらの厚板化した部分で振動エネルギーを反射させて振動エネルギーを振動腕 1 1 , 1 2 , 1 3 に閉じ込め、振動が基部 1 5 に漏れることを防止できる。

さらに、振動腕 1 1 , 1 2 , 1 3 の厚み  $t_1$  と同等に形成した連結部 1 4 を設けることで、振動片 1 のスプリアスマードである同相モードの共振周波数が低下し、主振動の共振周波数から離すことが可能である。同相モードの共振周波数を主振動の共振周波数から離すことで、同相モードの振動が発生しにくくなる。20

このように、本実施形態の振動片 1 は、振動漏れおよび同相モード振動の発生を低減し簡単な構造で振動片 1 の小型化が可能である。

#### 【0036】

また、本実施形態の振動片 1 は、奇数本目の振動腕 1 1 , 1 3 とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、偶数本目の振動腕 1 2 とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、が等しい。

この構成の振動片 1 において、振動腕 1 1 , 1 2 , 1 3 の振動に伴って連結部 1 4 に歪みが生じるため、一方の方向に振動する各振動腕および連結部の体積と、他方の方向に振動する振動腕および連結部の体積とを等しくすることで、振動の姿態が対称となり、振動漏れを低減することができる。30

#### （変形例 1）

#### 【0037】

次に、第 1 の実施形態の変形例について説明する。以下の変形例では、振動片プランクの形状が第 1 の実施形態と異なる。

図 11 は変形例 1 における振動片プランクの構成を示す説明図である。この図では、平面図と断面図とを用いて、それぞれの位置関係を対応して表示している。

振動片プランク 2 a は、振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 と、連結部 1 1 4 と、基部 1 1 5 を備えている。そして、振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の厚みを  $t_1$  、連結部 1 1 4 の厚みを  $t_2$  、基部 1 1 5 の厚みを  $t_3$  、としたとき  $t_1 = t_2$  ,  $t_2 < t_3$  、という関係にある。基部 1 1 5 には、連結部 1 1 4 から厚みが増加する斜面部 1 1 7 が設けられ、厚みの差による段差を解消している。40

また、振動腕 1 1 1 の腕幅を  $W_{11}$  、振動腕 1 1 2 の腕幅を  $W_{12}$  、振動腕 1 1 3 の腕幅を  $W_{13}$  、とすると、 $W_{12} > W_{11} + W_{13}$  、という関係に設定されている。

連結部 1 1 4 の両端には、振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の並ぶ方向に張り出す肩部 1 1 8 が設けられている。

#### 【0038】

さらに、振動腕 1 1 1 と振動腕 1 1 2 との間の距離を  $D_1$  、振動腕 1 1 2 と振動腕 1 1

50

3との間の距離をD<sub>2</sub>、とし、振動腕111, 112, 113の延びる方向に沿って、これらの距離D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>をそれぞれ2等分する中心線C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>を分割線として連結部114を分割したと想定する。

振動腕111に連なり、中心線C<sub>1</sub>により分割された連結部114の体積をVb<sub>1</sub>、振動腕112に連なり、中心線C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>により分割された連結部114の体積をVb<sub>2</sub>、振動腕113に連なり、中心線C<sub>2</sub>により分割された連結部114の体積をVb<sub>3</sub>、とする。また、振動腕111の体積をVa<sub>1</sub>、振動腕112の体積をVa<sub>2</sub>、振動腕113の体積をVa<sub>3</sub>、とする。このとき、(Va<sub>1</sub>+Vb<sub>1</sub>) + (Va<sub>3</sub>+Vb<sub>3</sub>) = Va<sub>2</sub>+Vb<sub>2</sub>、なる関係に設定されている。つまり、振動腕111から数えて奇数本目(1本目と3本目)の振動腕111, 113とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、偶数本目(2本目)の振動腕112とそれに連なる分割された連結部の体積の総和とが等しい関係にある。10

#### 【0039】

そして、振動腕111, 112, 113の連結部114に近い位置に圧電素子161, 162, 163を設けて必要な配線(図示せず)を配置することで、振動片を得ることができる。

この変形例1のように、振動片プランク2aにおける連結部114の両端に、振動腕11, 112, 113の並ぶ方向に張り出す肩部118を設けても良い。

この構成によれば、隣り合う振動腕の間の距離を2等分する中心線C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>を分割線として振動片を分割したと想定したとき、振動腕とそれに連なる連結部の形状が相似形となり、振動の対称性が高まり、振動漏れを低減することができる。20

#### (変形例2)

#### 【0040】

図12は変形例2における振動片プランクの構成を示す説明図である。この図では、平面図と断面図とを用いて、それぞれの位置関係を対応して表示している。

振動片プランク3aは、振動腕121, 122, 123と、連結部124と、基部125を備えている。そして、振動腕121, 122, 123の厚みをt<sub>1</sub>、連結部124の厚みをt<sub>2</sub>、基部125の厚みをt<sub>3</sub>、としたときt<sub>1</sub><t<sub>2</sub><t<sub>3</sub>、という関係にある。

連結部124には、振動腕121, 122, 123から厚みが増加する斜面部128が設けられ、厚みの差による段差を解消している。同様に、基部125には、連結部124から厚みが増加する斜面部127が設けられ、厚みの差による段差を解消している。30

また、振動腕121の腕幅をW<sub>21</sub>、振動腕122の腕幅をW<sub>22</sub>、振動腕123の腕幅をW<sub>23</sub>、とすると、W<sub>22</sub>=W<sub>21</sub>+W<sub>23</sub>、という関係に設定されている。

#### 【0041】

さらに、振動腕121と振動腕122との間の距離をD<sub>1</sub>、振動腕122と振動腕123との間の距離をD<sub>2</sub>、とし、振動腕121, 122, 123の延びる方向に沿って、これらの距離D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>をそれぞれ2等分する中心線C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>を分割線として連結部124を分割したと想定する。

振動腕121に連なる、中心線C<sub>1</sub>により分割された連結部124の体積をVb<sub>1</sub>、振動腕122に連なる、中心線C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>により分割された連結部124の体積をVb<sub>2</sub>、振動腕123に連なる、中心線C<sub>2</sub>により分割された連結部124の体積をVb<sub>3</sub>、とする。また、振動腕121の体積をVa<sub>1</sub>、振動腕122の体積をVa<sub>2</sub>、振動腕123の体積をVa<sub>3</sub>、とする。このとき、(Va<sub>1</sub>+Vb<sub>1</sub>) + (Va<sub>3</sub>+Vb<sub>3</sub>) = Va<sub>2</sub>+Vb<sub>2</sub>、なる関係に設定されている。つまり、振動腕121から数えて奇数本目(1本目と3本目)の振動腕121, 123とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、偶数本目(2本目)の振動腕122とそれに連なる分割された連結部の体積の総和とが等しい関係にある。40

#### 【0042】

そして、振動腕121, 122, 123の連結部124に近い位置に圧電素子161, 162, 163を設けて必要な配線(図示せず)を配置することで、振動片を得ることができる。

この変形例2のように、連結部124の厚みt<sub>2</sub>を振動腕121, 122, 123の厚50

み  $t_1$  よりも厚く形成し、基部 125 の厚み  $t_3$  を連結部 124 の厚み  $t_2$  よりも厚く形成しても良い。

このように、振動腕 121, 122, 123 よりも厚板化した連結部 124 および基部 125 で振動エネルギーを反射させて振動エネルギーを振動腕 121, 122, 123 に閉じ込め、振動が基部 125 に漏れることを防止できる。

(変形例 3 )

#### 【0043】

図 13 は変形例 3 における振動片プランクの構成を示す説明図である。この図では、平面図と断面図とを用いて、それぞれの位置関係を対応して表示している。

振動片プランク 4a は、5 本の振動腕 131 ~ 135 と、連結部 144 と、基部 145 を備えている。そして、振動腕 131 ~ 135 の厚みを  $t_1$ 、連結部 144 の厚みを  $t_2$ 、基部 145 の厚みを  $t_3$ 、としたとき  $t_1 = t_2$ 、 $t_2 < t_3$ 、という関係にある。基部 145 には、連結部 144 から厚みが増加する斜面部 137 が設けられ、厚みの差による段差を解消している。

また、振動腕 131 の腕幅を  $W_{31}$ 、振動腕 132 の腕幅を  $W_{32}$ 、振動腕 133 の腕幅を  $W_{33}$ 、振動腕 134 の腕幅を  $W_{34}$ 、振動腕 135 の腕幅を  $W_{35}$ 、とすると、 $W_{31} + W_{33} + W_{35} = W_{32} + W_{34}$ 、という関係に設定されている。

#### 【0044】

さらに、振動腕 131 と振動腕 132 との間の距離を  $D_1$ 、振動腕 132 と振動腕 133 との間の距離を  $D_2$ 、振動腕 133 と振動腕 134 との間の距離を  $D_3$ 、振動腕 134 と振動腕 135 との間の距離を  $D_4$ 、とし、振動腕 131 ~ 135 の延びる方向に沿って、これらの距離  $D_1$  ~  $D_4$  をそれぞれ 2 等分する中心線  $C_1$  ~  $C_4$  を分割線として連結部 144 を分割したと想定する。

振動腕 131 に連なる、中心線  $C_1$  により分割された連結部 144 の体積を  $Vb_1$ 、振動腕 132 に連なる、中心線  $C_1$ ,  $C_2$  により分割された連結部 144 の体積を  $Vb_2$ 、振動腕 133 に連なる、中心線  $C_2$ ,  $C_3$  により分割された連結部 144 の体積を  $Vb_3$ 、振動腕 134 に連なる、中心線  $C_3$ ,  $C_4$  により分割された連結部 144 の体積を  $Vb_4$ 、振動腕 135 に連なる、中心線  $C_4$  により分割された連結部 144 の体積を  $Vb_5$ 、とする。

また、振動腕 131 の体積を  $Va_1$ 、振動腕 132 の体積を  $Va_2$ 、振動腕 133 の体積を  $Va_3$ 、振動腕 134 の体積を  $Va_4$ 、振動腕 135 の体積を  $Va_5$ 、とする。このとき、 $(Va_1 + Vb_1) + (Va_3 + Vb_3) + (Va_5 + Vb_5) = (Va_2 + Vb_2) + (Va_4 + Vb_4)$ 、なる関係に設定されている。つまり、振動腕 131 から数えて奇数本目(1 本目、3 本目、5 本目)の振動腕 131, 133, 135 とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、偶数本目(2 本目、4 本目)の振動腕 132, 134 とそれに連なる分割された連結部の体積の総和とが等しい関係にある。

#### 【0045】

そして、振動腕 131 ~ 135 の連結部 144 に近い位置に圧電素子 161 ~ 165 を設けて必要な配線(図示せず)を配置することで、振動片を得ることができる。

このように、振動腕の本数は 3 以上の奇数本であれば良く、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

#### 【0046】

なお、上記の実施形態および変形例では奇数本目の振動腕とそれに連なる分割された連結部の体積の総和と、偶数本目の振動腕とそれに連なる分割された連結部の体積の総和とが等しい関係にあるとしたが、それぞれの体積を質量と言い換えても同じである。

さらに、振動腕および連結部に形成される圧電素子、配線の質量を加味して、奇数本目の振動腕とそれに連なる分割された連結部の質量の総和と、偶数本目の振動腕とそれに連なる分割された連結部の質量の総和とが等しいとすれば、さらに振動の姿態が対称となる特性の良好な振動片を得ることができる。

(第 2 の実施形態)

#### 【0047】

10

20

30

40

50

次に、第2の実施形態として、上記で説明した振動片を備えた振動子について説明する。

図14は振動子の構成を示し、図14(a)は概略平面図、図14(b)は(a)のG-G断線に沿う概略断面図である。

振動子5は、振動片1と、収容器としてのセラミックパッケージ81と、蓋体85を備えている。

セラミックパッケージ81は、振動片1を収納できるように凹部が形成され、その凹部には振動片1のマウント電極と接続される接続パッド88が設けられている。接続パッド88はセラミックパッケージ81内の配線に接続され、セラミックパッケージ81の外周部に設けられた外部接続端子83と導通可能に構成されている。10

また、セラミックパッケージ81の凹部の周囲にはシームリング82が設けられている。さらに、セラミックパッケージ81の底部には貫通穴86が設けられている。

#### 【0048】

振動片1は、セラミックパッケージ81の接続パッド88に導電性接着剤84を介して接着固定され、セラミックパッケージ81の凹部を覆う蓋体85とシームリング82とがシーム溶接されている。セラミックパッケージ81の貫通穴86には金属材料の封止材87が充填されている。この封止材87は、減圧雰囲気内で溶融させられ、セラミックパッケージ81内が減圧状態となるように気密に封止されている。

#### 【0049】

このように、振動子5は第1の実施形態または第2の実施形態の振動片がセラミックパッケージ81に収容され、小型化が容易で特性に優れた振動子5を提供することができる。20

なお、セラミックパッケージ81内に、発振回路を含むICなどの回路素子を収容して発振器として構成することも可能である。

#### 【符号の説明】

#### 【0050】

1...振動片、1a, 2a, 3a, 4a...振動片プランク、5...振動子、11, 12, 13...振動腕、14...連結部、15...基部、16a...振動腕の第1面、16b...振動腕の第2面、17...斜面部、21, 22, 23...下部電極、27...接続部、31, 32, 33...圧電膜、51, 52, 53...上部電極、57...接続部、61, 62, 63...圧電素子、65, 66...マウント電極、81...セラミックパッケージ、82...シームリング、83...外部接続端子、84...導電性接着剤、85...蓋体、86...貫通穴、87...封止材、88...接続パッド、111, 112, 113...振動腕、114...連結部、115...基部、117...斜面部、118...肩部、121, 122, 123...振動腕、124...連結部、125...基部、127, 128...斜面部、131, 132, 133, 134, 135...振動腕、137...斜面部、144...連結部、145...基部、161, 162, 163, 164, 165...圧電素子、C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>...中心線、t<sub>1</sub>...振動腕の厚み、t<sub>2</sub>...連結部の厚み、t<sub>3</sub>...基部の厚み、W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, W<sub>3</sub>...振動腕の腕幅、D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub>...隣り合う振動腕の間の距離、V<sub>a1</sub>, V<sub>a2</sub>, V<sub>a3</sub>, V<sub>a4</sub>, V<sub>a5</sub>...振動腕の体積、V<sub>b1</sub>, V<sub>b2</sub>, V<sub>b3</sub>, V<sub>b4</sub>, V<sub>b5</sub>...連結部の体積。30

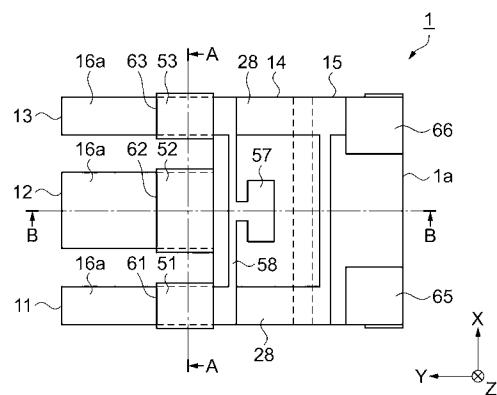
10

20

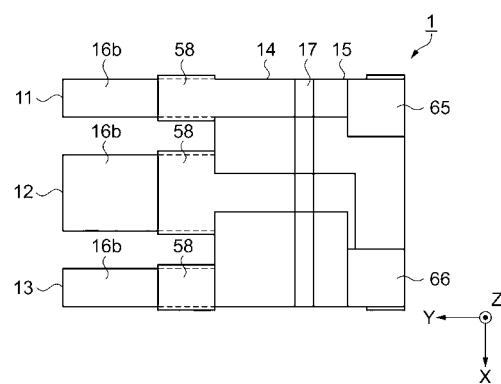
30

40

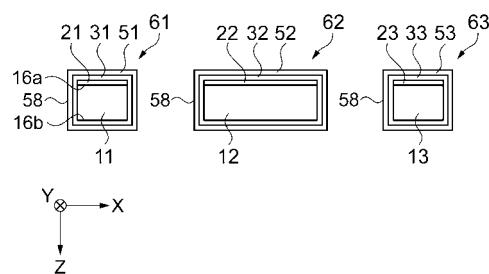
【図1】



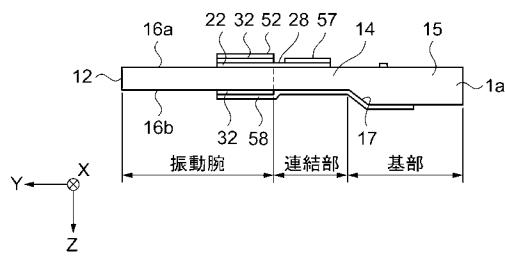
【図2】



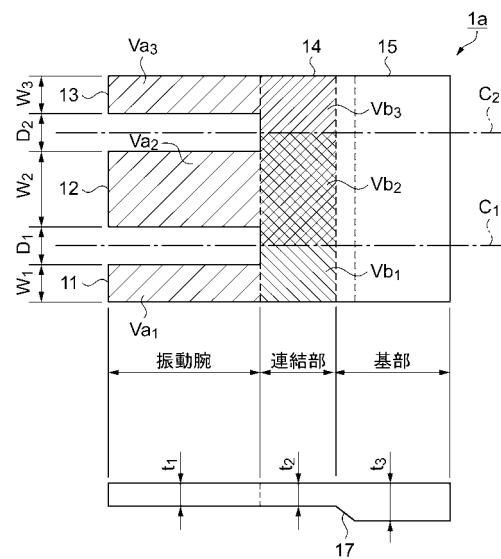
【図3】



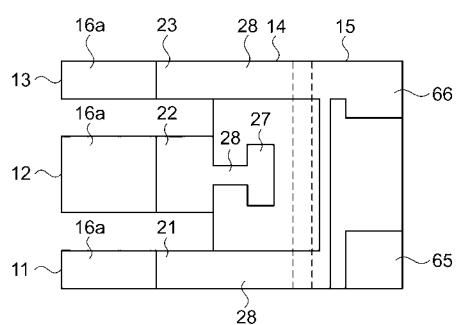
【図4】



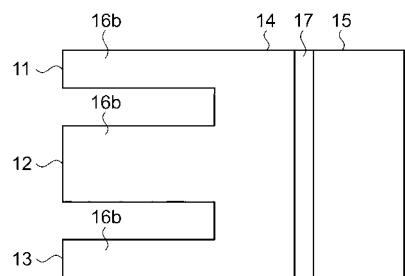
【図5】



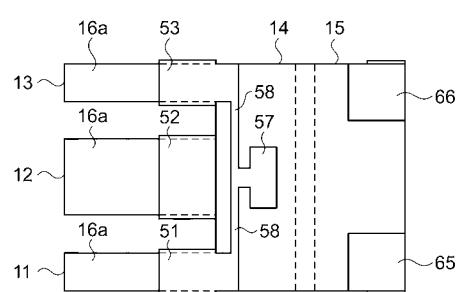
【図6】



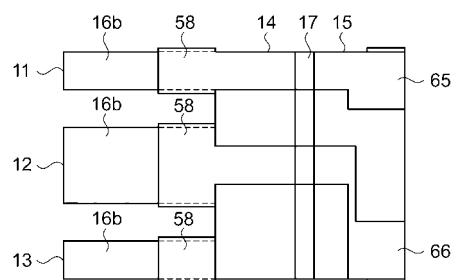
【図7】



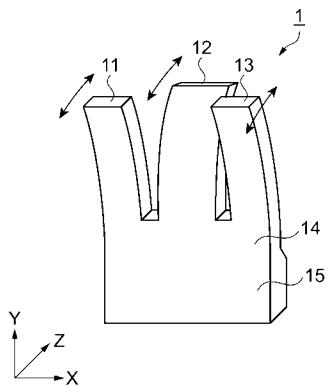
【図8】



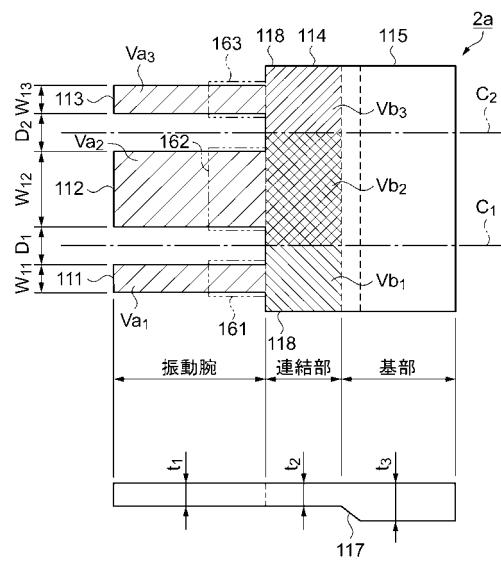
【図9】



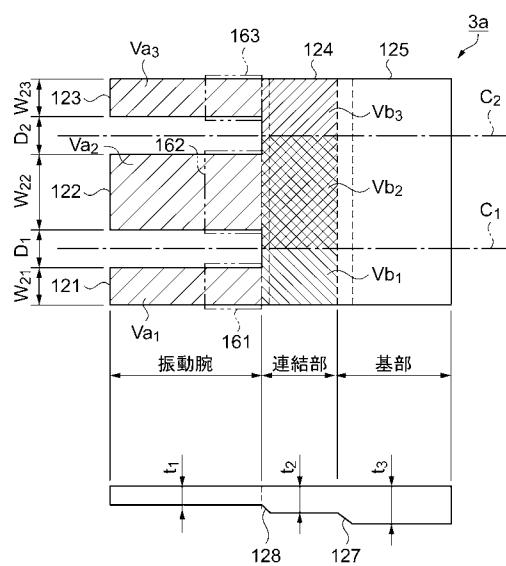
【図10】



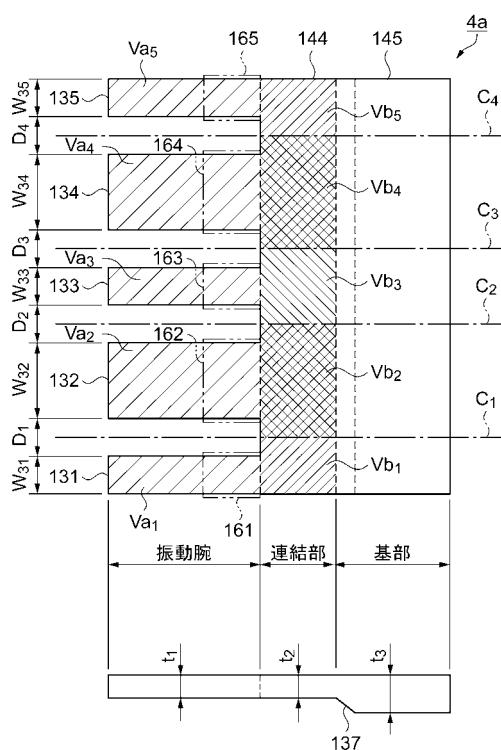
【図11】



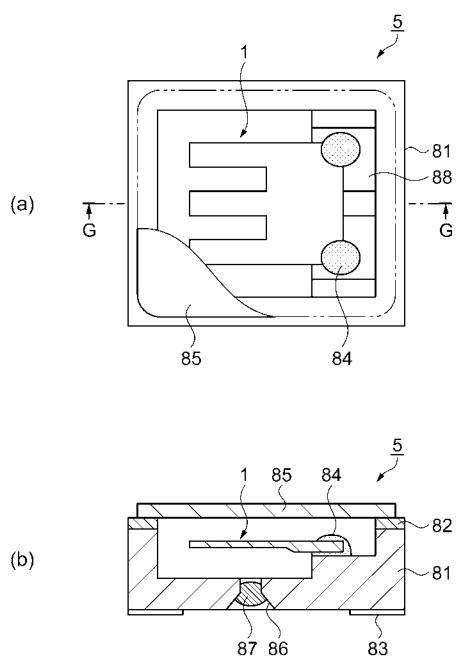
【図12】



【図13】



【図14】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 01L 41/08 J  
H 01L 41/18 101D  
H 01L 41/18 101B

(72)発明者 石井 昌宏

東京都日野市日野421-8 エプソントヨコム株式会社内

審査官 高 橋 徳浩

(56)参考文献 特開昭49-123788(JP,A)

特開2009-005022(JP,A)

特開2001-196891(JP,A)

特開2008-011348(JP,A)

特開2008-136095(JP,A)

特開昭54-072695(JP,A)

特開昭58-053215(JP,A)

特開2008-224627(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 03H3/007 - H 03H3/10

H 03H9/00 - H 03H9/76

H 01L 41/09

H 01L 41/187