

(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
2018年1月11日(11.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/008480 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/24 (2006.01)

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).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/023622

(22) 国際出願日: 2017年6月27日(27.06.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-133537 2016年7月5日(05.07.2016) 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: 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). 福光 政
和 (FUKUMITSU, Masakazu); 〒6178555 京都

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

(54) Title: RESONATOR AND RESONANCE DEVICE

(54) 発明の名称: 共振子及び共振装置

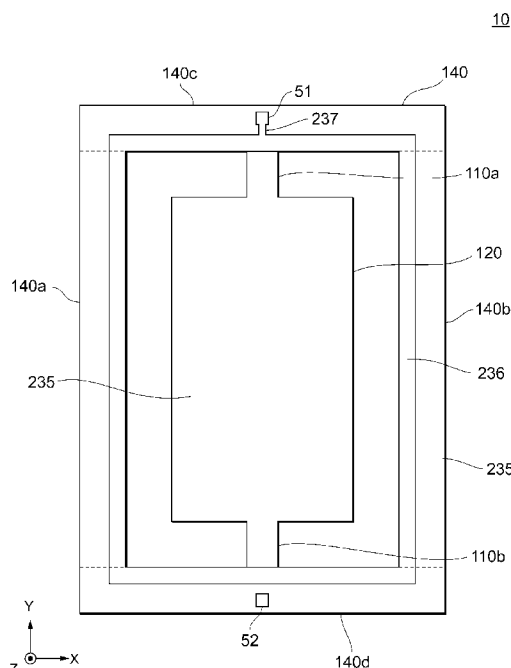


図 3

(57) Abstract: In order to avoid the resonance frequency from being affected by the charge on an insulator layer on a holding unit, this resonator is provided with: a vibration unit which has a piezoelectric film and a lower electrode and upper electrode provided oppositely of each other with the piezoelectric film interposed therebetween and which vibrates at a prescribed vibration mode; a holding unit which is provided at least around the maximum-displacement region, where displacement of vibration in the vibration-unit is maximal, and which has an insulation film; a holding arm which connects the vibration unit and the holding unit; and a conducting section which is formed in contact with the insulation film of the holding unit in at least the region of the holding unit opposite of the maximum displacement region of the vibration unit, wherein the conducting unit is either electrically connected to the lower or the upper electrode, or is grounded.



(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: 保持部上の絶縁体層に帯電した電荷が共振周波数に与える影響を抑制する。圧電膜と、当該圧電膜を間に挟んで対向するように設けられた下部電極及び上部電極とを有し、所定の振動モードで振動する振動部と、振動部における振動の変位が最大となる変位最大領域の周囲に少なくとも設けられ、絶縁膜を有する保持部と、振動部と保持部とを接続する保持腕と、保持部における少なくとも振動部の変位最大領域に対向する領域において、保持部の絶縁膜に接して形成された導電部と、を備え、導電部は、下部電極又は前記上部電極と電氣的に接続されるか、又は、接地される。

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] 従来の共振子は、矩形の振動部（振動体）が保持腕によって保持部に接続される構成となっており、保持部の表面は絶縁膜によって覆われる構成となっている。このような共振子の場合、例えば薄膜形成時に発生する電界等によって、保持部における絶縁膜が帯電してしまう場合がある。また、このような従来の共振子に特許文献1に記載されたようなイオンビームを用いた周

波数調整方法を用いた場合、イオンビームが保持部に照射されることによって、保持部における絶縁膜が帯電してしまう場合がある。この結果、保持部と振動部との間にクーロン力が発生してしまい、共振周波数が変動してしまう。

[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、保持部上の絶縁膜に帯電した電荷が共振周波数に与える影響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、圧電膜と、当該圧電膜を間に挟んで対向するように設けられた下部電極及び上部電極とを有し、所定の振動モードで振動する振動部と、振動部における振動の変位が最大となる変位最大領域の周囲に少なくとも設けられ、絶縁膜を有する保持部と、振動部と保持部とを接続する保持腕と、保持部における少なくとも振動部の変位最大領域に対向する領域において、保持部の絶縁膜に接して形成された導電部と、を備え、導電部は、下部電極又は前記上部電極と電氣的に接続された、又は、接地される。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、保持部上の絶縁膜に帯電した電荷が共振周波数に与える影響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A-A'線に沿った断面図である。

[図5]本発明の第1実施形態に係る共振子の振動形態を解析した結果を示す図である。

[図6]本発明の第2実施形態に係る共振子の平面図である。

[図7]本発明の第2実施形態に係る共振装置の断面図である。

[図8]本発明の第3実施形態に係る共振装置の分解斜視図である。

[図9]本発明の第3実施形態に係る共振子の平面図である。

[図10]図8のB-B'線に沿った断面図である。

[図11]本発明の第4実施形態に係る共振装置の分解斜視図である。

[図12]本発明の第4実施形態に係る共振子の平面図である。

[図13]本発明の第5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 平面に沿って広がる平板形状を有している。

[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。なお、図 3 においては、共振子 10 の構造における特徴の少なくとも一部を説明するのに必要な構成を抽出して記載しているが、共振子 10 が不図示の構成を備えることを妨げるものではない。共振子 10 は、振動部 120 と、保持部 140 と、保持腕 110 a、110 b と、導電部 236 と、配線 237 と、端子 51、52 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。振動部 120 は、Y 軸方向に長辺、X 軸方向に短辺を有している。

[0019] 詳細については図 4、5 を用いて説明するが、振動部 120 上には、後述する金属層 E2 が形成されることによって、Si 基板 F2（図 4 参照）の表面に対向する面を有する 1 つの上部電極を有し、当該 1 つの上部電極に対応して 1 つの振動領域を有する。振動領域は、振動部 120 において、後述す

る保持腕 110 との接続箇所をつなぐ領域を節とし、X 軸方向に輪郭振動するように構成されている。本実施形態に係る振動部 120 は、その四隅において、振動の変位が最大となる（図 5 参照）。

[0020] なお、振動部 120 は、複数の上部電極を有していてもよく、この場合、振動部 120 は、複数の上部電極の個数に応じて分割された複数の振動領域を有する。

[0021] 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絶縁膜 235 が形成されている。尚、絶縁膜 235 は必ずしも振動部 120 の全面を覆う必要はないが、圧電膜（例えば図 4 の圧電薄膜 F3）へのダメージを保護する上で、振動部 120 の全面の方が望ましい。

[0022] （b）保持部 140

保持部 140 は、XY 平面に沿って矩形の枠状に形成される。保持部 140 は、平面視において、XY 平面に沿って振動部 120 の外側を囲むように設けられる。なお、保持部 140 は、少なくとも振動部 120 における振動の変位が最大となる変位最大領域（本実施形態においては振動部 120 の四隅の領域）の周囲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 140 は、振動部 120 を保持し、また、上蓋 30 及び下蓋 20 と接合できる程度に、振動部 120 の周囲に設けられていればよい。

[0023] 本実施形態においては、保持部 140 は枠体 140a、140b、140c、140d からなる。なお、図 2 に示すように、枠体 140a～140c は、一体形成される角柱形状を有している。枠体 140a、140b は、図 3 に示すように Y 軸方向に平行に、振動部 120 の長辺に対向して延びている。また、枠体 140c、140d は、振動部 120 の短辺に対向して X 軸方向に平行に延び、その両端で枠体 140a、140b の両端にそれぞれ接続される。

[0024] 枠体 140c、140d は、その中央付近において、保持腕 110 によって接続されている。さらに枠体 140c、140d は、保持腕 110 との接続箇所近傍において、それぞれ端子 51、52 を備えている。端子 51 は後

述する上部電極E 2（図4 参照）を外部に接続させるための端子である。また、端子5 2は、後述する下部電極E 1（図4 参照）を外部に接続させるための端子である。

[0025] また、保持部1 4 0の表面は、絶縁膜2 3 5で覆われている。

[0026] （c）保持腕1 1 0

保持腕1 1 0 a、1 1 0 b（以下、まとめて「保持腕1 1 0」とも呼ぶ。）は、角柱形状の腕であり、保持部1 4 0の内側であって、振動部1 2 0の短辺と枠体1 4 0 c、1 4 0 dとの間の空間に設けられる。保持腕1 1 0 a、1 1 0 bは、振動部1 2 0の短辺をそれぞれ枠体1 4 0 c、1 4 0 dに接続する。

[0027] 本実施形態においては、保持腕1 1 0は、絶縁膜2 3 5で覆われているとして説明するが、これに限定されず、絶縁膜2 3 5は、保持腕1 1 0の表面には形成されていなくてもよい。

[0028] （d）導電部2 3 6

導電部2 3 6は、保持部1 4 0上において、保持部1 4 0の内縁に沿って形成されている。具体的には、導電部2 3 6は、平面視において、その内縁が保持部1 4 0の内縁と略一致する位置に設けられており、その外縁が、保持部1 4 0における内縁と外縁との間に位置している。導電部2 3 6の内縁から外縁に向かう幅は、例えば1 0 μ m程度である。また、導電部2 3 6の外縁は、保持部1 4 0上における後述する接合層3 5（図3には不図示。図4 参照）が形成される領域には位置しないことが好ましい。例えば、導電部2 3 6の外縁と、保持部1 4 0の外縁との間には、後述する接合層3 5の幅より大きい間隔が設けられている構成が望ましいが、導電部2 3 6の外縁と保持部1 4 0の外縁とが一致してもよい。

[0029] なお、導電部2 3 6は、少なくとも、振動部1 2 0において振動による変位が最大となる変位最大領域（本実施形態では振動部1 2 0の四隅）に対向する領域において、保持部1 4 0の絶縁膜2 3 5に接するように形成されていればよい。この場合の導電部2 3 6の構成については、第2乃至第4実施

形態において説明する。

[0030] (e) 端子 5 1、5 2

端子 5 1、5 2 は外部電極と共振子とを接続する入出力端子である。端子 5 1 は、保持部 1 4 0 の枠体 1 4 0 c 上に形成された金属が充填された孔であり、金属層 E 2 (図 4 参照) と外部電極とを接続させる。さらに端子 5 1 には導電部 2 3 6 が接続されている。即ち端子 5 1 において、金属層 E 2 (図 4 参照) と導電部 2 3 6 とが電氣的に接続されている。

他方で、端子 5 2 は保持部 1 4 0 の枠体 1 4 0 d 上に形成された金属が充填された孔であり、金属層 E 1 (図 4 参照) と外部電極とを接続させる。

[0031] (f) 配線 2 3 7

配線 2 3 7 は、導電部 2 3 6 を端子 5 1 まで引き出して、端子 5 1 と導電部 2 3 6 とを接続させる。なお、配線 2 3 7 は、導電部 2 3 6 を端子 5 2 まで引き出して、端子 5 2 と導電部 2 3 6 とを接続させる構成でもよい。また、配線 2 3 7 は、導電部 2 3 6 を接地端子 (不図示) と接続させる構成でもよい。

[0032] (4. 積層構造)

次に図 4 を用いて共振子 1 0 の積層構造、及び構成材料について説明する。図 4 は、図 2 の A A' 断面を模式的に示す概略図である。

[0033] 図 4 に示すように、本実施形態に係る共振装置 1 は、下蓋 2 0 の側壁 2 3 と共振子 1 0 の保持部 1 4 0 が接合され、さらに共振子 1 0 の保持部 1 4 0 と上蓋 3 0 の側壁 3 3 が接合される。このようにして、下蓋 2 0 と上蓋 3 0 との間に共振子 1 0 が保持され、下蓋 2 0 と上蓋 3 0 との間に、振動部 1 2 0 が振動する振動空間が形成される。

[0034] 下蓋 2 0 の底板 2 2 及び側壁 2 3 は、S i (シリコン) により、一体的に形成されている。なお、側壁 2 3 の上面には酸化ケイ素 (例えば S i O₂) 膜が形成され、この酸化ケイ素膜によって、下蓋 2 0 が共振子 1 0 の保持部 1 4 0 と接合される構成でもよい。Z 軸方向に規定される下蓋 2 0 の厚みは、例えば 1 5 0 μm、凹部 2 1 の深さは、例えば 5 0 μm である。

- [0035] 上蓋 30 は、所定の厚みの Si（シリコン）ウエハにより形成されている。図 4 に示すように、上蓋 30 はその周辺部（側壁 33）で共振子 10 の保持部 140 と接合されている。上蓋 30 の周縁部と保持部 140 との間には、接合層 35 が形成されており、この接合層 35 によって、上蓋 30 が保持部 140 と接合される。接合層 35 は、例えば Au（金）膜及び Sn（錫）膜から形成されている。
- [0036] 共振子 10 では、保持部 140、振動部 120、保持腕 110 は、同一プロセスで一体的に形成される。共振子 10 では、まず、Si（シリコン）基板 F2 の上に、金属層 E1 が積層されている。そして、金属層 E1 の上には、金属層 E1 を覆うように、圧電薄膜 F3（圧電膜の一例である。）が積層されており、さらに、圧電薄膜 F3 の表面（上面の一例である。）には、金属層 E2 が積層されている。金属層 E2 の上には、金属層 E2 を覆うように、絶縁膜 235 が積層されている。保持部 140 上においては、さらに、絶縁膜 235 上に、導電膜 236 が積層されている。尚、低抵抗となる縮退シリコン基板を用いる事で、Si 基板 F2 自体が金属層 E1 を兼ねる事で、金属層 E1 を省略する事も可能である。
- [0037] Si 基板 F2 は、例えば、厚さ 6 μm 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。Si 基板 F2 に用いられる縮退 Si の抵抗値は、例えば 1.6 $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 未満であり、より好ましくは 1.2 $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下である。さらに Si 基板 F2 の下面には酸化ケイ素（例えば SiO₂）層（温度特性補正層）F1 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。
- [0038] 本実施形態において、酸化ケイ素層（温度特性補正層）F1 とは、当該酸化ケイ素層 F1 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 が酸化ケイ素層 F1 を有することにより、例えば、S

i 基板 F 2 と金属層 E 1、E 2 と圧電薄膜 F 3 及び酸化ケイ素層（温度補正層）F 1 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。

[0039] 共振子 1 0 においては、酸化ケイ素層 F 1 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 F 1 の厚みのばらつきが、厚みの平均値から $\pm 20\%$ 以内であることをいう。

[0040] なお、酸化ケイ素層 F 1 は、S i 基板 F 2 の上面に形成されてもよいし、S i 基板 F 2 の上面と下面の双方に形成されてもよい。また、保持部 1 4 0 においては、S i 基板 F 2 の下面に酸化ケイ素層 F 1 が形成されなくてもよい。

[0041] 金属層 E 2、E 1 は、例えば厚さ $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 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 E 2、E 1 は、エッチング等により、所望の形状に形成される。金属層 E 1 は、例えば振動部 1 2 0 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 E 1 は、保持腕 1 1 0 や保持部 1 4 0 上においては、共振子 1 0 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。

[0042] 他方で、金属層 E 2 は、振動部 1 2 0 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 E 2 は、保持腕 1 1 1、1 1 2 や保持部 1 4 0 上においては、共振子 1 0 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。

[0043] 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 3 0 の外面に電極（外部電極の一例である。）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 3 0 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。また、上蓋 3 0 の外面に接地端子を形成して、下部配線を接地させる構成とすることも可能である。

- [0044] 圧電薄膜F 3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F 3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F 3は、例えば、1 μ mの厚さを有するが、0.2 μ mから2 μ m程度を用いることも可能である。
- [0045] 絶縁膜235は、絶縁体の層であり、本実施形態では、共振子10の全面に形成されている。例えば、絶縁膜235は、AlNやSiN等の窒化膜やTa₂O₅（5酸化タンタル）やSiO₂等の酸化膜により形成される。絶縁膜235の厚さは、例えば0.2 μ m程度である。
- [0046] 端子51は、金属層E2の表面が露出するように絶縁膜235の一部を除去した孔に、導電体が充填されて形成されている。また、端子52は、金属層E1の表面が露出するように絶縁膜235、圧電薄膜F3の一部を除去した孔に導電体が充填されて形成されている。端子51、52に充填される導電体は、例えばMo（モリブデン）やアルミニウム（Al）等である。
- [0047] 導電部236及び配線237は、導電体の層である。導電部236及び配線237は、例えば、モリブデン（Mo）やタングステン（W）や金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）等の金属により形成される。
- [0048] 導電部236は、保持部140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。図4の例では、導電部236は、保持部140の内縁と、接合層35との間に形成されている。また、導電部236は、金属層E2を外部に接続させる端子51を介して、外部電極と電氣的に接続される。
- [0049] （5. 共振子の機能）
- 次に、共振子10の機能について説明する。本実施形態では、圧電薄膜F3は、振動部120上に形成された金属層E2（上部電極）、金属層E1（

下部電極)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。具体的には、圧電薄膜F3はc軸方向に配向しており、そのため、金属層E2(上部電極)、金属層E1(下部電極)に所定の電界を印加して、金属層E2(上部電極)と金属層E1(下部電極)との間に所定の電位差を形成すると、この電位差に応じて圧電薄膜F3がXY面内方向において伸縮することにより、振動領域が輪郭振動する。

[0050] 図5は、本実施形態に係る共振子10の振動態様をFEMによって解析した結果を示す図である。図5においては、共振子10のうち、振動部120における解析結果を抜粋して表示している。図5において、色の薄い領域は振動による変位が少ない領域を示し、色の濃い領域は振動による変位が大きい領域を示している。

[0051] 図5の結果から、振動部120は、その四隅において、振動の変位が最大となることが分かる。

[0052] (6. 導電部の機能)

次に、導電膜236の機能について説明する。本実施形態に係る共振子10は、保持部140に絶縁膜235が形成される構成を有している。このような共振子10では、種々の要因によって、保持部140上の絶縁膜235が帯電してしまう場合がある。

[0053] 例えば、一例として、共振子10において薄膜形成時に発生する電界等によって保持部140における絶縁膜235が帯電する。また、絶縁膜235に焦電体を使用した場合には、熱の昇降温によって焦電効果が発生するため、絶縁膜235の界面に電荷が発生する。さらに、振動部120に周波数調整用の膜を形成し、イオンビーム等によって共振周波数を調整する構成である場合には、イオンビームが保持部140にも照射されることによっても、保持部140における絶縁膜235が帯電してしまう。

[0054] このような要因によって、保持部140の絶縁膜235が帯電した場合、振動部120との間にクーロン力が発生し、共振周波数を変動させてしまう。

[0055] 本実施形態に係る共振子 10 では、絶縁膜 235 上に導電部 236 を形成し、外部電極と接続する端子 51 へと接続させる。これによって、絶縁膜 235 に帯電された電荷を外部との接続端子である端子 51 を介して、共振装置 1 の外部へ逃がすことができる。このように本実施形態に係る共振子 10 では、保持部 140 上に形成された絶縁膜 235 に電荷が帯電することを抑制できるため、保持部 140 に帯電した電荷による共振周波数の変動を防止することができる。

[0056] 特に、導電部 236 を、保持部 140 における、振動部 120 の四隅（振動の変位が他より大きい領域）近辺の領域（第 2 領域の一例である。）に形成することによって、振動部 120 をより安定させて駆動させることができる。

[0057] なお、導電部 236 を端子 52 と接続させた場合や、接地させた場合にも同様の効果が得られる。

[0058] [第 2 実施形態]

第 2 実施形態以降では第 1 の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。

[0059] 図 6、及び図 7 を用いて、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。図 6 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（説明の簡略化のため、接合層 35 については図 3 と同様に図 6 からは省略している）。また図 7 は、図 2 の A A' 断面に対応し、本実施形態に係る共振装置 1 における断面図である。

[0060] （1. 上蓋 30 及び下蓋 20）

図 7 に示すように、上蓋 30 及び下蓋 20 は、共振子 10 に対向する面に、導電性の膜を有している。具体的には、上蓋 30 の裏面、及び下蓋 20 の凹部 21 における内壁が導電性の膜 37、27 でそれぞれ覆われている。膜 37、27 はそれぞれ上蓋 30、下蓋 20 を介して外部電極、または接地端

子と電氣的に接続される。

[0061] このように本実施形態に係る共振装置 1 は、上蓋 30 及び下蓋 20 は、共振子 10 に対向する面において導電性の膜 37、27 を有している。これによって、振動部 120 の近辺において、電荷が帯電することを防ぐことができ、より振動部 120 を安定して駆動させることができる。

[0062] (2. 共振子 10)

本実施形態に係る共振子 10 においては、保持部 140 における、導電部 236 が振動部 120 の四隅（振動の変位が最大となる変位最大領域）に対向する領域に限定して形成されている。

[0063] 具体的には、導電部 236 は、保持部 140 における内縁側の角部近傍（第 2 領域の一例である。）に形成されている。図 6 の例では、導電部 236 は、保持部 140 の内縁から外縁に向かって、扇形の形状で形成されているが、導電部 236 の形状はこれに限定されない。導電部 236 は、保持部 140 の内縁側の角部に沿って屈曲した帯状の形状でもよい。

[0064] 枠体 140 c 側に形成された 2 つの導電部 236 は、配線 237 によって引き出され、端子 51 に接続されている。他方、枠体 140 d 側に形成された 2 つの導電部 236 は、配線 237 によって引き出され端子 52 に接続されている。

[0065] なお、端子 51、52 の構成は第 1 実施形態と同様であるため説明を省略する。

その他の共振装置 1 の構成、効果は第 1 実施形態と同様である。

[0066] [第 3 実施形態]

図 8 乃至図 10 を用いて、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。図 8 は、本実施形態に係る共振装置 1 の分解斜視図である。また、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（説明の簡略化のため、接合層 35 については図 3 と同様に図 9 からは省略している）。また図 10 は図 8 の B-B' 断面図である。

[0067] (1. 上蓋 30 及び下蓋 20)

本実施形態において、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。

[0068] 図 10 に示すように、上蓋 30 及び下蓋 20 は、共振子 10 に対向する面に、導電性の膜を有している。具体的には、上蓋 30 の凹部 31、及び下蓋 20 の凹部 21 は、その内壁が導電性の膜 37、27 で覆われている。なお、膜 37、27 の構成は第 2 実施形態における膜 37、27 の構成、効果と同様であるため説明を省略する。

[0069] このように本実施形態に係る共振装置 1 は、上蓋 30 が凹部 31 を有しており、さらに凹部 31 の内壁にも導電性の膜 37 が形成されている。これによって、振動部 120 の近辺において、電荷が帯電することを防ぐことができ、より振動部 120 を安定して駆動させることができる。

[0070] (2. 共振子 10)

本実施形態に係る共振子 10 における振動部 120 は、面外屈曲を行う。また、共振子 10 は、第 1 実施形態に係る保持腕 110 に代えて、保持腕 111、112 を有し、配線 237 に代えて、配線 238 を有している。

[0071] 本実施形態に係る保持部 140 は、図 9 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 9 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。さらに、面外屈曲振動に限らず、X 軸方向への面内屈曲共振子でも良い。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。

[0072] 基部 130 は、平面視において、X 軸方向に長辺 131 a、131 b、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。

[0073] 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。

[0074] 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 $40\mu\text{m}$ 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 $285\mu\text{m}$ 程度である。

[0075] 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 $50\mu\text{m}$ 程度、Y 軸方向の長さが $420\mu\text{m}$ 程度である。

[0076] なお、振動腕 135 はそれぞれ開放端に、錘部を有する構成でもよい。錘部は、振動腕 135 の他の部位よりも X 軸方向の幅が広い部位をいう。錘部

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る。従って、振動腕 135 が開放端側にそれぞれ錘部を有する場合には、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。

[0077] 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) との間の間隔 W2 よりも大きく設定される。間隔 W1 は例えば 30 μ m 程度、間隔 W2 は例えば 25 μ 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。

[0078] 本実施形態では、外側の振動腕 135 A、135 D に印加される電界の位相と、内側の振動腕 135 B、135 C 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 135 A、135 D と内側の振動腕 135 B、135 C とが互いに逆方向に変位する。例えば、外側の振動腕 135 A、135 D が上蓋 30 の内面に向かって開放端を変位すると、内側の振動腕 135 B、135 C は下蓋 20 の内面に向かって開放端を変位する。即ち、本実施形態における振動部 120 は、振動腕 135 の開放端近傍において、振動の変位が最大となる。

[0079] 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 10 に示す振動腕 135 A と振動腕 135 B との間で Y 軸に平行に延びる中心軸 r1 回りに振動腕 135 A と振動腕 135 B とが上下逆方向に振動する。また、振動腕 135 C と振動腕 135 D との間で Y 軸に平行に延びる中心軸 r2 回りに振動腕 135 C と振動腕 135 D とが上下逆方向に振動する。これによって、中心軸 r1 と r2 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。

[0080] 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 131 B と枠体 140 c、140 d 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。

[0081] 保持腕 111 は、腕 111 a、111 b、111 c、111 d を有している。保持腕 111 は、一端が基部 130 の後端 131 B に接続しており、そこから枠体 140 d に向かって延びている。そして、保持腕 111 は、枠体 140 a に向かう方向（すなわち、軸方向）に屈曲し、さらに枠体 140 c に向かう方向（すなわち、Y 軸方向）に屈曲し、再度枠体 140 a に向かう方向（すなわち、X 軸方向）に屈曲して、他端が枠体 140 a に接続している。

[0082] 腕 111 a は、基部 130 と枠体 140 d との間に、枠体 140 a 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 111 a は、一端が、後端 131 B において基部 130 と接続しており、そこから後端 131 B に対して略垂直、すなわち、Y 軸方向に延びている。腕 111 a の X 軸方向の中心を通る軸は、振動腕 135 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 111 a は、振動腕 135 A と 135 B との間に設けられている。また腕 111 a の他端は、その側面において、腕 111 b の一端に接続されている。腕 111 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 $40\ \mu\text{m}$ である。

[0083] 腕 111 b は、基部 130 と枠体 140 d との間に、枠体 140 d 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 111 b は、一端が、腕 111 a の他端であって枠体 140 a に対向する側の側面に接続し、そこから腕 111 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 111 b の他端は、腕 111 c の一端であって振動部 120 と対向する側の側面に接続している。腕 111 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 $75\mu\text{m}$ 程度である。

[0084] 腕111cは、基部130と枠体140aとの間に、枠体140a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111cの一端は、その側面において、腕111bの他端に接続されており、他端は、腕111dの一端であって、枠体140a側の側面に接続されている。腕111c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 $140\mu\text{m}$ 程度である。

[0085] 腕111dは、基部130と枠体140aとの間に、枠体140c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111dの一端は、腕111cの他端であって枠体140aと対向する側の側面に接続している。また、腕111dは、他端が、振動腕135Aと基部130との接続箇所付近に対向する位置において、枠体140aと接続しており、そこから枠体140aに対して略垂直、すなわち、X軸方向に延びている。腕111dは、例えばY軸方向に規定される幅が $20\mu\text{m}$ 程度、X軸方向に規定される長さが $40\mu\text{m}$ 程度である。

[0086] このように、保持腕111は、腕111aにおいて基部130と接続し、腕111aと腕111bとの接続箇所、腕111bと111cとの接続箇所、及び腕111cと111dとの接続箇所屈曲した後に、保持部140へと接続する構成となっている。

[0087] 保持腕112は、腕112a、112b、112c、112dを有している。保持腕112は、一端が基部130の後端131Bに接続しており、そこから枠体140dに向かって延びている。そして、保持腕112は、枠体140bに向かう方向（すなわち、X軸方向）に屈曲し、さらに枠体140cに向かう方向（すなわち、Y軸方向）に屈曲して、再度枠体140bに向かう方向（すなわち、X軸方向）屈曲し、他端が枠体140bに接続している。

[0088] なお、腕112a、112b、112c、112dの構成は、それぞれ腕

111a、111b、111c、111d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。

[0089] 導電部236は、本実施形態においては、枠体140c上における振動腕135の開放端（変位最大領域）に対向する領域に形成されている。具体的には、導電部236は、枠体140c上において、保持部140における内縁に沿って、振動腕135Aに対向する領域から振動腕135Dに対向する領域に亘って形成されている。なお、第1実施形態において説明したように、導電部236は、平面視において、その内縁が保持部140の内縁と略一致する位置に設けられており、その外縁が、保持部140における内縁と外縁との間に位置するように設けられてもよい。

[0090] 端子51は、枠体140a上において、保持腕111との接続箇所近傍に形成されている。端子51のその他の構成は、第1実施形態における端子51の構成と同様である。

[0091] 配線238は、導電部236を引き出し、端子51と接続させている。

[0092] その他の共振装置1の構成、効果は、第1実施形態と同様である。

[0093] [第4実施形態]

図11及び図12を用いて、本実施形態に係る共振子10の詳細構成のうち、第3実施形態との差異点を中心に説明する。図11は、本実施形態に係る共振装置1の分解斜視図である。また、図12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（説明の簡略化のため、接合層35については図3と同様に図12からは省略している）。なお、突起部25は下蓋20の構成であるが、説明を容易にするため図12にも記載している。

[0094] (1. 下蓋20)

本実施形態では、凹部21内で底板22の表面には、振動空間内に突出する突起部25が形成されている。突起部25は、底板22上における、振動腕135B、135Cの間の空間に向き合う位置、すなわち、突起部25に対向する位置に形成される（図11参照）。本実施形態では、突起部25は

、振動腕 1 3 5 B、1 3 5 C に平行に延びる角柱形状に形成されている。下蓋 2 0 に突起部 2 5 が形成されることで、下蓋 2 0 の剛性を確保することができる。これによって、例えば共振装置 1 を薄型化するために、下蓋 2 0 の厚さを低減したとしても、下蓋 2 0 の反りの発生を抑制することが可能になる。

[0095] (2. 共振子 1 0)

本実施形態では、導電部 2 3 6 は、体 1 4 0 c 上における振動腕 1 3 5 の開放端に対向する領域近傍から、突起部 2 5 の表面に亘って形成されている。導電部 2 3 6 が、突起部 2 5 に形成されることによって、振動部 1 2 0 近傍に電荷が帯電されることを防ぐことができ、振動部 1 2 0 をより安定して駆動させることができる。

その他の共振装置 1 の構成、機能は第 1 の実施形態と同様である。

[0096] [第 5 実施形態]

図 1 3 を用いて、本実施形態に係る共振子 1 0 の詳細構成のうち、第 3 実施形態との差異点を中心に説明する。図 1 3 は、本実施形態に係る共振子 1 0 の構造の一例を概略的に示す平面図である（説明の簡略化のため、接合層 3 5 については図 3 と同様に図 1 3 からは省略している）。

[0097] 本実施形態では、導電部 2 3 6 は、接合層 3 5 が形成される領域、当該領域との隙間、及び端子 5 2 との隙間を残して、保持部 1 4 0 の全周に亘って形成されている（図 1 3 において、保持部 1 4 0 における絶縁膜 2 3 5 が露出している領域は、隙間と接合層 3 5 が形成される領域である。）。端子 5 1 は導電部 2 3 6 と接続されており、他方、端子 5 2 と導電部 2 3 6 との間には所定の隙間が形成されており端子 5 2 は導電部 2 3 6 と接続されていない。

[0098] 絶縁膜 2 3 5 が露出している領域に於いて、絶縁膜 2 3 5 上の電荷による影響は、少なからず生ずる。したがって、特性安定化の為には、図 1 3 に示すように、なるべく絶縁膜 2 3 5 の露出している領域の広い範囲に導電部 2 3 6 を形成し、下部もしくは上部電極と接続し、電荷を逃した方が望ましい

。さらに、保持部 140 以外、振動部 120 に於いても絶縁膜 235 が露出する部分に導電部 236 を形成し、電荷を逃す事がより望ましい。

その他の共振装置 1 の構成、機能は第 1 の実施形態と同様である。

[0099] 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、圧電薄膜 F3 と、当該圧電薄膜 F3 を間に挟んで対向するように設けられた下部電極（金属層 E1）及び上部電極（金属層 E2）とを有し、所定の振動モードで振動する振動部 120 と、振動部 120 における振動の変位が最大となる変位最大領域の周囲に少なくとも設けられ、絶縁膜 235 を有する保持部 140 と、振動部 120 と保持部 140 とを接続する保持腕 110 と、保持部 140 における少なくとも振動部 120 の変位最大領域に対向する領域において、保持部 140 の絶縁膜 235 に接して形成された導電部 236 と、を備え、導電部 236 は、下部電極（金属層 E1）又は上部電極（金属層 E2）と電氣的に接続された、又は接地された。このように、本実施形態に係る共振子 10 では、絶縁膜 235 に接するように導電部 236 を形成し、外部電極と接続する端子 51 へと接続させる構成を有している。これによって、絶縁膜 235 に帯電された電荷を外部との接続端子である端子 51 を介して、共振装置 1 の外部へ逃がすことができる。このように本実施形態に係る共振子 10 では、保持部 140 上に形成された絶縁膜 235 に電荷が帯電することを抑制できるため、保持部 140 に帯電した電荷による共振周波数の変動を防止することができる。

[0100] また、保持部 140 は、振動部 120 の周囲を囲む枠状に設けられたことも好ましい。また、導電部 236 は、枠状の保持部 140 内縁に接して設けられたことも好ましい。

[0101] また、振動部 120 は、矩形の輪郭を有する輪郭共振子であり、導電部 236 は、保持部 140 における、少なくとも振動部 120 の四隅に対向する領域に設けられたことも好ましい。また、振動部 120 は、基部 130 と、一端が当該基部 130 の前端に接続された固定端であり、他端が当該前端から離れる方向に設けられた開放端である複数の振動腕 135 を備えた、屈曲

共振子であり、導電部 236 は、保持部 140 における、振動腕 135 の開放端に対向する領域に設けられたことも好ましい。この好ましい態様によると、共振子 10 では、保持部 140 上に形成された絶縁膜 235 に電荷が帯電することを抑制できるため、保持部 140 に帯電した電荷による共振周波数の変動を防止することができる。これによって、振動部 120 はより安定して駆動することができる。

[0102] 本発明の一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 を間に挟んで対向して設けられた上蓋 30 及び下蓋 20 と、下部電極（金属層 E1）及び上部電極（金属層 E2）の何れかと接続された外部電極とを備える。このように、本実施形態に係る共振装置 1 では、絶縁膜 235 に接するように導電部 236 を形成し、外部電極と接続する端子 51 へと接続させる構成を有している。これによって、絶縁膜 235 に帯電された電荷を外部との接続端子である端子 51 を介して、共振装置 1 の外部へ逃がすことができる。このように本実施形態に係る共振子 10 では、保持部 140 上に形成された絶縁膜 235 に電荷が帯電することを抑制できるため、保持部 140 に帯電した電荷による共振周波数の変動を防止することができる。

[0103] また、共振装置 1 は、上蓋 30、又は下蓋 20 は、共振子 10 と対向する面に他の膜 37、27 を有することが好ましい。これによって、振動部 120 はより安定して駆動することができる。

[0104] 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

[0105]	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 1	酸化ケイ素層（温度特性補正層）
	2 3 5	絶縁膜
	2 3 6	導電部

請求の範囲

- [請求項1] 圧電膜と、当該圧電膜を間に挟んで対向するように設けられた下部電極及び上部電極とを有し、所定の振動モードで振動する振動部と、
 前記振動部における振動の変位が最大となる変位最大領域の周囲に少なくとも設けられ、絶縁膜を有する保持部と、
 前記振動部と前記保持部とを接続する保持腕と、
 前記保持部における少なくとも前記振動部の前記変位最大領域に対向する領域において、前記保持部の前記絶縁膜に接して形成された導電部と、
 を備え、
 前記導電部は、
 前記下部電極及び前記上部電極のいずれかと電氣的に接続された、又は、接地された、共振子。
- [請求項2] 前記保持部は、
 前記振動部の周囲を囲む枠状に設けられた
請求項 1 に記載の共振子。
- [請求項3] 前記導電部は、
 前記枠状の前記保持部の内縁に接して設けられた、
請求項 2 に記載の共振子。
- [請求項4] 前記振動部は、
 矩形の輪郭を有する、輪郭共振子であり、
 前記導電部は、
 前記保持部における、少なくとも、前記振動部の四隅に対向する領域に設けられた、
請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の共振子。
- [請求項5] 前記振動部は、
 基部と、一端が当該基部の前端に接続された固定端であり、他端が当該前端から離れる方向に設けられた開放端である複数の振動腕とを

備えた屈曲共振子であり、

前記導電部は、

前記保持部における、前記振動腕の前記開放端に対向する領域に設けられた、

請求項 1 乃至 3 何れか一項に記載の共振子。

[請求項6]

請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の共振子と、

前記共振子を間に挟んで互いに対向して設けられた上蓋及び下蓋と

、

前記上部電極及び前記下部電極のいずれかと接続された外部電極と

、

を備える共振装置。

[請求項7]

前記上蓋、又は前記下蓋は、

前記共振子と対向する面に他の導電部を有する、

請求項 6 に記載の共振装置。

[図1]

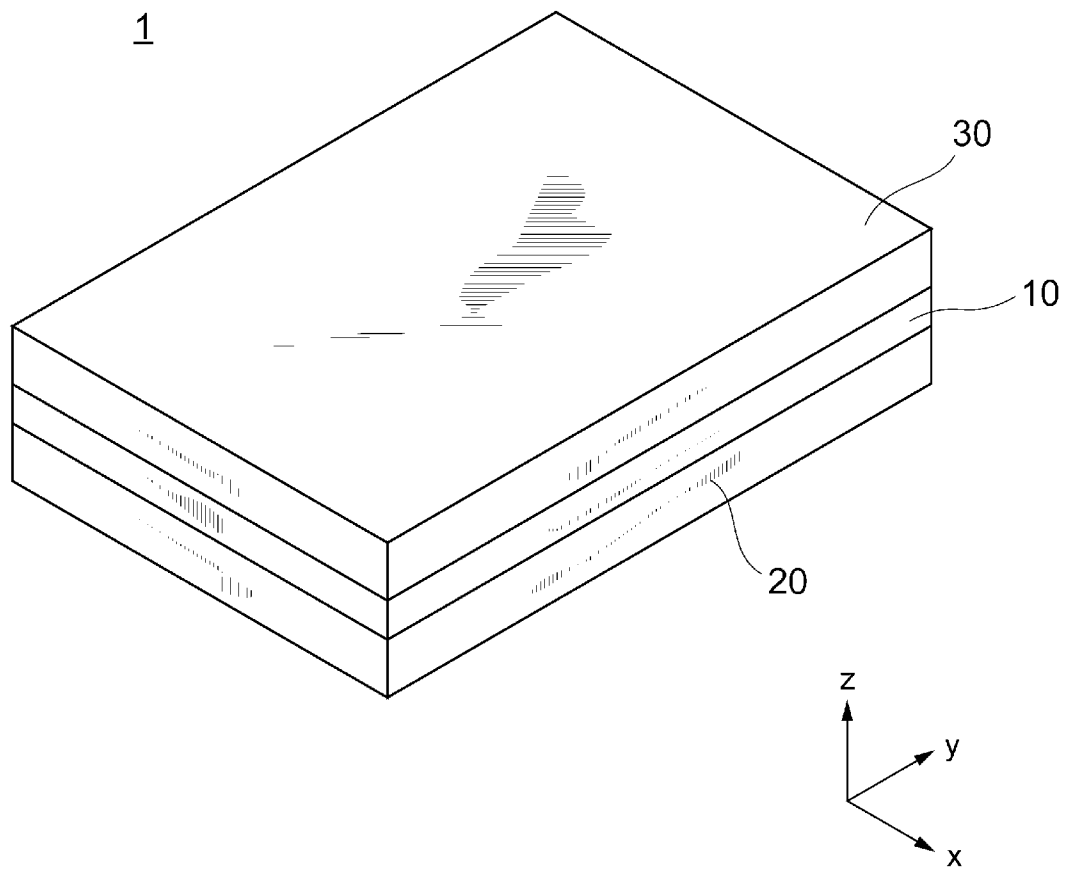


図 1

[図2]

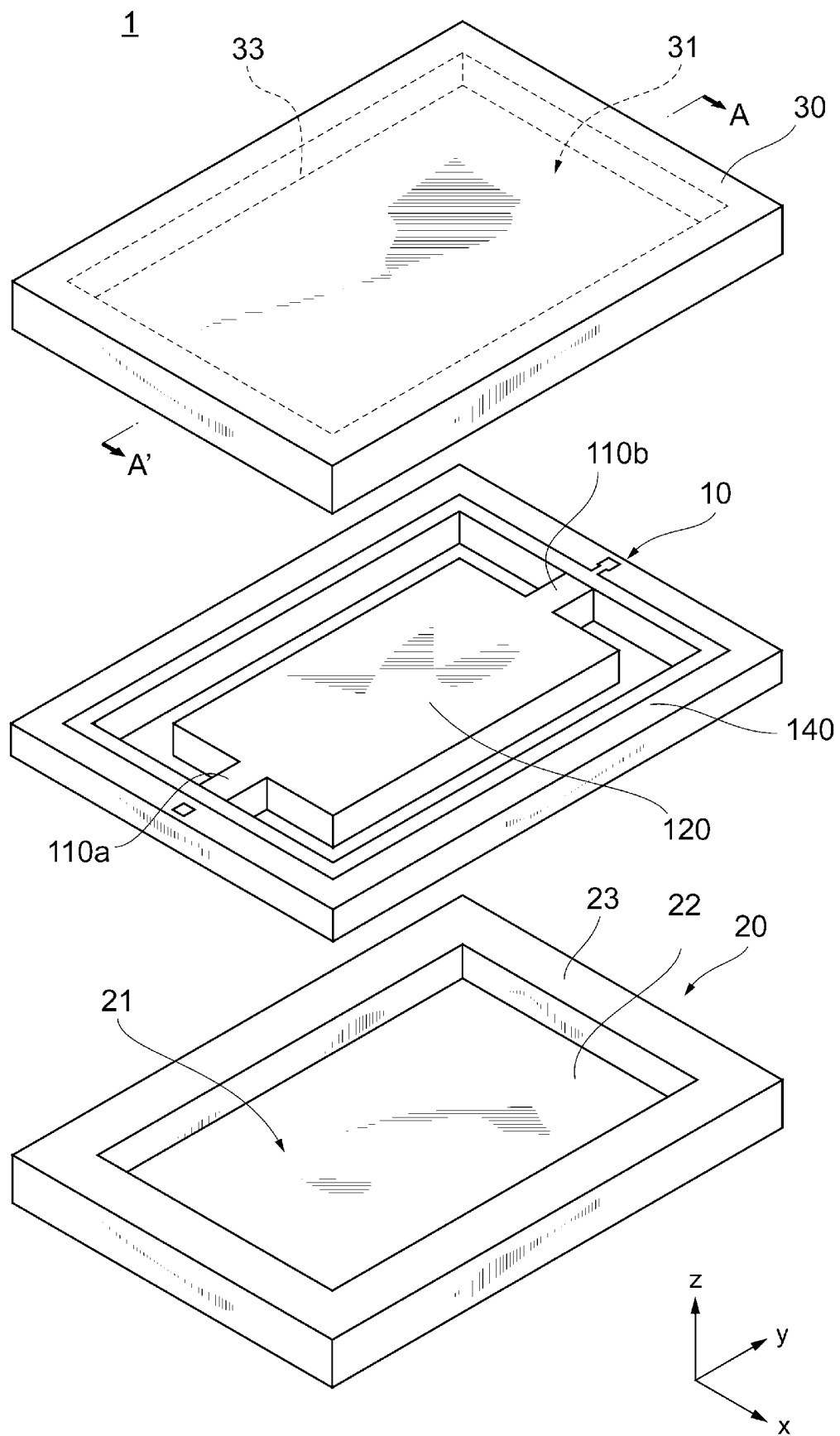


図 2

[図3]

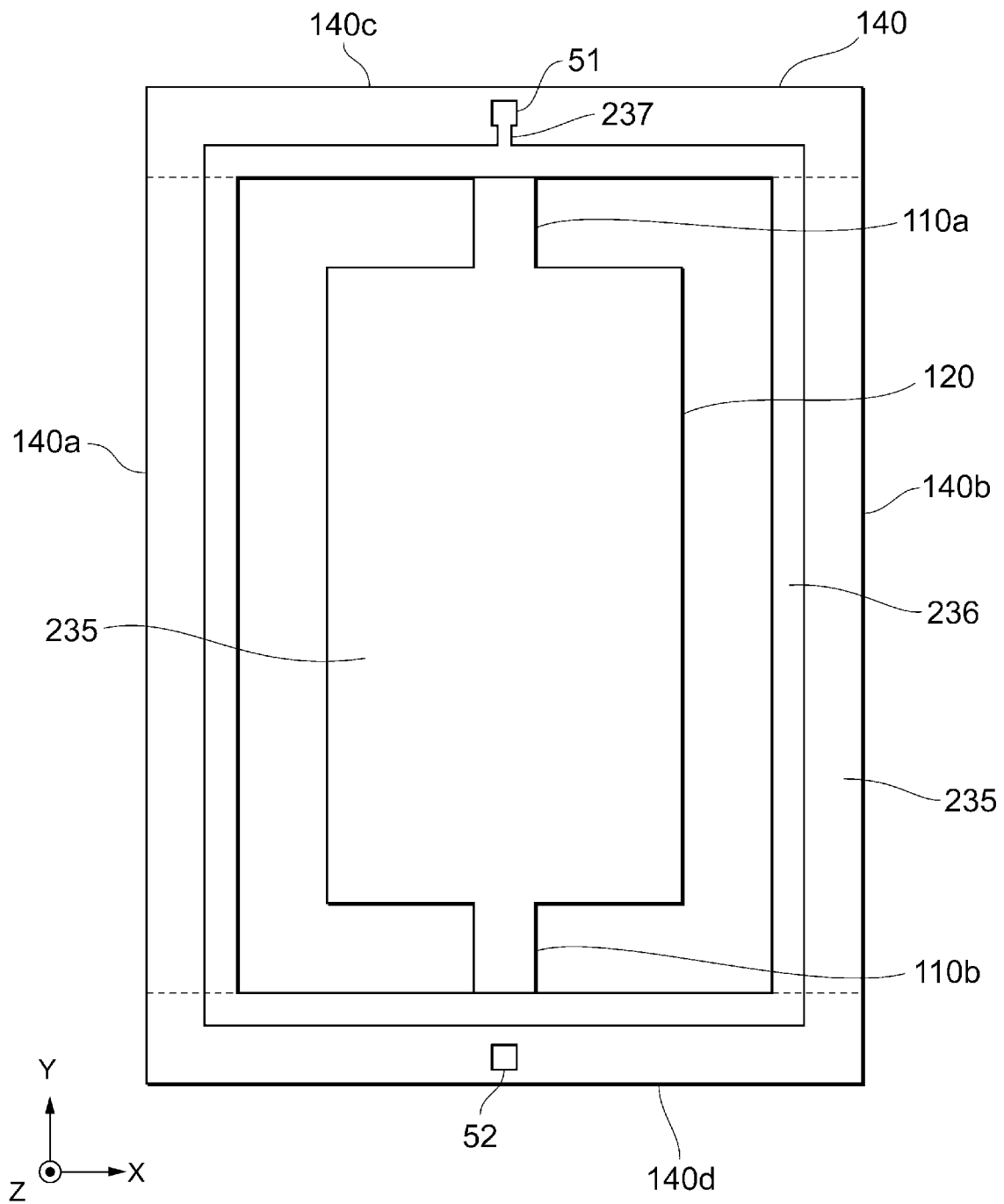
10

図 3

[図4]

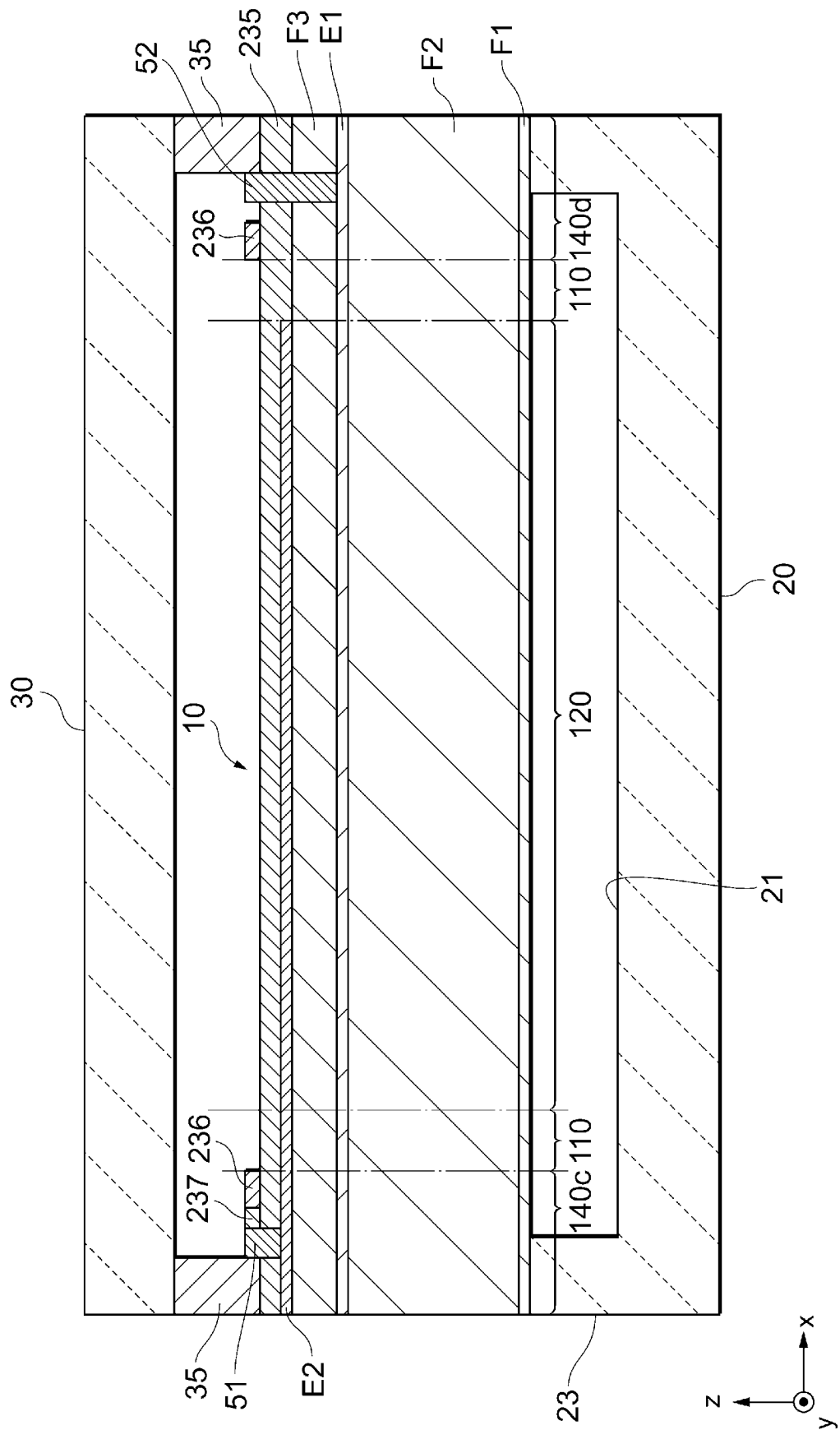


図 4

[図5]

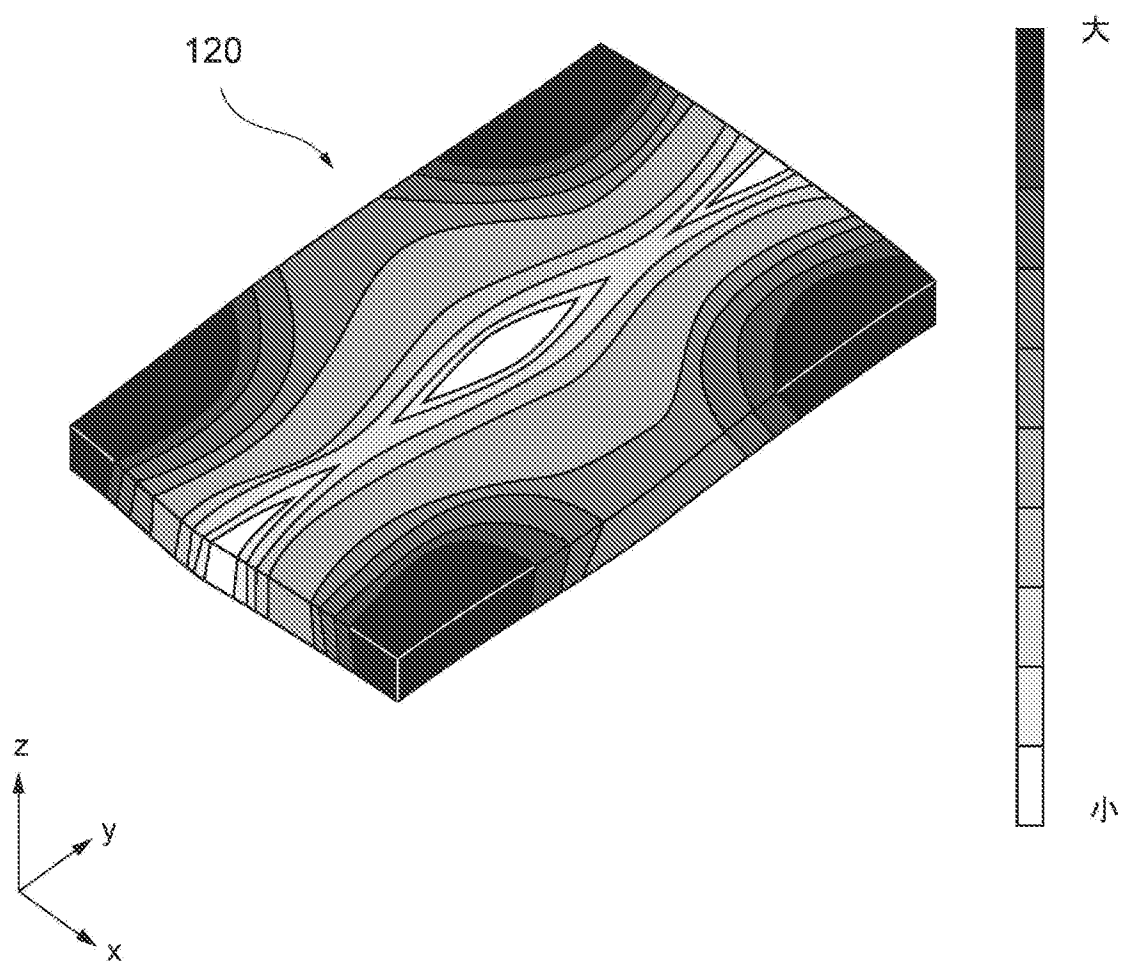


図 5

[図6]

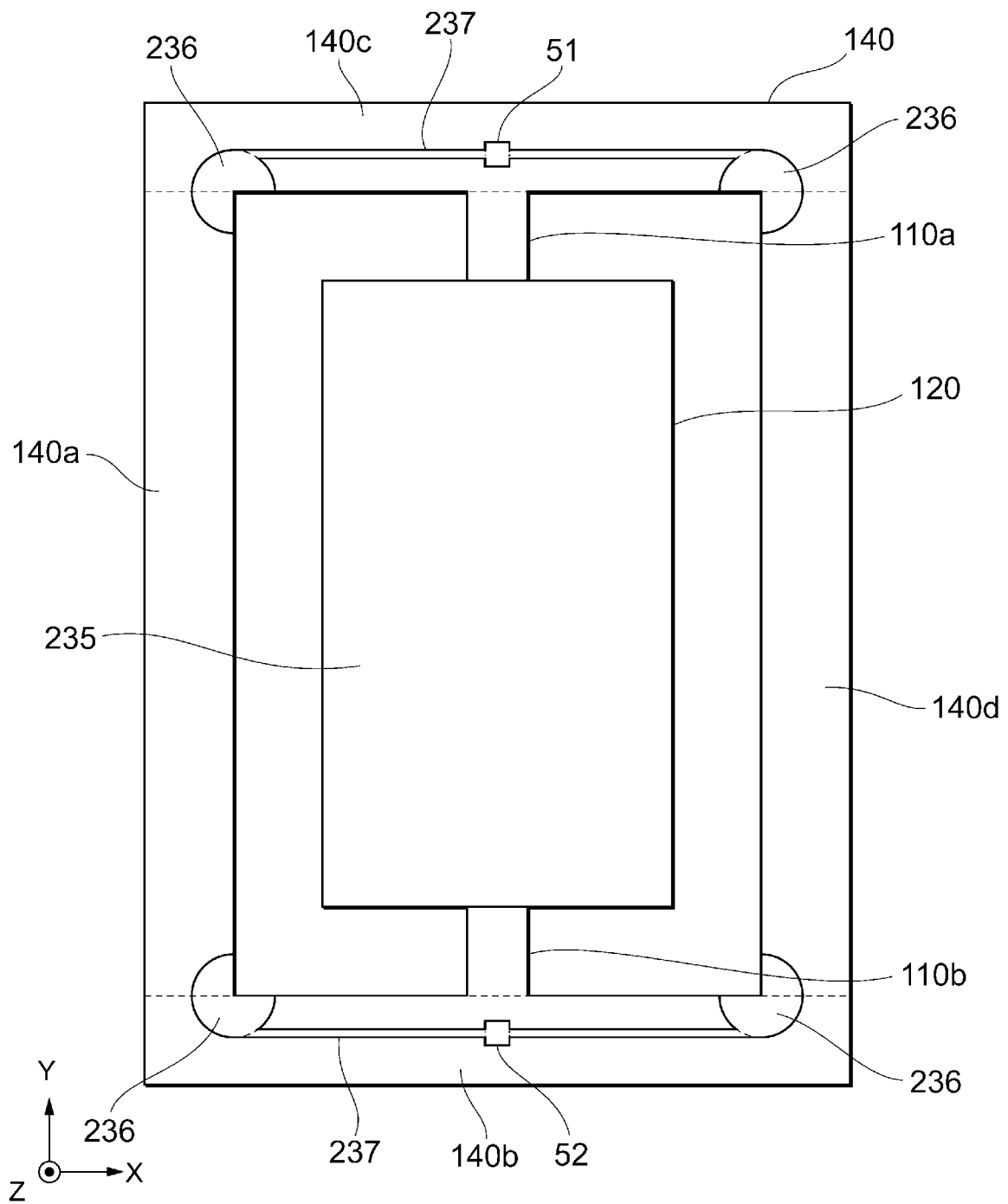
10

図 6

[図7]

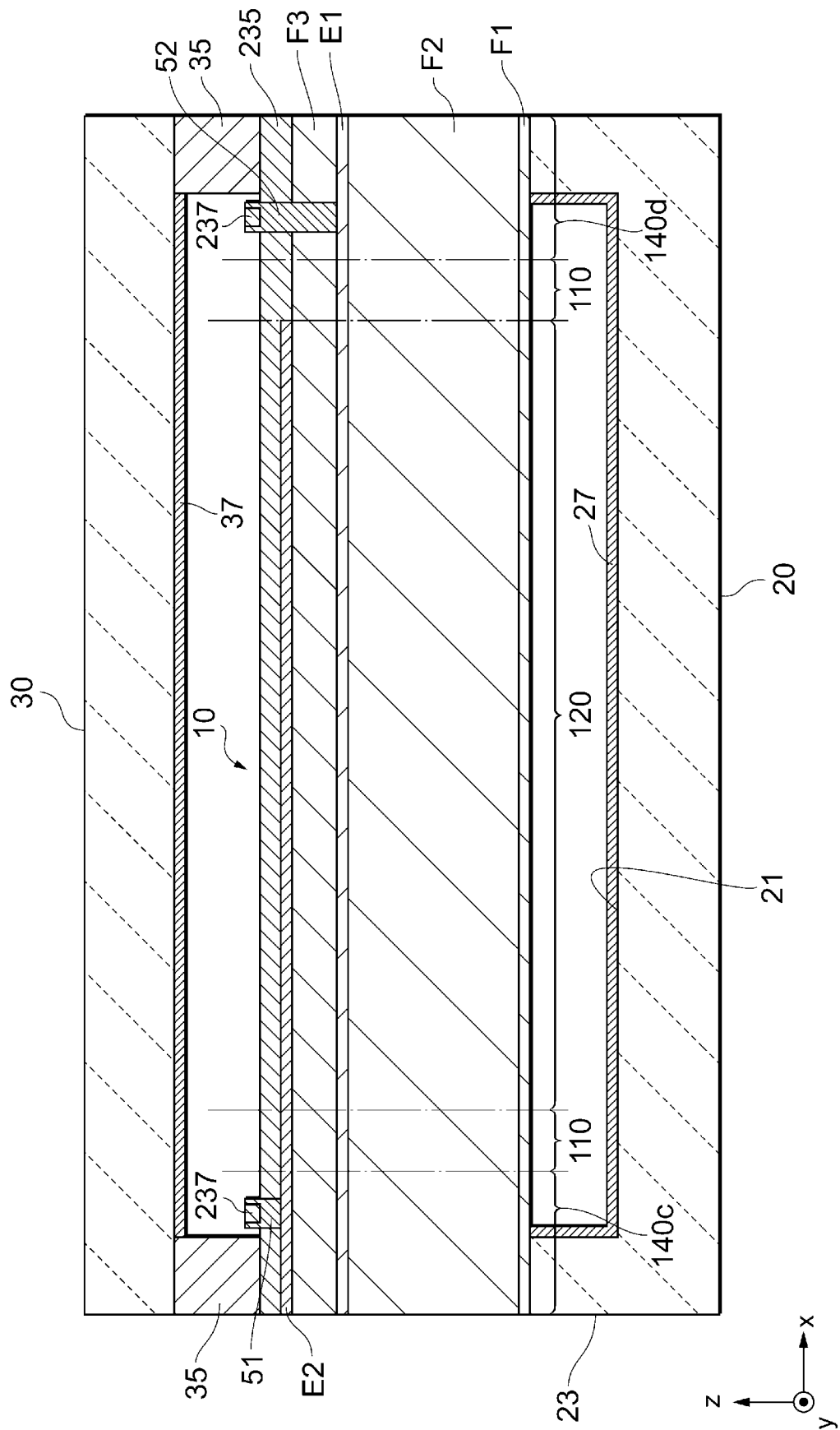


図 7

[図8]

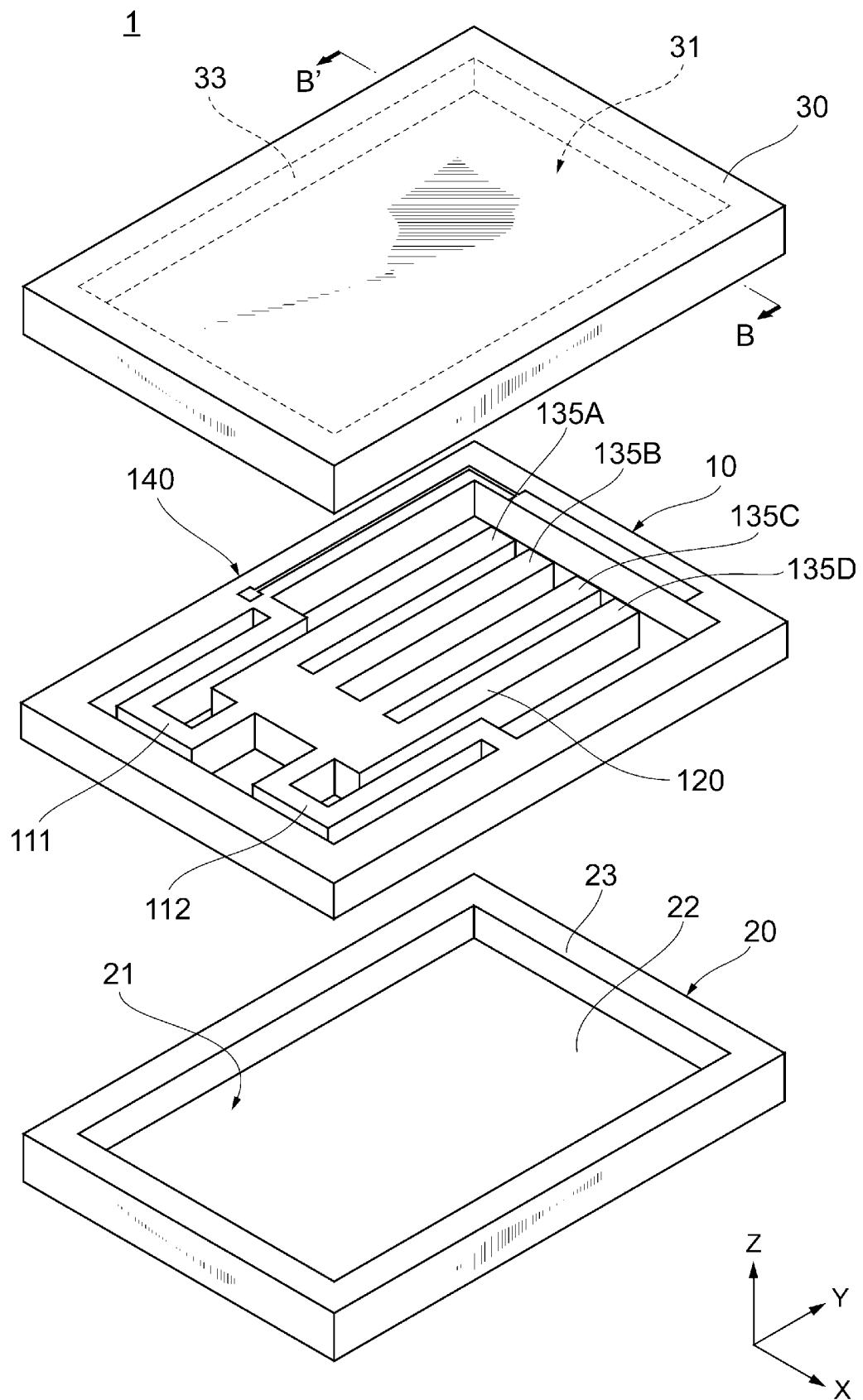


図 8

[図9]

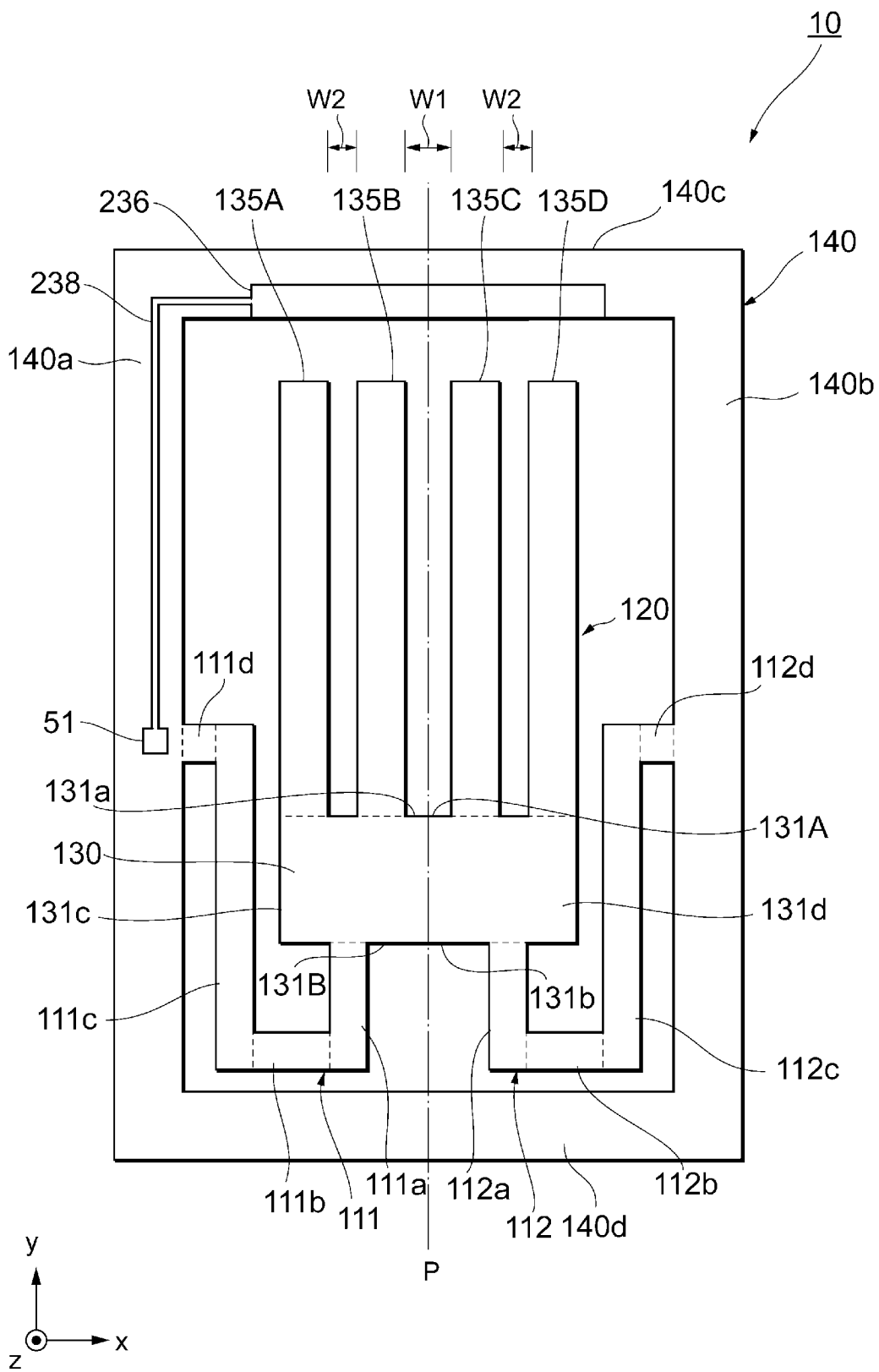


図 9

[図11]

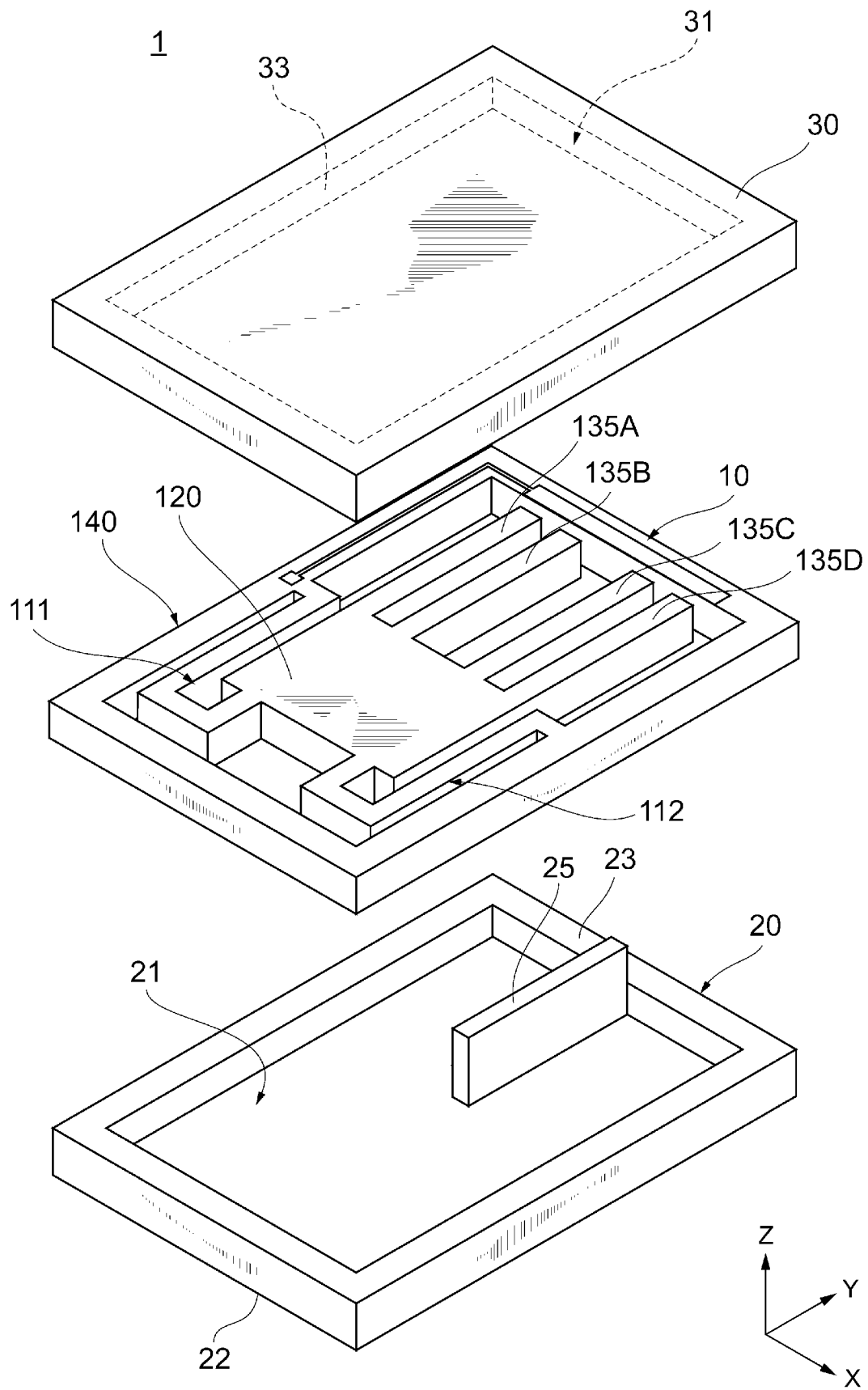


図 1 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/023622

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/24(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

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.
Y	JP 2007-060484 A (Seiko Instruments Inc.), 08 March 2007 (08.03.2007), paragraphs [0016] to [0023]; fig. 1 to 4 & US 2007/0046151 A1 paragraphs [0032] to [0043]; fig. 1 to 4 & CN 1921298 A	1-7
Y	JP 2012-065293 A (Seiko Epson Corp.), 29 March 2012 (29.03.2012), paragraphs [0018] to [0052]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-3, 5-7
Y	JP 2003-101362 A (Piedek Technical Laboratory), 04 April 2003 (04.04.2003), paragraphs [0010] to [0012]; fig. 1 (Family: none)	4, 6-7

☒ 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
17 August 2017 (17.08.17)

Date of mailing of the international search report
29 August 2017 (29.08.17)

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/JP2017/023622

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-009578 A (Seiko Epson Corp.), 11 January 2002 (11.01.2002), paragraphs [0048] to [0061]; fig. 1 to 4 (Family: none)	7
A	JP 2000-036723 A (Mitsubishi Materials Corp.), 02 February 2000 (02.02.2000), paragraphs [0036] to [0046]; fig. 2 (Family: none)	1-7
A	JP 2013-066109 A (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), 11 April 2013 (11.04.2013), paragraph [0020]; fig. 1 to 3 & US 2013/0069489 A1 paragraph [0030]; fig. 1 to 3	1-7

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

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

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
Y	JP 2007-060484 A（セイコーインスツル株式会社）2007.03.08, 段落[0016]-[0023], [図1]-[図4] & US 2007/0046151 A1, 段落[0032]-[0043], [図1]-[図4] & CN 1921298 A	1-7
Y	JP 2012-065293 A（セイコーエプソン株式会社）2012.03.29, 段落[0018]-[0052], [図1]-[図3]（ファミリーなし）	1-3, 5-7
Y	JP 2003-101362 A（有限会社ピエデック技術研究所）2003.04.04, 段落[0010]-[0012], [図1]（ファミリーなし）	4, 6-7

☒ 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

17.08.2017

国際調査報告の発送日

29.08.2017

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）

石田 昌敏

5W

4181

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
Y	JP 2002-009578 A (セイコーエプソン株式会社) 2002.01.11, 段落 [0048]-[0061], [図 1]-[図 4] (ファミリーなし)	7
A	JP 2000-036723 A (三菱マテリアル株式会社) 2000.02.02, 段落 [0036]-[0046], [図 2] (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2013-066109 A (日本電波工業株式会社) 2013.04.11, 段落 [0020], [図 1]-[図 3] & US 2013/0069489 A1, 段落[0030], [図 1]-[図 3]	1-7