

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4629094号  
(P4629094)

(45) 発行日 平成23年2月9日(2011.2.9)

(24) 登録日 平成22年11月19日(2010.11.19)

(51) Int.Cl.

F 1

HO3H	9/19	(2006.01)	HO3H	9/19	J
HO3H	9/215	(2006.01)	HO3H	9/215	
HO3H	3/02	(2006.01)	HO3H	3/02	D
HO1L	41/09	(2006.01)	HO3H	3/02	C
HO1L	41/18	(2006.01)	HO1L	41/08	C

請求項の数 9 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2007-340411 (P2007-340411)

(22) 出願日

平成19年12月28日(2007.12.28)

(65) 公開番号

特開2009-164777 (P2009-164777A)

(43) 公開日

平成21年7月23日(2009.7.23)

審査請求日

平成21年11月30日(2009.11.30)

(73) 特許権者 000232483

日本電波工業株式会社

東京都渋谷区笹塚一丁目50番1号 笹塚  
N Aビル

(74) 代理人 100106541

弁理士 伊藤 信和

(72) 発明者 吉松 昌裕

埼玉県狭山市大字上広瀬1275番地の2  
日本電波工業株式会社狭山事業所内

(72) 発明者 岩井 宏樹

埼玉県狭山市大字上広瀬1275番地の2  
日本電波工業株式会社狭山事業所内

審査官 橋本 和志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】圧電振動片、圧電デバイス及びそれらの製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

パッケージに実装される圧電振動片であって、  
 圧電材料により形成され、所定の幅で一端側から他端側へ所定方向に伸びる基部と、  
 前記基部の一端側から所定方向に伸びる少なくとも一対の振動腕と、  
 前記基部の前記一端側から前記他端側の間で前記幅の方向に延長され、かつ前記振動腕  
 の外側で前記所定方向に伸びる支持腕と、

実装のために前記支持腕の先端に形成された接着領域と、を備え、

前記支持腕の前記先端は前記振動腕の先端の位置よりも延びておらず、且つ前記圧電材  
 料の厚さ方向に折れ曲がった前記支持腕の軸長さは前記振動腕の基部から先端までの長さ  
 よりも長いことを特徴とする圧電振動片。

## 【請求項 2】

前記支持腕は、曲線状又は直線状にジグザグに折れ曲がっていることを特徴とする請求  
 項1に記載の圧電振動片。

## 【請求項 3】

前記支持腕のジグザグは、この支持腕の厚さ又は幅よりも50%より大きい溝又は切れ  
 込みにより形成されていることを特徴とする請求項2に記載の圧電振動片。

## 【請求項 4】

前記支持腕は、前記圧電材料の厚さ方向に折れ曲がり再び前記所定方向の逆方向に伸び  
 る請求項1に記載の圧電振動片。

10

20

**【請求項 5】**

パッケージに実装される圧電振動片であって、  
圧電材料により形成され、所定の幅で一端側から他端側へ所定方向に伸びる基部と、  
前記基部の一端側から所定方向に伸びる少なくとも一対の振動腕と、  
前記基部の前記一端側から前記他端側の間で前記幅の方向に延長され、前記振動腕の外  
側で前記所定方向に伸び、さらに前記幅の方向に延長され再び前記所定方向の逆方向に伸  
びる支持腕と、  
実装のために前記支持腕の先端に形成された接着領域と、を備え、  
前記支持腕の前記先端は前記振動腕の先端の位置よりも延びておらず、且つ前記支持腕  
の軸長さは前記振動腕の基部から先端までの長さよりも長いことを特徴とする圧電振動片  
10

**【請求項 6】**

請求項 1ないし請求項 5のいずれか一項に記載の圧電振動片を収容するパッケージと、  
前記パッケージを封止する封止蓋と、を備え、  
前記圧電振動片の支持腕の前記接着領域が前記パッケージに固定されることを特徴とする  
圧電デバイス。

**【請求項 7】**

基部からの一端側から所定方向に伸びる振動腕及び前記基部の側面から伸びた所定方向  
に伸びる支持腕を有する圧電振動片を、表面と裏面とを有する圧電材料から製造する製造  
方法であって、20

前記振動腕には第 1 溝部が形成され、且つ前記支持腕が前記圧電材料の厚さ方向に折れ  
曲がるように前記支持腕には前記表面と前記裏面とに前記所定方向に交互に配置された第  
2 溝部が形成されており、

前記圧電振動片の外形形状の一部及び前記第 2 溝部の一部を第 1 深さでエッチングする  
第 1 圧電エッチング工程と、

この第 1 圧電エッチング工程後に、前記圧電振動片の外形形状、前記第 1 溝部及び前記  
第 2 溝部を第 2 深さでエッチングする第 2 圧電エッチング工程と、を備え、

前記支持腕の第 2 溝部は前記第 1 深さと前記第 2 深さとを合わせた深さにエッチングさ  
れることを特徴とする圧電振動片の製造方法。30

**【請求項 8】**

基部からの一端側から所定方向に伸びる振動腕及び前記基部の側面から伸びた所定方向  
に伸びる支持腕を有する圧電振動片を、圧電材料から製造する製造方法であって、

前記支持腕は厚さ方向に C の字形状をしており、  
前記圧電振動片の外形形状のエッチングとは別に形成された圧電ブロックを前記支持腕  
とシロキサン結合するシロキサン結合工程  
を備えることを特徴とする圧電振動片の製造方法。

**【請求項 9】**

圧電デバイスの製造方法であって、  
ベースに請求項 7 又は請求項 8 の製造方法で製造された圧電振動片を前記支持腕の先端  
部で固定する固定工程と、40  
さらに、真空中で前記ベースに固定された圧電振動片を蓋部で覆う封止工程と、  
を備えることを特徴とする圧電デバイスの製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は例えば水晶からなる圧電基板を用いて、支持腕を持つ音叉型の圧電振動片及び  
圧電デバイスを製造する技術に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、時計や家電製品、各種情報・通信機器や OA 機器等の民生・産業用電子機器には50

、その電子回路のクロック源として圧電振動子、圧電振動片とICチップとを同一パッケージ内に封止した発振器やリアルタイムクロックモジュール等の圧電デバイスが広く使用されている。また、船舶・航空機・自動車等の姿勢制御や航行制御、ビデオカメラ等の手振れ防止・検出等における回転角速度センサとして、圧電振動ジャイロが広く利用され、三次元立体マウス等の回転方向センサにも応用されている。

#### 【0003】

特に最近、これら圧電デバイスは、それを搭載する電子機器の小型化・薄型化に伴い、より一層の小型化・薄型化が要求されている。また、低いC/I(クリスタルインピーダンス)値を確保して、高品質で安定性に優れた圧電デバイスが要求されている。圧電デバイスはC/I値を低く保持するために、たとえば振動腕構造を有する音叉型圧電振動片が開発され、さらに小型化するために、基部長を短くし支持腕を持つ音叉型圧電振動片が提供されている。10

#### 【0004】

特許文献1によれば、この支持腕140を持つ音叉型圧電振動片120は図7に示すように基部129に振動腕121が設けられ、2つの振動腕121には溝部127がそれぞれ設けられている。また支持腕140は基部129の幅方向に延長し、さらに振動腕方向に伸びている。支持腕140を形成することで、パッケージPKG2の外部の温度変化又は落下などの衝撃からの影響を減少させ、特に温度特性が良好となる。また、支持腕140を形成することはパッケージPKG2の内部で振動する振動腕121の振動漏れが外部に及ぼす影響がほとんどない。また、支持腕140を持つ音叉型圧電振動片120は接合部126で導電性接着剤CAにより支持腕140の中央部とパッケージPKG2とを固定している。20

#### 【特許文献1】特開2006-148857

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

しかしながら、さらに小型化が要求されるにしたがい、従来の支持腕の長さ又は固定位置では十分にパッケージ外部の温度変化、衝撃、又はパッケージ内部の振動漏れの影響を減少させることが難しくなってきている。

#### 【0006】

本発明の目的は、所定の大きさのパッケージ内で、従来と比べ支持腕の軸長さを伸ばすことによって振動漏れなどの影響を少なくする圧電振動片を提供し、またその圧電振動片の支持腕の先端をパッケージに固定することで、さらなる小型化に対応できる圧電デバイスを提供する。30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

第1の観点のパッケージに実装される圧電振動片は、圧電材料により形成され、所定の幅で一端側から他端側へ所定方向に伸びる基部と、基部の一端側から所定方向に伸びる少なくとも一対の振動腕と、基部の一端側から他端側の間で幅の方向に延長され、かつ振動腕の外側において、所定方向に伸びる支持腕と、実装のために支持腕の先端に形成された第2接着領域と、を備え、支持腕の先端は振動腕の先端の位置よりも延びておらず、且つ支持腕の軸長さは振動腕の基部から先端までの長さよりも伸びる。なお、軸長さとは支持腕の断面中心を通る長さを意味する。40

この構成により、支持腕は振動腕の振動をパッケージの外部へ振動漏れとして伝えにくくさせ、またパッケージの外部の温度変化又は衝撃の影響を受けにくくさせるため、圧電振動片は小型化でありながら高性能になる。

#### 【0008】

第2の観点の圧電振動片の支持腕は、曲線状又は直線状にジグザグに折れ曲がっている。

この構成により支持腕の軸長さは振動腕の基部から先端までの長さよりも伸びる。50

**【0009】**

第3の観点の圧電振動片の支持腕は、圧電材料の厚さ方向に折れ曲がっている。

この構成により、これまでのパッケージと同じ設置面積（XY平面）内で支持腕の軸長さを振動腕の基部から先端までの長さよりも伸ばすことができる。

**【0010】**

第4の観点の圧電振動片の支持腕は、幅方向に折れ曲がっている。

この構成により、これまでのパッケージと同じ高さ（Z方向）内で支持腕の軸長さを振動腕の基部から先端までの長さよりも伸ばすことができる。

**【0011】**

第5の観点の支持腕のジグザグは、この支持腕の厚さ又は幅よりも50%より大きい溝又は切れ込みにより形成されている。 10

溝及び切れ込みが支持腕の厚さ又は幅に比べて小さいと振動漏れが直線的に伝播してしまう。このため溝又は切れ込みは、支持腕の厚さ又は幅よりも50%より大きくなっている。

**【0012】**

第6の観点の圧電デバイスは、第1ないし第5のいずれかの観点の圧電振動片を収容するパッケージとこのパッケージを封止する封止蓋とを備え、圧電振動片の支持腕の先端部がパッケージに固定される。

振動腕の振動による振動漏れが小さくなる圧電振動片を実装する圧電デバイスは、周波数振動の変動も少なく高性能を維持できる。 20

**【0013】**

第7の観点の圧電振動片の製造方法は、基部からの一端側から所定方向に伸びる振動腕及び基部の側面から伸びた所定方向に伸びる支持腕を有する圧電振動片を圧電材料から製造され、振動腕には第1溝部が形成され且つ支持腕には第2溝部が形成されている。その製造方法は、圧電振動片の外形形状の一部及び第2溝部の一部をエッチングする第1圧電エッチング工程と、この第1圧電エッチング工程後に、圧電振動片の外形形状、第1溝部及び第2溝部をエッチングする第2圧電エッチング工程と、を備える。

支持腕に形成する第2溝部は、圧電振動片の外形形状及び振動腕に形成される第1溝部と同時にエッチングすることができる。このため、新たに特別な工程を必要とすることなく、製造コストを低減することができる。 30

**【0014】**

第8の観点の圧電振動片の製造方法は、基部からの一端側から所定方向に伸びる振動腕及び基部の側面から伸びた所定方向に伸びる支持腕を有する圧電振動片を圧電材料から製造し、支持腕は厚さ方向にCの字形状をしている。その製造方法は、圧電振動片の外形形状のエッチングとは別に形成された圧電ブロックを支持腕とシロキサン結合するシロキサン結合工程を備える。

支持腕に圧電ブロックをシロキサン結合することで、支持腕が厚さ方向にCの字形状となる。

**【0015】**

第9の観点の圧電デバイスの製造方法は、第7又は第8の観点の製造方法で製造された圧電振動片を支持腕の先端部で固定する固定工程と、さらに、真空中でベースに固定された圧電振動片を蓋部で覆う封止工程と、を備える。 40

圧電振動片が支持腕の先端部でベースに固定されるため、振動腕からの振動漏れがパッケージの外部へ伝播しなくなり高性能な圧電デバイスを製造することができる。

**【発明の効果】****【0016】**

従来と比べ支持腕の距離を伸ばすことで振動漏れを少なくした圧電振動片を提供し、またその圧電振動片をパッケージに装着する際には、接合位置を支持腕の先端にすることで高性能な圧電振動子を提供できる。

**【0017】**

10

20

30

40

50

本発明の支持腕は、限られたパッケージの空間の中で固定部と端部との距離をより長く形成する事で、パッケージ外部の温度変化、衝撃、又はパッケージ内部の振動漏れの影響を減少させることができる。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0018】**

<< 実施例 1 >>

< 支持腕付き音叉型水晶振動片の構成 >

図1は、圧電デバイス50の構成を示したものである。図1(a)はパッケージPKG1の中に入った支持腕付き音叉型水晶振動片(以下支持腕型水晶振動片20とする)の全体構成を示した上部平面図であり、図1(b)は、図1(a)の第1支持腕40部分のB-B断面を示した図である。支持腕型水晶振動片20の母材は、Z板に加工された単結晶水晶ウエハ10で形成されている。小型で必要な性能を得るために、図1(a)に示すように、支持腕型水晶振動片20は、基部29からY方向に伸びる振動腕21と同じY方向に伸びる第1支持腕40を形成している。第1支持腕40は接合部26で導電性接着剤CAによりパッケージPKG1の電極(図示せず)と接合されている。

10

**【0019】**

支持腕型水晶振動片20は、たとえば32.768kHzで信号を発振する振動片で、極めて小型の音叉型振動片となっている。振動腕21の表裏両面には、第1溝部22が形成されている。例えば、一本の振動腕21の表面には2つの第1溝部22が形成されており、振動腕21の裏面側にも同様に2つの第1溝部22が形成されている。つまり、一対の振動腕21には4箇所の第1溝部22が形成される。第1溝部22の断面は、略H型に形成され支持腕型水晶振動片20のC/I値を低下させる効果がある。

20

**【0020】**

支持腕型水晶振動片20の基部29は、その全体が略板状に形成されている。基部29の長さである基部長KLは支持腕型水晶振動片20の全長を短くするためにできるだけ短いほうが望ましい。しかし、基部長KLを短くすると、振動腕21の振動がパッケージPKGの外部へ振動漏れとして伝わるおそれがあり、またパッケージPKGの外部の温度変化又は衝撃の影響を受けやすくなる。このため、第1支持腕40を形成することで、基部長KLはより短くすることができ、支持腕型水晶振動片20の全長を短くすることができる。

30

**【0021】**

第1支持腕40は図1(b)で示すようにZ方向に第1支持腕40の第2溝部41を表面と裏面とに交互に刻むことで、第1支持腕40の距離を長くする。第2溝部41を表面と裏面とに交互に配置することで、第1支持腕40はYZ平面でジグザグ形状となっている。第2溝部41はエッティングにより形成し、支持腕型水晶振動片20の外形と第1溝部22とを形成すると同時に形成する。第2溝部41の形成方法の詳細は後述する。直線状の支持腕の距離を単に長くするために、振動腕21の先端の位置を越えて長くしてしまっては、パッケージPKGの大きさを必要以上に大きくしなければならない。このため、第1支持腕40のY方向に伸びる長さ(Z方向に投影した長さ)は、最大で振動腕21の先端までの長さと同じ位置までである。

40

**【0022】**

第2溝部41の深さd2は、第1支持腕40の厚さの50%より大きくすることで、第1支持腕40の断面中心を通る長さSL(以下軸長さSLとする)が長くなり、第1支持腕40を伝わる振動の距離が長くなる。また振動は第2溝部41で反射および減衰を繰り返すことで効率的に振動が減少する。このため第2溝部41を形成する第1支持腕40は、振動腕21の振動をパッケージPKGの外部へ振動漏れとして伝えにくくさせ、またパッケージPKGの外部の温度変化又は衝撃の影響を受けにくくさせる。

**【0023】**

なお、第2溝部41の深さd2が第1支持腕40の厚さの50%以下であると、振動漏れが直線的に伝播してしまうので好ましくない。第1支持腕40の強度も考慮して、第2

50

溝部41の深さd2は第1支持腕40の厚さの50%より大きく70%以下であることが好ましい。

#### 【0024】

第1支持腕40は接合部26において導電性接着剤CAでパッケージPKG1と接合されるが、本実施例では第1支持腕40の先端Tipで固定されている。なお、以下に説明する実施例2、実施例3及び実施例4においても同様に支持腕の先端Tipにおいて導電性接着剤CAにより固定される。

#### 【0025】

図2は、溝部を形成していない図1(a)で示す支持腕型水晶振動片20においての各固定位置における周波数変化のシミュレーションの結果を示す。

10

接合部26である固定位置を第1支持腕40の先端Tipにすることは、周波数変化( $f/f$ )が起きにくくしている。周波数変化( $f/f$ )が小さいということは振動漏れが抑制されることを意味している。

#### 【0026】

図2では、第1支持腕40の根元Rtで固定した場合と、第1支持腕40の中央部Midで固定した場合と、第1支持腕40の先端Tipで固定した場合とを示している。この図で分かるように固定位置は第1支持腕40の先端Tipで固定したほうが、より周波数が安定する。これより以下の実施例においても第1支持腕40の先端Tipに接合部26を形成し、第1支持腕40の軸長さSLを長くすることで、周波数変化を起きにくくする。接合部26において、支持腕型水晶振動片20は導電性接着剤CAを用いてパッケージPKG1に固定される。

20

#### 【0027】

つまり、接合部26である固定位置を第1支持腕40の先端Tipにすることは、周波数変化( $f/f$ )が起きにくくしている。周波数変化( $f/f$ )が小さいと振動漏れが抑制される。このことから、第1支持腕40の軸長さSLをできるだけ長くした方が振動漏れが抑制されることがわかる。

#### 【0028】

<圧電デバイス50の製造方法>

圧電デバイス50は基本的に支持腕型水晶振動片20と、支持腕型水晶振動片20を収容するパッケージPKG1とで構成されている。以下は支持腕型水晶振動片20の形成方法をフローチャートで示し、続いて圧電デバイス50の製造方法を示す。

30

#### 【0029】

図3Aと図3Bとのフローチャートは図1の支持腕型水晶振動片20をフォトリソ・エッチングの手法で製造する方法を示している。図3Aと図3Bとのフローチャートの右図はそれぞれのステップにおける図1の支持腕型水晶振動片20のE-E断面における単結晶水晶ウエハ10の一部を示し、図の左に第2溝部41を形成し、右側に第1溝部22を形成する様子を図示する。以下のフォトリソ・エッチングによる製造方法は一例であり、これに限るものでない。

#### 【0030】

図3AのステップS111では、まず、単結晶水晶ウエハ10を用意する。そして、単結晶水晶ウエハ10の全面に、金属膜32をスパッタリングもしくは蒸着などの手法により形成する。金属膜32は単結晶水晶ウエハ10に、金(Au)や銀(Ag)等を直接成膜することが困難なため、下地としてニッケル(Ni)、クロム(Cr)又はチタン(Ti)等を使用する。つまり、本実施例では、金属膜32としてクロム層の上に金層を重ねた金属膜を使用する。たとえば、クロム層の厚みは100オングストローム、金層の厚みも1000オングストローム程度とする。この状態が図3A(a)に示されている。

40

#### 【0031】

ステップS112では、金属膜32を形成した単結晶水晶ウエハ10に、フォトレジスト層36を全面にスピノコートなどの手法で均一に塗布する。フォトレジスト層36としては、たとえば、ノボラック樹脂によるポジフォトレジストを使用できる。フォトレジス

50

ト層 3 6 が形成された状態が図 3 A ( b ) に示されている。

**【 0 0 3 2 】**

ステップ S 113 では、露光装置を用いて、フォトマスクに描かれた支持腕型水晶振動片 20 の外形パターンをフォトレジスト層 3 6 が塗布された単結晶水晶ウエハ 10 の両面に露光する。露光は図 3 A ( c ) で示すように E - E 断面の第 2 溝部 4 1 を形成するために、単結晶水晶ウエハ 10 の表面側の金属層 3 2 を除去するように露光し、裏面側は第 1 支持腕 4 0 の幅を形成するように露光する。図 3 A ( c ) は、フォトレジスト層 3 6 の一部が露光された状態を示す。露光されたフォトレジスト 3 7 は、現像することで除去される。

**【 0 0 3 3 】**

ステップ S 114 では、フォトレジスト層 3 6 から露出した金層を、たとえばヨウ素とヨウ化カリウムの水溶液を用いて、金層をエッティングする。次いで、金層が除去されて露出したクロム層を、たとえば硝酸第二セリウムアンモニウムと酢酸との水溶液でエッティングする。これらのエッティングは水溶液の濃度、温度および水溶液に浸している時間を調整して余分な箇所が侵食されないようにする。これらの処理によりフォトレジスト層 3 6 から露出した金属膜 3 2 を除去することができる。また、残存するフォトレジスト層 3 6 も除去する。残存するフォトレジスト層 3 6 が除去された状態が図 3 A ( d ) に示されている。

**【 0 0 3 4 】**

ステップ S 115 では、金属膜 3 2 から露出した単結晶水晶ウエハ 10 を、支持腕型水晶振動片 20 の外形になるようにウェットエッティングを行う。このときのエッティングはステップ S 115 の右図に示すように単結晶水晶ウエハ 10 を貫通させないような厚さ W 2 が残るようにウェットエッティングの時間を調節する。ウェットエッティングで水晶ウエハ 10 が厚さ W 2 になった状態を図 3 A ( e ) に示す。

**【 0 0 3 5 】**

この厚さ W 2 は図 3 B ( i ) に示すように形成する溝の深さを d 1 とすると、W 2 = d 1 の関係になるように調整する。また、第 1 支持腕 4 0 の第 2 溝部 4 1 の深さ d 2 は厚さ W 2 と深さ d 1 とを足した距離となるため、所望の深さになるように厚さ W 2 を求める。また、形成する第 2 溝部 4 1 の深さ d 2 は支持腕の厚さの 50 % より大きくするように設計することで、第 1 支持腕 4 0 の軸長の長さを長くすることができる。この工程は第 1 圧電エッティング工程とする。

**【 0 0 3 6 】**

図 3 B のステップ S 116 では、新たなフォトレジスト 3 6 をスピンドル又はスプレーで塗布する。新たなフォトレジスト 3 6 が塗布された状態が図 3 B ( f ) に示されている。

**【 0 0 3 7 】**

ステップ S 117 では、露光装置を用いて、フォトマスクに描かれた支持腕型水晶振動片 20 の外形パターンと第 1 溝部 2 2 とをフォトレジスト層 3 6 の両面に露光する。図 3 B ( g ) はフォトレジスト層 3 6 の一部が露光された状態を示す。また、露光されたフォトレジスト 3 7 は現像して除去する。

**【 0 0 3 8 】**

ステップ S 118 では、第 1 溝部 2 2 の金属膜 3 2 をエッティングで除去する。この場合も図 3 A のステップ S 114 での処理と同様に金属膜 3 2 を除去する。図 3 B ( h ) は金属膜 3 2 が除去された状態を示す。

**【 0 0 3 9 】**

ステップ S 119 では、第 1 溝部 2 2 と第 2 溝部 4 1 と外形とのウェットエッティングを同時に実行する。すなわち、エッティング液としてフッ酸溶液を用いて、フォトレジスト層 3 6 と金属膜 3 2 とから露出した水晶材料 10 に、第 1 溝部 2 2 と外形との形成を行なう。図 3 B ( i ) に示すように、第 1 溝部 2 2 の所定の深さになるような時間でウェットエッティングを止めると、W 2 = d の関係により外形は貫通することになる。また第 2 溝部 4

10

20

30

40

50

1は所定の深さd2になる。この工程は第2圧電エッチング工程とする。

#### 【0040】

ステップS120では、残ったフォトレジスト層36および金属膜32を除去する。これらの工程を経て、単結晶水晶ウエハ10には図3B(j)に示すような第1溝部22と第2溝部41とを持つ支持腕型水晶振動片20が形成される。

#### 【0041】

以上のように、支持腕に第2溝部41を持つ支持腕型水晶振動片20はステップS117の第1圧電エッチング工程とステップS119の第2圧電エッチング工程とで形成される。

#### 【0042】

支持腕型水晶振動片20の外形と溝部が形成された後に、振動腕21および基部29および第1支持腕40に、励振電極及び導通電極などを形成する。図1では図を分かりやすくするために図示していない。

#### 【0043】

電極は、50オングストローム～5000オングストロームのクロム(Cr)層の上に100オングストローム～5000オングストロームの金(Au)層が形成された構成になっている。すなわち、第一層と第二層とを合わせると、150オングストローム～10000オングストロームの電極パターンの厚さになる。また、クロム(Cr)層の代わりに、タンゲステン(W)層、ニッケル(Ni)層、ニッケルタンゲステン層又はチタン(Ti)層を使用してもよく、また金(Au)層の代わりに、銀(Ag)層を使用してもよい。

#### 【0044】

電極の形成は公知のフォトレジスト・エッチング技術を用い、励振電極などを形成する。励振電極などを形成し終えると、支持腕型水晶振動片20が完成する。完成した支持腕型水晶振動片20は第1支持腕40の先端TipでパッケージPKG1と固定される。例えば、第1支持腕40の先端TipはパッケージPKG1の接続電極(図示しない)に塗布した導電性接着剤CAの上に載置して、導電性接着剤CAを加熱により仮硬化させる。次に、硬化炉で導電性接着剤CAを本硬化することにより接合部26で支持腕型水晶振動片20を固定する。

#### 【0045】

この状態で、支持腕型水晶振動片20は振動腕21の先端Tipにレーザー光を照射されて、振動腕21の錐金属層の一部を蒸散・昇華させられる。これにより、質量削減方式による周波数調整が完了する。次に、支持腕型水晶振動片20を接合したパッケージPKG1は真空チャンバ内に入れ封止材27により蓋体28を接合する。その後、駆動特性などの検査を行い、圧電振動デバイス50は完成する。

#### 【0046】

<<実施例2>>

実施例1では第1支持腕40のZ方向に第2溝部41を形成することで、第1支持腕40の軸長さSLの距離を長くしていた。しかし第2溝部41を形成するために強度が低下し、第1支持腕40の幅を広げるなどの手法などが必要となる場合がある。

#### 【0047】

図4(a)は、支持腕がZ方向にCの字型形状をした圧電デバイスの構造を示した上面図であり、(b)は、(a)に描いた圧電デバイスのB-B断面図である。このようなCの字型形状も便宜上YZ平面でジグザグ形状と呼ぶ。

図4(a)は、第1支持腕40と第2支持腕42とをZ方向に2段にすることで、限られたパッケージPKG1の内部で第1支持腕40の軸長の距離を長くしている。また、2段の支持腕型水晶振動片20は第2支持腕42の先端でパッケージPKG1と固定する。また振動は第1支持腕40と第2支持腕42との角部で反射、および減衰を繰り返すことで効率的に減少する。なお支持腕を2段にすることで支持腕型水晶振動片20はZ方向に収容するための空間が必要となる。

10

20

30

40

50

**【0048】**

本実施例の製造方法は、公知のフォトレジスト・エッチング技術などで第1支持腕40を持つ支持腕型水晶振動片20の外形を形成し、別の工程で第2支持腕42と水晶プロック43とを形成する。次に支持腕型水晶振動片20は、第1支持腕40と第2支持腕42と水晶プロック43とをシロキサン結合(Si-O-Si結合)により接合する。たとえば接合面を鏡面研磨し所定の温度で加熱することで、第1支持腕40と水晶プロック43と第2支持腕42とが接合し、Z方向にコの字型の形状をもつ支持腕型水晶振動片20を製造することができる。水晶同士を接合することで熱膨張による変形も考慮することなく、周波数特性の変化しない安定した支持腕型水晶振動片20を形成することができる。

**【0049】**

10

&lt;&lt;実施例3&gt;&gt;

図5(a)は、支持腕が折り返す形状の圧電デバイスの構造を示した上面図である。(b)は、(a)に描いた圧電デバイスのB-B断面図であり、(c)は、支持腕が(a)と逆方向に折り返す形状の圧電デバイスの構造を示した上面図である。

**【0050】**

図5に示す支持腕型水晶振動片20は、圧電デバイス50の内部で第1支持腕40が振動腕21の先端T1pで折り返し、パッケージPKG1と接合している。図5(a)で示すように基部29からY方向に伸びた第1支持腕40は、振動腕21と同じ方向に伸び、さらに振動腕21の先端(T1p)付近で内側(X方向)に伸び、またさらにY方向の基部側へ伸びる形状に形成される。このように、第1支持腕40の軸長さSLの距離を長くしている。図5(b)は図5(a)の第1支持腕40部分のB-B断面を示した図である。なお、図5(c)示すように、第1支持腕40は振動腕21の先端付近で外側(X方向)に伸び、またY方向の基部側へ伸びる形状でもよい。また、振動は第1支持腕40の折り返しで反射、および減衰を繰り返して効率的に振動が減少する。

20

**【0051】**

本実施例の折り返しのある第1支持腕40は公知のフォトレジスト・エッチング技術などで支持腕型水晶振動片20の外形として形成することができる。電極を形成した支持腕型水晶振動片20は第1支持腕40の先端でパッケージPKG1と接合することで圧電デバイスを製造することができる。また、折り返しの第1支持腕40に対して実施例1で示した第2溝部41をさらに形成してもよい。

30

**【0052】**

&lt;&lt;実施例4&gt;&gt;

図6は圧電デバイス50の内部に第1支持腕40がジグザクな形状をした支持腕型水晶振動片20を示している。図6(a)に示すように、基部29から幅方向に伸びた第1支持腕40は振動腕21方向に伸び、第1支持腕40の先端の途中でジグザグ形状を形成することで、限られたパッケージPKG1内部で第1支持腕40の軸長さSLの距離を長くしている。また、振動は第1支持腕40のジグザク部で反射及び減衰を繰り返して効率的に振動が減少する。

**【0053】**

第1支持腕40がジグザクの切れ込み深さd3は、第1支持腕40の全体幅d4の50%より大きくすることで、第1支持腕40の軸長さSLが長くなり、第1支持腕40を伝わる振動の距離が長くなる。

40

**【0054】**

本実施例のジグザグ形状の第1支持腕40は公知のフォトレジスト・エッチング技術などで支持腕型水晶振動片20の外形として形成することができる。電極を形成した支持腕型水晶振動片20は第1支持腕40の先端でパッケージPKG1と接合することで圧電デバイスを製造することができる。

**【0055】**

なお、実施例4のジグザクな形状は90度方向(直線状)に折れ曲がる形状であるが、第1支持腕40の軸長さSLが長くなるのであれば、60度方向(直線状)に折れ曲がる

50

形状（曲線状）であってもよく又は波型状に折れ曲がる形状であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0056】

以上、本発明の好適実施例について詳細に説明したが、当業者に明らかなように、本発明はその技術的範囲内において上記各実施例に様々な変更・変形を加えて実施することができる。たとえば、本発明の支持腕型水晶振動片20は、水晶以外にニオブ酸リチウム等の様々な圧電単結晶材料を用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】(a)は、支持腕がZ方向に溝を持ち、YZ平面でジグザグ形状の圧電デバイスの構造を示した上面図である。(b)は、(a)に描いた圧電デバイスのB-B断面図である。

【図2】支持腕の固定位置における周波数変化のシミュレーションを示すグラフである。

【図3A】支持腕型水晶振動片20の製造方法のフローチャートである。

【図3B】支持腕型水晶振動片20の製造方法のフローチャートである。

【図4】(a)は、支持腕がZ方向にコの字型形状をした圧電デバイスの構造を示した上面図である。(b)は、(a)に描いた圧電デバイスのB-B断面図である。

【図5】(a)は、支持腕が折り返す形状の圧電デバイスの構造を示した上面図である。

(b)は、(a)に描いた圧電デバイスのB-B断面図である。(c)は、支持腕が(a)と逆方向に折り返す形状の圧電デバイスの構造を示した上面図である。

【図6】(a)は、支持腕がXY平面でジグザク形状の圧電デバイスの構造を示した上面図である。(b)は、(a)に描いた圧電デバイスのB-B断面図である。

【図7】従来の支持腕型水晶振動片120を示した図である。

【符号の説明】

【0058】

10 ... 単結晶水晶ウエハ

20 ... 支持腕型水晶振動片

21 ... 振動腕

22 ... 第1溝部

26 ... 接合部

27 ... 封止材

28 ... 蓋体

29 ... 基部

32 ... 金属膜

36 ... フォトレジスト層

37 ... 露光されたフォトレジスト

40 ... 第1支持腕

41 ... 第2溝部

42 ... 第2支持腕

43 ... 水晶ブロック

50 ... 圧電デバイス

K L ... 基部長

P K G 1 ... パッケージ

S L ... 支持腕の断面中心を通る長さ(軸長さ)

120 ... 従来の音叉型圧電振動片

121 ... 従来の振動腕

127 ... 従来の溝部

126 ... 従来の接合部

129 ... 従来の基部

10

20

30

40

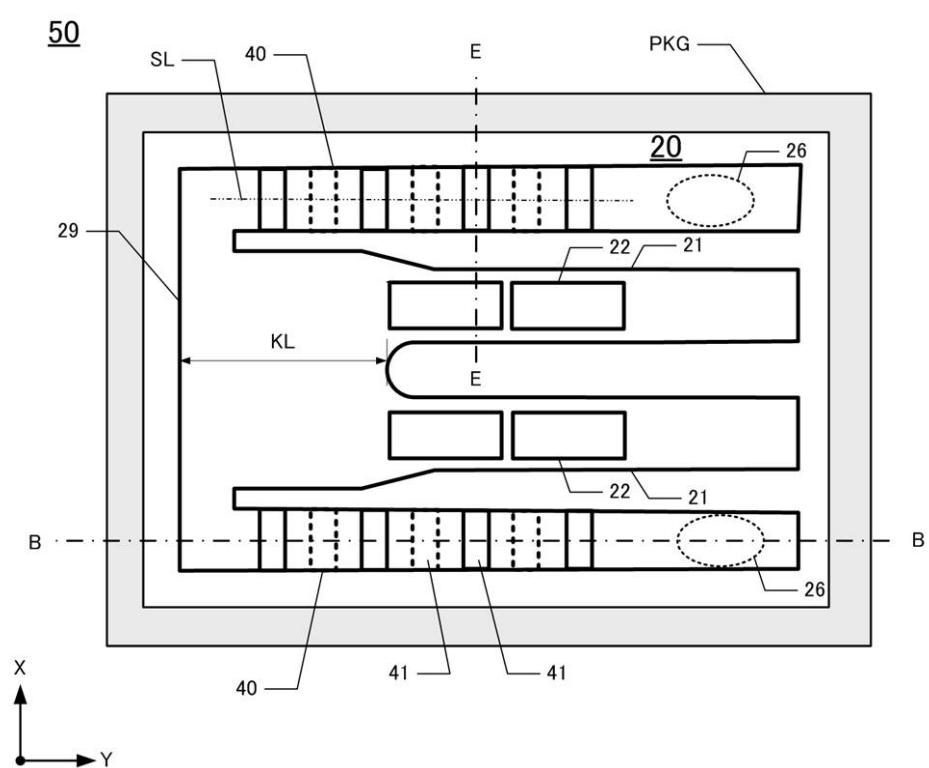
50

1 4 0 ... 従来の支持腕

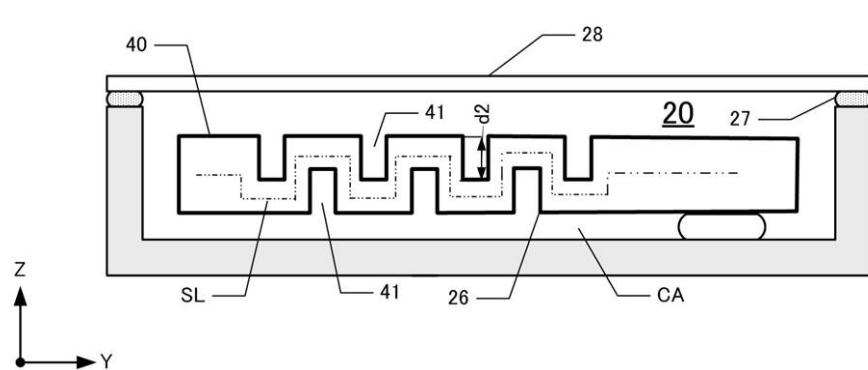
P K G 2 ... 従来のパッケージ

【図1】

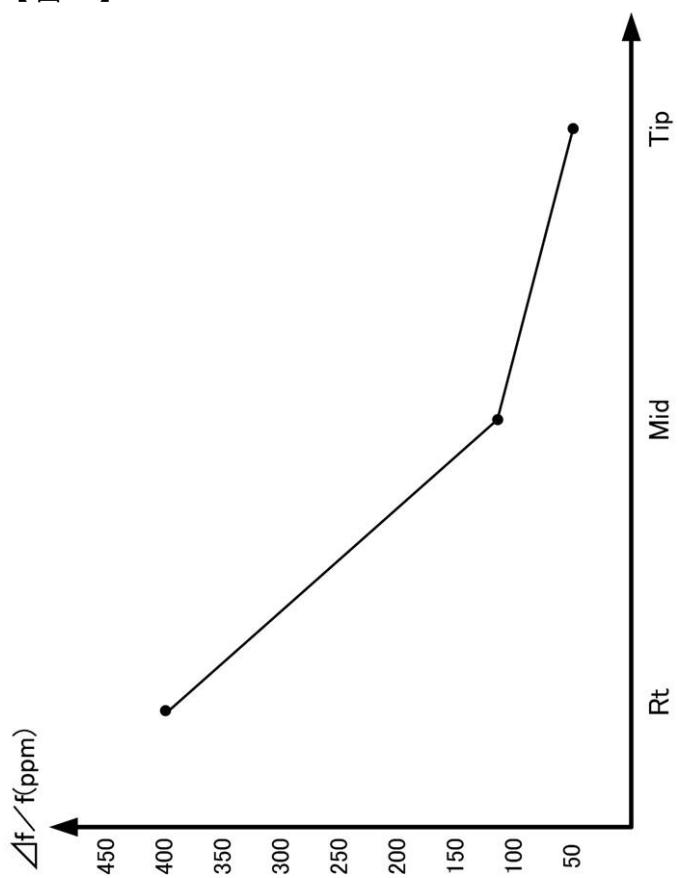
(a)



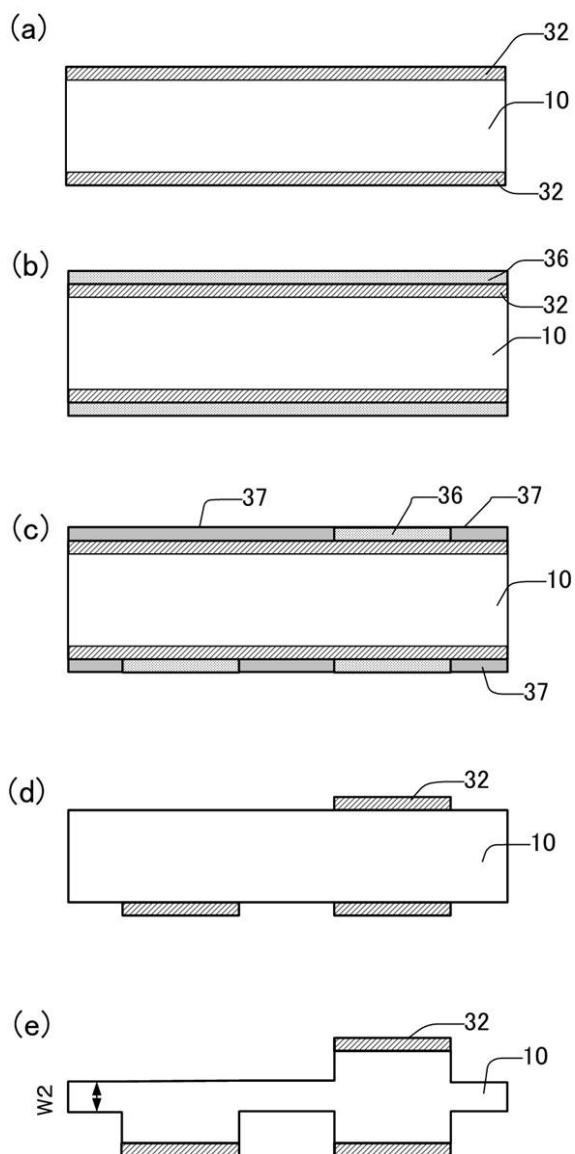
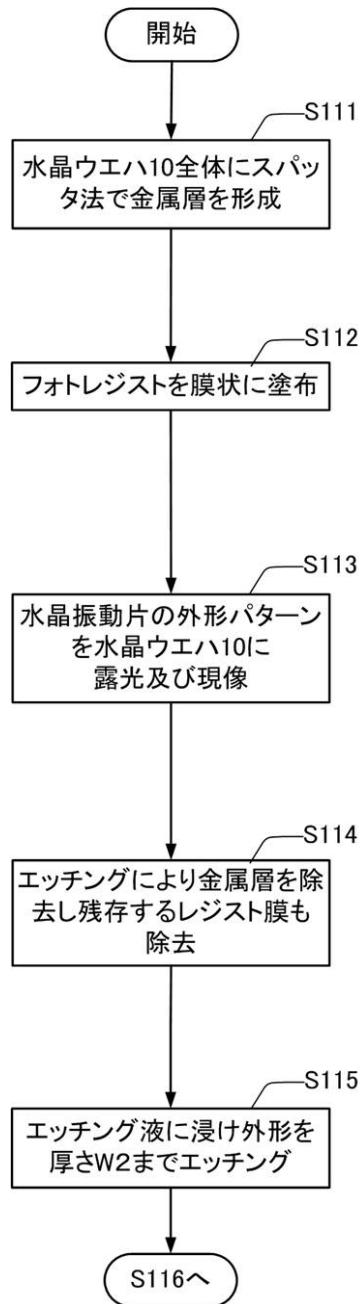
(b)



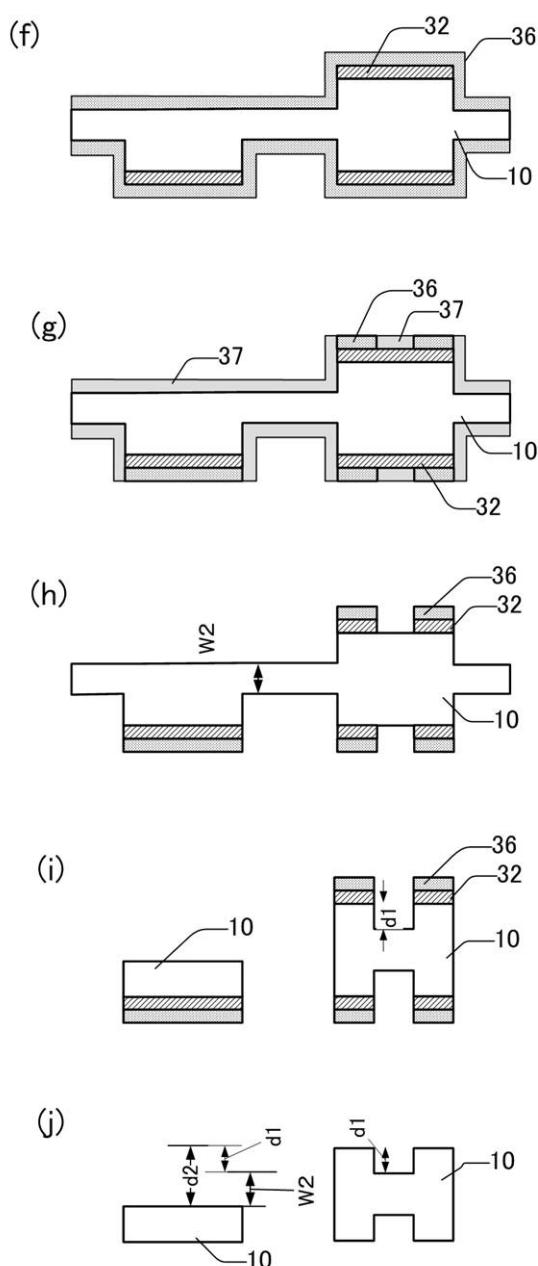
【図2】



【図3A】

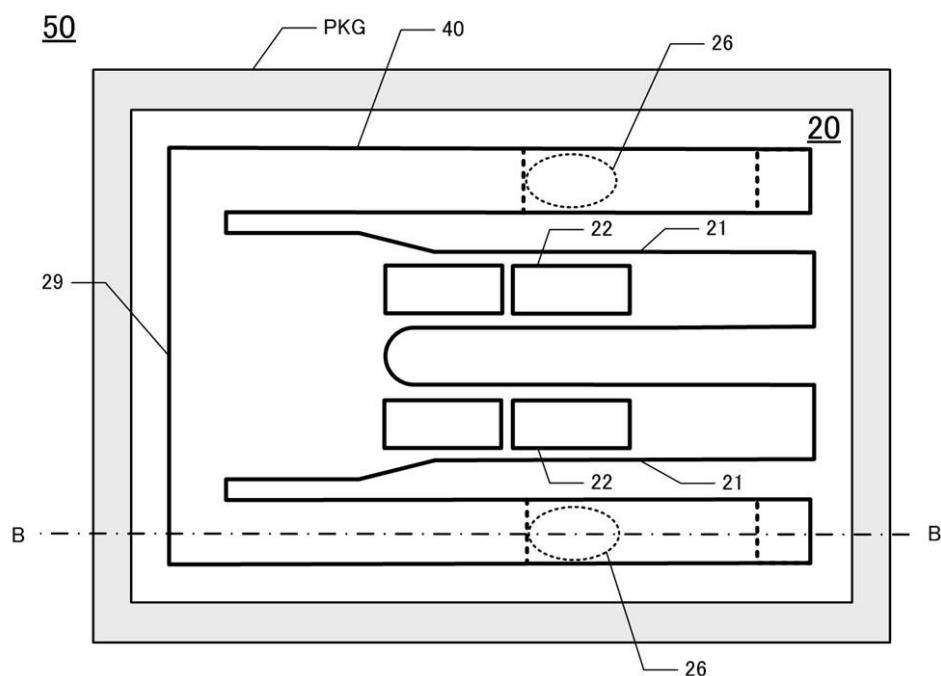


【図3B】

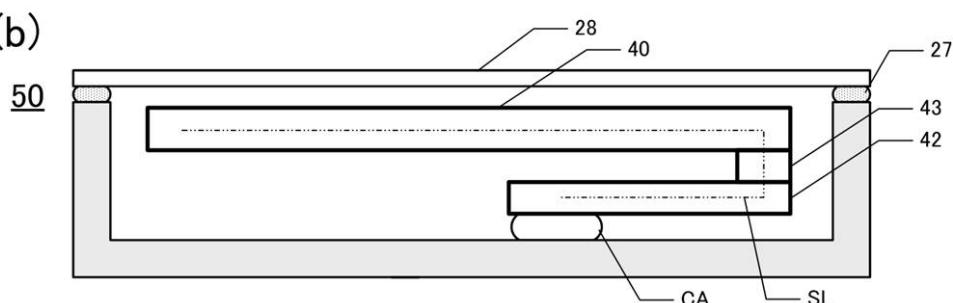


【図4】

(a)

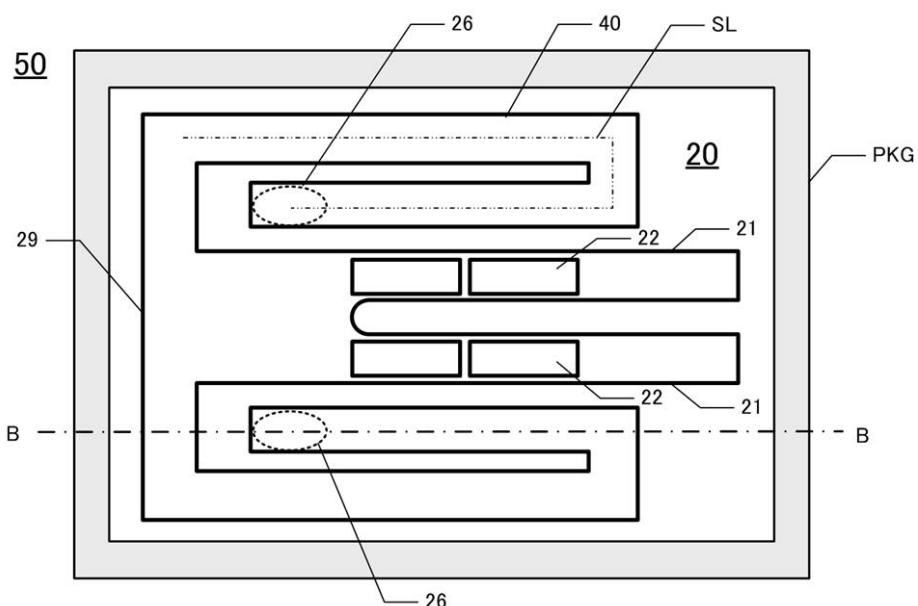


(b)

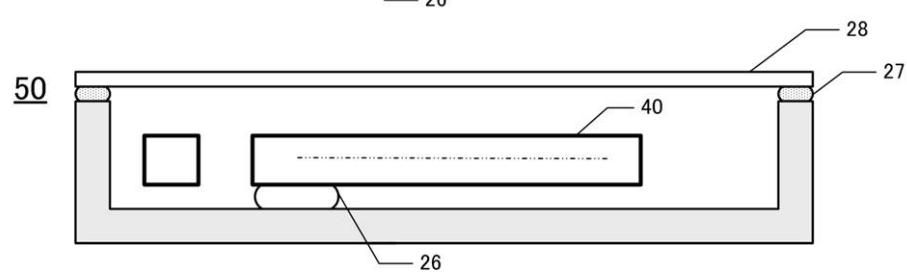


【図5】

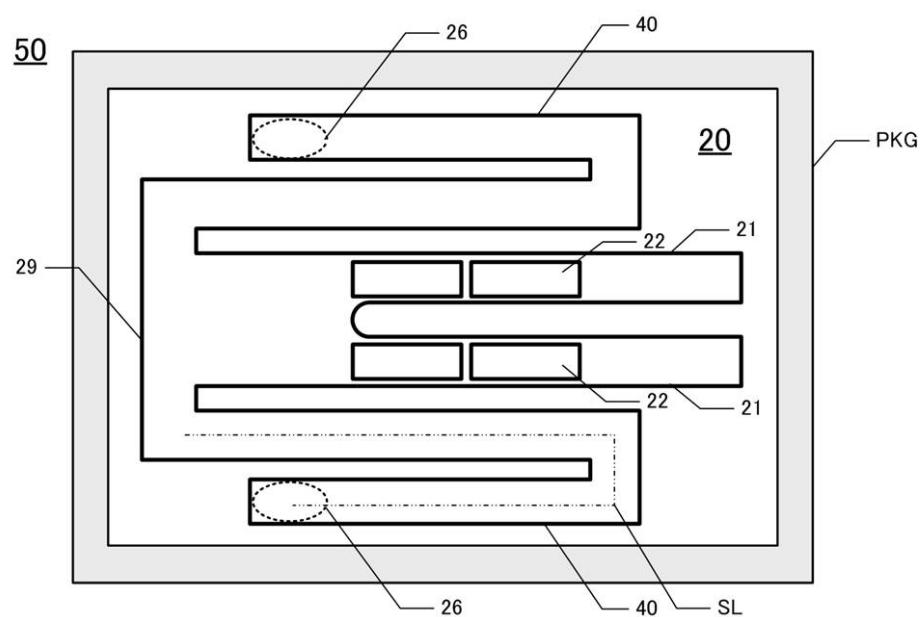
(a)



(b)

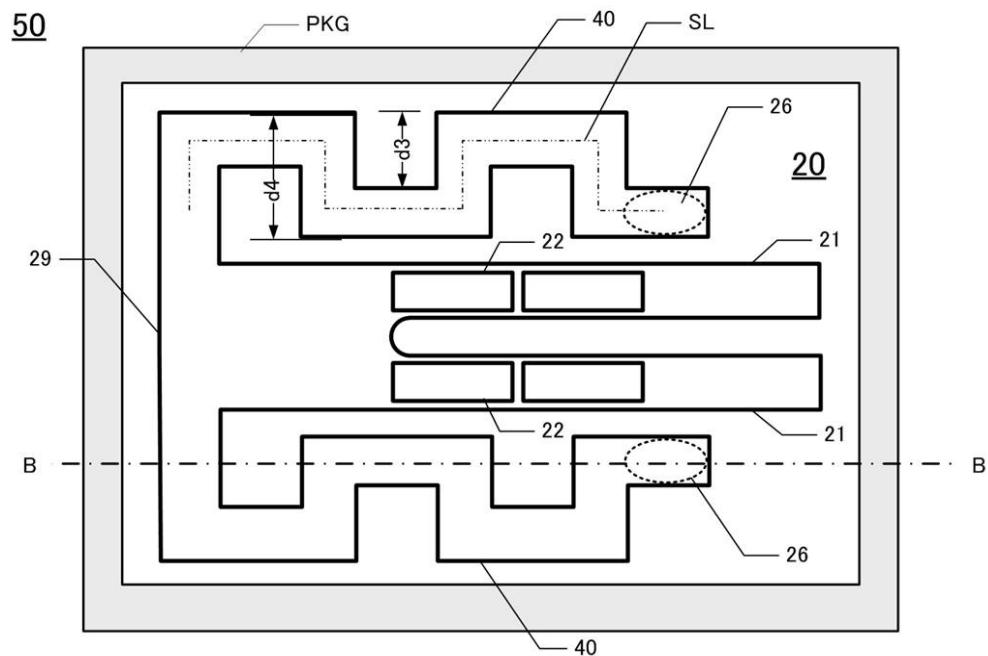


(c)

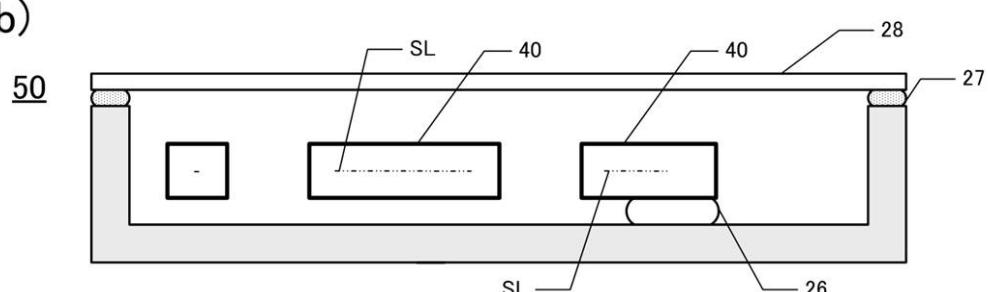


【図6】

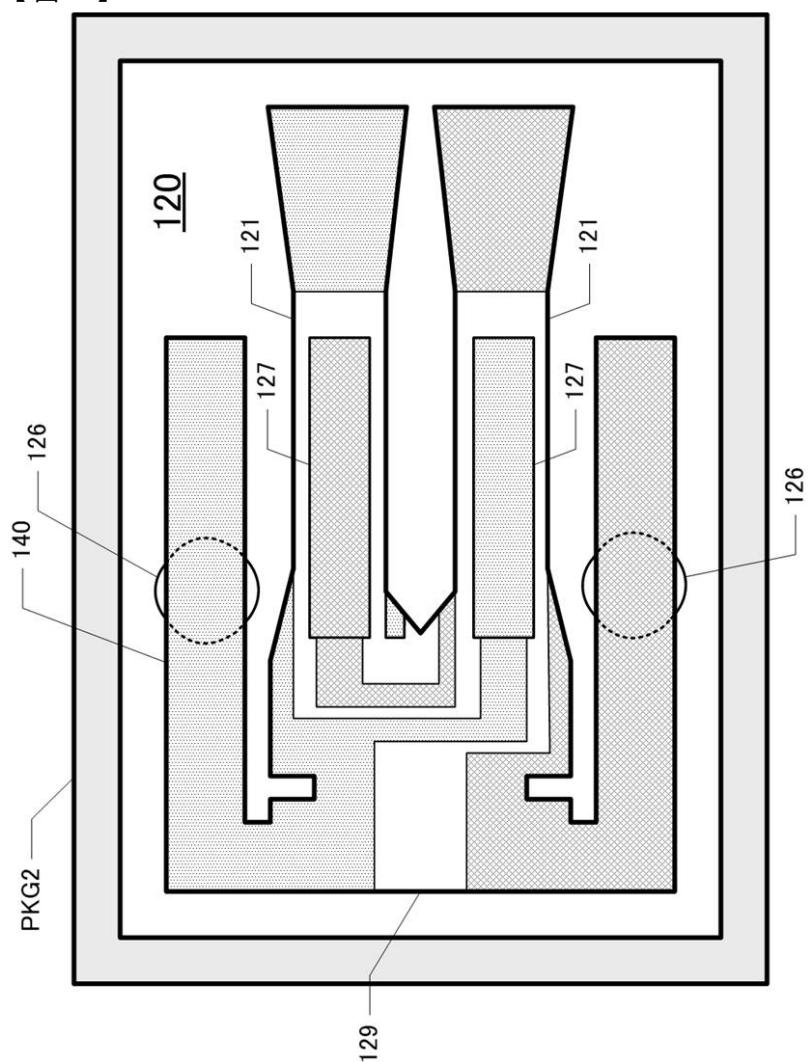
(a)



(b)



【図7】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
**H 01 L 41/22 (2006.01)** H 01 L 41/18 101A  
H 01 L 41/22 Z

(56)参考文献 特開昭53-133393(JP,A)  
実開昭51-140065(JP,U)  
特開昭56-066925(JP,A)  
特開2007-300381(JP,A)  
特開2004-153740(JP,A)  
特開2006-148857(JP,A)  
特開2005-102138(JP,A)  
特開2004-173218(JP,A)  
特開2004-357178(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 03 H 3 / 007 - 3 / 06 , 9 / 00 - 9 / 135 , 9 / 15 - 9 / 24 , 9 / 30 - 9 /  
40 , 9 / 46 - 9 / 62 , 9 / 66 , 9 / 70 , 9 / 74  
, H 01 L 41 / 09 , H 01 L 41 / 18 , H 01 L 41 / 22