

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6794941号
(P6794941)

(45) 発行日 令和2年12月2日(2020.12.2)

(24) 登録日 令和2年11月16日(2020.11.16)

(51) Int.Cl. F I
H03H 9/19 (2006.01) H03H 9/19 F

請求項の数 4 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-126147 (P2017-126147) (22) 出願日 平成29年6月28日 (2017. 6. 28) (65) 公開番号 特開2019-9716 (P2019-9716A) (43) 公開日 平成31年1月17日 (2019. 1. 17) 審査請求日 令和1年12月25日 (2019. 12. 25)</p>	<p>(73) 特許権者 000149734 株式会社大真空 兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野138 9番地 (74) 代理人 110000947 特許業務法人あーく特許事務所 (72) 発明者 吉岡 宏樹 兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野138 9番地 株式会社大真空内 審査官 角張 亜希子</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水晶振動板および水晶振動デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一主面に形成された第1励振電極と、他主面に形成された第2励振電極とが備えられた略矩形状の振動部と、

前記振動部の角部から、ATカットのZ'軸方向に突出され、当該振動部を保持する保持部と、

前記振動部の外周を取り囲むと共に、前記保持部を保持する外枠部とを有してなるATカット型の水晶振動板であって、

前記振動部及び前記保持部は、前記外枠部よりも厚みを薄くされたエッチング領域とされていると共に、前記一主面および前記他主面の少なくとも一方では、当該エッチング領域は前記保持部から前記外枠部の一部に入り込んで形成される入り込み部を有しており、

前記入り込み部における前記エッチング領域の境界線の始点は、前記保持部の-X側の辺の延長線上からずれた位置に形成されており、

前記入り込み部における前記エッチング領域の境界線の-X側の始点は、前記保持部と前記外枠部との接続域の内側に形成されていることを特徴とする水晶振動板。

【請求項2】

請求項1に記載の水晶振動板であって、

前記入り込み部は、前記一主面および前記他主面の一方のみに形成されていることを特徴とする水晶振動板。

【請求項3】

請求項 1 または 2 に記載の水晶振動板であって、
前記入り込み部における前記エッチング領域の境界線が段差に形成されており、
前記第 1 励振電極および前記第 2 励振電極の引出配線が、前記段差と重畳するように前記保持部から前記外枠部に渡って形成されており、
前記一主面および前記他主面の少なくとも一方では、前記引出配線と重畳する部分の前記段差の少なくとも一部が、平面視で X 軸と平行とならないように形成されていることを特徴とする水晶振動板。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載された水晶振動板と、
 前記水晶振動板の前記一主面を覆う第 1 封止部材と、
 前記水晶振動板の前記他主面を覆う第 2 封止部材とが備えられたことを特徴とする水晶振動デバイス。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、励振電極の形成された振動部と、振動部の周囲に配置された外枠部と、振動部を外枠部に連結して保持する保持部とが、ATカット型の水晶板で一体形成されてなる水晶振動板およびこの水晶振動板が備えられた水晶振動デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、各種電子機器の動作周波数の高周波化や、パッケージの小型化（特に低背化）が進んでいる。そのため、高周波化やパッケージの小型化にともなって、水晶振動デバイス（例えば水晶振動子、水晶発振器等）も高周波化やパッケージの小型化への対応が求められている。

20

【0003】

小型化および低背化に適した水晶振動デバイスとして、いわゆるサンドイッチ構造の水晶振動デバイスが知られている。サンドイッチ構造の水晶振動デバイスは、その筐体が略直方体のパッケージで構成されている。このパッケージは、例えばガラスや水晶からなる第 1 封止部材および第 2 封止部材と、両主面に励振電極が形成された水晶振動板とから構成され、第 1 封止部材と第 2 封止部材とが水晶振動板を介して積層して接合される。そして、パッケージの内部（内部空間）に配された水晶振動板の振動部が第 1 封止部材および第 2 封止部材によって気密封止されている。

30

【0004】

サンドイッチ構造の水晶振動デバイスにて使用される水晶振動板は、励振電極の形成された振動部と、振動部の周囲に配置された外枠部と、振動部を外枠部に連結して保持する保持部とが、水晶板において一体形成されている。この水晶振動板には、加工が容易であり、且つ周波数温度特性が優れた AT カット型の水晶板が最も広く用いられている。

【0005】

振動部と外枠部と保持部とが一体形成された水晶振動板では、振動部で生じた圧電振動が保持部を介して外枠部へ漏れやすいといった振動漏れの問題が生じる。これに対し、特許文献 1 には、そのような振動漏れを抑制する水晶振動板が開示されている。

40

【0006】

具体的には、特許文献 1 には、保持部を振動部から AT カットの Z' 軸方向に突出させて形成する構成が開示されている。ここでは、人工水晶の結晶軸を、X 軸、Y 軸、Z 軸とし、X 軸の周りに 35° 15' 回転させた AT カット型の水晶の Y 軸および Z 軸をそれぞれ、Y' 軸、Z' 軸とする。

【0007】

AT カット型の水晶振動板では、振動部において、X 軸方向に沿った圧電振動の変位が Z' 軸方向に沿った圧電振動の変位よりも大きくなることが知られている。特許文献 1 の構成では、保持部は、圧電振動の変位が小さい Z' 軸方向に沿って振動部を保持している

50

。このため、水晶振動板を圧電振動させた場合、この圧電振動は保持部を通して漏れにくくなり、振動部を効率的に圧電振動させることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】国際公開第2016/121182号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上記特許文献1に開示された水晶振動板は、振動部からの振動漏れを抑制するのに適した構成である一方、励振電極の引出配線において断線等の不具合が生じ易いといった課題が発生する。本願発明者は、このような引出配線の断線を防止するためには、水晶振動デバイスの発振振動数を所定の値とするための周波数調整エッチングにおいて、保持部から外枠部に入り込むようにして形成される入り込み部をエッチング領域に形成することが有効であることを見出した（特願2017-122550：本願出願時において未公開）。

【0010】

一方、本願発明者は、入り込み部をエッチング領域に形成した場合、該入り込み部の形状によっては、周波数調整エッチングによって保持部と外枠部との接続部のコーナーに窪みが形成されてしまい、これによって落下等に対する耐衝撃性が低下するといった課題が生じることも見出した。

【0011】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、振動部からの振動漏れを低減できると同時に、外枠部と保持部との接続部における窪みの発生を防止し、該窪みによる耐衝撃性の低下を防止する水晶振動板および水晶振動デバイスを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の課題を解決するために、本発明の水晶振動板は、一主面に形成された第1励振電極と、他主面に形成された第2励振電極とが備えられた略矩形状の振動部と、前記振動部の角部から、ATカットのZ'軸方向に突出され、当該振動部を保持する保持部と、前記振動部の外周を取り囲むと共に、前記保持部を保持する外枠部とを有してなるATカット型の水晶振動板であって、前記振動部及び前記保持部は、前記外枠部よりも厚みを薄くされたエッチング領域とされていると共に、前記一主面および前記他主面の少なくとも一方では、当該エッチング領域は前記保持部から前記外枠部の一部に入り込んで形成される入り込み部を有しており、前記入り込み部における前記エッチング領域の境界線の始点は、前記保持部の-X側の辺の延長線上からずれた位置に形成されていることを特徴としている。

【0013】

入り込み部におけるエッチング領域の境界線の始点が保持部の-X側の辺の延長線上に形成されていると、エッチングの際に保持部と外枠部との接続部のコーナーに窪みが発生し、該窪みが応力集中点となって耐衝撃性が低下する。上記の構成によれば、入り込み部におけるエッチング領域の境界線の始点を保持部の-X側の辺の延長線上からずれた位置に形成することで窪みの発生が回避でき、耐衝撃性の低下を防止できる。なお、エッチング領域に入り込み部を形成することで、エッチング段差の緩やかな個所を形成し、この段差の緩やかな個所に配線（励振電極の引出配線）を通すことで断線等の不具合を防止できる。

【0014】

また、上記の水晶振動板では、前記入り込み部における前記エッチング領域の境界線の-X側の始点は、前記保持部と前記外枠部との接続域の内側に形成されている構成とすることができる。

【0015】

10

20

30

40

50

上記の構成によれば、入り込み部の面積が抑制でき、該水晶振動板を用いる水晶振動デバイスにおいて、外枠部における封止部材との接合面積を確保できる。これにより接合強度および封止性の低下を抑制できる。また、薄肉部領域である入り込み部を小さくすることで、外枠部と保持部との接続部分の剛性を向上させることができる。

【0016】

また、上記の水晶振動板では、前記入り込み部は、前記一主面および前記他主面の一方のみに形成されている構成とすることができる。

【0017】

上記の構成によれば、入り込み部の形成による必要以上の板厚低下を回避し、水晶振動板における剛性低下を抑制することができる。

10

【0018】

また、本発明の水晶振動デバイスは、上記の課題を解決するために、上記記載の水晶振動板と、前記水晶振動板の前記一主面を覆う第1封止部材と、前記水晶振動板の前記他主面を覆う第2封止部材とが備えられたことを特徴としている。

【発明の効果】

【0019】

本発明の水晶振動板および水晶振動デバイスは、入り込み部におけるエッチング領域の境界線の始点を保持部の - X 側の辺の延長線上からずれた位置に形成することで、保持部と外枠部との接続部における窪みの発生が回避でき、該窪みに起因する耐衝撃性の低下を防止できるといった効果を奏する。

20

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本実施の形態にかかる水晶発振器の各構成を模式的に示した概略構成図である。

【図2】図2は、水晶発振器の第1封止部材の第1主面側の概略平面図である。

【図3】図3は、水晶発振器の第1封止部材の第2主面側の概略平面図である。

【図4】図4は、水晶発振器の水晶振動板の第1主面側の概略平面図である。

【図5】図5は、水晶発振器の水晶振動板の第2主面側の概略平面図である。

【図6】図6は、水晶発振器の第2封止部材の第1主面側の概略平面図である。

【図7】図7は、水晶発振器の第2封止部材の第2主面側の概略平面図である。

【図8】水晶振動板において水晶板へのエッチング工程が施された直後の状態を示す図であり、(a)は第1主面側の概略平面図、(b)は第2主面側の概略平面図である。

30

【図9】水晶振動板における保持部と外枠部との接続箇所付近を示す拡大図であり、(a)は第1主面側の概略平面図、(b)、(c)は第1主面側の概略断面図、(d)は第2主面側の概略断面図である。

【図10】水晶振動板における保持部と外枠部との接続箇所付近を示す拡大図であり、エッチング領域の入り込み部の形状を示す概略平面図である。

【図11】水晶振動板における保持部と外枠部との接続箇所付近を示す拡大図であり、(a)~(c)は、エッチング領域に入り込み部が形成された水晶振動板において、保持部と外枠部との接続部のコーナーに窪みが発生する例を示す図である。

【図12】水晶振動板における保持部と外枠部との接続箇所付近を示す拡大図であり、入り込み部の形状の変形例を示す図である。

40

【図13】水晶振動板における保持部と外枠部との接続箇所付近を示す拡大図であり、(a)、(b)は、入り込み部の形状の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の実施の形態では、本発明を適用する水晶振動デバイスが水晶発振器である場合について説明する。但し、本発明が適用可能な水晶振動デバイスは水晶発振器に限定されるものではなく、水晶振動子に本発明を適用してもよい。

【0022】

50

- 水晶発振器 -

本実施の形態にかかる水晶発振器 101 は、図 1 に示すように、水晶振動板 2、第 1 封止部材 3、第 2 封止部材 4、および IC チップ 5 を備えて構成されている。この水晶発振器 101 では、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 とが接合され、水晶振動板 2 と第 2 封止部材 4 とが接合されることによって、略直方体のサンドイッチ構造のパッケージ 12 が構成される。また、第 1 封止部材 3 における水晶振動板 2 との接合面と反対側の主面に、IC チップ 5 が搭載される。電子部品素子としての IC チップ 5 は、水晶振動板 2 とともに発振回路を構成する 1 チップ集積回路素子である。

【0023】

水晶振動板 2 では、一方の主面である第 1 主面 211 に第 1 励振電極 221 が形成され、他方の主面である第 2 主面 212 に第 2 励振電極 222 が形成されている。そして、水晶発振器 101 においては、水晶振動板 2 の両主面（第 1 主面 211、第 2 主面 212）のそれぞれに第 1 封止部材 3 および第 2 封止部材 4 が接合されることで、パッケージ 12 の内部空間が形成され、内部空間に第 1 励振電極 221 および第 2 励振電極 222 を含む振動部 22（図 4、5 参照）が気密封止されている。

10

【0024】

本実施の形態にかかる水晶発振器 101 は、例えば、1.0 × 0.8 mm のパッケージサイズであり、小型化と低背化とを図ったものである。また、小型化に伴い、パッケージ 12 では、キャストレーションを形成せずに、後述する貫通孔を用いて電極の導通を図っている。

20

【0025】

次に、上記した水晶発振器 101 における水晶振動板 2、第 1 封止部材 3 および第 2 封止部材 4 の各部材について、図 1 ~ 7 を用いて説明する。なお、ここでは、接合されていないそれぞれ単体として構成されている各部材について説明を行う。

【0026】

水晶振動板 2 は、図 4、5 に示すように、水晶からなる圧電基板であって、その両主面（第 1 主面 211、第 2 主面 212）が平坦平滑面（鏡面加工）として形成されている。本実施の形態では、水晶振動板 2 として、厚みすべり振動を行う AT カット水晶板が用いられている。図 4、5 に示す水晶振動板 2 では、水晶振動板 2 の両主面 211、212 が、XZ' 平面とされている。この XZ' 平面において、水晶振動板 2 の短手方向（短辺方向）に平行な方向が X 軸方向とされ、水晶振動板 2 の長手方向（長辺方向）に平行な方向が Z' 軸方向とされている。なお、AT カットは、人工水晶の 3 つの結晶軸である電気軸（X 軸）、機械軸（Y 軸）、および光学軸（Z 軸）のうち、Z 軸に対して X 軸周りに 35°15' だけ傾いた角度で切り出す加工手法である。AT カット水晶板では、X 軸は水晶の結晶軸に一致する。Y' 軸および Z' 軸は、水晶の結晶軸の Y 軸および Z 軸からそれぞれ 35°15' 傾いた軸に一致する。Y' 軸方向および Z' 軸方向は、AT カット水晶板を切り出すときの切り出し方向に相当する。

30

【0027】

水晶振動板 2 の両主面 211、212 には、一对の励振電極（第 1 励振電極 221、第 2 励振電極 222）が形成されている。水晶振動板 2 は、略矩形に形成された振動部 22 と、この振動部 22 の外周を取り囲む外枠部 23 と、振動部 22 と外枠部 23 とを連結することで振動部 22 を保持する保持部 24 とを有している。すなわち、水晶振動板 2 は、振動部 22、外枠部 23 および保持部 24 が一体的に設けられた構成となっている。

40

【0028】

本実施の形態では、保持部 24 は、振動部 22 と外枠部 23 との間の 1 箇所のみで設けられている。また、詳しくは後述するが、振動部 22 および保持部 24 は、基本的には外枠部 23 よりも薄く形成されている。このような外枠部 23 と保持部 24 との厚みの違いにより、外枠部 23 と保持部 24 の圧電振動の固有振動数が異なることになり、保持部 24 の圧電振動に外枠部 23 が共鳴しにくくなる。尚、保持部 24 の形成箇所は 1 か所に限定されるものではなく、保持部 24 は、振動部 22 と外枠部 23 との間の 2 箇所（例えば

50

、 - Z' 軸方向の両側) に設けられていてもよい。

【0029】

保持部24は、振動部22の+X方向かつ-Z'方向に位置する1つの角部のみから、-Z'方向に向けて外枠部23まで延びている(突出している)。このように、振動部22の外周端部のうち、圧電振動の変位が比較的小さい角部に保持部24が設けられているので、保持部24を角部以外の部分(辺の中央部)に設けた場合に比べて、保持部24を介して圧電振動が外枠部23に漏れることを抑制することができ、より効率的に振動部22を圧電振動させることができる。また、保持部24を2つ以上設けた場合に比べて、振動部22に作用する応力を低減することができ、そのような応力に起因する圧電振動の周波数シフトを低減して圧電振動の安定性を向上させることができる。

10

【0030】

第1励振電極221は振動部22の第1主面211側に設けられ、第2励振電極222は振動部22の第2主面212側に設けられている。第1励振電極221、第2励振電極222には、これらの励振電極を外部電極端子に接続するための引出配線(第1引出配線223、第2引出配線224)が接続されている。第1引出配線223は、第1励振電極221から引き出され、保持部24を経由して、外枠部23に形成された接続用接合パターン27に繋がっている。第2引出配線224は、第2励振電極222から引き出され、保持部24を経由して、外枠部23に形成された接続用接合パターン28に繋がっている。このように、保持部24の第1主面211側に第1引出配線223が形成され、保持部24の第2主面212側に第2引出配線224が形成されている。

20

【0031】

水晶振動板2の両主面(第1主面211、第2主面212)には、水晶振動板2を第1封止部材3および第2封止部材4に接合するための振動側封止部がそれぞれ設けられている。第1主面211の振動側封止部としては、第1封止部材3に接合するための振動側第1接合パターン251が形成されている。また、第2主面212の振動側封止部としては、第2封止部材4に接合するための振動側第2接合パターン252が形成されている。振動側第1接合パターン251および振動側第2接合パターン252は、外枠部23に設けられており、平面視で環状に形成されている。第1励振電極221、第2励振電極222は、振動側第1接合パターン251および振動側第2接合パターン252とは電氣的に接続されていない。

30

【0032】

また、水晶振動板2には、図4、5に示すように、第1主面211と第2主面212との間を貫通する5つの貫通孔が形成されている。具体的には、4つの第1貫通孔261は、外枠部23の4隅(角部)の領域にそれぞれ設けられている。第2貫通孔262は、外枠部23であって、振動部22のZ'軸方向の一方側(図4、5では、+Z'方向側)に設けられている。第1貫通孔261の周囲には、それぞれ接続用接合パターン253が形成されている。また、第2貫通孔262の周囲には、第1主面211側では接続用接合パターン254が、第2主面212側では接続用接合パターン28が形成されている。

【0033】

第1貫通孔261および第2貫通孔262には、第1主面211と第2主面212とに形成された電極の導通を図るための貫通電極が、貫通孔それぞれの内壁面に沿って形成されている。また、第1貫通孔261および第2貫通孔262それぞれの中央部分は、第1主面211と第2主面212との間を貫通した中空状態の貫通部分となる。

40

【0034】

水晶振動板2において、第1励振電極221、第2励振電極222、第1引出配線223、第2引出配線224、第1接合パターン251、振動側第2接合パターン252、および接続用接合パターン253、254、27、28は、同一のプロセスで形成することができる。具体的には、これらは、水晶振動板2の両主面211、212上に物理的気相成長させて形成された下地膜と、当該下地膜上に物理的気相成長させて積層形成された接合膜とから形成することができる。なお、本実施の形態では、下地膜には、Ti(もしくは

50

はCr)が用いられ、接合膜にはAuが用いられている。

【0035】

第1封止部材3は、図2, 3に示すように、1枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第1封止部材3の第2主面312(水晶振動板2に接合する面)は平坦平滑面(鏡面加工)として形成されている。

【0036】

第1封止部材3の第1主面311(ICチップ5を搭載する面)には、図2に示すように、発振回路素子であるICチップ5を搭載する搭載パッドを含む6つの電極パターン37が形成されている。ICチップ5は、金属パンプ(例えばAuパンプ等)38(図1参照)を用いて電極パターン37に、FCB(Flip Chip Bonding)法により接合される。

10

【0037】

第1封止部材3には、図2, 3に示すように、6つの電極パターン37のそれぞれと接続され、第1主面311と第2主面312との間を貫通する6つの貫通孔が形成されている。具体的には、4つの第3貫通孔322が、第1封止部材3の4隅(角部)の領域に設けられている。第4, 第5貫通孔323, 324は、図2, 3のA2方向およびA1方向にそれぞれ設けられている。なお、図2, 3, 6, 7のA1およびA2方向は、図4, 5の-Z'方向および+Z'方向にそれぞれ一致し、図2, 3, 6, 7のB1およびB2方向は、図4, 5の-X方向および+X方向にそれぞれ一致する。

【0038】

第3貫通孔322および第4, 第5貫通孔323, 324には、第1主面311と第2主面312とに形成された電極の導通を図るための貫通電極が、貫通孔それぞれの内壁面に沿って形成されている。また、第3貫通孔322および第4, 第5貫通孔323, 324それぞれの中央部分は、第1主面311と第2主面312との間を貫通した中空状態の貫通部分となる。

20

【0039】

第1封止部材3の第2主面312には、水晶振動板2に接合するための封止側第1封止部としての封止側第1接合パターン321が形成されている。封止側第1接合パターン321は、平面視で環状に形成されている。

【0040】

また、第1封止部材3の第2主面312では、第3貫通孔322の周囲には、それぞれ接続用接合パターン34が形成されている。第4貫通孔323の周囲には接続用接合パターン351が、第5貫通孔324の周囲には接続用接合パターン352が形成されている。さらに、接続用接合パターン351に対して第1封止部材3の長軸方向の反対側(A2方向側)には接続用接合パターン353が形成されており、接続用接合パターン351と接続用接合パターン353とは配線パターン33によって接続されている。尚、接続用接合パターン353は、接続用接合パターン352とは接続されていない。

30

【0041】

第1封止部材3において、封止側第1接合パターン321、接続用接合パターン34, 351~353、および配線パターン33は、同一のプロセスで形成することができる。具体的には、これらは、第1封止部材3の第2主面312上に物理的気相成長させて形成された下地膜と、当該下地膜上に物理的気相成長させて積層形成された接合膜とから形成することができる。なお、本実施の形態では、下地膜には、Ti(もしくはCr)が用いられ、接合膜にはAuが用いられている。

40

【0042】

第2封止部材4は、図6, 7に示すように、1枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第2封止部材4の第1主面411(水晶振動板2に接合する面)は平坦平滑面(鏡面加工)として形成されている。

【0043】

この第2封止部材4の第1主面411には、水晶振動板2に接合するための封止側第2封止部としての封止側第2接合パターン421が形成されている。封止側第2接合パター

50

ン 4 2 1 は、平面視で環状に形成されている。

【 0 0 4 4 】

第 2 封止部材 4 の第 2 主面 4 1 2 (水晶振動板 2 に面しない外方の主面) には、外部に電氣的に接続する 4 つの外部電極端子 4 3 が設けられている。外部電極端子 4 3 は、第 2 封止部材 4 の 4 隅 (角部) にそれぞれ位置する。

【 0 0 4 5 】

第 2 封止部材 4 には、図 6 , 7 に示すように、第 1 主面 4 1 1 と第 2 主面 4 1 2 との間を貫通する 4 つの貫通孔が形成されている。具体的には、4 つの第 6 貫通孔 4 4 は、第 2 封止部材 4 の 4 隅 (角部) の領域に設けられている。第 6 貫通孔 4 4 には、第 1 主面 4 1 1 と第 2 主面 4 1 2 とに形成された電極の導通を図るための貫通電極が、貫通孔それぞれの内壁面に沿って形成されている。また、第 6 貫通孔 4 4 それぞれの中央部分は、第 1 主面 4 1 1 と第 2 主面 4 1 2 との間を貫通した中空状態の貫通部分となる。また、第 2 封止部材 4 の第 1 主面 4 1 1 では、第 6 貫通孔 4 4 の周囲には、それぞれ接続用接合パターン 4 5 が形成されている。

10

【 0 0 4 6 】

第 2 封止部材 4 において、封止側第 2 接合パターン 4 2 1、および接続用接合パターン 4 5 は、同一のプロセスで形成することができる。具体的には、これらは、第 2 封止部材 4 の第 1 主面 4 1 1 上に物理的気相成長させて形成された下地膜と、当該下地膜上に物理的気相成長させて積層形成された接合膜とから形成することができる。なお、本実施の形態では、下地膜には、Ti (もしくは Cr) が用いられ、接合膜には Au が用いられている。

20

【 0 0 4 7 】

上記の水晶振動板 2、第 1 封止部材 3、および第 2 封止部材 4 を含む水晶発振器 1 0 1 では、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 とが振動側第 1 接合パターン 2 5 1 および封止側第 1 接合パターン 3 2 1 を重ね合わせた状態で拡散接合され、水晶振動板 2 と第 2 封止部材 4 とが振動側第 2 接合パターン 2 5 2 および封止側第 2 接合パターン 4 2 1 を重ね合わせた状態で拡散接合されて、図 1 に示すサンドイッチ構造のパッケージ 1 2 が製造される。これにより、パッケージ 1 2 の内部空間、つまり、振動部 2 2 の收容空間が気密封止される。

【 0 0 4 8 】

この際、上述した接続用接合パターン同士も重ね合わせられた状態で拡散接合される。そして、接続用接合パターン同士の接合により、水晶発振器 1 0 1 では、第 1 励振電極 2 2 1、第 2 励振電極 2 2 2、IC チップ 5 および外部電極端子 4 3 の電氣的導通が得られるようになっている。

30

【 0 0 4 9 】

具体的には、第 1 励振電極 2 2 1 は、第 1 引出配線 2 2 3、接続用接合パターン 2 7 と接続用接合パターン 3 5 3 との接合部、配線パターン 3 3、接続用接合パターン 3 5 1、第 4 貫通孔 3 2 3 内の貫通電極、および電極パターン 3 7 を順に経由して、IC チップ 5 に接続される。第 2 励振電極 2 2 2 は、第 2 引出配線 2 2 4、接続用接合パターン 2 8、第 2 貫通孔 2 6 2 内の貫通電極、接続用接合パターン 2 5 4 と接続用接合パターン 3 5 2 との接合部、第 5 貫通孔 3 2 4 内の貫通電極、および電極パターン 3 7 を順に経由して、IC チップ 5 に接続される。また、IC チップ 5 は、電極パターン 3 7、第 3 貫通孔 3 2 2 内の貫通電極、接続用接合パターン 3 4 と接続用接合パターン 2 5 3 との接合部、第 1 貫通孔 2 6 1 内の貫通電極、接続用接合パターン 2 5 3 と接続用接合パターン 4 5 との接合部、および第 6 貫通孔 4 4 内の貫通電極を順に経由して、外部電極端子 4 3 に接続される。

40

【 0 0 5 0 】

以上が本実施の形態にかかる水晶発振器 1 0 1 の基本構造であるが、本発明における特徴点は、水晶振動板 2 において、周波数調整エッチング時に外枠部 2 3 に形成される入り込み部の形状にある。これより、この特徴点について詳細に説明する。

50

【 0 0 5 1 】

図 8 は、水晶振動板 2 において、水晶板へのエッチング工程が施された直後（電極や配線が形成される前）の状態を示す図であり、(a) は第 1 主面 2 1 1 側の平面図、(b) は第 2 主面 2 1 2 側の平面図である。尚、図 8 に示す例では、振動部の中央にメサ構造を形成しない場合を例示しており、矩形形状の水晶板に対し、外形形成エッチングおよび周波数調整エッチングの 2 回のエッチング処理が行われるものとする。

【 0 0 5 2 】

外形形成エッチングでは、矩形形状の水晶板に切り抜き部を形成し、振動部 2 2、外枠部 2 3 および保持部 2 4 の外形形状を形成する。また、水晶振動板 2 における貫通孔も外形形成エッチングにおいて形成される。

10

【 0 0 5 3 】

周波数調整エッチングは、水晶振動デバイスの発振振動数を所定の値とするために、振動部 2 2 および保持部 2 4 の厚みを調整するエッチング工程である。図 8 では、周波数調整エッチングによるエッチング領域 E g を斜線ハッチングにて示している。エッチング領域 E g は、少なくとも振動部 2 2 および保持部 2 4 の領域を含み、外枠部 2 3 よりも厚みが薄くなっている。

【 0 0 5 4 】

エッチング領域 E g の境界には、水晶板の厚み差による段差が形成される。この時、段差となる境界線が X 軸に平行であれば、この段差が水晶板の主面に対して垂直な断面を有する段差となったり、場合によっては、段差の側面が垂直からさらに傾斜し、段差の側面と主面（保持部の主面または外枠部の主面）とのなす角が鋭角となるようなえぐれ形状となる。また、このような垂直断面の段差やえぐれ形状を有する段差を越えるようにして励振電極からの引出配線を形成すると、この引出配線において断線が生じやすくなる。

20

【 0 0 5 5 】

そして、本実施の形態では、保持部 2 4 は、振動部 2 2 の + X 方向かつ - Z' 方向に位置する 1 つの角部のみから、- Z' 方向に向けて外枠部 2 3 まで延びている（突出している）。この場合、保持部 2 4 と外枠部 2 3 との境界は、外枠部の内周辺のうち X 軸と平行な辺上に存在する。したがって、エッチング領域 E g の境界を保持部 2 4 と外枠部 2 3 との境界に合わせると（図 9 (a) 参照）、上述したように、エッチング領域 E g の境界に垂直断面の段差が生じたり（図 9 (b) 参照）、えぐれ形状を有する段差が生じたりする（図 9 (c) 参照）。但し、このような垂直断面の段差は、水晶板の結晶異方性により、両主面に生じるのではなく、基本的には一方の主面にしか生じない。すなわち、第 1 主面 2 1 1 側におけるエッチング領域 E g の境界が垂直断面の段差になるとすれば、第 2 主面 2 1 2 側におけるエッチング領域 E g の境界は緩やかな段差になる（図 9 (d) 参照）。尚、ここでの緩やかな段差とは、段差の側面が傾斜し、段差の側面と主面（保持部の主面または外枠部の主面）とのなす角が鈍角となるような形状を指す。

30

【 0 0 5 6 】

本実施の形態に係る水晶振動板 2 では、励振電極からの引出配線における断線等を抑制でき、かつ、外枠部 2 3 と保持部 2 4 との接続部における耐衝撃性の低下を防止できるように、エッチング領域 E g の境界形状を工夫した点に特徴がある。しかしながら、このような工夫が必要となるのは、水晶板の一方の主面（ここでは第 1 主面 2 1 1）のみであるため、他方の主面（ここでは第 2 主面 2 1 2）は、従来のように、エッチング領域 E g の境界を保持部 2 4 と外枠部 2 3 との境界に合わせてもよい（図 8 (b) 参照）。

40

【 0 0 5 7 】

本発明の特徴である断線抑制対策が施される水晶振動板 2 の第 1 主面 2 1 1 では、図 10 に示すように、エッチング領域 E g の境界を保持部 2 4 と外枠部 2 3 との境界に合わせることせず、エッチング領域 E g に外枠部 2 3 に入り込むようにして形成される入り込み部 E g 1 を形成している。これにより、入り込み部 E g 1 によるエッチング領域 E g の境界は、少なくとも一部で X 軸に平行とならない境界線 L 1 となる。境界線 L 1 において生じる段差は、垂直断面やえぐれ形状を有する段差とはならず、緩やかな段差になる。そ

50

して、第1主面211に形成される第1引出配線223を、境界線L1の少なくとも一部を越えるようにして形成することで第1引出配線223の断線等が抑制できる。

【0058】

但し、図11(a)~(c)に示すように、入り込み部Eg1におけるエッチング領域の境界線の一方の始点(具体的には、-X側の始点)P1が、保持部24の-X側の辺の延長線L2上に形成されていると、周波数調整エッチングの際に保持部24と外枠部23との接続部に窪みが発生することが本願発明者によって見出された。具体的には、保持部24に対して、-X側かつ-Z'側のコーナーに上記窪みが発生する。このような窪みが発生すると、保持部24と外枠部23との接続部において該窪みが応力集中点となり、水晶振動デバイスの耐衝撃性が低下する。

10

【0059】

このような窪みの形成を回避するため、図10に示す水晶振動板2では、入り込み部Eg1におけるエッチング領域の境界線の始点P1を、保持部24の-X側の辺の延長線L2上からずれた位置に形成している。より具体的には、始点P1を延長線L2から+X側にずらし、始点P1が保持部24と外枠部23との接続域Rの内側に形成される構成としている。

【0060】

このように、入り込み部Eg1におけるエッチング領域の境界線の始点P1を、保持部24の-X側の辺の延長線L2上からずれた位置に形成することで、保持部24と外枠部23との接続部における窪みの発生が回避できる。その結果、水晶振動デバイスにおける耐衝撃性の低下を防止できる。

20

【0061】

尚、図10に示す例では、始点P1を延長線L2から+X側にずらしているが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、図12に示すように、始点P1を延長線L2から-X側にずらした構成であってもよい。このように、始点P1を延長線L2から-X側にずらした構成であっても、上記窪みの発生が回避でき、水晶振動デバイスにおける耐衝撃性の低下を防止できる。

【0062】

但し、図10に示すように、始点P1を延長線L2から+X側にずらした構成とした場合、外枠部23内における入り込み部Eg1の面積が抑制でき、外枠部23における封止部材(第1封止部材3、第2封止部材4)との接合面積を確保できる。これにより、水晶振動デバイス(例えば、水晶発振器101)における接合強度および封止性の低下を抑制できる。また、薄肉部領域である入り込み部Eg1を小さくすることで、外枠部23と保持部24との接続部分の剛性を向上させることができる。

30

【0063】

また、本発明において防止しようとする上記窪みは、水晶板の結晶異方性により、保持部24に対して-X側かつ-Z'側のコーナー部にのみ発生するものである。そのため、入り込み部Eg1の境界線の他方の始点(具体的には、+X側の始点)P2については、図13(a)、(b)に示すように、保持部24の+X側の辺の延長線L3上に形成されていてもよい。

40

【0064】

また、エッチング領域Egにおける入り込み部Eg1は、水晶板の一方の主面(ここでは、第1主面211)のみに形成される構成とすることが好ましい。この場合、入り込み部Eg1の形成による必要以上の板厚低下を回避し、水晶振動板2における剛性低下を抑制することができる。

【0065】

今回開示した実施形態はすべての点で例示であって、限定的な解釈の根拠となるものではない。従って、本発明の技術的範囲は、上記した実施形態のみによって解釈されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて画定される。また、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

50

【符号の説明】

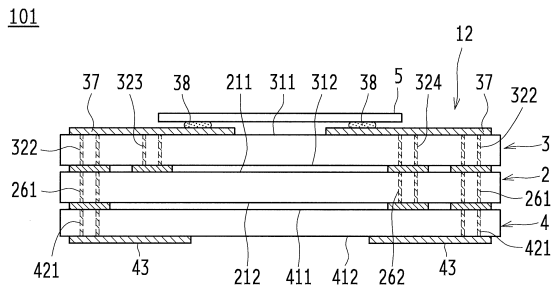
【0066】

- 2 水晶振動板
- 3 第1封止部材
- 4 第2封止部材
- 5 ICチップ
- 12 パッケージ
- 22 振動部
- 23 外枠部
- 24 保持部
- 101 水晶発振器（水晶発振デバイス）
- 211 第1主面
- 212 第2主面
- 221 第1励振電極
- 222 第2励振電極
- 223 第1引出配線
- 224 第2引出配線
- Eg エッチング領域
- Eg1 入り込み部
- P1 入り込み部の境界線の - X 側の始点
- P2 入り込み部の境界線の + X 側の始点
- L1 X 軸に平行とならない境界線
- L2 保持部の - X 側の辺の延長線
- L3 保持部の + X 側の辺の延長線

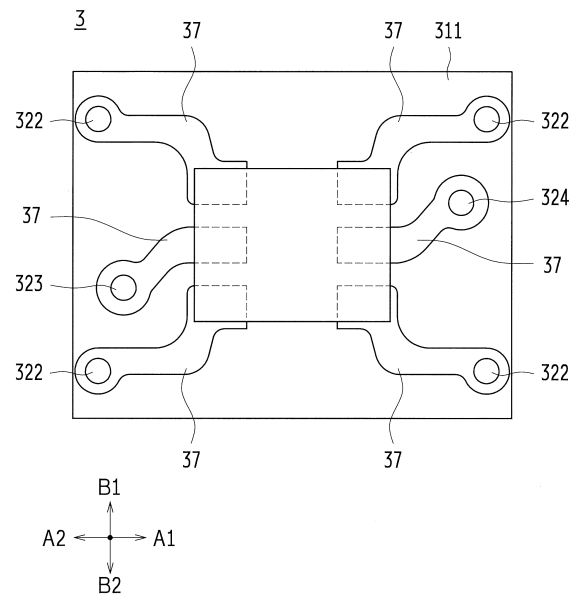
10

20

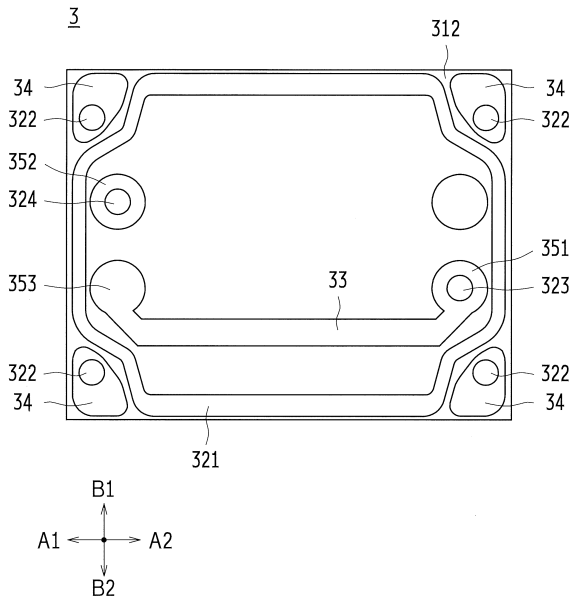
【図1】



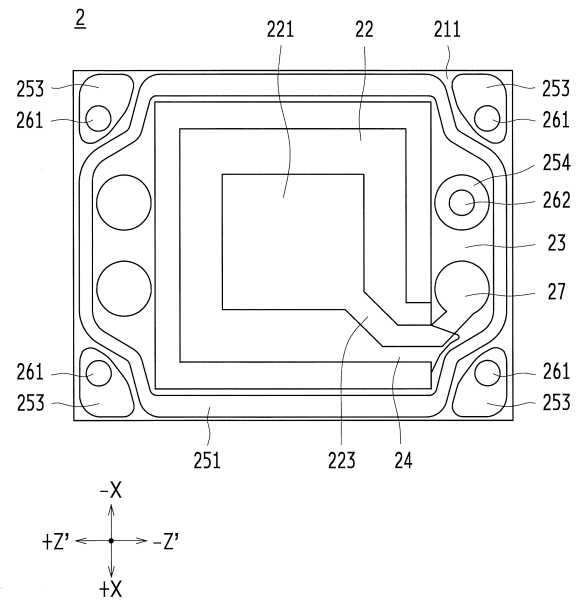
【図2】



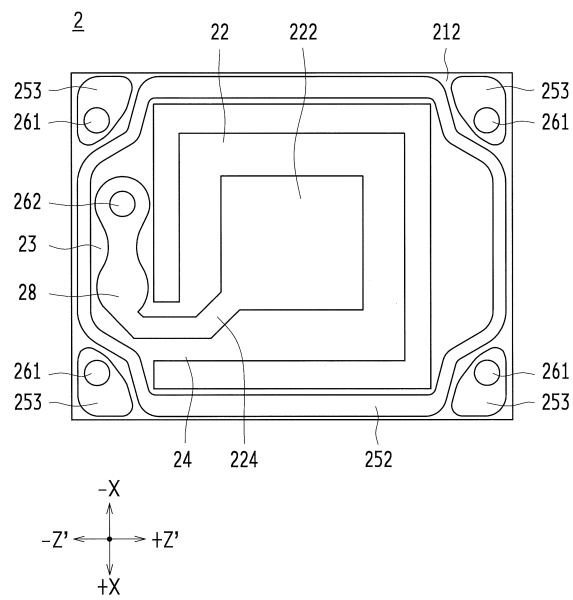
【 図 3 】



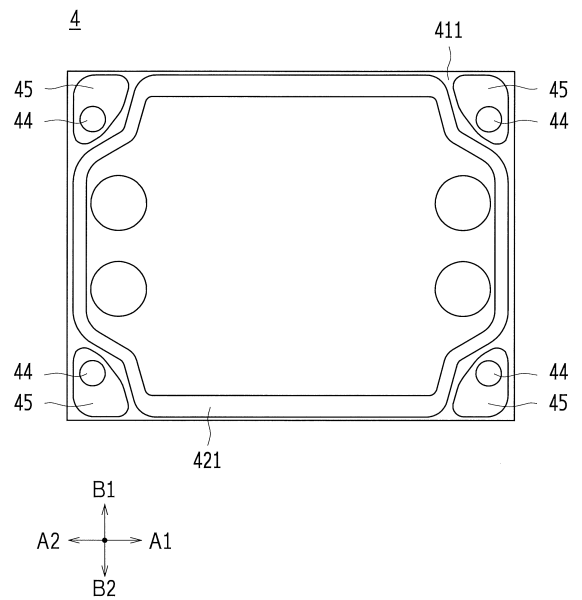
【 図 4 】



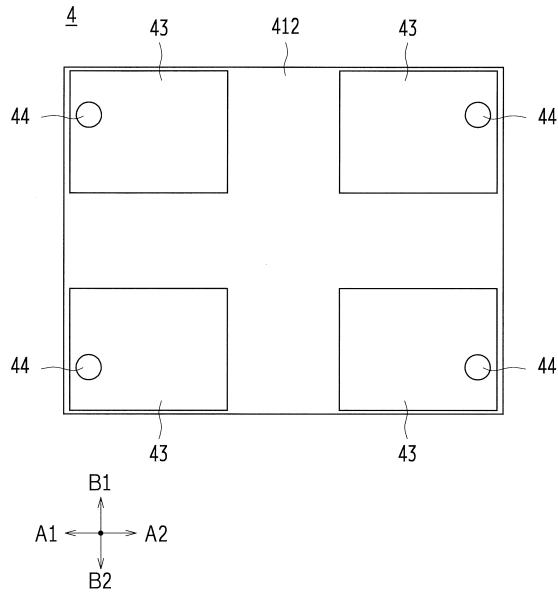
【 図 5 】



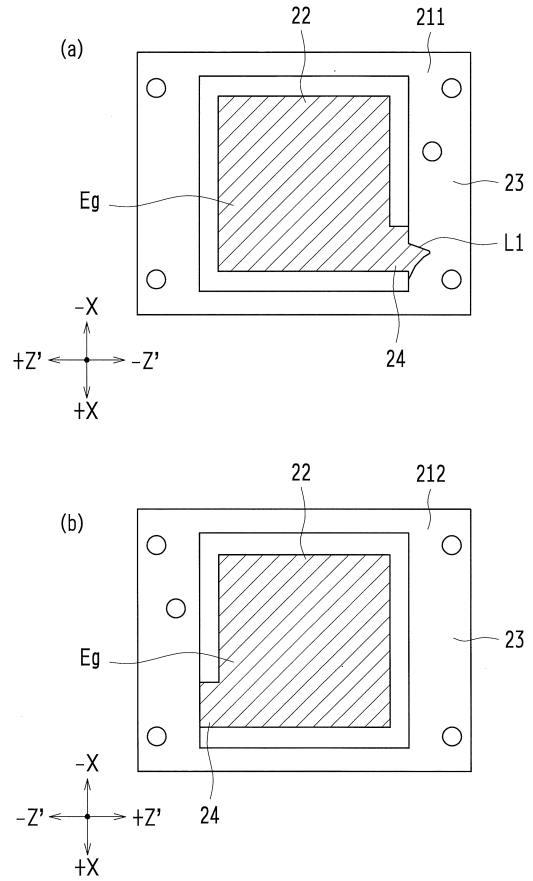
【 図 6 】



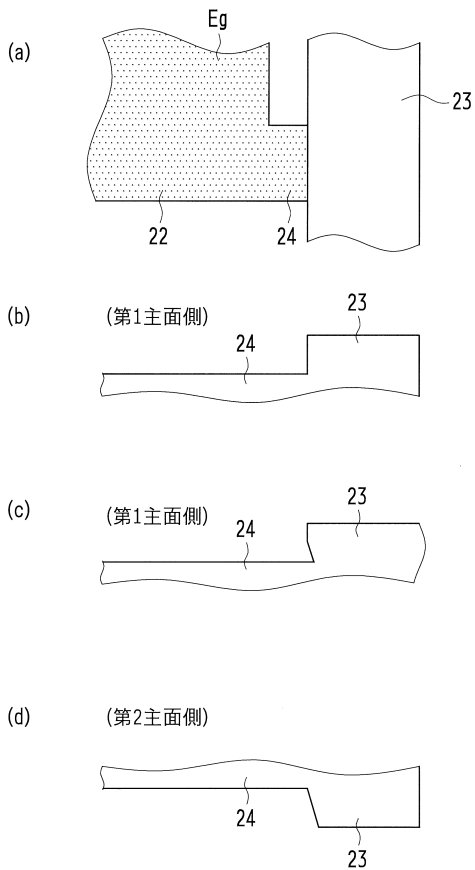
【 図 7 】



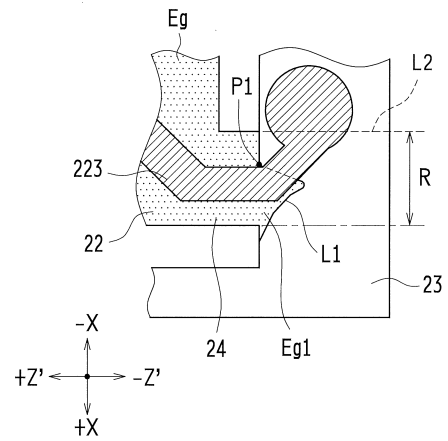
【 図 8 】



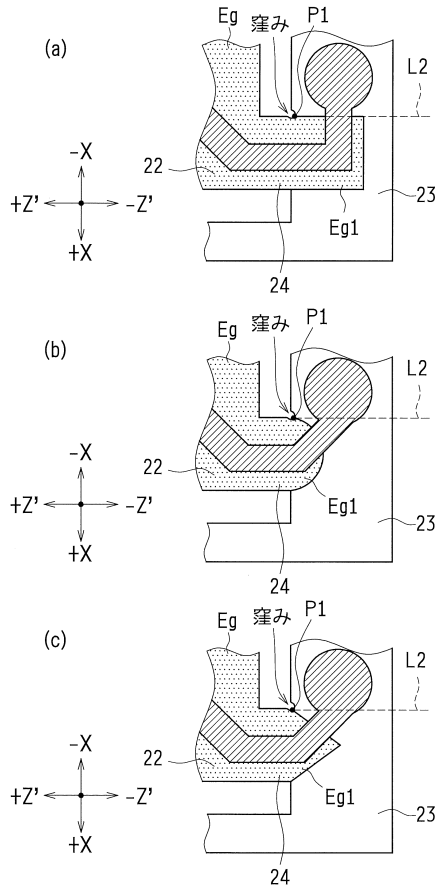
【 図 9 】



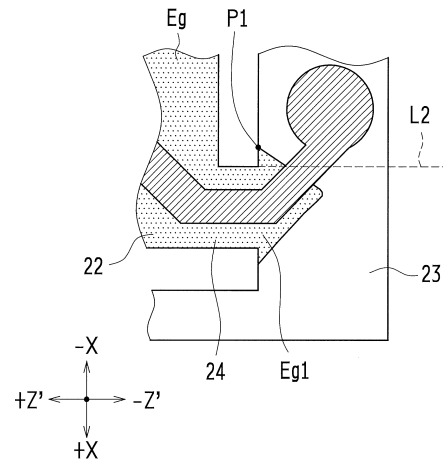
【 図 10 】



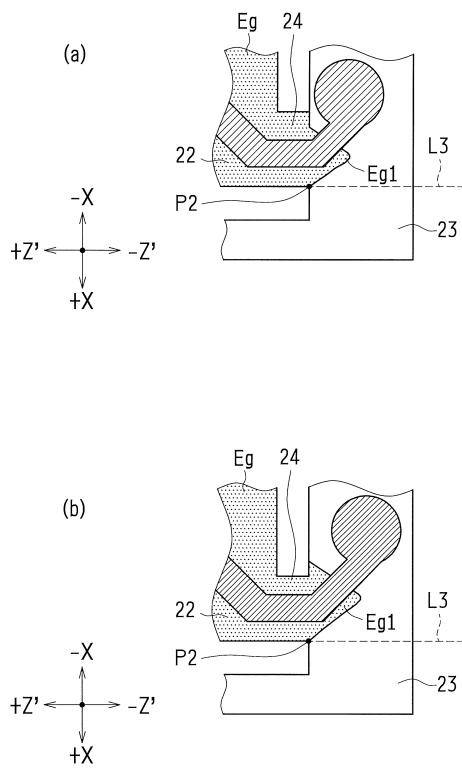
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2016/121182(WO, A1)

特開2014-068098(JP, A)

特開2015-192279(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H3/007-3/06

9/00-9/135

9/15-9/24

9/30-9/40

9/46-9/62

9/66

9/70

9/74