

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5369741号  
(P5369741)

(45) 発行日 平成25年12月18日(2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日(2013.9.27)

(51) Int.Cl.	F I
<b>H03H 9/24 (2006.01)</b>	H03H 9/24 Z
<b>H03H 9/19 (2006.01)</b>	H03H 9/19 L
<b>H01L 41/09 (2006.01)</b>	H03H 9/19 K
<b>H01L 41/187 (2006.01)</b>	H01L 41/08 C
<b>G01C 19/56 (2012.01)</b>	H01L 41/18 101B
請求項の数 5 (全 15 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2009-29895 (P2009-29895)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成21年2月12日(2009.2.12)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2010-187197 (P2010-187197A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成22年8月26日(2010.8.26)	(74) 代理人	100091292
審査請求日	平成24年1月18日(2012.1.18)		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 雅誉
		(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、

前記基部から延出し、且つ、互いに表裏関係にある第1面および第2面と、前記第1面および前記第2面を連結する側面と、を備えた振動腕と、

前記振動腕の前記第1面に設けられた下部電極と、

前記下部電極の上方に形成された上部電極と、

前記下部電極および前記上部電極の間に設けられた圧電膜と、

前記下部電極に接続される第1配線と、

前記上部電極に接続される第2配線と、を含み、

前記第2配線は、前記側面を経て前記第2面に引き出さ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、

前記基部には、前記第2配線に接続されるマウント電極が設けら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、

前記基部は前記振動腕よりも厚く、且つ、前記振動腕と前記基部とが連結される部分が前記振動腕から前記基部に向かって連続して厚みが厚くなっていて傾斜部を有し、

10

20

前記配線は、前記傾斜部を通っていることを特徴とする振動片。

【請求項 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、

前記振動腕は、3 以上の奇数本を備え、

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す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】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動腕を有する振動片および振動子に関する。

【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。

例えば、特許文献 1 にはウォークモード振動を利用した角速度センサーが開示されている。この角速度センサーはシリコンなどで形成された 3 本のアーム（振動腕）を有し、それぞれのアームの一面にアーム駆動用の下層電極（下部電極）、圧電薄膜（圧電膜）、上層電極（上部電極）がこの順に形成されている。これらの下層電極、圧電薄膜、上層電極にて圧電素子が形成され、圧電薄膜の逆圧電効果により振動片の厚み方向に振動が可能である。そして、隣り合うアームとは逆方向に振動するように各電極の極性が設定されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 224627 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このような振動片において、下層電極および上層電極に接続される配線は片方の面に配置され、それぞれの配線は互いの交差を回避するように配置される。このため、配線の配置が複雑になり、かつ大きな面積が必要となる。

また、特許文献 1 のような構成では、特に振動片の小型化を図る場合に、振動片の面積が小さくなるため配線経路を確保するのが難しく、振動片の小型化が困難である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

40

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。

【0006】

〔適用例 1〕本適用例にかかる振動片は、基部と、前記基部から延出し、且つ、互いに表裏関係にある第 1 面および第 2 面と、前記第 1 面および前記第 2 面を連結する側面と、を備えた振動腕と、前記振動腕の前記第 1 面に設けられた下部電極と、前記下部電極の上方に形成された上部電極と、前記下部電極および前記上部電極の間に設けられた圧電膜と、前記下部電極に接続される第 1 配線と、前記上部電極に接続される第 2 配線と、を含み、

前記第 2 配線は、前記側面を経て前記第 2 面に引き出されていることを特徴とする。

50

## 【 0 0 0 7 】

この構成によれば、上部電極に接続される配線が振動腕を囲むように、振動腕の第1面から振動腕の側面を経て振動腕の第2面に引き出されている。

このように、振動腕の第1面からその裏面である第2面に配線を引き出すことで、容易に配線を裏面に引き出せる。そして、振動片の表裏を配線の配置に利用できることから、配線が配置できる面積が拡大し、配線の配置の自由度が増す。また、限られたスペースにおいても配線の配置が可能となり、振動片の小型化を図ることができる。

## 【 0 0 0 8 】

〔適用例2〕上記適用例にかかる振動片において、前記基部には、前記第2配線に接続されるマウント電極が設けられていることが望ましい。

10

## 【 0 0 0 9 】

この構成によれば、振動片の基部の端部に、配線に接続されるマウント電極が形成され、このマウント電極を介して、上部電極および下部電極と電氣的導通をとることができる。また、振動片をマウント電極部分において導電性接着剤などで固定することで、片持ち構造で振動片を保持でき、振動片の特性を良好に実現できる。

## 【 0 0 1 0 】

〔適用例3〕上記適用例にかかる振動片において、前記基部は前記振動腕よりも厚く、且つ、前記振動腕と前記基部とが連結される部分が前記振動腕から前記基部に向かって連続して厚みが厚くなっていて傾斜部を有し、前記配線は、前記傾斜部を通過していることが望ましい。

20

## 【 0 0 1 1 】

この構成によれば、振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片において、基部の一部が振動腕から基部の端部に向かって連続して厚みが厚くなるように形成されている。基部の振動腕との連結部分が斜面状となっており、振動腕から基部に引き回された配線は、この斜面を通過してマウント電極などに接続される。

このような、斜面部を形成しないで振動腕と基部を連結した場合には、振動腕と基部の境に段差が生ずることになる。本適用例では、連結部分に斜面部を有しているため、段差を配線が交差する場合に比べて、配線が鋭角な稜を交差することがなく、この部分における配線の断線を防止できる。また、振動腕と基部との連結部分に段差がないため、配線の作成にフォトリソグラフィ技術を利用した場合にも、レジストの露光が確実に行われ、配線に断線が生じることなく容易に配線を作成できる。

30

## 【 0 0 1 2 】

〔適用例4〕上記適用例にかかる振動片において、前記振動腕は、3以上の奇数本を備え、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することが望ましい。

## 【 0 0 1 8 】

〔適用例5〕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。

## 【 0 0 1 9 】

この構成によれば、上記の振動片が収容器に収容されていることから、振動片を小型化でき、小型化された振動子を提供することができる。

40

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 2 0 】

【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】下部電極に接続される配線を示し、(a)は表面の概略平面図、(b)は裏面の

50

概略平面図。

【図 6】上部電極に接続される配線を示し、(a)は表面の概略平面図、(b)は裏面の概略平面図。

【図 7】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 8】第 1 の実施形態における振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片の変形例を示す概略断面図。

【図 9】第 2 の実施形態における振動片の構成を示す概略平面図。

【図 10】第 2 の実施形態における振動片の構成を示し、図 9 の裏面の概略平面図。

【図 11】第 2 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 12】第 2 の実施形態における振動片の構成を示し、図 9 の D - D 断線に沿う概略断面図。

10

【図 13】下部電極に接続される配線を示し、(a)は表面の概略平面図、(b)は裏面の概略平面図。

【図 14】上部電極に接続される配線を示し、(a)は表面の概略平面図、(b)は裏面の概略平面図。

【図 15】第 2 の実施形態における振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片の変形例を示す概略断面図。

【図 16】第 3 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】

20

【0021】

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)

【0022】

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 1 は水晶またはシリコンなどの基材を用いて振動片 1 が形成されている。振動片 1 は直交座標系で X Y 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。そして、振動腕 11, 12, 13 は基部 15 に連結され、各振動腕 11, 12, 13 が片持ち構造となる振動片 1 を構成している。また、振動腕 11, 12, 13 の Z 方向に垂直な面である第 1 面 16 a と第 2 面 16 b とが対向し、この第 1 面 16 a と第 2 面 16 b の間の寸法が振動腕 11, 12, 13 の厚みを規定する。

30

【0023】

各振動腕 11, 12, 13 の基部 15 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。

40

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 16 a 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。下部電極 21 の上には、下部電極 21 を覆い振動腕 11 の周囲を囲むように側面および第 2 面 16 b にかけて圧電膜 31 が形成されている。そして、圧電膜 31 の上には、圧電膜 31 を覆う上部電極 51 が形成されている。さらに、上部電極 51 に接続される配線 58 が、振動腕 11 を囲むように振動腕 11 の側面を経て第 2 面 16 b に引き出されている。

【0024】

このようにして、圧電膜 31 を挟んで下部電極 21 と上部電極 51 とが対向することで

50

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。

同様に、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。

#### 【 0 0 2 5 】

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  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  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 の間の電氣的短絡を確実に防止しても良い。

#### 【 0 0 2 6 】

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氣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。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。

#### 【 0 0 2 7 】

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、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{KNbO}_3$  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 1 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。

#### 【 0 0 2 8 】

< 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 5 は下部電極に接続される配線を示し、図 5 ( a ) は表 ( おもて ) 面の概略平面図、図 5 ( b ) は裏面の概略平面図である。図 6 は上部電極に接続される配線を示し、図 6 ( a ) は表 ( おもて ) 面の概略平面図、図 6 ( b ) は裏面の概略平面図である。

#### 【 0 0 2 9 】

まず、図 5 ( a ) に示すように、下部電極 2 1, 2 2, 2 3 は振動腕 1 1, 1 2, 1 3 の厚みを規定する対向する面のうちの第 1 面 1 6 a 上に設けられている。

中央に位置する振動腕 1 2 に形成された下部電極 2 2 からは、同一面の基部 1 5 に配線 2 8 が引き出されて、接続部 2 7 に接続されている。振動腕 1 2 の両側に位置する振動腕 1 1, 1 3 に形成された下部電極 2 1, 2 3 からは、同一面の基部 1 5 に配線 2 8 が引き出されて接続され、さらにこれらの配線 2 8 はマウント電極 6 6 に接続されている。また、図 5 ( b ) に示すように、他方の面 ( 裏面 ) には配線は形成されない。

#### 【 0 0 3 0 】

次に図 6 に示すように、上部電極 5 1, 5 2, 5 3 は下部電極を覆う位置に形成される。そして、上部電極 5 1, 5 2, 5 3 に接続される配線 5 8 が、振動腕 1 1, 1 2, 1 3 を囲むように振動腕 1 1, 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。

また振動片の表面では、図 6 ( a ) に示すように、振動腕 1 2 の両側に位置する振動腕

10

20

30

40

50

１１，１３に形成された上部電極５１，５３からは、基部１５に配線５８が引き出されて、接続部５７に接続されている。

一方、振動片の裏面では、図６（ｂ）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、基部１５に配線５８が引き出されて、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。

また、振動腕１１に形成された上部電極５１からは、基部１５に配線５８が引き出されてマウント電極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。

10

#### 【００３１】

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５１を通して上部電極側のマウント電極６５に接続される。このようにして、下部電極２２と上部電極５１，５３がマウント電極６５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６６と上部電極側のマウント電極６６とが接続され、下部電極２１，２３と上部電極５２が接続される。このようにして、下部電極２１，２３と上部電極５２がマウント電極６６に接続された配線となる。

#### 【００３２】

20

図７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１１と振動腕１３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１２とその両脇の振動腕１１，１３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。

#### 【００３３】

以上、本実施形態の振動片１は、上部電極５１，５２，５３に接続される配線５８がそれぞれの振動腕１１，１２，１３を囲むように、振動腕１１，１２，１３の第１面１６ａから振動腕１１，１２，１３の側面を経て振動腕１１，１２，１３の第２面１６ｂに引き出されている。

30

このように、振動腕１１，１２，１３の第１面１６ａからその裏面である第２面１６ｂに配線５８を引き出すことで、容易に配線５８を裏面に引き出せる。そして、振動腕１１，１２，１３の表裏を配線５８の配置に利用できることから、配線５８が配置できる面積が拡大し、配線５８の配置の自由度が増す。また、限られたスペースにおいても配線５８の配置が可能となり、振動片１の小型化を図ることができる。

（変形例）

#### 【００３４】

また、振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片においても、本実施形態の電極および配線の配置を利用することができる。

40

図８は振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片の変形例を示す概略断面図である。この断面図は、前述した図４に相当する断面である。

この変形例では、振動片の平面形状、振動片に形成された上部電極、圧電膜、下部電極、配線については第１の実施形態と同様な構成であり、振動片の断面形状のみが異なる。

以下の説明では、第１の実施形態と同様な構成要素については同符号を付し、説明を省略する。

#### 【００３５】

図８（ａ）に示す振動片は、振動腕１２ａの第１面１６ａ側は振動腕１２ａから基部１５ａまで平坦な面を有し、振動腕１２ａの第２面１６ｂ側は基部１５ａの一部に形成された斜面部１７を介して振動腕１２ａに連結されている。このように、振動腕１２ａの第２

50

面 1 6 b 側に斜面部 1 7 を設けることで、振動片の厚みが振動腕 1 2 a から基部 1 5 a の端部に向かって連続して厚くなるように形成されている。そして、この斜面部 1 7 上に上部電極 5 2 に接続される配線 5 8 が配置されている。

図 8 ( b ) に示す振動片は、振動腕 1 2 b の第 1 面 1 6 a 側は基部 1 5 b の一部に形成された斜面部 1 7 を介して振動腕 1 2 b に連結され、振動腕 1 2 b の第 2 面 1 6 b 側は基部 1 5 b の一部に形成された斜面部 1 7 を介して振動腕 1 2 b に連結されている。このように、振動腕 1 2 b の第 1 面 1 6 a 側および第 2 面 1 6 b 側に斜面部 1 7 を設けることで、振動片の厚みが振動腕 1 2 b から基部 1 5 b の端部に向かって連続して厚くなるように形成されている。そして、この斜面部 1 7 上に下部電極 2 2 に接続される配線 2 8 および上部電極 5 2 に接続される配線 5 8 が配置されている。

10

#### 【 0 0 3 6 】

以上のように、振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片において、基部 1 5 a , 1 5 b の振動腕 1 2 a , 1 2 b との連結部分が斜面部 1 7 を形成し、振動腕 1 2 a , 1 2 b から基部 1 5 a , 1 5 b に引き回された配線 2 8 , 5 8 はこの斜面部 1 7 を通ってマウント電極などに接続される。

上記のような、斜面部 1 7 を形成しないで振動腕と基部を連結した場合には、振動腕と基部の境に段差が生ずることになる。本変形例では、連結部分に斜面部 1 7 を有しているため、段差を配線 2 8 , 5 8 が交差する場合に比べて、配線 2 8 , 5 8 が鋭角な稜を交差することがなく、この部分における配線 2 8 , 5 8 の断線を防止できる。また、振動腕と基部との連結部分に段差がないため、配線 2 8 , 5 8 の作成にフォトリソグラフィ技術

20

( 第 2 の実施形態 )

#### 【 0 0 3 7 】

次に、第 2 の実施形態の振動片について説明する。本実施形態は、第 1 の実施形態と上部電極および下部電極に接続する配線の配置が異なる。

図 9 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 1 0 は本実施形態の振動片の構成を示し、図 9 の裏面の概略平面図である。図 1 1 は圧電素子の構成を示し、図 9 の C - C 断線に沿う概略断面図である。図 1 2 は図 9 の D - D 断線に沿う概略断面図である。

30

#### 【 0 0 3 8 】

図 9、図 1 0 に示すように、振動片 2 は水晶またはシリコンなどの基材を用いて振動片 2 が形成されている。振動片 2 は直交座標系で X Y 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 2 は 3 本の振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 を有し、振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 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。そして、振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 は基部 1 1 5 に連結され、各振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 が片持ち構造となる振動片 2 を構成している。また、振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の Z 方向に垂直な面である第 1 面 1 1 6 a と第 2 面 1 1 6 b とが対向し、この第 1 面 1 1 6 a と第 2 面 1 1 6 b の間の寸法が振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の厚みを規定する。

40

#### 【 0 0 3 9 】

各振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の基部 1 1 5 に近い位置にはそれぞれ圧電素子 1 6 1 , 1 6 2 , 1 6 3 が形成されている。

振動腕 1 1 1 に形成された圧電素子 1 6 1 は、図 1 1 に示すように、下部電極 1 2 1、圧電膜 1 3 1、上部電極 1 5 1 が積層されて形成されている。

下部電極 1 2 1 は、振動腕 1 1 1 の厚みを規定する対向する面のうち第 1 面 1 1 6 a 上に設けられている。さらに、下部電極 1 2 1 に接続される配線 1 2 8 が、振動腕 1 1 1 を囲むように振動腕 1 1 1 の側面を経て第 2 面 1 1 6 b に引き出されている。下部電極 1 2 1 の上には、下部電極 1 2 1 を覆い振動腕 1 1 1 の周囲を囲んで圧電膜 1 3 1 が形成されている。そして、圧電膜 1 3 1 の上で、かつ下部電極 1 2 1 の上方に位置する場所に上部

50

電極 1 5 1 が設けられている。

【 0 0 4 0 】

このようにして、圧電膜 1 3 1 を挟んで下部電極 1 2 1 と上部電極 1 5 1 とが対向することで圧電素子 1 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 1 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 1 3 1 が圧縮または伸長することで、振動腕 1 1 1 を Z 方向に変位させることができる。

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

10

【 0 0 4 1 】

なお、下部電極 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3、上部電極 1 5 1 , 1 5 2 , 1 5 3 およびこれらの電極に接続される配線 1 2 8 , 1 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 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 および上部電極 1 5 1 , 1 5 2 , 1 5 3 は、これらの電極が圧電膜 1 3 1 , 1 3 2 , 1 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 1 2 8 , 1 5 8 と呼ぶ。

また、下部電極 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 と上部電極 1 5 1 , 1 5 2 , 1 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 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 と上部電極 1 5 1 , 1 5 2 , 1 5 3 の間の電氣的短絡を確実に防止しても良い。

【 0 0 4 2 】

20

次に、図 9、図 10、図 12 に示すように、下部電極 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 に接続される配線 1 2 8 および上部電極 1 5 1 , 1 5 2 , 1 5 3 に接続される配線 1 5 8 は振動片 2 の基部 1 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氣的導通が図られるマウント電極 1 6 5 , 1 6 6 に接続されている。また、下部電極 1 2 1 , 1 2 3 と上部電極 1 5 2 とを繋ぎ、圧電素子 1 6 1 , 1 6 3 と圧電素子 1 6 2 との極性が逆になるように接続部 1 5 7 が設けられている。

【 0 0 4 3 】

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、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{KNbO}_3$  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。

30

また、振動片 2 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。

【 0 0 4 4 】

< 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 2 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 13 は下部電極に接続される配線を示し、図 13 ( a ) は表 ( おもて ) 面の概略平面図、図 13 ( b ) は裏面の概略平面図である。図 14 は上部電極および上部電極に接続される配線を示し、図 14 ( a ) は表 ( おもて ) 面の概略平面図、図 14 ( b ) は裏面の概略平面図である。

40

【 0 0 4 5 】

まず、図 13 に示すように、下部電極 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 は振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の厚みを規定する対向する面のうちの第 1 面 1 1 6 a 上に設けられている。

振動片の表面では、図 13 ( a ) に示すように、振動腕 1 1 2 の両側に位置する振動腕 1 1 1 , 1 1 3 に形成された下部電極 1 2 1 , 1 2 3 からは、基部 1 1 5 に配線 1 2 8 が引き出されて、接続部 1 2 7 に接続されている。

一方、振動片の裏面では、図 13 ( b ) に示すように、中央に位置する振動腕 1 1 2 に形成された下部電極 1 2 2 からは、基部 1 1 5 に配線 1 2 8 が引き出されて、マウント電

50



極 1 6 6 に接続されている。このマウント電極 1 6 6 は基部 1 1 5 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 1 6 6 が設けられている。

また、振動腕 1 1 1 に形成された下部電極 1 2 1 からは、同一面の基部 1 1 5 に配線 1 2 8 が引き出されてマウント電極 1 6 5 に接続されている。このマウント電極 1 6 5 は基部 1 1 5 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 1 6 5 が設けられている。

#### 【 0 0 4 6 】

そして、上部電極 1 5 1 , 1 5 2 , 1 5 3 は下部電極 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 の上方の位置に形成される。

図 1 4 に示すように、中央に位置する振動腕 1 1 2 に形成された上部電極 1 5 2 からは、同一面の基部 1 1 5 に配線 1 5 8 が引き出されて、接続部 1 5 7 に接続されている。振動腕 1 1 2 の両側に位置する振動腕 1 1 1 , 1 1 3 に形成された上部電極 1 5 1 , 1 5 3 からは、同一面の基部 1 1 5 に配線 1 5 8 が引き出されて接続され、さらにこれらの配線 1 5 8 はマウント電極 1 6 6 に接続されている。また、図 1 4 ( b ) に示すように、他方の面 ( 裏面 ) には配線は形成されない。

#### 【 0 0 4 7 】

このような、下部電極 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 および上部電極 1 5 1 , 1 5 2 , 1 5 3 に接続される配線 1 2 8 , 1 5 8 が構成され、下部電極側の接続部 1 2 7 と上部電極側の接続部 1 5 7 が接続され、下部電極 1 2 1 , 1 2 3 と上部電極 1 5 2 が接続される。そして、下部電極 1 2 1 を通ってマウント電極 1 6 5 に接続される。このようにして、下部電極 1 2 1 , 1 2 3 と上部電極 1 5 2 がマウント電極 1 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 1 6 6 と上部電極側のマウント電極 1 6 6 とが接続され、下部電極 1 2 2 と上部電極 1 5 1 , 1 5 3 が接続される。このようにして、下部電極 1 2 2 と上部電極 1 5 1 , 1 5 3 がマウント電極 1 6 6 に接続された配線となる。

#### 【 0 0 4 8 】

上記のような構成の振動片 2 は、図 7 で説明したのと同様に、各圧電素子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 1 と振動腕 1 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 1 2 とその両脇の振動腕 1 1 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。

#### 【 0 0 4 9 】

以上、本実施形態の振動片 2 は、下部電極 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 に接続される配線 1 2 8 がそれぞれの振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 を囲むように、振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の第 1 面 1 1 6 a から振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の側面を経て振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の第 2 面 1 1 6 b に引き出されている。

このように、振動腕 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 の第 1 面 1 1 6 a からその裏面である第 2 面 1 1 6 b に配線 1 2 8 を引き出すことで、容易に配線 1 2 8 を裏面に引き出せる。そして、振動片 2 の表裏を配線 1 2 8 の配置に利用できることから、配線 1 2 8 が配置できる面積が拡大し、配線 1 2 8 の配置の自由度が増す。また、限られたスペースにおいても配線 1 2 8 の配置が可能となり、振動片 2 の小型化を図ることができる。

( 変形例 )

#### 【 0 0 5 0 】

また、振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片においても、本実施形態の電極および配線の配置を利用することができる。

図 1 5 は振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片の変形例を示す概略断面図である。この断面図は、前述した図 1 2 に相当する断面である。

この変形例では、振動片の平面形状、振動片に形成された上部電極、圧電膜、下部電極、配線については第 2 の実施形態と同様な構成であり、振動片の断面形状のみが異なる。

以下の説明では、第 2 の実施形態と同様な構成要素については同符号を付し、説明を省略する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

図 1 5 ( a ) に示す振動片は、振動腕 1 1 2 a の第 1 面 1 1 6 a 側は振動腕 1 1 2 a から基部 1 1 5 a まで平坦な面を有し、振動腕 1 1 2 a の第 2 面 1 1 6 b 側は基部 1 1 5 a の一部に形成された斜面部 1 1 7 を介して振動腕 1 1 2 a に連結されている。このように、振動腕 1 1 2 a の第 2 面 1 1 6 b 側に斜面部 1 1 7 を設けることで、振動片の厚みが振動腕 1 1 2 a から基部 1 1 5 a の端部に向かって連続して厚くなるように形成されている。そして、この斜面部 1 1 7 上に下部電極 1 2 2 に接続される配線 1 2 8 が配置されている。

図 1 5 ( b ) に示す振動片は、振動腕 1 1 2 b の第 1 面 1 1 6 a 側は基部 1 1 5 b の一部に形成された斜面部 1 1 7 を介して振動腕 1 1 2 b に連結され、振動腕 1 1 2 b の第 2 面 1 1 6 b 側は基部 1 1 5 b の一部に形成された斜面部 1 1 7 を介して振動腕 1 1 2 b に連結されている。このように、振動腕 1 1 2 b の第 1 面 1 1 6 a 側および第 2 面 1 1 6 b 側に斜面部 1 1 7 を設けることで、振動片の厚みが振動腕 1 1 2 b から基部 1 1 5 b の端部に向かって連続して厚くなるように形成されている。そして、この斜面部 1 1 7 上に下部電極 1 2 2 に接続される配線 1 2 8 および上部電極 1 5 2 に接続される配線 1 5 8 が配置されている。

## 【 0 0 5 2 】

以上のように、振動腕の厚みより基部の厚みが厚く形成された振動片において、基部 1 1 5 a , 1 1 5 b の振動腕 1 1 2 a , 1 1 2 b との連結部分が斜面部 1 1 7 を形成し、振動腕 1 1 2 a , 1 1 2 b から基部 1 1 5 a , 1 1 5 b に引き回された配線 1 2 8 , 1 5 8 はこの斜面部 1 1 7 を通ってマウント電極などに接続される。

上記のような、斜面部 1 1 7 を形成しないで振動腕と基部を連結した場合には、振動腕と基部の境に段差が生ずることになる。本変形例では、連結部分に斜面部 1 1 7 を有しているため、段差を配線 1 2 8 , 1 5 8 が交差する場合に比べて、配線 1 2 8 , 1 5 8 が鋭角な稜を交差することがなく、この部分における配線 1 2 8 , 1 5 8 の断線を防止できる。また、振動腕と基部との連結部分に段差がないため、配線 1 2 8 , 1 5 8 の作成にフォトリソグラフィ技術を利用した場合にも、レジストの露光が確実に行われ、配線に断線が生じることなく容易に配線 1 2 8 , 1 5 8 を作成できる。

## 【 0 0 5 3 】

なお、第 1 の実施形態、第 2 の実施形態において、3 本の振動腕を有する振動片について説明したが、振動腕の数は 3 以上の奇数本であれば良く、これらの実施形態に限定されない。

( 第 3 の実施形態 )

## 【 0 0 5 4 】

次に、第 3 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 1 6 は振動子の構成を示し、図 1 6 ( a ) は概略平面図、図 1 6 ( 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 8 1 と、蓋体 8 5 を備えている。

セラミックパッケージ 8 1 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 8 8 が設けられている。接続パッド 8 8 はセラミックパッケージ 8 1 内の配線に接続され、セラミックパッケージ 8 1 の外周部に設けられた外部接続端子 8 3 と導通可能に構成されている。

また、セラミックパッケージ 8 1 の凹部の周囲にはシームリング 8 2 が設けられている。さらに、セラミックパッケージ 8 1 の底部には貫通穴 8 6 が設けられている。

## 【 0 0 5 5 】

振動片 1 は、セラミックパッケージ 8 1 の接続パッド 8 8 に導電性接着剤 8 4 を介して接着固定され、セラミックパッケージ 8 1 の凹部を覆う蓋体 8 5 とシームリング 8 2 とがシーム溶接されている。セラミックパッケージ 8 1 の貫通穴 8 6 には金属材料の封止材 8

7が充填されている。この封止材87は、減圧雰囲気内で熔融させられ、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。

【0056】

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。

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】

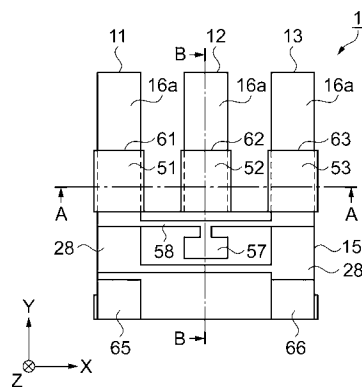
【0057】

1, 2...振動片、5...振動子、11, 12, 13...振動腕、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、28...下部電極に接続される配線、31, 32, 33...圧電膜、51, 52, 53...上部電極、57...接続部、58...上部電極に接続される配線、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、115...基部、116a...振動腕の第1面、116b...振動腕の第2面、117...斜面部、121, 122, 123...下部電極、127...接続部、128...下部電極に接続される配線、131, 132, 133...圧電膜、151, 152, 153...上部電極、157...接続部、158...上部電極に接続される配線、161, 162, 163...圧電素子、165, 166...マウント電極。

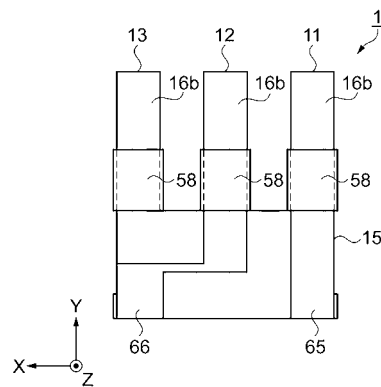
10

20

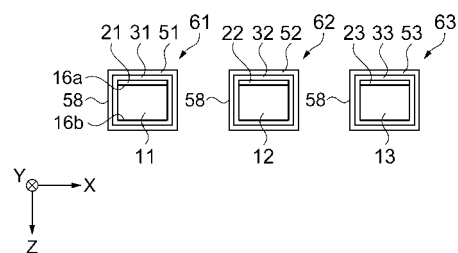
【図1】



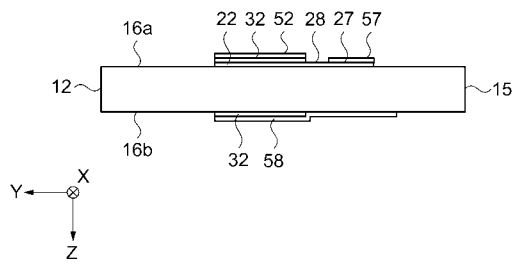
【図2】



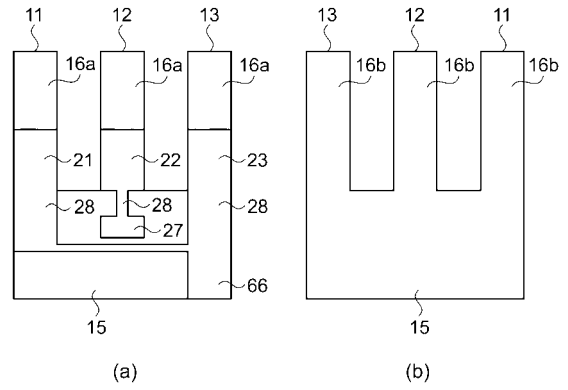
【図3】



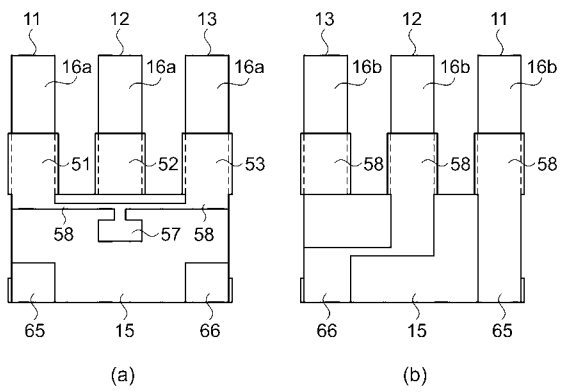
【図 4】



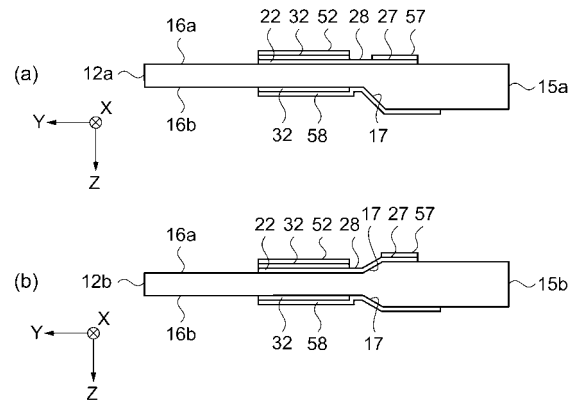
【図 5】



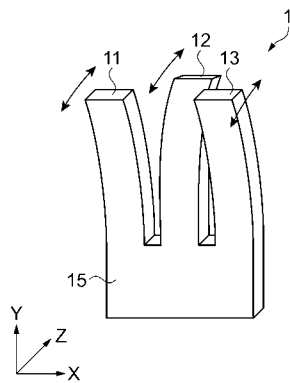
【図 6】



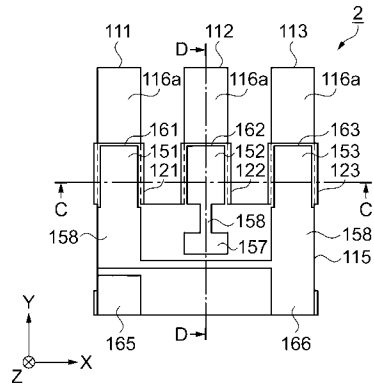
【図 8】



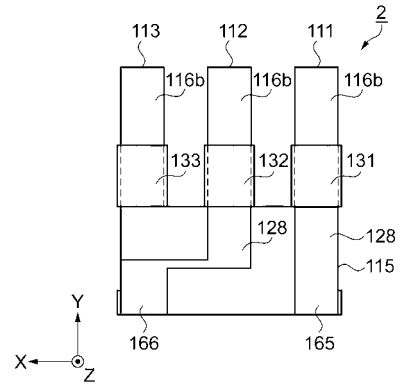
【図 7】



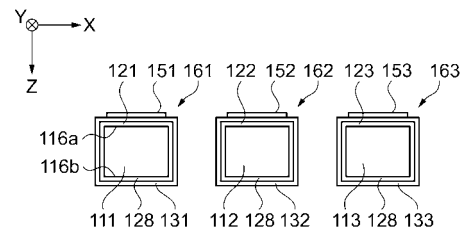
【図 9】



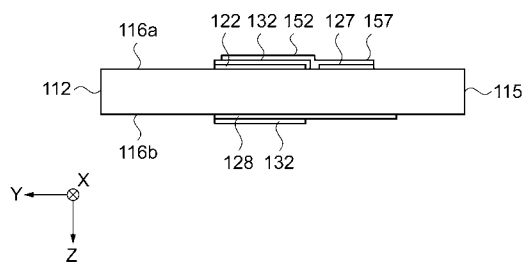
【図 10】



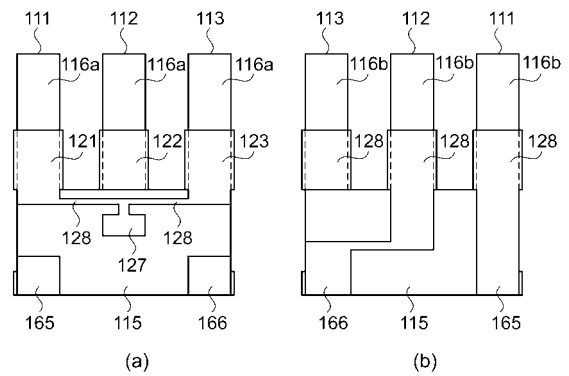
【図 11】



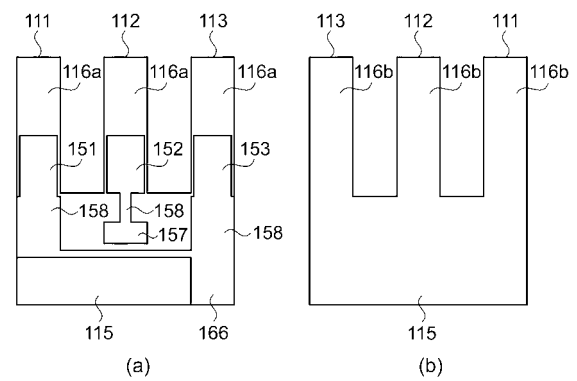
【図 12】



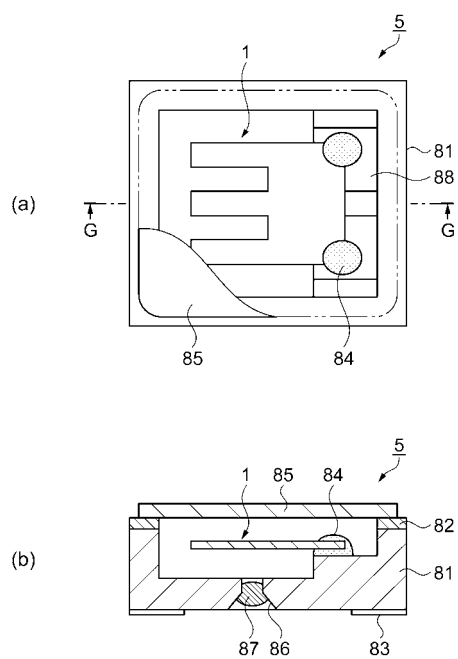
【図 13】



【図 14】



【 図 1 6 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 41/18 1 0 1 D  
G 0 1 C 19/56

(72)発明者 石井 昌宏  
東京都日野市日野4 2 1 - 8 エプソントヨコム株式会社内  
(72)発明者 舟川 剛夫  
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

審査官 畑中 博幸

(56)参考文献 特開平09 - 189553 ( J P , A )  
特開2008 - 256669 ( J P , A )  
特開昭58 - 053215 ( J P , A )  
特開2009 - 005024 ( J P , A )  
特開2008 - 224627 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)  
H 0 3 H 9 / 2 4  
H 0 3 H 9 / 1 9  
H 0 1 L 4 1 / 0 9  
H 0 1 L 4 1 / 1 8 7  
G 0 1 C 1 9 / 5 6