

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5073772号  
(P5073772)

(45) 発行日 平成24年11月14日(2012.11.14)

(24) 登録日 平成24年8月31日(2012.8.31)

(51) Int.Cl.

F 1

H03H 9/02 (2006.01)  
H01L 23/08 (2006.01)H03H 9/02  
H01L 23/08A  
B

請求項の数 4 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2010-69441 (P2010-69441)  
 (22) 出願日 平成22年3月25日 (2010.3.25)  
 (65) 公開番号 特開2011-87273 (P2011-87273A)  
 (43) 公開日 平成23年4月28日 (2011.4.28)  
 審査請求日 平成23年6月29日 (2011.6.29)  
 (31) 優先権主張番号 特願2009-213958 (P2009-213958)  
 (32) 優先日 平成21年9月16日 (2009.9.16)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 梅木 三十四  
 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 齊藤 健史  
 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 市川 了一  
 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  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】圧電デバイス

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

圧電体又はガラスによってキャビティを形成するベースとリッドとからなるパッケージと、

前記キャビティ内に配置され、基部と該基部の一端から平行に伸びる一対の振動腕とを有する音叉型圧電振動片と、を備える圧電デバイスにおいて、

前記キャビティの内壁は、前記音叉型圧電振動片に対向する面に、前記面より小さく前記面から凹んだ複数のサブ凹み部と、前記複数のサブ凹み部の間に形成されたリブ状部材とを有し、

前記キャビティ内の容積が前記一対の振動腕の体積の12倍以上である表面実装型の圧電デバイス。

## 【請求項 2】

前記ベースおよび前記リッドの外壁の縦幅および横幅が、2.0mmおよび1.2mmであり、

前記キャビティの内壁は立方体形状であり、その内壁の縦幅、横幅および深さがそれぞれ1.9mm以下、1.1mm以下および0.12mm以上である請求項1に記載の圧電デバイス。

## 【請求項 3】

前記音叉型圧電振動片と接続され前記音叉型圧電振動片を取り囲むフレームを備え、

前記圧電デバイスは、前記フレームを中心に前記リッドと前記ベースとが接合されて形

成される請求項 1 又は請求項 2 のいずれか一項に記載の圧電デバイス。

【請求項 4】

前記一対の振動腕が前記フレームよりも薄く形成されている請求項 3 に記載の圧電デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水晶材料、ニオブ酸リチウム等の様々な圧電結晶材料などからなる圧電振動片を備える圧電デバイスに関する。

【背景技術】

10

【0002】

電子機器には、その電子回路のクロック源として圧電振動片を収納した圧電振動子、圧電振動片と発振回路とを収納した圧電発振子が使われている。圧電振動子又は圧電発振子は、それを搭載する電子機器の小型化に伴い、より一層の小型化が要求されている。また、電子機器は低温から高温まで広い温度範囲で使用されるため、圧電振動子又は圧電発振子もこのような広い温度範囲であっても安定した発振周波数が求められている。

【0003】

例えば、SMD（表面実装型）の音叉型圧電振動子においても小型化が進んでいる。音叉型圧電振動子は、特許文献 1 に示されるようなグリーンシートで成型されたセラミックパッケージと、特許文献 2 に示されるような水晶などの圧電体又はガラスで成型されたパッケージとがある。特に圧電体又はガラスで成型されたパッケージは量産性が高いため、コスト低減のために広く製造されるようになってきつつある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007-306068 号公報

【特許文献 2】特開 2009-165006 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

しかし、圧電体又はガラスで成型されたパッケージの圧電振動子又は圧電発振子は、セラミックパッケージの圧電振動子又は圧電発振子に比べて、クリスタル・インピーダンス（C I）値の温度特性が劣ることが多かった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、このような問題を解決するために圧電体又はガラスで成型されたパッケージを有する圧電デバイスが温度の影響を受ける際にも、C I 値を所定値以下になる圧電デバイスを提供することを目的とする。

【0007】

第 1 の観点の圧電デバイスは、圧電体又はガラスによってキャビティを形成するベースとリッドとからなるパッケージと、キャビティ内に配置され一対の振動腕を有する音叉型圧電振動片とを備える。そして、キャビティ内の容積が一対の振動腕の体積の 12 倍以上である。

40

【0008】

第 2 の観点の圧電デバイスにおいて、ベースおよびリッドの外壁の縦幅および横幅が、2.0 mm および 1.2 mm であり、キャビティの内壁は立方体形状で、その内壁の縦幅、横幅および深さがそれぞれ 1.9 mm 以下、1.1 mm 以下および 0.12 mm 以上である。

【0009】

第 3 の観点の圧電デバイスにおいて、キャビティの内壁には音叉型圧電振動片の正面と

50

対向する平面と該平面から凹んだ凹み部とが形成されている。

第4の観点の圧電デバイスにおいて、キャビティの内壁には凹み部が複数形成されている。

第5の観点の圧電デバイスにおいて、キャビティの内壁には音叉型圧電振動片の主面と対向するド・ム状の凹み部が形成されている。

【0010】

第6の観点の圧電デバイスは、音叉型圧電振動片と接続され音叉型圧電振動片を取り囲むフレームを備え、そのフレームを中心にリッドとベースとが接合されて形成される。

【0011】

第7の観点の圧電デバイスは、その一対の振動腕がフレームよりも薄く形成される。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明のSMD音叉型水晶振動子は、温度変化に対してCI値を所定値以下にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】(a)は、第1水晶振動子10Aの分解斜視図である。(b)は、(a)のA-A断面図である。

【図2】容積率(キャビティ容積Vc / 振動腕体積Va)とCI値劣化量との関係を示すグラフである。

20

【図3】(a)は、第2水晶振動子10Bの分解斜視図である。(b)は、(a)のA-A断面図である。

【図4】第3水晶振動子10Cの分解断面図である。

【図5】第4水晶振動子10Dの分解斜視図である。

【図6】図5に示された第4水晶振動子10DのA-A断面図である。

【図7】第5水晶振動子10Eの分解断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

なお、以下の実施形態においては、圧電デバイスとして音叉型水晶振動片を備えた水晶振動子を一例として説明する。

30

【0015】

(第1実施形態)

<第1水晶振動子10A>

図1(a)は、第1実施形態の第1水晶振動子10Aの分解斜視図である。図1(b)は、(a)のA-A断面図である。

なお、第1音叉型水晶振動片100Aが載置された面をXY平面とし、第1音叉型圧電振動片100Aの一対の振動腕31が延伸された方向をY軸方向とし、XY平面に垂直の方向をZ軸方向とする。

40

【0016】

図1に示されたように、第1水晶振動子10Aは第1リッド部20Aおよび第1圧電ベース部40Aからなる第1パッケージPK1で構成されている。第1パッケージPK1内には第1音叉型圧電振動片100Aが配置される。

【0017】

<<第1パッケージの構成>>

第1水晶振動子10Aの外形寸法は次のとおりである。第1パッケージPK1のY軸方向の長さL1は2000μm程度であり、X軸方向の幅W1は1200μm程度である。第1パッケージPK1のZ軸方向の高さH1は320μm~420μmである。

【0018】

50

また、第1パッケージPK1の立方体形状の第1キャビティ200Aの内側寸法は次のとおりである。第1キャビティ200AのY軸方向の長さL2は1840μm程度であり、X軸方向の幅W2は1040μm程度である。また第1キャビティ200AのZ軸方向の高さH2は120μm～260μm程度である。

#### 【0019】

第1リッド部20Aは水晶材料により構成される。第1リッド部20Aは-Z側(第1ベース部側)に第1リッド凹部25Aを備える。第1リッド凹部25Aは、サンドブラスト、ウエットエッティング又はドライエッティングにより形成される。さらに詳しく説明すると、第1リッド部20AのZ軸方向の高さH3は160μm～210μmであり、エッティング等により形成された第1リッド凹部25Aの深さ(高さ)H4は60μm～130μm程度である。10

#### 【0020】

第1圧電ベース部40Aも水晶材料により構成される。第1圧電ベース部40Aは、+Z側(第1リッド部側)に第1ベース凹部45Aを備える。第1圧電ベース部40Aには第1音叉型水晶振動片100Aを載置する一对の台座32が形成される。第1ベース凹部45Aは、サンドブラスト、ウエットエッティング又はドライエッティングにより形成される。第1圧電ベース部40Aおよび台座32のZ軸方向の高さH5は160μm～210μmであり、ウエットエッティング等により形成された第1ベース凹部45Aの深さ(高さ)H4は60μm～130μm程度である。

20

#### 【0021】

ここで、第1リッド部20A及び第1圧電ベース部40Aを水晶材料から形成する理由は以下のとおりである。工業材料の硬さを表わす指標の一つにヌープ硬度がある。ヌープ硬度は数値が高ければ硬く、低ければ柔らかい。リッド及びベースに使用される代表的なガラスであるホウケイ酸ガラスは、ヌープ硬度が590kg/mm<sup>2</sup>である。また、水晶のヌープ硬度は710～790kg/mm<sup>2</sup>である。そのため第1水晶振動子10Aでは、第1リッド部20A及び第1圧電ベース部40Aにガラスの代わりに水晶を使用する方が水晶振動子の硬度を高くすることができる。また、ガラスを使用した場合、水晶デバイスを所定の硬度にする場合には、リッド及びベースに使われるガラスの厚みを厚くする必要があるが、水晶であれば厚みが薄くてもよい。つまり、同じ硬度の水晶振動子であればリッド及びベースに水晶を使用すると、小型化・低背化が可能となる。

30

#### 【0022】

なお、第1実施形態では第1リッド部20Aと第1圧電ベース部40Aとは同じ高さであるが、別例として異なる高さに設定してもよい。また、第1リッド凹部25Aと第1ベース凹部45Aとは同じ高さであるが、別例として異なる高さに設定してもよい。

#### 【0023】

台座32の+Z側の表面におけるX軸方向の両側に一对の接続電極32a、32bが設けられている。なお、接続電極32aは第1圧電ベース部40Aに設けられた貫通電極42aを介して第1水晶振動子10Aの-Y側の底面に設けられた外部電極44aに電気的に接続され、接続電極32bは第1圧電ベース部40Aに設けられた貫通電極42bを介して第1水晶振動子10Aの+Y側の底面に設けられた外部電極44bに電気的に接続されている。40

#### 【0024】

また、第1音叉型水晶振動片100Aが台座32に配置された後、第1リッド部20Aと第1圧電ベース部40Aとは、たとえばシロキサン結合(Si-O-Si)により接合される。シロキサン結合は、まず第1リッド部20Aおよび第1圧電ベース部40Aの接面を鏡面状態にして紫外線を照射する。さらに、シロキサン結合は、第1リッド部20Aと第1圧電ベース部40Aとを重ね合わせて、例えば100から250に保持された状態でそれらを押圧する。

50

## 【0025】

第1リッド部20Aと第1圧電ベース部40Aとが接合した第1パッケージPK1は、貫通電極42bが封止されていない状態である。そこで、第1パッケージPK1は、窒素ガスなどの不活性ガスで満たされたリフロー炉や真空状態のリフロー炉に配置される。これにより、第1キャビティ200A内が不活性ガス又は真空状態になる。この状態で貫通電極42bが金ゲルマニウム(Au12Ge)など封止される。第1キャビティ200A内が不活性ガスで満たされた状態又は真空状態であるため、第1音叉型水晶振動片100Aの電極などが酸化しにくくなる。以上により、第1キャビティ200Aが真空状態又は不活性ガスで満たされた状態の第1水晶振動子10Aが完成する。

10

## 【0026】

<<第1音叉型水晶振動片の構成>>

第1音叉型水晶振動片100Aの外形はウエットエッティングにより形成される。具体的に説明すると、フォトリソグラフィ工程は丸型又は角型の水晶ウエハに対して多数の第1音叉型水晶振動片100Aの外形パターンを露光する。第1音叉型水晶振動片100Aの外形は図示しない耐蝕膜などを用いて形成される。具体的には、耐食膜から露出した水晶ウエハに対して、例えばフッ酸溶液をエッティング液としてウエットエッティングを行う。耐蝕膜としては、例えば、ニッケル(Ni)を下地として金(Au)が蒸着された金属被膜などを用いることができる。このエッティング工程にかかる時間は、フッ酸溶液の濃度や種類、温度等により変化する。

20

## 【0027】

ウエットエッティングにより、基部38からほぼ平行に伸びた一対の振動腕31が形成され、その一対の振動腕31の表裏面には溝部39が形成される。基部38の長さLKは0.15mm程度で、一対の振動腕31の長さKHは1.3mm程度の長さである。また、溝部39のX軸方向の幅は振動腕31のX軸方向の幅の約80パーセントである。また、一本の振動腕31の表面には2つの溝部39が形成されており、振動腕31の裏面側にも同様に2つの溝部39が形成されている。つまり、一対の振動腕31には8箇所の溝部39が形成される。溝部39の断面は略H型に形成され第1音叉型水晶振動片100AのCI値を低下させる効果がある。なお、第1実施形態では一本の振動腕の表裏に4箇所の溝部39を形成しているが、表裏面に1つずつ2箇所の溝部を形成しても同様な効果がある。

30

## 【0028】

また、振動腕31の正面および側面には励振電極34(34a、34b)が形成されている。励振電極34aは、基部38に形成された基部電極35aに接続されており、励振電極34bは、基部38に形成された基部電極35bに接続されている。また、第1音叉型水晶振動片100Aの振動腕31の先端は幅広く形成され、錐部33が形成されている。錐部33は第1音叉型水晶振動片100Aの振動腕31が振動し易くなるため錐であり且つ周波数調整のために設けられる。励振電極34(34aおよび34b)、基部電極35(35aおよび35b)、錐部33は、フォトリソグラフィ工程で同時に作成される。

## 【0029】

40

また、基部電極35aは第1圧電ベース部40Aの接続電極32aに電気的に接続され、基部電極35bは第1圧電ベース部40Aの接続電極32bに電気的に接続される。したがって、励振電極34aは外部電極44aに、励振電極34bは外部電極44bに電気的に接続される。外部電極44aおよび外部電極44bに電圧が加えられると第1音叉型水晶振動片100Aは所定の周波数で振動する。

## 【0030】

<<温度変化によるCI値の劣化>>

音叉型水晶振動子の小型化が進むにしたがって、音叉型水晶振動子のパッケージ内のキャビティの容積も小さくなる。例えば、3.2mm×1.5mmサイズ(3215サイズ)の音叉型水晶振動子のキャビティの容積は0.8cc程度であるが、2.0mm×1.

50

2 mm サイズ (2012 サイズ) の第 1 水晶振動子 10A のキャビティ内の容積は 0.3 cc 程度まで小さくなる。

### 【0031】

実験により、音叉型水晶振動子は、例えば一定の真空圧でキャビティ内の容積が小さくなると特に高温側で音叉屈曲振動への抑制が大きくなり CI 値が大きくなる傾向があることがわかった。このため、音叉型水晶振動子が小型化していくと高温で CI 値が、製品として許容される CI 値の上限 (CI 規格値) を超えるおそれがある。第 1 水晶振動子 10A は、その温度保証範囲 (-40 ~ 80) において所定の周波数で振動しなければならない。

10

### 【0032】

第 1 水晶振動子 10A の第 1 キャビティ 200A のサイズについて説明する。

#### 【表 1】

キャビティ 22 の容積	リッド凹部 25A の深さ	ベース凹部 45A の深さ	振動腕 31 の体積	容積率	CI 値劣化量 (25°C ~ 80°C)
0.141mm <sup>3</sup>	30 μm	30 μm	0.0195mm <sup>3</sup>	7.2	23.6
0.234mm <sup>3</sup>	60 μm	60 μm	0.0195mm <sup>3</sup>	12.0	15.0
0.287mm <sup>3</sup>	75 μm	75 μm	0.0195mm <sup>3</sup>	14.7	11.5
0.427mm <sup>3</sup>	110 μm	110 μm	0.0195mm <sup>3</sup>	21.9	4.7

20

### 【0033】

表 1 は、キャビティ 22 の容積と振動腕 31 の体積との比率 (容積率) によって、CI 値の劣化量がどれだけであるかを実験した表である。キャビティ 22 の容積 Vc は、第 1 リッド凹部 25A の深さ (高さ) H4 および第 1 ベース凹部 45A の深さ (高さ) H4 をそれぞれ 30 μm、60 μm、75 μm および 110 μm に変化させた場合の容積である。また、振動腕 31 の体積 Va は、基部 38 を除いた第 1 音叉型水晶振動片 100A の水晶自体の体積である。すなわち、振動腕 31 の体積 Va は、振動腕 31 の先端に形成された錐部 33 を含み、溝部 39 のように水晶がない部分を含まない。第 1 実施形態では、振動腕 31 の体積 Va は、0.0195mm<sup>3</sup> で一定である。

30

### 【0034】

また、CI 値劣化量は、第 1 水晶振動子 10A を 25 から 80 まで温度を変化させた場合の CI 値の劣化量である。例えば 25 のときに CI 値が 52k であり 80 のときに CI 値が 75k であれば、CI 値劣化量は 23k である。なお、第 1 水晶振動子 10A は温度が上がると CI 値が高くなる (劣化する)。したがって、第 1 水晶振動子 10A の温度保証範囲を -40 ~ 80 としたときは、80 の CI 値が最も高い値 (劣化した値) となる。

### 【0035】

表 1 に示されたように、第 1 キャビティ 200A の高さ H2 (H4 の二倍) が 60 μm である場合において、キャビティ容積 Vc と振動腕体積 Va との容積率は 7.2 で、このときの CI 値劣化量は 23.6k となる。第 1 キャビティ 200A の高さ H2 が 120 μm である場合において、キャビティ容積 Vc と振動腕体積 Va との容積率は 12.0 で、このときの CI 値劣化量は 15.0k となる。第 1 キャビティ 200A の高さ H2 が 150 μm である場合において、キャビティ容積 Vc と振動腕体積 Va との容積率は 14.7 で、このときの CI 値劣化量は 11.5k となる。第 1 キャビティ 200A の高さ H2 が 222 μm である場合において、キャビティ容積 Vc と振動腕体積 Va との容積率は 21.9k で、このときの CI 値劣化量は 4.7k となる。このように、CI 値劣化量は容積率が大きくなるほど小さくなる。キャビティ 22 の容積と振動腕 31 の体積との容積率と CI 値劣化量との関係は図 2 に示されたグラフになる。

40

50

## 【0036】

図2は容積率(キャビティ容積Vc / 振動腕体積Va)とC I値劣化量との関係を示すグラフである。図2に示されたように、容積率が大きくなるほどC I値劣化量は小さくなる。第1水晶振動子10Aの振動腕31の長さおよび電極膜の厚みなどの影響で、第1水晶振動子10Aは実力C I値を有している。ここで、実力C I値とは、25(常温)でのC I値である。また、C I値は温度上昇によって劣化するが、第1水晶振動子10Aの動作の温度保証範囲内(例えば-40 ~ 80)で、第1水晶振動子10AのC I値は、製品として許容されるC I値の上限(C I規格値)以下でなければならない。例えば、第1水晶振動子10AのC I規格値が45kで、実力C I値が30kであれば、このときのC I値劣化量の限界は15k以下である。仮に温度保証範囲の温度変化でC I値劣化量が大きいと、第1水晶振動子10Aはその温度保証範囲内でC I規格値を満たさなくなる。10

## 【0037】

このように、第1水晶振動子10Aの実力C I値とC I規格値とを勘案すると、一般に水晶振動子のC I値劣化量の限界は15k以下と設定することが好ましい。

## 【0038】

図2に示されたように、出願人は容積率とC I値劣化量との関係を見出した。図2を参照すると容積率が12である場合C I値劣化量は15kとなる。また、容積率の値が大きくなるほどC I値劣化量が小さくなり、容積率の値が小さくなるほどC I値劣化量が大きくなる。すなわち、C I値劣化量を15k以下にしようとすれば、出願人はキャビティ容積Vcを振動腕体積Vaの12倍以上にする必要があることを見出した。20

## 【0039】

(第2実施形態)

<第2水晶振動子10B>

図3(a)は、第2実施形態の第2水晶振動子10Bの分解斜視図である。図3(b)は、(a)のA-A断面図である。第2実施形態において、第1実施形態と同じ構成要件には同一の符号をつけて説明する。

## 【0040】

図3に示されたように、第2水晶振動子10Bは+Z側から順次に第2リッド部20B、第2圧電フレーム30Bおよび第2圧電ベース部40Bからなる第2パッケージPK2で構成されている。なお、第2圧電フレーム30Bは、エッチングにより形成された第2音叉型圧電振動片100Bを有している。30

## 【0041】

第2リッド部20B、第2圧電フレーム30Bおよび第2圧電ベース部40Bはシロキサン結合(Si-O-Si)により接合されて第2キャビティ200Bを形成する。ここで、シロキサン結合については第1実施形態で説明されたシロキサン結合と同じであるため説明を省略する。

## 【0042】

<<第2パッケージの構成>>

第2パッケージPK2の寸法は次のとおりである。第2水晶振動子10BのY軸方向の長さL1は2000μm程度に設定され、X軸方向の幅W1は1200μm程度に設定される。第2パッケージPK2のZ軸方向の高さH1は320μm ~ 440μmである。また、第2水晶振動子10Bの立方体形状の第2キャビティ200Bにおいて、Y軸方向の長さL2は1840μm程度に設定され、X軸方向の幅W2は1040μm程度に設定され、Z軸方向の高さH2は120μm ~ 260μm程度に設定される。40

## 【0043】

第2リッド部20Bは水晶材料により構成される。第2リッド部20Bは第2圧電フレーム30B側に第2リッド凹部25Bを備える。第2リッド部20BのZ軸方向の高さH5は120μm ~ 180μmに設定され、エッチング等により形成された第2リッド凹部25Bの高さH7は30μm ~ 100μm程度に設定される。50

## 【0044】

第2圧電ベース部40Bは水晶材料により構成される。第2圧電ベース部40Bは、第2圧電フレーム30B側に第2ベース凹部45Bを備える。第2圧電ベース部40BのY軸方向の両側に第1接続電極41aおよび第2接続電極41bが設けられている。第1接続電極41aの下には貫通電極42aが設けられ、第2接続電極41bの下には貫通電極42bが設けられている。また、貫通電極42aは外部電極44aに接続され、貫通電極42bは外部電極44bに接続されている。第2圧電ベース部40BのZ軸方向の高さH5は120μm～180μmに設定され、エッチング等により形成された第2ベース凹部45Bの高さH7は30μm～100μm程度に設定される。

## 【0045】

水晶振動子の作製時、または水晶振動子のプリント基板への取り付け時には水晶振動子に熱が加えられる。その時に、第2リッド部20B及び第2圧電ベース部40Bに水晶材料とは異なる種類の材料を使用する場合、水晶振動子内には熱膨張係数の差による応力が加わる。熱膨張係数の差が大きいと、この応力も大きくなり、特に外枠部36を備える第2圧電フレーム30Bでは強度の弱い外枠部36の角等が破損することがある。そのため、第2リッド部20B及び第2圧電ベース部40Bと第2圧電フレーム30Bとの熱膨張係数の差を小さくすることが望まれる。第2リッド部20B及び第2圧電ベース部40Bに水晶を使用することは、ガラスを使用した場合に比べて第2圧電フレーム30Bとの熱膨張係数の差を小さくし、第2水晶振動子10B内の応力を小さくすることができるため好ましい。さらに、ガラスを使用した場合に比べて水晶振動子の小型化・低背化が可能となるため好ましい。

10

## 【0046】

なお、第2実施形態では第2リッド部20Bと第2圧電ベース部40Bとが同じ高さであり、第2リッド凹部25Bと第2ベース凹部45Bとが同じ深さ（高さ）である。しかし、それらは異なる高さまたは深さであってもよい。

## 【0047】

第2圧電フレーム30Bは水晶材料より構成されている。第2圧電フレーム30BのZ軸方向の高さH6は60μm～200μm程度に設定される。第2圧電フレーム30Bは、その中央部にいわゆる第2音叉型圧電振動片100Bと外側に外枠部36とを有しており、第2音叉型圧電振動片100Bと外枠部36との間には空間部37が形成されている。ここで、第2音叉型圧電振動片100Bは基部38から伸びた支持腕SAを介して外枠部36と接続されている。

20

## 【0048】

ここで、第2音叉型水晶振動片100Bの外形および大きさは、第1実施形態と同じである。例えば振動腕31の長さ、基部38の長さおよび各電極の厚さなども第1実施形態のそれとと同じであるため、説明を省略する。

## 【0049】

第2実施形態においても、第1実施形態と同じように、水晶振動子のC/I値劣化量の限界は15kV以下と設定することが好ましい。したがって、キャビティ容積Vcと振動腕体積Vaとの比率を調節してC/I値劣化量の限界を15kV以下にしている。

30

## 【0050】

ここで、図2を参照するとキャビティ容積Vcと振動腕体積Vaとの容積率が12以上である場合、C/I値劣化量は15kV以下となる。第2実施形態は、第2圧電フレーム30Bの高さH6が60μm～200μmあるため、第1実施形態と比べて、第2リッド凹部25Bまたは第2ベース凹部45Bの同じ深さ（高さ）をそれほど高くしなくてもよい。すなわち、第2リッド凹部25Bまたは第2ベース凹部45Bを形成する際のエッチング時間を少なくすることができる。

40

## 【0051】

50

## (第3実施形態)

## &lt;第3水晶振動子10C&gt;

図4は、第3実施形態の第3水晶振動子10Cの分解断面図である。第3実施形態において、第2実施形態と同じ構成要件には同一の符号をつけて説明する。図2で示されたように、振動腕体積V<sub>a</sub>が一定でキャビティ容積V<sub>c</sub>が大きくなればC<sub>I</sub>値劣化量が小さくなる。そこで、第3実施形態は、リッド部および圧電ベース部の強度または剛性をできるだけ維持したままでキャビティ容積V<sub>c</sub>を大きくする第一例を開示する。

## 【0052】

第3リッド部20C、第2圧電フレーム30Bおよび第3圧電ベース部40Cはシロキサン結合(Si-O-Si)により接合されて立方体形状の第3キャビティ200Cを形成する。ここで、シロキサン結合については第1実施形態で説明されたシロキサン結合と同じである。また、第2圧電フレーム30Bは、第2実施形態と同じである。

10

## 【0053】

第3実施形態は、第2実施形態と比べると、リッド部の形状または圧電ベース部の形状が異なっている。詳しく説明すると、第3リッド凹部25Cにはサブキャビティとしてサブ凹部26Cが形成され、第3ベース凹部45Cにはサブキャビティとしてサブ凹部46Cが形成されている。

## 【0054】

第3水晶振動子10Cの外形寸法は、第1実施形態又は第2実施形態と同じであり、第3水晶振動子10CのY軸方向の長さL1は2000μm程度である。第3キャビティ200Cの寸法は次の通りである。第3リッド凹部25Cおよび第3ベース凹部45CのY軸方向の長さL2は1840μm程度に設定される。

20

## 【0055】

第3リッド凹部25Cおよび第3ベース凹部45Cの深さ(高さ)H8は、10μm~100μm程度である。サブ凹部26Cおよびサブ凹部46CのY軸方向の長さL3は長さL2より小さく、200μm~1800μm程度である。また、サブ凹部26Cおよびサブ凹部46CのZ軸方向の深さ(高さ)H9は10μm~100μm程度に設定される。第3リッド凹部25Cおよび第3ベース凹部45Cの強度または剛性が考慮されて、サブ凹部26Cおよびサブ凹部46Cの長さL3または深さ(高さ)H9が決められる。第3リッド凹部25Cおよび第3圧電ベース凹部45Cの寸法または形状は必ずしも同じである必要はない。

30

## 【0056】

第3実施形態において、エッティング等により第3リッド凹部25Cおよび第3ベース凹部45Cの深さ(高さ)H8とサブ凹部26Cおよび46Cの長さL3およびZ軸方向の深さ(高さ)H9とを調節することで、キャビティ容積V<sub>c</sub>と振動腕体積V<sub>a</sub>との容積率を12以上にする。これにより、第3水晶振動子10CのC<sub>I</sub>値劣化量が15kより小さくなる。

## 【0057】

## (第4実施形態)

## &lt;第4水晶振動子10D&gt;

40

図5は、第4実施形態の第4水晶振動子10Dの分解斜視図である。図6は、図5のA-A断面図である。第4実施形態において、第3実施形態と同じ構成要件には同一の符号をつけて説明する。図2で示されたように、振動腕体積V<sub>a</sub>が一定でキャビティ容積V<sub>c</sub>が大きくなればC<sub>I</sub>値劣化量が小さくなる。そこで、第4実施形態は、リッド部および圧電ベース部の強度または剛性をできるだけ維持したままでキャビティ容積V<sub>c</sub>を大きくする第二例を開示する。

## 【0058】

第4リッド部20D、第2圧電フレーム30Bおよび第4圧電ベース部40Dはシロキサン結合(Si-O-Si)により接合されて第4キャビティ200Dを形成する。ここで、シロキサン結合については第1実施形態で説明されたシロキサン結合と同じである。

50

また、第2圧電フレーム30Bは、第2実施形態と同じである。

【0059】

第4実施形態は、第3実施形態と比べると、リッド部の形状または圧電ベース部の形状が異なっている。詳しく説明すると、第4リッド凹部25Dにはサブキャビティとしてサブ複数の小凹部26Dが形成され、第4ベース凹部45Dにはサブキャビティとして複数のサブ凹部46Dが形成されている。

【0060】

図5に示されたように、第4リッド部20Dおよび第4圧電ベース部40Dには、それぞれY軸方向に沿って9個、X軸方向に沿って6個の合計54個のサブ凹部26Dおよび46Dがそれぞれ形成されている。必要によってサブ凹部の個数を変更させてもよい。小サブ凹部26Dおよび46Dは、それらの断面が矩形形状で示されているが円形又は多角形であってもよい。

10

【0061】

図6に示されたように、第4水晶振動子10Dの外形寸法は、第3実施形態と同じであり、第4水晶振動子10DのY軸方向の長さL1は2000μm程度である。第4キャビティ200Dの寸法は次の通りである。第4リッド凹部25Dおよび第4ベース凹部45DのY軸方向の長さL2は1840μm程度に設定される。第4リッド凹部25Dおよび第4ベース凹部45Dの深さ(高さ)H10は、10μm~100μm程度である。また、小サブ凹部26Dおよび小サブ凹部46DのZ軸方向の深さ(高さ)H11は10μm~100μm程度に設定される。小サブ凹部26Dおよび46DのY軸方向の長さL4は10μm~50μm程度に設定される。第4リッド凹部25Dおよび第4ベース凹部45Dの強度または剛性が考慮されて、小サブ凹部26Dおよび小サブ凹部46Dの長さL4または深さ(高さ)H11が決められる。第4リッド凹部25Dの寸法などと第4ベース凹部45Dの寸法などとは必ずしも同じである必要はない。また小サブ凹部26Dの寸法などと小サブ凹部46Dの寸法などとは必ずしも同じである必要はない。

20

【0062】

第4実施形態において、エッチング等により第4リッド凹部25Dおよび第4ベース凹部45Dの高さH10と、小サブ凹部26Dおよび46Dの長さL4および高さH11と、小サブ凹部26Dおよび46Dの数量とを調節することで、キャビティ容積Vcと振動腕体積Vaとの容積率を1.2以上にする。これにより、第4水晶振動子10DのC/I値劣化量が1.5kより小さくなる。

30

【0063】

隣り合う小サブ凹部26Dの間にはリブ状部材が形成され、隣り合う小サブ凹部46Dの間にはリブ状部材が形成される。このため、第4リッド凹部25Dおよび第4ベース凹部45Dは強度を有しているため、小サブ凹部26Dおよび小サブ凹部46Dの深さ(高さ)H11が深くすることができる。

【0064】

(第5実施形態)

<第5水晶振動子10E>

40

図7は、第5実施形態の第5水晶振動子10Eの分解断面図である。第5実施形態において、第2実施形態と同じ構成要件には同一の符号をつけて説明する。図2で示されたように、振動腕体積Vaが一定でキャビティ容積Vcが大きくなればC/I値劣化量が小さくなる。そこで、第5実施形態は、リッド部および圧電ベース部の強度または剛性をできるだけ維持したままでキャビティ容積Vcを大きくする第三例を開示する。

【0065】

第5リッド部20E、第2圧電フレーム30Bおよび第5圧電ベース部40Eはシロキサン結合(Si-O-Si)により接合されて第5キャビティ200Eを形成する。ここで、シロキサン結合については第1実施形態で説明されたシロキサン結合と同じである。また、第2圧電フレーム30Bは、第2実施形態と同じである。

50

## 【0066】

第5実施形態は、第3実施形態と比べると、リッド部の形状または圧電ベース部の形状が異なっている。詳しく説明すると、第5リッド凹部25Eはドーム状の凹みが形成され、第5ベース凹部45Eもドーム状の凹みが形成されている。

## 【0067】

例えば、リッド部の断面形状または圧電ベース部の断面形状が矩形となっていると、パッケージの外部より力が加わると、矩形の角に応力が集中しやすい。このように応力の集中しやすい角があると、リッド部または圧電ベース部の凹部が形成されている薄い部分が破損しやすい状態となる。これに対し、図7に示された形状では、断面がドーム状（曲線状）に形成され、角部が少なくなり応力が集中しにくくなる。このため、第5水晶振動子10Eは破損しにくい状態となっている。10

## 【0068】

図7に示される第5リッド部20Eの第5リッド凹部25Eの最大深さ（高さ）H12は、100μm～160μmに設定することができる。同様に、第5ベース凹部45Eの最大深さ（高さ）H12は、100μm～160μmに設定することができる。このように、図7に示される第5水晶振動子10Eは、キャビティ容積Vcを大きくしても、強度の低下が抑制されている。

## 【0069】

なお、ドーム状の第5リッド凹部25Eおよび第5ベース凹部45Eは、例えばウエットエッチングにより形成することができる。また、第5リッド凹部25Eおよび第5ベース凹部45Eは、最初にサンドブラスト法を用いてドーム形状にした後にウエットエッチングを行って形成することもできる。20

## 【0070】

以上、第1実施形態から第5実施形態では、リッド部およびベース部は水晶材料等の圧電体を使用した例を示した。このような圧電材料以外にもガラス材料を使用することができる。たとえば、第1実施形態において、水晶材料の第1リッド部20Aおよび第1圧電ベース部40Aに代えてガラス材料を使用した場合、リッド用のガラスウエハとベース用のガラスウエハとは陽極接合で接合することができる。

## 【0071】

また、第2～第5実施形態において、水晶材料の第2リッド部20Bおよび第2圧電ベース部40Bに代えてガラス材料を使用した場合、リッド用のガラスウエハとベース用のガラスウエハとは陽極接合で接合することができる。この場合には、第2圧電フレーム30Bは、エッチングにより形成された第2音叉型水晶動片100Bの外枠部36に、四角枠の形状の金属膜を形成して陽極接合する。30

## 【0072】

また、特に図示しないが、第1実施形態の第1リッド部20Aおよび第1圧電ベース部40Aに代えて、第3～第5実施形態のリッド部および圧電ベース部を適用することも可能である。40

## 【産業上の利用可能性】

## 【0073】

以上、本発明の最適な実施形態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実施形態に様々な変更・変形を加えて実施することができる。また本発明は、圧電振動子以外にも、発振回路を組み込んだICなどをベース部上に配置させた圧電発振子にも適用できる。

## 【符号の説明】

## 【0074】

10A～10E … 水晶振動子

100A … 第1音叉型水晶振動片

10

20

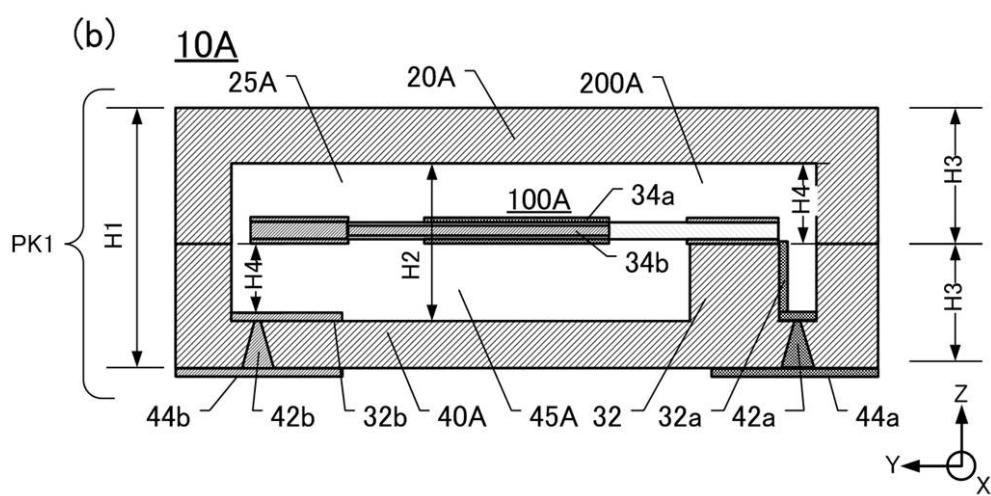
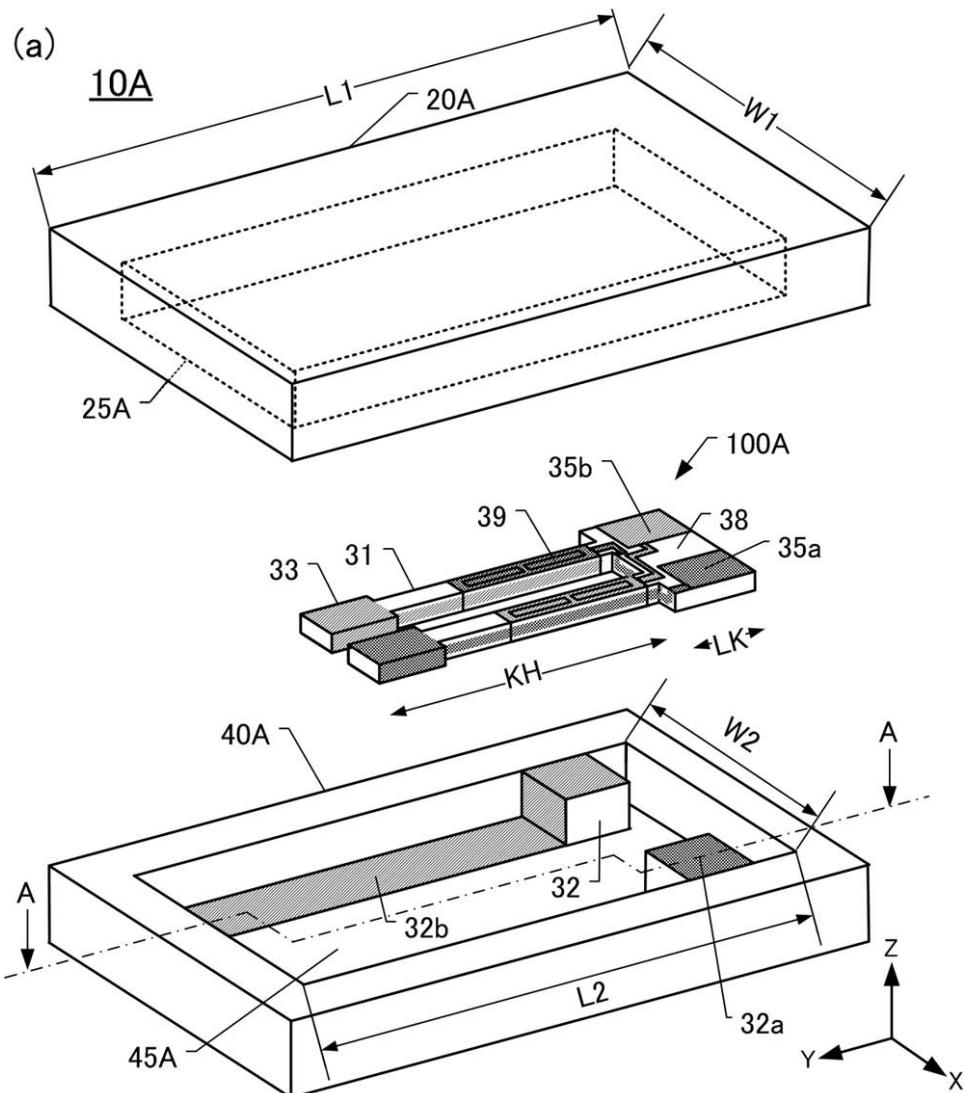
30

40

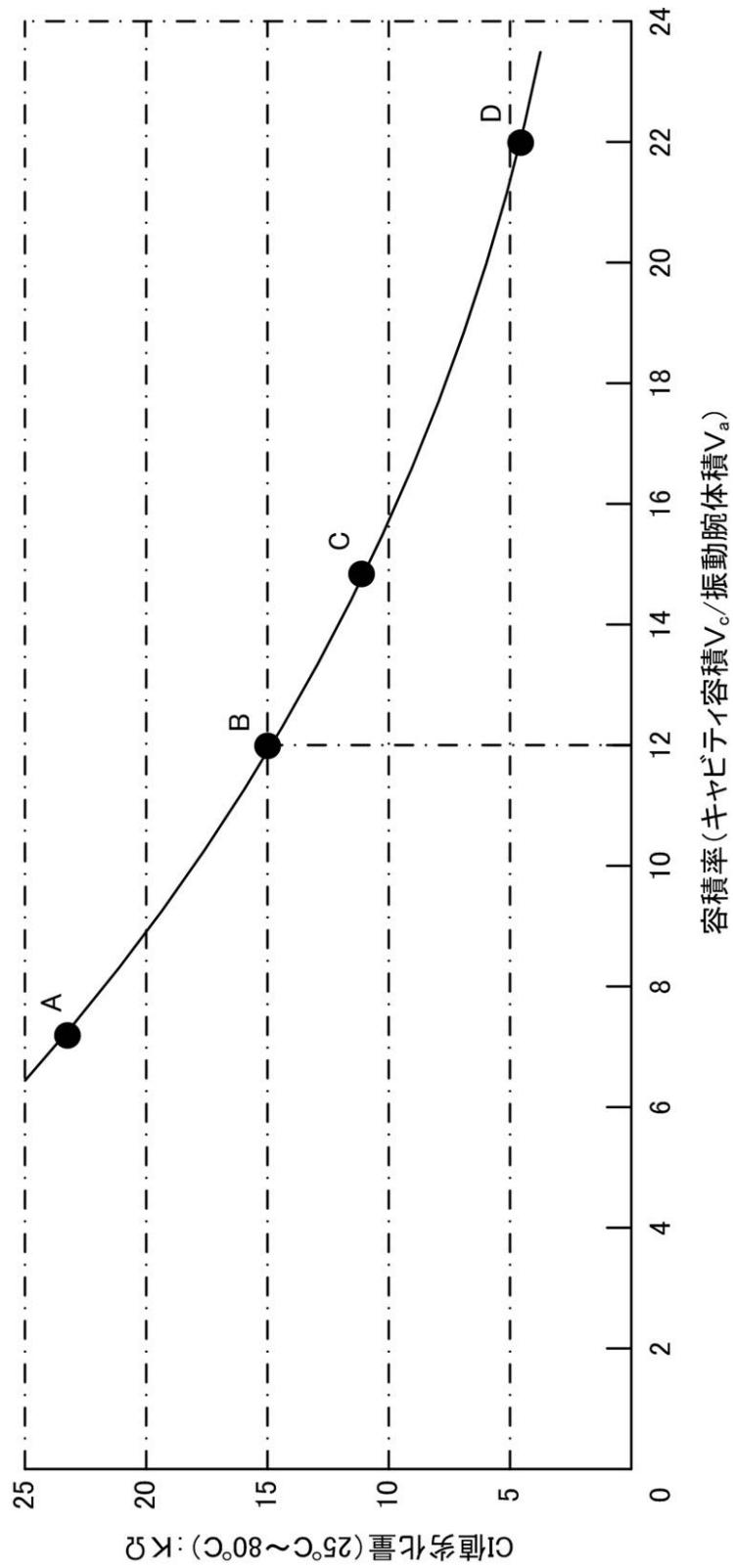
50

1 0 0 B	...	第2音叉型水晶振動片	
2 0 A ~ 2 0 E	...	リッド部	
2 2	...	キャビティ	
2 5 A ~ 2 0 E	...	リッド凹部	
2 6 C, 4 6 C	...	サブ凹部	
2 6 D, 4 6 D	...	小凹部	
2 0 0 A ~ 2 0 0 E	...	キャビティ	
3 0 B	...	第2圧電フレーム	
3 1	...	振動腕	
3 2	...	台座 (3 2 a, 3 2 b ... 接続電極)	10
3 3	...	錘部 (3 4 a, 3 4 b ... 励振電極)	
3 5 a, 3 5 b	...	基部電極	
3 6	...	外枠部	
3 7	...	空間部	
3 8	...	基部	
3 9	...	溝部	
4 0 A ~ 4 0 E	...	圧電ベース部	
4 1 a, 4 1 b	...	接続電極	
4 2 a, 4 2 b	...	貫通電極	
4 4 a, 4 4 b	...	外部電極	20
4 5 A ~ 4 5 E	...	ベース凹部	
H	...	深さ(高さ)	
L	...	長さ	
P K	...	パッケージ	
S A	...	支持腕	
W	...	幅	

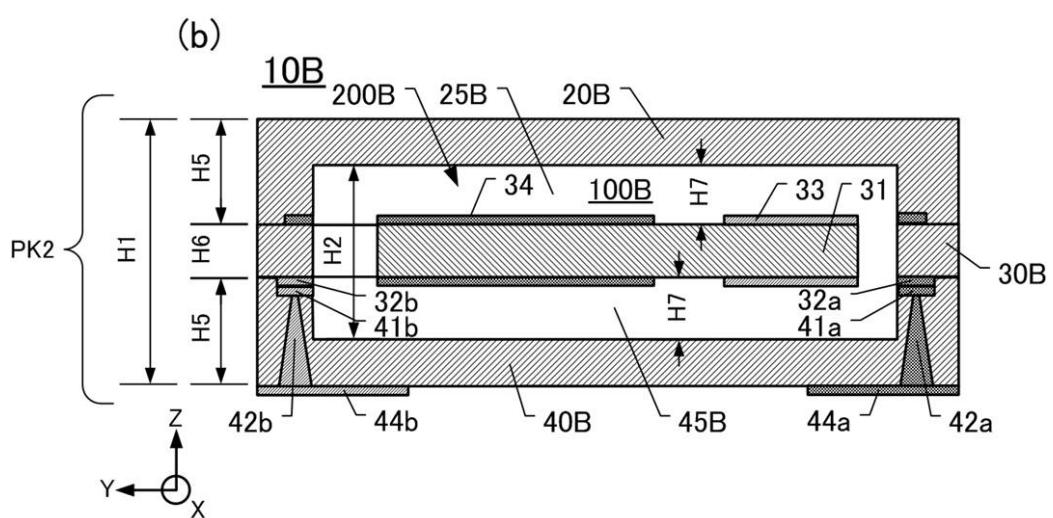
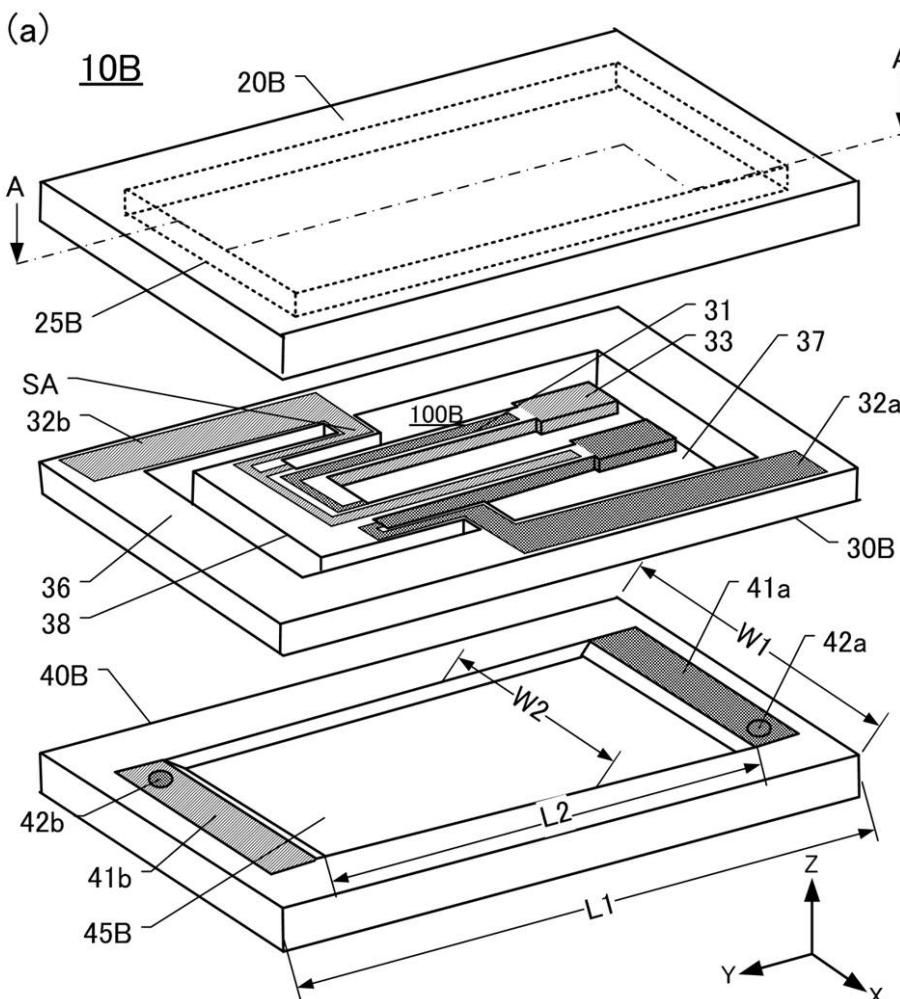
【 図 1 】



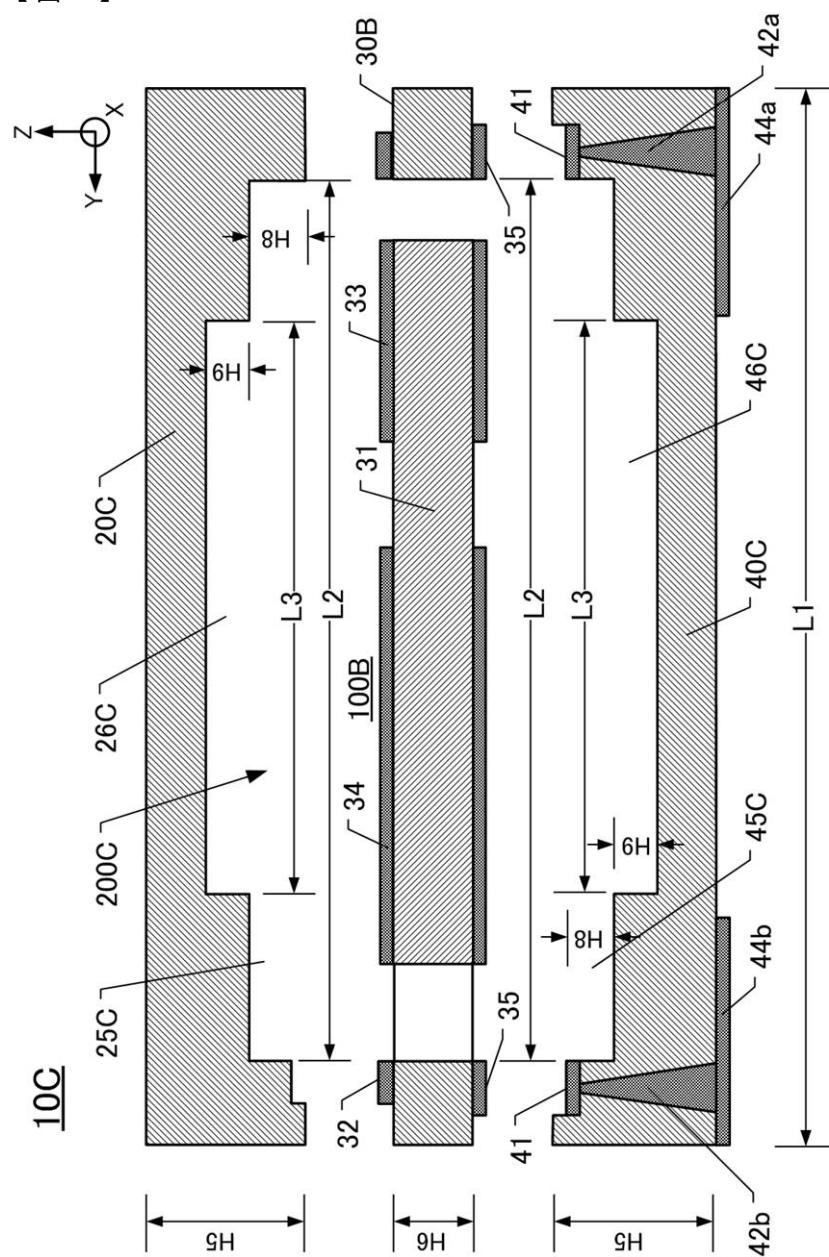
【図2】



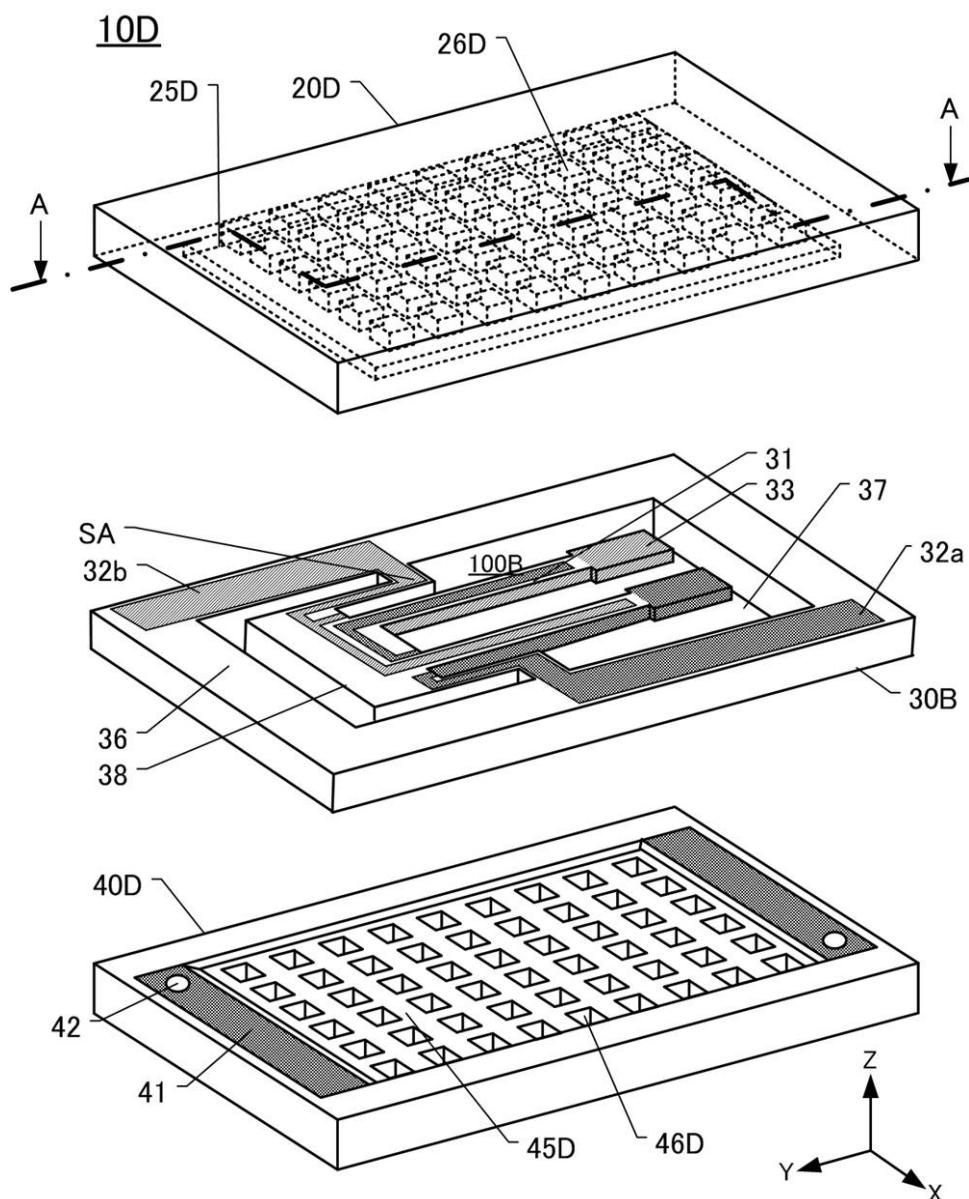
【図3】



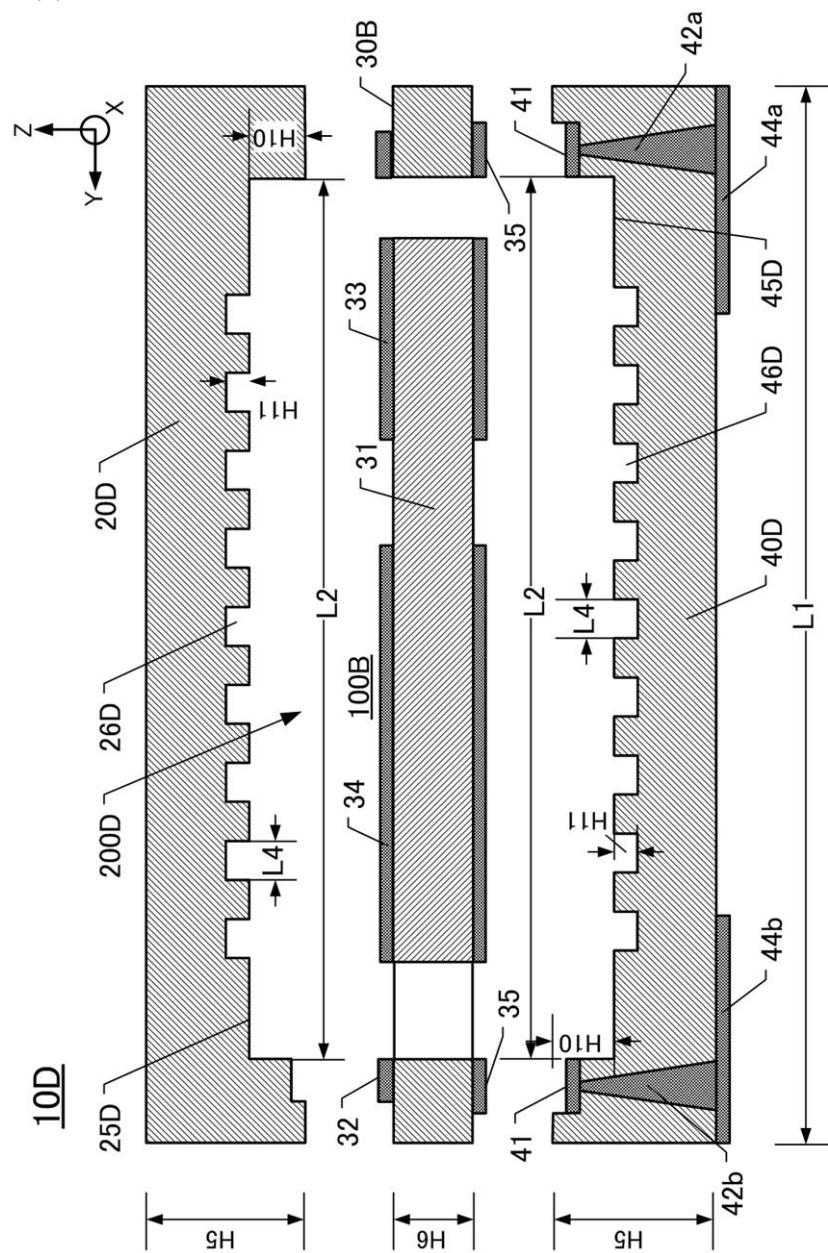
【図4】



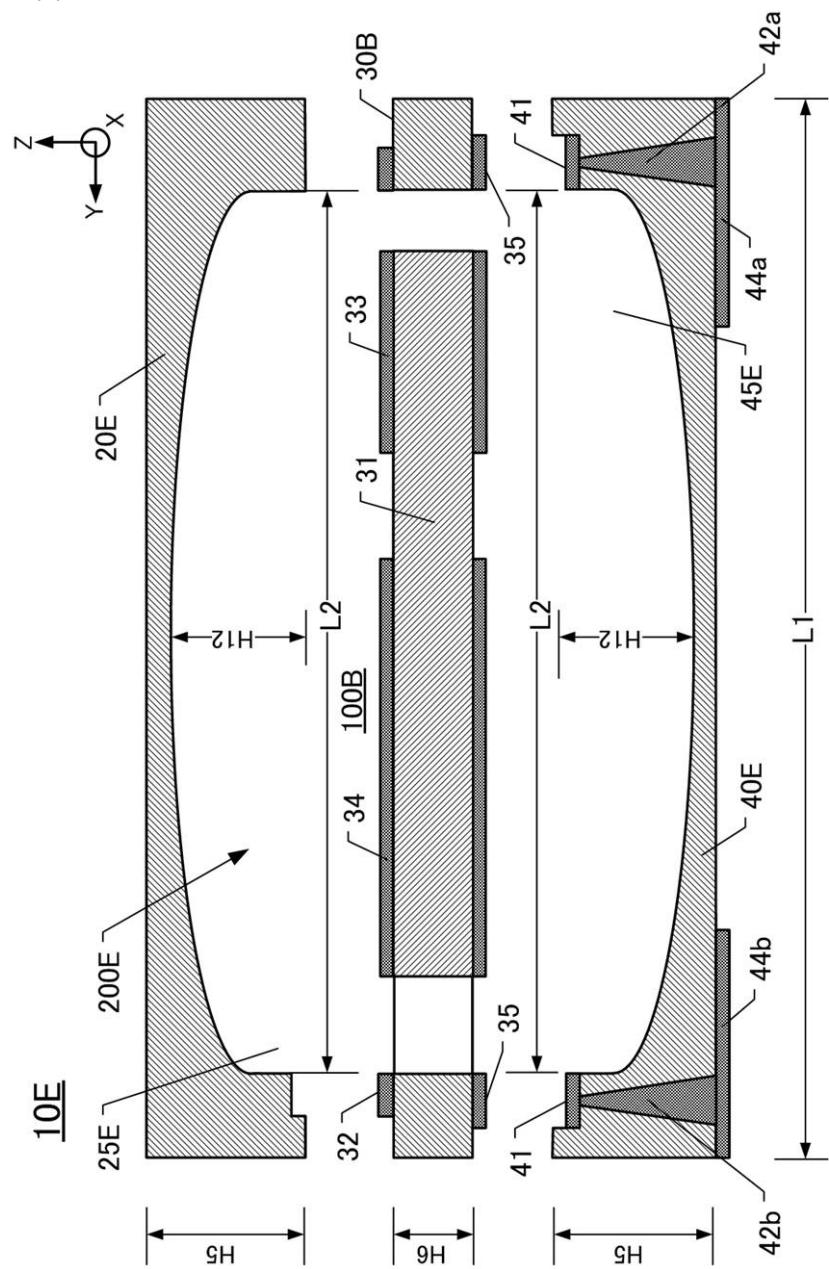
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

審査官 畑中 博幸

(56)参考文献 特開2009-099806 (JP, A)  
特開2009-081670 (JP, A)  
特開2006-013710 (JP, A)  
特開平03-078307 (JP, A)  
特開2009-152989 (JP, A)  
特開2008-060952 (JP, A)  
特開2005-210185 (JP, A)  
特開2006-197278 (JP, A)  
特開2007-129325 (JP, A)  
特開2007-228443 (JP, A)  
特開2009-200778 (JP, A)  
特開2009-194788 (JP, A)  
特開2000-106515 (JP, A)  
特開2008-205657 (JP, A)  
特開2003-209198 (JP, A)  
特開2009-164776 (JP, A)  
特開2008-072456 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H 9/02

H01L 23/08