

(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11月30日(30.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/203757 A1

(51) 国際特許分類:

H03H 9/24 (2006.01) H01L 41/187 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) H03H 9/02 (2006.01)
H01L 41/113 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005609

(22) 国際出願日: 2017年2月16日(16.02.2017)

(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 2016-104354 2016年5月25日(25.05.2016) 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: 井上 義久 (INOUE, Yoshihisa);
〒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).
西村 俊雄 (NISHIMURA, Toshio); 〒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). 竹山 佳介
(TAKEYAMA Keisuke); 〒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). 河合 良太 (KAWAI,
Ryota); 〒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). 後藤 雄一 (GOTO, Yuichi); 〒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 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, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: RESONATOR AND RESONANCE DEVICE

(54) 発明の名称: 共振子及び共振装置

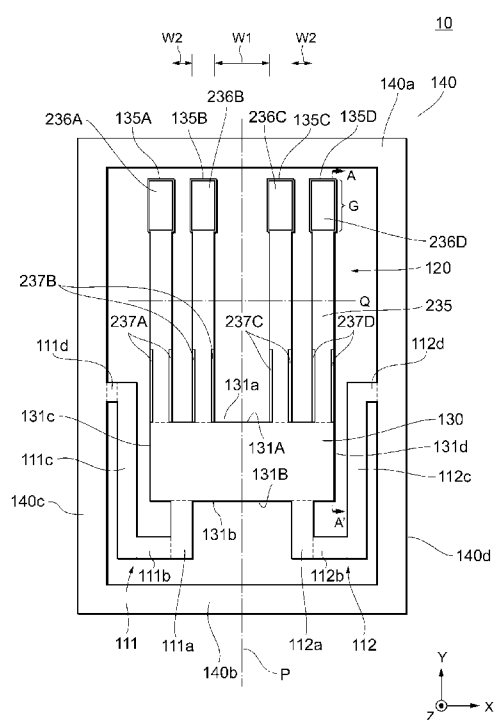


図 3

(57) Abstract: Fluctuation in the temperature characteristics of the resonance frequency is suppressed in a step for adjusting resonance. The invention has: a base; a first electrode and a second electrode; and a piezoelectric film provided between the first electrode and the second electrode, said film having an upper surface that faces the first electrode, and said film vibrating in a prescribed vibration mode when a voltage is applied between the first and second electrodes. The invention further has a vibration arm, one end of which being a fixed end connected to the front end of the base, and the other end of which being an open end extending in the direction heading away from the front end. The invention is provided with: a protection film that is provided facing the top surface of the piezoelectric film with the first electrode therebetween, said film being provided to span from the vibration arm to the base; and a temperature characteristics adjustment film comprising a material different from that of the protective film, the temperature characteristics adjustment film being provided so that a portion of the protective film is exposed on a surface on the base and/or further to the fixed end side than the center in the direction in which the vibrating arm extends in the plurality of vibration arms.

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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：共振周波数の調整工程において、共振周波数の温度特性の変動を抑制する。基部と、第1電極及び第2電極と、第1電極と第2電極との間に設けられ、第1電極に対向する上面を有し、第1及び第2電極の間に電圧が印加されたときに所定の振動モードで振動する圧電膜とを有し、一端が基部の前端と接続する固定端であり、他端が前端から離れる方向に延びた開放端である振動腕と、を有し、第1電極を挟んで圧電膜の上面と対向して設けられ、かつ振動腕から基部に亘って設けられた保護膜と、保護膜とは異なる材料から成る温度特性調整膜と、を備え、温度特性調整膜は、複数の振動腕における当該振動腕が延びる方向の中央よりも固定端側、及び、基部の少なくとも一方において、保護膜の一部が表面に露出するように設けられた。

明 細 書

発明の名称：共振子及び共振装置

技術分野

[0001] 本発明は、共振子及び共振装置に関する。

背景技術

[0002] 電子機器において計時機能を実現するためのデバイスとして、圧電振動子等の共振子が用いられている。電子機器の小型化に伴い、共振子も小型化が要求されており、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いて製造される共振子（以下、「MEMS振動子」ともいう。）が注目されている。

[0003] MEMS振動子においては、製造ばらつきによって共振周波数にばらつきが生じることがある。そこで、MEMS振動子の製造中や製造後に、追加エッチング等によって周波数を調整することが行われる。

[0004] 例えば、特許文献1には、複数の振動腕を有する振動子において、振動腕の先端側に設けられた粗調用の質量部と、振動腕の基端側に設けられた微調用の質量部とをそれぞれ減少させることにより、共振周波数を調整する構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2012-065293号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載されているような従来の共振周波数の調整方法では、質量部にイオンビーム等のエネルギー線を照射して質量部の膜厚を調整することで共振周波数を所望の値に近づける。しかし、MEMS振動子は非常に微細な構造を有している。従って、質量部にエネルギー線を照射する際に、MEMS振動子上の他の領域に形成された膜もエネルギー線の照射の影響を受

け、その膜厚が変動してしまう。その結果、MEMS振動子の共振周波数の温度依存特性が変動する場合がある。

[0007] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、共振周波数の調整工程において、共振周波数の温度特性の変動を抑制することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一側面に係る共振子は、基部と、第1電極及び第2電極と、第1電極と第2電極との間に設けられ、第1電極に対向する上面を有し、第1及び第2電極の間に電圧が印加されたときに所定の振動モードで振動する圧電膜とを有し、一端が基部の前端と接続する固定端であり、他端が前端から離れる方向に延びた開放端である振動腕と、を有し、第1電極を挟んで圧電膜の上面と対向して設けられ、かつ振動腕から基部に亘って設けられた保護膜と、保護膜とは異なる材料から成る温度特性調整膜と、を備え、温度特性調整膜は、複数の振動腕における当該振動腕が延びる方向の中央よりも固定端側、及び、基部の少なくとも一方において、保護膜の一部が表面に露出するように設けられた。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、共振周波数の調整工程において、共振周波数の温度特性の変動を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第1実施形態に係る共振装置の外観を概略的に示す斜視図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る共振装置の構造を概略的に示す分解斜視図である。

[図3]上側基板を取り外した本発明の第1実施形態に係る共振子の平面図である。

[図4]図3のAA'線に沿った断面図である。

[図5]比較例の共振子について、シミュレーション結果を示すグラフである。

[図6]比較例の共振子について、シミュレーション結果を示すグラフである。

[図7]比較例の共振子について、シミュレーション結果を示すグラフである。

[図8]本発明の第1実施形態に係る共振子について、シミュレーション結果を示すグラフである。

[図9]上側基板を取り外した本発明の第2実施形態に係る共振子の平面図である。

[図10]上側基板を取り外した本発明の第3実施形態に係る共振子の平面図である。

[図11]上側基板を取り外した本発明の第4実施形態に係る共振子の平面図である。

発明を実施するための形態

[0011] [第1実施形態]

以下、添付の図面を参照して本発明の第1実施形態について説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係る共振装置1の外観を概略的に示す斜視図である。また、図2は、本発明の第1実施形態に係る共振装置1の構造を概略的に示す分解斜視図である。

[0012] この共振装置1は、共振子10と、共振子10を挟んで互いに対向するように設けられた蓋体（上蓋30及び下蓋20）と、を備えている。すなわち、共振装置1は、下蓋20と、共振子10と、上蓋30とがこの順で積層されて構成されている。

[0013] また、共振子10と下蓋20及び上蓋30とが接合され、これにより、共振子10が封止され、共振子10の振動空間が形成される。共振子10、下蓋20及び上蓋30は、それぞれSi基板を用いて形成されている。そして、共振子10、下蓋20及び上蓋30は、Si基板同士が互いに接合されて、互いに接合される。共振子10及び下蓋20は、SOI基板を用いて形成されてもよい。

[0014] 共振子10は、MEMS技術を用いて製造されるMEMS共振子である。なお、本実施形態においては、共振子10はシリコン基板を用いて形成されるものを例として説明する。以下、共振装置1の各構成について詳細に説明

する。

[0015] (1. 上蓋 30)

上蓋 30 は X Y 平面に沿って平板状に広がっており、その裏面に例えば平たい直方体形状の凹部 31 が形成されている。凹部 31 は、側壁 33 に囲まれており、共振子 10 が振動する空間である振動空間の一部を形成する。

[0016] (2. 下蓋 20)

下蓋 20 は、X Y 平面に沿って設けられる矩形平板状の底板 22 と、底板 22 の周縁部から Z 軸方向（すなわち、下蓋 20 と共振子 10 との積層方向）に延びる側壁 23 とを有する。下蓋 20 には、共振子 10 と対向する面において、底板 22 の表面と側壁 23 の内面とによって形成される凹部 21 が設けられる。凹部 21 は、共振子 10 の振動空間の一部を形成する。上述した上蓋 30 と下蓋 20 とによって、この振動空間は気密に封止され、真空状態が維持される。この振動空間には、例えば不活性ガス等の気体が充填されてもよい。

[0017] (3. 共振子 10)

図 3 は、本実施形態に係る、共振子 10 の構造を概略的に示す平面図である。図 3 を用いて本実施形態に係る共振子 10 の、各構成について説明する。共振子 10 は、振動部 120 と、保持部 140 と、保持腕 111, 112 とを備えている。

[0018] (a) 振動部 120

振動部 120 は、図 3 の直交座標系における X Y 平面に沿って広がる矩形の輪郭を有している。振動部 120 は、保持部 140 の内側に設けられており、振動部 120 と保持部 140 との間には、所定の間隔で空間が形成されている。図 3 の例では、振動部 120 は、基部 130 と 4 本の振動腕 135 A ~ 135 D（まとめて「振動腕 135」とも呼ぶ。）とを有している。なお、振動腕の数は、4 本に限定されず、例えば 1 本以上の任意の数に設定される。本実施形態において、各振動腕 135 と、基部 130 とは、一体に形成されている。

- [0019] 基部130は、平面視において、X軸方向に長辺131a、131b、Y軸方向に短辺131c、131dを有している。長辺131aは、基部130の前端の面131A（以下、「前端131A」とも呼ぶ。）の一つの辺であり、長辺131bは基部130の後端の面131B（以下、「後端131B」とも呼ぶ。）の一つの辺である。基部130において、前端131Aと後端131Bとは、互いに対向するように設けられている。
- [0020] 基部130は、前端131Aにおいて、後述する振動腕135に接続され、後端131Bにおいて、後述する保持腕111、112に接続されている。なお、基部130は、図3の例では平面視において、略長方形の形状を有しているがこれに限定されず、長辺131aの垂直二等分線に沿って規定される仮想平面Pに対して略面对称に形成されていればよい。基部130は、例えば、長辺131bが131aより短い台形や、長辺131aを直径とする半円の形状であってもよい。また、長辺131a、131b、短辺131c、131dは直線に限定されず、曲線であってもよい。
- [0021] 基部130において、前端131Aから後端131Bに向かう方向における、前端131Aと後端131Bとの最長距離である基部長（図3においては短辺131c、131dの長さ）は32 μ m程度である。また、基部長方向に直交する幅方向であって、基部130の側端同士の最長距離である基部幅（図3においては長辺131a、131bの長さ）は285 μ m程度である。
- [0022] 振動腕135は、Y軸方向に延び、それぞれ同一のサイズを有している。振動腕135は、それぞれが基部130と保持部140との間にY軸方向に平行に設けられ、一端は、基部130の前端131Aと接続されて固定端となっており、他端は開放端となっている。また、振動腕135は、それぞれ、X軸方向に所定の間隔で、並列して設けられている。なお、振動腕135は、例えばX軸方向の幅が50 μ m程度、Y軸方向の長さが420 μ m程度である。
- [0023] 振動腕135はそれぞれ、例えば開放端から150 μ m程度の部分が、振

動腕 135 の他の部位よりも X 軸方向の幅が広がっている。この幅が広がった部位を錘部 G と呼ぶ。錘部 G は、例えば、振動腕 135 の他の部位よりも、X 軸方向に沿って左右に幅が $10\ \mu\text{m}$ ずつ広く、X 軸方向の幅が $70\ \mu\text{m}$ 程度である。錘部 G は、振動腕 135 と同一プロセスによって一体形成される。錘部 G が形成されることで、振動腕 135 は、単位長さ当たりの重さが、固定端側よりも開放端側の方が重くなっている。従って、振動腕 135 が開放端側にそれぞれ錘部 G を有することで、各振動腕における上下方向の振動の振幅を大きくすることができる。

[0024] 本実施形態の振動部 120 では、X 軸方向において、外側に 2 本の振動腕 135 A、135 D が配置されており、内側に 2 本の振動腕 135 B、135 C が配置されている。X 軸方向における、振動腕 135 B と 135 C との間隔 W1 は、X 軸方向における、外側の振動腕 135 A (135 D) と当該外側の振動腕 135 A (135 D) に隣接する内側の振動腕 135 B (135 C) との間隔 W2 よりも大きく設定される。間隔 W1 は例えば $35\ \mu\text{m}$ 程度、間隔 W2 は例えば $25\ \mu\text{m}$ 程度である。間隔 W2 は間隔 W1 より小さく設定することにより、振動特性が改善される。また、共振装置 1 を小型化できるように、間隔 W1 を間隔 W2 よりも小さく設定してもよいし、等間隔にしても良い。

[0025] 振動部 120 の表面 (上蓋 30 に対向する面) には、その全面を覆うように保護膜 235 が形成されている。また、振動腕 135 A ~ 135 D の開放端側の先端における保護膜 235 の表面には、それぞれ、周波数調整膜 236 A ~ 236 D (以下、周波数調整膜 236 A ~ 236 D をまとめて「周波数調整膜 236」とも呼ぶ。) が形成されている。保護膜 235 及び周波数調整膜 236 によって、振動部 120 の共振周波数を調整することができる。なお、保護膜 235 は、少なくとも振動腕 135 上に形成されていればよく、基部 130 上には形成されていなくてもよい。

[0026] 周波数調整膜 236 は、振動部 120 における、振動による変位の比較的大きい領域において、その表面が露出するように、保護膜 235 上に形成さ

れている。具体的には、周波数調整膜 2 3 6 は、振動腕 1 3 5 の開放端近傍に形成される。本実施形態では、周波数調整膜 2 3 6 は、振動腕 1 3 5 の錘部 G 上に形成される。

[0027] さらに、振動腕 1 3 5 における、振動腕 1 3 5 が延びる方向の中央 Q よりも固定端側において、保護膜 2 3 5 上の一部の領域には温度特性調整膜 2 3 7 A ~ 2 3 7 D (以下、温度特性調整膜 2 3 7 A ~ 2 3 7 D をまとめて「温度特性調整膜 2 3 7」とも呼ぶ。) が形成されている。即ち、振動腕 1 3 5 の中央 Q よりも固定端側では、保護膜 2 3 5 と温度特性調整膜 2 3 7 との両方が露出している。

[0028] 振動腕 1 3 5 において、保護膜 2 3 5 が形成された面を表面とし、当該表面に対向する面を裏面とし、表面と裏面と開放端と固定端とをつなぐ 2 つの面を側面とする。このとき、本実施形態では、温度特性調整膜 2 3 7 は、振動腕 1 3 5 における表面において、2 つの側面に隣接して延びる 2 つの領域それぞれを覆うように、振動腕 1 3 5 の固定端から、開放端に向かって、振動腕 1 3 5 の長さの 4 分の 1 程度の領域に形成される。温度特性調整膜 2 3 7 は、X 軸方向に沿った幅が $2\ \mu$ 、程度、Y 軸方向に沿った長さが $100\ \mu$ m 程度である。

[0029] 振動腕 1 3 5 上において、周波数調整膜 2 3 6、及び温度特性調整膜 2 3 7 が露出した領域以外の領域の全面では、保護膜 2 3 5 が露出している。

[0030] (b) 保持部 1 4 0

保持部 1 4 0 は、X Y 平面に沿って矩形の枠状に形成される。保持部 1 4 0 は、平面視において、X Y 平面に沿って振動部 1 2 0 の外側を囲むように設けられる。なお、保持部 1 4 0 は、振動部 1 2 0 の周囲の少なくとも一部に設けられていればよく、枠状の形状に限定されない。例えば、保持部 1 4 0 は、振動部 1 2 0 を保持し、また、上蓋 3 0 及び下蓋 2 0 と接合できる程度に、振動部 1 2 0 の周囲に設けられていればよい。

[0031] 本実施形態においては、保持部 1 4 0 は一体形成される角柱形状の枠体 1 4 0 a ~ 1 4 0 d からなる。枠体 1 4 0 a は、図 3 に示すように、振動腕 1

35の開放端に対向して、長手方向がX軸に平行に設けられる。枠体140bは、基部130の後端131Bに対向して、長手方向がX軸に平行に設けられる。枠体140cは、基部130の側端（短辺131c）及び振動腕135Aに対向して、長手方向がY軸に平行に設けられ、その両端で枠体140a、140bの一端にそれぞれ接続される。枠体140dは、基部130の側端（短辺131d）及び振動腕135Dに対向して、長手方向がY軸に平行に設けられ、その両端で枠体140a、140bの他端にそれぞれ接続される。

[0032] 本実施形態においては、保持部140は、保護膜235で覆われているとして説明するが、これに限定されず、保護膜235は、保持部140の表面には形成されていなくてもよい。

[0033] (c) 保持腕111、112

保持腕111及び保持腕112は、保持部140の内側に設けられ、基部130の後端131Bと枠体140c、140dとを接続する。図3に示すように、保持腕111と保持腕112とは、基部130のX軸方向の中心線に沿ってYZ平面に平行に規定される仮想平面Pに対して略面对称に形成される。

[0034] 保持腕111は、腕111a、111b、111c、111dを有している。保持腕111は、一端が基部15の後端131Bに接続しており、そこから枠体140bに向かって延びている。そして、保持腕111は、枠体140cに向かう方向（すなわち、X軸方向）に屈曲し、さらに枠体140aに向かう方向（すなわち、Y軸方向）に屈曲し、再度枠体140cに向かう方向（すなわち、X軸方向）に屈曲して、他端が枠体140cに接続している。

[0035] 腕111aは、基部130と枠体140bとの間に、枠体140cに対向して、長手方向がY軸に平行になるように設けられている。腕111aは、一端が、後端131Bにおいて基部130と接続しており、そこから後端131Bに対して略垂直、すなわち、Y軸方向に延びている。腕111aのX

軸方向の中心を通る軸は、振動腕 1 3 5 A の中心線よりも内側に設けられることが望ましく、図 3 の例では、腕 1 1 1 a は、振動腕 1 3 5 A と 1 3 5 B との間に設けられている。また腕 1 1 1 a の他端は、その側面において、腕 1 1 1 b の一端に接続されている。腕 1 1 1 a は、X 軸方向に規定される幅が $20\ \mu\text{m}$ 程度であり、Y 軸方向に規定される長さが $25\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0036] 腕 1 1 1 b は、基部 1 3 0 と枠体 1 4 0 b との間に、枠体 1 4 0 b に対向して、長手方向が X 軸方向に平行になるように設けられている。腕 1 1 1 b は、一端が、腕 1 1 1 a の他端であって枠体 1 4 0 c に対向する側の側面に接続し、そこから腕 1 1 1 a に対して略垂直、すなわち、X 軸方向に延びている。また、腕 1 1 1 b の他端は、腕 1 1 1 c の一端であって振動部 1 2 0 と対向する側の側面に接続している。腕 1 1 1 b は、例えば Y 軸方向に規定される幅が $20\ \mu\text{m}$ 程度であり、X 軸方向に規定される長さが $92\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0037] 腕 1 1 1 c は、基部 1 3 0 と枠体 1 4 0 c との間に、枠体 1 4 0 c に対向して、長手方向が Y 軸方向に平行になるように設けられている。腕 1 1 1 c の一端は、その側面において、腕 1 1 1 b の他端に接続されており、他端は、腕 1 1 1 d の一端であって、枠体 1 4 0 c 側の側面に接続されている。腕 1 1 1 c は、例えば X 軸方向に規定される幅が $20\ \mu\text{m}$ 程度、Y 軸方向に規定される長さが $255\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0038] 腕 1 1 1 d は、基部 1 3 0 と枠体 1 4 0 c との間に、枠体 1 4 0 a に対向して、長手方向が X 軸方向に平行になるように設けられている。腕 1 1 1 d の一端は、腕 1 1 1 c の他端であって枠体 1 4 0 c と対向する側の側面に接続している。また、腕 1 1 1 d は、他端が、振動腕 1 3 5 A と基部 1 3 0 との接続箇所付近に対向する位置において、枠体 1 4 0 c と接続しており、そこから枠体 1 4 0 c に対して略垂直、すなわち、X 軸方向に延びている。腕 1 1 1 d は、例えば Y 軸方向に規定される幅が $50\ \mu\text{m}$ 程度、X 軸方向に規定される長さが $5\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0039] このように、保持腕 1 1 1 は、腕 1 1 1 a において基部 1 3 0 と接続し、

腕 1 1 1 a と腕 1 1 1 b との接続箇所、腕 1 1 1 b と 1 1 1 c との接続箇所、及び腕 1 1 1 c と 1 1 1 d との接続箇所屈曲した後に、保持部 1 4 0 へと接続する構成となっている。

[0040] 保持腕 1 1 2 は、腕 1 1 2 a、1 1 2 b、1 1 2 c、1 1 2 d を有している。保持腕 1 1 2 は、一端が基部 1 3 0 の後端 1 3 1 B に接続しており、そこから枠体 1 4 0 b に向かって延びている。そして、保持腕 1 1 2 は、枠体 1 4 0 d に向かう方向（すなわち、X 軸方向）に屈曲し、さらに枠体 1 4 0 a に向かう方向（すなわち、Y 軸方向）に屈曲して、再度枠体 1 4 0 d に向かう方向（すなわち、X 軸方向）屈曲し、他端が枠体 1 4 0 d に接続している。

[0041] なお、腕 1 1 2 a、1 1 2 b、1 1 2 c、1 1 2 d の構成は、それぞれ腕 1 1 1 a、1 1 1 b、1 1 1 c、1 1 1 d と対称な構成であるため、詳細な説明については省略する。

[0042] （４．積層構造）

図 4 を用いて共振子 1 0 の積層構造について、振動腕 1 3 5 D 及び基部 1 3 0 を例に説明する。図 4 は、図 3 の A A ' 断面を模式的に示す概略図である。

[0043] 共振子 1 0 では、保持部 1 4 0、基部 1 3 0、振動腕 1 3 5、保持腕 1 1 1、1 1 2 は、同一プロセスで一体的に形成される。共振子 1 0 では、まず、S i（シリコン）基板 F 2 の上に、金属層 E 1（第 2 電極の一例である。）が積層されている。そして、金属層 E 1 の上には、金属層 E 1 を覆うように、圧電薄膜 F 3（圧電膜の一例である。）が積層されており、さらに、圧電薄膜 F 3 の表面には、金属層 E 2（第 1 電極の一例である。）が積層されている。金属層 E 2 の上には、金属層 E 2 を覆うように、保護膜 2 3 5 が積層されている。振動腕 1 3 5 の開放端近傍（錘部 G）においては、さらに、保護膜 2 3 5 を介して圧電薄膜 F 3 の上面と対向して、周波数調整膜 2 3 6 が積層されている。また、振動腕 1 3 5 の中央 Q よりも固定端側の領域の一部においては、保護膜 2 3 5 を介して圧電薄膜 F 3 の上面と対向して設けら

れた、保護膜235とは異なる材料から成る温度特性調整膜237が積層されている。

[0044] Si基板F2は、例えば、厚さ5 μ m程度の縮退したn型Si半導体から形成されており、n型ドーパントとしてP（リン）やAs（ヒ素）、Sb（アンチモン）などを含むことができる。特に、振動腕135とn型Si半導体から構成されたSi基板F2の[100]結晶軸またはこれと等価な結晶軸とのなす回転角は、0度より大きく15度以下（または0度以上15度以下でもよい）、または75度以上90度以下の範囲内にある事が望ましい。なお、ここで回転角とは、Si基板F2の[100]結晶軸またはこれと等価な結晶軸に沿った線分に対して保持腕110が伸びる方向の角度をいう。また、Si基板F2に用いられる縮退Siの抵抗値は、例えば16m Ω ・cm未満であり、より好ましくは1.2m Ω ・cm以下である。さらにSi基板F2の下面には、380nm程度の酸化ケイ素（例えばSiO₂）層F21（温度特性補正層）が形成されている。これにより、温度特性を向上させることが可能になる。尚、Si基板に縮退したシリコンを用いると、Si基板F2が金属層E1を代用する事ができ、より薄層化できる。

[0045] 本実施形態において、温度特性補正層とは、当該温度特性補正層をSi基板F2に形成しない場合と比べて、Si基板F2に温度補正層を形成した時の振動部における周波数の温度係数（すなわち、温度当たりの変化率）を、少なくとも常温近傍において低減する機能を持つ層をいう。振動部120が温度特性補正層を有することにより、例えば、Si基板F2と金属層E1、E2と圧電薄膜F3及び酸化ケイ素層（温度補正層）F21による積層構造体の共振周波数の、温度に伴う変化を低減することができる。

[0046] 共振子10においては、酸化ケイ素層F21は、均一の厚みで形成されることが望ましい。なお、均一の厚みとは、酸化ケイ素層F21の厚みのばらつきが、厚みの平均値から±20%以内であることをいう。

[0047] なお、酸化ケイ素層F21は、Si基板F2の上面に形成されてもよいし、Si基板F2の上面と下面の双方に形成されてもよい。また、保持部14

0においては、Si基板F2の下面に酸化ケイ素層F21が形成されなくてもよい。

[0048] 金属層E2、E1は、例えば厚さ0.1 μm 以上0.2 μm 以下程度のMo（モリブデン）やアルミニウム（Al）等を用いて形成される。金属層E2、E1は、エッチング等により、所望の形状に形成される。金属層E1は、例えば振動部120上においては、下部電極として機能するように形成される。また、金属層E1は、保持腕111、112や保持部140上においては、共振子10の外部に設けられた交流電源に下部電極を接続するための配線として機能するように形成される。

[0049] 他方で、金属層E2は、振動部120上においては、上部電極として機能するように形成される。また、金属層E2は、保持腕111、112や保持部140上においては、共振子10の外部に設けられた回路に上部電極を接続するための配線として機能するように形成される。

[0050] なお、交流電源から下部配線または上部配線への接続にあたっては、上蓋30の外面に電極を形成して、当該電極が回路と下部配線または上部配線とを接続する構成や、上蓋30内にビアを形成し、当該ビアの内部に導電性材料を充填して配線を設け、当該配線が交流電源と下部配線または上部配線とを接続する構成が用いられてもよい。

[0051] 圧電薄膜F3は、印加された電圧を振動に変換する圧電体の薄膜であり、例えば、AlN（窒化アルミニウム）等の窒化物や酸化物を主成分とすることができる。具体的には、圧電薄膜F3は、ScAlN（窒化スカンジウムアルミニウム）により形成することができる。ScAlNは、窒化アルミニウムにおけるアルミニウムの一部をスカンジウムに置換したものである。また、圧電薄膜F3は、例えば、0.81 μm 程度である。

[0052] 圧電薄膜F3は、金属層E2、E1によって圧電薄膜F3に印加される電界に応じて、XY平面の面内方向すなわちY軸方向に伸縮する。この圧電薄膜F3の伸縮によって、振動腕135は、下蓋20及び上蓋30の内面に向かってその自由端を変位させ、面外の屈曲振動モードで振動する。

- [0053] 保護膜 235 は、エッチングによる質量低減の速度が周波数調整膜 236 より遅い材料により形成される。具体的には、保護膜 235 は、AlN（窒化アルミニウム）やSiN等の窒化膜やTa₂O₅（5酸化タンタル）やSiO₂（二酸化ケイ素）、Al₂O₃（酸化アルミニウム）等の酸化膜により形成されてもよい。また、質量低減速度は、エッチング速度（単位時間あたりに除去される厚み）と密度との積により表される。保護膜 235 の厚さは、例えば 0.2 μm 程度である。
- [0054] 周波数調整膜 236 は、振動部 120 の略全面に形成された後、エッチング等の加工により所定の領域のみに形成される。周波数調整膜 236 は、エッチングによる質量低減の速度が保護膜 235 より速い材料により形成される。具体的には、周波数調整膜 236 は、モリブデン（Mo）や、タングステン（W）、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）等の金属により形成される。
- [0055] なお、保護膜 235 と周波数調整膜 236 とは、質量低減速度の関係が上述のとおりであれば、エッチング速度の大小関係は任意である。
- [0056] 温度特性調整膜 237 は、保護膜 235 とは異なる材料により形成される。より好ましくは、温度特性調整膜 237 は、周波数調整膜 236 と同じ材料により形成される。具体的には、温度特性調整膜 237 は、モリブデン（Mo）や、タングステン（W）、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、アルミニウム（Al）、金-銅合金（AlCu）、チタン（Ti）、銅（Cu）窒化チタン（TiN）等によって形成される。
- [0057] （5. 共振子の機能）

図4を参照して共振子10の機能について説明する。本実施形態では、外側の振動腕135A、135Dに印加される電界の位相と、内側の振動腕135B、135Cに印加される電界の位相とが互いに逆位相になるように設定される。これにより、外側の振動腕135A、135Dと内側の振動腕135B、135Cとが互いに逆方向に変位する。例えば、外側の振動腕135A、135Dが上蓋30の内面に向かって自由端を変位すると、内側の振

動腕 135B、135C は下蓋 20 の内面に向かって自由端を変位する。

[0058] これによって、本実施形態に係る共振子 10 では、逆位相の振動時、すなわち、図 3 に示す振動腕 135A と振動腕 135B との間で Y 軸に平行に延びる第 1 中心軸回りに振動腕 135A と振動腕 135B とが上下逆方向に振動する。また、振動腕 135C と振動腕 135D との間で Y 軸に平行に延びる第 2 中心軸回りに振動腕 135C と振動腕 135D とが上下逆方向に振動する。これによって、第 1 中心軸と第 2 中心軸とで互いに逆方向の捩れモーメントが生じ、基部 130 で屈曲振動が発生する。

[0059] (6. 周波数調整膜の機能)

次に周波数調整膜 236 の機能について説明する。本実施形態に係る共振装置 1 では、上述のような共振子 10 が形成された後、周波数調整膜 236 の膜厚を調整するトリミング工程が行われる。

[0060] トリミング工程では、まず各共振子 10 の共振周波数を測定し、周波数分布を算出する。次に、算出した周波数分布に基づき、周波数調整膜 236 の膜厚を調整する。周波数調整膜 236 の膜厚の調整は、例えばアルゴン (Ar) イオンビームを共振子 10 の全面に対して照射して、周波数調整膜 236 をエッチングすることによって行うことができる。さらに、周波数調整膜 236 の膜厚が調整されると、共振子 10 の洗浄を行い、飛び散った膜を除去することが望ましい。

[0061] このようにトリミング工程によって、周波数調整膜 236 の膜厚が調整されることによって、同一ウエハにおいて製造される複数の共振装置 1 の間で、周波数のばらつきを抑えることができる。

[0062] (7. 温度特性調整膜の機能)

次に、温度特性調整膜 237 の機能について説明する。上述のトリミング工程において、イオンビームが共振子 10 の全面に照射されると、周波数調整膜 236 と同時に保護膜 235 の膜厚も変動する。特に、振動腕 135 の固定端近傍に形成された保護膜 235 の膜厚が変動することで、共振周波数の温度依存性 (TCF: Temperature Coefficient

of Frequency)も変動してしまう。

[0063] 本実施形態に係る共振子10は、振動腕135における、振動腕135が延びる方向の中央Qよりも固定端側の領域において、温度特性調整膜237と保護膜235との両方が露出するように形成されている。従って、振動腕135の固定端近傍にイオンビームが照射された場合、中央Qよりも固定端側の領域においては、温度特性調整膜237と保護膜235との両方の厚みが増加する。

[0064] 温度特性調整膜237と保護膜235とは、異なる材質の膜であるため、そのヤング率の温度依存性(TCE: Temperature Coefficient of Elasticity)が互いに異なる。TCEが異なる2種類の膜の膜厚が増加した場合、それぞれの膜厚の増加に起因するTCFの変動を互いに打ち消しあうことができる。この結果、本実施形態に係る共振子10では、トリミング工程におけるTCFの変動を抑制することができる。

[0065] このような効果を奏する好ましい保護膜235と温度特性調整膜237との材料の組み合わせは例えば、窒化アルミニウム(AlN)とモリブデン(Mo)、窒化アルミニウム(AlN)と金(Au)、二酸化ケイ素(SiO₂)とモリブデン(Mo)、二酸化ケイ素(SiO₂)と金(Au)等である。他にも、保護膜235として窒化アルミニウム(AlN)、二酸化ケイ素(SiO₂)、窒化シリコン(SiN)、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、温度特性調整膜237としてアルミニウム(Al)、金-銅合金(AlCu)、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)、銅(Cu)、金(Au)、窒化チタン(TiN)等を使った任意の組み合わせでも同様の効果が得られる。

[0066] (8. 実験結果)

図5～図8を用いて、上述の温度特性調整膜237の機能について検証した結果について説明する。図5～図8に結果を示す検証では、いずれもトリミング工程前後において、TCFの特性の変化についてFEM(Finite Element Method)を用いてシミュレーションを行った。

[0067] まず、図5～図7においては、比較例の共振子として、以下の共振子A～Bを用いて検証を行った。なお、いずれの比較例の共振子も以下の点以外の構成は、本実施形態に係る共振子10と同様である。

- ・図5 周波数調整膜236、及び温度特性調整膜237のいずれも有さない共振子A

- ・図6 周波数調整膜236を有する一方で、温度特性調整膜237を有さない共振子B

- ・図7 振動腕135の全面において、周波数調整膜236が露出しており、保護膜235、及び温度特性調整膜237のいずれも露出していない共振子C

[0068] 図5に示すように、共振子Aでは、トリミング工程後のTCFは、トリミング工程前のものと比較して、傾きが負の方向へシフトしている。また、図6に示すように、共振子Bでも、トリミング工程後のTCFは、トリミング工程前のものと比較して、傾きが負の方向へシフトしている。他方で、図7に示すように、共振子Cでは、トリミング工程後のTCFは、トリミング工程前のものと比較して、傾きが正の方向へシフトしている。

[0069] 図6及び図5の結果から、振動腕135の開放端近傍に形成された周波数調整膜236は、TCFの変動抑制にほとんど影響を与えないことが分かる。また、図7及び図5の結果から、保護膜235の膜厚の変動によってTCFがシフトする方向と、温度特性調整膜237の膜厚の変動によってTCFがシフトする方向とは、逆方向であることが分かる。

[0070] 図8は、本実施形態における共振子10について、シミュレーションを行った結果を示すグラフである。図8に示すように、本実施形態に係る共振子10では、トリミング工程前後において、TCFを示すグラフは略重なっている。

[0071] このように、本実施形態に係る共振子10は、振動腕135における、振動腕135が延びる方向の中央Qよりも固定端側の領域に保護膜235と温度特性調整膜237との両方が露出する領域を有することにより、トリミン

グ工程によるTCFの変動を抑制することができる。

[0072] [第2実施形態]

第2実施形態以降では第1実施形態と共通の事柄についての記述を省略し、異なる点についてのみ説明する。特に、同様の構成による同様の作用効果については実施形態毎には逐次言及しない。

[0073] 図9は、本実施形態に係る、共振子10の構造の一例を概略的に示す平面図である。以下に、本実施形態に係る共振子10の詳細構成のうち、第1の実施形態との差異点を中心に説明する。

[0074] 本実施形態に係る共振子10は、それぞれの振動腕135の固定端近傍において、振動腕135の幅方向に沿った方向に温度特性調整膜237を有している。なお、振動腕135のその他の領域（錘部Gを除く）では、保護膜235が露出している。

その他の共振子10の構成は、第1実施形態と同様である。

[0075] [第3実施形態]

図10は、本実施形態に係る、共振子10の構造の一例を概略的に示す平面図である。以下に、本実施形態に係る共振子10の詳細構成のうち、第1実施形態との差異点を中心に説明する。

[0076] 本実施形態に係る共振子10は、基部130の表面（上蓋30に対向する面）において、前端131に沿って、温度特性調整膜237を有している。なお、基部130のその他の領域では、保護膜235が露出している。

その他の共振子10の構成は、第1実施形態と同様である。

[0077] [第4実施形態]

図11は、本実施形態に係る、共振子10の構造の一例を概略的に示す平面図である。以下に、本実施形態に係る共振子10の詳細構成のうち、第1実施形態との差異点を中心に説明する。

[0078] 本実施形態に係る共振子10は、振動腕135の中央Q近傍に温度特性調整膜237を有している。具体的には、共振子10は、振動腕135において、振動腕135が延びる方向の中央Qよりも固定端側の領域から、開放端

側の領域に亘って、保護膜 235 と温度特性調整膜 237 との両方が露出する領域を有している。即ち、共振子 10 は、振動腕 135 における表面において、振動腕 135 が延びる方向の中央 Q よりも固定端側の領域から、開放端側の領域に亘って、2つの側面に隣接して延びる2つの領域それぞれを覆うように、温度特性調整膜 237 を有し、その他の領域（錘部 G の開放端側を除く）において保護膜 235 が露出している。

その他の共振子 10 の構成は、第 1 実施形態と同様である。

[0079] 以上、本発明の例示的な実施形態について説明した。本発明の一実施形態に係る共振子 10 は、基部 130 と、金属層 E2 及び金属層 E1 と、金属層 E2 と金属層 E1 との間に設けられ、金属層 E2 に対向する上面を有し、金属層 E2 及び金属層 E1 の間に電圧が印加されたときに所定の振動モードで振動する圧電薄膜 F3 とを有し、一端が基部 130 の前端 131A と接続する固定端であり、他端が前端 131A から離れる方向に延びた開放端である複数の振動腕 135 と、基部 130 及び振動腕 135 の周囲の少なくとも一部に設けられた保持部 140 と、一端が基部 130 に接続され、他端が保持部 140 に接続される保持腕 111, 112 と、を有し、金属層 E2 を挟んで圧電薄膜 F3 の上面と対向して設けられ、かつ振動腕 135 から基部 130 に亘って設けられた保護膜 235 と、保護膜 235 とは異なる材料から成る、温度特性調整膜 237 と、を備え、温度特性調整膜 237 は、複数の振動腕 135 における当該振動腕 135 が延びる方向の中央よりも固定端側、及び、基部 130 の少なくとも一方において、保護膜 235 の一部が表面に露出するように設けられた。

[0080] また、本発明の一実施形態に係る共振子 10 は、基部 13・BR>0 と、金属層 E2 及び金属層 E1 と、金属層 E2 と金属層 E1 との間に設けられ、金属層 E2 に対向する上面を有し、金属層 E2 及び金属層 E1 の間に電圧が印加されたときに所定の振動モードで振動する圧電薄膜 F3 とを有し、一端が基部 130 の前端 131A と接続する固定端であり、他端が前端 131A から離れる方向に延びた開放端である複数の振動腕 135 と、基部 130 及び振

動腕 135 の周囲の少なくとも一部に設けられた保持部 140 と、一端が基部 130 に接続され、他端が保持部 140 に接続される保持腕 111, 112 と、を有し、金属層 E2 を挟んで圧電薄膜 F3 の上面と対向して設けられた保護膜 235 と、保護膜 235 とは異なる材料から成る、温度特性調整膜 237 と、を備え、温度特性調整膜 237 は、複数の振動腕 135 における当該振動腕 135 が延びる方向の中央よりも固定端側において、保護膜 235 の一部が表面に露出するように設けられた。

[0081] これによって、本実施形態に係る共振子 10 では、トリミング工程における TCF の変動を抑制することができる。

[0082] また、保護膜 235 を介して圧電薄膜 F3 の上面と対向して設けられた周波数調整膜 236 をさらに備え、周波数調整膜 236 は、複数の振動腕 135 のうち開放端を含む位置に、温度特性調整膜 237 と分離して設けられたことも好ましい。また、周波数調整膜 236 は、エッチングによる質量低減の速度が保護膜 235 よりも速い材料から成り、温度特性調整膜 237 は、周波数調整膜 236 と同じ材料から成る。これによって、本実施形態に係る共振子 10 は、トリミング工程によって、周波数調整膜 236 の膜厚が調整されることによって、同一ウエハにおいて製造される複数の共振装置 1 の間で、周波数のばらつきを抑えることができる。

[0083] また、保護膜 235 は、絶縁体であり、温度特性調整膜 237 は金属であることも好ましい。

[0084] 本実施形態に係る共振装置 1 は、上述の共振子 10 と、共振子 10 を覆う蓋体と、外部電極とを備える。これによって、本実施形態に係る共振装置 1 では、トリミング工程における TCF の変動を抑制することができる。

[0085] 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

態が備える各要素およびその配置、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、各実施形態は例示であり、異なる実施形態で示した構成の部分的な置換また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包含される。

符号の説明

[0086]	1	共振装置
	1 0	共振子
	3 0	上蓋
	2 0	下蓋
	1 4 0	保持部
	1 4 0 a ~ d	枠体
	1 1 1, 1 1 2	保持腕
	1 2 0	振動部
	1 3 0	基部
	1 3 5 A ~ D	振動腕
	F 2	S i 基板
	F 2 1	酸化ケイ素層（温度特性補正層）
	2 3 5	保護膜
	2 3 6	周波数調整膜
	2 3 7	温度特性調整膜

請求の範囲

[請求項1]

基部と、

第1電極及び第2電極と、前記第1電極と第2電極との間に設けられ、前記第1電極に対向する上面を有し、前記第1及び第2電極の間に電圧が印加されたときに所定の振動モードで振動する圧電膜とを有し、一端が前記基部の前端と接続する固定端であり、他端が前記前端から離れる方向に延びた開放端である振動腕と、

を有し、

前記第1電極を挟んで前記圧電膜の前記上面と対向して設けられ、かつ前記振動腕から前記基部に亘って設けられた保護膜と、

前記保護膜とは異なる材料から成る温度特性調整膜と、を備え、

前記温度特性調整膜は、前記複数の振動腕における当該振動腕が延びる方向の中央よりも前記固定端側、及び、前記基部の少なくとも一方において、前記保護膜の一部が表面に露出するように設けられた、共振子。

[請求項2]

基部と、

第1電極及び第2電極と、前記第1電極と第2電極との間に設けられ、前記第1電極に対向する上面を有し、前記第1及び第2電極の間に電圧が印加されたときに所定の振動モードで振動する圧電膜とを有し、一端が前記基部の前端と接続する固定端であり、他端が前記前端から離れる方向に延びた開放端である振動腕と、

を有し、

前記第1電極を挟んで前記圧電膜の前記上面と対向して設けられた保護膜と、

前記保護膜とは異なる材料から成る温度特性調整膜と、を備え、

前記温度特性調整膜は、前記複数の振動腕における当該振動腕が延

びる方向の中央よりも前記固定端側において、前記保護膜の一部が表面に露出するように設けられた、
共振子。

[請求項3] 前記保護膜を介して前記圧電膜の前記上面と対向して設けられた周波数調整膜をさらに
備え、

前記周波数調整膜は、前記複数の振動腕のうち前記開放端を含む位置に、前記温度特性調整膜と分離して設けられた、
請求項 1 又は 2 に記載の共振子。

[請求項4] 前記周波数調整膜は、
エッチングによる質量低減の速度が前記保護膜よりも速い材料から成り、
前記温度特性調整膜は、
前記周波数調整膜と同じ材料から成る、
請求項 3 に記載の共振子。

[請求項5] 前記保護膜は、絶縁体であり、前記温度特性調整膜は金属である、
請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の共振子。

[請求項6] 前記基部及び前記振動腕の周囲の少なくとも一部に設けられた保持部と、
一端が前記基部に接続され、他端が前記保持部に接続される保持腕と、
を有する、請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の共振子。

[請求項7] 請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の共振子と、
前記共振子を覆う蓋体と、
外部電極と、
を備える共振装置。

[図1]

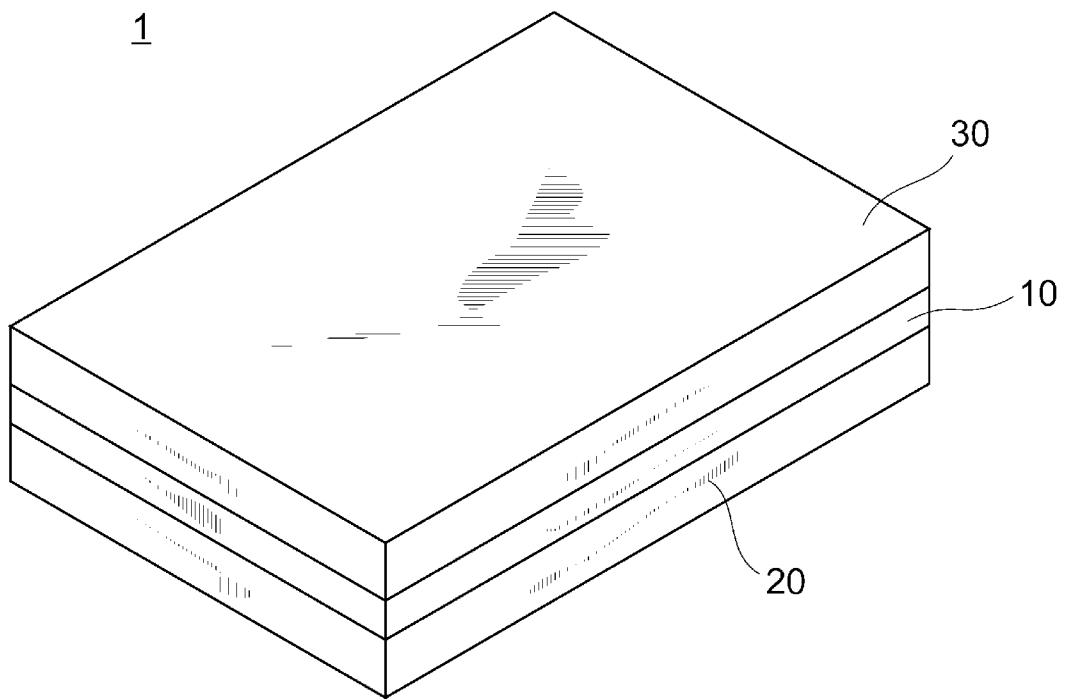


図 1

[図2]

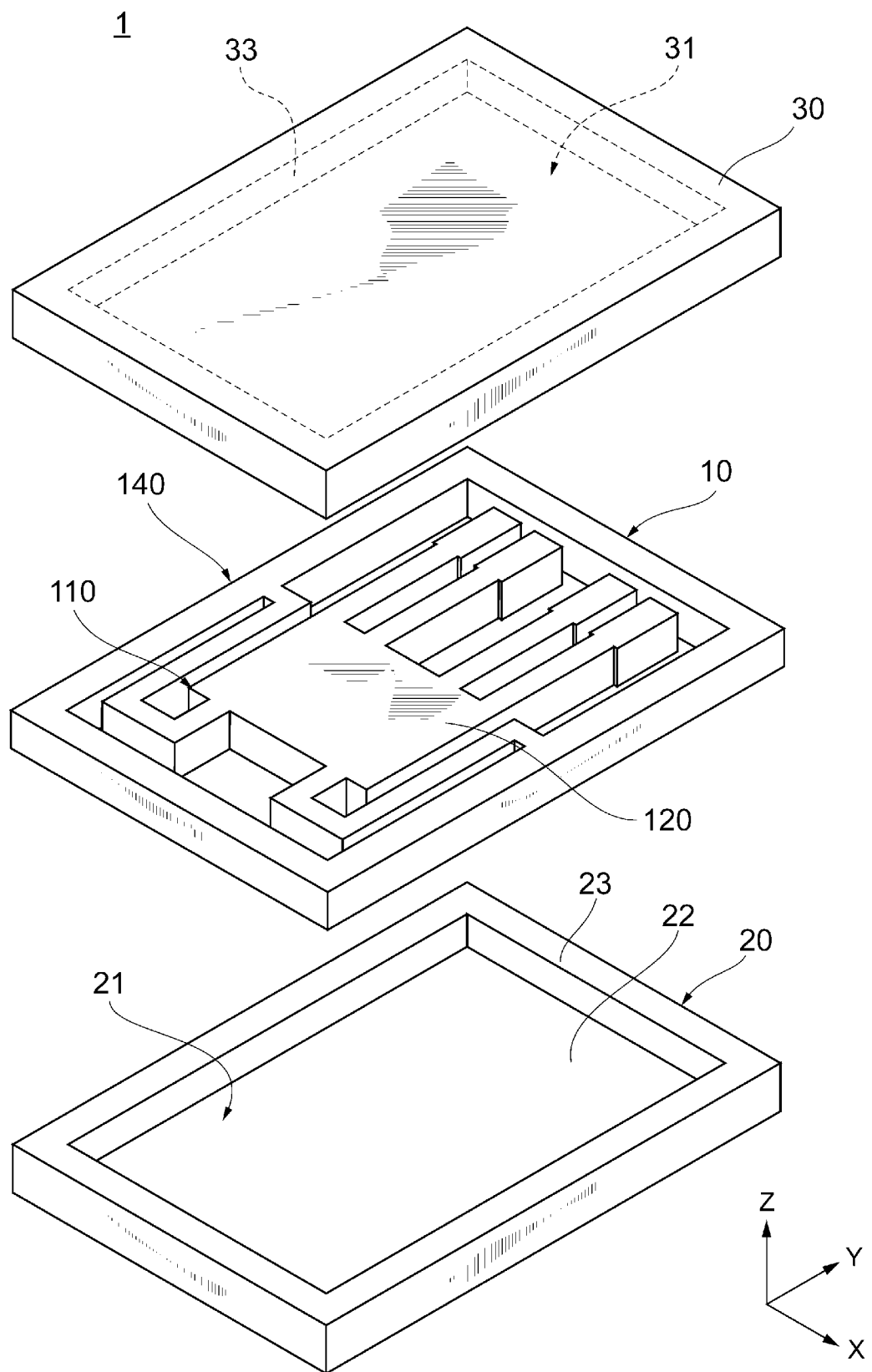


図 2

10



[図4]

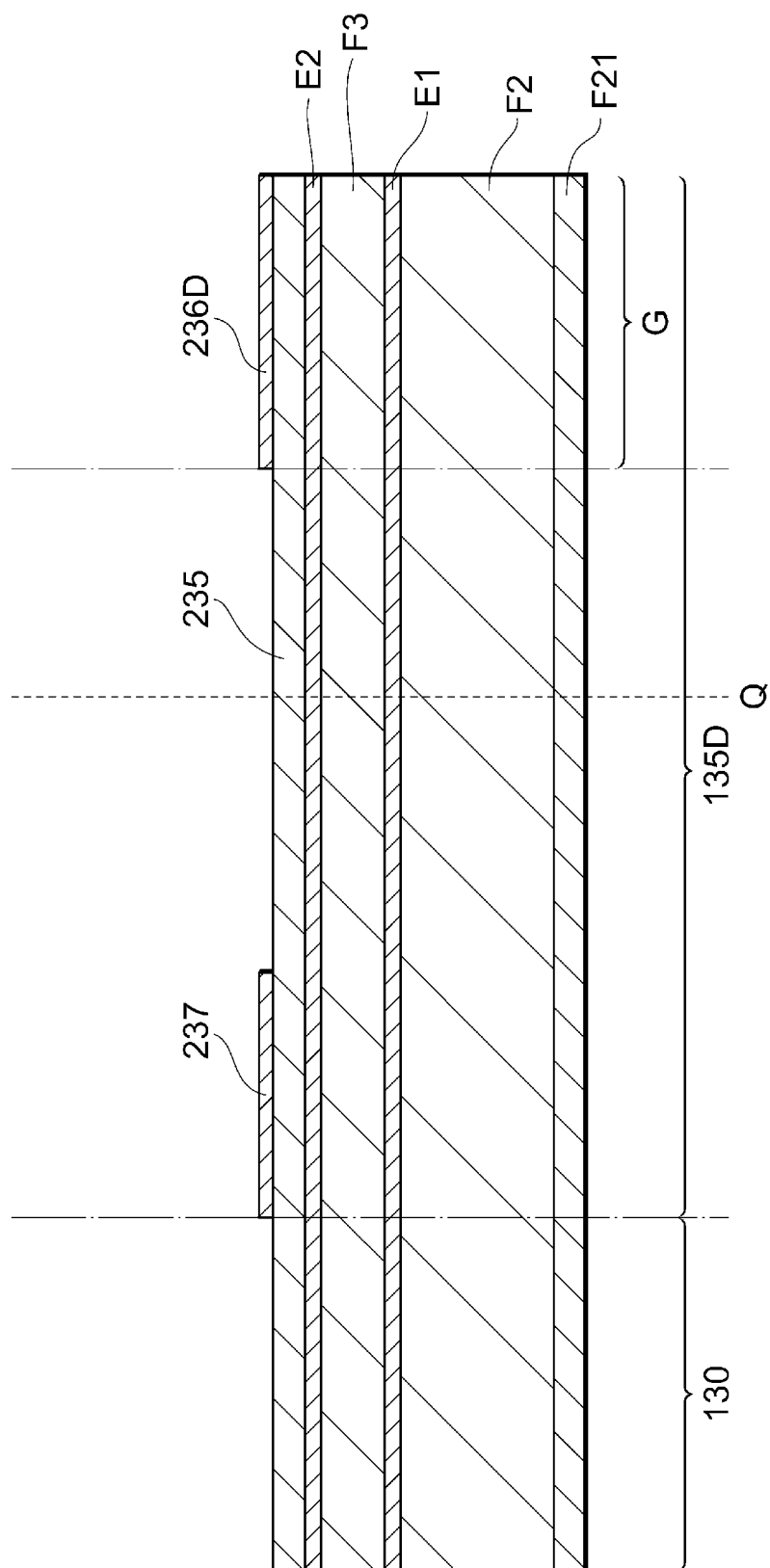


図 4

[図5]

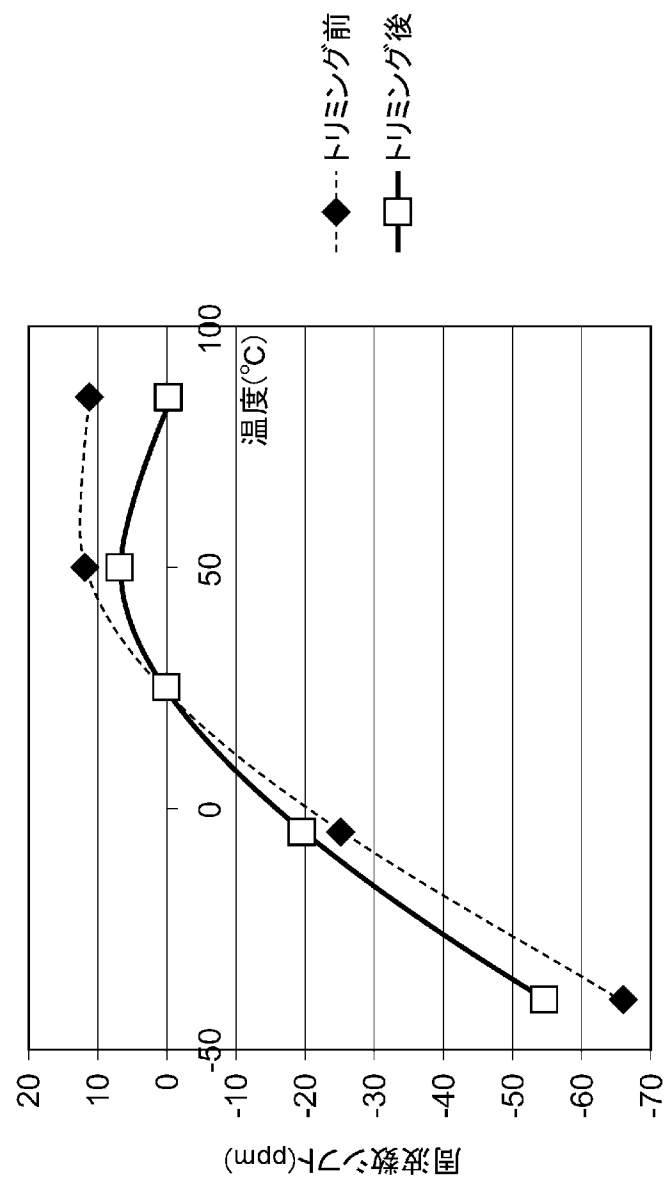


図 5

[図6]

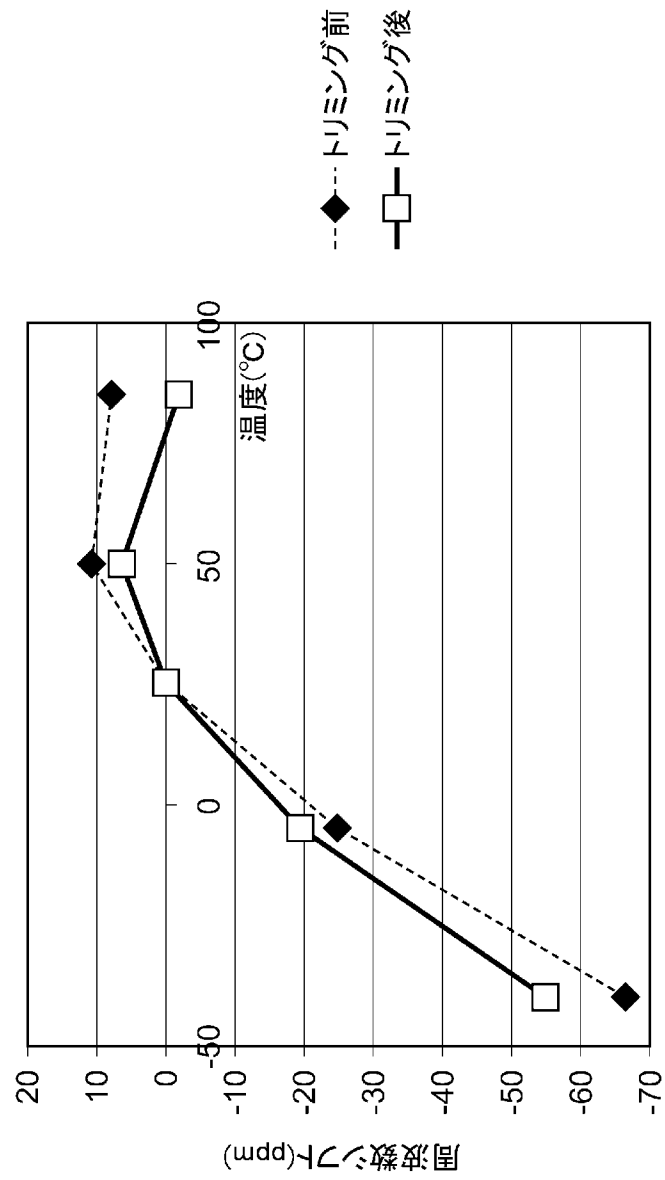


図 6

[図7]

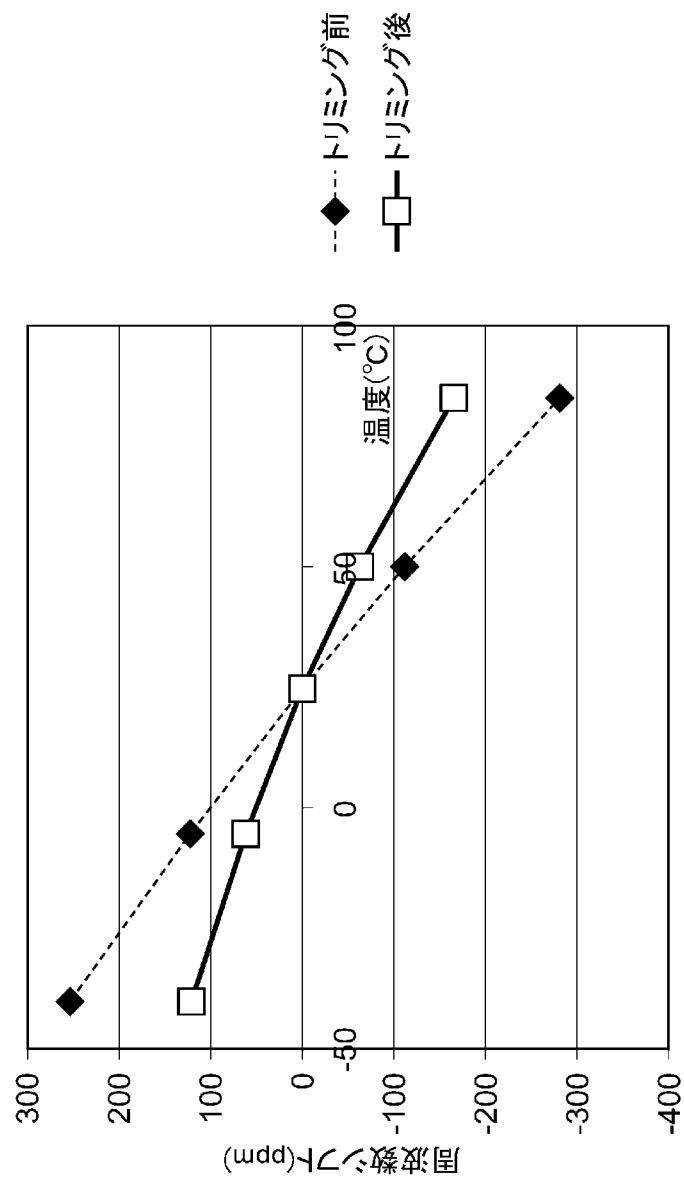
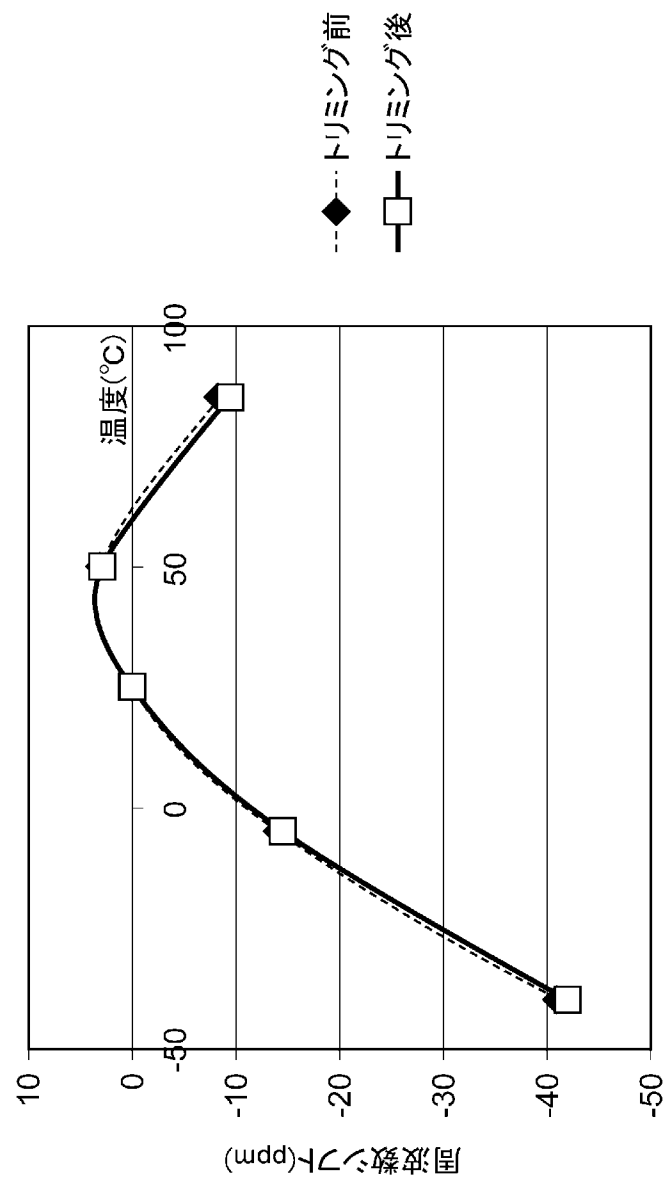


図 7

[図8]



[図9]

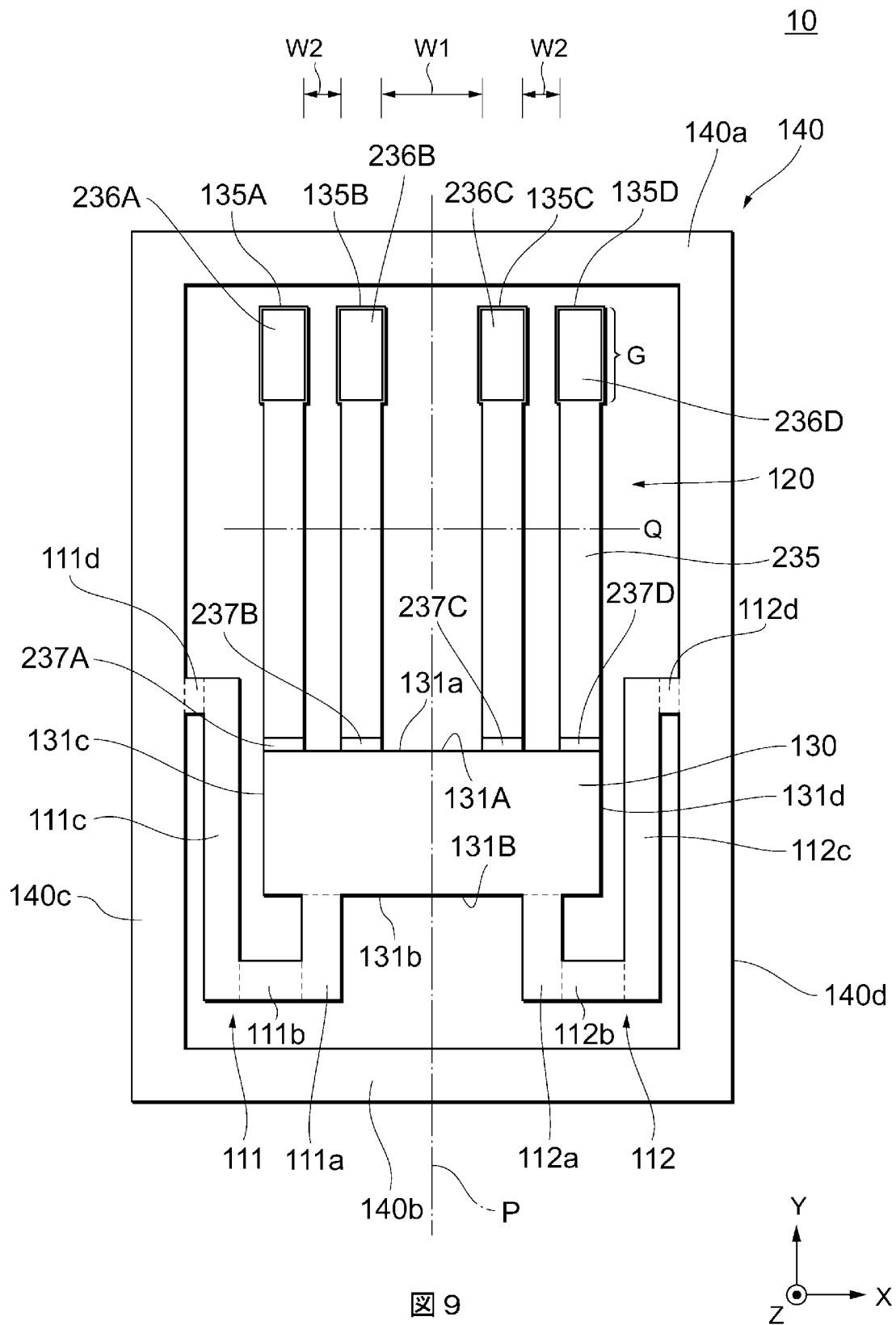


図 9

[図10]

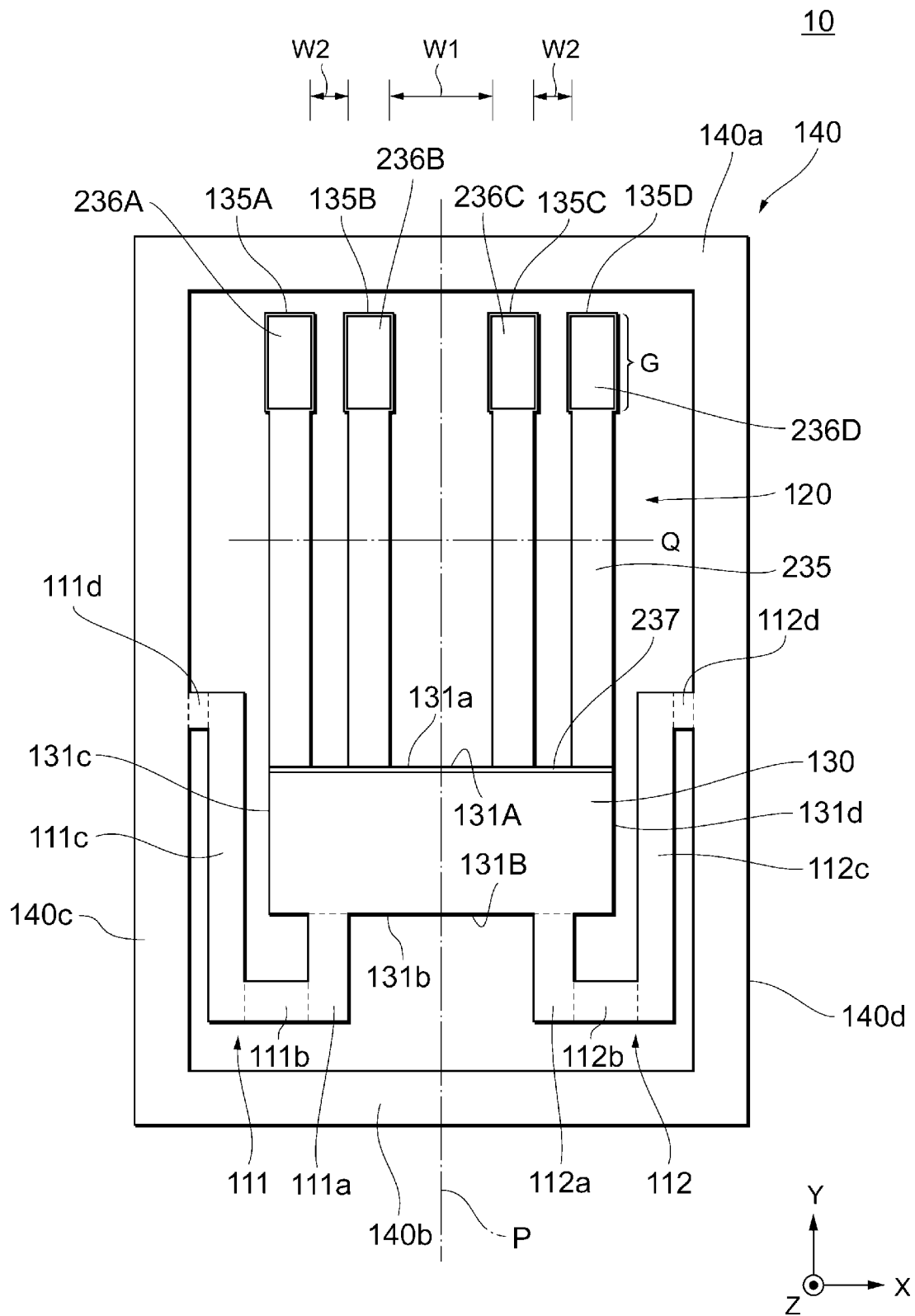


図 10

[図11]

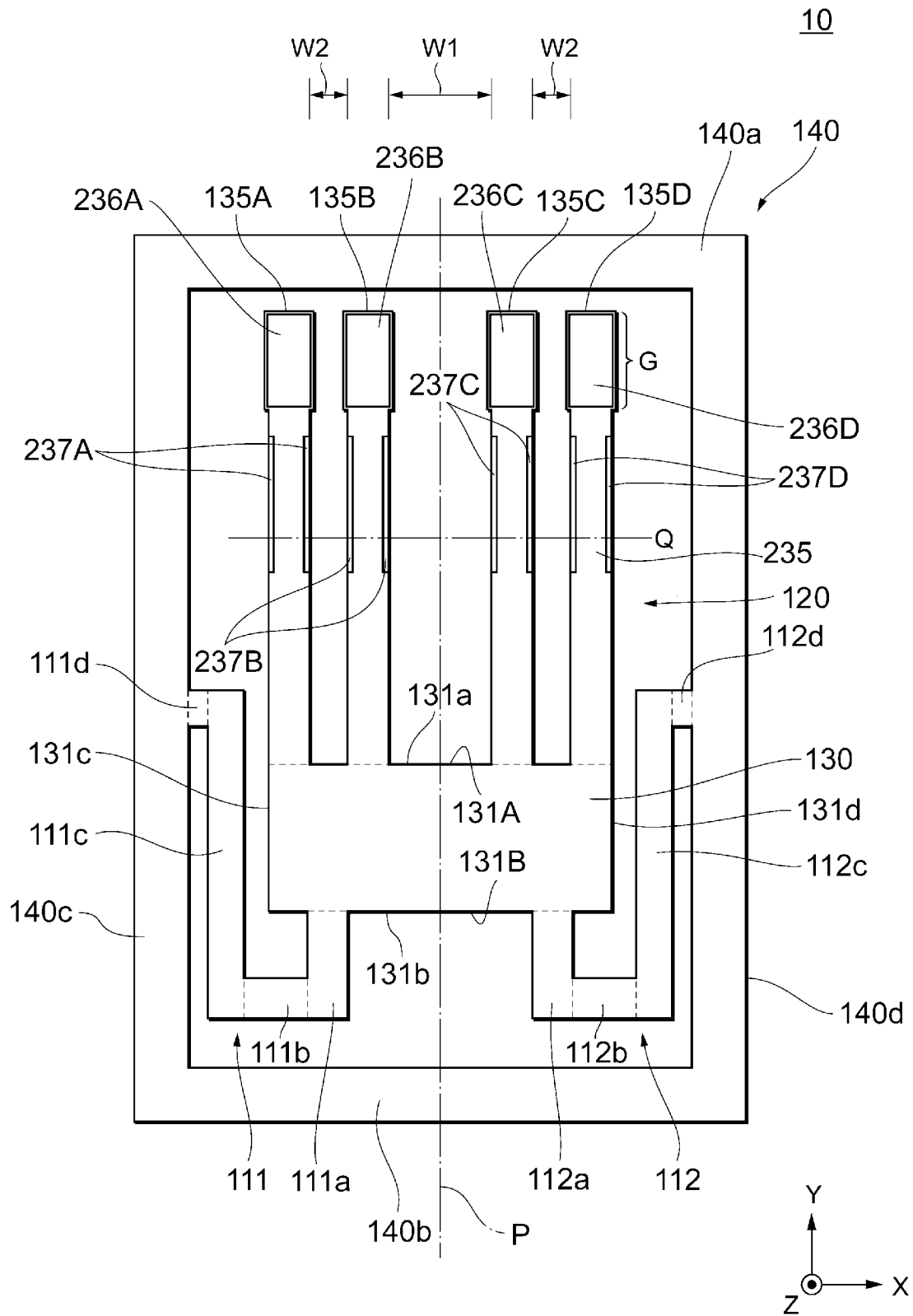


図 1 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/005609

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/24(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H03H9/02(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)

H03H9/24, B81B3/00, H01L41/113, H01L41/187, H03H9/02

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	WO 2015/041152 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 25 March 2015 (25.03.2015), paragraphs [0030] to [0034], [0038] to [0042]; fig. 1 to 2 & US 2016/0197597 A1 paragraphs [0046] to [0050], [0054] to [0058]; fig. 1 to 2 & CN 105556840 A	1-7
A	JP 2011-223371 A (Seiko Epson Corp.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraphs [0090] to [0095]; fig. 13 to 15 (Family: none)	1-7

☒ 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
29 March 2017 (29.03.17)

Date of mailing of the international search report
11 April 2017 (11.04.17)

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/JP2017/005609

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 2010-220193 A (Seiko Epson Corp.), 30 September 2010 (30.09.2010), paragraphs [0044] to [0048]; fig. 6 & US 2010/0207486 A1 paragraphs [0070] to [0074]; fig. 6	1-7
A	JP 2012-65293 A (Seiko Epson Corp.), 29 March 2012 (29.03.2012), paragraphs [0018] to [0027], [0053] to [0065]; fig. 1 to 2, 4(a) (Family: none)	3-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H03H9/24(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H03H9/02(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. H03H9/24, B81B3/00, H01L41/113, H01L41/187, H03H9/02

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	WO 2015/041152 A1 (株式会社村田製作所) 2015.03.25, 段落 [0030]-[0034], [0038]-[0042], 第1-2図 & US 2016/0197597 A1, [0046]-[0050], [0054]-[0058], Fig.1-2 & CN 105556840 A	1-7
A	JP 2011-223371 A (セイコーエプソン株式会社) 2011.11.04, 段落 [0090]-[0095], 第13-15図 (ファミリーなし)	1-7

☑ 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

29.03.2017

国際調査報告の発送日

11.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

橋本 和志

5W

8388

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 2010-220193 A (セイコーエプソン株式会社) 2010. 09. 30, 段落 [0044]-[0048], 第 6 図 & US 2010/0207486 A1, [0070]-[0074], Fig. 6	1-7
A	JP 2012-65293 A (セイコーエプソン株式会社) 2012. 03. 29, 段落 [0018]-[0027], [0053]-[0065], 第 1-2 図, 第 4(a) 図 (ファミリー なし)	3-7