

(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1月19日(19.01.2023)



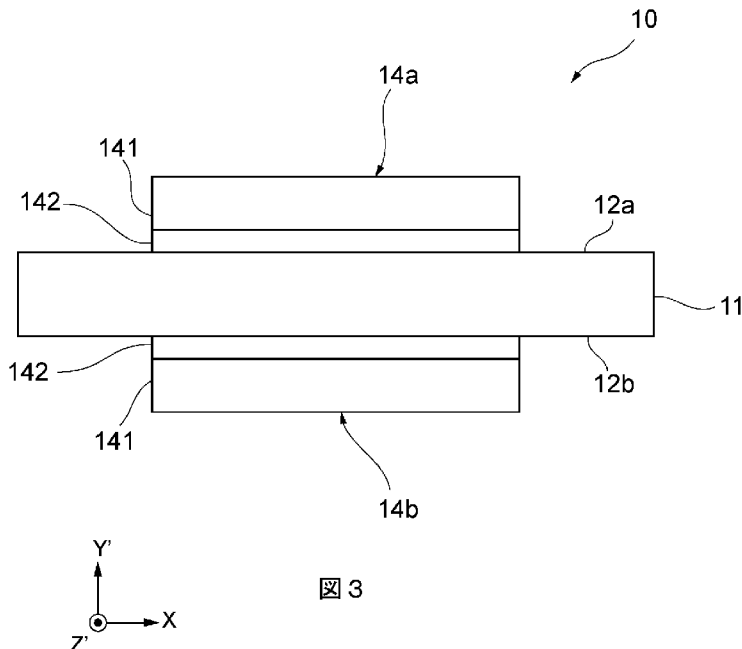
(10) 国際公開番号

WO 2023/286327 A1

- (51) 国際特許分類:  
*H03H 3/04* (2006.01)      *H03H 9/19* (2006.01)
- (21) 国際出願番号:                      PCT/JP2022/008919
- (22) 国際出願日:                      2022年3月2日(02.03.2022)
- (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 2021-114739    2021年7月12日(12.07.2021) 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 1 0 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 山田 光洋 (YAMADA, Mitsuhiro);  
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1  
0 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).  
尾島 茂夫 (OJIMA, Shigeo); 〒6178555 京都府  
長岡京市東神足 1 丁目 1 0 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 - 1 0 -  
1 六本木ヒルズ森タワー 2 3 階 T M I  
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,

(54) Title: PIEZOELECTRIC RESONATOR, AND METHOD FOR MANUFACTURING PIEZOELECTRIC RESONATOR

(54) 発明の名称: 圧電振動子及び圧電振動子の製造方法



(57) Abstract: According to the present invention, changes over time in a resonant frequency are suppressed. A crystal resonator 1 comprises a base member 30, and a crystal resonating element 10 which is held on one surface of the base member 30 and which includes a crystal piece 11, and a first excitation electrode 14a and a second excitation electrode 14b provided on both main surfaces of the crystal piece 11, wherein: the first excitation electrode 14a and the second excitation electrode 14b each include a first metal layer 141 and a second metal layer 142 disposed between the first metal

WO 2023/286327 A1

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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))

---

layer 141 and the crystal piece 11; and the weight ratio of the second metal layer 142 with respect to the first metal layer 141 is 0.1% to 1.1% inclusive.

(57) 要約: 共振周波数の経時的変化を抑制する。水晶振動子 1 は、ベース部材 30 と、ベース部材 30 の一方の面に保持され、水晶片 11 と当該水晶片 11 の両主面に設けられた第 1 励振電極 14 a 及び第 2 励振電極 14 b とを有する水晶振動素子 10 と、を備え、第 1 励振電極 14 a 及び及び第 2 励振電極 14 b は、第 1 金属層 141 と当該第 1 金属層 141 と水晶片 11 との間に配置される第 2 金属層 142 とを含み、第 1 金属層 141 に対する第 2 金属層 142 の重量比は、0.1%以上1.1%以下である。

## 明 細 書

発明の名称： 圧電振動子及び圧電振動子の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、圧電振動子及び圧電振動子の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 一般に電子部品の一つとして、発振装置や帯域フィルタ等に用いられる基準信号の信号源に用いられる圧電振動子が知られている。圧電振動子は、例えば、圧電振動素子と、圧電振動素子が収容される筐体を構成する蓋部材及びベース部材と、蓋部材及びベース部材を接合する接合材と、を備える。また、圧電振動素子は、圧電体である振動片と、振動片における振動部に設けられた励振電極と、を備える。

[0003] 引用文献1には、振動片の周波数調整方法として、圧電基板と、圧電基板の上面に設けられた導電性を有する一对の電極層と、電極層の表面上に設けられた被酸化材料を含む質量部と、を有する振動片に対して酸化処理を施すことにより、質量部に酸化による質量増加を生じさせ、振動片の共振周波数を調整することを特徴とするものが開示されている。この方法は、被酸化層の質量を微妙に調整することができるので、共振周波数を容易に微調整することができる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2014-200040号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、引用文献1の周波数調整方法のように、圧電片（振動片）に対する酸化処理を行う場合であっても、圧電振動素子を筐体内に封止した後、高温環境下や高温恒温高湿環境下等に置かれると、質量部における被酸化材料のうちの未酸化のものが時間の経過とともに酸化し、圧電片の振動

部の質量が変化することがあった。その結果、圧電振動素子の共振周波数は経時的に変化してしまうおそれがあった。

[0006] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、共振周波数の経時的変化を抑制することのできる圧電振動子及び圧電振動子の製造方法を提供することを目的の1つとする。

### 課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一側面に係る圧電振動子は、ベース部材と、ベース部材の一方の面に保持され、圧電片と該圧電片の両主面のそれぞれに設けられた励振電極とを有する圧電振動素子と、を備え、励振電極は、第1金属層と該第1金属層と圧電片との間に配置される第2金属層とを含み、第1金属層に対する第2金属層の重量比は、0.1%以上1.1%以下である。

[0008] 本発明の一側面に係る圧電振動子の製造方法は、圧電片を用意する工程と、圧電片の両主面のそれぞれに、金を主成分とする第1金属層と、該第1金属層と圧電片との間に配置され、クロムを主成分とする第2金属層と、を形成する工程と、両主面のうちの一方の主面に形成された第1金属層の一部をトリミングによって除去する工程と、を含み、第1金属層に対する第2金属層の厚さ比は、0.4%以上2.9%以下である。

### 発明の効果

[0009] 本発明によれば、共振周波数の経時的変化を抑制することができる。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1実施形態における水晶振動子の構成を概略的に示す分解斜視図である。

[図2]図2は、図1に示した水晶振動子の||-||線に沿った断面の構成を概略的に示す断面図である。

[図3]図3は、図1及び図2に示した水晶振動素子のX軸に沿った側面の構成の一例を概略的に示す要部拡大図である。

[図4]図4は、本実施形態の共振振動子及び従来水晶振動子における共振周波数の時間変化を示すグラフである。

[図5]図5は、第1金属層に対する第2金属層の重量比と共振周波数の周波数変化率との関係を示すグラフである。

[図6]図6は、第1実施形態における水晶振動子の製造方法を示すフローチャートである。

[図7]図7は、第2金属層の厚さと共振周波数の周波数変化率との関係を示すグラフである。

[図8]図8は、第1金属層に対する第2金属層の厚さ比と共振周波数の周波数変化率との関係を示すグラフである。

[図9]図9は、第2実施形態における水晶振動子の断面の構成を概略的に示す断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 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。

[0012] 各図面には、各図面の相互の関係を明確にし、各部材の位置関係を理解する助けとするために、便宜的にX軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系を付すことがある。X軸、Y'軸及びZ'軸は各図面において互いに対応している。X軸、Y'軸及びZ'軸は、それぞれ、後述する水晶片11の結晶軸(Crystallographic Axes)に対応している。X軸は水晶の電気軸(極性軸)、Y軸は水晶の機械軸、Z軸は水晶の光学軸に、それぞれ相当する。Y'軸及びZ'軸は、それぞれ、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秒回転させた軸である。

[0013] 以下の説明において、X軸に平行な方向を「X軸方向」、Y'軸に平行な方向を「Y'軸方向」、Z'軸に平行な方向を「Z'軸方向」という。また、X軸、Y'軸及びZ'軸の矢印の先端方向を「正」又は「+(プラス)」、矢印とは反対の方向を「負」又は「-(マイナス)」という。なお、便宜

的に、+Y' 軸方向を上方向、-Y' 軸方向を下方向として説明するが、水晶振動素子 10 及び水晶振動子 1 の上下の向きは限定されるものではない。また、X 軸及び Z' 軸によって特定される面を Z' X 面とし、他の軸によって特定される面についても同様とする。

[0014] また、以下の説明において、圧電振動子として、水晶振動素子 (Quartz Crystal Resonator) を備えた水晶振動子 (Quartz Crystal Resonator Unit) を例に挙げて説明する。また、圧電振動素子として、水晶片 (Quartz Crystal Blank) を備えた水晶振動素子を例に挙げて説明する。水晶片は、印加電圧に応じて振動する圧電体 (圧電片) の一種である。なお、圧電振動子は、水晶振動子に限定されるものではなく、セラミック、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の他の圧電体を利用するものであってもよい。同様に、圧電振動素子は、水晶振動素子に限定されるものではなく、セラミック、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の他の圧電体を利用するものであってもよい。

[0015] <第 1 実施形態>

図 1 及び図 2 を参照しつつ、第 1 実施形態に従う水晶振動子について説明する。図 1 は、第 1 実施形態における水晶振動子 1 の構成を概略的に示す分解斜視図である。図 2 は、図 1 に示す水晶振動子 1 の | | - | | 線に沿った断面の構成を概略的に示す断面図である。

[0016] 図 1 に示すように、水晶振動子 1 は、水晶振動素子 10 と、蓋部材 20 と、ベース部材 30 と、接合材 40 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の構成の一部である。水晶振動子 1 は、外形寸法が、例えば 2.0 × 1.6 mm (2016 サイズ) より小さいものであり、1.6 × 1.2 mm (1612 サイズ)、1.0 × 0.8 mm (1008 サイズ) 等の小型の水晶振動子である。

[0017] 水晶振動素子 10 は、圧電効果により水晶を振動させ、電気エネルギーと機械エネルギーとを変換する素子である。水晶振動素子 10 は、例えば AT

カット型の水晶片11を含む。ATカット型の水晶片11は、人工水晶（Synthetic Quartz Crystal）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XZ'面を主面として切り出されたものである。

[0018] なお、ATカット型の水晶片11におけるY'軸及びZ'軸の回転角度は、35度15分から-5度以上+15度以下の範囲で傾いてもよい。また、水晶片11のカット角度は、ATカット以外の異なるカット、例えばBTカット、GTカット、SCカット等を適用してもよい。

[0019] ATカット水晶片を用いた水晶振動素子は、広い温度範囲で高い周波数安定性を有する。また、ATカット水晶振動素子は、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。さらに、ATカット水晶振動素子は、厚みすべり振動モード（Thickness Shear Vibration Mode）を主振動として用いる。

[0020] 水晶振動素子10は、一組の励振電極をさらに含む。この一組の励振電極の間に交番電界が印加される。これにより、厚みすべり振動モードによって水晶片11の振動部が所定の発振周波数で振動し、該振動に伴う共振特性が得られる。

[0021] このように、水晶振動素子10の主振動が厚みすべり振動モードであることにより、例えばATカットの水晶片11を用いることで、MHz帯の振動周波数で厚みすべり振動を行う水晶振動子1を容易に実現することができる。

[0022] 水晶片11は、XZ'面であって互いに対向する第1主面12a及び第2主面12bを有する。水晶片11は、平坦な板形状を有する。そのため、水晶片11の第1主面12a及び第2主面12bは、それぞれ、平坦面である。なお、水晶片11は、平坦な板状に限定されるものではなく、例えば、中央部が凸状や凹状であってもよい。

[0023] ATカット型の水晶片11は、X軸方向に平行な長辺が延在する長辺方向と、Z'軸方向に平行な短辺が延在する短辺方向と、Y'軸方向に平行な厚さが延在する厚さ方向とを有する。水晶片11は、水晶片11の第1主面12aを平面視（以下、単に「平面視」という）したときに、矩形状を有する。

[0024] なお、水晶片11の平面形状は矩形状に限定されるものではない。水晶片11の平面形状は、多角形状、円形状、楕円形状、又はこれらの組合せであってもよい。

[0025] 水晶振動素子10は、一組の電極を構成する第1励振電極14a及び第2励振電極14bを含む。第1励振電極14aは、第1主面12aに設けられている。また、第2励振電極14bは、第2主面12bに設けられている。第1励振電極14aと第2励振電極14bとは、各主面の中央を含む領域で水晶片11を挟んで互いに対向して設けられている。第1励振電極14aと第2励振電極14bは、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。第1励振電極14aと第2励振電極14bが設けられた領域は、水晶片11の振動部となる。

[0026] 第1励振電極14a及び第2励振電極14bは、それぞれ、X軸方向に平行な長辺と、Z'軸方向に平行な短辺と、Y'軸方向に平行な厚さとを有している。図1に示す例では、XZ'面において、第1励振電極14a及び第2励振電極14bの長辺は、それぞれ水晶片11の長辺と平行である。同様に、第1励振電極14a及び第2励振電極14bの短辺は、それぞれ水晶片11の短辺と平行である。また、第1励振電極14a及び第2励振電極14bの長辺は、それぞれ水晶片11の長辺から離れている。同様に、第1励振電極14a及び第2励振電極14bの短辺は、それぞれ水晶片11の短辺から離れている。

[0027] 水晶振動素子10は、引出電極15a、15bと、接続電極16a、16bと、を含む。接続電極16aは、引出電極15aを介して第1励振電極14aと電氣的に接続されている。また、接続電極16bは、引出電極15b

を介して第2励振電極14bと電氣的に接続されている。接続電極16a及び接続電極16bは、それぞれ、ベース部材30に電氣的に接続するための端子である。接続電極16a及び接続電極16bは、それぞれ、水晶片11の第2主面12bに設けられている。接続電極16a及び接続電極16bは、それぞれ、水晶片11のX軸負方向側の短辺付近において、当該短辺方向に沿って配列されている。

[0028] 引出電極15aは、第1励振電極14aと接続電極16aとを電氣的に接続している。具体的には、引出電極15aは、第1主面12a上において第1励振電極14aからZ'軸正方向及びX軸負方向に向かって延在し、第1主面12aから水晶片11の各側面を通して第2主面12bに至るように延在し、第2主面12b上の接続電極16aと電氣的に接続されている。また、引出電極15bは、第2励振電極14bと接続電極16bとを電氣的に接続する。具体的には、引出電極15bは、第2主面12b上において第2励振電極14bからX軸負方向に向かって延在し、第2主面12b上の接続電極16bと電氣的に接続されている。このように、引出電極15a、15bを延在させることによって、第1主面12a及び第2主面12bの両主面に設けられた第1励振電極14a及び第2励振電極14bと電氣的に接続された接続電極16a、16bを、片方の第2主面12b上に配置させることができる。

[0029] 接続電極16a、16bは、導電性保持部材36a、36bを介して、ベース部材30の後述する電極に電氣的に接続される。

[0030] 引出電極15a、15b、及び、接続電極16a、16bの各電極の材料は、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。なお、第1励振電極14a及び第2励振電極14bの詳細については、後述する。

[0031] 本実施形態では、水晶振動素子10は、平坦な板形状の水晶片11を含む構成を説明したが、これに限定されるものではない。水晶片は、主面の中央を含む振動部が周縁部よりも厚いメサ型構造を採用してもよいし、振動部が

周縁部よりも薄い逆メサ構造を採用してもよい。あるいは、水晶片は、振動部と周縁部の厚みの変化（段差）が連続的に変化するコンベックス形状又はベベル形状を適用してもよい。また、水晶片のカット角度は、ATカット以外の異なるカット、例えばBTカット等を適用してもよい。さらに、水晶振動素子は、水晶の結晶軸として互いに直交するX軸、Y軸、およびZ軸に対して所定の角度で切り出された水晶板を基材として、基部と、基部から延びている少なくとも1本の振動腕とを有する水晶片と、屈曲振動させるように振動腕に設けられた励振電極とを備える音叉型水晶振動素子であってもよい。

[0032] このように、水晶振動素子10が水晶片11の両主面に設けられた一組の第1励振電極14a及び第2励振電極14bを含むことにより、振動部が所定の振動モードで振動する水晶振動素子10を容易に構成（実現）することができる。

[0033] 蓋部材20及びベース部材30は、水晶振動素子10を収容する内部空間26を形成する。蓋部材20及びベース部材30は、後述する接合材40によって接合される。

[0034] 蓋部材20は、凹形状、具体的には開口を含む箱形状を有し、内面24及び外面25を有する。蓋部材20は、ベース部材30の第1主面32aに対向する天面部21と、天面部21の外縁に接続されており、かつ天面部21の主面に対して法線方向に延在する側壁部22と、を含む。蓋部材20は、例えば、X軸方向に平行な長辺が延在する長辺方向と、Z'軸方向に平行な短辺が延在する短辺方向と、Y'軸方向に平行な高さ方向と、を有する。また、蓋部材20は、凹形状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23を有する。対向面23は、枠形状を有しており、水晶振動素子10の周囲を囲むように延在している。

[0035] 蓋部材20は、例えば金属製の部材である。具体的には、蓋部材20は、鉄(Fe)及びニッケル(Ni)を含む合金である42アロイ、又は、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)を含む合金であるコバルカ

ら構成される。42アロイ及びコパールは、ともに熱膨張率の低い金属として知られている。蓋部材20の最内面（内面24を含む面）にめっきにより形成されたニッケル（Ni）層等が設けられてもよい。また、蓋部材20の最外面（外面25を含む面）に酸化防止等を目的とした金（Au）層等が設けられてもよい。さらに、蓋部材20の対向面23に、めっきにより形成されたニッケル（Ni）層及び金（Au）層等が設けられてもよい。但し、蓋部材20の材料は、金属に限定されるものではなく、他の材料であってもよい。

[0036] このように、ベース部材30との間に形成された内部空間26に水晶振動素子10を收容する蓋部材20を備えることにより、外部の環境から水晶振動素子10を保護することができる。

[0037] ベース部材30は、水晶振動素子10を振動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に振動可能に保持されている。

[0038] ベース部材30は、平坦な板形状を有している。ベース部材30は、X軸方向に平行な長辺が延在する長辺方向と、Z'軸方向に平行な短辺が延在する短辺方向と、Y'軸方向に平行な厚さが延在する厚さ方向とを有する。

[0039] ベース部材30は、基体31を含んでいる。基体31は、互いに対向するXZ'面である第1主面32a及び第2主面32bを有する。基体31は、例えば絶縁性セラミック（アルミナ）等の焼結材である。この場合、基体31は、複数の絶縁性セラミックシートを積層して焼結してもよい。あるいは、基体31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等で形成されてもよい。基体31は、耐熱性材料から構成されることが好ましい。基体31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る絶縁層を含む。

[0040] ベース部材30は、第1主面32aに設けられた電極パッド33a, 33

bと、第2主面32bに設けられた外部電極35a, 35b, 35c, 35dと、を含む。電極パッド33a, 33bは、水晶振動素子10と電氣的に接続するための端子である。また、外部電極35a, 35b, 35c, 35dは、図示しない回路基板と電氣的に接続するための端子である。電極パッド33aは、Y'軸方向に延在するビア電極34aを介して外部電極35aに電氣的に接続され、電極パッド33bは、Y'軸方向に延在するビア電極34bを介して外部電極35bに電氣的に接続されている。ビア電極34a, 34bは基体31をY'軸方向に貫通する図示しないビアホール内に形成される。

[0041] 電極パッド33a, 33bは、第1主面32a上においてベース部材30のX軸負方向側の短辺付近に設けられている。図1に示す例では、電極パッド33a, 33bは、ベース部材30の短辺から離れてかつ当該短辺方向に沿って配列されている。電極パッド33aは、導電性保持部材36aを介して水晶振動素子10の接続電極16aが接続されている。また、電極パッド33bは、導電性保持部材36bを介して水晶振動素子10の接続電極16bが接続されている。

[0042] 複数の外部電極35a, 35b, 35c, 35dは、第2主面32bのそれぞれの角付近に設けられている。図1に示す例では、外部電極35a, 35bは、電極パッド33a, 33bの直下に配置されている。これにより、Y'軸方向に延在するビア電極34a, 34bによって、外部電極35a, 35bを電極パッド33a, 33bに電氣的に接続することができる。

[0043] 図1に示す例では、4つの外部電極35a, 35b, 35c, 35dのうち、ベース部材30のX軸負方向側の短辺付近に配置された外部電極35a, 35bは、水晶振動素子10の入出力信号が供給される入出力電極である。また、ベース部材30のX軸正方向側の短辺付近に配置された外部電極35c, 35dは、水晶振動素子10の入出力信号が供給されないダミー電極である。

[0044] なお、電極パッド33a, 33b及び外部電極35a, 35b, 35c,

35dの配置関係は、前述した例に限定されるものではない。

[0045] 例えば、入出力電極である2つの外部電極が、第2主面32bの対角上に設けられていてもよい。あるいは、4つの外部電極は、第2主面32bの角ではなく各辺の中央付近に配置されていてもよい。また、外部電極の個数は4つに限るものではなく、例えば入出力電極である2つの外部電極のみであってもよい。

[0046] また、電極パッドと外部電極との電気的な接続の態様は、ビア電極によるものに限定されない。例えば、第1主面32a又は第2主面32b上に引出電極を引き出すことによって、電極パッド又は内部電極と外部電極との電気的な接続を達成してもよい。あるいは、ベース部材30の基体31を複数層で形成し、ビア電極を中間層に至るまで延在させ、中間層において引出電極を引き出すことによって、電極パッド又は内部電極と外部電極との電気的な接続を図ってもよい。

[0047] 基体31の第1主面32aには、封止枠37が設けられている。封止枠37は、ベース部材30の第1主面32aを平面視したときに、枠形状を有している。封止枠37の内側には電極パッド33a、33bがそれぞれ配置されており、水晶振動素子10を囲むように設けられている。

[0048] ベース部材30の電極パッド33a、33b、外部電極35a、35b、35c、35d、及び封止枠37は、いずれも金属膜から構成されている。例えば、電極パッド33a、33b、外部電極35a、35b、35c、35d、及び封止枠37は、それぞれ、下層から上層にかけて、モリブデン（Mo）層、ニッケル（Ni）層及び金（Au）層が積層されて構成されている。また、ビア電極34a、34bは、基体31のビアホール内にモリブデン（Mo）等の金属材料を充填して形成することができる。

[0049] 蓋部材20及びベース部材30の両者が接合材40を介して接合されることによって、水晶振動素子10は、蓋部材20とベース部材30とによって囲まれた内部空間26に封止される。この場合、内部空間26の圧力は、大気圧よりも低圧な真空状態であることが好ましい。これにより、第1励振電

極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b の酸化による経時変化等を低減することができる。

[0050] 接合材 4 0 は、蓋部材 2 0 及びベース部材 3 0 の各全周に亘って設けられている。具体的には、接合材 4 0 は、封止枠 3 7 の上に設けられている。封止枠 3 7 及び接合材 4 0 が、蓋部材 2 0 の側壁部 2 2 の対向面 2 3 と、ベース部材 3 0 の第 1 主面 3 2 a との間に介在することによって、水晶振動素子 1 0 が蓋部材 2 0 及びベース部材 3 0 に封止される。

[0051] 接合材 4 0 は、金属材料から構成されている。接合材 4 0 は、複数の金属によって構成される合金、例えば、金 (Au) - 錫 (Sn) 共晶合金から構成されている。

[0052] このように、ベース部材 3 0 と蓋部材 2 0 とを接合する接合材 4 0 を備えることにより、ベース部材 3 0 と蓋部材 2 0 との間の内部空間 2 6 に、水晶振動素子 1 0 を封止することができる。

[0053] 本構成例の水晶振動子 1 においては、ベース部材 3 0 の外部電極 3 5 a , 3 5 b を介して、水晶振動素子 1 0 における一組の第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b の間に交番電界が印加される。これにより、厚みすべり振動モード等の所定の振動モードによって水晶片 1 1 の振動部が振動し、該振動に伴う共振特性が得られる。

[0054] 図 2 に示すように、水晶振動素子 1 0 は、水晶片 1 1 の長辺方向の一方の端部 (電極パッド 3 3 a , 3 3 b 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るように、保持されている。

[0055] より詳細には、導電性保持部材 3 6 a , 3 6 b は、電極パッド 3 3 a , 3 3 b の一方の面 (図 2 において Y' 軸正方向側の面) に形成され、当該導電性保持部材 3 6 a , 3 6 b によって、水晶振動素子 1 0 の一端部が電極パッド 3 3 a , 3 3 b の面上に保持される。

[0056] この構造は、例えば、電極パッド 3 3 a , 3 3 b の一方の面の面上に導電性接着剤を塗布し、水晶振動素子 1 0 を搭載した状態で導電性接着剤を加熱して固化させることにより、得ることができる。固化させた導電性保持部材 3

6 a, 3 6 bによって、水晶振動素子 1 0 の接続電極 1 6 a, 1 6 b とベース部材 3 0 の電極パッド 3 3 a, 3 3 b とが電氣的に接続される。また、水晶振動素子 1 0 は、第 2 励振電極 1 4 b がベース部材 3 0 の第 1 主面 3 2 a に対向するように、搭載される。

[0057] なお、水晶振動素子 1 0 の固定端の位置は、特に限定されるものではない。変形例として、水晶振動素子 1 0 は、水晶片 1 1 の長辺方向の両端においてベース部材 3 0 に固定されていてもよい。この場合、水晶振動素子 1 0 を水晶片 1 1 の長辺方向の両端において固定する態様で、水晶振動素子 1 0 及びベース部材 3 0 の各電極を形成すればよい。

[0058] このように、導電性保持部材 3 6 a, 3 6 b の材料は、導電性を有する接着剤であることが好ましい。これにより、電極パッド 3 3 a, 3 3 b と水晶振動素子 1 0 とを導通させつつ、水晶振動素子 1 0 の一端部を電極パッド 3 3 a, 3 3 b の一方の面に保持する水晶振動素子 1 を容易に構成（実現）することができる。

[0059] 次に、図 3 を参照しつつ、第 1 実施形態に従う水晶振動素子の積層構造について説明する。図 3 は、図 1 及び図 2 に示した水晶振動素子 1 0 の X 軸に沿った側面の構成の一例を概略的に示す要部拡大図である。

[0060] 図 3 に示すように、水晶振動素子 1 0 は、水晶片 1 1 と、水晶片 1 1 の第 1 主面 1 2 a に設けられた第 1 励振電極 1 4 a と、水晶片 1 1 の第 2 主面 1 2 b に設けられた第 2 励振電極 1 4 b とを有する。第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b は、それぞれ、第 1 金属層 1 4 1 及び第 2 金属層 1 4 2 を含んでいる。

[0061] 第 1 金属層 1 4 1 は、第 1 励振電極 1 4 a 及び第 2 励振電極 1 4 b の表面に露出する層であり、電極としての役割を果たしている。そのため、第 1 金属層 1 4 1 は電気伝導率の高い金属であることが好ましい。第 1 金属層 1 4 1 の材料は、例えば、金（Au）、銀（Ag）等の金属であり、第 1 金属層 1 4 1 は、これらの金属のうちの 1 つを主成分とする。すなわち、第 1 金属層 1 4 1 は、例えば、第 2 金属層 1 4 2 の金属が拡散していたり、金属酸化

物、他の元素と結合した化合物等を含んでいたりすることがある。

[0062] 第2金属層142は、第1金属層141の下地となる層であり、第2金属層142の上に第1金属層141が積層されている。すなわち、第2金属層142は、第1金属層141と水晶片11との間に配置され、第1金属層141を圧電体である水晶片11に固定する役割を果たしている。第2金属層142の材料は、例えば、クロム(Cr)、チタン(Ti)等の金属であり、第2金属層142は、これらの金属のうちの1つを主成分とする。すなわち、第2金属層142は、例えば、第1金属層141の金属が拡散していたり、金属酸化物、他の元素と結合した化合物等を含んでいたりすることがある。

[0063] また、第2金属層142の熱膨張係数は、接触する圧電片の熱膨張係数に近いことが好ましい。言い換えれば、第2金属層142と水晶片11との間の熱膨張係数差は、第1金属層141と水晶片11との間の熱膨張係数差より小さいことが好ましい。これにより、第2金属層142は第1金属層141を水晶片11に密着させる密着層としての機能(役割)を果たすことができる。

[0064] ここで、従来の水晶振動子では、励振電極における下層の第2金属層の金属が第1金属層に拡散して表面に露出することがあった。そのため、従来の水晶振動子は、水晶振動素子を筐体内に封止する場合でも、高温環境下や高温高湿環境下等に置かれると、時間の経過とともに励振電極の表面に露出した第2金属層の金属が酸化し、水晶片の振動部の質量が変化することがあった。その結果、水晶振動素子の共振周波数は経時的に変化するおそれがあった。

[0065] これに対し、本発明の発明者らは、励振電極における第1金属層及び第2金属層の比率(割合)が所定範囲内であるときに、第2金属層の金属による第1金属層への拡散を抑制することができることを見出した。

[0066] そして、本実施形態の水晶振動子1では、第1金属層141の重量に対して、第2金属層142の重量の比率(以下、単に「第2金属層142の重量

比」ともいう)が0.1%以上1.1%以下になっている。

[0067] また、第2金属層142の厚さは、第1金属層141の厚さより小さいことが好ましい。より詳細には、第2金属層142の厚さは、第1金属層141の厚さの数%未満、具体的には3%未満程度であることがさらに好ましい。

[0068] なお、以下の説明において、特に明示する場合を除き、第1金属層141の材料は金(Au)、第2金属層142の材料はクロム(Cr)であるものとする。また、圧電体(圧電片)は、特に明示する場合を除き、前述した水晶片11を用いて説明する。

[0069] 次に、図4及び図5を参照しつつ、第1金属層に対する第2金属層の重量比と共振周波数の周波数変化率との関係について説明する。図4は、本実施形態の水晶振動子1及び従来水晶振動子における共振周波数の時間変化を示すグラフである。図5は、第1金属層に対する第2金属層の重量比と共振周波数の周波数変化率との関係を示すグラフである。図4において、横軸は時間であり、単位は[h]である。また、縦軸は共振周波数の周波数変化率( $dF/F$ )であり、単位は[ppm]である。図5において、横軸は第1金属層に対する第2金属層の重量比であり、単位は[%]である。また、縦軸は共振周波数の周波数変化率( $dF/F$ )であり、単位は[ppm]である。

[0070] 図4の右側に示すように、従来水晶振動子は、温度が85[°C]、湿度が85[%R.H.]の環境下に置いた場合、500時間経過後における共振周波数の周波数変化率が平均して-14[ppm]程度である。従来水晶振動子は、製造直後、つまり、0時間のときに、水晶片の振動部における厚さが1820[nm]、各励振電極における第1金属層の厚さが125[nm]、各励振電極における第2金属層の厚さが5[nm]に設定されている。このとき、第1金属層に対する第2金属層の重量比は、1.5[%]である。

[0071] これに対し、図4の左側に示すように、本実施形態水晶振動子1は、同

じく、温度が85 [°C]、湿度が85 [%R. H.] の環境下に置いた場合、500時間経過後における共振周波数の周波数変化率が平均して-4 [ppm] 程度である。本実施形態の水晶振動子1は、製造直後、つまり、0時間のときに、水晶片11の振動部における厚さが1820 [nm]、第1励振電極14a及び第2励振電極14bのそれぞれにおける第1金属層141の厚さが125 [nm]、各励振電極における第2金属層142の厚さが1 [nm] に設定されている。このとき、第1金属層141に対する第2金属層142の重量比は、0.3 [%] である。

[0072] また、図5において白丸のプロットで示すように、重量比が1.5 [%] である従来の水晶振動子は、前述した環境下において500時間経過後に、共振周波数の周波数変化率が平均して-14 [ppm] 程度である。

[0073] これに対し、図5において黒丸のプロットで示すように、前述した環境下において500時間経過後の水晶振動子1は、第1金属層141に対する第2金属層142の重量比が0.3 [%] であるときに、共振周波数の周波数変化率が平均して-4 [ppm] 程度である。また、第1金属層141及び第2金属層142の重量を変化させ、第1金属層141に対する第2金属層142の重量比が1.1 [%] であるときも、同様に、共振周波数の周波数変化率が平均して-4 [ppm] 程度である。さらに、図示を省略するが、第1金属層141に対する第2金属層142の重量比が小さいほど共振周波数の周波数変化率は飽和する傾向にあることを見出した。よって、第2金属層を安定して製造できる最も厚さが小さい（薄い）ときの第1金属層141に対する第2金属層142の重量比0.1 [%] においても、同様の共振周波数の周波数変化率が得られる。

[0074] このように、第1励振電極14a及び第2励振電極14bは、それぞれ、第1金属層141と当該第1金属層141と水晶片11との間に配置される第2金属層142とを含み、第1金属層141に対する第2金属層142の重量比が0.1%以上1.1%以下であることにより、従来の水晶振動子と比較して、第1金属層141に対する第2金属層142の重量が少ないので

、第2金属層142の金属による第1金属層141への拡散を抑制することができる。従って、第2金属層142の金属が表面に露出して酸化される可能性を低減することができ、共振周波数の経時的変化を抑制することができる。

[0075] また、第2金属層142の厚さが、第1金属層141の厚さより小さいことにより、第1金属層141に対して重量比の小さい第2金属層142を、容易に形成することができる。

[0076] 次に、図6を参照しつつ、第1実施形態に従う水晶振動子の製造方法について説明する。図6は、第1実施形態における水晶振動子1の製造方法S150を示すフローチャートである。

[0077] 図6に示すように、まず、水晶片11を準備する(S151)。前述したように、水晶片11は、例えば、人工水晶を所定の角度で切り出したATカット型の水晶片である。

[0078] 次に、水晶片11の第1主面12a及び第2主面12bのそれぞれに、第1金属層141及び第2金属層142を形成する(S152)。具体的には、第1主面12a及び第2主面12bの各主面において、最初に、スパッタリング等の蒸着によって水晶片11上にクロム(Cr)を成膜し、第2金属層142を形成する。次いで、蒸着やスパッタリング等によってクロム(Cr)の上に金(Au)を成膜し、第1金属層141を形成する。このとき、例えば第1主面12a側に形成される第1金属層141は、後述するトリミングによる除去を考慮し、第2主面12b側に形成される第1金属層141より厚く成膜されている。

[0079] 第1金属層141の成膜後、エッチング等によって、第1金属層141及び第2金属層142の位置、形状、寸法等を整える。これにより、水晶片11の両主面に第1励振電極14a及び第2励振電極14bが形成される。また、これとともに、引出電極15a、15b及び接続電極16a、16b等が形成され、水晶振動素子10が製造される。

[0080] 次に、水晶片11と第1励振電極14a及び第2励振電極14bとを有す

る水晶振動素子10をベース部材30に設ける(S153)。具体的には、ベース部材30の第1主面32aには、電極パッド33a, 33bが形成されている。この電極パッド33a, 33bの上に、水晶片11の第2主面12bにおける一端部側に形成された接続電極16a, 16bが、導電性保持部材36a, 36bを介して搭載される。これにより、水晶振動素子10は、ベース部材30の第1主面32aに片持ち状態で保持される。また、水晶振動素子10の第2励振電極14bは、ベース部材30の第1主面32aに対向して設置される。

[0081] なお、ベース部材30の加工工程及び各種電極の形成工程は一般的であり、ベース部材30の構成は既に説明したとおりである。よって、ベース部材30を準備する工程は、その説明を省略する。

[0082] 次に、水晶片11の第1主面12aに形成された第1励振電極14aの一部をトリミングによって除去する(S154)。具体的には、水晶振動素子10が設けられたベース部材30の上方から、第1励振電極14aの全面に対してアルゴン(Ar)イオンビームを照射する。これにより、第1励振電極14aの表面に露出する第1金属層141の原子は、スパッタリング現象によって弾き飛ばされ、第1金属層141の一部が削り取られる。工程S154の後、第1励振電極14aの厚さと第2励振電極14bの厚さとが略同一になるように、第1励振電極14aの第1金属層141における初期の厚さ、及び、トリミングによって除去する厚さが調整される。

[0083] このとき、例えば、水晶片11の厚さが1820[nm]であるとき、第1励振電極14a及び第2励振電極14bにおいて、第1金属層141の厚さは125[nm]程度、第2金属層142の厚さは1[nm]程度に形成される。

[0084] ここで、本実施形態の水晶振動子1のような小型の水晶振動子では、通常、水晶片11の厚さは、最大で2000[nm]程度、最小で1000[nm]程度の範囲である。水晶片11の厚さが1000[nm]である場合、第1励振電極14a及び第2励振電極14bにおいて、第1金属層141の

厚さは68.5 [nm] 程度、第2金属層142の厚さは2 [nm] 程度に形成される。一方、水晶片11の厚さが2000 [nm] である場合、第1励振電極14a及び第2励振電極14bにおいて、第1金属層141の厚さは137 [nm] 程度、第2金属層142の厚さは0.5 [nm] 程度に形成される。

[0085] よって、第1金属層141の厚さに対して、第2金属層142の厚さの比率（以下、単に「第2金属層142の厚さ比」ともいう）は、0.4%以上2.9%以下になっている。

[0086] 次に、封止枠37及び接合材40によって、ベース部材30と蓋部材20とを接合する（S155）。具体的には、ベース部材30の第1主面32aにおいて、封止枠37を全周に亘って設ける。封止枠37は、スクリーン印刷法によって設けた後、加熱して固化（仮固化）させる。そして、ガラス接着剤である接合材40と蓋部材20とをベース部材30の封止枠37の上に載せ、再度加熱することによって封止枠37及び接合材40を熔融させ、焼成（本焼成）させる。その結果、ベース部材30及び蓋部材20が接合される。このようにして、蓋部材20及びベース部材30の気密性を向上させた水晶振動子1が製造される。

[0087] なお、蓋部材20の加工工程は一般的であり、蓋部材20の構成は既に説明したとおりである。よって、蓋部材20を準備する工程は、その説明を省略する。

[0088] 次に、図7及び図8を参照しつつ、第2金属層の厚さ又は第1金属層に対する第2金属層の厚さ比と共振周波数の周波数変化率との関係について説明する。図7は、第2金属層の厚さと共振周波数の周波数変化率との関係を示すグラフである。図8は、第1金属層に対する第2金属層の厚さ比と共振周波数の周波数変化率との関係を示すグラフである。図7において、横軸は第2金属層の厚さであり、単位は[nm] である。また、縦軸は共振周波数の周波数変化率（ $dF/F$ ）であり、単位は[ppm] である。なお、図7における第2金属層の厚さは、第1励振電極及び第2励振電極の両方における

第2金属層の厚さを合計した値である。図8において、横軸は第1金属層に対する第2金属層の厚さ比であり、単位は [%] である。また、縦軸は共振周波数の周波数変化率 ( $dF/F$ ) であり、単位は [ppm] である。

[0089] 図7において白丸のプロットで示すように、第2金属層の合計の厚さが10 [nm] 程度である従来の水晶振動子は、温度が85 [°C]、湿度が85 [% R. H. ] の環境下において500時間経過後に、共振周波数の周波数変化率が平均して-14 [ppm] 程度である。

[0090] これに対し、図7において黒丸のプロットで示すように、前述の環境下において500時間経過後の水晶振動子1は、第2金属層142の合計の厚さが2 [nm] であるときに、平均して-4 [ppm] 程度である。また、第2金属層142の厚さを変化させ、第2金属層142の合計の厚さが4 [nm] であるときも、同様に、共振周波数の周波数変化率が平均して-4 [ppm] 程度であった。さらに、図示を省略するが、第2金属層142の合計の厚さが小さいほど共振周波数の周波数変化率は飽和する傾向にあることを見出した。よって、第2金属層を安定して製造できる最も厚さが小さい（薄い）ときの第2金属層の合計の厚さである1 [nm] においても、同様の共振周波数の周波数変化率が得られる。

[0091] 別の指標で見ると、図8において白丸のプロットで示すように、第1金属層に対する第2金属層の厚さ比が4 [%] 程度である従来の水晶振動子は、前述の環境下において500時間経過後に、共振周波数の周波数変化率が平均して-14 [ppm] 程度である。

[0092] これに対し、図8において黒丸のプロットで示すように、前述の環境下において500時間経過後の水晶振動子1は、第1金属層141に対する第2金属層142の厚さ比が0.8 [%] であるときに、平均して-4 [ppm] 程度である。また、第1金属層141及び第2金属層142の厚さを変化させ、第1金属層141に対する第2金属層142の厚さ比が2.9 [%] であるときも、同様に、共振周波数の周波数変化率が平均して-4 [ppm] 程度であった。さらに、図示を省略するが、厚さ比が小さいほど共振周波

数の周波数変化率は飽和する傾向にあることを見出した。よって、第2金属層142を安定して製造できる最も厚さが小さい（薄い）ときの第1金属層141に対する第2金属層142の厚さ比である0.4 [%]においても、同様の共振周波数の周波数変化率が得られる。

[0093] このように、第1金属層141に対する第2金属層142の厚さ比が、0.4%以上2.9%以下であることにより、従来の水晶振動子と比較して、第1金属層141に対する第2金属層142の厚さが小さいので、第2金属層142の金属による第1金属層141への拡散を抑制することができる。従って、第2金属層142の金属が表面に露出して酸化される可能性を低減することができ、共振周波数の経時的変化を抑制することができる。

[0094] <第2実施形態>

次に、図9を参照しつつ、本発明の第2実施形態に従う共振装置について説明する。なお、以下の実施形態において、第1実施形態と同一又は類似の構成について同一又は類似の符号を付し、第1実施形態と異なる点について説明する。また、同様の構成による同様の作用効果については、逐次言及しない。

[0095] 図9は、第2実施形態における水晶振動子201の断面の構成を概略的に示す断面図である。図9は、第1実施形態における図2に対応する断面図である。

[0096] 図9に示す第2実施形態の構成例は、蓋部材220が平坦な板状の部材であり、ベース部材230が開口を含む箱形状を有する点で、図2に示した第1実施形態の水晶振動子1の構成例と相違する。

[0097] ベース部材230は、蓋部材220側に、内底面238a、対向面238b、及び内側面238cを有する。内底面238a及び対向面238bは、蓋部材220の第1主面222aに対向している。内底面238aは、蓋部材220側の中央部に位置する。内底面238aには、電極パッド233aが設けられている。内側面238cは、内底面238a及び対向面238bを繋ぐ面である。対向面238bは、内底面238aを平面視したときに内

底面 238 a の外側に位置し、枠形状を有している。対向面 238 b の上には、全周に亘って封止枠 237 が設けられている。

[0098] 蓋部材 220 は、互いに対向する第 1 主面 222 a 及び第 2 主面 222 b を有する。第 2 主面 222 b の外周部に、全周に亘って接合材 240 が設けられている。接合材 240 によって、ベース部材 230 及び蓋部材 220 が接合され、内部空間 226 が封止される。内部空間 226 には、水晶振動素子 210 が收容される。

[0099] 電極パッド 233 a の一方の面（図 4 において Y' 軸正方向側の面）には、導電性保持部材 236 a が形成されており、水晶振動素子 210 の一端部は、導電性保持部材 236 a によって電極パッド 233 a の面上に保持される。

[0100] 水晶振動素子 210 は、水晶片 211 と、水晶片 211 の両主面に設けられた第 1 励振電極 214 a 及び第 2 励振電極 214 b とを有する。第 1 励振電極 214 a 及び第 2 励振電極 214 b は、それぞれ、第 1 実施形態と同様に、図示しない第 1 金属層 141 及び第 2 金属層 142 を含んでいる。

[0101] なお、水晶振動素子 210 の製造方法は、前述した第 1 実施形態における水晶振動子 1 の製造方法と略同一であるため、図示及びその説明を省略する。

[0102] 以上、本発明の例示的な実施形態について説明した。一実施形態に従う水晶振動子において、第 1 励振電極及び第 2 励振電極は、それぞれ、第 1 金属層と当該第 1 金属層と水晶片との間に配置される第 2 金属層とを含み、第 1 金属層に対する第 2 金属層の重量比が 0.1% 以上 1.1% 以下である。これにより、従来の水晶振動子と比較して、第 1 金属層に対する第 2 金属層の重量が少ないので、第 2 金属層の金属による第 1 金属層への拡散を抑制することができる。従って、第 2 金属層の金属が表面に露出して酸化される可能性を低減することができ、共振周波数の経時的変化を抑制することができる。

[0103] また、前述した水晶振動子において、第 2 金属層の厚さは、第 1 金属層の

厚さより小さい。これにより、第1金属層に対して重量比の小さい第2金属層を、容易に形成することができる。

[0104] また、前述した水晶振動子において、第2金属層と水晶片との間の熱膨張係数差は、第1金属層と水晶片との間の熱膨張係数差より小さい。これにより、第2金属層は第1金属層を水晶片に密着させる密着層としての機能（役割）を果たすことができる。

[0105] また、前述した水晶振動子において、第1金属層の材料は金（Au）、第2金属層の材料はクロム（Cr）である。これにより、共振周波数の経時的変化を抑制する水晶振動子を容易に構成（実現）することができる。

[0106] また、前述した水晶振動子において、圧電片の材料は水晶である。これにより、共振周波数の経時的変化を抑制する水晶振動子を容易に構成（実現）することができる。

[0107] また、前述した水晶振動子において、ベース部材との間に形成された内部空間に水晶振動素子を収容する蓋部材をさらに備える。これにより、外部の環境から水晶振動素子を保護することができる。

[0108] また、前述した水晶振動子において、ベース部材と蓋部材とを接合する接合材をさらに備えることにより、ベース部材と蓋部材との間の内部空間に、水晶振動素子を封止することができる。

[0109] また、一実施形態に従う水晶振動子の製造方法において、第1金属層に対する第2金属層の厚さ比が、0.4%以上2.9%以下である。これにより、従来の水晶振動子と比較して、第1金属層に対する第2金属層の厚さが小さいので、第2金属層の金属による第1金属層への拡散を抑制することができる。従って、第2金属層の金属が表面に露出して酸化される可能性を低減することができ、共振周波数の経時的変化を抑制することができる。

[0110] 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。すなわち、実施形態及び／又は変形例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、本発明の範囲に含まれる。例えば、実施形態及び／又は変形例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、実施形態及び変形例は例示であり、異なる実施形態及び／又は変形例で示した構成の部分的な置換又は組み合わせが可能であることは言うまでもなく、これらも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に含まれる。

### 符号の説明

[0111] 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、14a…第1励振電極、14b…第2励振電極、15a, 15b…引出電極、16a, 16b…接続電極、20…蓋部材、21…天面部、22…側壁部、23…対向面、24…内面、25…外面、26…内部空間、30…ベース部材、31…基体、32a…第1主面、32b…第2主面、33a, 33b…電極パッド、34a, 34b…ビア電極、35a, 35b, 35c, 35d…外部電極、36a, 36b…導電性保持部材、37…封止枠、40…接合材、141…第1金属層、142…第2金属層、201…水晶振動子、210…水晶振動素子、211…水晶片、214a…第1励振電極、214b…第2励振電極、220…蓋部材、222a…第1主面、222b…第2主面、226…内部空間、230…ベース部材、233a…電極パッド、236a…導電性保持部材、237…封止枠、238a…内底面、238b…対向面、238c…内側面、240…接合材、S150…製造方法。

## 請求の範囲

- [請求項1] ベース部材と、  
前記ベース部材の一方の面に保持され、圧電片と該圧電片の両主面のそれぞれに設けられた励振電極とを有する圧電振動素子と、を備え、  
前記励振電極は、第1金属層と該第1金属層と前記圧電片との間に配置される第2金属層とを含み、前記第1金属層に対する前記第2金属層の重量比は、0.1%以上1.1%以下である、  
圧電振動子。
- [請求項2] 前記第2金属層の厚さは、前記第1金属層の厚さより小さい、  
請求項1に記載の圧電振動子。
- [請求項3] 前記第2金属層と前記圧電片との間の熱膨張係数差は、前記第1金属層と前記圧電片との間の熱膨張係数差より小さい、  
請求項1又は2に記載の圧電振動子。
- [請求項4] 前記第1金属層の材料は金であり、前記第2金属層の材料はクロムである、  
請求項1から3のいずれか一項に記載の圧電振動子。
- [請求項5] 前記圧電片の材料は水晶である、  
請求項1から4のいずれか一項に記載の圧電振動子。
- [請求項6] 前記ベース部材との間に形成された空間に、前記圧電振動素子を收容する蓋部材をさらに備える、  
請求項1から5のいずれか一項に記載の圧電振動子。
- [請求項7] 前記ベース部材と蓋部材とを接合する接合材をさらに備える、  
請求項6に記載の圧電振動子。
- [請求項8] 圧電片を用意する工程と、  
前記圧電片の両主面のそれぞれに、金を主成分とする第1金属層と、該第1金属層と前記圧電片との間に配置され、クロムを主成分とする第2金属層と、を形成する工程と、

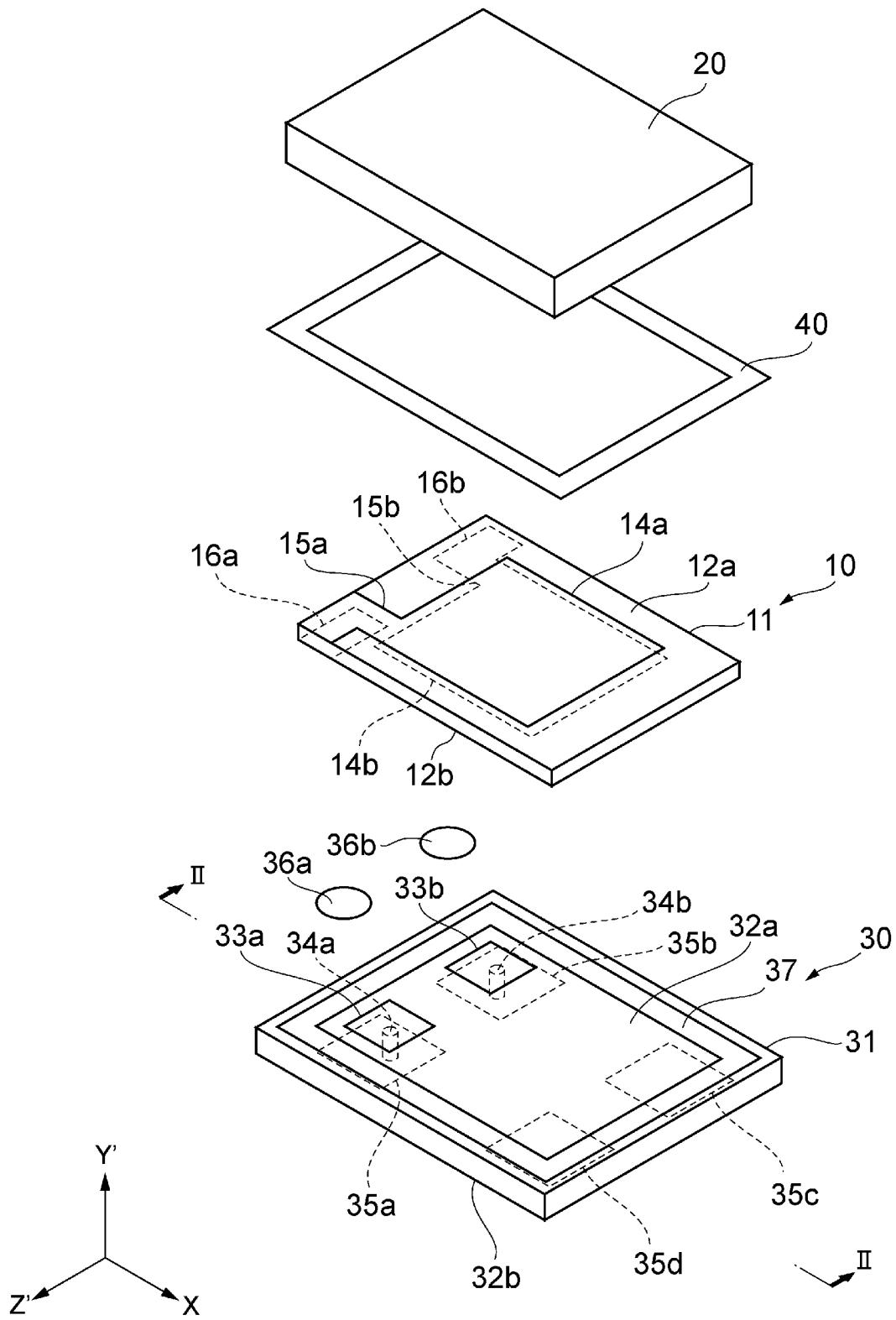
前記両主面のうち一方の主面に形成された前記第1金属層の一部をトリミングによって除去する工程と、を含み、

前記第1金属層に対する前記第2金属層の厚さ比は、0.4%以上2.9%以下である、

圧電振動子の製造方法。

[図1]

1



[図 1]

[図2]

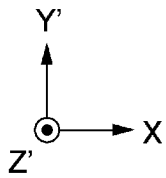
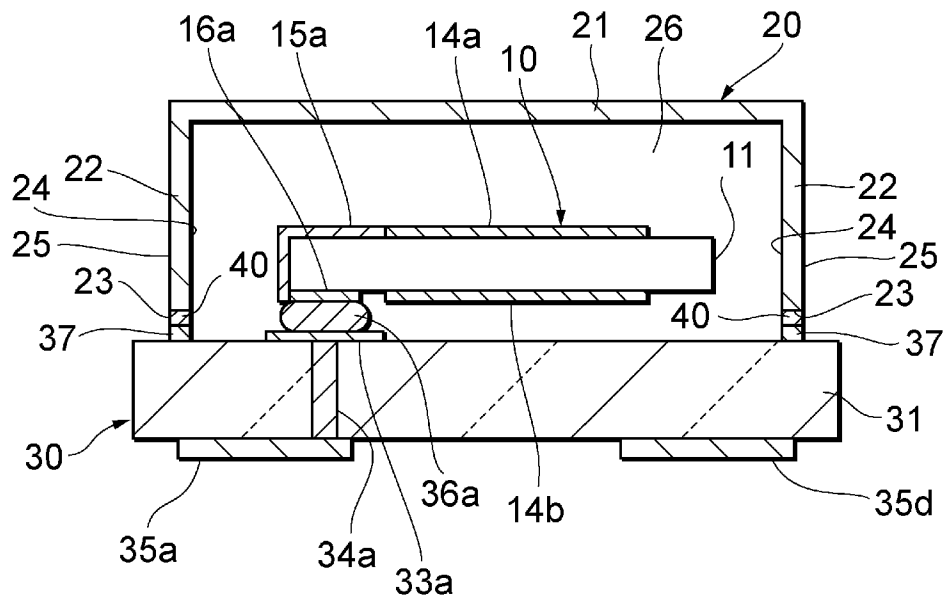
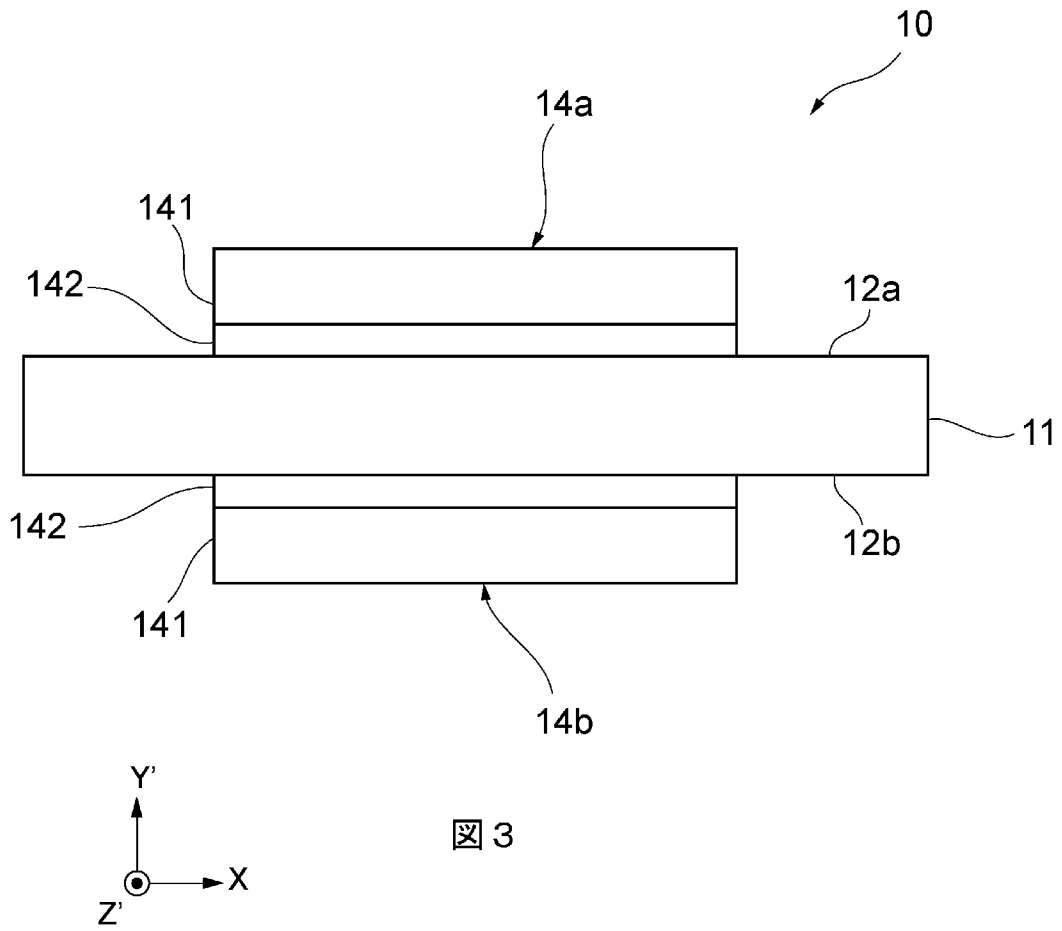
1

図 2

[図3]



[図4]

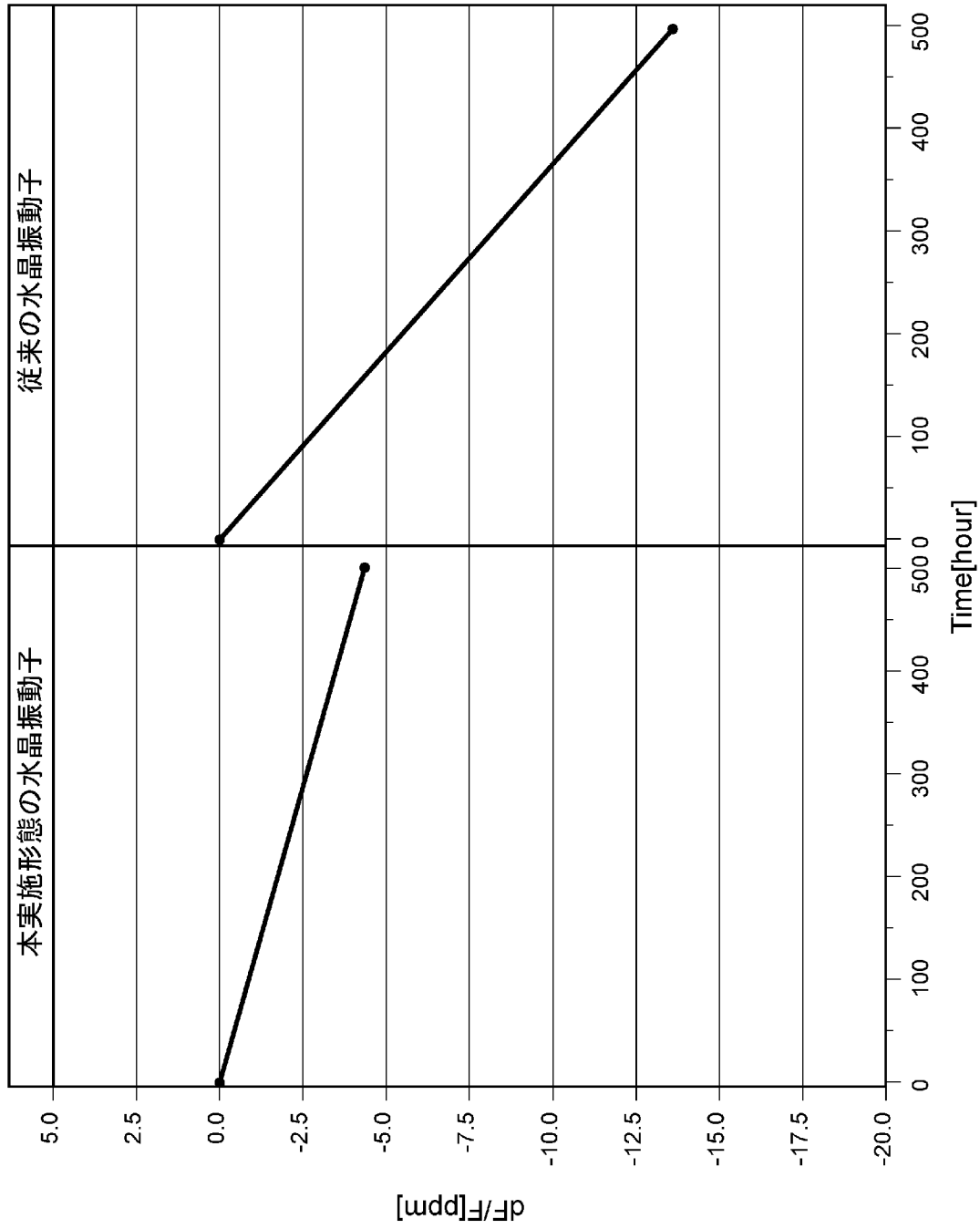
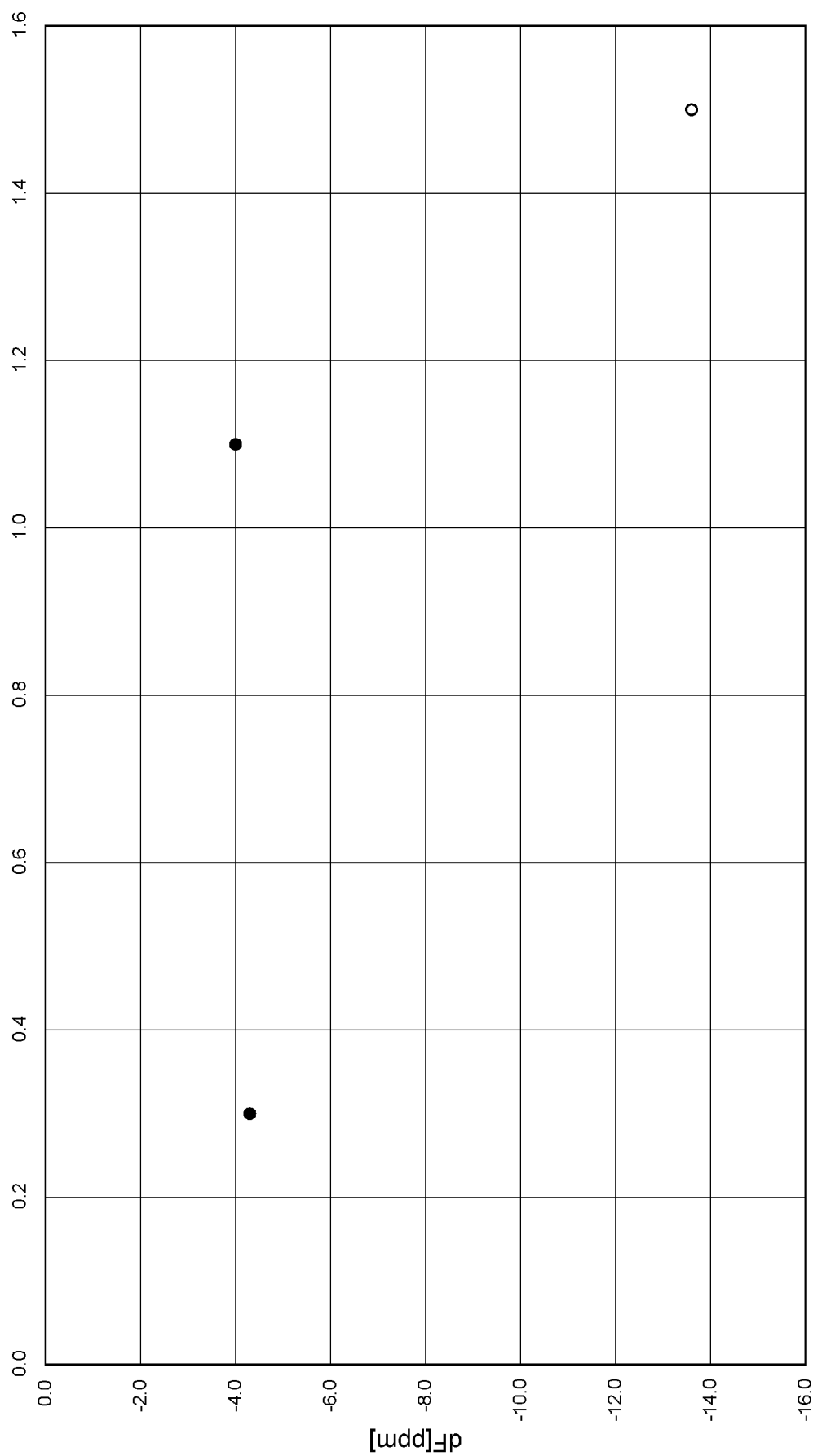


図4

[図5]



重量比 [%]

図 5

[図6]

S150

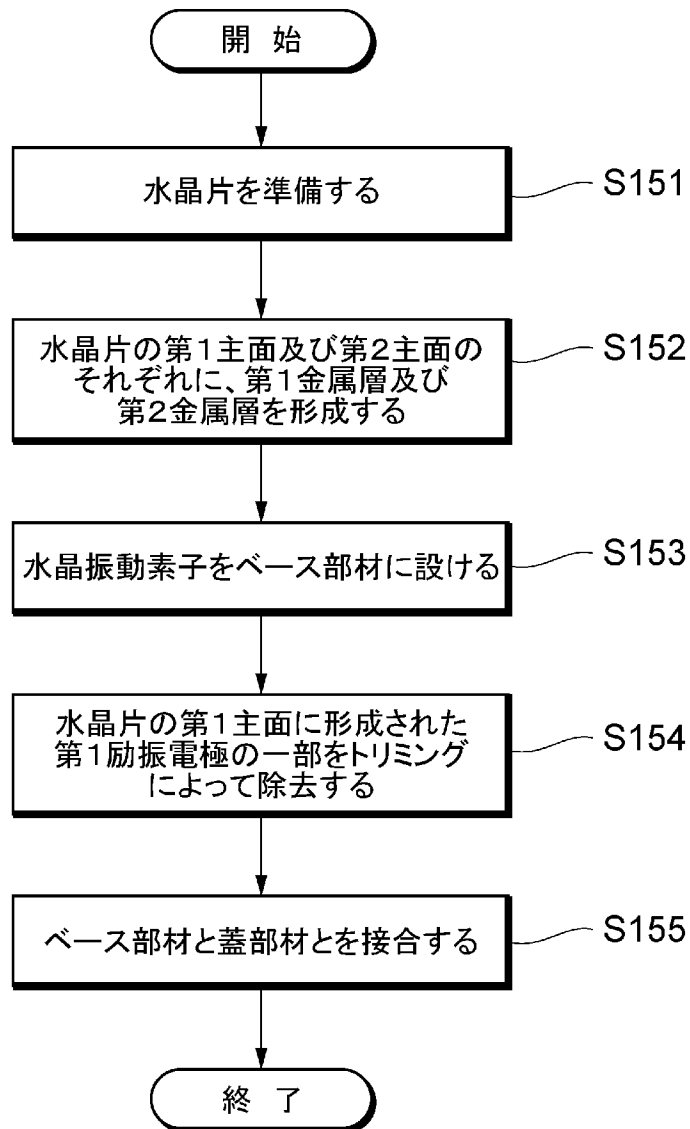
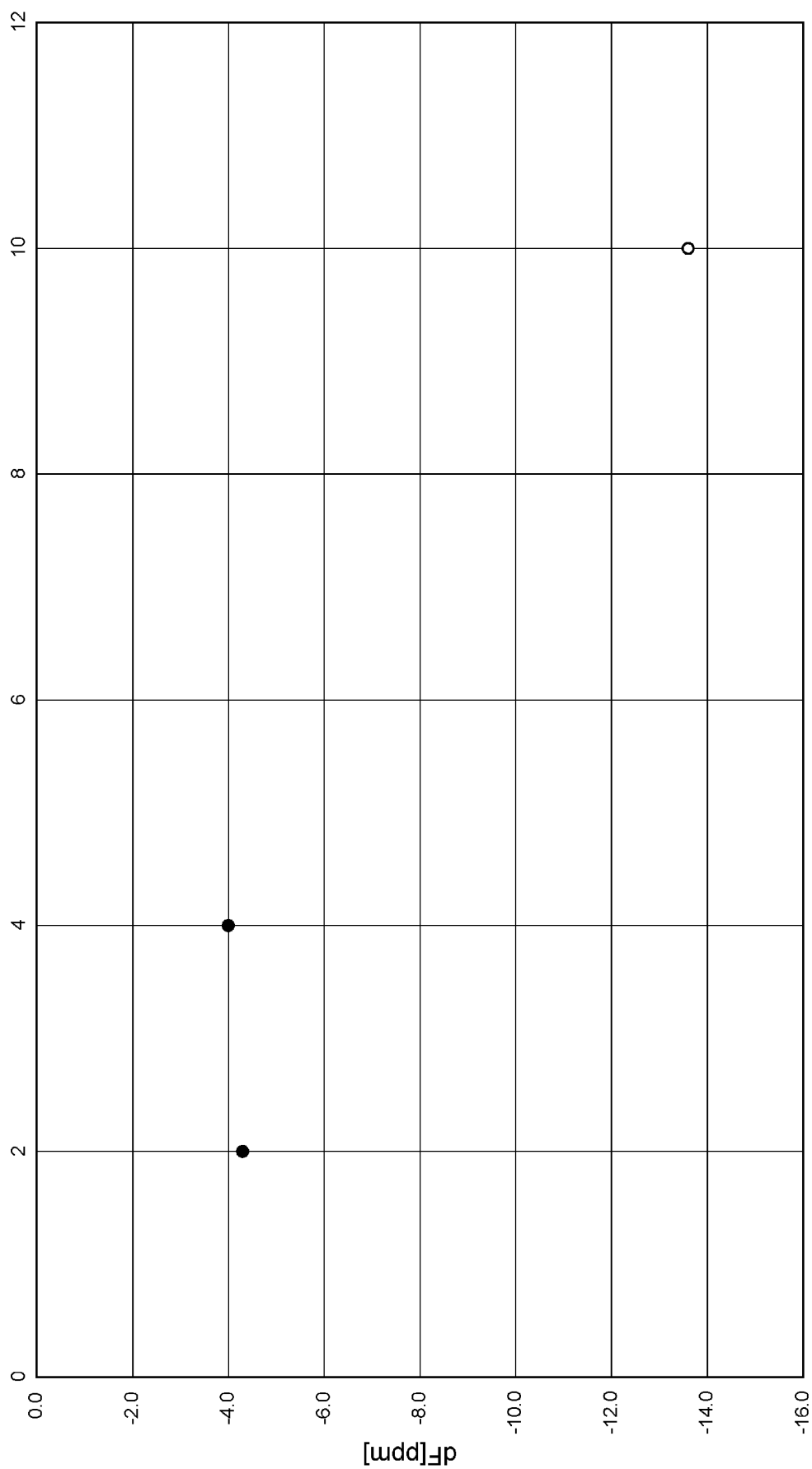


図6

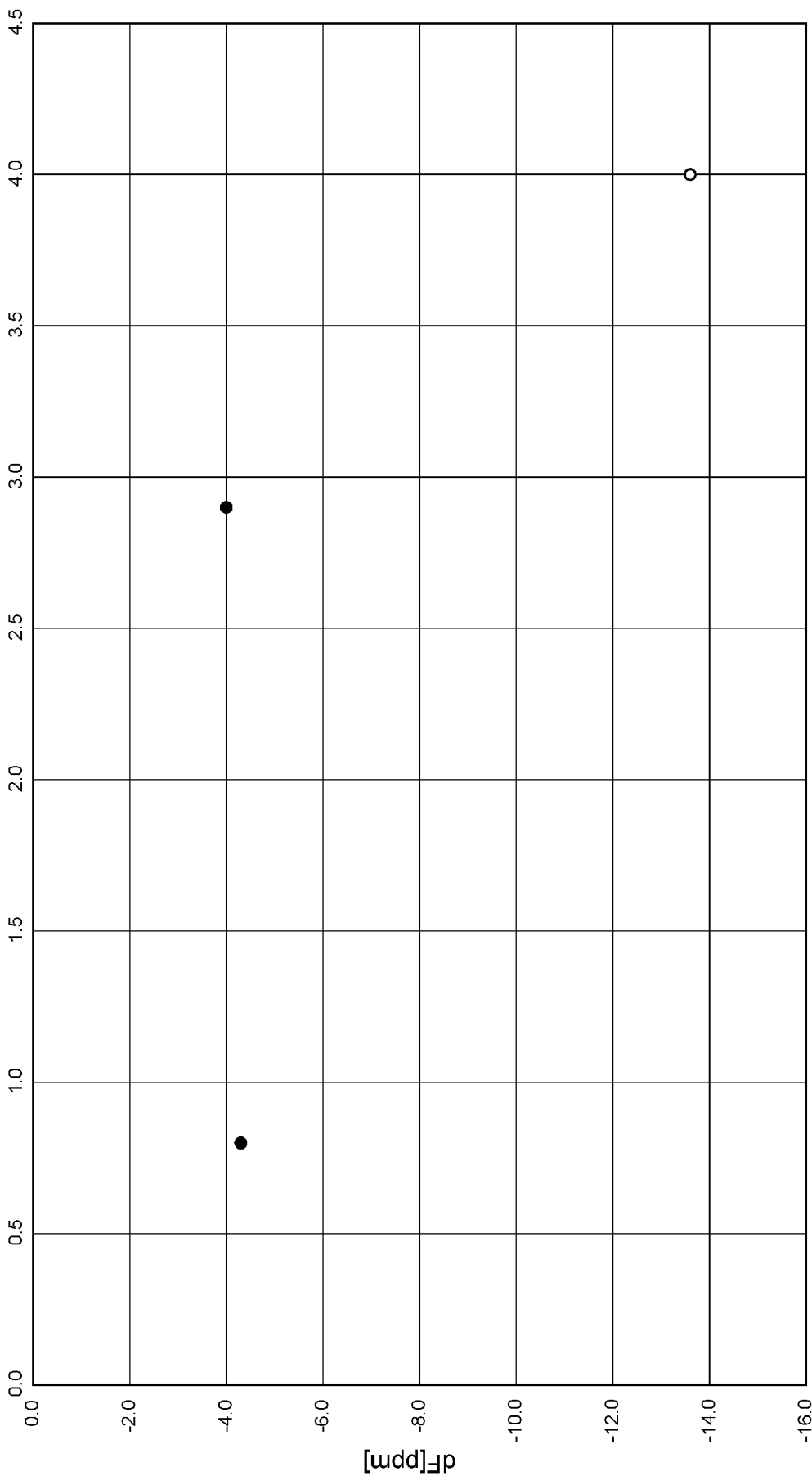
[図7]



第2金属層の厚さ [nm]

図7

[図8]



第2金属層の厚さ比 [%]

図 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2022/008919**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H03H 3/04</b> (2006.01)i; <b>H03H 9/19</b> (2006.01)i FI: H03H9/19 C; H03H3/04 B		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H03H3/04; 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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-306594 A (EPSON TOYOCOM CORP.) 18 December 2008 (2008-12-18) paragraphs [0017]-[0020], [0029], [0039], fig. 1, 5	1-6
Y		7
Y	JP 2011-160095 A (DAISHINKU CORP.) 18 August 2011 (2011-08-18) paragraphs [0024]-[0029], fig. 1	7
Y	JP 2014-158149 A (SEIKO EPSON CORP.) 28 August 2014 (2014-08-28) paragraphs [0052]-[0056], fig. 10	7
A	JP 2002-57540 A (SEIKO EPSON CORP.) 22 February 2002 (2002-02-22) paragraphs [0064]-[0068]	1-7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>25 May 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>07 June 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 2008-306594 A (EPSON TOYOCOM CORP.) 18 December 2008 (2008-12-18), paragraphs [0017]-[0020], [0029], [0039], fig. 1, 5 (Family: none)

Document 2: JP 2011-160095 A (DAISHINKU CORP.) 18 August 2011 (2011-08-18), paragraphs [0024]-[0029], fig. 1 (Family: none)

Document 3: JP 2014-158149 A (SEIKO EPSON CORP.) 28 August 2014 (2014-08-28), paragraphs [0052]-[0056], fig. 10 & US 2013/0257554 A1, paragraphs [0124]-[0133], fig. 10A-10B

The claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) Claims 1-7

Claims 1-6 lack novelty in light of document 1, and therefore do not have a special technical feature. However, claim 7 which is dependent on claim 6 has the special technical feature wherein "the excitation electrode comprises a first metal layer and a second metal layer provided between the first metal layer and the piezoelectric piece, the weight ratio of the second metal layer to the first metal layer is 0.1%-1.1% inclusive, and a joining material that joints the base component and a lid component is further provided" in light of the disclosures in document 1, 2 or 3. Thus, claims 1-7 are classified as invention 1.

(Invention 2) Claim 8

Claim 8 and claim 7 classified as invention 1 share the technical feature of a "piezoelectric vibrator, comprising a piezoelectric piece, first metal layers provided on both major planes of the piezoelectric piece and second metal layers provided between the first metal layers and the piezoelectric piece". However, said technical feature does not make a contribution over the prior art in light of the disclosures in document 1, 2 or 3, and therefore cannot said to be a special technical feature. Moreover, there are no other same or corresponding special technical features between claim 8 and claim 7.

Furthermore, claim 8 is not dependent on claim 1. In addition, claim 8 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Accordingly, claim 8 cannot be classified as invention 1.

Claim 8 has the special technical feature of "comprising a step for removing, by trimming, a part of the first metal layer formed on one of the major planes", and thus is classified as invention 2.

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **Claims 1-7**

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
  - The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
  - No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2022/008919</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2008-306594 A	18 December 2008	(Family: none)	
JP 2011-160095 A	18 August 2011	(Family: none)	
JP 2014-158149 A	28 August 2014	US 2013/0257554 A1 paragraphs [0124]-[0133], fig. 10A, 10B CN 203233372 U	
JP 2002-57540 A	22 February 2002	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H03H 3/04(2006.01)i; H03H 9/19(2006.01)i FI: H03H9/19 C; H03H3/04 B		
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）） H03H3/04; 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 2008-306594 A (エプソントヨコム株式会社) 18.12.2008 (2008 - 12 - 18) [0017]-[0020], [0029], [0039], 図1, 図5	1-6
Y		7
Y	JP 2011-160095 A (株式会社大真空) 18.08.2011 (2011 - 08 - 18) [0024]-[0029], 図1	7
Y	JP 2014-158149 A (セイコーエプソン株式会社) 28.08.2014 (2014 - 08 - 28) [0052]-[0056], 図10	7
A	JP 2002-57540 A (セイコーエプソン株式会社) 22.02.2002 (2002 - 02 - 22) [0064]-[0068]	1-7
<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、一般的な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 25.05.2022	国際調査報告の発送日 07.06.2022	
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	

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

- 文献1：JP 2008-306594 A（エプソントヨコム株式会社）18.12.2008（2008-12-18）  
[0017]-[0020], [0029], [0039], 図1, 図5  
（ファミリーなし）
- 文献2：JP 2011-160095 A（株式会社大真空）18.08.2011（2011-08-18）  
[0024]-[0029], 図1  
（ファミリーなし）
- 文献3：JP 2014-158149 A（セイコーエプソン株式会社）28.08.2014（2014-08-28）  
[0052]-[0056], 図10  
& US 2013/0257554 A1, [0124]-[0133], 図10A-図10B

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

（発明1）請求項1-7

請求項1-6は、文献1により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。しかしながら、請求項6の従属請求項である請求項7は、文献1、文献2または文献3の開示内容に照らして、「前記励振電極は、第1金属層と該第1金属層と前記圧電片との間に配置される第2金属層とを含み、前記第1金属層に対する前記第2金属層の重量比は、0.1%以上1.1%以下であり、前記ベース部材と蓋部材とを接合する接合材をさらに備える」という特別な技術的特徴を有している。したがって、請求項1-7を発明1に区分する。

（発明2）請求項8

請求項8は、発明1に区分された請求項7と、「圧電片と、前記圧電片の両主面のそれぞれに、第1金属層と、該第1金属層と前記圧電片との間に配置される第2金属層と、を含む、圧電振動子」という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献1、文献2または文献3の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項8と請求項7との間に、他に同一のまたは対応する特別な技術的特徴は存在しない。

更に、請求項8は請求項1の従属請求項ではない。また、請求項8は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一またはそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項8は発明1に区分できない。

そして、請求項8は、「前記両主面のうちの一方の主面に形成された前記第1金属層の一部をトリミングによって除去する工程を含む」という特別な技術的特徴を有しているため、発明2に区分する。

## 第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。  
請求項1 - 7

追加調査手数料の異議の  
申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2022/008919

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2008-306594 A	18.12.2008	(ファミリーなし)	
JP 2011-160095 A	18.08.2011	(ファミリーなし)	
JP 2014-158149 A	28.08.2014	US 2013/0257554 A1 [0124]-[0133], 図10A-図10B CN 203233372 U	
JP 2002-57540 A	22.02.2002	(ファミリーなし)	