(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
2023年2月2日(02.02.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/008112 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/19 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/026705

(22) 国際出願日： 2022年7月5日(05.07.2022)

(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 2021-122973 2021年7月28日(28.07.2021) JP

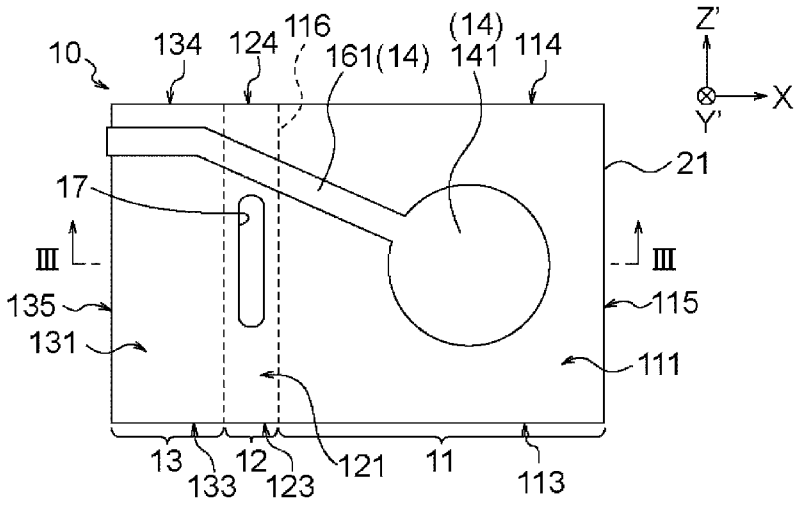
(71) 出願人: 京セラ株式会社 (**KYOCERA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 田中 隼人 (**TANAKA Hayato**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 尾賀 孝宏(**OGA Takahiro**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 松井 良司(**MATSUI Yoshiji**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 村山 智紀(**MURAYAMA Tomoki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 南部 啓太(**NANBU Keita**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 荒船 博司, 外 (**ARAFUNE, Hiroshi** et al.); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁

(54) **Title:** CRYSTAL ELEMENT AND CRYSTAL DEVICE

(54) 発明の名称： 水晶素子及び水晶デバイス



(57) **Abstract:** This crystal element 10 comprises: a vibration unit 11 as an AT cut crystal piece having a first surface 111 and a second surface 112 in a front-back relationship; and excitation electrodes 141, 142 positioned respectively on the first surface 111 and the second surface 112. When the dimension in the direction perpendicular to the first surface 111 and the second surface 112 is defined as thickness, when the thickness of the vibration unit 11 is 3-16 μm, the density of the excitation electrodes 141, 142 is 9.63-11.55 g/cm^3.

(57) 要約：水晶素子１０は、表裏関係にある第一面１１１及び第二面１１２を有するＡＴカットの水晶片としての振動部１１と、第一面１１１及び第二面１１２にそれぞれ位置する励振電極１４１，１４２と、を備えている。そして、第一面１１１及び第二面１１２に垂直な方向の寸法を厚みとしたとき、振動部１１の厚みが３～１６μｍであるとき、励振電極１４１，１４２の密度が９．６３～１１．５５ｇ／ｃｍ^{3}である。

WO 2023/008112 A1

［続葉有］

目１番３号 東京宝塚ビル１７階 光陽国際特許法律事務所内 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, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 水晶素子及び水晶デバイス

技術分野

[0001]　本開示は、厚みすべり振動モードの水晶素子、及び、この水晶素子を備えた水晶デバイスに関する。水晶デバイスとしては、例えば水晶振動子又は水晶発振器などが挙げられる。

背景技術

[0002]　厚みすべり振動モードの水晶素子は、ＡＴカットの水晶片の両主面に、金属膜パターンからなる励振電極を形成したものである。水晶デバイスは、水晶素子の圧電効果及び逆圧電効果を利用して、特定の発振周波数を発生させる。一般的な水晶デバイスは、パッケージ内に水晶素子を収容し、これを蓋体によって気密封止した構造である（例えば特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１６－１３９９０１号公報

発明の概要

[0004]　本開示に係る水晶素子は、表裏関係にある第一面及び第二面を有するＡＴカットの水晶片と、前記第一面及び第二面にそれぞれ位置する励振電極と、を備えたものである。そして、前記第一面及び第二面に垂直な方向の寸法を厚みとしたとき、前記水晶片の厚みが３～１６μｍであるとき、前記励振電極の密度が９．６３～１１．５５ｇ／ｃｍ^{3}である。

[0005]　本開示に係る水晶デバイスは、本開示に係る水晶素子と、前記水晶素子が位置する素子搭載部材と、前記水晶素子を前記素子搭載部材とともに気密封止する蓋体と、を備えたものである。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]実施形態１の水晶素子を示す平面図である。

[図2]図１の水晶素子における裏側を表側から透視して見た平面図である。

[図3]図１におけるIII－III線断面図である。

[図4]図３におけるIV部の拡大図である。

[図5]実施形態１の水晶素子を示す斜視図である。

[図6]実施形態１における保持部の第一例を示す概略平面図である。

[図7]実施形態１における保持部の第二例を示す概略平面図である。

[図8]実施形態１における保持部の第三例を示す概略平面図である。

[図9]実施形態１における保持部の第四例を示す概略平面図である。

[図10]実施形態２の水晶デバイスを示す斜視図である。

[図11]図１０におけるXI－XI線断面図である。

[図12]水晶素子の周波数と水晶片の厚み及び周波数膜厚感度との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、単に「周波数」というときは、発振周波数のことを指す。図１２は、水晶素子の周波数と水晶片の厚み及び周波数膜厚感度との関係を示すグラフである。図１２に「実線＋〇」で示すように、水晶素子の周波数は、水晶片の厚みに反比例する。水晶素子の周波数をｆ、水晶片の厚みをｔとすると、ｆ＝１．６７／ｔ［ＭＨｚ／ｍｍ］が成り立つ。

[0008] また、励振電極が厚い（又は薄い）ほど、水晶素子の周波数は低く（又は高く）なる。この性質を利用して、例えばイオンビームやレーザ光などによって励振電極を削って周波数を調整することが行われている。ここで、励振電極の膜厚変化に伴う水晶素子の周波数変化を、周波数膜厚感度［ｐｐｍ／ｎｍ］と定義する。励振電極の膜厚変化が同じとき、水晶素子の周波数変化が大きいほど、周波数膜厚感度が大きい。なお、単に「厚い」とは「厚みが大きい」と同じ意味であり、単に「薄い」とは「厚みが小さい」と同じ意味である。

[0009] 図１２に「破線＋△」で示すように、水晶素子の周波数が高くなるほど、周波数膜厚感度が大きくなる。一方、励振電極を削って周波数を調整する工程では、周波数膜厚感度が大きいほど、目標の周波数に調整することが難し

くなる。なぜなら、同じ量を削っても、周波数が大きく変化してしまうからである。つまり、水晶素子の周波数が高くなるほど、目標の周波数に調整することが難しくなる。そのため、近年の更なる高周波数化の要請に対して、周波数調整の精度が低下するおそれがあった。

[0010] 本開示に係る水晶素子によれば、水晶素子の周波数が高くなっても、Ａｕなどの高密度材料からなる励振電極を使用した場合に比べて周波数膜厚感度を低下できるので、周波数調整の精度低下を抑制できる。

[0011] 以下、添付図面を参照しながら、本開示を実施するための形態（以下「実施形態」という。）について説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の構成要素については同一の符号を用いることにより適宜説明を省略する。図面に描かれた形状は、当業者が理解しやすいように描かれているため、実際の寸法及び比率とは必ずしも一致していない。本開示に係る水晶素子の一例を実施形態１とし、本開示に係る水晶デバイスの一例を実施形態２とする。

[0012] ＜実施形態１＞

図１は実施形態１の水晶素子を示す平面図、図２は図１の水晶素子における裏側を表側から透視して見た平面図、図３は図１におけるIII－III線断面図、図４は図３におけるIV部の拡大図、図５は実施形態１の水晶素子を示す斜視図である。以下、これらの図面に基づき説明する。

[0013] 本実施形態１は水晶素子に関する。表裏関係にある第一面及び第二面に挟まれた面を「側面」とする。また、水晶の結晶軸であるＸ軸、Ｙ軸及びＺ軸からなる直交座標系ＸＹＺを、Ｘ軸回りに３０°以上かつ５０°以下回転させて、直交座標系ＸＹ’Ｚ’を定義する。

[0014] 本実施形態１の水晶素子１０は、表裏関係にある第一面１１１及び第二面１１２を有するＡＴカットの水晶片としての振動部１１と、第一面１１１及び第二面１１２にそれぞれ位置する励振電極１４１，１４２と、を備えている。そして、第一面１１１及び第二面１１２に垂直な方向の寸法を厚みとしたとき、振動部１１の厚みが３～１６μｍであるとき、励振電極１４１，１

４２の密度が９．６３～１１．５５ｇ／ｃｍ^{3}である。このような密度を実現する材料としては、例えば、金、銀、パラジウム及び銅の中から選ばれたいずれか二つ以上の合金が挙げられる。

[0015] 水晶素子１０は、次の<1>～<3>のようにしてもよい。<1>励振電極１４１，１４２が銀（Ａｇ）、パラジウム（Ｐｄ）及び銅（Ｃｕ）の合金からなる。例えば、パラジウムが１～２ｗｔ％、銅が１ｗｔ％以下、残りが銀の合金が挙げられる。<2>図４に示すように、第一面１１１及び第二面１１２と励振電極１４１，１４２との間に位置する下地層１４３を更に備え、下地層１４３がクロム（Ｃｒ）又はチタン（Ｔｉ）からなる。図４では第一面１１１と励振電極１４１との間の下地層１４３のみを示すが、第二面１１２と励振電極１４２との間にも同様に下地層１４３がある。<3>水晶片２１は、第一面１１１及び第二面１１２を有し、平面視して略四角形の振動部１１と、平面視して振動部１１の少なくとも一辺１１６側に位置し、振動部１１よりも大きい厚みの保持部１３と、を含む。水晶片２１は、図３において同じハッチングが付された部分である。

[0016] 換言すると、水晶素子１０は、振動部１１、保持部１３及び電極部１４を備えている。振動部１１は、第一面１１１及び第二面１１２を有する。保持部１３は、振動部１１の外縁に振動部１１と一体になり、一対の保持部主面１３１，１３２と保持部側面１３３，１３４，１３５を有する。電極部１４は、第一面１１１及び第二面１１２等に設けられている。

[0017] より詳しく言えば、振動部１１は、平面状の第一面１１１及び第二面１１２、及び、第一面１１１及び第二面１１２に挟まれた振動部側面１１３，１１４，１１５を有する。保持部１３は、平面状の一対の保持部主面１３１，１３２、及び、一対の保持部主面１３１，１３２に挟まれた保持部側面１３３，１３４，１３５を有し、振動部１１の外縁を保持する。電極部１４は、第一面１１１及び第二面１１２に電圧を印加して振動部１１に主振動を発生させる。

[0018] 上記各構成要素は、次のようにしてもよい。保持部１３は、素子搭載部材

としての基体６１（後述）に接する部分を含む固定部位１３０（図２）を有する。電極部１４は、第一面１１１及び第二面１１２に位置する励振電極１４１，１４２、固定部位１３０に位置する搭載電極１５１、１５２、及び、励振電極１４１，１４２と搭載電極１５１，１５２とを電気的に接続する配線電極１６１，１６２とを有する。

[0019] 換言すると、水晶素子１０は、第一面１１１及び第二面１１２及び振動部側面１１３，１１４，１１５を有し、平面視して略四角形の振動部１１と、保持部主面１３１，１３２及び保持部側面１３３，１３４，１３５を有し、平面視して振動部１１の少なくとも一辺１１６側に位置する保持部１３と、第一面１１１及び第二面１１２に位置する励振電極１４１，１４２と、保持部主面１３１，１３２の少なくとも一方に位置する搭載電極１５１，１５２と、励振電極１４１，１４２と搭載電極１５１，１５２とを電気的に接続する配線電極１６１，１６２と、を備えたものである。「略四角形」には、正方形、長方形（矩形）、及び、四隅が丸みを帯びた長方形なども含まれる。

[0020] 本実施形態１では、固定部位１３０である保持部主面１３２に搭載電極１５１，１５２が位置する。保持部１３は、振動部１１の一辺１１６側だけではなく、振動部１１の二辺、三辺又は全辺を囲むようにしてもよい。それらの具体例について、図６乃至図９に基づき説明する。図６に示す第一例の保持部１３ａは、本実施形態１と同様、平面形状が略Ｉ字状であり、振動部１１の第一辺１１７ａ側に位置する。図７に示す第二例の保持部１３ｂは、平面形状が略Ｌ字状であり、振動部１１の第一辺１１７ａ側及び第二辺１１７ｂ側に位置する。図８に示す第三例の保持部１３ｃは、平面形状が略コ字状であり、振動部１１の第一辺１１７ａ側、第二辺１１７ｂ側及び第三辺１１７ｃ側に位置する。図９に示す第四例の保持部１３ｄは、平面形状が略口字状であり、振動部１１の第一辺１１７ａ側、第二辺１１７ｂ側、第三辺１１７ｃ側及び第四辺１１７ｄ側に位置する。保持部１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，１３ｄの厚みは、振動部１１の厚みよりも大きい（いわゆる逆メサ型）。保持部１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，１３ｄにおける固定部位１３０は、全て同じ

位置にあるが、それぞれ異なる位置にしてもよい。すなわち、固定部位１３０は、保持部１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，１３ｄそれぞれのどの位置にあってもよい。

[0021] 第一面１１１と保持部主面１３１とは同一平面上にあり、保持部１３の厚みは振動部１１の厚みよりも大きい。保持部１３は、ＸＹ’平面に沿った二つの保持部側面１３３，１３４及びＹ’Ｚ’平面に沿った一つの保持部側面１３５を有する。

[0022] 本実施形態１では、保持部１３の一部として、振動部１１と保持部１３との間に、傾斜部主面１２１，１２２及び傾斜部側面１２３，１２４を有する傾斜部１２が位置する。傾斜部主面１２１は第一面１１１及び保持部主面１３１とともに同一平面上にあり、傾斜部主面１２２は第二面１１２及び保持部主面１３２を繋ぐように斜面となっている。傾斜部１２には、傾斜部主面１２１，１２２を厚み方向に貫く貫通孔１７が形成されている。傾斜部主面１２２は、水晶片２１の結晶軸を図示するように設定すれば、ウェットエッチングによって形成される。なお、傾斜部１２は保持部１３の一部であるので、傾斜部側面１２３，１２４もまた保持部側面１３３，１３４の一部である。すなわち、保持部側面１３３は傾斜部側面１２３を含み、保持部側面１３４は傾斜部側面１２４を含む。

[0023] 次に、水晶素子１０の各構成要素について更に詳しく説明する。

[0024] 水晶素子１０は、厚みすべり振動モードで動作し、振動部１１の厚みが５～１６μｍであるため、発振周波数（基本波）が１００～３３０ＭＨｚである。振動部１１、傾斜部１２及び保持部１３は、一個の水晶片２１からなる。励振電極１４１，１４２、搭載電極１５１，１５２及び配線電極１６１，１６２は、同じ材料の金属パターンからなる。

[0025] 水晶片２１は、ＡＴカット水晶板である。すなわち、水晶において、Ｘ軸（電気軸）、Ｙ軸（機械軸）及びＺ軸（光軸）からなる直交座標系ＸＹＺを、Ｘ軸回りに３０°以上かつ５０°以下（一例として、３５°１５′）回転させて直交座標系ＸＹ’Ｚ’を定義したとき、ＸＺ’平面に平行に切り出さ

れたウェハが水晶片２１の原材料となる。そして、水晶片２１の長手方向がＸ軸に平行、短手方向がＺ’軸に平行、厚み方向がＹ’軸に平行である。

[0026] 水晶片２１等について、寸法の一例を示す。水晶片２１は、長さ（Ｘ軸方向）が７５０～９５０μｍ、幅（Ｚ’軸方向）が６００～８００μｍである。保持部１３の厚み（Ｙ’軸方向）は３０～５０μｍ、振動部１１の厚み（Ｙ’軸方向）は約６．８μｍ、励振電極１４１，１４２の直径は２５０～４００μｍである。このときの発振周波数は約２４５ＭＨｚである。励振電極１４１，１４２の厚みは１００～４００ｎｍ、下地層１４３の厚みは１０～２０ｎｍである。

[0027] 傾斜部主面１２１は第一面１１１及び保持部主面１３１と同一平面になっているが、傾斜部主面１２２は第一面１１２及び保持部主面１３２を繋ぐように斜面になっている。つまり、傾斜部１２は、保持部１３から離れるにつれて、厚みが薄くなる。そのため、保持部１３側から振動部１１側へ伝わる応力が、傾斜部１２（緩やかな段差）によって吸収又は分散される。また、振動部１１で発生した副振動は保持部１３へ向かうにつれて徐々に減衰するので、保持部１３で反射する副振動による振動部１１への影響が軽減される。したがって、傾斜部１２によって、等価直列抵抗値の低減等が図られる。

[0028] 貫通孔１７は、搭載電極１５１，１５２と振動部１１との間を、厚み方向に貫いている。そのため、保持部１３側から振動部１１側へ伝わる応力が、貫通孔１７によって吸収又は分散される。換言すると、保持部１３をパッケージに接続したときに、振動部１１に生じる歪みを低減できる。また、貫通孔１７は、振動部１１の振動エネルギを閉じ込める働きをする。したがって、貫通孔１７よって、等価直列抵抗値の低減等が図られる。更に、貫通孔１７を傾斜部１２に形成することにより、傾斜部１２の作用と相俟って、これらの効果が大きくなる。

[0029] 一対の励振電極１４１，１４２は、平面視して略円形であり、振動部１１の第一面１１１及び第二面１１２のそれぞれ略中央に設けられている。励振電極１４１，１４２からは、励振に寄与しない接続用としての配線電極１６

１，１６２が、搭載電極１５１，１５２まで延びている。つまり、励振電極１４１は配線電極１６１を経て搭載電極１５１に導通し、励振電極１４２は配線電極１６２を経て搭載電極１５２に導通している。

[0030] なお、励振電極１４１，１４２は、略円形に限らず、例えば略楕円形又は略四角形などであってもよい。配線電極１６１，１６２は、図示するものよりも幅広にすることにより、等価直列抵抗値を下げてもよい。搭載電極１５１，１５２は、両方とも保持部主面１３２に位置しているが、少なくとも一方が保持部主面１３１に位置するようにしてもよい。この場合、搭載電極１５１，１５２は、ワイヤによってパッケージ等に電気的に接続するようにしてもよい。

[0031] 励振電極１４１，１４２等を構成する金属パターンは、クロム又はチタンからなる下地層１４３とともに積層体を成している。つまり、水晶片２１上に下地層１４３が位置し、下地層１４３上に励振電極１４１，１４２等が位置している。下地層１４３は、主に水晶片２１との密着力を得る役割を果たす。励振電極１４１，１４２等は、電気的導通を得る導体層である。

[0032] 金属膜を設けることを成膜というと、金属パターンの製造工程としては、水晶片に成膜後にフォトレジストパターンを形成してエッチングする方法、水晶片にフォトレジストパターンを形成後に成膜してリフトオフする方法、又は、水晶片をメタルマスクで覆い成膜する方法などが挙げられる。成膜には、スパッタ又は蒸着などが用いられる。

[0033] 水晶素子１０は、例えば、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて次のように製造することができる。

[0034] まず、ＡＴカットの水晶ウェハ全面に耐食膜を設け、その上にフォトレジストを設ける。続いて、そのフォトレジストの上に水晶片２１の外形（貫通孔１７を含む。）及び振動部１１（片面のみ）のパターンが描かれたマスクを重ね、露光及び現像をすることにより一部の耐食膜を露出させ、この状態で耐食膜に対するウェットエッチングをする。その後、残った耐食膜をマスクにして、水晶ウェハに対してウェットエッチングをすることにより、水晶

片２１の外形及び振動部１１を形成する。水晶片２１の外形は両面エッチングになり、振動部１１は片面エッチングになる。傾斜部主面１２２も、このウェットエッチングによって形成される。

[0035] その後、残った耐食膜を水晶ウェハから除去し、下地層１４３及び励振電極１４１，１４２等となる金属膜を水晶ウェハ全面に設ける。続いて、励振電極１４１，１４２等のパターンからなるフォトレジストマスクを金属膜上に形成し、不要な金属膜をエッチングによって除去することにより、励振電極１４１，１４２等を形成する。その後、不要なフォトレジストを除去することにより、水晶ウェハに複数の水晶素子１０を形成する。最後に、この水晶ウェハから各水晶素子１０に個片化することで、単体の水晶素子１０が得られる。

[0036] 水晶素子１０の動作は次のとおりである。励振電極１４１，１４２を介して、水晶片２１に交番電圧を印加する。すると、水晶片２１は、第一面１１１及び第二面１１２が互いにずれるように厚みすべり振動を起こし、特定の発振周波数を発生させる。このように、水晶素子１０は、水晶片２１の圧電効果及び逆圧電効果を利用して、一定の発振周波数の信号を出力するように動作する。このとき、励振電極１４１，１４１間の水晶片２１（すなわち振動部１１）の板厚が薄いほど、高い発振周波数となる。

[0037] 次に、水晶素子１０の作用及び効果について説明する。

[0038] （１）振動部１１の厚みが３～１６μｍである高周波数帯（１００～５５０ＭＨｚ）用の水晶素子では、前述したように、周波数膜厚感度が増大することにより、周波数調整の精度が低下する。これに対し、水晶素子１０によれば、励振電極１４１，１４２の密度を９．６３～１１．５５ｇ／ｃｍ^{3}としたことにより、金（密度１９．３ｇ／ｃｍ^3）などの高密度材料を使用した場合に比べて、次の効果を奏する。

[0039] 励振電極１４１，１４２の密度が小さいほど、膜厚の減少に伴う質量の減少が低下するため、膜厚の減少に伴う周波数の増加も低下する。よって、周波数膜厚感度が低下するので、周波数調整の精度低下を抑制できる。励振電

極１４１，１４２を少しずつ削って周波数を調整する場合、削ることができる最小量（体積）は材料に関係なくほぼ一定である。そのため、励振電極１４１，１４２の密度が小さいほど、少しずつ質量を除去できるので、細かな周波数調整が可能となる。

[0040] 励振電極１４１，１４２の質量は、周波数に影響を与える。そのため、振動部１１の厚みが一定ならば、通常、励振電極１４１，１４２の質量は材料に関係なく一定にする。よって、励振電極１４１，１４２の密度が小さいほど、励振電極１４１，１４２を厚くできるので、周波数調整の範囲を拡大できる。

[0041] 細かな周波数調整が可能となり、かつ、周波数調整の範囲も広くなるので、周波数バラツキを低減できる。

[0042] 周波数膜厚感度を低下でき、励振電極１４１，１４２を厚くできるので、周波数調整時に励振電極１４１，１４２の全面を均一に少しずつ除去することが可能となり、調整後の励振電極１４１，１４２内の厚みバラツキを低減できる。これにより、励振電極１４１，１４２内の厚みバラツキに起因する電気的特性の低下を抑制できる。

[0043] ただし、励振電極１４１，１４２の密度を１１．５５ｇ／ｃｍ^{3}を越える値にした場合は、周波数１００ＭＨｚのときの周波数膜厚感度が約１０００ｐｐｍ／ｎｍ以上となることにより、前述の効果が不十分となる。また、励振電極１４１，１４２の密度を９．６３ｇ／ｃｍ^{3}未満の値とした場合は、励振電極１４１，１４２が厚くなり過ぎることにより、周波数温度特性などの異常を招くおそれがある。

[0044] （２）励振電極１４１，１４２を銀、パラジウム及び銅の合金とした場合は、励振電極１４１，１４２の密度が金の約半分になるので、前述の（１）の効果を確実に実現できる。また、励振電極を銀のみとした場合に比べて、熱による「凝集」や酸化による「変色」を低減できる。

[0045] （３）下地層１４３をクロム又はチタンとした場合は、クロム又はチタンの熱膨張率が水晶に近いため、水晶片２１に対する密着性を向上できる。ま

た、クロムは、ニッケル（Ｎｉ）などと比較して、低抵抗率であるため、等価直列抵抗値の低減に寄与できる。また、チタンは、クロムの場合と比較して、使用する際に六価クロムのような有害物質が生じないため、環境負荷が少なく、かつ、生産性がよい。

[0046] （４）水晶片２１が振動部１１と保持部１３とを含む場合は、薄い振動部１１を厚い保持部１３が支える構造を実現できるので、振動部１１を５～１６μｍと薄くしても、水晶素子１０の機械的強度を維持できる。

[0047] ＜実施形態２＞

図１０は実施形態２の水晶デバイスを示す斜視図、図１１は図１０におけるXI－XI線断面図である。以下、実施形態１の水晶素子を備えた水晶デバイスを、実施形態２の水晶デバイス６０として、これらの図面に基づき説明する。

[0048] 図１０及び図１１に示すように、本実施形態２の水晶デバイス６０は、実施形態１の水晶素子１０と、水晶素子１０が位置する基体６１と、基体６１とともに水晶素子１０を気密封止する蓋体６２と、を備えている。そして、水晶素子１０は、搭載電極１５１，１５２が導電性接着剤６１ｅによって基体６１に接続されている。

[0049] 基体６１は、素子搭載部材又はパッケージとも呼ばれ、基板６１ａと枠体６１ｂとからなる。基板６１ａの上面と枠体６１ｂの内側面と蓋体６２の下面とによって囲まれた空間が、水晶素子１０の収容部６３となる。水晶素子１０は、例えば、電子機器等で使用する基準信号を出力する。

[0050] 換言すると、水晶デバイス６０は、上面に一対の電極パッド６１ｄ及び下面に四つの外部端子６１ｃを有する基板６１ａと、基板６１ａの上面の外周縁に沿って位置する枠体６１ｂと、一対の電極パッド６１ｄに導電性接着剤６１ｅを介して実装される水晶素子１０と、水晶素子１０を枠体６１ｂとともに気密封止する蓋体６２と、を備えている。

[0051] 基板６１ａ及び枠体６１ｂは、例えばアルミナセラミックス又はガラスセラミックス等のセラミック材料からなり、一体的に形成されて基体６１とな

る。基体６１及び蓋体６２は、平面視して概ね略矩形状である。外部端子６１ｃと電極パッド６１ｄ及び蓋体６２とは、基体６１の内部又は側面に形成された導体を介して電気的に接続される。詳しく言えば、基板６１ａの下面の四隅に外部端子６１ｃがそれぞれ位置する。それらのうちの二つの外部端子６１ｃが水晶素子１０に電気的に接続され、残りの二つの外部端子６１ｃが蓋体６２に電気的に接続される。外部端子６１ｃは、電子機器等のプリント配線板などに実装するために用いられる。

[0052] 水晶素子１０は、前述したように、水晶片２１と、水晶片２１の上面に形成された励振電極１４１と、水晶片２１の下面に形成された励振電極１４２とを有する。そして、水晶素子１０は、導電性接着剤６１ｅを介して電極パッド６１ｄ上に接合され、安定した機械振動と圧電効果により、電子機器等の基準信号を発振する役割を果たす。

[0053] 電極パッド６１ｄは、基体６１に水晶素子１０を実装するためのものであり、基板６１ａの一辺に沿うように隣接して一対が位置する。そして、一対の電極パッド６１ｄは、それぞれ搭載電極１５１，１５２を接続して水晶素子１０の一端を固定端とし、水晶素子１０の他端を基板６１ａの上面から離間した自由端とすることにより、片持ち支持構造にて水晶素子１０を基板６１ａ上に固定する。

[0054] 導電性接着剤６１ｅは、例えば、シリコーン樹脂等のバインダの中に、導電フィラとして導電性粉末が含有されたものである。蓋体６２は、例えば、鉄、ニッケル又はコバルトの少なくともいずれかを含む合金からなり、シーム溶接などによって枠体６１ｂと接合することにより、真空状態にある又は窒素ガスなどが充填された収容部６３を気密的に封止する。

[0055] 水晶デバイス６０によれば、高精度の周波数の水晶素子１０を備えたことにより、高性能の電気特性を発揮できる。なお、水晶デバイス６０は、実施形態１の水晶素子１０に限らず、他の実施例の水晶素子を備えたものとしてもよい。

[0056] ＜その他＞

以上、上記実施形態を参照して本開示を説明したが、本開示はこれらに限定されるものではない。本開示の構成や詳細については、当業者が理解し得るさまざまな変更を加えることができる。

産業上の利用可能性

[0057] 本開示は、水晶素子及び水晶デバイスとして利用できる。

符号の説明

[0058] １０　水晶素子

１１　振動部（水晶片）

１１１　第一面

１１２　第二面

１１３，１１４，１１５　振動部側面

１１６　一辺

１１７ａ　第一辺

１１７ｂ　第二辺

１１７ｃ　第三辺

１１７ｄ　第四辺

１２　傾斜部

１２１，１２２　傾斜部主面

１２３，１２４　傾斜部側面

１３，１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，１３ｄ　保持部

１３０　固定部位

１３１，１３２　保持部主面

１３３，１３４，１３５　保持部側面

１３６　ＸＹ’面に平行な面

１４　電極部

１４１，１４２　励振電極

１４３　下地層

１５１，１５２　搭載電極

１６１，１６２　配線電極

１７　貫通孔

２１　水晶片

６０　水晶デバイス

６１　基体（素子搭載部材）

６１ａ　基板

６１ｂ　枠体

６１ｃ　外部端子

６１ｄ　電極パッド

６１ｅ　導電性接着剤

６２　蓋体

６３　収容部

請求の範囲

[請求項1] 表裏関係にある第一面及び第二面を有するＡＴカットの水晶片と、前記第一面及び第二面にそれぞれ位置する励振電極と、を備えた水晶素子であって、

前記第一面及び第二面に垂直な方向の寸法を厚みとしたとき、前記水晶片の厚みが３μｍ～１６μｍであるとき、前記励振電極の密度が９．６３ｇ／ｃｍ^3～１１．５５ｇ／ｃｍ^{3}である、

ことを特徴とする水晶素子。

[請求項2] 前記励振電極が銀、パラジウム及び銅の合金からなる、

請求項１記載の水晶素子。

[請求項3] 前記第一面及び第二面と前記励振電極との間に位置する下地層を更に備え、

前記下地層がクロム又はチタンからなる、

請求項２記載の水晶素子。

[請求項4] 前記水晶片は、

前記第一面及び第二面を有し、平面視して略四角形の振動部と、

平面視して前記振動部の少なくとも一辺側に位置し、前記振動部よりも大きい厚みの保持部と、

を含む、

請求項１乃至３記載のいずれか一つに記載の水晶素子。

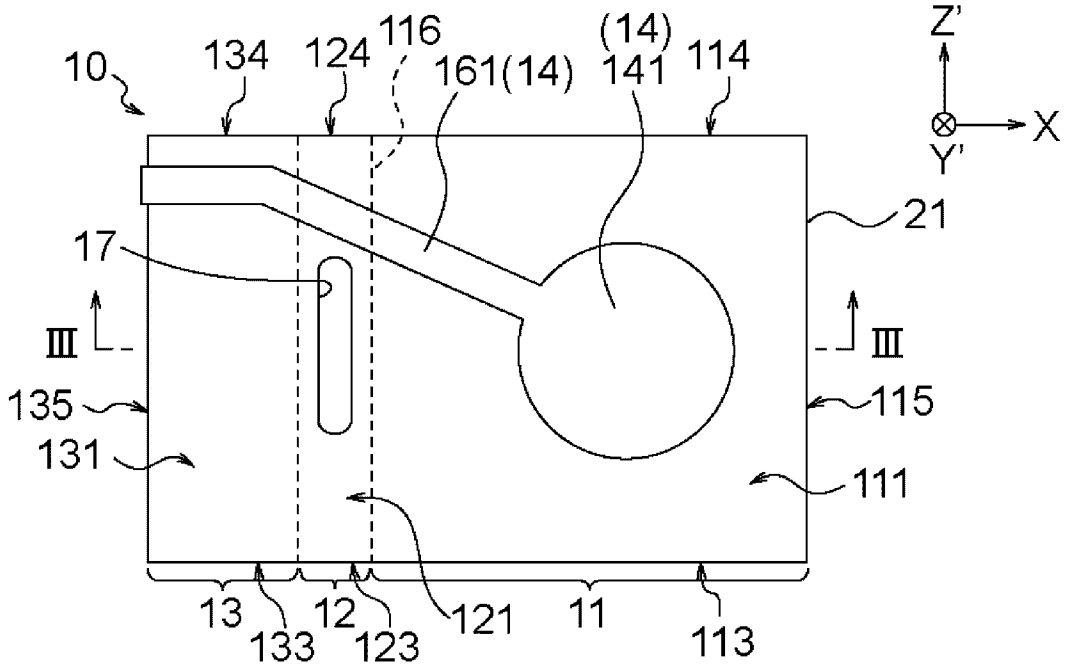
[請求項5] 請求項１乃至４のいずれか一つに記載の水晶素子と、

前記水晶素子が位置する素子搭載部材と、

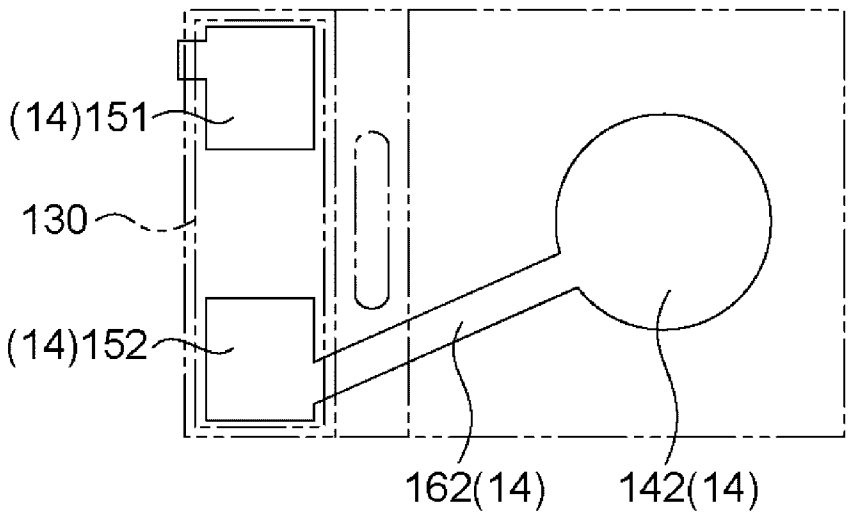
前記水晶素子を前記素子搭載部材とともに気密封止する蓋体と、

を備えた水晶デバイス。

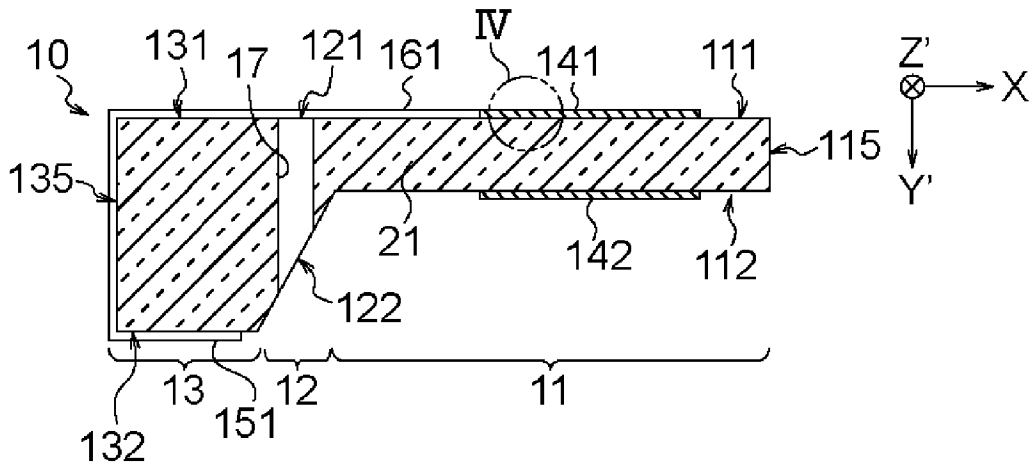
[図1]


10
134
124
116
161(14)
(14)
141
114
Z'
X
Y'
21
17
Ⅲ
Ⅲ
135
131
115
111
13
133
12
123
121
11
113

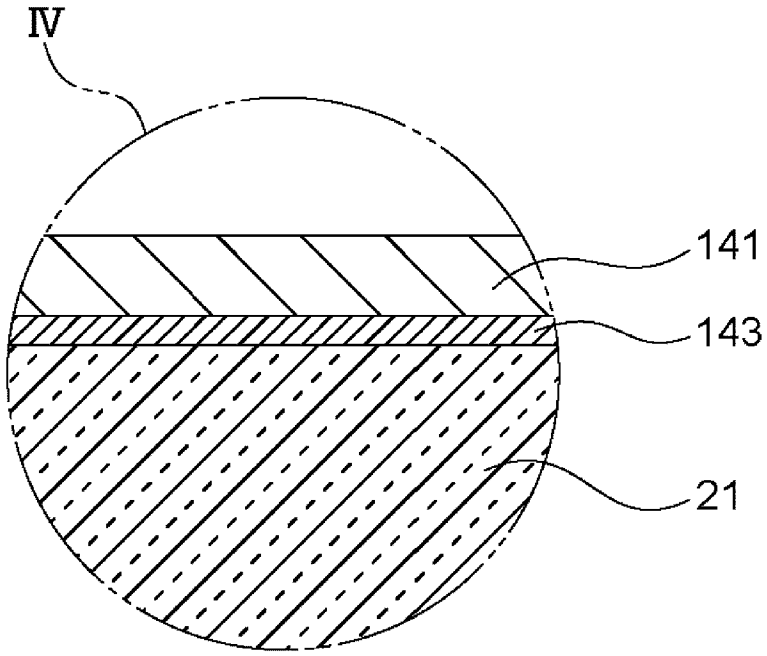
[図2]


(14)151
130
(14)152
162(14)
142(14)

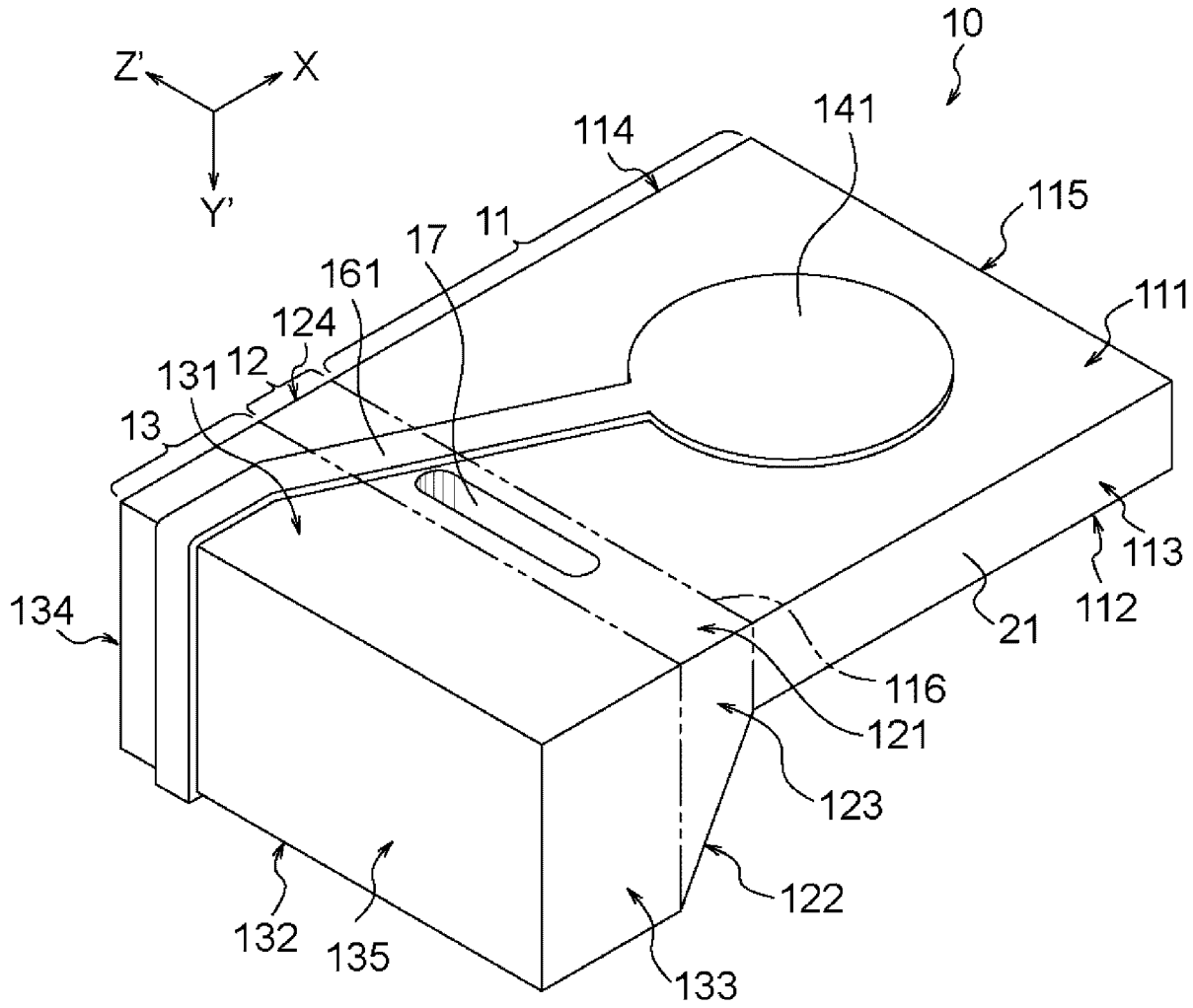
[図3]


10
131
17
121
161
Ⅳ
141
111
Z'
X
Y'
115
135
21
142
112
122
13
12
11
151
132

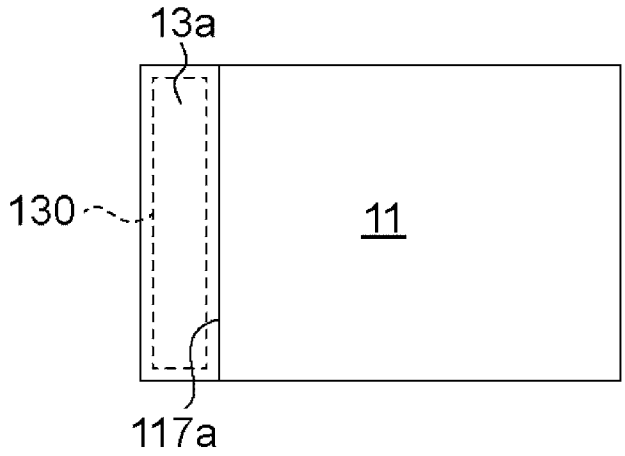
[図4]


Ⅳ
141
143
21

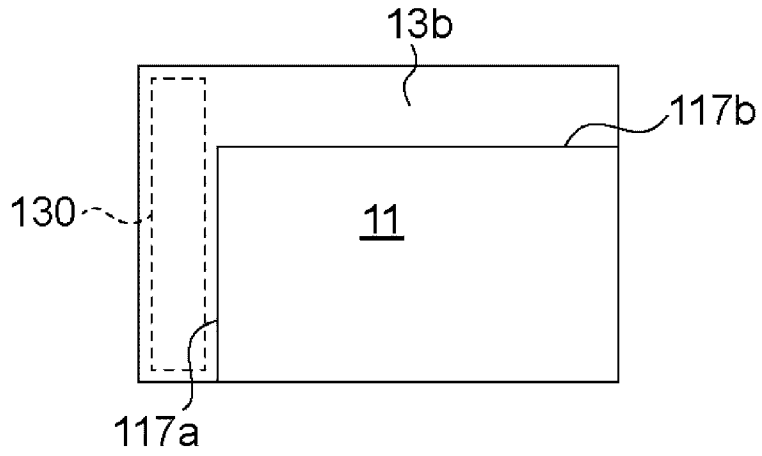
[図5]


Z'
X
Y'
10
141
114
115
11
17
161
111
124
12
131
13
113
134
21
112
116
121
123
122
132
135
133

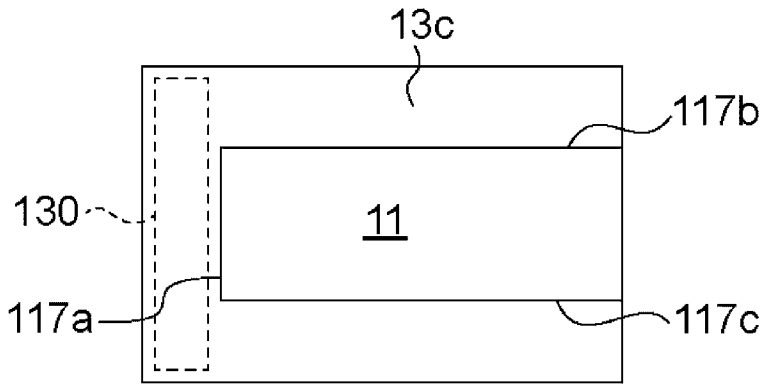
[図6]


13a
130
11
117a

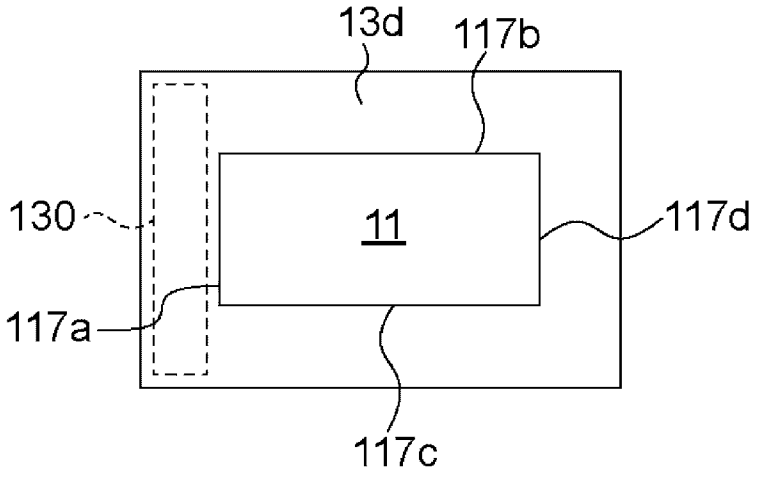
[図7]


13b
117b
130
11
117a

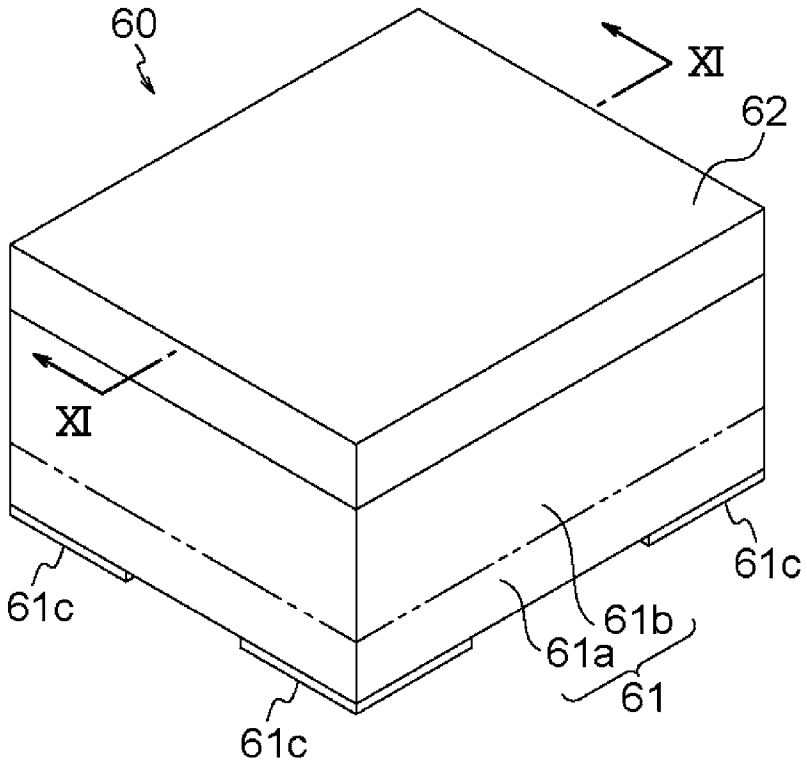
[図8]


13c
117b
130
11
117a
117c

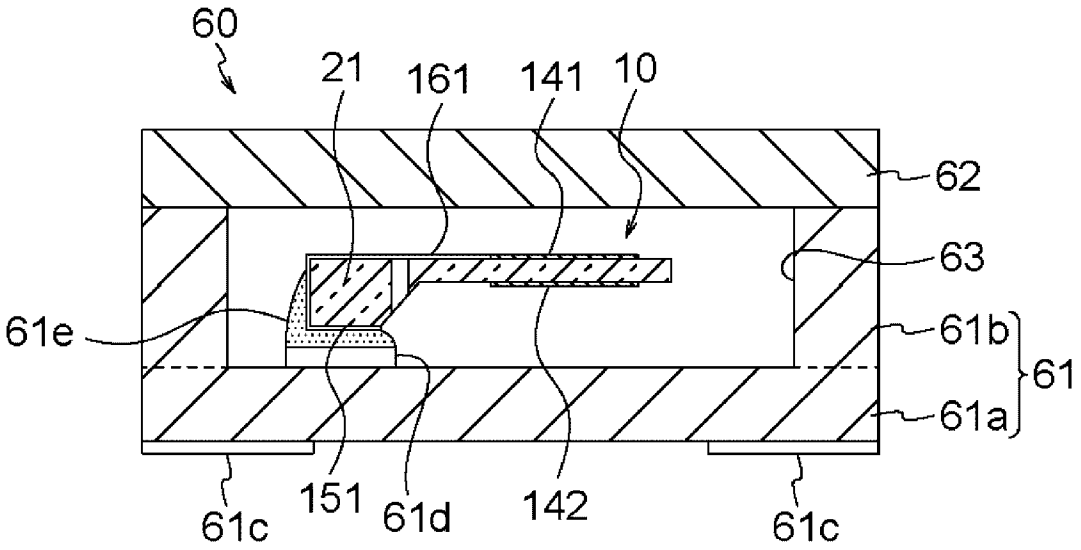
[図9]


13d
117b
130
11
117d
117a
117c

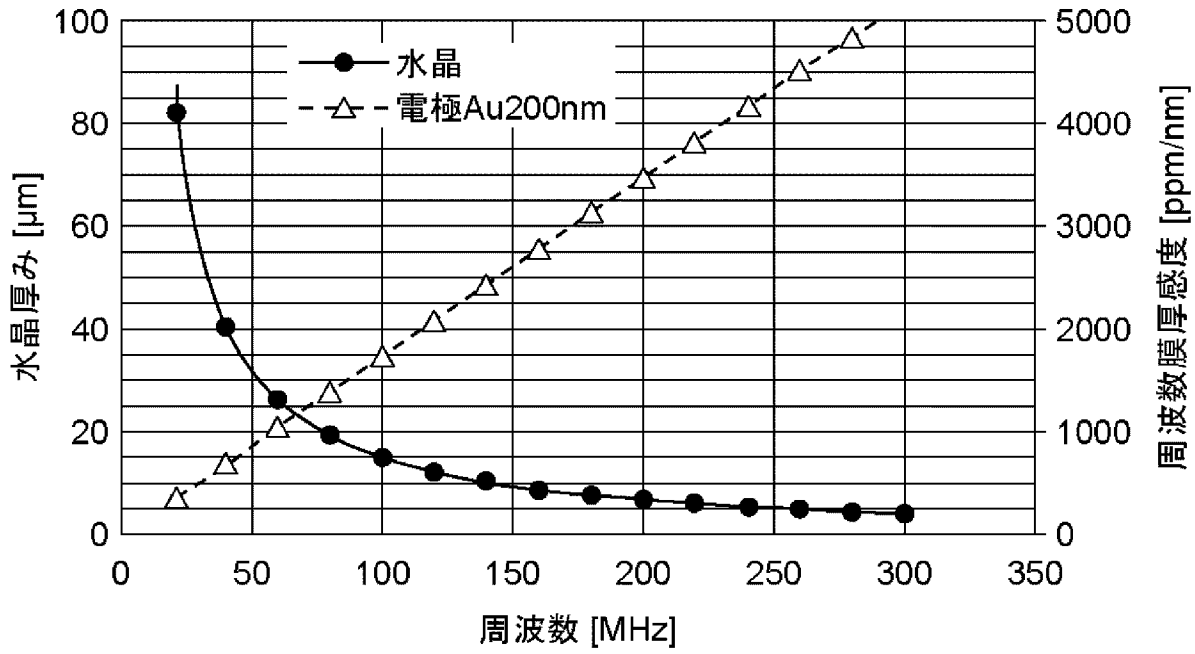
[図10]


60
XI
62
XI
61c
61c
61b
61a
61
61c

[図11]


60
21
161
141
10
62
63
61e
61b
61
61a
61c
151
61d
142
61c

[図12]


水晶
電極Au200nm
水晶厚み [μm]
周波数数膜厚感度 [ppm/nm]
周波数 [MHz]
0
20
40
60
80
100
0
1000
2000
3000
4000
5000
0
50
100
150
200
250
300
350

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/026705

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H 9/19(2006.01)i
FI: H03H9/19 F; H03H9/19 E

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
X	JP 2015-109633 A (DAISHINKU CORP) 11 June 2015 (2015-06-11) paragraphs [0028]-[0041], [0056]-[0059], fig. 1-2	1-5
A	JP 2001-44785 A (TOYO COMMUN EQUIP CO LTD) 16 February 2001 (2001-02-16) paragraphs [0007]-[0009], fig. 1	1-5

☐ 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
14 September 2022	**27 September 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/026705

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2015-109633 A	11 June 2015	US 2016/0260886 A1 paragraphs [0050]-[0067], [0083]-[0087], fig. 1-2 WO 2015/060032 A1 CN 105706364 A	
JP 2001-44785 A	16 February 2001	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/026705

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H03H 9/19(2006.01)i
FI: H03H9/19 F; H03H9/19 E

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））

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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
X	JP 2015-109633 A (株式会社大真空) 11.06.2015 (2015-06-11) [0028]-[0041],[0056]-[0059],図1-図2	1-5
A	JP 2001-44785 A (東洋通信機株式会社) 16.02.2001 (2001-02-16) [0007]-[0009],図1	1-5

☐ 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抵触するものではなく、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
14.09.2022	27.09.2022

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

▲高▼橋　徳浩　5W 4877

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/026705

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-109633 A	11.06.2015	US 2016/0260886 A1 [0050]-[0067],[0083]-[0087],図1-図2 WO 2015/060032 A1 CN 105706364 A	
JP 2001-44785 A	16.02.2001	（ファミリーなし）	