

(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
2021年9月23日(23.09.2021)



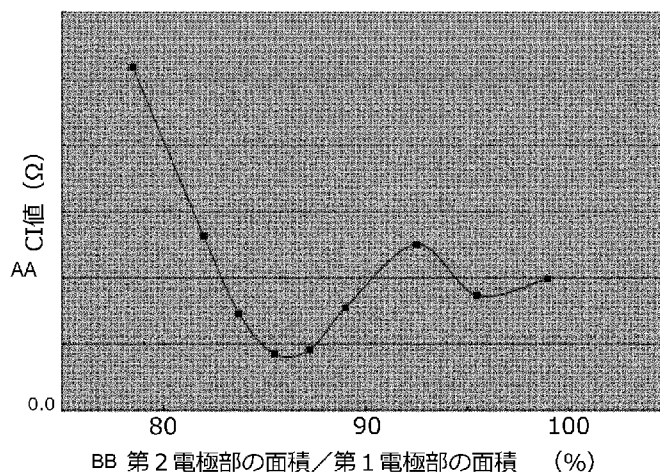
(10) 国際公開番号

WO 2021/186839 A1

- (51) 国際特許分類:
H03B 5/32 (2006.01) *H03H 9/19* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/049056
- (22) 国際出願日: 2020年12月28日(28.12.2020)
- (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 2020-047607 2020年3月18日(18.03.2020) JP
- (71) 出願人: 有限会社マクス・ワン(MAXIS-01 CORPORATION) [JP/JP]; 〒1760001 東京都練馬区練馬一丁目3 1番7号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高橋 昇 (TAKAHASHI Noboru); 〒1760001 東京都練馬区練馬一丁目3 1番7号 有限会社マクス・ワン内 Tokyo (JP). 小林了(KOBAYASHI Ryo); 〒1760001 東京都練馬区練馬一丁目3 1番7号 有限会社マクス・ワン内 Tokyo (JP). 岡本幸博(OKAMOTO Yukihiko); 〒6550017 兵庫県神戸市垂水区上高丸3丁目1-27-8 18 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 西村 啓一 (NISHIMURA Keiichi); 〒1000014 東京都千代田区永田町2丁目17番17号 A I O S 永田町7階 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,

(54) Title: ELECTRODE STRUCTURE OF QUARTZ RESONATOR, QUARTZ RESONATOR, QUARTZ OSCILLATOR

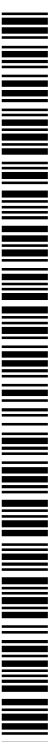
(54) 発明の名称: 水晶振動子の電極構造、水晶振動子、水晶発振器



AA CI value (Ω)
BB Area of second electrode part / area of first electrode part (%)

(57) Abstract: The present invention makes it possible to reduce a CI value without the need to precisely process a quartz blank. A quartz resonator (1) according to the present invention has an electrode structure which comprises excitation electrodes (21, 22) that are provided at least at the center on main surfaces (11, 12) of a quartz blank (10). The excitation electrodes (21, 22) are characterized by having a structure which concentrates, in a central region of the quartz blank (10), vibrational energy of thickness shear vibration in the quartz blank (10).

(57) 要約: 精密な水晶片の加工を要することなくCI値の低減が可能である。本発明にかかる水晶振動子(1)の電極構造は、水晶片(10)の主面(11, 12)上の少なくとも中央に配置される励振電極(21, 22)、を有してなる。励振電極(21, 22)は、水晶片(10)の厚み滑り振動の振動エネルギーを水晶片(10)の中央領域に集中させる構造を有するであることを特徴とする。



WO 2021/186839 A1

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, IR, IS, IT, JO, 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：水晶振動子の電極構造、水晶振動子、水晶発振器
技術分野

[0001] 本発明は、水晶振動子の電極構造と、水晶振動子と、水晶発振器と、に関する。

背景技術

[0002] 近年、水晶振動子を搭載する各種デバイスの小型化・軽量化・多機能化が進み、同デバイスに用いられる水晶振動子として、小型かつ高性能な水晶振動子が求められている。水晶振動子が小型化されると、水晶振動子に用いられる水晶片（ブランク）の大きさと、水晶片に配置される励振電極の面積も小さくなる。その結果、水晶振動子（水晶片）の等価直列抵抗（ $C I$: Crystal Impedance）値は、大きくなる。また、主振動がインハーモニックなどの副振動の影響を受け易くなる。そのため、水晶片が筐体に搭載される場合、副振動の影響を抑制するような接着剤の条件（例えば、接着剤の塗布位置や塗布量）は厳しくなり、量産時の歩留の低下などの問題が生じ易くなる。

[0003] これまでにも、水晶片の側面の形状を精密に加工することで、小型化かつ高性能な水晶振動子を製造する技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

[0004] 特許文献1に開示の技術は、水晶片の各軸方向を調整し、ウェットエッチングにおいて、水晶片の $-X$ 軸方向の側面に2つの結晶面を形成し、水晶片の $+X$ 軸方向の側面に6つ（または4つ）の結晶面を形成する。その結果、副振動が抑制され、振動片の $C I$ 値が低減される。しかしながら、同技術は、所望の結晶面を形成するために、フォトリソ工程におけるマスクパターン形成や水晶片の厚みのエッチング量に数 μm オーダーの精密な制御を必要とすると共に、多くの工程を必要とする。そのため、同技術において、各工程間の歩留を低下させることなく、高い生産性を維持することは、極めて困難である。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2014-027505号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明は、精密な水晶片の加工を要することなくC₁値を低減可能な水晶振動子の電極構造と、水晶振動子と、水晶発振器と、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

[0007] 本発明にかかる水晶振動子の電極構造と、水晶振動子と、水晶発振器とは、水晶片の主面上の少なくとも中央に配置される励振電極、を有してなり、励振電極は、水晶片の厚み滑り振動の振動エネルギーを水晶片の中央領域に集中させる構造を有することを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、精密な水晶片の加工を要することなくC₁値を低減できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1] (a) は、本発明にかかる水晶振動子の実施の形態を示す模式平面図である。(b) は、(a) の水晶振動子のA A線における模式断面図である。

[図2] 図1の水晶振動子が備える電極の面積比とC₁値との関係の一例を示すグラフである。

[図3] (a) は、図1の水晶振動子が備える水晶片において、励振電極が1層構造である場合のアドミタンス円線図のシミュレート結果を示すグラフである。(b) は、同水晶片において、励振電極が2層構造である場合のアドミタンス円線図のシミュレート結果を示すグラフである。

[図4] 図1の水晶振動子が備える水晶片に印加される電圧を一定にしたときの、水晶片の長手方向における水晶片の変位の大きさを示すグラフである。

[図5]本発明にかかる水晶発振器の実施の形態を示す模式断面図である。

[図6]本発明にかかる水晶振動子の別の実施の形態を示す模式断面図であり、(a)は平板型的水晶片、(b)はベベル型的水晶片、(c)は逆メサ型的水晶片、をそれぞれ示す。

[図7]本発明にかかる水晶振動子のさらに別の実施の形態を示す模式断面図であり、(a)は電極外縁部と電極中央部それぞれの厚みが同じ構成、(b)は電極中央部において質量の大きい金属膜が質量の小さい金属膜に覆われている構成、(c)は電極外縁部の厚みが電極中央部の厚みよりも厚い構成、をそれぞれ示す。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照しながら、本発明にかかる水晶振動子の電極構造（以下「本構造」という。）と、水晶振動子と、水晶発振器と、の実施の形態について説明する。各図において、同一の部材については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0011] ●水晶振動子●

先ず、本発明にかかる水晶振動子と本構造の実施の形態について説明する。

[0012] 図1(a)は本発明にかかる水晶振動子の実施の形態を示す模式平面図であり、(b)は(a)の水晶振動子のAA線における模式断面図である。同図(a)は、説明の便宜上、後述するキャップ50を破線で示す。

[0013] 水晶振動子1は、所定の発振回路に実装されることにより、印加された電圧（以下「印加電圧」という。）に基づいて、所定の発振周波数の信号を生成する。水晶振動子1は、例えば、表面実装型（SMD型）の水晶振動子である。水晶振動子1は、水晶片10と、電極20と、導電性接着剤30と、筐体40と、キャップ50と、を有してなる。

[0014] 水晶片10は、印加電圧に基づいて、所定の周波数で励振する。水晶片10は、例えば、ATカットされた水晶片である。ATカットは周知技術であるため、その説明は省略する。水晶片10は、平面視において矩形状で、側

方視において板状である。水晶片10は、第1主面11（図1（b）の紙面上側の面）と、第2主面12（図1（b）の紙面下側の面）と、を備える。本実施の形態において、水晶片10の長手方向は水晶のX軸方向に沿い、水晶片10の短手方向は水晶のZ'軸（水晶のZ軸から35.15°傾いた軸）方向に沿う。水晶片10の両主面11, 12に垂直な方向は、水晶のY'軸（水晶のY軸から35.15°傾いた軸）方向に沿う。

[0015] 第1主面11は、外縁部111と、平面視において外縁部111よりも内側の領域である中央部112と、を備える。中央部112は、外縁部111よりも上方に矩形状に突出する。第2主面12は、外縁部121と、平面視において外縁部121よりも内側の領域である中央部122と、を備える。中央部122は、外縁部121よりも下方に矩形状に突出する。すなわち、水晶片10は、両主面11, 12の中央部112, 122が外縁部111, 121よりも厚いメサ型の構造を有する。

[0016] 電極20は、水晶片10に所定の電圧を印加する。電極20の構造（すなわち、本構造）については、後述する。

[0017] 導電性接着剤30は、後述する一对の接続電極212a, 222aそれぞれを、後述する筐体40の電極パッド412に電氣的に接続する。その結果、水晶片10は、筐体40の内部に機械的に固定される。

[0018] 筐体40は、後述する本構造を有する水晶片10を収容する。筐体40は、アルミナなどのセラミックスが積層された焼結体である。筐体40は、公知の水晶振動子の筐体（パッケージ）である。筐体40は、平面視において矩形状であり、上部に開口を有する箱状である。筐体40は、電極41と段部42とを備える。

[0019] 電極41は、筐体40の底部の下面に配置される外部電極411と、筐体40の底部（段部42）の上面に配置される一对の電極パッド412と、を含む。段部42は、筐体40の一方の短辺側の底部の上面に配置される。

[0020] キャップ50は、筐体40の上部の開口を気密に封止する。キャップ50は、例えば、金属製である。

●水晶振動子の電極構造●

- [0021] 次いで、本構造について説明する。
- [0022] 電極20は、第1主面11に配置される第1主面電極21と、第2主面12に配置される第2主面電極22と、を備える。
- [0023] 第1主面電極21は、第1励振電極211と第1引出電極212とを備える。第1励振電極211は、印加電圧を水晶片10に印加する。第1励振電極211は、第1電極部211aと第2電極部211bとを含む。
- [0024] 第1電極部211aは、第1主面11の中央部112上に配置される。平面視において、第1電極部211aは、中央部112の面積よりも小さい面積を有し、中央部112の内側に配置される。第2電極部211bは、第1電極部211a上に積層して配置される。平面視において、第2電極部211bは、第1電極部211aの面積よりも小さい面積を有し、第1電極部211aの内側に配置される。すなわち、第1励振電極211は、面積が順次小さくなるように積層される2つの電極部211a, 211bにより構成される2層構造を有する。
- [0025] 第1電極部211aの端面（側面）と、第1主面11の中央部112と、の間の角度は、例えば、 30° ～ 90° である。第2電極部211bの端面（側面）と、第1電極部211aと、の間の角度は、例えば、 30° ～ 90° である。ここで、第1電極部211aは、第1主面11の中央部112と略平行である。換言すれば、複数の電極部211a, 211bそれぞれの端面と、第1主面11に平行な仮想平面と、の間の角度は、 30° ～ 90° である。ここで、端面の角度は、例えば、プローブにより物理的に、あるいは、透過光を用いて光学的に、計測される。
- [0026] ここで、第1励振電極211の外縁部（第1電極部211aのうち、第2電極部211bが積層されていない領域）は、本発明における電極外縁部を構成する。一方、平面視において電極外縁部よりも内側の領域（第1電極部211aと第2電極部211bとが積層されている領域）は、本発明における電極中央部を構成する。電極外縁部は第1電極部211aで構成され、電

極中央部は第1電極部211aと第2電極部211bとで構成される。すなわち、電極中央部は、電極外縁部よりも厚い。

[0027] 第1引出電極212は、第1励振電極211に印加電圧を伝送する。第1引出電極212は、第1励振電極211に接続されて、中央部112から水晶片10の一方の短辺側の外縁部111に引き出されるように、第1主面11上に配置される。外縁部111に引き出される（配置される）第1引出電極212の一部は、導電性接着剤30に接続される接続電極212aを構成する。第1引出電極212は、第1電極部211aと一体に形成される。

[0028] 第1引出電極212と第1電極部211aとは、第1主面11上に配置される下地金属膜と、下地金属膜上に配置される金属膜と、を含む。第2電極部211bは、第1電極部211a上に配置される下地金属膜と、下地金属膜上に配置される金属膜と、を含む。本実施の形態において、下地金属膜はCr膜であり、金属膜はAu膜である。

[0029] 第2主面電極22は、第2励振電極221と第2引出電極222とを備える。第2励振電極221は、印加電圧を水晶片10に印加する。第2励振電極221は、第1電極部221aと第2電極部221bとを含む。

[0030] 第1電極部221aは、第2主面12の中央部122上に配置される。平面視において、第1電極部221aは、中央部122の面積よりも小さい面積を有し、中央部122の内側に配置される。第2電極部221bは、第1電極部221a上に積層して配置される。平面視において、第2電極部221bは、第1電極部221aの面積よりも小さい面積を有し、第1電極部221aの内側に配置される。すなわち、第2励振電極221は、面積が順次小さくなるように積層される2つの電極部221a、221bにより構成される2層構造を有する。本実施の形態において、第2励振電極221は、水晶片10を挟んで、第1励振電極211と対称な構造を有する。

[0031] 第1電極部221aの端面（側面）と、第2主面12の中央部122と、の間の角度は、例えば、 30° ～ 90° である。第2電極部221bの端面（側面）と、第1電極部221aと、の間の角度は、例えば、 30° ～ 90°

°である。ここで、第1電極部221aは、第2主面12の中央部122と略平行である。換言すれば、複数の電極部221a, 221bそれぞれの端面と、第2主面12に平行な仮想平面と、の間の角度は、30°～90°である。

[0032] ここで、第2励振電極221の外縁部（第1電極部221aのうち、第2電極部221bが積層されていない領域）は、本発明における電極外縁部を構成する。一方、平面視において電極外縁部よりも内側の領域（第1電極部221aと第2電極部221bとが積層されている領域）は、本発明における電極中央部を構成する。電極外縁部は第1電極部221aで構成され、電極中央部は第1電極部221aと第2電極部221bとで構成される。すなわち、電極中央部は、電極外縁部よりも厚い。

[0033] 第2引出電極222は、第2励振電極221に印加電圧を伝送する。第2引出電極222は、第2励振電極221に接続されて、中央部122から水晶片10の一方の短辺側の外縁部121に引き出されるように、第2主面12上に配置される。外縁部121に引き出される（配置される）第2引出電極222の一部は、導電性接着剤30に接続される接続電極222aを構成する。第2引出電極222は、第1電極部221aと一体に形成される。

[0034] 第2引出電極222と第1電極部221aとは、第2主面12上に配置される下地金属膜と、下地金属膜上に配置される金属膜と、を含む。第2電極部221bは、第1電極部221a上に配置される下地金属膜と、下地金属膜上に配置される金属膜と、を含む。本実施の形態において、下地金属膜はCr膜であり、金属膜はAu膜である。

[0035] 第1主面電極21と第2主面電極22それぞれは、例えば、フォトリソ工程により形成される。すなわち、例えば、蒸着などにより水晶片10に下地金属膜と金属膜とが2層形成された後に、レジストにより第2電極部211b, 221bがマスクされた状態で、上層側の金属膜と下地金属膜とがエッチングにより除去される。次いで、第1電極部211a, 221aと第1引出電極212と第2引出電極222とがマスクされた状態で、下層側の金属

膜と下地金属膜とがエッチングにより除去される。

[0036] なお、第1電極部と第1引出電極と第2引出電極とが形成された後に、レジストにより第2電極部以外がマスクされた状態で、上層側の下地金属膜と金属膜とが蒸着されてもよい。この場合、第2電極部以外の下地金属膜と金属膜とは、レジスト共に除去される。

[0037] また、第1電極部と第1引出電極と第2引出電極とが形成された後に、金属マスクなどにより第2電極部以外がマスクされた状態で、上層側の下地金属膜と金属膜とが蒸着されてもよい。

[0038] 図2は、第1電極部211aの面積を固定して、第2電極部211bの面積を変化させたときの電極面積比とC1値との関係の一例を示すグラフである。

[0039] 同図の横軸は、第1電極部211aの面積に対する第2電極部211bの面積比（第2電極部211bの面積／第1電極部211aの面積）を示す。同図の縦軸は、C1値を示す。図2に示されるとおり、C1値は、面積比が約83%～95%の間で低下し、特に、面積比が約83%～90%の間で大きく低下する。

[0040] 図3(a)は、本実施の形態の水晶片10と同等の水晶片において、励振電極が1層構造である場合のアドミッタンス円線図のシミュレート結果を示すグラフであり、(b)は、本実施の形態（励振電極が2層構造）におけるアドミッタンス円線図のシミュレート結果を示すグラフである。

[0041] 図3に示されるとおり、励振電極が2層構造である場合のC1値（約10Ω）は、励振電極が1層構造である場合のC1値（約70Ω）よりも、大幅に低減されている。

[0042] 図4は、水晶片10に印加される電圧を一定にしたときの、水晶片10の長手方向における水晶片10の変位の大きさを示すグラフである。

[0043] 同図の横軸は、水晶片10の長手方向（水晶の軸方向におけるX軸方向）における位置を示す。同図の縦軸は、X軸方向における変位の大きさを示す。同図の「L1」は励振電極が1層構造である場合の変位を示し、同図の「

「L 2」は励振電極が2層構造である場合の変位を示す。ここで、同図の縦軸の変位の大きさは、アドミッタンス Y として示すことができる。アドミッタンス Y とインピーダンス Z との間には、「 $Y = 1 / Z$ 」の関係が成り立つ。すなわち、変位 X が大きくなると、インピーダンス Z （すなわち、 $C I$ 値）が小さくなる。

[0044] 図4に示されるとおり、励振電極が2層構造である場合の変位は、同1層構造である場合の変位の約2～3倍大きい。特に、両構造における変位の差異は、 X 軸方向における端部から中央部に向かうに連れて大きくなる。これは、主振動の振動エネルギーが水晶片10の中央領域（両主面11, 12の中央部112, 122の間の領域）に集中し、同エネルギーが中央領域に閉じ込められていることを示す。

[0045] このように、第1励振電極211と第2励振電極221それぞれが、上層になるに連れて面積が小さくなる2層構造を有することで、主振動の振動エネルギーが水晶片10の中央領域に集中し、同振動エネルギーが中央領域に閉じ込められる。その結果、水晶片10の等価直列抵抗（ $C I$: Crystal Impedance）値は、低減される。

[0046] ●水晶発振器●

次いで、本発明にかかる水晶発振器の実施の形態について説明する。以下に説明する実施の形態において、先に説明した実施の形態と共通する部材の説明は、省略する。

[0047] 図5は、本発明にかかる水晶発振器の実施の形態を示す模式断面図である。

[0048] 水晶発振器100は、例えば、温度補償型的水晶発振器（TCXO）である。水晶発振器100は、例えば、SMD型的水晶発振器である。水晶発振器100は、前述した水晶片10と電極20と導電性接着剤30とキャップ50と、筐体40Aと、回路60Aと、を有してなる。

[0049] 筐体40Aは、水晶片10と回路60Aとを収容する。筐体40Aは、アルミナなどのセラミックスが積層された焼結体である。筐体40Aは、公知

の水晶発振器の筐体（パッケージ）である。筐体40Aは、平面視において矩形形状であり、上部に開口を有する箱状である。筐体40Aは、電極（不図示）と段部42と回路收容部43Aとを備える。

[0050] 回路收容部43Aは、回路60Aを收容する。回路收容部43Aは、筐体40Aの底部の中央部に配置される。

[0051] 回路60Aは、水晶片10（水晶振動子1）の発振周波数を制御する。回路60Aは、例えば、公知の温度補償回路である。

[0052] ●まとめ

以上説明した各実施の形態によれば、本構造は、第1励振電極211と第2励振電極221それぞれが、上層になるに連れて面積が小さくなる2層構造を有する。そのため、本構造は、主振動の振動エネルギーを水晶片10の中央領域に集中させて、同振動エネルギーを中央領域に閉じ込める。その結果、水晶片10のC1値は、低減される。このように、本構造と、本構造を有する水晶振動子1と水晶発振器100とは、精密な水晶片10の加工を要することなくC1値を低減できる。

[0053] また、C1値が低減されることで、C1値のばらつきの絶対値は小さくなる。すなわち、例えば、100Ωの平均C1値に対して50%増加した平均C1値は150Ωであるが、10Ωの平均C1値に対して50%増加した平均C1値は15Ωである。また、例えば、100ΩのC1値に対して50Ω増加したC1値は150Ωであるが、10ΩのC1値に対して50Ω増加したC1値は60Ωである。このように、C1値がばらついたとしても、C1値は、規格内に収まり易くなる。その結果、本構造を有する水晶振動子1と水晶発振器100それぞれの生産性（歩留）は、向上する。また、この場合、本発明によるC1値の低減により、水晶片10の外縁部111、121のエッチング量は、低減される。その結果、水晶片10の生産性（歩留）は、向上する。

[0054] さらに、以上説明した実施の形態によれば、水晶片10の中央領域に主振動の振動エネルギーが閉じ込められることにより、水晶片10の端部、すな

わち、接続電極 212a, 222a が配置される水晶片 10 の外縁部 111 への結合振動の影響は、抑制される。そのため、主振動に対する導電性接着剤 30 の影響は、抑制される。その結果、本構造を有する水晶振動子 1 と水晶発振器 100 それぞれの生産性（歩留）は、向上する。

[0055] さらにまた、以上説明した実施の形態によれば、本構造を有する水晶振動子 1 を用いた水晶発振器 100 は、発振回路に組み込まれたとき、低励振動作を可能とし、発振の安定化に寄与する。

[0056] ●その他

なお、本発明における水晶片は主振動として厚み滑り振動で励振すればよく、本発明における水晶片のカットは、ATカットに限定されない。すなわち、例えば、本発明における水晶片のカットは、BTカット、SCカット、LTカットでもよい。

[0057] また、本発明における水晶片は、メサ型に限定されない。すなわち、例えば、本発明における水晶片は、平板型、ベベル型、逆メサ型、コンベックス型またはプラノコンベックス型のうち、いずれかの構造を有してもよい。この場合、本発明によるC1値の低減により、ベベル型においては、ベベル量が低減され、逆メサ型においては、水晶片の中央部凹部のエッチング量が低減される。その結果、水晶片の生産性（歩留）は、向上する。

[0058] 図6(a) - (c) は、本発明にかかる水晶振動子の別の実施の形態を示す模式断面図である。同図は、説明の便宜上、水晶片と電極それぞれの断面のみを示す。同図(a)は平板型的水晶片を示し、同図(b)はベベル型的水晶片を示し、同図(c)は逆メサ型的水晶片を示す。

[0059] さらに、本発明における各水晶片の長辺（X軸方向に沿う辺）の長さは、2mm以下が望ましい。この構成によれば、本構造は、他の構造（例えば、水晶片の形状、電極の厚み・位置など）よりもC1値を低減させる。すなわち、本構造は、水晶片が小さいほど、他の構造よりもC1値を低減させ得る。

[0060] さらにまた、本発明における水晶片は、フォトリソ工程により一括に形成

されてもよく、あるいは、研磨・切断・表面エッチングなどの手法により個別に形成されもよい。

[0061] さらにまた、本発明における水晶片は、基本波モードの振動モードで励振してもよく、あるいは、高次（3次、5次）オーバートーンモードの振動モードで励振してもよい。

[0062] さらに、本発明における第1励振電極と第2励振電極それぞれは、両主面上に配置され、面積が順次小さくなるように積層される複数の電極部により構成されればよく、2層構造に限定されない。すなわち、例えば、本発明における第1励振電極と第2励振電極それぞれは、第2電極部上に積層して配置され、第2電極部の面積よりも小さい面積を有する第3電極部を備えてもよい。また、例えば、第1励振電極の積層数は、第2励振電極の積層数と異なってもよい。

[0063] さらにまた、本発明における第2励振電極は、水晶片を挟んで、第1励振電極と非対称な構造を有してもよい。すなわち、例えば、本発明における第2励振電極は、平面視において、第1励振電極に対してX軸方向および／またはZ'軸方向にずれて配置されてもよい。

[0064] さらにまた、本発明における第1電極部と第2電極部とは、一体に構成されてもよい。すなわち、例えば、本発明における第1電極部と第2電極部とは1層の下地金属膜と金属膜とで構成されてもよい。この場合、電極外縁部は、例えば、1層の金属膜の外縁部が除去されることで形成されてもよい。

[0065] さらにまた、本発明における第1電極部の厚みと第2電極部の厚みとは、同じでもよく、あるいは、異なってもよい。ここで、各電極部の厚みは、例えば、蒸着前後の水晶片の周波数に基づいて算出される。また、各電極部の厚みは、例えば、プローブにより物理的に計測されてもよく、あるいは、透過光を用いて光学的に計測されてもよい。

[0066] さらにまた、本発明における下地金属膜は、水晶片と金属膜それぞれに親和性を有する金属製の膜であればよく、Cr膜に限定されない。すなわち、例えば、本発明における下地金属膜は、Cr、NiまたはWのうち、少なく

とも1種の金属を含んでもよい。

[0067] さらにまた、本発明における金属膜は、水晶が励振可能な印加電圧を供給可能な金属製の膜であればよく、Au膜に限定されない。すなわち、例えば、本発明における金属膜は、Au, Ag, Cu, Al, W, Ni, またはMgのうち、少なくとも1種の金属を含んでもよい。

[0068] さらにまた、本発明における第1励振電極と第2励振電極それぞれは、電極外縁部と、平面視において電極外縁部よりも内側の領域であって、電極外縁部を構成する金属よりも大きい質量を有する金属を含む電極中央部と、により構成されてもよい。すなわち、例えば、電極外縁部はAgやAl膜により構成され、電極中央部はAu膜により構成されてもよい。この構成において、1軸方向（例えば、X軸方向）における電極中央部の質量は、電極外縁部の質量よりも大きければよい。そのため、電極中央部の厚みは、電極外縁部の厚みと同じでもよく、あるいは、電極外縁部の厚みよりも薄くてもよい。また、例えば、電極中央部において、質量の大きい金属膜（例えば、Au膜）が、質量の小さい金属膜（例えば、Al膜）に覆われてもよい。これらの構成は、電極中央部の質量効果により、先に説明をした2層構造と同様に、主振動の振動エネルギーを水晶片10の中央領域に集中させて、同振動エネルギーを中央領域に閉じ込める。

[0069] 図7(a) - (c)は、本発明にかかる水晶振動子のさらに別の実施の形態を示す模式断面図である。同図は、説明の便宜上、水晶片と電極それぞれの断面のみを示す。同図の黒塗りの電極は、白抜きの電極よりも質量が大きい金属で構成される。同図(a)は電極外縁部と電極中央部それぞれの厚みが同じ構成を示し、同図(b)は電極中央部において質量の大きい金属膜が質量の小さい金属膜に覆われている構成を示し、同図(c)は電極外縁部の厚みが電極中央部の厚みよりも厚い構成を示す。

[0070] さらにまた、本発明における各電極部の端面は、曲面でもよい。

[0071] さらにまた、平面視において、本発明における第2電極の4つの辺のうち、1つの辺は、第1電極の4つの辺のうち、1つの辺と重複してもよい。

[0072] さらにまた、本発明にかかる水晶発振器は、温度補償型的水晶発振器に限定されない。すなわち、例えば、本発明にかかる水晶発振器は、電圧制御型的水晶発振器（VCXO）、恒温槽付の水晶発振器（OCXO）またはパッケージ型水晶発振器（SPXO）でもよい。

符号の説明

[0073]	1	水晶振動子
	1 0	水晶片
	1 1	第1主面
	1 2	第2主面
	2 1	第1主面電極
	2 1 1	第1励振電極
	2 1 1 a	第1電極部
	2 1 1 b	第2電極部
	2 2	第2主面電極
	2 2 1	第2励振電極
	2 2 1 a	第1電極部
	2 2 1 b	第2電極部
	1 0 0	水晶発振器

請求の範囲

- [請求項1] 水晶片の主面上の少なくとも中央に配置される励振電極、
を有してなり、
前記励振電極は、前記水晶片の厚み滑り振動の振動エネルギーを前記水晶片の中央領域に集中させる構造を有する、
ことを特徴とする水晶振動子の電極構造。
- [請求項2] 前記励振電極は、
電極外縁部と、
平面視において前記電極外縁部よりも内側の領域である電極中央部と、
を含み、
前記電極中央部は、前記電極外縁部よりも厚い、
請求項1記載の水晶振動子の電極構造。
- [請求項3] 前記励振電極は、
前記主面上に配置され、面積が順次小さくなるように積層される複数の電極部により構成される、
請求項2記載の水晶振動子の電極構造。
- [請求項4] 複数の前記電極部は、
前記主面上に配置され、前記主面の面積よりも小さい面積を有する第1電極部と、
前記第1電極部上に積層して配置され、前記第1電極部よりも小さい面積を有する第2電極部と、
を含み、
前記電極外縁部は、前記第1電極部で構成され、
前記電極中央部は、前記第1電極部と前記第2電極部とで構成される、
請求項3記載の水晶振動子の電極構造。
- [請求項5] 複数の前記電極部それぞれの端面と、前記主面に平行な仮想平面と

、の間の角度は、 $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$ である、

請求項3または4記載の水晶振動子の電極構造。

[請求項6] 前記第1電極部と前記第2電極部それぞれは、Au, Ag, Cu, Al, W, Ni, またはMgのうち、少なくとも1種の金属を含む金属膜により構成される、

請求項4記載の水晶振動子の電極構造。

[請求項7] 前記第2電極部を構成する前記金属膜は、前記第1電極部を構成する前記金属膜と同じである、

請求項6記載の水晶振動子の電極構造。

[請求項8] 前記第1電極部は、

前記水晶片と前記金属膜との間に配置され、Cr, NiまたはWのうち、少なくとも1種の金属を含む下地金属膜、を含む、

請求項6記載の水晶振動子の電極構造。

[請求項9] 前記電極中央部は、前記電極外縁部を構成する金属よりも大きい質量を有する金属を含む、

請求項2記載の水晶振動子の電極構造。

[請求項10] 水晶片と、

前記水晶片の主面上の少なくとも中央に配置される励振電極と、を有してなり、

前記励振電極は、請求項1乃至9のいずれかに記載の電極構造を備える、

ことを特徴とする水晶振動子。

[請求項11] 前記水晶片は、厚み滑り振動を主振動として励振する、

請求項10記載の水晶振動子。

[請求項12] 前記水晶片は、

第1主面と、

前記第1主面と反対側の面である第2主面と、

を備え、

前記励振電極は、

前記第1主面上に配置される第1励振電極と、

前記第2主面上に配置される第2励振電極と、

を含み、

前記第1励振電極は、前記水晶片を挟んで、前記第2励振電極と対称な構造を有する、

請求項10記載の水晶振動子。

[請求項13]

前記水晶片は、

第1主面と、

前記第1主面と反対側の面である第2主面と、

を備え、

前記励振電極は、

前記第1主面上に配置される第1励振電極と、

前記第2主面上に配置される第2励振電極と、

を含み、

前記第1励振電極は、前記水晶片を挟んで、前記第2励振電極と非対称な構造を有する、

請求項10記載の水晶振動子。

[請求項14]

前記水晶片は、平面視において、長辺が2mm以下の略矩形状である、

請求項10記載の水晶振動子。

[請求項15]

前記水晶片は、基本波モード、3次オーバートーンモード、または5次オーバートーンモード、のいずれかの振動モードで励振する、

請求項11記載の水晶振動子。

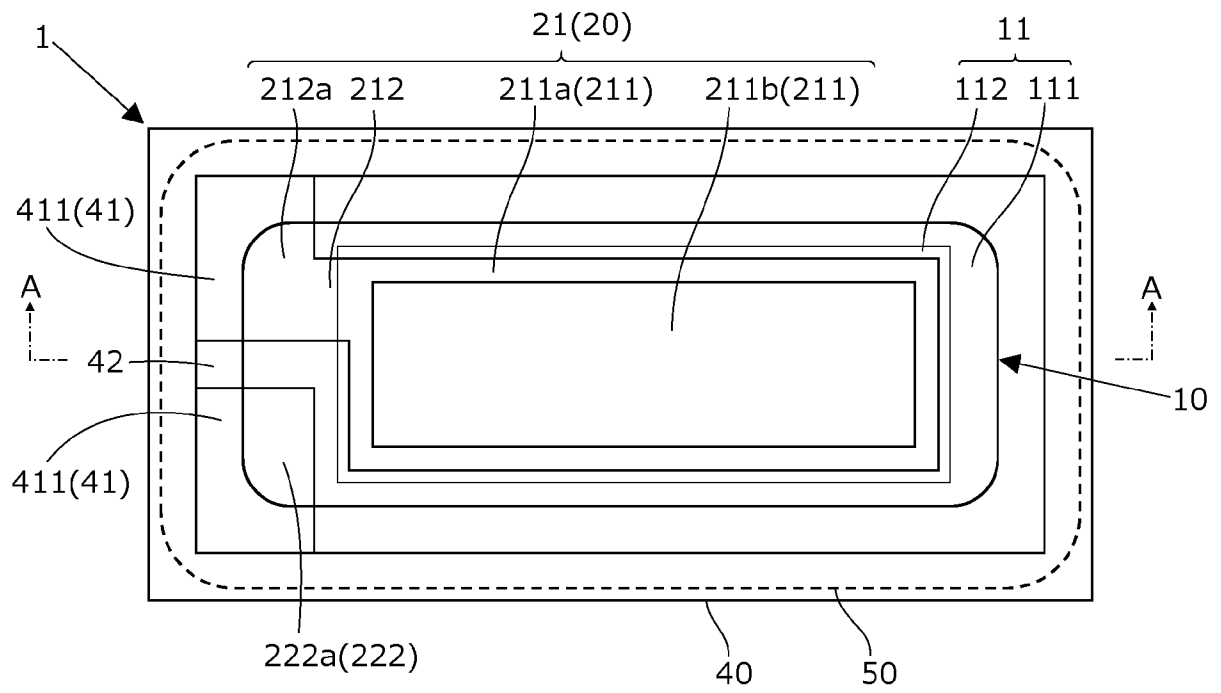
[請求項16]

前記水晶片は、平板型、ベベル型、メサ型、逆メサ型、コンベックス型またはプラノコンベックス型のうち、いずれかの構造を有する、

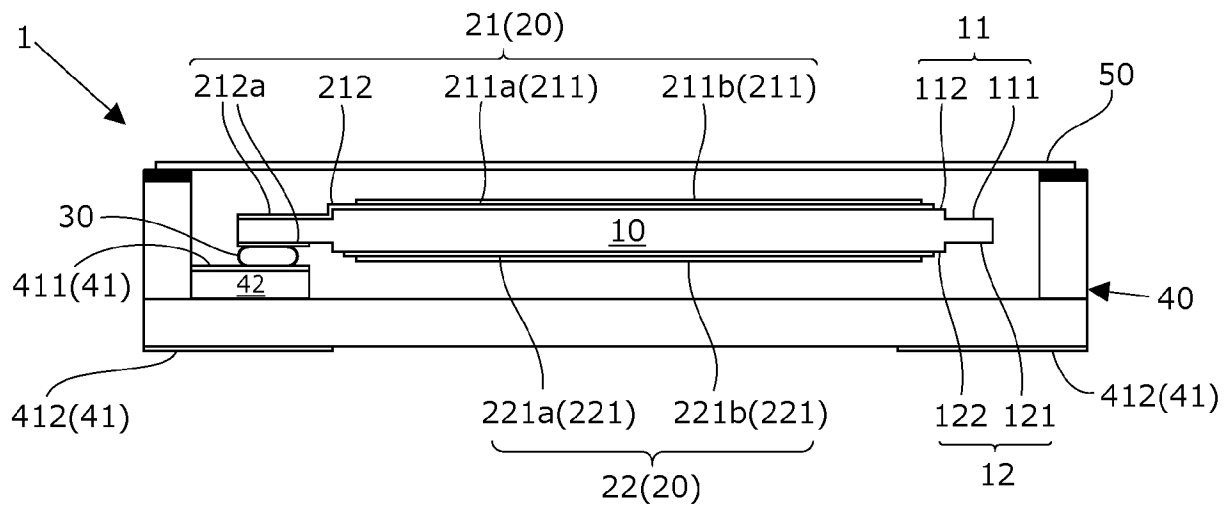
請求項11記載の水晶振動子。

[請求項17] 水晶振動子と、
 前記水晶振動子の振動周波数を制御する回路と、
 を有してなり、
 前記水晶振動子は、請求項10記載の水晶振動子である、
 ことを特徴とする水晶発振器。

[図1]

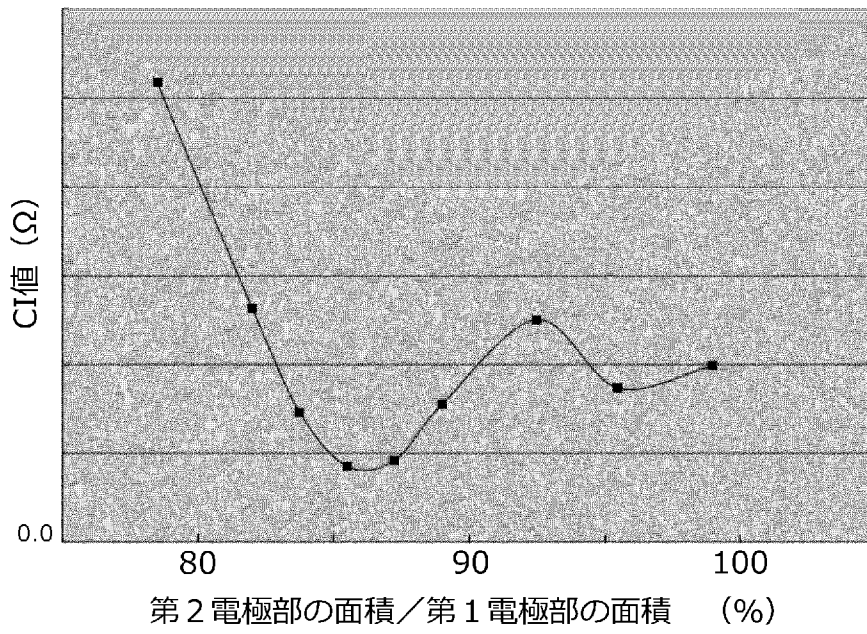


(a)

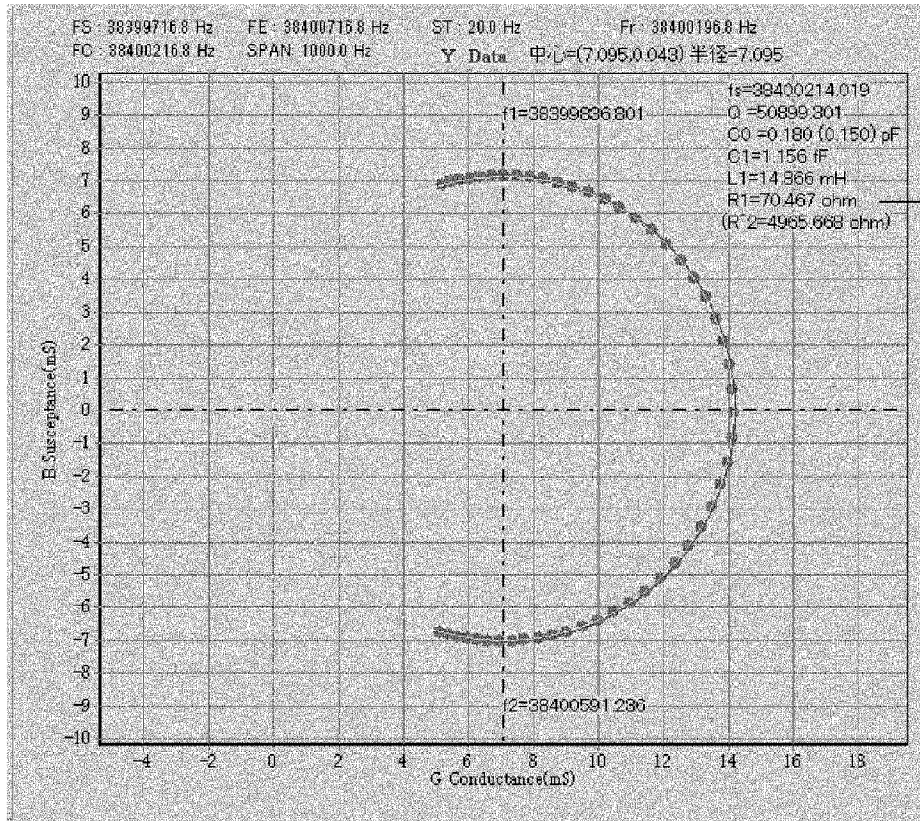


(b)

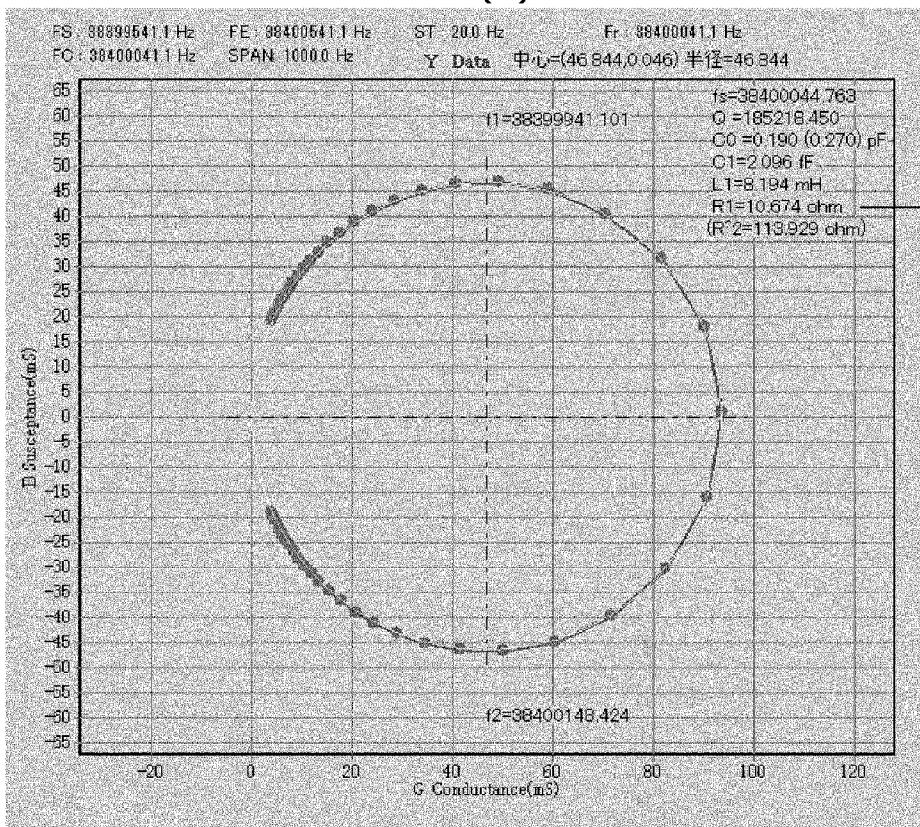
[図2]



[圖3]

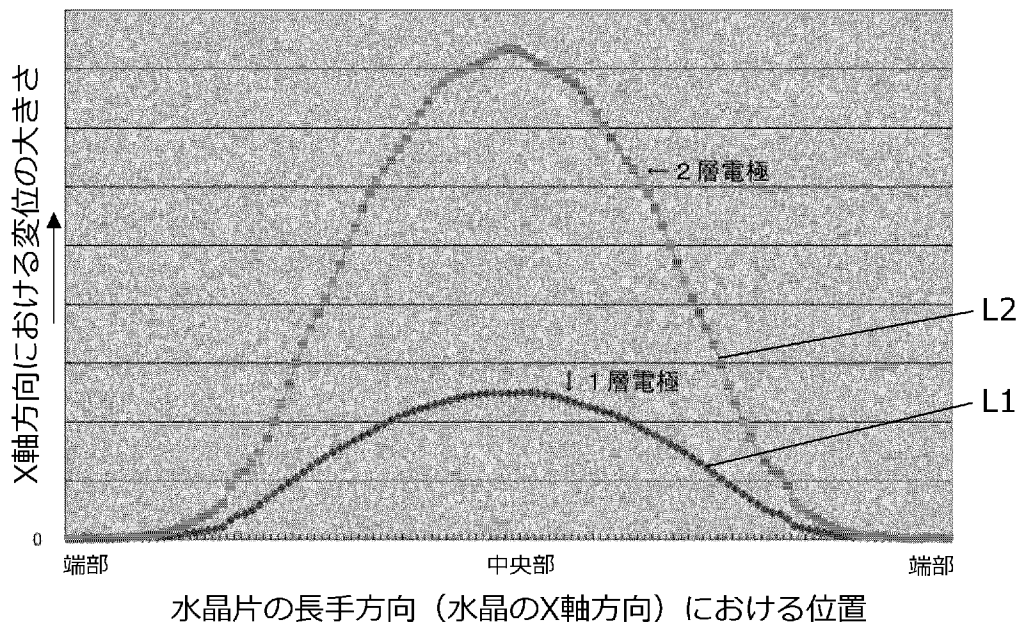


(a)

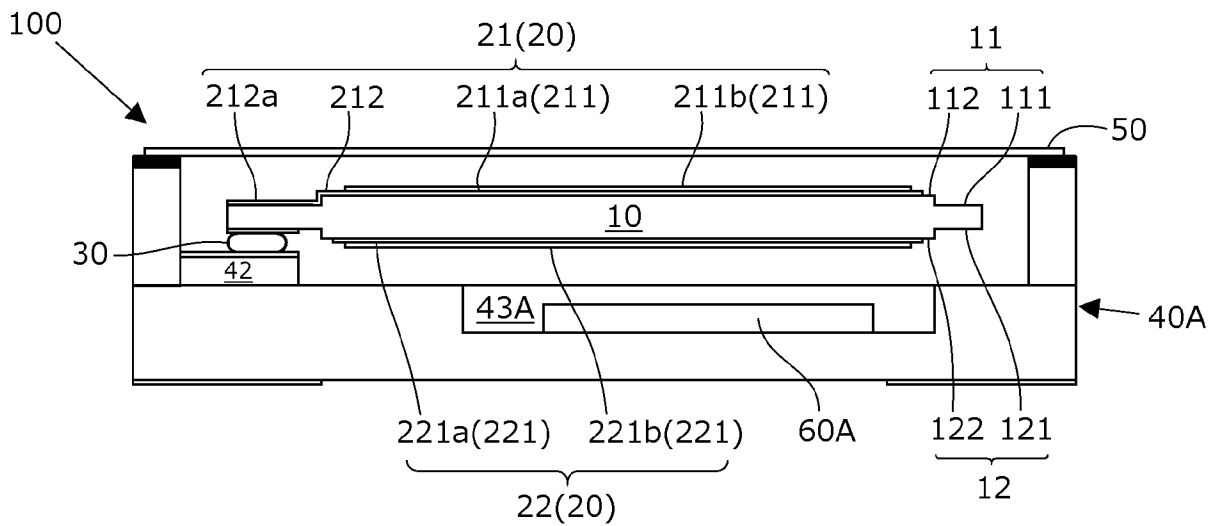


(b)

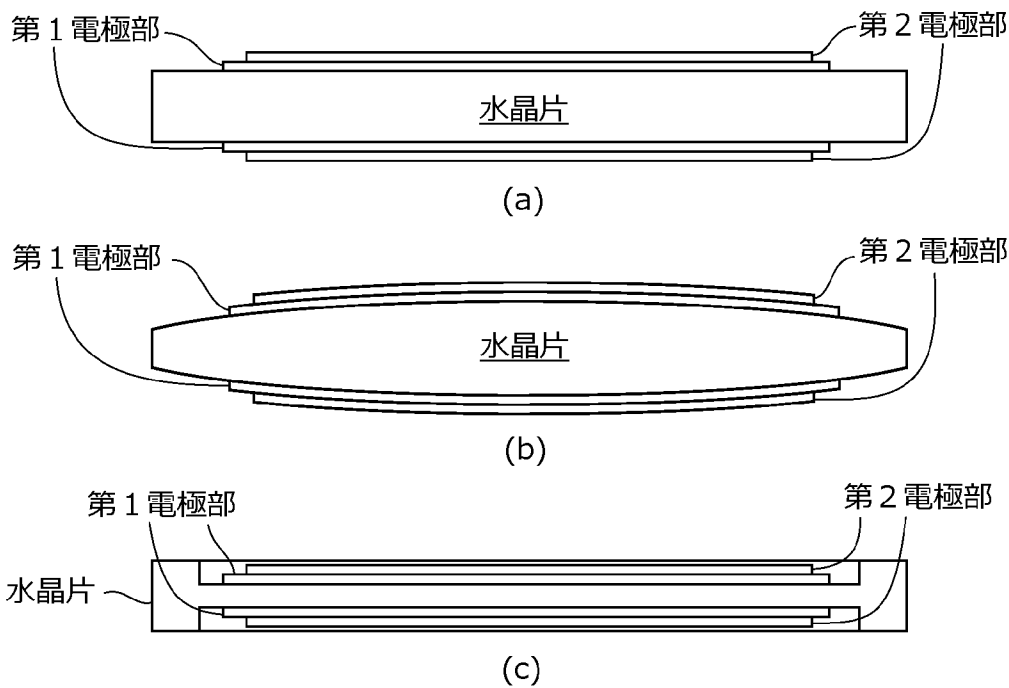
[図4]



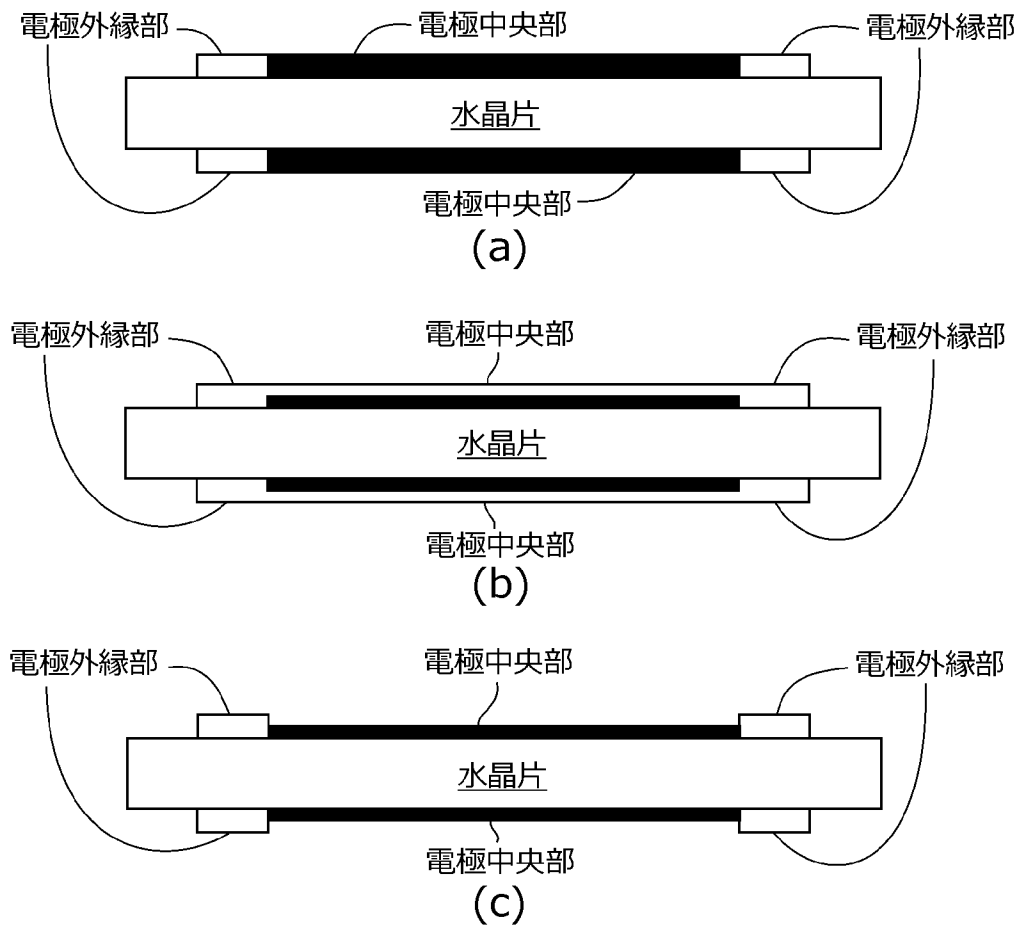
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/049056

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. H03B5/32(2006.01) i, H03H9/19(2006.01) i FI: H03H9/19F, H03B5/32H According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>										
<p>B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. H03B5/32, H03H9/19</p>										
<p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:70%;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="width:30%;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td>1971-2021</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td>1996-2021</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td>1994-2021</td> </tr> </table>			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021	Registered utility model specifications of Japan	1996-2021	Published registered utility model applications of Japan	1994-2021
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996									
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021									
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021									
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021									
<p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>										
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p>										
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.								
X	JP 2003-273682 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 26 September 2003 (2003-09-26), paragraphs [0015]-[0021], [0034], [0035], fig. 3, 9	1-5, 10-11, 15-17								
X	JP 2005-318477 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 10 November 2005 (2005-11-10), paragraphs [0021]-[0037], fig. 1, 2, 5	1-7, 10-12, 14-16								
X	JP 2013-255052 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 19 December 2013 (2013-12-19), paragraphs [0042]-[0046], [0051]-[0053], [0061], [0062], fig. 1, 4, 11	1-6, 9-12, 15-17								
X	JP 2018-117198 A (NIPPON DEMPA KOGYO CO., LTD.) 26 July 2018 (2018-07-26), paragraphs [0021]-[0033], [0048]-[0053], fig. 3, 5, 9	1-8, 10-13, 15-17								
A	JP 2005-159717 A (TOYO COMMUN EQUIP CO., LTD.) 16 June 2005 (2005-06-16), paragraph [0004], fig. 9	1-17								
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; border:none;"><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.</td> <td style="width:50%; border:none;"><input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.						
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.									
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; border:none;"> * 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 </td> <td style="width:50%; border:none;"> "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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 12 February 2021		Date of mailing of the international search report 22 February 2021								
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/049056

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 2017-152994 A (KYOCERA CORPORATION) 31 August 2017 (2017-08-31), paragraphs [0034]-[0051], fig. 5, 6	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/049056

JP 2003-273682 A	26 September 2003	(Family: none)
JP 2005-318477 A	10 November 2005	(Family: none)
JP 2013-255052 A	19 December 2013	US 2013/0328452 A1 paragraphs [0061]-[0071], [0089]-[0098], [0129]-[0135], fig. 1A, 1B, 4A, 4B, 11A, 11B CN 103475328 A
JP 2018-117198 A	26 July 2018	US 2018/0205364 A1 paragraphs [0033]-[0047], [0063]-[0068], fig. 3A, 3B, 5A, 5B, 9A-9C CN 108336983 A
JP 2005-159717 A	16 June 2005	(Family: none)
JP 2017-152994 A	31 August 2017	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H03B 5/32(2006.01)i; H03H 9/19(2006.01)i FI: H03H9/19 F; H03B5/32 H		
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）） H03B5/32; 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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 2003-273682 A (セイコーエプソン株式会社) 26.09.2003 (2003 - 09 - 26) [0015]-[0021], [0034]-[0035], 図3, 図9	1-5, 10-11, 15-17
X	JP 2005-318477 A (セイコーエプソン株式会社) 10.11.2005 (2005 - 11 - 10) [0021]-[0037], 図1-図2, 図5	1-7, 10-12, 14-16
X	JP 2013-255052 A (セイコーエプソン株式会社) 19.12.2013 (2013 - 12 - 19) [0042]-[0046], [0051]-[0053], [0061]-[0062], 図1, 図4, 図11	1-6, 9-12, 15-17
X	JP 2018-117198 A (日本電波工業株式会社) 26.07.2018 (2018 - 07 - 26) [0021]-[0033], [0048]-[0053], 図3, 図5, 図9	1-8, 10-13, 15-17
A	JP 2005-159717 A (東洋通信機株式会社) 16.06.2005 (2005 - 06 - 16) [0004], 図9	1-17
A	JP 2017-152994 A (京セラ株式会社) 31.08.2017 (2017 - 08 - 31) [0034]-[0051], 図5-図6	1-17
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 12.02.2021	国際調査報告の発送日 22.02.2021	
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/JP2020/049056

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2003-273682 A	26.09.2003	(ファミリーなし)	
JP 2005-318477 A	10.11.2005	(ファミリーなし)	
JP 2013-255052 A	19.12.2013	US 2013/0328452 A1 [0061]-[0071], [0089]- [0098], [0129]-[0135], ☒ 1A-☒1B, ☒4A-☒4B, ☒11A- ☒11B CN 103475328 A	
JP 2018-117198 A	26.07.2018	US 2018/0205364 A1 [0033]-[0047], [0063]- [0068], ☒3A-☒3B, ☒5A-☒ 5B, ☒9A-☒9C CN 108336983 A	
JP 2005-159717 A	16.06.2005	(ファミリーなし)	
JP 2017-152994 A	31.08.2017	(ファミリーなし)	