(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年12月28日(28.12.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/221887 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/19 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/022517

(22) 国際出願日： 2017年6月19日(19.06.2017)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2016-122948 2016年6月21日(21.06.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社村田製作所 (**MURATA MANUFACTURING CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 木津 徹 (**KIDU, Toru**); 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 崔 弘毅 (**SAI, Koki**); 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

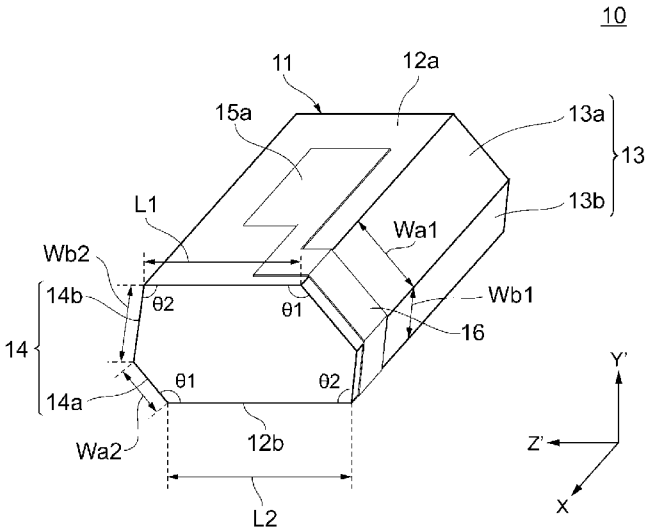
(74) 代理人: 稲葉 良幸，外 (**INABA, Yoshiyuki** et al.); 〒1066123 東京都港区六本木６－１０－１ 六本木ヒルズ森タワー２３階 ＴＭＩ総合法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) **Title:** CRYSTAL OSCILLATION ELEMENT, CRYSTAL OSCILLATOR, AND METHOD FOR MANUFACTURING CRYSTAL PIECE

(54) 発明の名称： 水晶振動素子、水晶振動子、及び水晶片の製造方法

[図1]



(57) **Abstract:** This invention is provided with: an AT-cut crystal piece including a first main surface (12a) and a second main surface (12b) facing each other and having long edges in the x-axis direction and short edges in the z-axis direction of a quartz crystal, and a first side surface (13) and a second side surface (14) located on a long-edge side of the first main surface (12a) and the second main surface (12b); a first excitation electrode (15a) and a second excitation electrode (15b); and a lead-out electrode (16) electrically connected to the first excitation electrode (15a), the lead-out electrode (16) being

WO 2017/221887 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

led out from the first main surface (12a) through the first side surface (13) until the second main surface (12b) is reached. In the width direction orthogonal to the long edges in the x-axis direction, the width Wa1 of a first m-surface (13a) of the first side surface (13) is greater than the width Wa2 of the second m-surface (14a) of the second side surface (14).

(57) 要約:水晶結晶のＸ軸方向を長辺及びＺ´軸方向を短辺とする互いに対向する第１主面（１２ａ）及び第２主面（１２ｂ）と、第１主面（１２ａ）及び第２主面（１２ｂ）の長辺側に位置する第１側面（１３）及び第２側面（１４）とを含む、ＡＴカット型の水晶片と、第１励振電極（１５ａ）及び第２励振電極（１５ｂ）と、第１主面（１２ａ）から第１側面（１３）を通って第２主面（１２ｂ）に至るまで引き出された、第１励振電極（１５ａ）に電気的に接続された引出電極（１６）とを備え、Ｘ軸方向の長辺と直交する幅方向において、第１側面（１３）の第１ｍ面（１３ａ）の幅Ｗａ１は、第２側面（１４）の第２ｍ面（１４ａ）の幅Ｗａ２よりも大きい。

明　細　書

発明の名称 ： 水晶振動素子、水晶振動子、及び水晶片の製造方法

技術分野

[0001]　本発明は、水晶振動素子、水晶振動子、及び水晶片の製造方法に関し、特に、ＡＴカット型の水晶片を含む水晶振動素子に関する。

背景技術

[0002]　発振装置や帯域フィルタなどに用いられる基準信号の信号源に水晶振動子が広く用いられている。水晶振動子においては、ベース部材及び蓋部材からなる保持器内に水晶振動素子が収容されている。水晶振動素子の例としては、特許文献１及び２に記載されているように、厚みすべり振動を主振動とするＡＴカット型の水晶振動素子がある。例えば、特許文献１に記載された水晶振動素子においては、ＡＴカット水晶板からなる水晶素子片と、励振電極とを備え、水晶素子片の励振部の長辺方向の両側面が、それぞれ、水晶結晶のｍ面と非ｍ面との２面で形成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００８－６７３４５号公報

特許文献2：特開２０１１－１９３２９２号公報

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、このような従来の構成においては、水晶素子片の側面における非ｍ面が垂直よりも僅かに大きい角度をもって主面の長辺に接しているため、水晶素子片の主面からスパッタ又は蒸着などで励振電極とともに必要な電極を形成する場合、非ｍ面に電極材料が設けられ難い場合があった。そのため、水晶素子片の側面を通って表裏の主面に引き出される引出電極が、非ｍ面において断線する可能性があった。

[0005]　本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、電気的な接続不良

の発生を抑制することができる水晶振動素子、水晶振動子、及び水晶片の製造方法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

[0006] 本発明の一側面に係る水晶振動素子は、水晶結晶のＸ軸方向を長辺及びＺ´軸方向を短辺とする互いに対向する第１主面及び第２主面と、第１主面及び第２主面の長辺側に位置する第１側面及び第２側面とを含む、ＡＴカット型の水晶片と、水晶片の第１主面に設けられた第１励振電極と、水晶片の第２主面に設けられた第２励振電極と、第１主面から第１側面を通って第２主面に至るまで引き出された、第１励振電極に電気的に接続された引出電極と、第２主面に設けられ、引出電極を介して第１励振電極に電気的に接続された第１接続電極と、第２主面に設けられ、第２励振電極に電気的に接続された第２接続電極とを備え、第１側面は、第１主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第１ｍ面と、第２主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第１非ｍ面とを有し、第２側面は、第１主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第２非ｍ面と、第２主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第２ｍ面とを有し、角度θ１及びθ２は鈍角であって角度θ１は角度θ２よりも大きい鈍角であり、Ｘ軸方向の長辺と直交する幅方向において、第１側面の第１ｍ面の幅は、第２側面の第２ｍ面の幅よりも大きい。

[0007] 上記構成によれば、水晶片の表裏主面にわたって引き回される引出電極が通る第１側面の方が第２側面よりもｍ面の幅が大きい。ｍ面は非ｍ面よりも主面からの傾斜角度が緩やかであるため、水晶片の表裏主面にわたって引き回される引出電極の形成が容易となり、また、引出電極の断線防止を図ることができる。よって、電気的な接続不良の発生を抑制することができる。

[0008] 本発明の他の一側面に係る水晶振動素子は、水晶結晶のＸ軸方向を長辺及びＺ´軸方向を短辺とする互いに対向する第１主面及び第２主面と、第１主面及び第２主面の長辺側に位置する第１側面及び第２側面とを含む、ＡＴカット型の水晶片と、水晶片の前記第１主面に設けられた第１励振電極と、水晶片の前記第２主面に設けられた第２励振電極と、第１主面から第２側面を

通って第２主面に至るまで引き出された、第１励振電極に電気的に接続された引出電極と、第２主面に設けられ、引出電極を介して第１励振電極に電気的に接続された第１接続電極と、第２主面に設けられ、第２励振電極に電気的に接続された第２接続電極とを備え、第１側面は、第２主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第１非ｍ面と、第１主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第１ｍ面とを有し、第２側面は、第２主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第２ｍ面と、第１主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第２非ｍ面とを有し、角度θ１及びθ２は鈍角であって角度θ１は角度θ２よりも大きい鈍角であり、Ｘ軸方向の長辺と直交する幅方向において、第２側面の第２ｍ面の幅は、第１側面の第１ｍ面の幅よりも大きい。

[0009] 上記構成によれば、水晶片の表裏主面にわたって引き回される引出電極が通る第２側面の方が第１側面よりもｍ面の幅が大きい。ｍ面は非ｍ面よりも主面からの傾斜角度が緩やかであるため、水晶片の表裏主面にわたって引き回される引出電極の形成が容易となり、また、引出電極の断線防止を図ることができる。よって、電気的な接続不良の発生を抑制することができる。

[0010] 本発明の一側面に係る水晶片の製造方法は、互いに対向する第１主面及び第２主面であって、それぞれ、水晶結晶のＸ軸方向及びＺ´軸方向に延在する第１主面及び第２主面を有する、ＡＴカット型の水晶基板を用意する工程と、第１マスクを水晶基板の第１主面に設け、第２マスクを、第２マスクの一部が第１マスクの一部と重なるように、水晶基板の第２主面に設ける工程と、水晶基板をウェットエッチングして、第１主面及び第２主面を、それぞれ、Ｘ軸方向を長辺とし、Ｚ´軸方向を短辺とする矩形状に形成し、第１主面及び第２主面の長辺側に位置する第１側面及び第２側面とを含む水晶片を形成する工程と、を含み、第１側面は、第１主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第１ｍ面と、第２主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第１非ｍ面とを有し、第２側面は、第１主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第２非ｍ面と、第２主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第２ｍ面とを有し、角度θ１は角度θ２よりも大きい鈍角であり、Ｘ軸方向の長辺と直

交する幅方向において、第１側面の第１ｍ面の幅は、第２側面の第２ｍ面の幅よりも大きい。

[0011] 上記構成によれば、例えば電気的な接続不良の発生を抑制することができる水晶片を製造することができる。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、電気的な接続不良の発生を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１は、本発明の第１実施形態に係る平板型形状の水晶片の一方の主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。

[図2]図２は、本発明の第１実施形態に係る平板型形状の水晶片の他方の主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。

[図3]図３は、本発明の第１実施形態に係る水晶振動子の断面図である。

[図4]図４は、本発明の第１実施形態に係る水晶振動子（蓋部材は省略してある。）の斜視図である。

[図5]図５は、本発明の第１実施形態に係る水晶片の製造方法を示す図である。

[図6]図６は、本発明の第１実施形態に係る水晶片の製造方法を示す図である。

[図7]図７は、本発明の第２実施形態に係る平板型形状の水晶片の一方の主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。

[図8]図８は、本発明の第２実施形態に係る平板型形状の水晶片の他方の主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。

[図9]図９は、本発明の第２実施形態に係る水晶振動子（蓋部材は省略してある。）の斜視図である。

[図10]図１０は、本発明の第３実施形態であるメサ型形状に係る水晶片の一方の主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。

[図11]図１１は、本発明の第３実施形態であるメサ型形状に係る水晶片の他方の主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に本発明の実施形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の構成要素は同一又は類似の符号で表している。図面は例示であり、各部の寸法や形状は模式的なものであり、本願発明の技術的範囲を当該実施形態に限定して解するべきではない。

[0015] ＜第１実施形態＞

図１～図４を参照しつつ、本発明の第１実施形態に係る水晶振動素子及び当該水晶振動素子を備える水晶振動子を説明する。ここで、図１は、水晶片の第１主面側から見た水晶振動素子の斜視図であり、図２は、図１とは表裏反対の水晶片の第２主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。図３は、水晶振動子の断面図である。図４は、水晶振動子の斜視図であり、蓋部材は省略している。

[0016] 図３に示すように、本実施形態に係る水晶振動子（Ｑｕａｒｔｚ Ｃｒｙｓｔａｌ Ｒｅｓｏｎａｔｏｒ Ｕｎｉｔ）１は、水晶振動素子（Ｑｕａｒｔｚ Ｃｒｙｓｔａｌ Ｒｅｓｏｎａｔｏｒ）１０と、蓋部材２０と、ベース部材３０とを備える。蓋部材２０及びベース部材３０は、水晶振動素子１０を収容するための保持器である。本実施形態においては、一例として、蓋部材２０はキャップ状をなしており、ベース部材３０は平板な板状をなしているが、蓋部材２０及びベース部材３０の形状はこれらに限定されるものではない。

[0017] 図１及び図２に示すように、水晶振動素子１０は、ＡＴカット型の水晶片（Ｑｕａｒｔｚ Ｃｒｙｓｔａｌ Ｂｌａｎｋ）１１を有する。ＡＴカット型の水晶片１１は、人工水晶の結晶軸であるＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸のうち、Ｙ軸及びＺ軸をＸ軸の周りにＹ軸からＺ軸の方向に３５度１５分±１分３０秒回転させた軸をそれぞれＹ´軸及びＺ´軸とした場合、Ｘ軸及びＺ´軸によって特定される面と平行な面（以下、「ＸＺ´面」と呼ぶ。他の軸によって特定される面についても同様である。）を主面として切り出されたものである。本実施形態では、ＡＴカット水晶片である水晶片１１は、Ｘ軸方向に平行

な長辺と、Ｚ´方向に平行な短辺と、Ｙ´軸方向に平行な厚み方向の辺を有する。また、水晶片１１は、ＸＺ´面において矩形状に形成されている。

[0018] ＡＴカット水晶片を用いた水晶振動素子は、広い温度範囲で極めて高い周波数安定性を有し、また、経時変化特性にも優れている上、低コストで製造することが可能である。また、ＡＴカット水晶振動素子は、厚みすべり振動モード（Ｔｈｉｃｋｎｅｓｓ　Ｓｈｅａｒ　Ｍｏｄｅ）を主振動として用いられる。以下、水晶結晶のＡＴカットの軸方向を基準として水晶振動子１の各構成を説明する。

[0019] 水晶片１１は、第１主面１２ａ及び第２主面１２ｂと、第１側面１３及び第２側面１４とを含む。第１主面１２ａ及び第２主面１２ｂは互いに対向している。また、第１主面１２ａ及び第２主面１２ｂは、それぞれ、Ｘ軸方向を長辺及びＺ´軸方向を短辺とする。第１側面１３及び第２側面１４は、第１主面１２ａ及び第２主面１２ｂの長辺側に位置する側面である。本実施形態では、第１主面１２ａ及び第２主面１２ｂはそれぞれ平面であり、水晶片１１のＹ´軸方向の厚みが一様に同じである平板型の水晶片を示すが、本発明はこれに限るものではなく、後述するように水晶片のＹ´軸方向の厚みが異なるメサ型の水晶片を適用することができる。なお、水晶片１１の形状の詳細は後述する。

[0020] 水晶振動素子１０は、第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂを含む。第１励振電極１５ａは、水晶片１１の第１主面１２ａに形成され、また、第２励振電極１５ｂは、水晶片１１の第２主面１２ｂに形成されている。第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂは、それぞれ、対応する主面の中央を含む領域に設けられ、一対の電極としてＸＺ´面において略全体が重なり合うように配置されている。また、第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂはＸＺ´面において長辺及び短辺を有する矩形状に形成されている。図１及び図２に示す例では、第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂの長辺が水晶片１１の長辺（すなわちＸ軸方向）と向きが一致するとともに、第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂの短辺が水晶片１１の短辺（す

なわちＺ´軸方向）と向きが一致する。

[0021] 水晶振動素子１０は、第１励振電極１５ａに電気的に接続された引出電極１６と、第１励振電極１５ａに引出電極１６を介して電気的に接続された第１接続電極１７ａと、第２励振電極１５ｂに電気的に接続された第２接続電極１７ｂとを有する。第１接続電極１７ａ及び第２接続電極１７ｂは、水晶片１１の第２主面１２ｂに形成され、より具体的には、第２主面１２ｂの一方の短辺側（Ｘ軸正方向側）付近に設けられ、第２主面１２ｂの短辺方向に沿って配列されている。また、引出電極１６は、第１主面１２ａにおいて第１励振電極１５ａと電気的に接続されており、第１主面１２ａから第１側面１３を通って第２主面１２ｂに至るまでに引き出されている。引出電極１６をこのように水晶片１１の表裏主面にわたって引き回すことによって、第１主面１２ａに形成された第１励振電極１５ａと、第２主面１２ｂに形成された第１接続電極１７ａとを電気的に接続することができる。第１接続電極１７ａ及び第２接続電極１７ｂは、導電性保持部材３６ａ，３６ｂを介してベース部材３０の電極に電気的に接続される。導電性保持部材３６ａ，３６ｂは、導電性接着剤が熱硬化して形成されたものであってもよい。

[0022] 第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂ、引出電極１６、並びに、接続電極１７ａ，１７ｂの電極材料は特に限定されるものではないが、例えば、下地としてクロム（Ｃｒ）層を有し、クロム層の表面にさらに金（Ａｕ）層を有していてもよい。

[0023] 図３に示すように、蓋部材２０は、ベース部材３０の第１主面３２ａに対向して開口した凹部２４を有する。凹部２４には、開口の全周に亘って、凹部２４の底面から立ち上がるように形成された側壁部２２が設けられている。また、蓋部材２０は、凹部２４の開口縁においてベース部材３０の第１主面３２ａに対向する対向面２６を有している。蓋部材２０は、側壁部２２からさらに開口外方向へ突出するフランジ部２８を有していてもよく、この場合、フランジ部２８が対向面２６を有している。これによれば、フランジ部２８とベース部材３０を接合することによって、両者の接合面積を大きくで

きるため、両者の接合強度の向上を図ることができる。

[0024] なお、本実施形態において蓋部材２０の形状は特に限定されるものではないが、例えば、ベース部材３０と保持器を構成して水晶振動素子１０を内部に収容するために、ベース部材３０の平面形状と略同一であってもよい。また、図２に示す例では蓋部材２０はフランジ部を有するが、これに限定されるものではなく、フランジ部２８を有することなく、凹部２４の底面から略垂直に立ち上げ形成された側壁部２２の先端がベース部材３０と接合されてもよい。

[0025] 蓋部材２０の材質は特に限定されるものではないが、例えば金属などの導電材料で構成されていてもよい。これによれば、蓋部材２０を接地電位に電気的に接続させることによりシールド機能を付加することができる。あるいは、蓋部材２０は、絶縁材料又は導電材料・絶縁材料の複合構造であってもよい。

[0026] ベース部材３０は水晶振動素子１０を励振可能に支持するものである。具体的には、水晶振動素子１０は導電性保持部材３６ａ，３６ｂを介してベース部材３０の第１主面３２ａに励振可能に支持されている。

[0027] 図４に示すように、ベース部材３０は、Ｚ´軸方向に平行な長手方向と、Ｘ軸方向に平行な短手方向と、Ｙ´軸方向に平行な厚さ方向を有している。ベース部材３０は、ＸＺ´面において矩形状をなしている。すなわち、ベース部材３０の第１主面３２ａ及び第２主面３２ｂは、それぞれ、Ｘ軸方向を長辺及びＺ´軸方向を短辺とする。

[0028] ベース部材３０は、例えば絶縁性セラミックで形成されてもよく、例えば複数の絶縁性セラミックシートを積層して焼成することによって形成されてもよい。あるいは、ベース部材３０は、ガラス材料（例えばケイ酸塩ガラス、又はケイ酸塩以外を主成分とする材料であって、昇温によりガラス転移現象を有する材料）、水晶材料（例えばＡＴカット水晶）又はガラスエポキシ樹脂などで形成してもよい。ベース部材３０は耐熱性材料から構成されることが好ましい。ベース部材３０は、単層であっても複数層であってもよく、

複数層である場合、第１主面３２ａの最表層に形成された絶縁層を含んでもよい。また、ベース部材３０は、平板な板状をなしている。

[0029] 図３に示すように、蓋部材２０及びベース部材３０の両者が接合材７０を介して接合されることによって、水晶振動素子１０が、蓋部材２０の凹部２４とベース部材３０とによって囲まれた内部空間（キャビティ）２３に密封封止される。この場合、内部空間の圧力は大気圧力よりも低圧な真空状態であることが好ましく、これにより励振電極１５ａ，１５ｂの酸化による経時変化などが低減できるため好ましい。

[0030] 接合材７０は、蓋部材２０及びベース部材３０の各全周に亘って設けられており、蓋部材２０の側壁部２２の対向面２６と、ベース部材３０の第１主面３２ａとの間に介在している。接合材７０は絶縁性材料を有する。絶縁性材料としては、低融点ガラス（例えば鉛ホウ酸系や錫リン酸系等）などのガラス接着材料であってもよいし、あるいは、樹脂接着剤を用いてもよい。これらの絶縁性材料によれば、金属接合に比べて低コストであり、また加熱温度を抑えることができ、製造プロセスの簡易化を図ることができる。

[0031] 本実施形態に係る水晶振動素子１０は、長手方向の一方端（導電性保持部材３６ａ，３６ｂが配置される側の端部）が固定端であり、その他方端が自由端となっている。また、水晶振動素子１０、蓋部材２０及びベース部材３０は、ＸＺ´面において、それぞれ矩形状をなしており、互いに長手方向及び短手方向が一致する向きに配置されている。

[0032] なお、水晶振動素子１０の固定端の位置は特に限定されるものではなく、変形例として、水晶振動素子１０は、長手方向の両端においてベース部材３０に固定されていてもよい。この場合、水晶振動素子１０を長手方向の両端において固定する態様で、水晶振動素子１０及びベース部材３０の各電極を形成すればよい。

[0033] 図４に示すように、ベース部材３０は、第１主面３２ａに形成された接続電極３３ａ，３３ｂと、第１主面３２ａ上に形成され、かつ、接続電極３３ａ，３３ｂと電気的に接続された引出電極３４ａ，３４ｂと、第２主面３２

ｂにおいて実装基板（図示しない）と電気的に接続するための外部電極３５ａ，３５ｂ，３５ｃ，３５ｄとを含む。

[0034] ベース部材３０の接続電極３３ａ，３３ｂは、第１主面３２ａの一方の短辺側（Ｘ軸正方向側）付近に設けられ、第１主面３２ａの短辺方向に沿って配列されている。接続電極３３ａには、導電性保持部材３６ａを介して、水晶振動素子１０の第１接続電極１７ａが接続され、他方、接続電極３３ｂには、導電性保持部材３６ｂを介して、水晶振動素子１０の第２接続電極１７ｂが接続される。

[0035] 複数の外部電極３５ａ，３５ｂ，３５ｃ，３５ｄはそれぞれベース部材３０のコーナー部に形成されている。具体的には、外部電極３５ａはＸ軸正方向かつＺ´軸負方向側のコーナー部に形成され、外部電極３５ｂはＸ軸負方向かつＺ´軸正方向側のコーナー部に形成され、外部電極３５ｃはＸ軸負方向側及びＺ´軸負方向側のコーナー部に形成され、外部電極３５ｄはＸ軸正方向かつＺ´軸正方向側のコーナー部に形成されている。

[0036] 複数の外部電極３５ａ～ｄのうち、外部電極３５ａは、引出電極３４ａを介して接続電極３３ａに電気的に接続され、外部電極３５ｂは、引出電極３４ｂを介して接続電極３３ｂに電気的に接続されている。すなわち、外部電極３５ａ，３５ｂは第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂと電気的に接続された入出力端子である。図４に示すように、これらの外部電極３５ａ，３５ｂは、ベース部材３０の第１主面３２ａにおける互いに対向するコーナー部に配置されている。

[0037] また、残りの外部電極３５ｃ，３５ｄは、ベース部材３０の第１主面３２ａにおける互いに対向するコーナー部に配置されている。なお、これらの外部電極は水晶振動素子１０の第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂとは電気的に接続されないダミー電極である。このように、ベース部材３０の平面視のいずれの向きにおいても外部電極が存在するように、ベース部材３０の全てのコーナー部に外部電極を設けるので、外部電極を形成するための導電材料の付与、及び、水晶振動子１の実装基板への実装を容易に行うこと

ができる。

[0038] ダミー電極は、水晶振動子１が実装される実装基板（図示しない）に設けられた端子であって、実装基板に実装された他のいずれの電子素子とも接続されない端子に電気的に接続されてもよい。また、蓋部材２０が導電性材料からなる場合、蓋部材２０にシールド機能を付加することができる。ここで、ダミー電極としての外部電極３５ｃ，３５ｄは、接地電位が供給される接地用電極であってもよい。この場合、導電性材料である蓋部材２０に接地用電極である外部電極３５ｃ，３５ｄに電気的に接続することによってシールド機能の向上を図ることができる。

[0039] 図４に示す例では、ベース部材３０のコーナー部は、その一部が円筒曲面状（キャスタレーション形状とも呼ばれる。）に切断して形成された切り欠き側面を有しており、外部電極３５ａ～３５ｄは、このような切り欠き側面及び第２主面３２ｂにかけて連続的に形成されている。なお、ベース部材３０のコーナー部の形状はこれに限定されるものではなく、切り欠きの形状は平面状であってもよいし、切り欠きがなく、平面視して、四隅が直角な矩形形状であってもよい。

[0040] なお、ベース部材３０の接続電極３３ａ，３３ｂ、引出電極３４ａ，３４ｂ及び外部電極３５ａ～３５ｄの各構成は上記の例に限定されるものではなく、様々に変形して適用することができる。例えば、接続電極３３ａ，３３ｂは、長辺方向の両端に形成されるなど、ベース部材３０の第１主面３２ａ上において互いに異なる端部に配置されてもよい。このような構成においては、水晶振動素子１０が、長手方向の一方端及び他方端の両方においてベース部材３０に支持されることになる。また、外部電極の個数は４つに限るものではなく、例えば対角上に配置された入出力端子としての２つのみであってもよい。また、外部電極はコーナー部に配置されたものに限らず、コーナー部を除くベース部材３０のいずれかの側面に形成されてもよい。この場合、既に説明したとおり、側面の一部を円筒曲面状に切断した切り欠き側面を形成し、コーナー部を除く当該側面に外部電極を形成してもよい。さらに、

ダミー電極である他の外部電極３５ｃ，３５ｄは形成しなくてもよい。また、ベース部材３０に第１主面３２ａから第２主面３２ｂへ貫通するスルーホールを形成し、このスルーホールによって第１主面３２ａに形成した接続電極から第２主面３２ｂへ電気的導通を図ってもよい。

[0041] 本実施形態に係る水晶振動子１においては、ベース部材３０の外部電極３５ａ，３５ｂを介して、水晶振動素子１０における一対の第１励振電極１５ａ及び第２励振電極１５ｂの間に交番電界を印加する。これにより、厚みすべり振動モードによって水晶片１１が振動し、該振動に伴う共振特性が得られる。

[0042] 次に、図１及び図２に戻り、本実施形態に係る水晶片１１の形状について詳述する。

[0043] 水晶片１１の長辺側の第１側面１３は、第１主面１２ａの長辺に角度θ１で接するｍ面１３ａと、第２主面１２ｂの長辺に角度θ２で接する非ｍ面１３ｂとからなる。すなわち、ｍ面１３ａ及び非ｍ面１３ｂは傾斜角度が異なる連続する２面である。なお、ｍ面とは水晶結晶が有する自然面の１つであり、非ｍ面とはｍ面以外の水晶結晶の面を指す。ｍ面１３ａが第１ｍ面であり、非ｍ面１３ｂが第１非ｍ面である。

[0044] 水晶片１１の長辺側の側面である第２側面１４は、第１主面１２ａの長辺に角度θ２で接する非ｍ面１４ｂと、第２主面１２ｂの長辺に角度θ１で接するｍ面１４ａとからなる。すなわち、ｍ面１４ａ及び非ｍ面１４ｂは傾斜角度が異なる連続する２面である。ｍ面１４ａが第２ｍ面であり、非ｍ面１４ｂが第２非ｍ面である。

[0045] 非ｍ面１３ｂ，１４ｂがそれぞれ対応する主面と接する角度θ２は、約９３度（すなわち主面の法線方向から約３度）であり、より具体的には加工精度等を考慮して約９３度±２度（すなわち主面の法線方向から約３度±２度）である。このように、非ｍ面１３ｂ，１４ｂは、それぞれ対応する主面と略垂直に接する側面となっている。

[0046] また、ｍ面１３ａ，１４ａがそれぞれ対応する主面と接する角度θ１は、

９０度よりも大きい鈍角であり、具体的には、加工精度等を考慮して１４４度±２度である。すなわち、角度θ１及びθ２は、θ１＞θ２の関係を有している。このように、ｍ面１３ａ，１４ａは、それぞれ対応する主面とは、非ｍ面１３ｂ，１４ｂよりも主面からの傾斜角度が緩やかな側面となっている。

[0047] 図１及び図２に示すように、第１側面１３のｍ面１３ａ及び非ｍ面１３ｂの配置は、水晶片１１のＹ´Ｚ´面における側面（すなわち、水晶片１１の短辺側の側面）の中心点を基準として、第２側面１４のｍ面１４ａ及び非ｍ面１４ｂの配置とは点対称となっているが、ｍ面１３ａとｍ面１４ａのサイズ（又は非ｍ面１３ｂと非ｍ面１４ｂのサイズ）は異なっている。具体的には、第１側面１３及び第２側面１４におけるＸ軸方向の長辺と直交する幅方向において、第１側面１３のｍ面１３ａの幅Ｗａ１と、第２側面１４のｍ面１４ａの幅Ｗａ２は、Ｗａ１＞Ｗａ２の関係を有している。そして、このようなｍ面のサイズ関係に従って、第１側面１３の非ｍ面１３ｂの幅Ｗｂ１と、第２側面１４の非ｍ面１４ｂの幅Ｗｂ２は、Ｗｂ１＜Ｗｂ２の関係を満たしている。

[0048] このように、本実施形態においては、水晶片１１の表裏主面にわたって引き回される引出電極１６が通る第１側面１３の方が、第２側面１４よりも、主面からの傾斜角度が緩やかな部分の幅の比率（面積の比率）が大きくなっている。すなわち、Ｗａ１／Ｗｂ１＞Ｗａ２／Ｗｂ２の関係を有している。このため、引出電極１６が形成される第１側面１３のうち、電極形成が容易であるｍ面１３ａの幅Ｗａ１を大きくし、かつ、電極形成が困難である非ｍ面１３ｂの幅Ｗｂ１を小さくすることができる。したがって、水晶片１１の表裏主面にわたって引き回される引出電極１６の形成が容易となり、また、引出電極１６の断線防止を図ることができる。

[0049] また、本実施形態においては、第１主面１２ａの短辺の長さＬ１と、第２主面１２ｂの短辺の長さＬ２は、Ｌ１＜Ｌ２の関係を有している。したがって、水晶片１１をＸＺ´面で見たときに、水晶片１１の表裏を容易に判定す

ることができる。よって、水晶振動子１の組み立て作業性及び取扱いの向上を図ることができる。

[0050] また、第１接続電極１７ａ及び第２接続電極１７ｂが設けられた第２主面１２ｂの短辺の長さＬ２が大きいため、水晶片１１の小型化を維持しつつも、第２主面１２ｂの短辺に沿って配置した第１接続電極１７ａと第２接続電極１７ｂの間の距離を大きく確保することができる。したがって、第１接続電極１７ａと第２接続電極１７ｂとの間の短絡を容易に防止することができる。

[0051] また、水晶振動素子１０とベース部材３０との間に設けられた導電性保持部材３６ａ，３６ｂは、水晶片１１に形成された電極材料に対して濡れ易いため、引出電極１６を通って水晶片１１の側面に濡れ広がる場合がある。この点、本実施形態においては、引出電極１６が形成された第１側面１３において、第２主面１２ｂの長辺に接する面は、略垂直である非ｍ面１３ｂであるため、導電性保持部材３６ａ，３６ｂを形成するための導電性接着剤が、引出電極１６を伝って濡れ広がる量を少なくすることができる。したがって、導電性接着剤の濡れ広がりに起因する水晶振動素子１０の振動阻害を低減させることができる。

[0052] また、水晶片１１の第１側面１３及び第２側面１４が、角度θ２（約９３度±２度）をもって主面と接する非ｍ面を有するので、側面の傾斜角度が９０度である場合と比べて、幅すべり振動モードと厚みすべり振動モードとの結合を小さくすることができる。したがって、エネルギー閉じ込め効果に加えて、周波数温度特性の改善を併せて奏することができる。

[0053] 図５及び図６は本実施形態に係る水晶片の製造方法を示したものである。本実施形態に係る水晶片の形状は、例えばウェットエッチングによって作成することができる。

[0054] まず、図５に示すように、互いに対向する第１主面４２ａ及び第２主面４２ｂを有する水晶基板４１を用意する。ここで、第１主面４２ａ及び第２主面４２ｂは、それぞれ、水晶結晶のＸ軸方向及びＺ´軸方向に延在する面で

ある。次に、このような水晶基板４１の表裏の第１主面４２ａ及び第２主面４２ｂ上に、それぞれ第１マスク４３ａ及び第２マスク４３ｂを設ける。第１マスク４３ａおよび第２マスク４３ｂは例えば金属材料からなるメタルマスクである。

[0055] マスク４３ａ，４３ｂを設ける工程では、例えば、水晶基板４１の第１主面４２ａ全面に金属膜をスパッタ工法で形成したのち、第１マスク４３ａの開口部をエッチングによって除去して所定の形状を得る。同様の手法により、水晶基板４１の第２主面４２ｂ上に第２マスク４３ｂを設ける。なお、水晶基板４１の第１主面４２ａ及び第２主面４２ｂは、図１に示す水晶片１１の第１主面１２ａ及び第２主面１２ｂにそれぞれ対応している。

[0056] 第１マスク４３ａ及び第２マスク４３ｂは、ＸＺ´面を平面視して略全体が重なり合うように形成されるが、互いに異なる幅を有するｍ面１３ａ，１４ａ、及び、非ｍ面１３ｂ，１４ｂをそれぞれ形成するために、Ｚ´軸方向に互いにずらして配置される。言い換えれば、第１主面４２ａ上のマスク４３ａの一部が、第２主面４２ｂ上のマスク４３ｂの一部と重なるように、マスク４３ａ，４３ｂを設ける。より具体的には、例えば、第１マスク４３ａ及び第２マスク４３ｂはＺ´軸方向において第１距離Ｘ１だけ重なり合って設けられ、第１マスク４３ａは第２マスク４３ｂに対してＺ´軸正方向側に第２距離Ｘ２だけずらして設けられ、第１マスク４３ｂは第２マスク４３ａに対してＺ´軸負方向側に第３距離Ｘ３だけずらして設けられる。ここで、第１距離Ｘ１、第２距離Ｘ２及び第３距離Ｘ３の長さは、ウェットエッチングの処理時間や処理態様などに依存する。例えば第１励振電極１５ａと第２励振電極１５ｂとで挟まれた水晶片１１の振動部の厚み寸法をＴとした場合、Ｘ２＜Ｘ３、０．４Ｔ＜Ｘ２≦０．７５Ｔ、かつ０．７５Ｔ＜Ｘ３≦２Ｔの関係を有することが好ましい。

[0057] 次に、このように第１マスク４３ａ及び第２マスク４３ｂを形成した水晶基板４１をウェットエッチングする。例えば水晶基板４１を両面から同時にフッ化アンモニウム溶液などを用いてウェットエッチングする。これにより

、図６に示すように、第１側面１３及び第２側面１４を有する水晶片１１を作成することができる。

[0058] こうして、Ｘ２及びＸ３の長さに対応して、ｍ面１４ａよりも幅が大きいｍ面１３ａを形成することができる。また、Ｘ１＋Ｘ２の長さに対応して第１主面１２ａを形成し、Ｘ１＋Ｘ３の長さに対応して、第１主面１２ａよりも短辺の長さが大きい第２主面１２ｂを形成することができる。

[0059] なお、上記では、水晶基板４１の両面にマスク４３ａ，４３ｂを同時に形成し、両面から同時にウェットエッチングする処理態様を説明したが、これに限定されるものではなく、水晶基板４１の一方の片面にマスク４３ａを形成してウェットエッチングし、次に、水晶基板４１の他方の片面にマスク４３ｂを形成してウェットエッチングしてもよい。これによれば、水晶基板の第１主面４２ａと第２主面４２ｂのウェットエッチングの処理時間を異ならせることができるので、本実施形態に係る水晶片１１をより容易に形成することができる。

[0060] ＜第２実施形態＞

次に、図７～図９を参照しつつ、本発明の第２実施形態に係る水晶振動素子及び当該水晶振動素子を備える水晶振動子を説明する。ここで、図７は、水晶片の第１主面側から見た斜視図であり、図８は、図７とは表裏反対の水晶片の第２主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。また、図９は、水晶振動子の斜視図であり、蓋部材は省略している。なお、第１実施形態と同一の構成について同一の符号を付している。

[0061] 本実施形態に係る水晶振動素子１１０においては、水晶片１１１の形状及びベース部材３０の構成は第１実施形態と同一であり、水晶片１１１に形成される接続電極及び引出電極の構成が第１実施形態と異なっている。すなわち、本実施形態では、水晶片の立体形状自体は第１実施形態と同一であるが、引出電極を引き回す側面が第１実施形態の側面とは異なっており、これに伴い、接続電極を設ける主面が第１実施形態の主面とは反対の面となっている。以下、第１実施形態と異なる点について説明する。なお、本実施形態で

は、説明の便宜上、第１実施形態と同様に、接続電極が設けられていない側の主面を第１主面と呼び、接続電極が設けられた側の主面を第２主面と呼ぶこととする。

[0062] 図７及び図８に示すように、本実施形態においては、水晶片１１１の第１主面１１２ａに第１励振電極１１５ａが形成され、水晶片１１１の第２主面１１２ｂに第２励振電極１１５ｂが形成され、第１接続電極１１７ａ及び第２接続電極１１７ｂは、水晶片１１１の第２主面１１２ｂに形成されている。より具体的には、第１接続電極１１７ａ及び第２接続電極１１７ｂは、第２主面１１２ｂの一方の短辺側（Ｘ軸正方向側）付近に設けられ、第２主面１１２ｂの短辺方向に沿って配列されている。また、引出電極１１６は、第１主面１１２ａにおいて第１励振電極１１５ａと電気的に接続されており、第１主面１１２ａから第２側面１１４を通って第２主面１１２ｂに至るまでに引き出されている。引出電極１１６をこのように水晶片１１１の表裏主面にわたって引き回すことによって、第１主面１１２ａに形成された第１励振電極１１５ａと、第２主面１１２ｂに形成された第１接続電極１１７ａとを電気的に接続することができる。また、第２接続電極１１７ｂは、第２主面１１２ｂに形成された第２励振電極１１５ｂに電気的に接続されている。第１接続電極１１７ａ及び第２接続電極１１７ｂは、導電性保持部材３６ａ，３６ｂを介してベース部材３０の接続電極３３ａ，３３ｂに電気的に接続される。

[0063] 本実施形態においても、第１実施形態と同様に、水晶片１１１の表裏主面にわたって引き回される引出電極１１６が通る第２側面１１４の方が、第１側面１１３よりも、主面からの傾斜角度が緩やかな部分の幅の比率（面積の比率）が大きくなっている。すなわち、Ｗａ１／Ｗｂ２＞Ｗａ２／Ｗｂ２の関係を有している。このため、引出電極１１６が形成される第２側面１１４のうち、電極形成が容易であるｍ面１１４ａの幅Ｗａ１を大きくし、かつ、電極形成が困難である非ｍ面１１４ｂの幅Ｗｂ１を小さくすることができる。したがって、水晶片１１１の表裏主面にわたって引き回される引出電極１

１６の形成が容易となり、また、引出電極１１６の断線防止を図ることができる。

[0064] また、本実施形態においては、引出電極１１６が形成された第２側面１１４において、第２主面１１２ｂの長辺に接する面は、緩やかな傾斜面であるｍ面１１４ａであり、また、ｍ面１１４ａの幅の大きいため、導電性保持部材３６ａ，３６ｂを構成する導電性接着剤が、引出電極１１６を伝って濡れ広がる量を多くすることができる。したがって、導電性接着剤による接着面積を大きくすることができるため、導電性保持部材３６ａ，３６ｂによる保持強度を向上させることができる。

[0065] なお、水晶振動子及び水晶振動素子のその他の構成及び作用効果については、第１実施形態で説明した内容を適用することができる。また、水晶片１１１の製造方法についても既に説明したとおりである。

[0066] ＜第３実施形態＞

次に、図１０及び図１１を参照しつつ、本発明の第３実施形態に係る水晶振動素子を説明する。ここで、図１０は、水晶片の第１主面側から見た斜視図であり、図１１は、図１０とは表裏反対の水晶片の第２主面側から見た水晶振動素子の斜視図である。

[0067] 本実施形態に係る水晶振動素子２１０においては、水晶片２１１の形状が第１実施形態及び第２実施形態と異なっている。すなわち、本実施形態では、水晶片２１１はメサ型形状を有している。具体的には、ＡＴカット型の水晶片２１１が、第１主面２１２ａ及び第２主面２１２ｂの中央を含む第１部分２１８と、第１部分２１８のＸ軸方向の両端に隣接する第２部分２１９とを含み、第２部分２１９におけるＹ´軸方向の厚さが第１部分２１８におけるＹ´軸方向の厚さよりも薄くなっている。この場合、第１部分２１８を厚肉中央部、第２部分２１９を薄肉周辺部と呼ぶことができる。また、本実施形態では、第１主面２１２ａは、第１部分２１８の第１主面２１２ａ１と、第２部分２１９の第１主面２１２ａ２とからなり、第２主面２１２ｂは、第１部分２１８の第２主面２１２ｂ１と、第２部分２１９の第２主面２１２ｂ

とからなる。そして、第１主面２１２ａ及び第２主面２１２ｂの長辺側の各側面に、既に説明した水晶結晶のｍ面及び非ｍ面の内容を適用することができる。すなわち、水晶片２１１の長辺側の第１側面２１３は、第１主面２１２ａ２の長辺に角度θ１で接するｍ面２１３ａと、第２主面２１２ｂ２の長辺に角度θ２で接する非ｍ面２１３ｂとからなる。また、水晶片２１１の長辺側の第２側面２１４は、第１主面２１２ａ２の長辺に角度θ２で接する非ｍ面２１４ｂと、第２主面２１２ｂの長辺に角度θ１で接するｍ面２１４ａとからなる。なお、厚肉中央部と薄肉周辺部の主面の法線方向の段差の寸法が水晶片の厚さの１０％以上となる構造を、実施形態１または２で開示した水晶片に追加工して、厚肉中央部の表面にレジスト膜を設けて、ウェットエッチングによって厚肉中央部と薄肉周辺部の間の段差を加工する場合、ｍ面及び非ｍ面の第１主面及び第２主面の近傍が、薄肉周辺部とともにエッチング加工される。これにより、ｍ面の第１主面及び第２主面の近傍において主面に対する角度がｍ面と異なる別の第１結晶面が生じ、非ｍ面の第１主面及び第２主面の近傍において主面に対する角度が非ｍ面と異なる別の第２結晶面が生じる。本発明において、別の第１結晶面及び別の第２結晶面はともに側面に含まれるものとする。

[0068] また、本実施形態においては、水晶片２１１の第１主面２１２ａ１に第１励振電極２１５ａが形成され、水晶片２１１の第２主面２１２ｂ１に第２励振電極２１５ｂが形成され、第１接続電極２１７ａ及び第２接続電極２１７ｂは、水晶片２１１の第２主面２１２ｂ２に形成されている。より具体的には、第１接続電極２１７ａ及び第２接続電極２１７ｂは、第２主面２１２ｂ２の一方の短辺側（Ｘ軸正方向側）付近に設けられ、第２主面２１２ｂ２の短辺方向に沿って配列されている。また、引出電極２１６は、第１主面２１２ａにおいて第１励振電極２１５ａと電気的に接続されており、第１主面２１２ａ１から第１主面２１２ａ２及び第２側面２１４を通って第２主面２１２ｂ２に至るまでに引き出されている。引出電極２１６をこのように水晶片２１１の表裏主面にわたって引き回すことによって、第１主面２１２ａ１に

形成された第１励振電極２１５ａと、第２主面１１２ｂ２に形成された第１接続電極２１７ａとを電気的に接続することができる。また、第２接続電極２１７ｂは、第２主面２１２ｂ１に形成された第２励振電極２１５ｂに電気的に接続されている。

[0069] なお、メサ型形状の第１部分２１８は、例えばドライエッチングで形成してもよいし、あるいはウェットエッチングで形成してもよい。ドライエッチング等で形成することによって例えば第１部分２１８の側面をＹ´軸方向に沿って延在するように形成することができる。あるいは、ウェットエッチングの場合、第１部分２１８の側面はＹ´軸方向から所定の角度をもって傾斜して形成されていてもよい。

[0070] 本実施形態によれば、既に説明した作用効果に加え、メサ形状による振動エネルギー閉じ込め効果も奏することができる。

[0071] なお、以上の各実施形態においては、側面が連続する２面からなる態様を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、側面が３面以上からなる態様であってもよい。すなわち、側面がｍ面及び非ｍ面を含み、さらに、ｍ面と非ｍ面との間に１つ又は複数の面を有していてもよい。

[0072] なお、以上説明した各実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更／改良され得るとともに、本発明にはその等価物も含まれる。即ち、各実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、各実施形態が備える各要素及びその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、各実施形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

符号の説明

[0073] １ 水晶振動子

１０　水晶振動素子

１１　水晶片

１２ａ　第１主面

１２ｂ　第２主面

１３　第１側面

１４　第２側面

１３ａ，１４ａ　ｍ面

１３ｂ，１４ｂ　非ｍ面

１５ａ　第１励振電極

１５ｂ　第２励振電極

１６　引出電極

１７ａ　第１接続電極

１７ｂ　第２接続電極

２０　蓋部材

３０　ベース部材

３６ａ，３６ｂ　導電性保持部材

請求の範囲

[請求項1] 水晶結晶のＸ軸方向を長辺及びＺ´軸方向を短辺とする互いに対向する第１主面及び第２主面と、前記第１主面及び第２主面の長辺側に位置する第１側面及び第２側面とを含む、ＡＴカット型の水晶片と、

前記水晶片の前記第１主面に設けられた第１励振電極と、

前記水晶片の前記第２主面に設けられた第２励振電極と、

前記第１主面から前記第１側面を通って前記第２主面に至るまで引き出された、前記第１励振電極に電気的に接続された引出電極と、

前記第２主面に設けられ、前記引出電極を介して前記第１励振電極に電気的に接続された第１接続電極と、

前記第２主面に設けられ、前記第２励振電極に電気的に接続された第２接続電極と

を備え、

前記第１側面は、前記第１主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第１ｍ面と、前記第２主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第１非ｍ面とを有し、

前記第２側面は、前記第１主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第２非ｍ面と、前記第２主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第２ｍ面とを有し、

前記角度θ１及びθ２は鈍角であって前記角度θ１は前記角度θ２よりも大きい鈍角であり、

前記Ｘ軸方向の長辺と直交する幅方向において、前記第１側面の前記第１ｍ面の幅は、前記第２側面の前記第２ｍ面の幅よりも大きい、水晶振動素子。

[請求項2] 前記第２主面の短辺は前記第１主面の短辺よりも長い、請求項１に記載の水晶振動素子。

[請求項3] 水晶結晶のＸ軸方向を長辺及びＺ´軸方向を短辺とする互いに対向する第１主面及び第２主面と、前記第１主面及び第２主面の長辺側に

位置する第１側面及び第２側面とを含む、ＡＴカット型の水晶片と、

前記水晶片の前記第１主面に設けられた第１励振電極と、

前記水晶片の前記第２主面に設けられた第２励振電極と、

前記第１主面から前記第２側面を通って前記第２主面に至るまで引き出された、前記第１励振電極に電気的に接続された引出電極と、

前記第２主面に設けられ、前記引出電極を介して前記第１励振電極に電気的に接続された第１接続電極と、

前記第２主面に設けられ、前記第２励振電極に電気的に接続された第２接続電極と

を備え、

前記第１側面は、前記第２主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第１非ｍ面と、前記第１主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第１ｍ面とを有し、

前記第２側面は、前記第２主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第２ｍ面と、前記第１主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第２非ｍ面とを有し、

前記角度θ１及びθ２は鈍角であって前記角度θ１は前記角度θ２よりも大きい鈍角であり、

前記Ｘ軸方向の長辺と直交する幅方向において、前記第２側面の前記第２ｍ面の幅は、前記第１側面の前記第１ｍ面の幅よりも大きい、水晶振動素子。

[請求項4] 前記第１主面の短辺は前記第２主面の短辺よりも長い、請求項２に記載の水晶振動素子。

[請求項5] 前記第１主面及び前記第２主面はそれぞれ平面である、請求項１から３のいずれか一項に記載の水晶振動素子。

[請求項6] 前記水晶片は、前記第１主面及び前記第２主面の中央を含む第１部分と、前記Ｘ軸方向における前記第１部分の両端に隣接する第２部分とを含み、前記第２部分の厚さは、前記第１部分の厚さよりも薄い、

請求項１から３のいずれか一項に記載の水晶振動素子。

[請求項7] 請求項１から請求項６のいずれか一項に記載の水晶振動素子と、

導電性保持部材を介して前記水晶振動素子が励振可能に保持するベース部材と、

前記ベース部材に接合材を介して接合され、前記水晶振動子を前記ベース部材上で内部空間に収容する蓋部材と

を備え、

前記導電性保持部材は、前記水晶振動素子における前記第１接続電極及び第２接続電極が設けられた主面と前記ベース部材との間に設けられた、水晶振動子。

[請求項8] 互いに対向する第１主面及び第２主面を有する、ＡＴカット型の水晶基板を用意する工程と、

第１マスクを前記水晶基板の前記第１主面に設け、第２マスクを、前記第１主面を平面視して当該第２マスクの一部が前記第１マスクの一部と重なるように、前記水晶基板の前記第２主面に設ける工程と、

前記水晶基板をウェットエッチングして、前記第１主面及び前記第２主面を、それぞれ、Ｘ軸方向を長辺とし、Ｚ´軸方向を短辺とする矩形状に形成し、前記第１主面及び第２主面の長辺側に位置する第１側面及び第２側面とを含む水晶片を形成する工程と、

を含み、

前記第１側面は、前記第１主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第１ｍ面と、前記第２主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第１非ｍ面とを有し、

前記第２側面は、前記第１主面の長辺に角度θ２で接する水晶結晶の第２非ｍ面と、前記第２主面の長辺に角度θ１で接する水晶結晶の第２ｍ面とを有し、

前記角度θ１は前記角度θ２よりも大きい鈍角であり、

前記Ｘ軸方向の長辺と直交する幅方向において、前記第１側面の前

記第１ｍ面の幅は、前記第２側面の前記第２ｍ面の幅よりも大きい、水晶片の製造方法。

[請求項9] 前記第１マスク及び前記第２マスクを設ける工程において、前記第１主面を平面視して、前記第１マスク及び前記第２マスクがＺ´軸方向において第１距離にて重なるとともに、前記第１マスクが前記第２マスクからＺ´軸正方向に第２距離にて延在しかつ前記第２マスクが前記第１マスクからＺ´軸負方向に第３距離にて延在するように、前記第１マスク及び前記第２マスクを配置する、請求項８に記載の水晶片の製造方法。

[請求項10] 前記第３距離は前記第２距離よりも大きい、請求項９記載の水晶片の製造方法。

[図1]

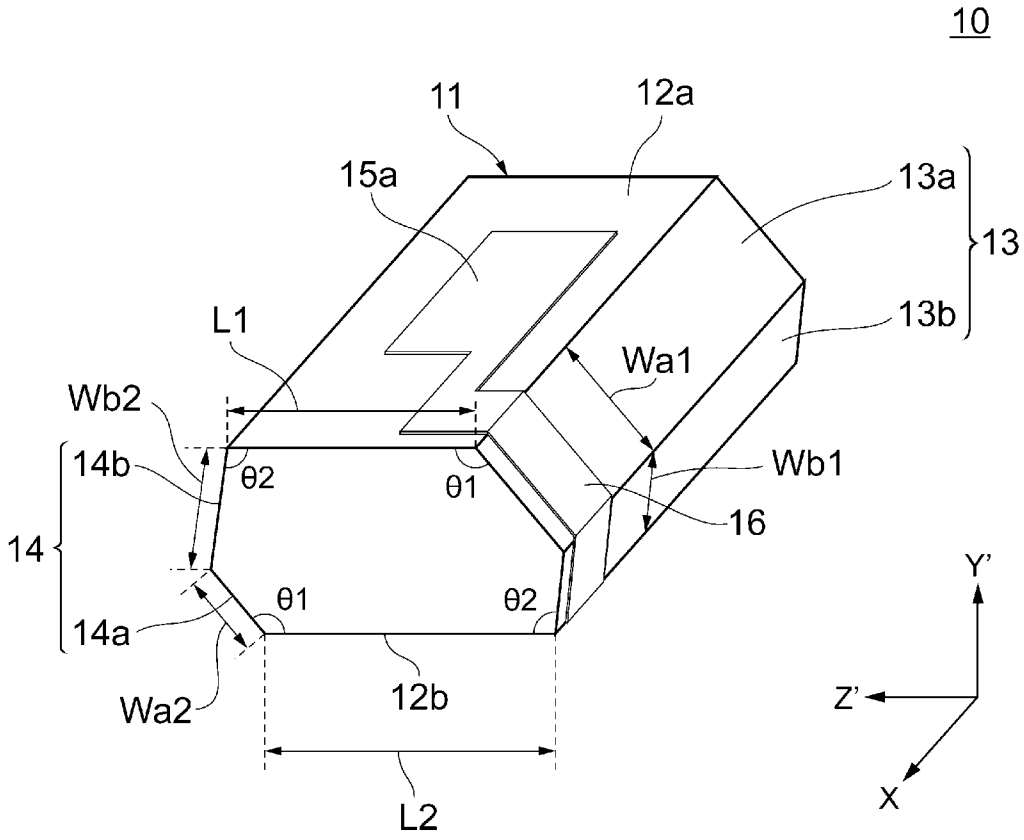

10
11
12a
15a
13a
13
13b
L1
Wa1
Wb2
14b
θ2
θ1
Wb1
16
14
θ1
θ2
14a
Wa2
12b
L2
Y'
Z'
X

図 1

[図2]

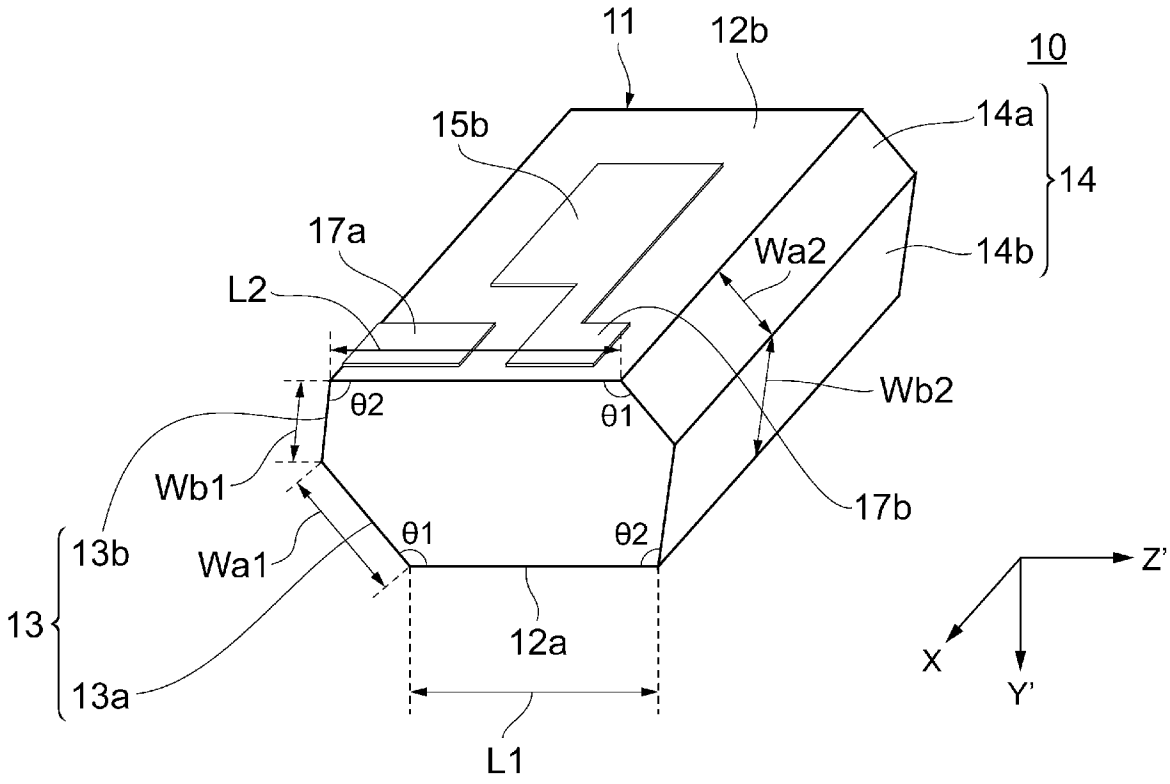

11
12b
10
15b
14a
14
17a
Wa2
14b
L2
Wb2
θ2
θ1
Wb1
17b
θ1
θ2
13b
Wa1
Z'
13
12a
X
Y'
13a
L1

図 2

[図3]

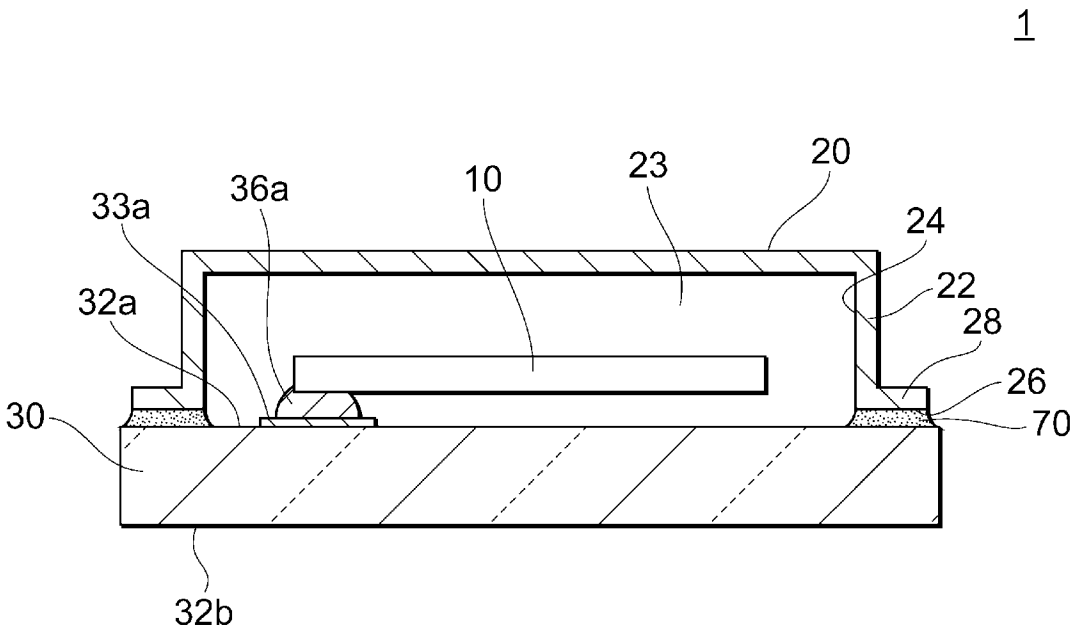


図３

[図4]

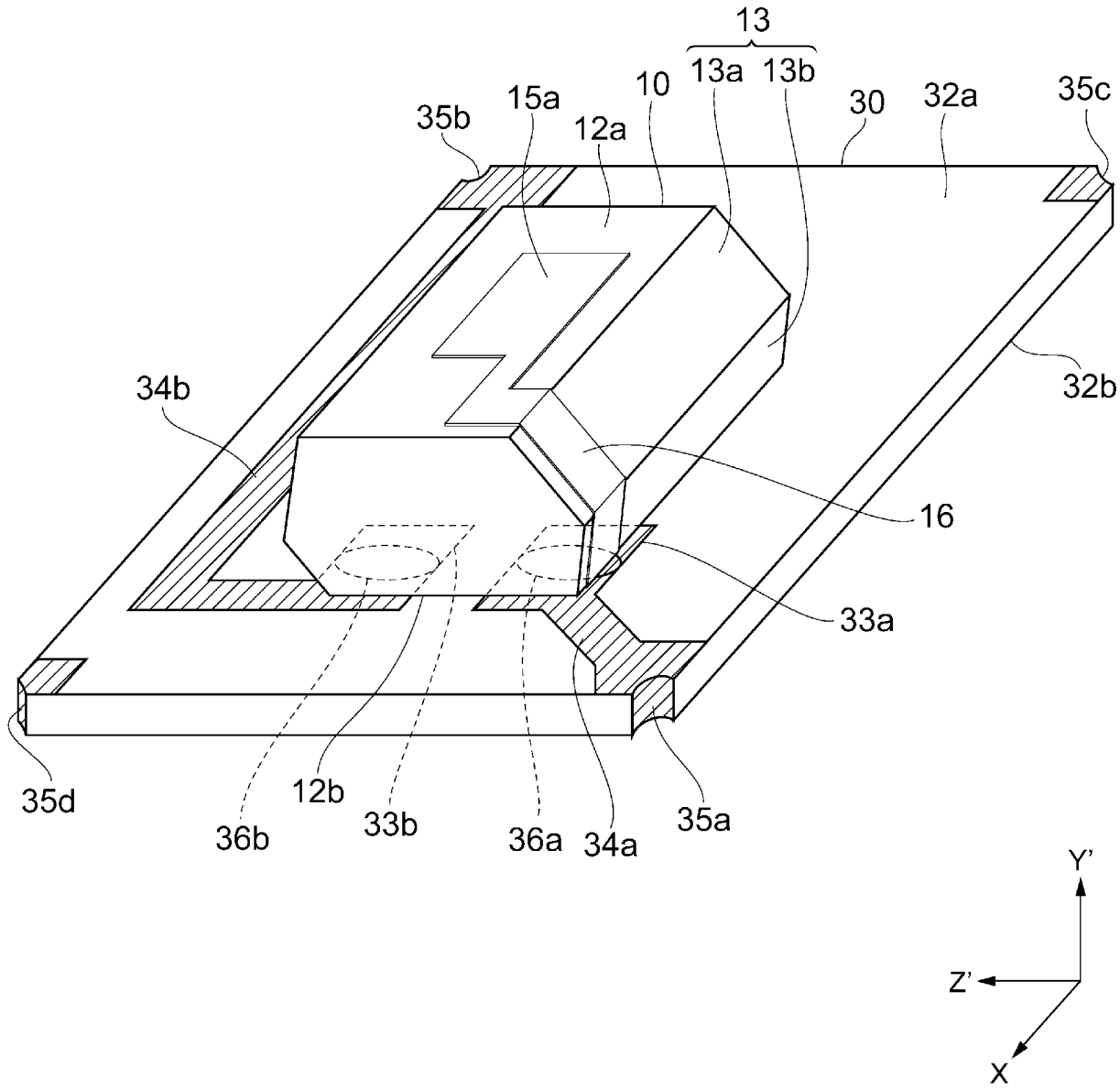

13
13a
13b
10
15a
12a
35b
30
32a
35c
34b
32b
16
33a
35d
12b
36b
33b
36a
34a
35a
Y'
Z'
X

図 4

[図5]

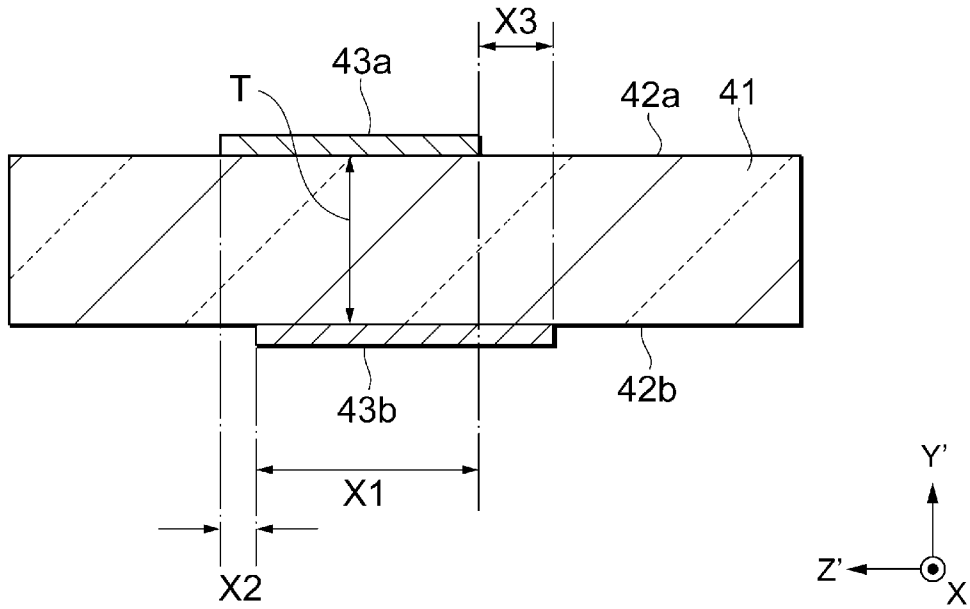


図 5

[図6]

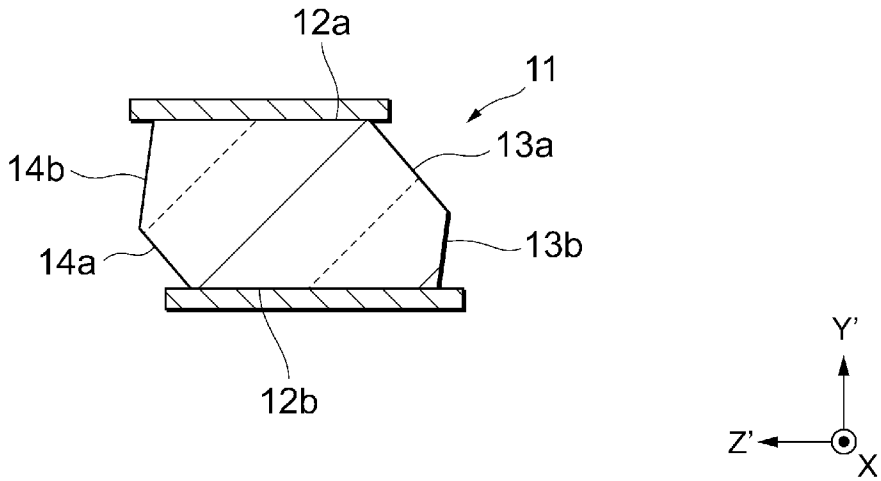


図 6

[図7]

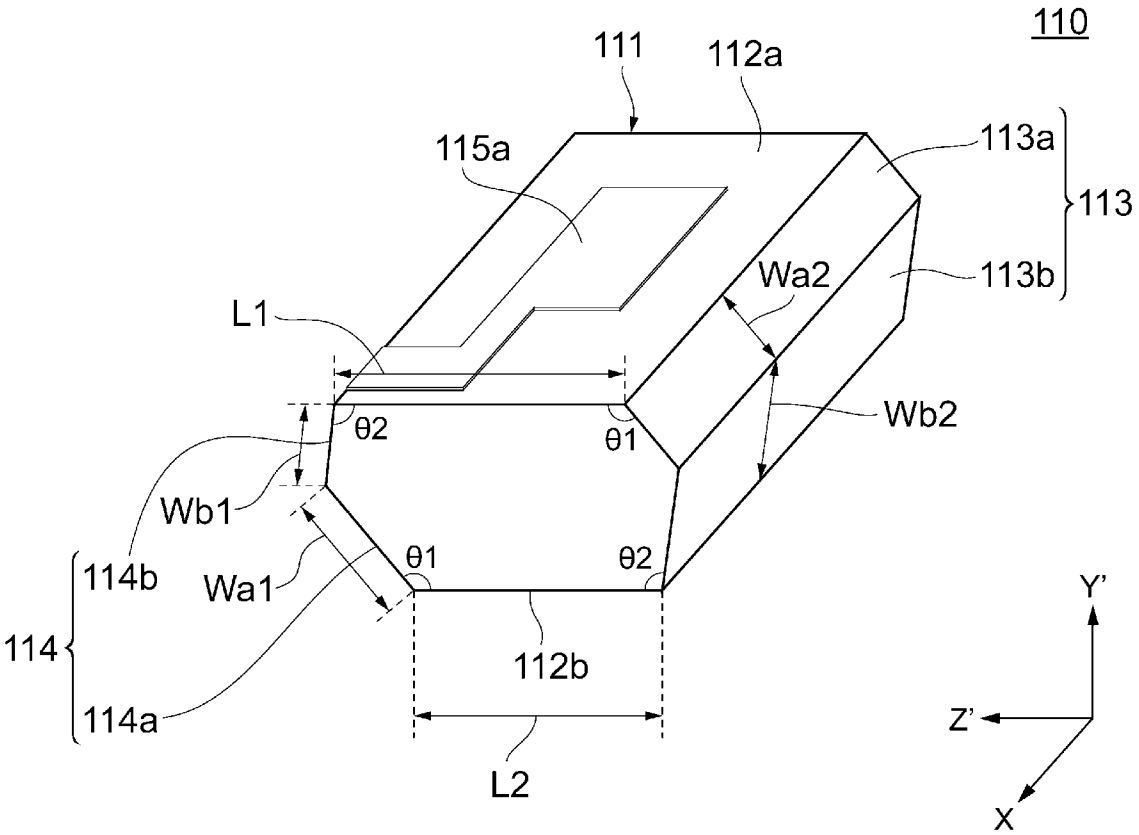

110
111
112a
115a
113a
113
113b
Wa2
L1
Wb2
θ2
θ1
Wb1
114b
Wa1
θ1
θ2
114
112b
114a
L2
Y'
Z'
X

図 7

[図8]

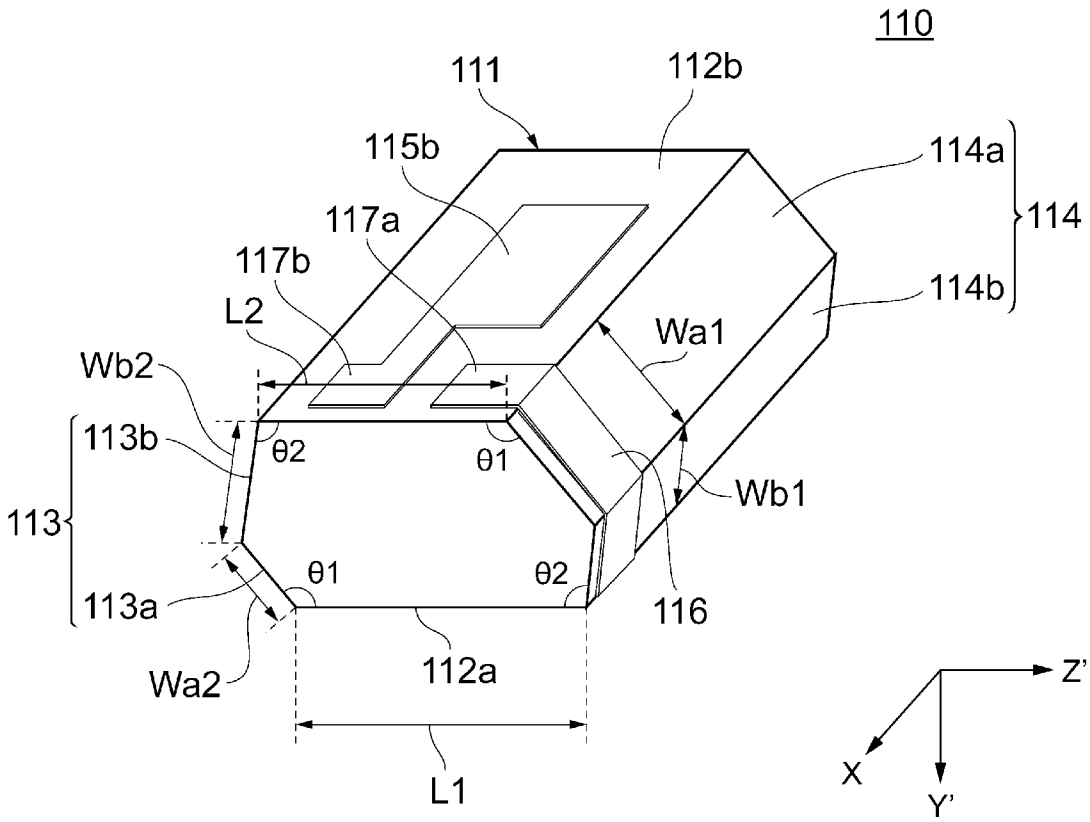

110
111
112b
115b
114a
114
117a
117b
114b
L2
Wa1
Wb2
113b
θ2
θ1
Wb1
113
θ1
θ2
113a
116
Wa2
112a
L1
Z'
X
Y'

図 8

[図9]

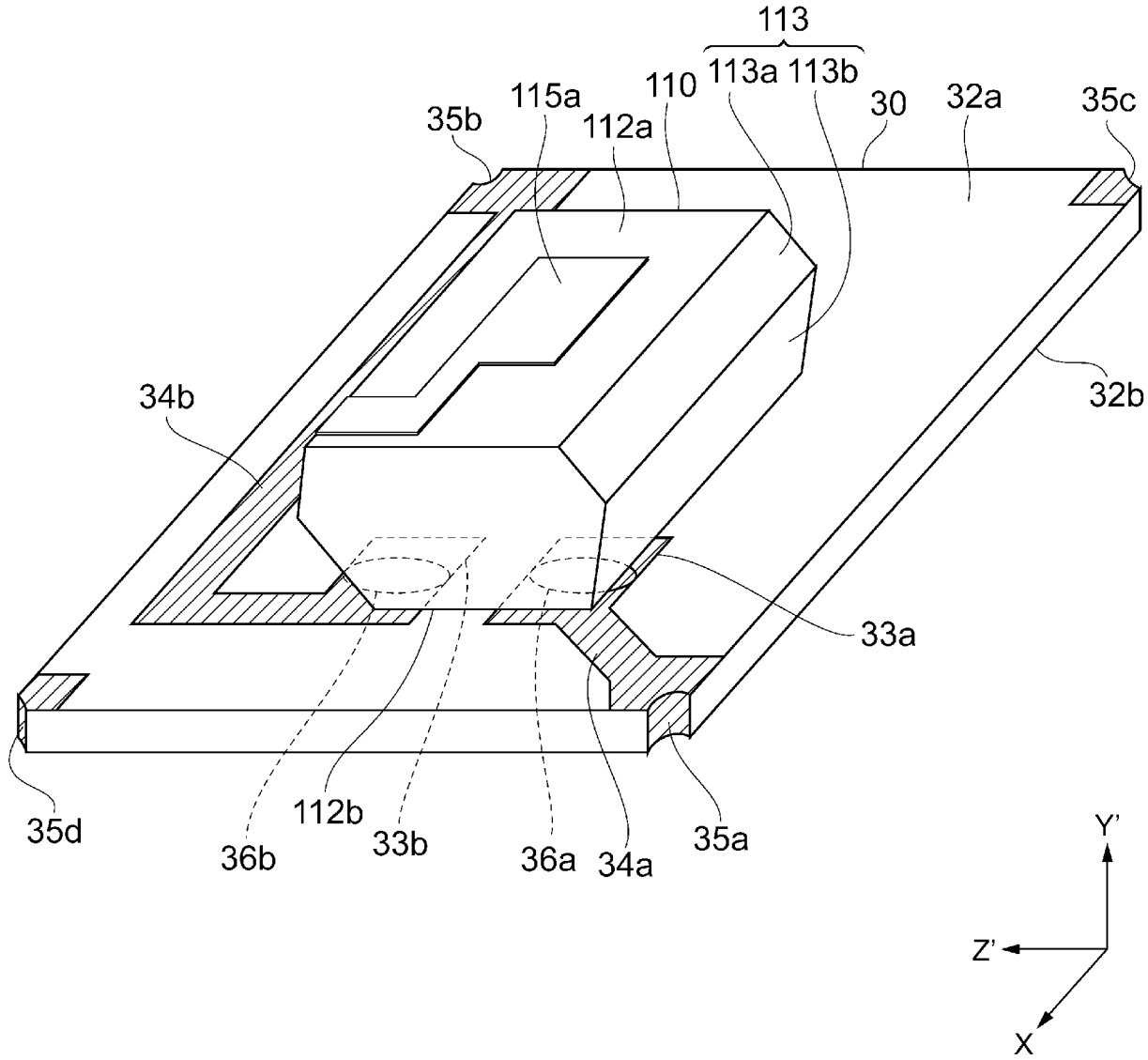

113
113a
113b
110
115a
112a
35b
30
32a
35c
34b
32b
33a
35d
112b
36b
33b
36a
34a
35a
Y'
Z'
X

図９

[図10]

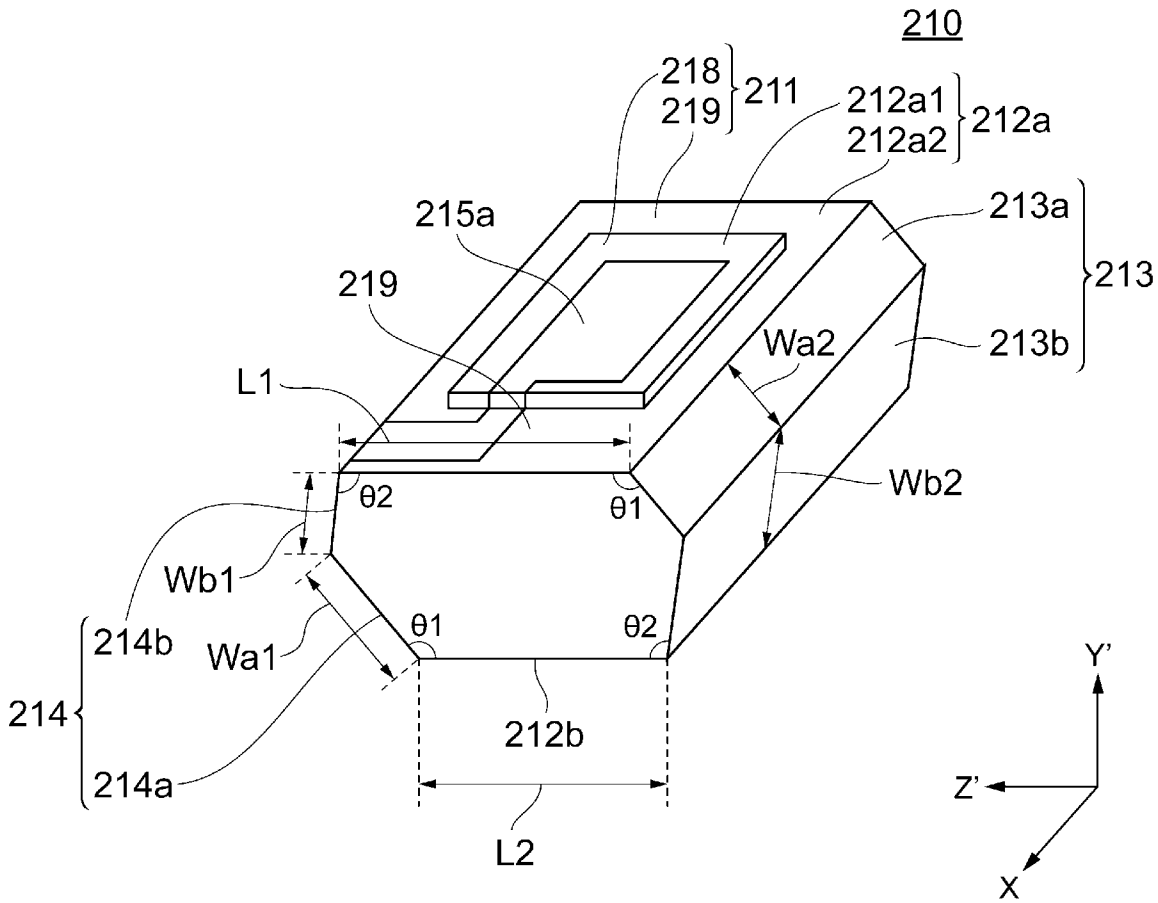

210
218
219
211
212a1
212a2
212a
213a
213
213b
215a
219
Wa2
L1
Wb2
θ2
θ1
Wb1
214b
Wa1
θ1
θ2
214
212b
214a
L2
Y'
Z'
X

図１０

[図11]

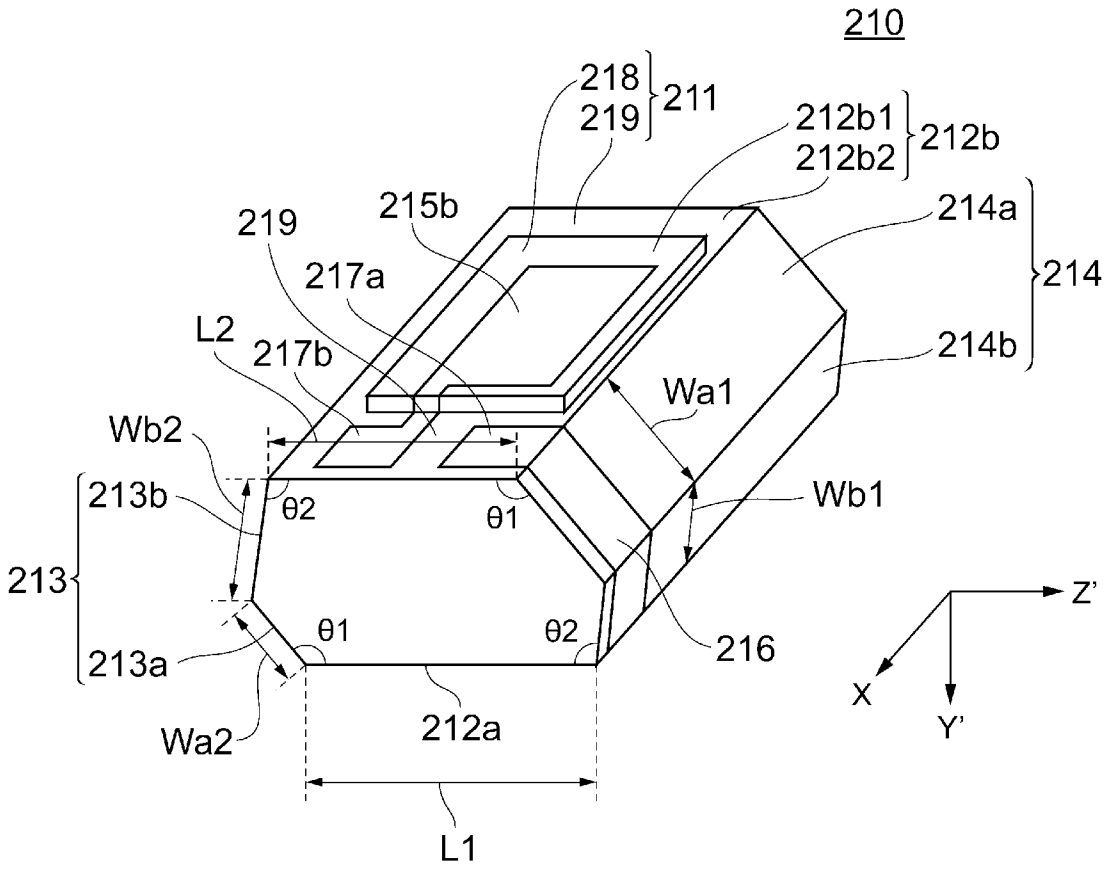

210
218
219
211
212b1
212b2
212b
215b
214a
214
219
217a
L2
217b
214b
Wa1
Wb2
213b
θ2
θ1
Wb1
213
Z'
θ1
θ2
216
213a
X
Y'
Wa2
212a
L1

図１１

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/022517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H03H9/19(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H03H9/19

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-34107 A (Kyocera Crystal Device Corp.), 10 March 2016 (10.03.2016), paragraph [0029]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-10
A	JP 2015-186239 A (SII Crystal Technology Inc.), 22 October 2015 (22.10.2015), paragraph [0008]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-10
A	JP 2014-11650 A (Kyocera Crystal Device Corp.), 20 January 2014 (20.01.2014), paragraph [0008] (Family: none)	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 August 2017 (10.08.17)	22 August 2017 (22.08.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/022517

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-67345 A (Epson Toyocom Corp.), 21 March 2008 (21.03.2008), fig. 1 to 2 & US 2008/0036335 A1 fig. 1 to 2 & EP 1887690 A2 & CN 101123423 A & KR 10-2008-0013811 A	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２２５１７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H03H9/19(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H03H9/19

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2016-34107 A (京セラクリスタルデバイス株式会社) 2016.03.10, [0029], 図 1-3 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2015-186239 A (エスアイアイ・クリスタルテクノロジー株式会社) 2015.10.22, [0008], 図 1-4 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2014-11650 A (京セラクリスタルデバイス株式会社) 2014.01.20, [0008] (ファミリーなし)	1-10

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１０．０８．２０１７	２２．０８．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｗ　４１８３
橋本　和志
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５７６

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2008-67345 A (エプソントヨコム株式会社) 2008.03.21, 図 1-2 & US 2008/0036335 A1,図 1-2 & EP 1887690 A2 & CN 101123423 A & KR 10-2008-0013811 A	1-10