

(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2012-39226

(P2012-39226A)

(43) 公開日 平成24年2月23日(2012.2.23)

(51) Int.Cl.

H03H 9/19 (2006.01)
H03H 9/215 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01)
H01L 41/18 (2006.01)

F 1

HO3H 9/19
HO3H 9/19
HO3H 9/215
HO1L 41/08
HO1L 41/08

K
J
C
L

テーマコード(参考)

5J108

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2010-175320 (P2010-175320)

(22) 出願日

平成22年8月4日(2010.8.4)

(71) 出願人 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

川西 信吾

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

(72) 発明者 上野 隼輔

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

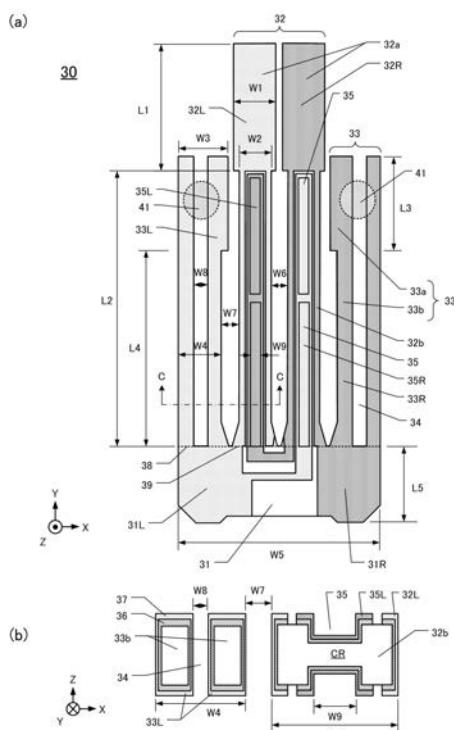
(54) 【発明の名称】音叉型の圧電振動片および圧電デバイス

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、音叉型の圧電振動片を使った圧電デバイスが高温試験された後も周波数変動が小さい音叉型の圧電振動片および圧電デバイスを提供する

【解決手段】 音叉型の圧電振動片(30)は、圧電材料により形成された基部(31)と、基部の一端側から所定方向に伸びる一対の振動腕(32)と、底面を有する溝部又は貫通する貫通孔(34)を有し、振動腕の外側で基部より所定方向に伸びる一対の支持腕(33)と、を備え、溝部又は貫通孔は、支持腕と振動腕との間で基部に形成される支持腕付け根位置(38)から伸びている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電材料により形成された基部と、
前記基部の一端側から所定方向に伸びる一対の振動腕と、
底面を有する溝部又は貫通する貫通孔を有し、前記振動腕の外側で前記基部より前記所定方向に伸びる一対の支持腕と、を備え、
前記溝部又は貫通孔は、前記支持腕と前記振動腕との間で前記基部に形成される支持腕付け根位置から伸びている音叉型の圧電振動片。

【請求項 2】

前記一対の振動腕の間で前記基部に形成される振動腕付け根位置は、前記所定方向において前記支持腕付け根位置と同じである請求項 1 に記載の音叉型の圧電振動片。 10

【請求項 3】

前記一対の振動腕の間で前記基部に形成される振動腕付け根位置は、前記所定方向に前記支持腕付け根位置より前記先端側である請求項 1 に記載の音叉型の圧電振動片。

【請求項 4】

前記一対の支持腕は前記所定方向の途中の中間位置から先端位置に掛けて幅広く形成された一対の幅広領域を有し、

前記溝部又は前記貫通孔は前記先端位置まで形成されている請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに 1 項に記載の音叉型の圧電振動片。 20

【請求項 5】

前記一対の支持腕は前記所定方向の途中の中間位置から先端位置に掛けて幅広く形成された一対の幅広領域を有し、

前記溝部又は前記貫通孔は前記中間位置まで形成されている請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の音叉型の圧電振動片。 20

【請求項 6】

前記基部及び前記振動腕を囲むように形成された外枠を備え、

前記支持腕と前記外枠とが接続され、前記溝部又は前記貫通孔は前記支持腕と前記外枠との接続領域まで形成されている請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の音叉型の圧電振動片。 30

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の音叉型の圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、

前記圧電振動片は、前記一対の支持腕の先端側に塗布された接着剤で支持される圧電デバイス。 30

【請求項 8】

請求項 4 又は請求項 5 に記載の音叉型の圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、前記圧電振動片は、前記一対の幅広領域に塗布された接着剤で支持される圧電デバイス。 30

【請求項 9】

請求項 6 に記載の音叉型の圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、

前記外枠を中心にして 2 枚の平面板で挟み込んで前記圧電振動片が支持される圧電デバイス。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音叉型の圧電振動片および圧電デバイスに関する。特に基部から支持腕が伸びている圧電振動片および圧電デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

50

特許文献 1 に示される音叉型の圧電振動片は基部から伸びる振動腕が設けられ、その振動腕の両外側に基部から伸びる支持腕が設けられている。この支持腕に導電性接着剤が塗布されパッケージに固定されると、音叉型の圧電振動片は、パッケージ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る。また、支持腕で音叉型の圧電振動片が支持されると、パッケージの内部で振動する振動腕の振動漏れによる周波数の変動が小さくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006-148857 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、音叉型の圧電振動片を使った圧電デバイスは、周波数調整後であってもリフロー炉での加熱等で周波数が変化してしまう現象が生じている。圧電デバイスは高温であっても周波数が規格内に入っているように、高温試験（高温恒温試験）後、圧電デバイスを出荷している。特に圧電デバイスが小型化されるに従い、高温試験後の周波数変動を小さくさせることができ難しくなってきている。

【0005】

本発明は、音叉型の圧電振動片を使った圧電デバイスが高温試験された後も周波数変動が小さい音叉型の圧電振動片および圧電デバイスを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

第 1 観点の音叉型の圧電振動片は、圧電材料により形成された基部と、基部の一端側から所定方向に伸びる一対の振動腕と、底面を有する溝部又は貫通する貫通孔を有し、振動腕の外側で基部より所定方向に伸びる一対の支持腕と、を備え、溝部又は貫通孔は、支持腕と振動腕との間で基部に形成される支持腕付け根位置から伸びている。

【0007】

第 2 観点の音叉型の圧電振動片は、第 1 観点において、一対の振動腕の間で基部に形成される振動腕付け根位置は、所定方向において支持腕付け根位置と同じである。

30

【0008】

第 3 観点の音叉型の圧電振動片は、第 1 観点において、一対の振動腕の間で基部に形成される振動腕付け根位置は、所定方向に支持腕付け根位置より先端側である。

【0009】

第 4 観点の音叉型の圧電振動片は、第 1 観点から第 3 観点において、一対の支持腕は所定方向の途中の中間位置から先端位置にかけて幅広く形成された一対の幅広領域を有し、溝部又は貫通孔は先端位置まで形成されている。

【0010】

第 5 観点の音叉型の圧電振動片は、第 1 観点から第 3 観点において、一対の支持腕は所定方向の途中の中間位置から先端位置にかけて幅広く形成された一対の幅広領域を有し、溝部又は貫通孔は中間位置まで形成されている。

40

【0011】

第 6 観点の音叉型の圧電振動片は、第 1 観点から第 3 観点において、基部及び振動腕を囲むように形成された外枠を備え、支持腕と外枠とが接続され、溝部又は貫通孔は支持腕と外枠との接続領域まで形成されている。

【0012】

第 7 観点の音叉型の圧電デバイスは、第 1 観点から第 3 観点に記載の音叉型の圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、圧電振動片は、一対の支持腕の先端側に塗布された接着剤で支持される。

【0013】

50

第8観点の音叉型の圧電デバイスは、第4観点又は第5観点に記載の音叉型の圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、圧電振動片は、前記一対の幅広領域に塗布された接着剤で支持される。

【0014】

第9観点の音叉型の圧電デバイスは、第6観点に記載の音叉型の圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、外枠を中心にして2枚の平面板で挟み込んで前記圧電振動片が支持される。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、音叉型の圧電振動片を使った圧電デバイスが高温試験された後も周波数変動が小さい音叉型の圧電振動片および圧電デバイスを提供できる。このため、圧電デバイスの不良率が減少する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】(a)は、圧電デバイス100の斜視図である。(b)は、圧電デバイス100の断面図である。(c)は、音叉型圧電振動片30が載置されたパッケージ20の上面図である。

【図2】(a)は、音叉型圧電振動片30の平面図である。(b)は図2(a)のC-C概略断面図である。

【図3】音叉型圧電振動片130の平面図である。

【図4】(a)は、音叉型圧電振動片230の平面図である。(b)は、図4(a)の概略D-D断面図である。

【図5】音叉型圧電振動片330の平面図である。

【図6】(a)は、音叉型圧電振動片PAの高温試験の前後での周波数変化を示すグラフである。(b)は、27個の音叉型圧電振動片330の高温試験の前後での周波数変化を示すグラフである。(c)は、50個の音叉型圧電振動片330の高温試験の前後での周波数変化を示すグラフである。

【図7】音叉型圧電振動片430の平面図である。

【図8】音叉型圧電振動片530の平面図である。

【図9】(a)は、圧電デバイス600の斜視図である。(b)は、図9(a)のE-E分解断面図である。

【図10】音叉型圧電振動片630の平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の好適な実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明の範囲は以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られるものではない。

【0018】

(第1実施例)

<圧電デバイス100>

図1(a)は、圧電デバイス100の斜視図である。圧電デバイス100は、リッド10、パッケージ20、及びパッケージ20内に載置されている音叉型圧電振動片30(図1(b)参照)により構成されている。以下、パッケージ20の長辺方向であり音叉型圧電振動片30の振動腕32(図1(c)参照)が伸びている方向をY軸方向、パッケージ20の短辺方向であり一対の振動腕32が並んでいる方向をX軸方向、X軸方向とY軸方向とに垂直な方向をZ軸方向として説明する。

【0019】

パッケージ20は、内側にキャビティ24(図1(b)参照)が形成されており、キャビティ24に音叉型圧電振動片30が載置されている。また、パッケージ20の-Z軸側の面には外部電極21が形成されている。リッド10は、キャビティ24を密封するよう

10

20

30

40

50

にパッケージ 20 の + Z 軸側に配置されている。

【0020】

図 1 (b) は、圧電デバイス 100 の断面図である。図 1 (b) は、図 1 (a) の A - A における断面図になっている。パッケージ 20 の内側にはキャビティ 24 が形成されており、キャビティ 24 内には接続電極 22 が形成されている。接続電極 22 は導電部 (不図示) を通して外部電極 21 に電気的に接続されている。また、キャビティ 24 には音叉型圧電振動片 30 が載置されている。音叉型圧電振動片 30 は、接続電極 22 と導電性接着剤 41 を通して電気的に接続されている。さらに、キャビティ 24 は、リッド 10 とパッケージ 20 とが封止材 40 により接着されることによって密閉されている。

【0021】

図 1 (c) は、音叉型圧電振動片 30 が載置されたパッケージ 20 の上面図である。また、図 1 (c) は、図 1 (b) の B - B 断面図である。音叉型圧電振動片 30 は、基部 31 と基部 31 より伸びる一対の振動腕 32 と一対の振動腕 32 の外側に伸びる一対の支持腕 33 とを有している。また、パッケージ 20 内には 2カ所に接続電極 22 が形成されている。音叉型圧電振動片 30 は、支持腕 33 で接続電極 22 と接続されている。

【0022】

圧電デバイス 100 では、音叉型圧電振動片 32 がキャビティ 24 の中に載置され、導電性接着剤 41 により接続電極 22 と接着され固定される。そして、パッケージ 20 とリッド 10 とが封止材 40 により接着され、キャビティ 24 が封止される。このようにして圧電デバイス 100 は完成するが、圧電デバイス 100 は一般に 280 前後のリフロー炉でプリント基板にはんだ付けされる。以下、圧電デバイス 100 が 200 以上で一定時間加熱されることを高温試験工程という。そして、圧電デバイス 100 は高温試験工程の後でもできるだけ周波数が変動しないことが求められる。

【0023】

本願発明者は、圧電デバイス 100 は高温試験工程の後に周波数が変動する原因を探求していた。そして高温試験工程では、導電性接着剤 41 の残留応力が支持腕を伝わって振動腕に影響を及ぼし、音叉型圧電振動片の周波数を変動させてしまうことを突き止めた。

【0024】

<音叉型圧電振動片 30 >

図 2 (a) は、音叉型圧電振動片 30 の平面図である。また、図 2 (b) は図 2 (a) の C - C 概略断面図である。以下、図 2 (a) 及び図 2 (b) を参照して音叉型圧電振動片 30 について説明する。

【0025】

音叉型圧電振動片 30 は、基部 31 と基部 31 から互いに平行に伸びている一対の振動腕 32 と一対の振動腕 32 の外側に + Y 軸方向に伸びる一対の支持腕 33 とを備えている。振動腕 32 及び支持腕 33 と基部 31 とはそれぞれ振動腕付け根位置 39 及び支持腕付け根位置 38 において繋がっている。振動腕付け根位置 39 及び支持腕付け根位置 38 は Y 軸方向に対して同じ位置になるように形成されている。また、音叉型圧電振動片 30 は圧電材料 CR を基材としている。圧電材料 CR の表面には電極が形成される。電極として用いられる金 (Au) 又は銀 (Ag) は圧電材料 CR に直接形成することが困難であるため、圧電材料 CR の表面に電極と同じ形状に第 1 層 36 を形成し、第 1 層 36 の表面上に第 2 層 37 を形成している。圧電材料 CR には、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等が用いられる。また、第 1 層 36 の材料には、Cr、Ni 等が用いられ第 2 層 37 の材料には金 (Au) 、銀 (Ag) 等が用いられる。

【0026】

各振動腕 32 は、振動腕 32 の + Y 軸側に形成される錐部 32a と錐部 32a 及び基部 31 の間に形成される振動部 32b とを有している。各振動部 32b の表側 (+ Z 軸側) の正面にはそれぞれ 2 つの溝部 35 が形成され、裏側の正面にも同様に 2 つの溝部 35 が形成される。各支持腕 33 には、支持腕 33 を Z 軸方向に貫通する貫通孔 34 が形成されている。貫通孔 34 は、支持腕付け根位置 38 から支持腕 33 の + Y 軸側の先端まで形成

10

20

30

40

50

されている。また、各支持腕33の+Y軸側には導電性接着剤41を塗布するための接着部33aが形成されており、接着部33aと基部31との間には接着部33aよりも幅の細い支持部33bが形成されている。

【0027】

また、音叉型圧電振動片30には、互いに電気的に接続されておらず、異なる電圧が印加される2つの電極が形成されている。一方の電極は、基部31の+X軸側に形成されている電極31Rと、+X軸側の振動腕32の溝部35以外の領域に形成されている電極32Rと、-X軸側の振動腕32の溝部35に形成されている電極35Lと、+X軸側の支持腕33に形成されている電極33Rと、により形成されている。他方の電極は、基部31の-X軸側に形成されている電極31Lと、-X軸側の振動腕32の溝部35以外の領域に形成されている電極32Lと、+X軸側の振動腕32の溝部35に形成されている電極35Rと、-X軸側の支持腕33に形成されている電極33Lと、により形成されている。図2(a)では、同じ電位の電極に対して、同じ模様のハッチングを描いている。

10

【0028】

音叉型圧電振動片30の各部の幅の寸法は、例えば以下のようになる。振動腕32の錐部32aの幅W1は100μm、振動腕32の振動部32bの幅W2は75μmである。また、支持腕33の接着部33aの幅W3は80μm、支持腕33の支持部33bの幅W4は60μmである。また基部31の幅W5は500μm、一対の振動腕32の振動部32b間の幅W6は64μm、振動腕32の振動部32bと支持腕33の支持部33bとの間の幅W7は89μm、貫通部34の幅W8は35μmである。また、振動腕32の溝部の幅W9は、振動部32bの幅W2の50%~80%に当たる37.5μm~60μmの範囲で形成される。

20

【0029】

また、音叉型圧電振動片30の各部の長さの寸法は、例えば以下のようになる。振動腕32の錐部32aの長さL1は400μm、振動腕32の振動部32bの長さL2は900μm、支持腕33の接着部33aの長さL3は540μm、支持腕33の支持部33bの長さL4は500μm、基部31の長さL5は150μmである。

20

【0030】

音叉型圧電振動片30では支持腕33に貫通孔34が形成されているため、導電性接着剤41の応力に対して支持腕33が柔軟に変形し応力を緩和する。そして、振動腕32へ導電性接着剤41の応力の影響が伝わらないようにし、キャビティ封止後の音叉型圧電振動片の周波数変動が小さくなる。

30

【0031】

<音叉型圧電振動片130>

音叉型圧電振動片30は、振動腕付け根位置39と支持腕付け根位置38とがY軸方向に対して同一の位置に形成されていた。しかし、Y軸方向に対して、支持腕付け根位置38は振動腕付け根位置39の-Y軸側に形成されていても良い。以下に、Y軸方向に対して、支持腕付け根位置38が振動腕付け根位置39の-Y軸側に形成されている音叉型圧電振動片130について説明する。

40

【0032】

図3は、音叉型圧電振動片130の平面図である。音叉型圧電振動片130は、基部131と基部131から互いに平行に伸びている一対の振動腕132と一対の振動腕132の外側に+Y軸方向に伸びる一対の支持腕133とを備えている。振動腕132及び支持腕133と基部131とはそれぞれ振動腕付け根位置139及び支持腕付け根位置138において繋がっている。支持腕付け根位置138は振動腕付け根位置139に対して-Y軸側に形成されている。また、振動腕132と支持腕133との間の基部131のY軸方向の長さL6は、音叉型圧電振動片30よりも短くなっている。さらに、各支持腕133には、支持腕133をZ軸方向に貫通する貫通孔134が形成されている。貫通孔134は、支持腕付け根位置138から支持腕133の+Y軸側の先端まで形成されている。その他の構成は音叉型圧電振動片30と同様であるので説明を省略する。

50

【0033】

音叉型圧電振動片130では、振動腕132と支持腕133との間の基部131のY軸方向の長さL6が音叉型圧電振動片30よりも短くなっているため、支持腕133にかかる応力が振動腕132へ伝わりにくくなり、音叉型圧電振動片130の周波数変動を小さくすることができる。

【0034】

<音叉型圧電振動片230>

音叉型圧電振動片30では、基部31の幅W5をさらに広くしても良い。また、支持腕33の接着部33aと支持部33bとの間に接着サポート部33cを設けても良い。また、支持腕33に形成されている貫通孔34は溝部であっても良い。以下に音叉型圧電振動片230について説明する。

10

【0035】

図4(a)は、音叉型圧電振動片230の平面図である。音叉型圧電振動片230は、基部231と基部231から互いに平行に伸びている一対の振動腕232と一対の振動腕232の外側に+Y軸方向に伸びる一対の支持腕233とを備えている。振動腕232及び支持腕233と基部231とはそれぞれ振動腕付け根位置239及び支持腕付け根位置238において繋がっている。支持腕付け根位置238は振動腕付け根位置239に対して-Y軸方向に形成されている。基部231の幅W25は、音叉型圧電振動片30の基部31の幅W5よりも広く形成されている。また、それによって音叉型圧電振動片30の振動腕32と支持腕33との間の幅W7は、幅W7よりも広い幅W27となっている。

20

【0036】

さらに、各支持腕233の+Y軸側には導電性接着剤41を塗布するための接着部233aが形成されており、基部231側には支持部233bが形成されている。また、接着部233aと支持部233bとの間には接着サポート部233cが形成されている。接着サポート部233cの幅W10は、導電性接着剤41を塗布しやすくするために支持部233bよりも広く、接続部233aで発生する応力を振動腕232に伝えにくくするために接続部233aよりも狭く形成されている。接着部233a及び接着サポート部233cは支持部233bに対して幅広領域となっている。音叉型圧電振動片230では接着部233a及び接着サポート部233cの全面に導電性接着剤41が塗布されても良いし、図4(a)に示されるように、各支持腕に2カ所又は複数の導電性接着剤41が塗布されても良い。

30

【0037】

図4(b)は、図4(a)の概略D-D断面図である。音叉型圧電振動片230の各支持腕233には、支持腕233の表裏面である±Z軸面に溝部234が形成されている。溝部234は、Y軸方向には支持腕付け根位置38から支持腕33の+Y軸側の先端まで形成されている。溝部234は底面234aを有しており貫通していない。溝部234は振動腕の溝部235と同時にエッティングで形成される。

【0038】

音叉型圧電振動片230では、基部231の幅W25が広く形成され、支持部233bと振動腕232との間の幅W27を広く取ったことにより支持腕233と振動腕232との距離が遠くなる。そのため、支持腕233で発生した応力が振動腕232に伝わりにくくなっている。

40

【0039】

<音叉型圧電振動片330>

音叉型圧電振動片30は、支持腕33に形成されている貫通孔34が、支持腕33の+Y軸側の先端まで形成されなくてても良い。以下に、支持腕に形成されている貫通孔が、支持腕の+Y軸側の先端まで形成されていない音叉型振動片330について説明する。

【0040】

図5は、音叉型圧電振動片330の平面図である。音叉型圧電振動片330は、基部31と基部331から互いに平行に伸びている一対の振動腕332と一対の振動腕332

50

の外側に + Y 軸方向に伸びる一対の支持腕 333 を備えている。振動腕 332 及び支持腕 333 と基部 331 とはそれぞれ振動腕付け根位置 339 及び支持腕付け根位置 338 において繋がっている。支持腕付け根位置 338 と振動腕付け根位置 339 とは Y 軸方向に同じ位置に形成されている。支持腕 333 は、接着部 333a 及び接着部 333a と基部 331 との間には支持部 333b が形成されている。また、各支持部 333b には、支持部 333b を Z 軸方向に貫通する貫通孔 334 が形成されている。貫通孔 334 は、支持腕付け根位置 338 から支持部 333b の + Y 軸側の中間位置 338a まで形成されている。貫通孔 334 の Y 軸方向の長さ L7 は、例えば 500 μm である。その他の構成は音叉型圧電振動片 30 と同様であるので説明を省略する。

【0041】

音叉型圧電振動片 30 は、支持部 333b に貫通孔 334 が形成されることにより支持腕 333 が柔軟に動くようになり、導電性接着剤 41 からの応力を逃すことができる。また、接続部 333a にも貫通孔が形成されている場合は、支持腕が Z 軸方向へ変位したり Y 軸に対して回転したりする等の応力を発生させてしまう場合あったが、接続部 333a に貫通孔を形成しないことにより、これらの応力の発生を防ぐことができる。

【0042】

< 実験 1 >

貫通孔 334 の周波数変動に対する効果を調べるために、貫通孔 334 が形成されていない点で異なる従来の音叉型圧電振動片 30 (以下、音叉型圧電振動片 PA とする。) を作製した。そして、音叉型圧電振動片 30 を使った圧電デバイスと音叉型圧電振動片 PA を使った圧電デバイスとの高温試験の前後での周波数変化の確認実験を行った。

【0043】

周波数の測定は、音叉型圧電振動片がパッケージ 20 内に配置された圧電デバイスの状態で行われた。また周波数は 3 つの条件で測定した。

T1 : リッド 10 によるキャビティ 24 の封止後

T2 : キャビティ 24 の封止後に行われた第 1 高温試験後

T3 : 第 1 高温試験後にいったん室温に戻し、第 2 高温試験後

第 1 高温試験及び第 2 高温試験は、280 ~ 300 で 3 ~ 5 分間加熱することにより行われた。

【0044】

図 6 (a) は、音叉型圧電振動片 PA の圧電デバイスの高温試験の前後での周波数変化を示すグラフである。封止後 T1 の圧電デバイスの周波数を f とし、T2 及び T3 における周波数 f_2 及び f_3 との差 ($f_2 - f$) および ($f_3 - f$) を f とする。このとき、グラフでは縦軸を f と f の比 f_2/f 、横軸を T1、T2 および T3 として示している。また、封止後 T1 の周波数 f を初期値とした。図 6 (a) は、24 個の音叉型圧電振動片 PA の結果が示されている。T2 での f_2/f は、最小値が 0 ppm、最大値が 4.3 ppm である。また、T3 での f_3/f は、最小値が -2.9 ppm、最大値が 3.8 ppm である。

【0045】

図 6 (b) は、27 個の音叉型圧電振動片 30 の高温試験の前後での周波数変化を示すグラフである。図 6 (b) は、27 個の音叉型圧電振動片 30 の結果が示されている。封止後 T1 の周波数 f は初期値として示している。T2 での f_2/f は、最小値が 0.1 ppm、最大値が 2.5 ppm である。また、T3 での f_3/f は、最小値が 0.2 ppm、最大値が 2.1 ppm である。

【0046】

図 6 (c) は、50 個の音叉型圧電振動片 30 の高温試験の前後での周波数変化を示すグラフである。図 6 (c) は、図 6 (b) と同様の試験を、サンプル数を増やして行っている。図 6 (c) は、50 個の音叉型圧電振動片 30 の結果が示されている。封止後 T1 の周波数 f は初期値として示している。T2 での f_2/f は、最小値が -0.8 ppm、最大値が 1.2 ppm である。また、T3 での f_3/f は、最小値が -0.7 ppm

10

20

30

40

50

、最大値が1.4 ppmである。

【0047】

表1は、図6(a)、図6(b)及び図6(c)の f/f の最大値(max)、最小値(min)及び最大値と最小値との差(max-min)の結果をまとめたものである。

【表1】

		封止後(T1) [ppm]	第1熱処理後(T2) [ppm]	第2熱処理後(T3) [ppm]
音叉型圧電振動片 PA (N=24)	max	0	4.3	3.8
	min	0	0.0	-2.9
	max-min	0	4.3	6.7
音叉型圧電振動片 330 (N=27)	max	0	2.5	2.1
	min	0	0.1	0.2
	max-min	0	2.4	1.9
音叉型圧電振動片 330 (N=50)	max	0	1.2	1.4
	min	0	-0.8	-0.7
	max-min	0	2.0	2.1

【0048】

音叉型圧電振動片PAの結果(図6(a)参照)では、第1高温試験後(T2)の最大値と最小値との差は4.3 ppm、第2高温試験後(T3)の最大値と最小値との差は6.7 ppmである。高温試験の回数が増えるに従い最大値と最小値との差が増加している。これは、高温試験の回数が増えるに従って周波数変動が大きくなる可能性が高いことを示している。

【0049】

また、27個の音叉型圧電振動片330の結果(図6(b)参照)では、第1高温試験後(T2)の最大値と最小値との差は2.4 ppm、第2高温試験後(T3)の最大値と最小値との差は1.9 ppmである。この結果では、高温試験の回数が増えてても最大値と最小値との差は大きく変化しておらず、高温試験の回数が増えてても周波数変動は大きくならないことが予想される。また、音叉型圧電振動片330は音叉型圧電振動片PAよりもT2において約1/2、T3において約1/3であり、音叉型圧電振動片330は音叉型圧電振動片PAよりも周波数変動が小さいことが予想される。

【0050】

さらに、50個の音叉型圧電振動片330の結果(図6(c)参照)では、第1高温試験後(T2)の最大値と最小値との差は2.0 ppm、第2高温試験後(T3)の最大値と最小値との差は2.1 ppmである。この結果は、27個の音叉型圧電振動片330の結果(図6(b)参照)と近く、27個の音叉型圧電振動片330の結果(図6(b)参照)は信頼度が高いことが予想される。

【0051】

以上より、音叉型圧電振動片では、支持部に貫通孔を形成することにより高温試験に対して周波数の変動を小さくすることができる事が示された。

【0052】

10

20

30

40

50

<音叉型圧電振動片 430>

音叉型圧電振動片 330 は、振動腕付け根位置 339 と支持腕付け根位置 338 とが Y 軸方向に対して同一の位置に形成されていた。しかし、振動腕付け根位置 339 と支持腕付け根位置 338 とは Y 軸方向に対して異なる位置に形成されていても良い。以下に、振動腕付け根位置 339 と支持腕付け根位置 338 とは Y 軸方向に対して異なる位置に形成されている音叉型圧電振動片 430 について説明する。

【0053】

図 7 は、音叉型圧電振動片 430 の平面図である。音叉型圧電振動片 430 は、基部 431 と基部 431 から互いに平行に伸びている一対の振動腕 432 と一対の振動腕 432 の外側に +Y 軸方向に伸びる一対の支持腕 433 を備えている。振動腕 432 及び支持腕 433 と基部 431 とはそれぞれ振動腕付け根位置 439 及び支持腕付け根位置 438 において繋がっている。支持腕付け根位置 438 は振動腕付け根位置 439 よりも -Y 軸側に形成されている。また、振動腕 432 と支持腕 433 との間の基部 431 の Y 軸方向の長さ L46 は、音叉型圧電振動片 330 よりも短くなっている。支持腕 433 は、接着部 433a 及び接着部 433a と基部 431 との間に形成される支持部 433b を有している。また、各支持腕 433 には、支持腕 433 を Z 軸方向に貫通する貫通孔 434 が形成されている。貫通孔 434 は、支持腕付け根位置 438 から支持部 433b の +Y 軸側の中間位置 438a まで形成されている。その他の構成は音叉型圧電振動片 330 と同様であるので説明を省略する。

10

【0054】

音叉型圧電振動片 430 では、振動腕 432 と支持腕 433 との間の基部 431 の Y 軸方向の長さ L46 が音叉型圧電振動片 330 よりも短くなっているため、支持腕 433 にかかる応力が振動腕 432 へ伝わりにくくなり、音叉型圧電振動片 430 の周波数変動を小さくすることができる。また、接続部 433a に貫通孔が形成されていないことにより、支持腕 433 の Z 軸方向の変位及び支持腕 433 が Y 軸に対して回転する等の応力の発生を防ぐことができる。

20

【0055】

<音叉型圧電振動片 530>

音叉型圧電振動片 430 では、基部 431 の幅をさらに広くしても良い。また、支持腕 433 の接着部 433a と支持部 433b との間に接着サポート部 533c を設けても良い。また、支持腕 433 に形成されている貫通孔 434 は溝部であっても良い。以下にこれらの条件を満たした音叉型圧電振動片 530 について説明する。

30

【0056】

図 8 は、音叉型圧電振動片 530 の平面図である。音叉型圧電振動片 530 は、基部 531 と基部 531 から互いに平行に伸びている一対の振動腕 532 と一対の振動腕 532 の外側に +Y 軸方向に伸びる一対の支持腕 533 を備えている。さらに、各支持腕 533 の +Y 軸側には導電性接着剤 41 を塗布するための接着部 533a が形成されており、基部 531 側には支持部 533b が形成されている。また、接着部 533a と支持部 533b との間には接着サポート部 533c が形成されている。音叉型圧電振動片 530 では、接着部 533a 及び接着サポート部 533c の全面に導電性接着剤 41 が塗布されても良いし、図 4 (a) に示されるように、各支持腕の複数の場所に導電性接着剤 41 が塗布されても良い。

40

【0057】

また、音叉型圧電振動片 530 の支持部 533b には、図 4 (b) の音叉型圧電振動片 230 の支持部 233b の断面図に示されるのと同じように、貫通孔の代わりに溝部 534 が形成されていても良い。溝部 534 は、Y 軸方向には支持腕付け根位置 538 から支持部 533b の +Y 軸側の中間位置 538b まで形成されている。溝部 534 は底面 (不図示) を有しており、貫通していない。溝部 534 は振動腕 532 の溝部 535 と同時に形成される。

50

【0058】

(第2実施例)

第1実施例では、支持腕に貫通孔または溝部が形成されている音叉型圧電振動片及びその音叉型圧電振動片が用いられた圧電デバイスの例について説明した。しかし、音叉型圧電振動片にはさらに外枠が形成されていても良い。以下に外枠付きの音叉型圧電振動片及びその音叉型圧電振動片が用いられた圧電デバイスについて説明する。

【0059】

<圧電デバイス600>

図9(a)は、圧電デバイス600の斜視図である。圧電デバイス600は、リッド610、ベース620、及び枠付き音叉型圧電振動片630により構成されている。

10

【0060】

圧電デバイス600は、音叉型圧電振動片630が2枚の平面板であるリッド610とベース620とに挟まれることにより形成されている。音叉型圧電振動片630の+Z軸側の面にはリッド610が配置され、-Z軸側の面にはベース620が配置されている。ベース620の-Z軸側の面には外部電極621が形成されている。

【0061】

図9(b)は、図9(a)のE-E分解断面図である。音叉型圧電振動片630は、基部631と、振動腕632と、支持腕633(図10参照)と、接続腕638(図10参照)と、これらを囲むようにして形成されている外枠637により構成されている。音叉型圧電振動片630は、リッド610及びベース620により外枠637が挟みこまれて支えられるようにして配置され、低融点ガラス、直接接合、共晶合金等の接合部材により接合されている。リッド610及びベース620の音叉型圧電振動片630に向かいあう面には凹部が形成されており、この凹部は圧電デバイス600が形成された時にキャビティ624を形成する。音叉型圧電振動片630の外枠637以外の部分は、このキャビティ624に配置される。また、ベース620の+Z軸側の面には接続電極622が形成されている。接続電極622は、外部電極621とベース620の内部を貫通する導通部(不図示)により電気的に接続されている。また、接続電極622は、音叉型圧電振動片630の外枠637に形成されている電極接合部642において電気的に接続される。

20

【0062】

<音叉型圧電振動片630>

30

図10は、音叉型圧電振動片630の平面図である。音叉型圧電振動片630は、基部631と、基部631から互いに平行に伸びている一対の振動腕632と、振動腕632の外側に振動腕632と平行に伸びている一対の支持腕633とを有している。さらに音叉型圧電振動片630は、基部631、振動腕632及び支持腕633を囲むように形成されている外枠637と、支持腕633及び外枠637を接続している接続領域643とを有している。振動腕632及び基部631に関しては第1実施例で示した音叉型圧電振動片と同様であるので説明を省略する。また、音叉型圧電振動部630には、互いに電気的に接続されておらず、異なる電圧が印加される2つの電極が形成されている。電極の形成のされ方は音叉型圧電振動片330と同様であり、音叉型圧電振動片630では支持腕に形成された電極が更に外枠637の角にまで伸びている。外枠637の角には電極接合部642が形成されており、電極接合部642はベース620の接続電極622と電気的に接続される。図10では、同じ電位の電極に対して、同じ模様のハッチングを描いている。

40

【0063】

音叉型圧電振動片630の支持腕633には貫通孔634が形成されている。貫通孔634は、支持腕付け根位置638から支持腕633と外枠637との接続領域643まで形成されている。貫通孔634が形成されることにより低融点ガラス、直接接合、共晶合金等の接合部材、及び外枠637の膨張収縮による応力の振動腕632への影響を緩和して安定した周波数を提供することができる。

【0064】

50

音叉型圧電振動片 630 には、第1実施例で説明した音叉型圧電振動片 130 のように、支持腕付け根位置 639 が振動腕付け根位置 638 よりも - Y 軸側に形成されていても良い。また、基部 631 の幅を広くして、振動腕 632 と支持腕 633 との間の距離を広く取っても良い。

【0065】

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。例えば音叉型圧電振動片 630 の貫通孔 634 が底部を有する溝部についても良い。

【符号の説明】

【0066】

10、610	リッド	
20	パッケージ	
21、621	外部電極	
22、622	接続電極	
24、624	キャビティ	
30、130、230、330、430、530、630		音叉型圧電振動片
31、131、231、331、431、531、631		基部
32、132、232、332、432、532、632		振動腕
32a	錐部	
32b、532b	振動部	
33、133、233、333、433、533、633		支持腕
33a、233a、333a、433a、533a		接着部
33b、233b、333b	支持部	
34、134、334、434	貫通孔	
35	溝部	
36	第1層	
37	第2層	
38、138、238、338、438、638		支持腕付け根位置
39、139、239、339、439、639		振動腕付け根位置
40	封止材	
41	導電性接着剤 41	
100、600	圧電デバイス	
133c、233c	接着サポート部	
620	リッド	
637	外枠	
642	電極接合部	
643	接続領域	
C R	圧電材料	

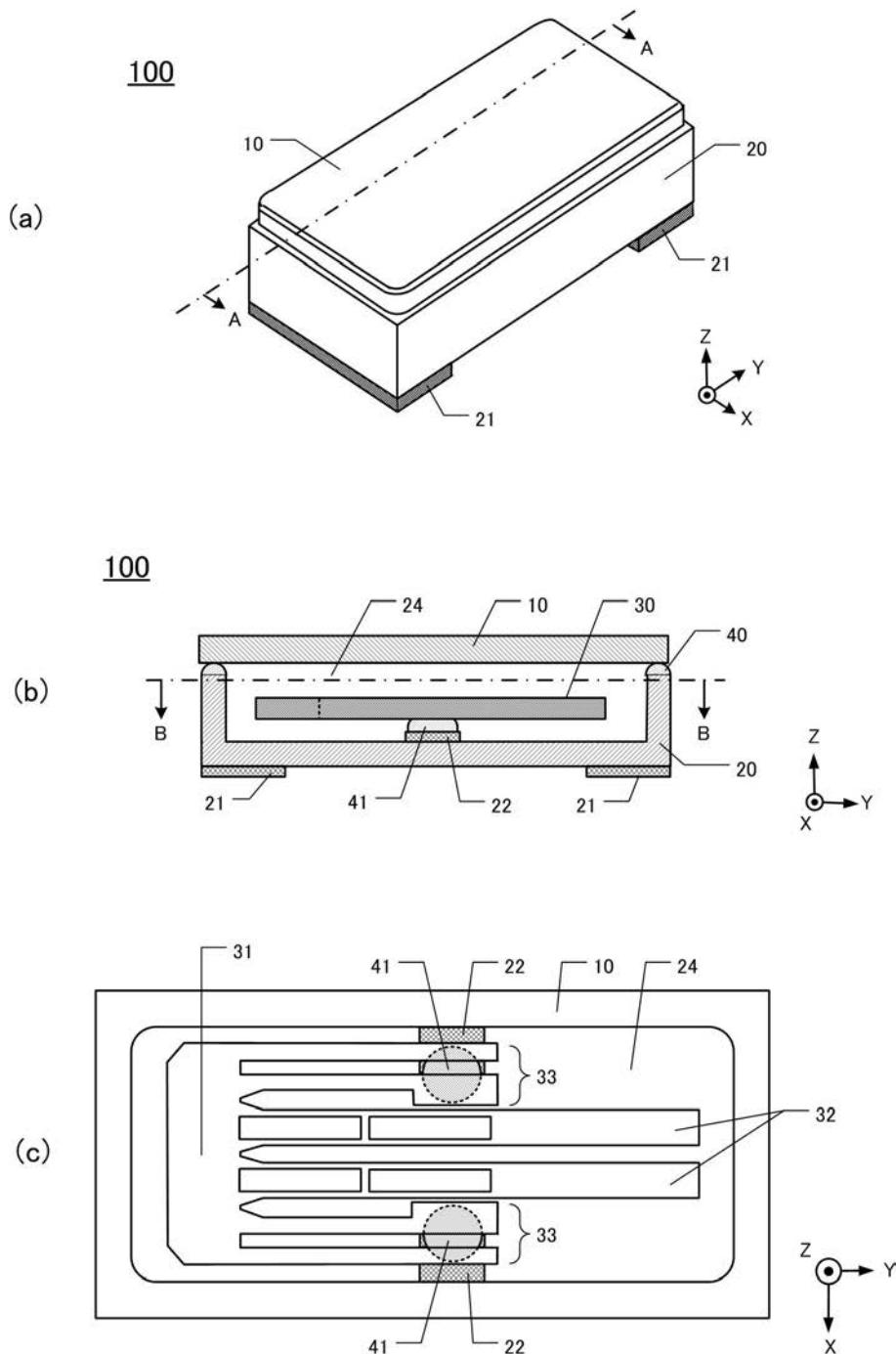
10

20

30

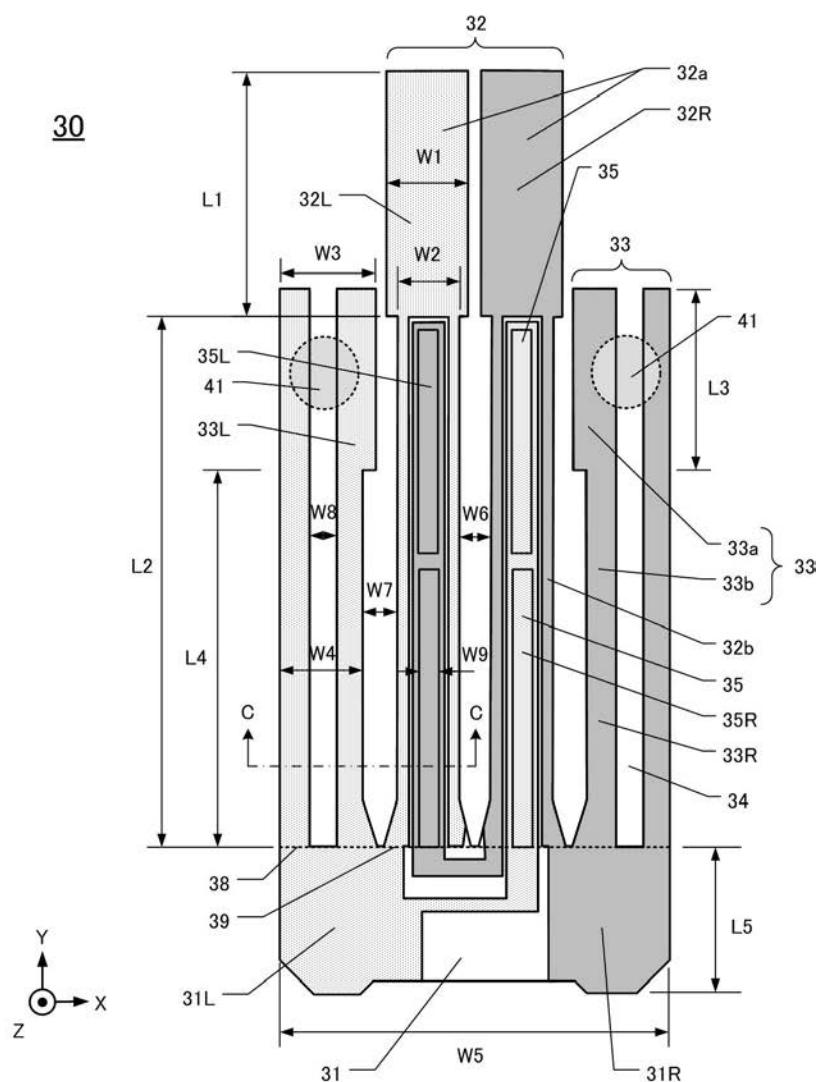
40

【図1】

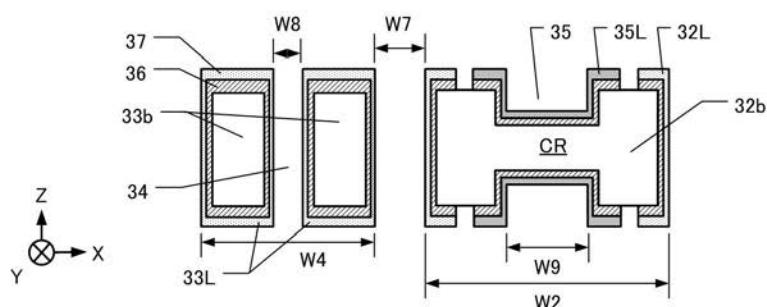


【図2】

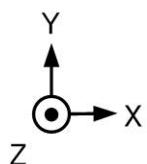
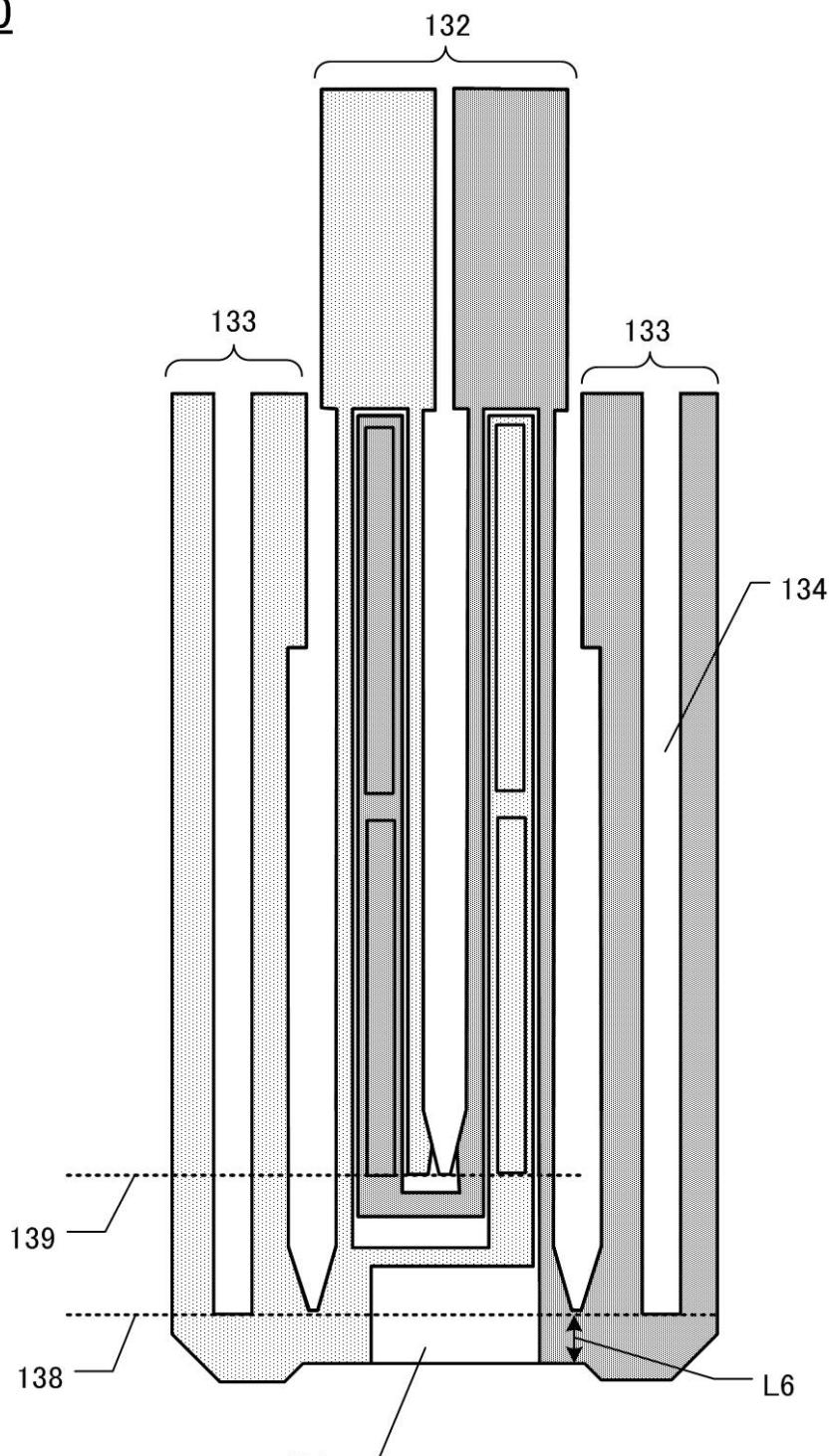
(a)



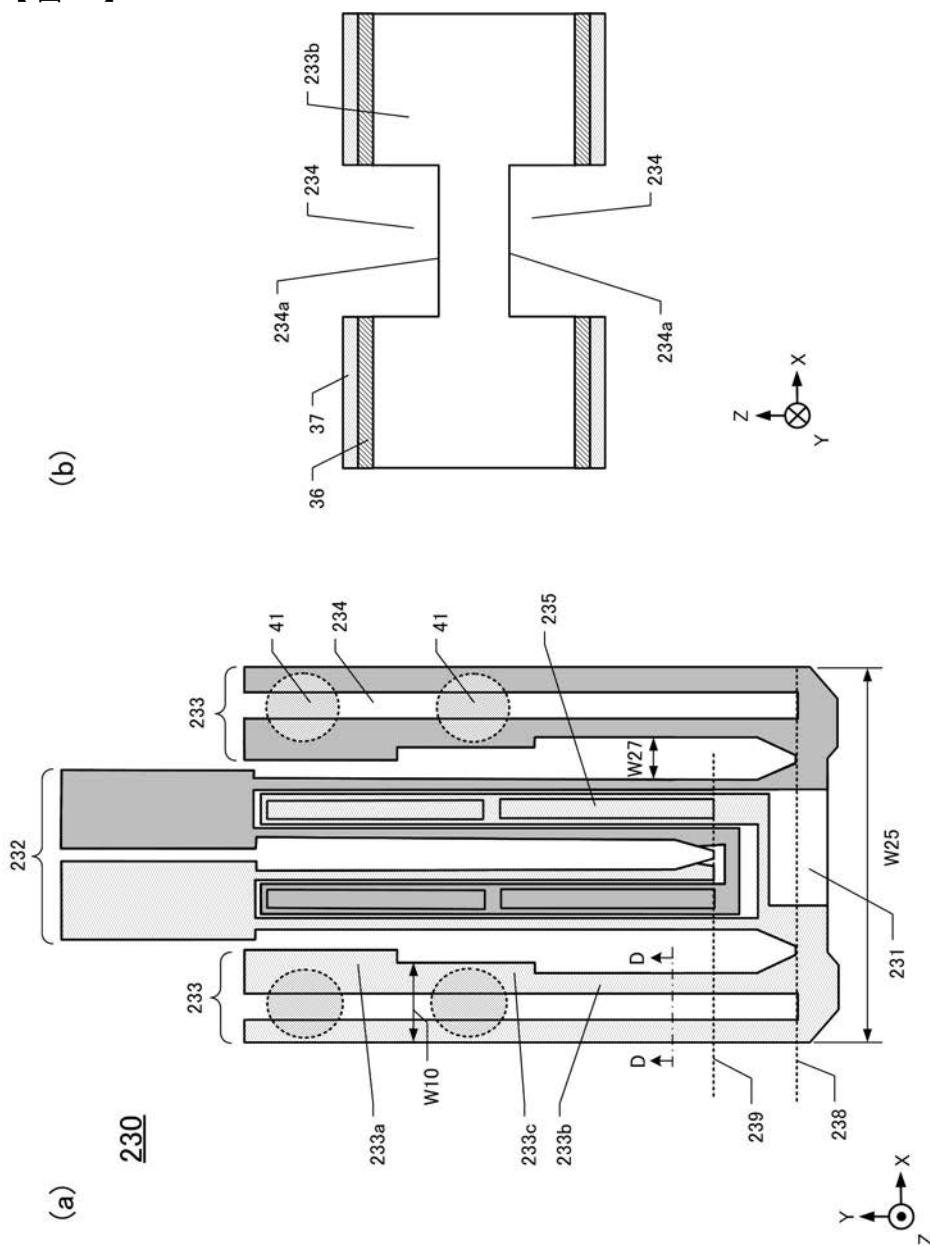
(b)



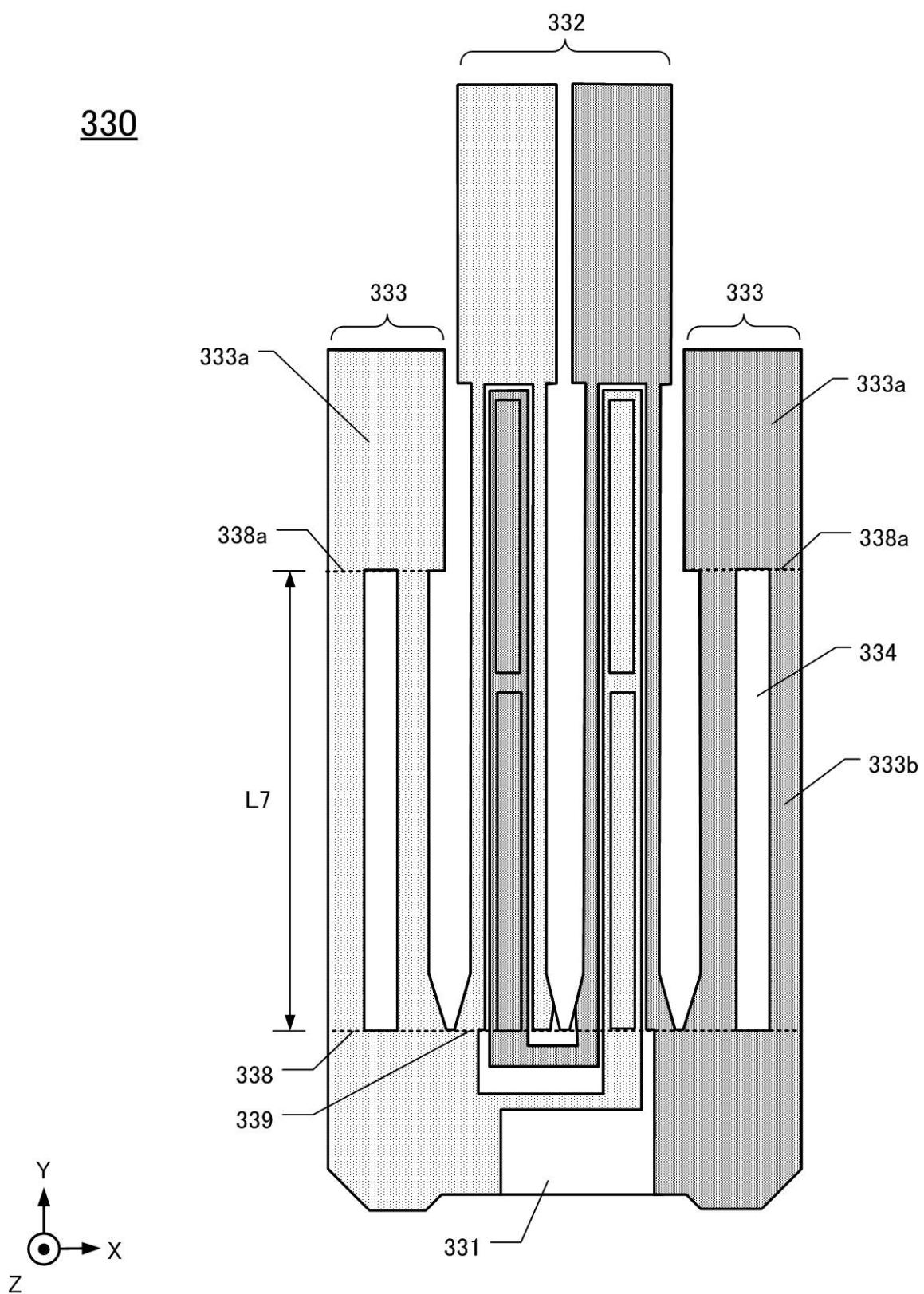
【図3】

130

【図4】

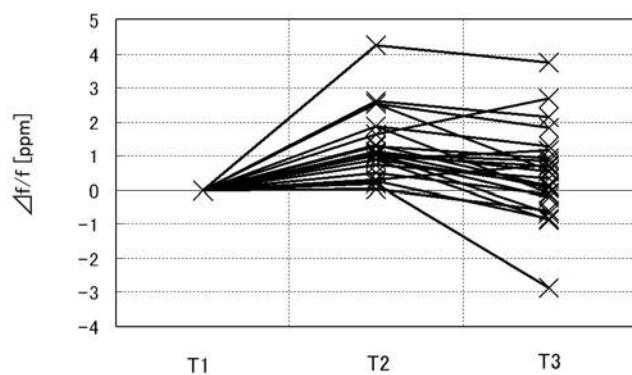


【図5】

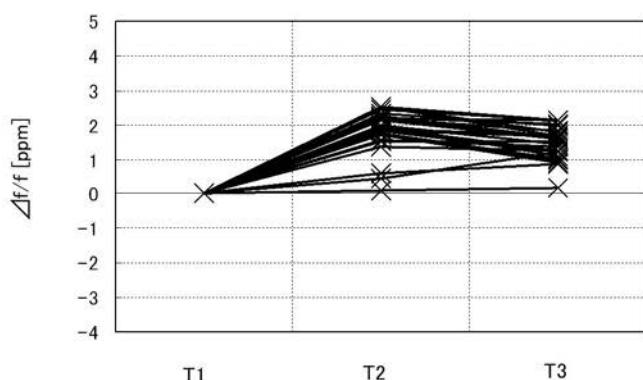
330

【図6】

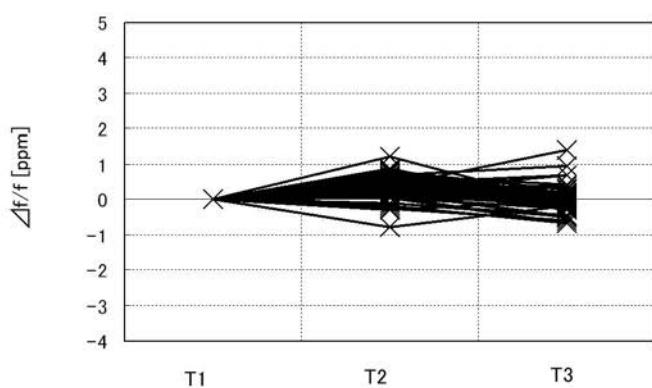
(a)



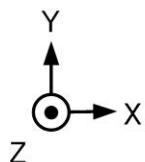
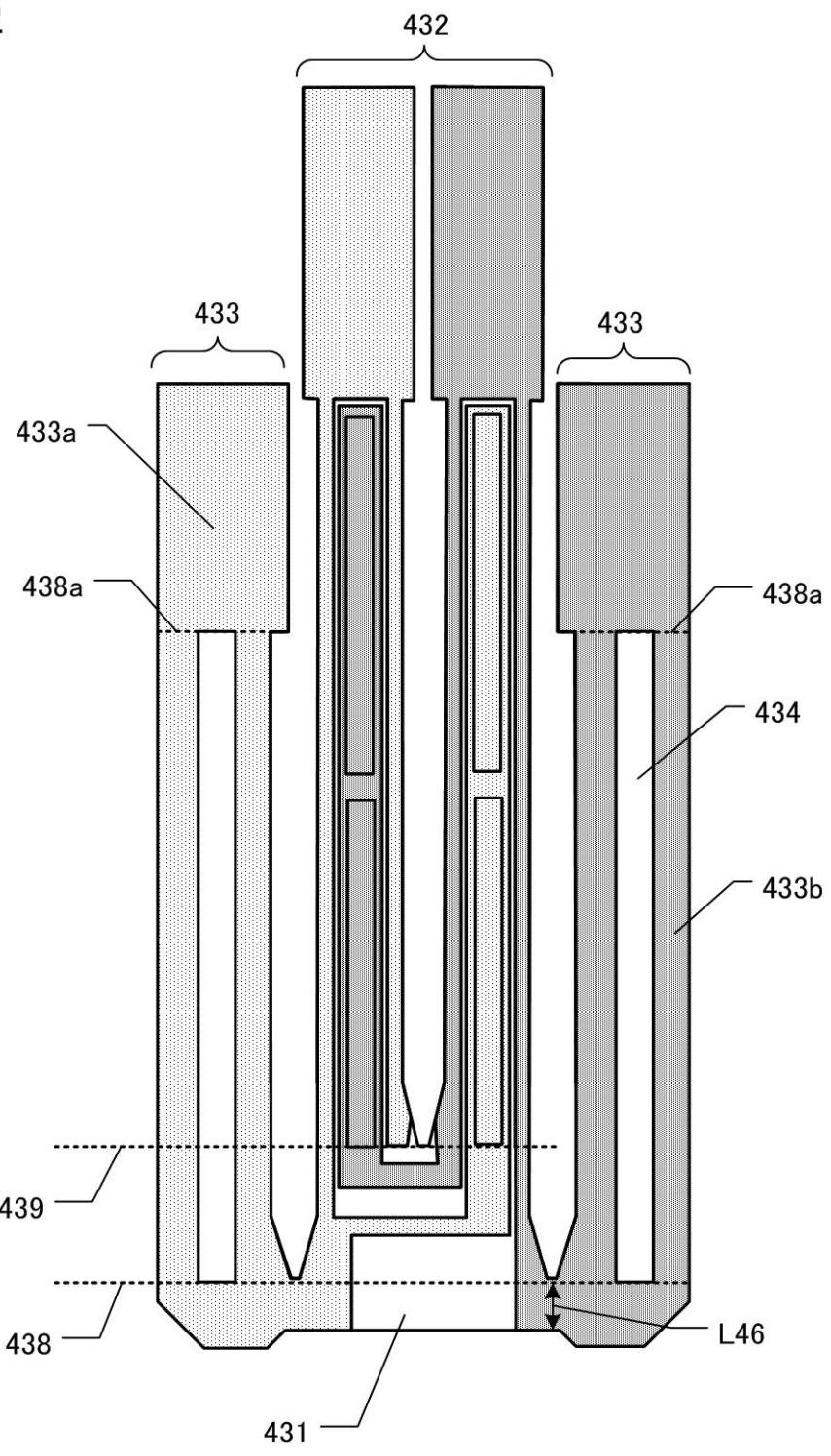
(b)



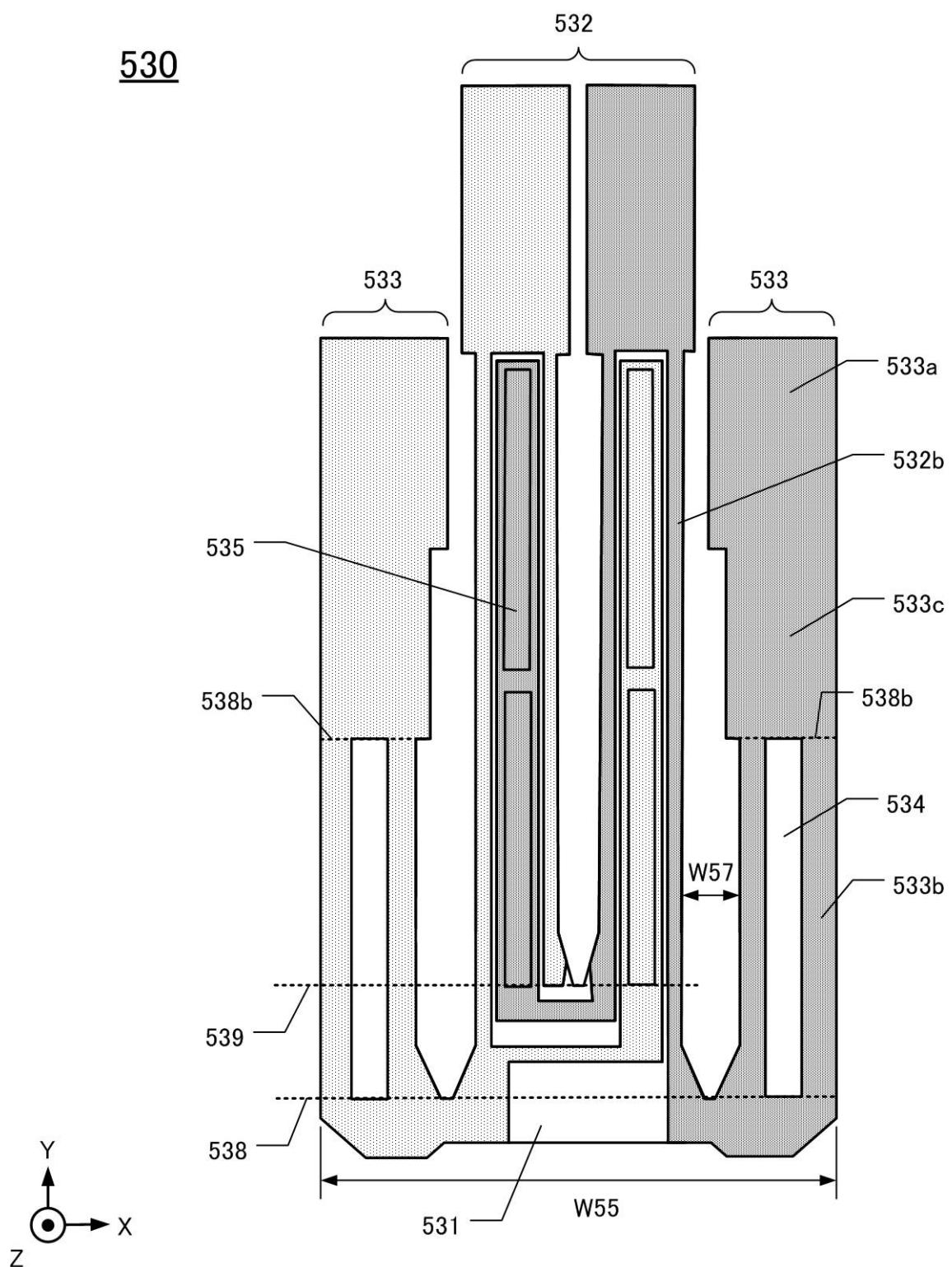
(c)



【図7】

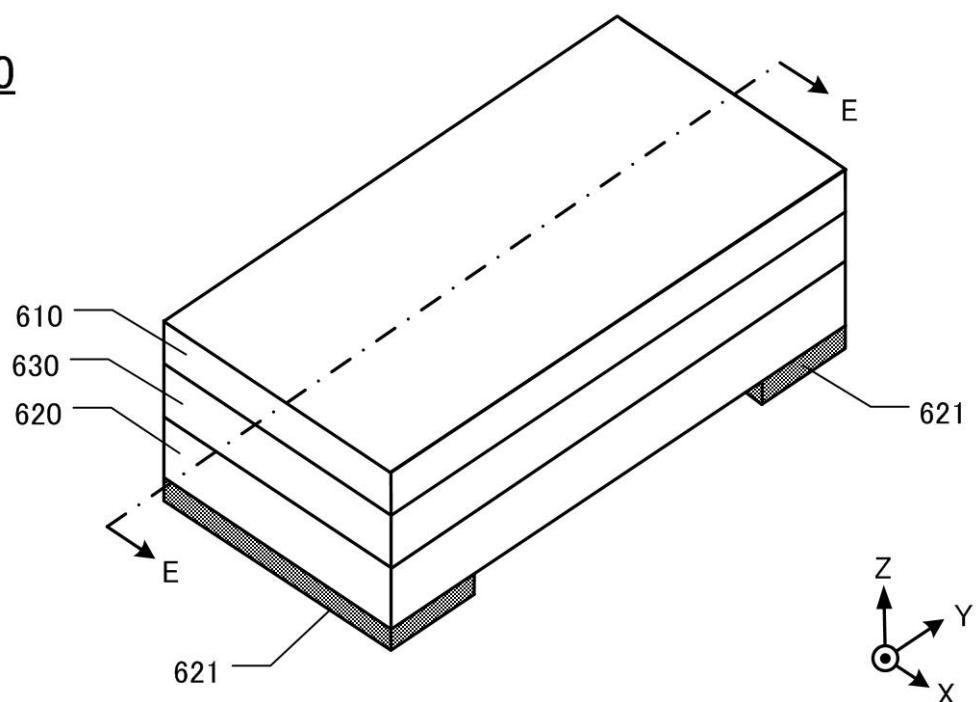
430

【図8】

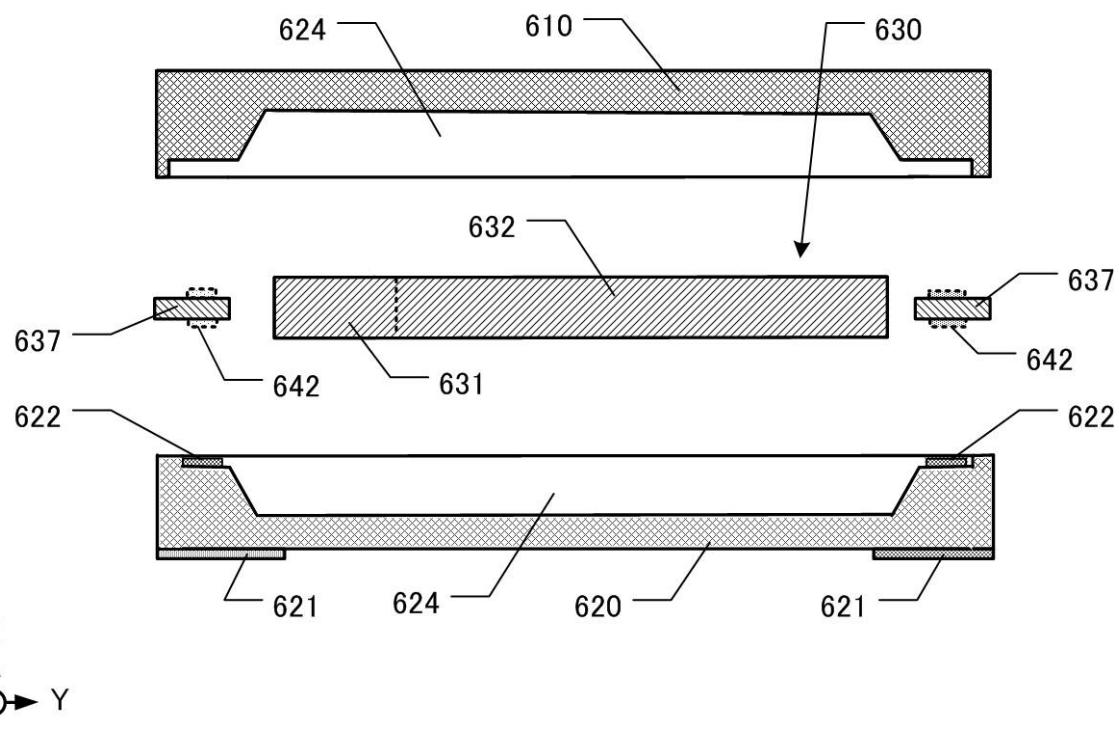


【図9】

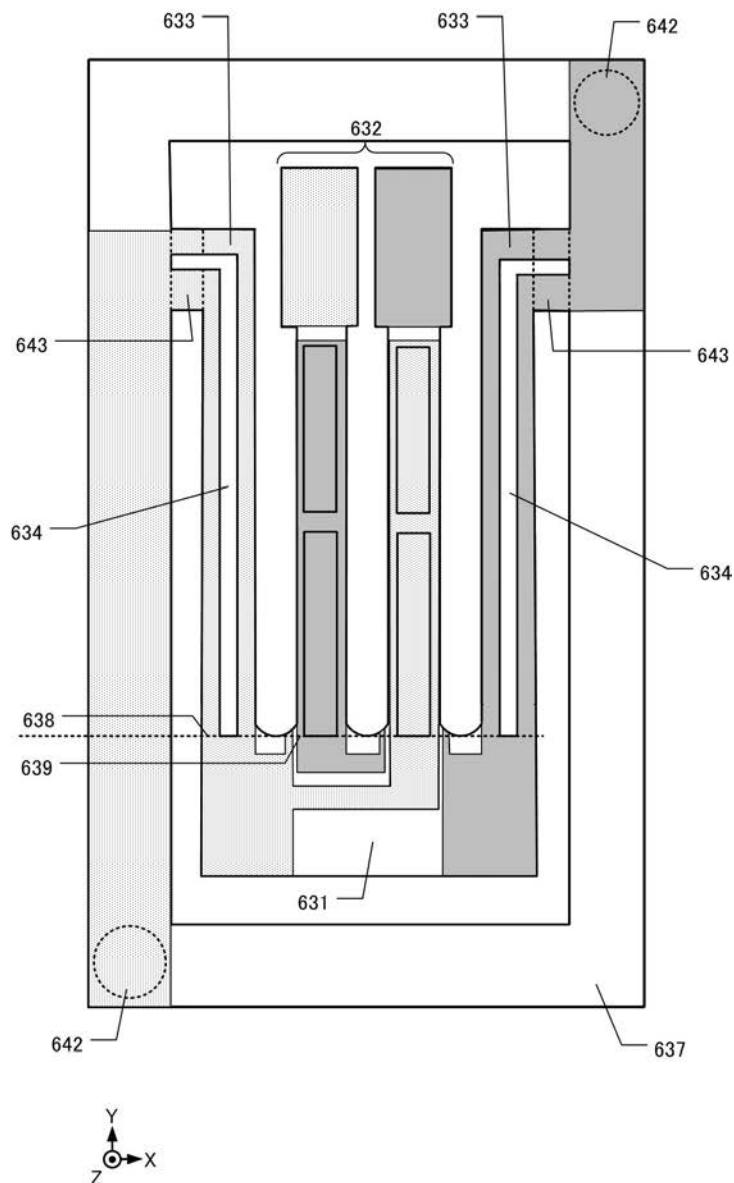
(a)

600

(b)

600

【図10】

630

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 01L 41/18 101A

F ターム(参考) 5J108 BB02 CC06 CC08 CC09 CC10 CC11 EE03 EE07 EE13 EE18
GG03