

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年2月9日(09.02.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/013169 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/015912

(22) 国際出願日: 2022年3月30日(30.03.2022)

(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 2021-127267 2021年8月3日(03.08.2021) 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: 河合 良太(KAWAI, Ryota); 〒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). 樋口 敬之
(HIGUCHI, Yoshiyuki); 〒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). 福光 政和(FUKUMITSU,

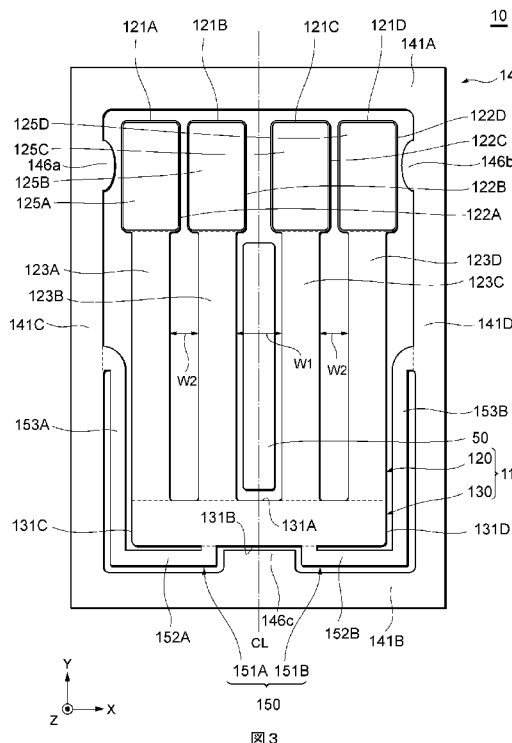
Masakazu); 〒6178555 京都府長岡京市東神足
1 丁目 1 0 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto
(JP). 遠藤 史也(ENDO, Fumiya); 〒6178555
京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 番 1 号 株
式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 岸 武彦(KISHI,
Takehiko); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1
丁目 1 0 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto
(JP). カーヤカリ ヴィレ(KAAJAKARI, Ville);
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 番
1 号 株式会社村田製作所内 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,
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,

(54) Title: RESONATOR, AND RESONATING DEVICE

(54) 発明の名称: 共振子及び共振装置



(57) Abstract: According to the present invention, stress generated in a resonator as a result of an impact is alleviated. This resonating device comprises a resonator 10 including a base portion 130, a plurality of vibrating arms 121A to 121D respectively including fixed end-side arm portions 123A to 123D connected to the base portion and weight portions 122A to 122D formed on an open end-side thereof, the plurality of vibrating arms 121A to 121D extending parallel to one another and vibrating in an out-of-plane bending vibration mode as the principal vibration, and a holding portion 140 which is disposed in at least a portion of the perimeter of the plurality of vibrating arms 121A to 121D and which is configured to support the base portion 130, a lower lid, an upper lid that forms a vibration space for the resonator 10 between the lower lid and the upper lid, and a projecting portion 50 which projects from an inner surface of either the lower lid or the upper lid into the vibration space, wherein the holding portion 140 has protrusions 146a, 146b formed in positions facing the weight portions 122A to 122D of at least one of the plurality of vibrating arms 121A to 121D, as seen in a plan view.

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))

(57) 要約: 衝撃により共振子に発生する応力を緩和する。共振装置は、基部130と、それぞれが基部に接続された固定端側の腕部123A~123Dと開放端側に形成された錘部122A~122Dとを有し、互いに並列に延在する複数の振動腕121A~121Dであって、面外屈曲振動モードを主振動として振動する複数の振動腕121A~121Dと、複数の振動腕121A~121Dの周囲の少なくとも一部に配置され、基部130を保持するように構成された保持部140とを含む共振子10と、下蓋と、下蓋との間に共振子10の振動空間を形成する上蓋と、下蓋又は上蓋の内面から振動空間に突出する突出部50と、を備え、保持部140は、平面視において、複数の振動腕121A~121Dのうちの少なくとも1つにおける錘部122A~122Dに対向する位置に形成された突起146a、146bを有する。

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、複数の振動腕が面外の屈曲振動モードで振動する共振子及び共振装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いた共振装置は、例えばタイミングデバイスとして用いられている。この共振装置は、スマートフォンなどの電子機器内に組み込まれるプリント基板上に実装される。共振装置は、下側基板と、下側基板との間でキャビティを形成する上側基板と、下側基板及び上側基板の間でキャビティ内に配置された共振子と、を備えている。

[0003] 例えば特許文献1には、基部と、当該基部に接続された固定端及び当該基部から離れて設けられた開放端を有し、固定端から開放端まで延在する複数の振動腕とを備え、基部及び複数の振動腕は、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、上部電極を覆うように設けられた絶縁膜と、を有する振動部と、複数の振動腕の開放端側に延在して設けられた保持部と、振動部と保持部とを接続する保持腕と、を有する共振子と、共振子の上部電極に対向して設けられた上蓋と、共振子の下部電極に対向して設けられた下蓋と、を備え、下蓋は、複数の振動腕のうち隣り合う2つの振動腕の間に突起する突起を有し、突起は絶縁膜を有し、振動腕は、開放端側に設けられかつ振動腕における他の部位よりも幅が広い錘部を有し、錘部は、絶縁膜上に形成された導電膜を有し、下蓋における下部電極と対向する面を平面視したときに、隣り合う2つの振動腕のいずれか1つの錘部と保持部との間の第1距離よりも、当該錘部と前記突起との間の第2距離のほうが大きい共振子が開示されている。この共振子によれば、共振子上の絶縁体層又は、絶縁体層上の導電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ことができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2019／207829号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の共振装置では、落下等の衝撃によって、振動腕がX軸方向及びY軸方向の少なくとも一方向に大きく変位すると、共振子に想定外に大きな応力が発生することがある。その結果、発生した応力が最も大きくなる箇所、例えば、基部と保持部とを接続する支持腕に大きな応力が加わり、当該支持腕又は当該支持腕の周辺部位が破損するおそれがあった。

[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、衝撃により共振子に発生する応力を緩和することのできる共振装置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共振装置は、基部と、それぞれが基部に接続された固定端側の腕部と開放端側に形成された錘部とを有し、互いに並列に延在する3本以上の複数の振動腕であって、面外屈曲振動モードを主振動として振動する複数の振動腕と、複数の振動腕の周囲の少なくとも一部に配置され、基部を保持するように構成された保持部とを含む共振子と、第1基板と、第1基板との間に共振子の振動空間を形成する第2基板と、第1基板又は第2基板の内面から振動空間に突出する突出部と、を備え、保持部は、前記共振子の平面視において、複数の振動腕のうちの少なくとも1つにおける錘部に対向する位置に形成された第1突起を有する。

[0008] 本発明の他側面に係る共振装置は、基部と、それぞれが基部に接続された固定端側の腕部と開放端側に形成された錘部とを有し、互いに並列に延在する3本以上の複数の振動腕であって、面外屈曲振動モードを主振動として振

動する複数の振動腕と、複数の振動腕の周囲の少なくとも一部に配置され、基部を保持するように構成された保持部とを含む共振子と、第1基板と、第1基板との間に共振子の振動空間を形成する第2基板と、第1基板又は第2基板の内面から振動空間に突出する第1突出部であって、複数の振動腕のうちの少なくとも1つにおける前記錘部に対向する第1突出部と、を備える。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、衝撃により共振子に発生する応力を緩和することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1実施形態における共振装置の外観を概略的に示す斜視図である。

[図2]図2は、図1に示す共振装置の構造を概略的に示す分解斜視図である。

[図3]図3は、図2に示す共振子の構造を概略的に示す平面図である。

[図4]図4は、図2に示す共振装置のⅠ－Ⅰ線に沿った断面の構成を概略的に示す断面図である。

[図5]図5は、図2に示す共振装置のⅡ－Ⅱ線に沿った断面の構成の一例を概略的に示す断面図である。

[図6]図6は、図2に示す共振装置のⅢ－Ⅲ線に沿った断面の構成の他の例を概略的に示す断面図である。

[図7]図7は、図2に示す共振装置のⅣ－Ⅳ線に沿った断面の構成のさらに他の例を概略的に示す断面図である。

[図8]図8は、第1実施形態の第1変形例における共振子の構造を概略的に示す平面図である。

[図9]図9は、第1実施形態の第2変形例における共振子の構造を概略的に示す平面図である。

[図10]図10は、第2実施形態における共振子の構造を概略的に示す平面図である。

[図11]図11は、第2実施形態における共振装置のX軸に沿った断面の構成

の一例を概略的に示す断面図である。

[図12]図12は、第2実施形態における共振装置のX軸に沿った断面の構成の他の例を概略的に示す断面図である。

[図13]図13は、第2実施形態の変形例における共振子の構造を概略的に示す平面図である。

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べきではない。

[0012] [第1実施形態]

まず、図1及び図2を参照しつつ、第1実施形態に従う共振装置の概略構成について説明する。図1は、第1実施形態における共振装置1の外観を概略的に示す斜視図である。図2は、図1に示す共振装置1の構造を概略的に示す分解斜視図である。

[0013] 共振装置1は、下蓋20と、共振子10と、上蓋30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。下蓋20及び上蓋30は、共振子10を間に挟んで互に対向するように配置されている。なお、下蓋20は本発明の「第1基板」の一例に相当し、上蓋30は本発明の「第2基板」の一例に相当する。

[0014] 以下において、共振装置1の各構成について説明する。なお、以下の説明では、共振装置1のうち上蓋30が設けられている側を上（又は表）、下蓋20が設けられている側を下（又は裏）、として説明する。

[0015] 共振子10は、MEMS技術を用いて製造されるMEMS振動子である。共振子10と下蓋20及び上蓋30とは、共振子10が封止され、共振子10の振動空間が形成されるように、接合されている。また、共振子10と下蓋20及び上蓋30とは、それぞれ、シリコン（Si）基板（以下、「Si

基板」という)を用いて形成されており、Si基板同士が互いに接合されている。なお、共振子10、下蓋20、及び上蓋30は、それぞれ、シリコン層及びシリコン酸化膜が積層されたSOI(Silicon On Insulator)基板を用いて形成されてもよい。

[0016] 下蓋20は、XY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、つまり、下蓋20と共振子10との積層方向、に延びる側壁23と、を備える。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の内面とによって画定される凹部21が形成されている。凹部21は、共振子10の振動空間の少なくとも一部を形成する。なお、下蓋20は凹部21を有さず、平板状の構成でもよい。また、下蓋20の凹部21の共振子10側の面には、ゲッター層が形成されてもよい。

[0017] また、下蓋20は、底板22の表面に形成される突出部50を備える。突出部50の詳細な構成については、後述する。

[0018] 上蓋30は、下蓋20との間に共振子10が振動する空間である振動空間を形成する。上蓋30は、XY平面に沿って設けられる矩形平板状の底板32と、底板22の周縁部からZ軸方向に延びる側壁33と、を備える。上蓋30には、共振子10と対向する面において、底板32の表面と側壁23の内面とによって画定される凹部31が形成されている。凹部31は、共振子10の振動空間の少なくとも一部を形成する。なお、上蓋30は凹部31を有さず、平板状の構成でもよい。また、上蓋30の凹部31の共振子10側の面には、ゲッター層が形成されていてもよい。

[0019] 上蓋30と共振子10と下蓋20とを接合することによって、共振子10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。

[0020] 次に、図3を参照しつつ、第1実施形態に従う共振子の概略構成について説明する。図3は、図2に示す共振子10の構造を概略的に示す平面図である。

- [0021] 図3に示すように、共振子10は、MEMS技術を用いて製造されるMEMS振動子であり、図3の直交座標系におけるXY平面内で面外屈曲振動モードを主振動（以下、「メインモード」ともいう）として振動する。
- [0022] 共振子10は、振動部110と、保持部140と、支持腕部150と、を備える。
- [0023] 振動部110は、図3の直交座標系におけるXY平面に沿って広がる矩形の輪郭を有している。振動部110は、保持部140の内側に配置されており、振動部110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110は、4本の振動腕121A～121D（以下、まとめて「振動腕121」ともいう）から構成される励振部120と、基部130と、を含んでいる。なお、振動腕の数は、4本に限定されず、例えば3本以上の任意の数に設定される。本実施形態において、励振部120と基部130とは、一体に形成されている。
- [0024] 振動腕121A～121Dは、それぞれ、Y軸方向に沿って延びており、この順でX軸方向に所定の間隔で並列に設けられている。振動腕121Aの一端は後述する基部130の前端部131Aに接続された固定端であり、振動腕121Aの他端は基部130の前端部131Aから離れて設けられた開放端である。振動腕121Aは、開放端側に形成された錘部122Aと、固定端側に形成され、固定端から延びて錘部122Aに接続された腕部123Aと、を含んでいる。同様に、振動腕121B、121C、121Dも、それぞれ、錘部122B、122C、122Dと、腕部123B、123C、123Dと、を含んでいる。なお、腕部123A～123D（以下、まとめて「腕部123」ともいう）は、それぞれ、例えばX軸方向の幅が30 μ m程度、Y軸方向の長さが400 μ m程度である。
- [0025] 本実施形態の励振部120では、X軸方向において、外側に2本の振動腕121A、121Dが配置されており、内側に2本の振動腕121B、121Cが配置されている。内側の2本の振動腕121B、121Cのそれぞれの腕部123B、123C同士の間形成された間隙の幅（以下、「リリー

ス幅」という。) W1は、例えば、X軸方向において隣接する振動腕121A, 121Bのそれぞれの腕部123A, 123B同士の間のリリース幅W2、及び、X軸方向において隣接する振動腕121D, 121Cのそれぞれの腕部123D, 123C同士の間のリリース幅W2、よりも大きく設定されている。リリース幅W1は例えば25 μ m程度、リリース幅W2は例えば10 μ m程度である。このように、リリース幅W1をリリース幅W2よりも大きく設定することにより、振動部110の振動特性や耐久性が改善される。なお、共振装置1を小型化できるように、リリース幅W1をリリース幅W2よりも小さく設定してもよいし、等間隔に設定してもよい。

[0026] 錘部122A~122D(以下、まとめて「錘部122」ともいう)は、それぞれの表面に質量付加膜125A~125D(以下、まとめて「質量付加膜125」ともいう)を備えている。したがって、錘部122A~122Dのそれぞれの単位長さ当たりの重さ(以下、単に「重さ」ともいう。)は、腕部123A~123Dのそれぞれの重さよりも重い。これにより、振動部110を小型化しつつ、振動特性を改善することができる。また、質量付加膜125A~125Dは、それぞれ、振動腕121A~121Dの先端部分の重さを大きくする機能だけではなく、その一部を削ることによって振動腕121A~121Dの共振周波数を調整する、いわゆる周波数調整膜としての機能も有する。

[0027] 本実施形態において、錘部122A~122DのそれぞれのX軸方向に沿う幅は、例えば49 μ m程度であり、腕部123A~123DのそれぞれのX軸方向に沿う幅よりも大きい。これにより、錘部122A~122Dのそれぞれの重さを、さらに大きくできる。共振子10の小型化のために、錘部122A~122DのそれぞれのX軸方向に沿う幅は、腕部123A~123DのそれぞれのX軸方向に沿う幅に対して1.5倍以上であることが好ましい。但し、錘部122A~122Dのそれぞれの重さは腕部123A~123Dのそれぞれの重さよりも大きければよく、錘部122A~122DのそれぞれのX軸方向に沿う幅は、本実施形態の例に限定されるものではない。

。錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D のそれぞれの X 軸方向に沿う幅は、腕部 1 2 3 A ~ 1 2 3 D のそれぞれの X 軸方向に沿う幅と同等、もしくはそれ以下であってもよい。

[0028] 共振子 1 0 の主面を上方から平面視（以下、単に「平面視」という）したときに、錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D は、それぞれ、略長方形形状であって、四隅に丸みを帯びた曲面形状、例えばいわゆる R 形状を有する。同様に、腕部 1 2 3 A ~ 1 2 3 D は、それぞれ、略長方形形状であって、基部 1 3 0 に接続される固定端付近、及び、錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D のそれぞれに接続される接続部分付近に R 形状を有する。但し、錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D 及び腕部 1 2 3 A ~ 1 2 3 D のそれぞれの形状は、本実施形態の例に限定されるものではない。例えば、錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D のそれぞれの形状は、略台形状や略 L 字形状であってもよい。また、腕部 1 2 3 A ~ 1 2 3 D のそれぞれの形状は、略台形状であってもよい。

[0029] 基部 1 3 0 は、平面視において、前端部 1 3 1 A と、後端部 1 3 1 B と、左端部 1 3 1 C と、右端部 1 3 1 D と、を有している。前述したように、前端部 1 3 1 A には、振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D のそれぞれの固定端が接続されている。後端部 1 3 1 B には、後述する支持腕部 1 5 0 の支持腕 1 5 1 A が接続されている。

[0030] 前端部 1 3 1 A、後端部 1 3 1 B、左端部 1 3 1 C、及び右端部 1 3 1 D は、それぞれ、基部 1 3 0 の外縁部の一部である。具体的には、前端部 1 3 1 A 及び後端部 1 3 1 B は、それぞれ、X 軸方向に延びる端部であり、前端部 1 3 1 A と後端部 1 3 1 B とは、互いに対向するように配置されている。左端部 1 3 1 C 及び右端部 1 3 1 D は、それぞれ、Y 軸方向に延びる端部であり、左端部 1 3 1 C と右端部 1 3 1 D とは、互いに対向するように配置されている。左端部 1 3 1 C の両端は、それぞれ、前端部 1 3 1 A の一端と後端部 1 3 1 B の一端とに繋がっている。右端部 1 3 1 D の両端は、それぞれ、前端部 1 3 1 A の他端と後端部 1 3 1 B の他端とに繋がっている。

[0031] 平面視において、基部 1 3 0 は、前端部 1 3 1 A 及び後端部 1 3 1 B を長

辺とし、左端部 1 3 1 C 及び右端部 1 3 1 D を短辺とする、略長形状を有する。基部 1 3 0 は、前端部 1 3 1 A 及び後端部 1 3 1 B それぞれの垂直二等分線である X 軸方向の中心線 C L に沿って、規定される仮想平面に対して、略面对称に形成されている。すなわち、基部 1 3 0 は、中心線 C L に関して略線対称に形成されている、ともいえる。なお、基部 1 3 0 の形状は、図 3 に示す長形状である場合に限定されず、中心線 C L に関して略線対称を構成するその他の形状であってもよい。例えば、基部 1 3 0 の形状は、前端部 1 3 1 A 及び後端部 1 3 1 B の一方が他方よりも長い台形状であってもよい。また、前端部 1 3 1 A、後端部 1 3 1 B、左端部 1 3 1 C、及び右端部 1 3 1 D の少なくとも 1 つが屈曲又は湾曲してもよい。

[0032] なお、仮想平面は振動部 1 1 0 全体の対称面に相当し、中心線 C L は振動部 1 1 0 全体の X 軸方向の中心線に相当する。したがって、中心線 C L は、振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D の X 軸方向における中心を通る線でもあり、振動腕 1 2 1 B と振動腕 1 2 1 C との間に位置する。具体的には、隣接する振動腕 1 2 1 A 及び振動腕 1 2 1 B のそれぞれは、中心線 C L を挟んで、隣接する振動腕 1 2 1 D 及び振動腕 1 2 1 C のそれぞれと対称に形成されている。

[0033] 基部 1 3 0 において、前端部 1 3 1 A と後端部 1 3 1 B との間の Y 軸方向における最長距離である基部長は、例えば 2 0 μ m 程度である。また、左端部 1 3 1 C と右端部 1 3 1 D との間の X 軸方向における最長距離である基部幅は、例えば 1 8 0 μ m 程度である。なお、図 3 に示す例では、基部長は左端部 1 3 1 C 又は右端部 1 3 1 D の長さに相当し、基部幅は前端部 1 3 1 A 又は後端部 1 3 1 B の長さに相当する。

[0034] 保持部 1 4 0 は、振動部 1 1 0 を保持するように構成されている。より詳細には、保持部 1 4 0 は、振動腕 1 2 1 が振動可能であるように、構成されている。具体的には、保持部 1 4 0 は、中心線 C L に沿って規定される仮想平面に対して面对称に形成されている。保持部 1 4 0 は、平面視において矩形の枠形状を有し、X Y 平面に沿って振動部 1 1 0 の外側を囲むように配置されている。このように、保持部 1 4 0 が平面視において枠形状を有するこ

とにより、振動部 110 を囲む保持部 140 を容易に実現することができる。

[0035] なお、保持部 140 は、振動部 110 の周囲の少なくとも一部に配置されていればよく、枠形状に限定されるものではない。例えば、保持部 140 は、振動部 110 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 110 の周囲に配置されていればよい。

[0036] 本実施形態においては、保持部 140 は一体形成される枠体 141A～141D を含んでいる。枠体 141A は、図 3 に示すように、振動腕 121 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 141B は、基部 130 の後端部 131B に対向して、長手方向が X 軸に平行に設けられる。枠体 141C は、基部 130 の左端部 131C 及び振動腕 121A 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 141A、141D の一端にそれぞれ接続される。枠体 141D は、基部 130 の右端部 131D 及び振動腕 121A 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 141A、141B の他端にそれぞれ接続される。枠体 141A と枠体 141B とは、振動部 110 を挟んで Y 軸方向において互いに対向している。枠体 141C と枠体 141D とは、振動部 110 を挟んで X 軸方向において互いに対向している。

[0037] 支持腕部 150 は、保持部 140 の内側に配置され、基部 130 と保持部 140 とを接続している。支持腕部 150 は、中心線 CL に関して線対称に形成されている。具体的には、支持腕部 150 は、平面視において、支持腕 151A と支持腕 151B との 2 本の支持腕を含んでいる。

[0038] 支持腕 151A は支持後腕 152A と支持側腕 153A とを含み、支持腕 151B は支持後腕 152B と支持側腕 153B とを含む。

[0039] 支持側腕 153A は、振動腕 121A と保持部 140 との間において、振動腕 121A と並行に延びている。支持側腕 153B は、振動腕 121D と保持部 140 との間において、振動腕 121D と並行に延びている。具体的には、支持側腕 153A は、支持後腕 152A の一端（左端又は枠体 141

C側の端)からY軸方向に枠体141Aに向かって延び、X軸方向に屈曲して枠体141Cに接続されている。また、支持側腕153Bは、支持後腕152Bの一端(右端又は枠体141D側の端)からY軸方向に枠体141Aに向かって延び、X軸方向に屈曲して枠体141Dに接続されている。すなわち、支持腕151A及び支持腕151Bのそれぞれの一端は、保持部140に接続されている。

[0040] 支持後腕152Aは、基部130の後端部131Bと保持部140との間において、支持側腕153Aから延びている。支持後腕152Bは、基部130の後端部131Bと保持部140との間において、支持側腕153Bから延びている。具体的には、支持後腕152Aは、支持側腕153Aの一端(下端又は枠体141B側の端)からX軸方向に枠体141Dに向かって延び、Y軸方向に屈曲して基部130の後端部131Bに接続している。また、支持後腕152Bは、支持側腕153Bの一端(下端又は枠体141B側の端)からX軸方向に枠体141Cに向かって延び、Y軸方向に屈曲して基部130の後端部131Bに接続している。すなわち、支持腕151A及び支持腕151Bのそれぞれの他端は、基部130の後端部131Bに接続されている。

[0041] なお、支持腕151A及び支持腕151Bのそれぞれの他端は、後端部131Bに接続される場合に限定されるものではない。例えば、支持腕151Aの他端は基部130の左端部131Cに接続され、支持腕151Bの他端は基部130の右端部131Dに接続されていてもよい。また、本実施形態では、支持腕部150が2本の支持腕を含む例を示したが、これに限定されず、1本又は3本以上の支持腕を含んでもよい。

[0042] 突出部50は、下蓋20の凹部21から振動空間内に突出している。より詳細には、突出部50は、隣り合う2本の振動腕121A～121Dにおける腕部123A～123D同士の間隙間に対向している。具体的には、突出部50は、平面視において、振動腕121Bの腕部123Bと振動腕121Cの腕部123Cとの間に配置される。突出部50は、腕部123B、1

23Cに並行にY軸方向に延び、角柱形状に形成されている。突出部50のY軸方向の長さは240 μ m程度、X軸方向の長さは15 μ m程度である。

[0043] このように、突出部50が、隣り合う2本の振動腕121A～121Dにおける腕部123A～123D同士の間隙間に対向することにより、複数の振動腕121A～121Dにおける配列間隔の増大を抑制しつつ、共振装置1の剛性を高めることができる。

[0044] 保持部140は、共振子10の平面視において、複数の振動腕121A～121Dのうちの少なくとも1つにおける錘部122A～122Dに対向する位置に形成された突起146a, 146bを有している。より詳細には、突起146aは、保持部140の枠体141Cにおいて、振動腕121Aの錘部122Aに対向する位置に形成され、枠体141Cの一部がX軸正方向に突出したものである。一方、突起146bは、保持部140の枠体141Dにおいて、振動腕121Dの錘部122Dに対向する位置に形成され、枠体141Dの一部がX軸負方向に突出したものである。突起146a, 146bと錘部122A, 122Dとの間のX軸方向の間隙は、5 μ m程度である。枠体141C, 141Dの突起146a, 146b以外の部分と錘部122A, 122Dとの間のX軸方向の間隙は、10 μ m程度である。

[0045] また、保持部140は、平面視において、基部130及び支持腕151A, 151Bの少なくとも一方に対向する位置に形成された突起146cを有している。より詳細には、突起146cは、保持部140の枠体141Bにおいて、基部130及び支持腕151A, 151Bの両方に対向する位置に形成され、枠体141Bの一部がY軸正方向に突出したものである。突起146cと基部130との間のY軸方向の間隙、及び、突起146cと支持腕151A, 151Bとの間のX軸方向の間隙は、ともに5 μ m程度である。なお、突起146a, 146bは本発明の「第1突起」の一例に相当し、突起146cは本発明の「第2突起」の一例に相当する。

[0046] 保持部140は、帯電を抑制する、共振子10の振動空間を確保する等観点から、枠体141C及び枠体141Dの全体について、錘部122A, 1

22Dとの間の隙間を狭く（小さく）設定するのではなく、枠体141C及び枠体141Dにおいて錘部122A、122Dと対向する一部だけを突起させている。同様の理由により、保持部140は、枠体141Bの全体について、基部130及び支持腕151A、151Bとの間の隙間を狭く（小さく）設定するのではなく、枠体141Bにおいて基部130及び支持腕151A、151Bの少なくとも一方と対向する一部を突起させている。

[0047] 次に、図4から図7を参照しつつ、第1実施形態に従う共振装置の積層構造及び動作について説明する。図4は、図2に示す共振装置1のI-V-I'V線に沿った断面の構成を概略的に示す断面図である。図5は、図2に示す共振装置1のV-V線に沿った断面の構成の一例を概略的に示す断面図である。図6は、図2に示す共振装置1のV-V線に沿った断面の構成の他の例を概略的に示す断面図である。図7は、図2に示す共振装置1のV-V線に沿った断面の構成のさらに他の例を概略的に示す断面図である。図4の断面は、枠体141Aに平行であって、振動腕121の腕部123を通る断面である。図5から図7の断面は、枠体141Aに平行であって、振動腕121の錘部122を通る断面である。

[0048] 図4及び図5に示すように、共振装置1は、下蓋20の側壁23上に共振子10の保持部140が接合され、さらに共振子10の保持部140と上蓋30の側壁33とが接合される。このように下蓋20と上蓋30との間に共振子10が保持され、下蓋20と上蓋30と共振子10の保持部140とによって、共振子10の振動部110が振動する振動空間が形成されている。

[0049] 共振子10における、振動部110、保持部140、及び支持腕部150は、同一プロセスによって一体的に形成される。共振子10は、基板の一例であるSi基板F2の上に、金属膜E1が積層されている。そして、金属膜E1の上には、金属膜E1を覆うように圧電膜F3が積層されており、さらに、圧電膜F3の上には金属膜E2が積層されている。金属膜E2の上には、金属膜E2を覆うように保護膜F5が積層されている。図5に示す錘部122A～122Dにおいては、それぞれ、保護膜F5の上に前述の質量付加

膜125A～125Dがさらに積層されている。振動部110、保持部140、及び支持腕部150のそれぞれの外形は、前述したSi基板F2、金属膜E1、圧電膜F3、金属膜E2、保護膜F5等から構成される積層体を、例えばアルゴン(Ar)イオンビームを照射するドライエッチングによって除去加工し、パターニングすることによって形成される。

[0050] 本実施形態では、共振子10が金属膜E1を含む例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、共振子10は、Si基板F2に低抵抗となる縮退シリコン基板を用いることで、Si基板F2自体が金属膜E1を兼ねることができ、金属膜E1を省略してもよい。

[0051] Si基板F2は、例えば、厚み6 μ m程度の縮退したn型シリコン(Si)半導体から形成されており、n型ドーパントとしてリン(P)、ヒ素(As)、アンチモン(Sb)等を含むことができる。また、Si基板F2に用いられる縮退シリコン(Si)の抵抗値は、例えば1.6m 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、温度特性補正層の一例として、例えばSiO₂等の酸化ケイ素層F21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。

[0052] 本実施形態において、酸化ケイ素層F21は、当該酸化ケイ素層F21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ときの振動部110における周波数の温度係数、つまり、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有する層をいう。振動部110が酸化ケイ素層F21を有することにより、例えば、Si基板F2と金属膜E1、E2と圧電膜F3及び酸化ケイ素層F21とによる積層構造体の共振周波数において、温度に伴う変化を低減することができる。酸化ケイ素層は、Si基板F2の上面に形成されてもよいし、Si基板F2の上面及び下面の両方に形成されてもよい。

[0053] 錘部122における酸化ケイ素層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。

[0054] 金属膜E1, E2は、それぞれ、振動腕121を励振する励振電極と、励振電極と外部電源とを電氣的に接続させる引出電極と、を含んでいる。金属膜E1, E2の励振電極として機能する部分は、振動腕121の腕部123において、圧電膜F3を挟んで互いに対向している。金属膜E1, E2の引出電極として機能する部分は、例えば、支持腕部150を経由し、基部130から保持部140に導出されている。金属膜E1は、共振子10全体に亘って電氣的に連続している。金属膜E2は、振動腕121A, 121Dに形成された部分と、振動腕121B, 121Cに形成された部分と、において、電氣的に離れている。

[0055] 金属膜E1, E2の厚みは、それぞれ、例えば0.1μm以上0.2μm以下程度である。金属膜E1, E2は、成膜後に、エッチング等の除去加工によって励振電極、引出電極等にパターンニングされる。金属膜E1, E2は、例えば、結晶構造が体心立方構造である金属材料によって形成される。具体的には、金属膜E1, E2は、Mo（モリブデン）、タングステン（W）等を用いて形成される。このように、金属膜E1, E2は、結晶構造が体心立方構造である金属を主成分とすることにより、共振子10の下部電極及び上部電極に適した金属膜E1, E2を容易に実現することができる。

[0056] 圧電膜F3は、電氣的エネルギーと機械的エネルギーとを相互に変換する圧電体の一種によって形成された薄膜である。圧電膜F3は、金属膜E1, E2によって圧電膜F3に形成される電界に応じて、XY平面の面内方向のうちのY軸方向に伸縮する。この圧電膜F3の伸縮によって、振動腕121A~121Dは、それぞれ、下蓋20の底板22及び上蓋30の底板32に向かってその開放端を変位させる。これにより、共振子10は、面外屈曲の振動モードで振動する。

[0057] 圧電膜F3の厚みは、例えば1μm程度であるが、0.2μm~2μm程度であってもよい。圧電膜F3は、ウルツ鉱型六方晶構造の結晶構造を持つ材質によって形成されており、例えば、窒化アルミニウム（AlN）、窒化

スカンジウムアルミニウム (ScAlN)、酸化亜鉛 (ZnO)、窒化ガリウム (GaN)、窒化インジウム (InN)、などの窒化物又は酸化物を主成分とすることができる。なお、窒化スカンジウムアルミニウムは、窒化アルミニウムにおけるアルミニウムの一部がスカンジウムに置換されたものであり、スカンジウムの代わりに、マグネシウム (Mg) 及びニオブ (Nb)、又はマグネシウム (Mg) 及びジルコニウム (Zr)、などの2元素で置換されていてもよい。このように、圧電膜F3は、結晶構造がウルツ鉱型六方晶構造を有する圧電体を主成分とすることにより、共振子10に適した圧電膜F3を容易に実現することができる。

[0058] 保護膜F5は、金属膜E2を酸化から保護する。なお、保護膜F5は上蓋30側に設けられていれば、上蓋30の底板32に対して露出していなくてもよい。例えば、保護膜F5を覆うように、共振子10に形成された配線の容量を低減する寄生容量低減膜等が形成されてもよい。保護膜F5は、例えば、窒化アルミニウム (AlN)、窒化スカンジウムアルミニウム (ScAlN)、酸化亜鉛 (ZnO)、窒化ガリウム (GaN)、窒化インジウム (InN) 等の圧電膜の他、窒化シリコン (SiN)、酸化シリコン (SiO₂)、酸化アルミナ (Al₂O₃)、五酸化タンタル (Ta₂O₅) 等の絶縁膜で形成される。保護膜F5の厚さは、圧電膜F3の厚さの半分以下の長さで形成され、本実施形態では、例えば0.2 μm程度である。なお、保護膜F5のより好ましい厚さは、圧電膜F3の厚さの4分の1程度である。さらに、保護膜F5が窒化アルミニウム (AlN) 等の圧電体によって形成される場合には、圧電膜F3と同じ配向を持った圧電体を用いられることが好ましい。

[0059] 錘部122A～122Dの保護膜F5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、保護膜F5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。

[0060] 質量付加膜125A～125Dは、錘部122A～122Dのそれぞれの上蓋30側の表面を構成し、振動腕121A～121Dのそれぞれの周波数

調整膜に相当する。質量付加膜 125 A～D のそれぞれの一部を除去するトリミング処理によって、共振子 10 の周波数が調整される。周波数調整の効率の点から、質量付加膜 125 は、エッチングによる質量低減速度が保護膜 F5 よりも早い材料によって形成されることが好ましい。質量低減速度は、エッチング速度と密度との積により表される。エッチング速度とは、単位時間あたりに除去される厚みである。保護膜 F5 と質量付加膜 125 とは、質量低減速度の関係が前述の通りであれば、エッチング速度の大小関係は任意である。また、錘部 122 の重さを効率的に増大させる観点から、質量付加膜 125 は、比重の大きい材料によって形成されるのが好ましい。これらの理由により、質量付加膜 125 は、例えば、モリブデン (Mo)、タングステン (W)、金 (Au)、白金 (Pt)、ニッケル (Ni)、アルミニウム (Al)、チタン (Ti) 等の金属材料によって形成されている。

[0061] 質量付加膜 125 A～125 D のそれぞれの上面の一部が、周波数を調整する工程においてトリミング処理によって除去されている。質量付加膜 125 のトリミング処理は、例えばアルゴン (Ar) イオンビームを照射するドライエッチングによって行うことができる。イオンビームは広範囲に照射できるため加工効率に優れるが、電荷を有するため質量付加膜 125 を帯電させるおそれがある。質量付加膜 125 の帯電によるクーロン相互作用によって、振動腕 121 の振動軌道が変化して共振子 10 の振動特性が劣化するのを防止するため、質量付加膜 125 A～125 D は、それぞれ、接地されることが好ましい。

[0062] 下蓋 20 の底板 22 及び側壁 23 は、Si 基板 P10 により、一体的に形成されている。Si 基板 P10 は、縮退されていないシリコンから形成されており、その抵抗率は例えば $10\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以上である。下蓋 20 の凹部 21 の内側では、Si 基板 P10 が露出している。

[0063] Z 軸方向に規定される下蓋 20 の厚みは $150\ \mu\text{m}$ 程度、同様に規定される凹部 21 の深さは $50\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0064] 図 4 に示すように、突出部 50 は、下蓋 20 の Si 基板 P10 と一体形成

される第1層51と、共振子10と同一プロセスで形成される第2層52とを有している。第2層52には、前述の酸化ケイ素層F21と、Si基板F2と、金属膜E1と、圧電膜F3と、金属膜E2と、保護膜F5と、がこの順に積層されて形成される。

[0065] 上蓋30の底板32及び側壁33は、Si基板Q10により、一体的に形成されている。上蓋30の表面、裏面は、図示しないシリコン酸化膜に覆われていることが好ましい。このシリコン酸化膜は、例えばSi基板Q10の酸化や、化学気相蒸着（CVD: Chemical Vapor Deposition）によって、Si基板Q10の表面に形成される。上蓋30の凹部31の内側では、Si基板Q10が露出している。なお、上蓋30の凹部31における、共振子10と対向する側の面には、図示しないゲッター層が形成されてもよい。このゲッター層は、例えば、チタン（Ti）等によって形成され、後述する接合部40等から放出されるアウトガスを吸着し、振動空間の真空度の低下を抑制する。なお、ゲッター層は、下蓋20の凹部21における、共振子10と対向する側の面に形成されていてもよく、下蓋20の凹部21及び上蓋30の凹部31の両方における、共振子10と対向する側の面に形成されてもよい。

[0066] Z軸方向に規定される上蓋30の厚みは150 μ m程度、同様に規定される凹部31の深さは50 μ m程度である。

[0067] 上蓋30の側壁33と保持部140との間には、接合部40が形成されており、この接合部40によって、上蓋30が共振子10とが接合される。接合部40は、共振子10の振動空間を真空状態で気密封止するように、XY平面において振動部110を囲む閉環状に形成されている。接合部40は、例えばアルミニウム（Al）膜、ゲルマニウム（Ge）膜、及びアルミニウム（Al）膜がこの順に積層されて共晶接合された金属膜によって形成されている。なお、接合部40は、金（Au）、錫（Sn）、銅（Cu）、チタン（Ti）、シリコン（Si）等から適宜選択された膜の組み合わせによって形成されてもよい。また、密着性を向上させるために、接合部40は、窒

化チタン (TiN) や窒化タンタル (TaN) 等の金属化合物を膜間に含んでいてもよい。

[0068] 本実施形態では、振動腕 121A, 121D の圧電膜 F3 に形成される電界の位相と、振動腕 121B, 121C の圧電膜 F3 に形成される電界の位相と、は互いに逆位相になるように、互いに逆位相の交番電圧が印加されている。これにより、外側の振動腕 121A, 121D と、内側の振動腕 121B, 121C とが互いに逆方向に変位する。

[0069] 例えば、図 4 及び図 5 において矢印で示すように、振動腕 121A, 121D のそれぞれの錘部 122A, 122D 及び腕部 123A, 123D が上蓋 30 の内面に向かって変位するとき、振動腕 121B, 121C のそれぞれの錘部 122B, 122C 及び腕部 123B, 123C が下蓋 20 の内面に向かって変位する。図示を省略するが、逆に、振動腕 121A, 121D のそれぞれの錘部 122A, 122D 及び腕部 123A, 123D が下蓋 20 の内面に向かって変位するとき、振動腕 121B, 121C のそれぞれの錘部 122B, 122C 及び腕部 123B, 123C が上蓋 30 の内面に向かって変位する。これにより、4 本の振動腕 121A ~ 121D は、少なくとも 2 本が異なる位相で面外屈曲する。

[0070] このように、隣り合う振動腕 121A と振動腕 121B との間で、Y 軸方向に延びる中心軸 r1 回りに振動腕 121A と振動腕 121B とが上下逆方向に振動する。また、隣り合う振動腕 121C と振動腕 121D との間で、Y 軸方向に延びる中心軸 r2 回りに振動腕 121C と振動腕 121D とが上下逆方向に振動する。これにより、中心軸 r1 と中心軸 r2 とで互いに逆方向の捩れモーメントが生じ、振動部 110 での屈曲振動が発生する。振動腕 121 の最大振幅は 50 μ m 程度、通常駆動時の振幅は 10 μ m 程度である。

[0071] ここで、振動部 110 の複数の振動腕 121A ~ 121D は、それぞれ、面外屈曲の振動モードで振動するので、共振装置 1 は、共振子 10 の振動腕 121 が Z 軸方向に変位することを前提に設計されている。

[0072] 従来の共振装置では、落下等の衝撃によって、振動腕がX軸方向及びY軸方向の少なくとも一方向に大きく変位すると、共振子に想定外に大きな応力が発生することがある。その結果、発生した応力が最も大きくなる箇所、例えば、基部と保持部とを接続する支持腕に大きな応力が加わり、当該支持腕又は当該支持腕の周辺部位が破損するおそれがあった。

[0073] また、近年の共振装置は、更なる小型化が求められており、共振装置における各部の寸法に制限（制約）が課せられている。そのため、共振装置は、例えば複数の振動腕同士の間隙等をさらに小さくする必要があり、前述した応力を低減するための構造体等を設ける余地（スペース）は少なくなってきた。

[0074] これに対し、本実施形態の共振装置1は、保持部140が、共振子10の平面視において、複数の振動腕121A～121Dのうちの少なくとも1つにおける錘部122A～122Dに対向する位置に形成された突起146a及び突起146bを有する。これにより、落下等の衝撃が加わったときに振動腕121のX軸及びY軸方向の変位が突起146a、146bによって制限される。従って、衝撃により共振子10に発生する応力を緩和することができ、応力による共振子10の破損を抑制することができる。また、保持部140に形成された突起146a、146bによって振動腕121のX軸及びY軸方向の変位を制限することで、複数の振動腕同士の間隙間に構造体等を設ける場合と比較して、各部の寸法の増大を抑制することができ、共振装置1の小型化に寄与することができる。

[0075] より詳細には、突起146a、146bは、平面視における振動腕121の幅方向であるX軸方向に突起しており、複数の振動腕121A～121Dのうちの外側に配置された振動腕121A、121Dにおける錘部122A、122Dに対向している。具体的には、突起146aは振動腕121Aにおける錘部122Aに対向し、突起146bは振動腕121Dにおける錘部122Dに対向する。これにより、振動腕121のX軸方向の変位を突起146a、146bによって容易に制限することができる。

[0076] また、前述したように、共振子 10 が、基部 130 と保持部 140 とを接続する支持腕 151A, 151B をさらに含み、保持部 140 が、平面視において、基部 130 及び支持腕 151A, 151B の少なくとも一方に対向する位置に形成された突起 146c を有することにより、振動腕 121 の Y 軸負方向の変位を突起 146c によって容易に制限することができる。

[0077] なお、共振装置 1 において振動腕 121 の錘部 122 を通る断面の構造は、図 5 に示す例に限定されるものではない。例えば、図 6 に示すように、共振子 10 の保持部 140 における突起 146a, 146b に加え、下蓋 20 の側壁 23 についても、その一部が X 軸方向に突起していてもよい。

[0078] さらに、図 7 に示すように、共振子 10 の保持部 140 における突起 146a, 146b に加え、上蓋 30 の側壁 33 についても、その一部が X 軸方向に突起していてもよい。この場合、下蓋 20 の側壁 23 は、突起 146a, 146b 及び上蓋 30 の側壁 33 とともにその一部が X 軸方向に突起していてもよいし、下蓋 20 の側壁 23 は突起せずに、突起 146a, 146b 及び側壁 33 のみが X 軸方向に突起していてもよい。

[0079] 本実施形態では、保持部 140 の突起 146a, 146b が、外側の振動腕 121A, 121D の錘部 122A, 122D に対向する例を示したが、これに限定されるものではない。

[0080] (変形例)

次に、図 8 及び図 9 を参照しつつ、第 1 実施形態における共振装置の変形例について説明する。図 8 は、第 1 実施形態の第 1 変形例における共振子 10 の構造を概略的に示す平面図である。図 9 は、第 1 実施形態の第 2 変形例における共振子 10 の構造を概略的に示す平面図である。なお、図 3 に示した共振子 10 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、その説明を適宜省略する。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。

[0081] 図 8 に示すように、第 1 変形例における共振子 10 において、振動腕 121A ~ 121D の錘部 122A ~ 122D は、それぞれ、平面視における振

動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D の幅方向が他の部位より狭い切欠き部 1 2 6 A ~ 1 2 6 D を開放端に有している。より詳細には、錘部 1 2 2 A と錘部 1 2 2 B とにおいて、互いに隣り合う角部が切り取られ、切欠き部 1 2 6 A と切欠き部 1 2 6 B とが形成されている。同様に、錘部 1 2 2 C と錘部 1 2 2 D とにおいて、互いに隣り合う角部が切り取られ、切欠き部 1 2 6 C と切欠き部 1 2 6 D とが形成されている。なお、切欠き部 1 2 6 A ~ 1 2 6 D は、それぞれ、角及び面の少なくとも一方に丸みを帯びた曲面形状、つまり、R 形状を有していてもよい。

[0082] 保持部 1 4 0 は、突起 1 4 6 a, 1 4 6 b とともに、又は、突起 1 4 6 a, 1 4 6 b に代えて、平面視における振動腕 1 2 1 の長さ方向に突起する突起 1 4 7 a, 1 4 7 b を有している。具体的には、突起 1 4 7 a 及び突起 1 4 7 b は、保持部 1 4 0 の枠体 1 4 1 A の一部であり、Y 軸方向に沿って突起している。

[0083] また、突起 1 4 7 a, 1 4 7 b は、枠体 1 4 1 A において、錘部 1 2 2 に形成された切欠き部 1 2 6 A ~ 1 2 6 D に対向する位置に形成されている。具体的には、突起 1 4 7 a は切欠き部 1 2 6 A 及び切欠き部 1 2 6 B に対向し、突起 1 4 7 b は切欠き部 1 2 6 C 及び切欠き部 1 2 6 D に対向する。

[0084] このように、突起 1 4 7 a, 1 4 7 b が、平面視における振動腕 1 2 1 の長さ方向に突起することにより、振動腕 1 2 1 の X 軸正方向の変位を、突起 1 4 7 a, 1 4 7 b によって容易に制限することができる。

[0085] また、錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D が、平面視における振動腕 1 2 1 の幅方向が他の部位より狭い切欠き部 1 2 6 A ~ 1 2 6 D を開放端に有し、突起 1 4 7 a, 1 4 7 b が、切欠き部 1 2 6 A ~ 1 2 6 D に対向することにより、平面視における振動腕 1 2 1 の長さ方向に突起する突起 1 4 7 a, 1 4 7 b を、共振装置 1 の振動腕 1 2 1 の長さ方向における寸法の増大を抑制しつつ、錘部 1 2 2 に対向して配置することができる。

[0086] また、図 9 に示すように、第 2 変形例における共振子 1 0 において、振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D の錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D は、それぞれ、平面視にお

ける振動腕 1 2 1 の幅方向が開放端に向かって狭くなる先細部 1 2 7 A ~ 1 2 7 D を有している。より詳細には、先細部 1 2 7 A ~ 1 2 7 D は、それぞれ、錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D における開放端側の角部が切り取られた先細の形状に形成されている。なお、先細部 1 2 7 A ~ 1 2 7 D は、それぞれ、角及び面の少なくとも一方に丸みを帯びた曲面形状、つまり、R 形状を有しているもよい。

[0087] 保持部 1 4 0 は、平面視における振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D の長さ方向に突起する突起 1 4 8 a ~ 1 4 8 c を有している。具体的には、突起 1 4 8 a 、突起 1 4 8 b 、及び突起 1 4 8 c は、保持部 1 4 0 の枠体 1 4 1 A の一部であり、Y 軸方向に沿って突起している。

[0088] また、突起 1 4 8 a ~ 1 4 8 c は、枠体 1 4 1 A において、隣り合う 2 本の振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D の錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D における先細部 1 2 7 A ~ 1 2 7 D 同士の間隙間に対向する位置に形成されている。具体的には、突起 1 4 8 a は、隣り合う 2 本の振動腕 1 2 1 A , 1 2 1 B において、錘部 1 2 2 A における先細部 1 2 7 A と錘部 1 2 2 B における先細部 1 2 7 B との間隙間に突起しており、当該隙間において先細部 1 2 7 A と先細部 1 2 7 B とに対向している。同様に、突起 1 4 8 b は、隣り合う 2 本の振動腕 1 2 1 B , 1 2 1 C において、錘部 1 2 2 B における先細部 1 2 7 B と錘部 1 2 2 C における先細部 1 2 7 C との間隙間に突起し、当該隙間において先細部 1 2 7 B と先細部 1 2 7 C とに対向している。また、突起 1 4 8 c は、隣り合う 2 本の振動腕 1 2 1 C , 1 2 1 D において、錘部 1 2 2 C における先細部 1 2 7 C と錘部 1 2 2 D における先細部 1 2 7 D との間隙間に突起し、当該隙間において先細部 1 2 7 C と先細部 1 2 7 D とに対向している。

[0089] このように、錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D が、平面視における振動腕 1 2 1 の幅方向が開放端に向かって狭くなる先細部 1 2 7 A ~ 1 2 7 D を有し、突起 1 4 8 a ~ 1 4 8 c が、隣り合う 2 本の振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D の錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D における先細部 1 2 7 A ~ 1 2 7 D 同士の間隙間に対向

することにより、平面視における振動腕 1 2 1 の長さ方向に突起する突起 1 4 8 a ~ 1 4 8 c を、共振装置 1 の振動腕 1 2 1 の長さ方向における寸法の増大を抑制しつつ、隣り合う 2 本の振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D の錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D に対向して配置することができる。

[0090] 本実施形態では、共振子 1 0 の振動部 1 1 0 が 4 本の振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D を含む例を用いたが、これに限定されるものではない。振動部 1 1 0 は、例えば、3 本又は 5 本以上の振動腕を含んでいてもよい。この場合、少なくとも 2 本の振動腕は、異なる位相で面外屈曲する。

[0091] [第 2 実施形態]

次に、図 1 0 から図 1 3 を参照しつつ、本発明の第 2 実施形態に従う共振子及び共振装置について説明する。なお、以下の各実施形態において、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。

[0092] まず、図 1 0 を参照しつつ、第 2 実施形態に従う共振子の概略構成について説明する。図 1 0 は、第 2 実施形態における共振子 2 1 0 の構造を概略的に示す平面図である。なお、図 1 0 は、第 1 実施形態における図 3 に対応する平面図である。

[0093] 図 1 0 に示すように、第 2 実施形態の共振子 2 1 0 において、振動腕 1 2 1 A ~ 1 2 1 D の錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D は、それぞれ、平面視における振動腕 1 2 1 の幅方向が他の部位より狭い凹部 1 2 8 A ~ 1 2 8 D を有している。より詳細には、凹部 1 2 8 A ~ 1 2 8 D は、それぞれ、錘部 1 2 2 A ~ 1 2 2 D において、振動腕 1 2 1 の開放端である前端と、腕部 1 2 3 との接続端である後端との間に形成され、X 軸方向に沿って窪んだ形状を有している。なお、凹部 1 2 8 A ~ 1 2 8 D は、それぞれ、角及び面の少なくとも一方に丸みを帯びた曲面形状、つまり、R 形状を有していてもよい。

[0094] また、詳細は後述するが、本実施形態の共振装置 2 0 1 は、2 本の突出部 2 6 0 A, 2 6 0 B を備える点で、第 1 実施形態の共振装置 1 と相違する。

突出部 260A, 260B は、下蓋 220 の内面から Z 軸方向に沿って振動空間内に突出しており、平面視における形状が略円形の柱形状に形成されている。

[0095] 共振装置 201 は、突出部 260A, 260B を備えるとともに、第 1 実施形態の共振装置 1 と同様に、突出部 50 を備えていてもよい。なお、突出部 260A, 260B は本発明の「第 1 突出部」の一例に相当し、突出部 50 は本発明の「第 2 突出部」の一例に相当する。

[0096] このように、突出部 50 が、隣り合う 2 本の振動腕 121A~121D における腕部 123A~123D 同士の間隙間に対向することにより、複数の振動腕 121A~121D における配列間隔の増大を抑制しつつ、共振装置 201 の剛性を高めることができる。

[0097] 次に、図 11 及び図 12 を参照しつつ、第 2 実施形態に従う共振装置の積層構造について説明する。図 11 は、第 2 実施形態における共振装置 201 の X 軸に沿った断面の構成の一例を概略的に示す断面図である。図 12 は、第 2 実施形態における共振装置 201 の X 軸に沿った断面の構成の他の例を概略的に示す断面図である。図 11 及び図 12 の断面は、枠体 141A に平行であって、振動腕 121 の錘部 122 を通る断面である。

[0098] 図 11 に示すように、突出部 260A, 260B は、下蓋 220 の凹部 21 における底板 22 から突出し、共振子 210 の上面（図 11 において上蓋 30 に対向する面）と略同一平面を形成する高さまで、Z 軸方向に沿って延在している。突出部 260A, 260B は、下蓋 220 の Si 基板 P10 と一体形成される第 1 層 261 と、共振子 10 と同一プロセスで形成される第 2 層 262 とを有している。第 2 層 262 には、酸化ケイ素層 F21 と、Si 基板 F2 と、金属膜 E1 と、圧電膜 F3 と、金属膜 E2 と、保護膜 F5 と、がこの順に積層されて形成される。

[0099] また、突出部 260A, 260B は、複数の振動腕 121A~121D のうちの少なくとも 1 つにおける錘部 122A~122D に対向している。これにより、落下等の衝撃が加わったときに振動腕 121 の X 軸及び Y 軸方向

の変位が突出部260A, 260Bによって制限される。従って、衝撃により共振子210に発生する応力を緩和することができ、応力による共振子210の破損を抑制することができる。

[0100] より詳細には、突出部260A, 260Bは、隣り合う2本の振動腕121A~121Dの錘部122A~122Dにおける凹部128A~128Dの間の隙間に対向している。具体的には、突出部260Aは、隣り合う2本の振動腕121A, 121Bにおいて、錘部122Aにおける凹部128Aと錘部122Bにおける凹部128Bとの間の隙間にZ軸方向に延びて突出しており、当該隙間において凹部128Aと凹部128Bとに対向している。同様に、突起148bは、隣り合う2本の振動腕121B, 121Cにおいて、錘部122Bの先細部127Bと錘部122Cにおける先細部127Cとの間の隙間に突起し、当該隙間において先細部127Bと先細部127Cとに対向している。

[0101] なお、突出部260A, 260Bは、下蓋220の内面から突出する場合に限定されるものではない。図示を省略するが、突出部は、例えば上蓋30の内面から振動空間内に突出していてもよい。この場合、突出部は、共振子210の下面（図11において下蓋220に対向する面）と略同一平面を形成する高さまで、Z軸方向に沿って延在することが好ましい。

[0102] このように、振動腕121A~121Dの錘部122A~122Dが、平面視における振動腕121A~121Dの幅方向が他の部位より狭い凹部128A~128Dを有し、突出部260A, 260Bが、隣り合う2本の振動腕121A~121Dの錘部122A~122Dにおける凹部128A~128D同士との間の隙間に対向することにより、下蓋220又は上蓋30の内面から振動空間に突出する突出部260A, 260Bを、共振装置201の振動腕121の幅方向における寸法の増大を抑制しつつ、錘部122に対向して配置することができる。

[0103] また、第2実施形態の共振装置201における突出部260A, 260Bの断面の構造は、図11に示す例に限定されるものではない。例えば、図1

2に示すように、突出部260A、260Bは、下蓋220から上蓋30までZ軸方向に沿って延在していてもよい。この場合、突出部260A、260Bは、前述した第1層261及び第2層262に加え、接合部40と同一プロセスで形成される第3層263と、上蓋30のSi基板Q10と一体形成される第4層264とをさらに有する。

[0104] このように、突出部260A、260Bは、一端（図12におけるZ軸負方向側の端）が下蓋220の内面に接続され、他端（図12におけるZ軸正方向側の端）が上蓋30に接続されることにより、共振装置201の剛性をさらに高めることができる。

[0105] 本実施形態では、共振子210が2本の突出部260A、260Bを備える例を示したが、これに限定されるものではない。共振子210は、例えば3本以上の突出部を備えていてもよい。また、突出部260A、260Bは、振動腕121A～121Dにおける錘部122A～122Dの間に配置される場合限定されず、少なくとも1つの錘部122A～122Dに対向するように配置されていればよい。

[0106] （変形例）

次に、図13を参照しつつ、第2実施形態における共振子の変形例について説明する。図13は、第2実施形態の変形例における共振子210の構造を概略的に示す平面図である。なお、図10に示した共振子210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、その説明を適宜省略する。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。

[0107] 図13に示すように、変形例における共振子210において、振動腕121A～121Dの錘部122A～122Dは、それぞれ、貫通孔129A～129Dを有している。貫通孔129A～129Dは、それぞれ、錘部122A～122Dにおいて、振動腕121A～121Dの開放端である前端と、腕部123A～123Dとの接続端である後端との間に形成され、錘部122A～122Dの厚さ方向であるZ軸方向に貫通する孔である。そのため、貫通孔129A～129Dは、それぞれ、下蓋220と共振子210との

間に形成される下蓋 220 側の振動空間と、上蓋 30 と共振子 210 との間に形成される上蓋 30 側の振動空間とを連通している。貫通孔 129A～129D の開口は、それぞれ、平面視において、例えば円形、略円形、又は楕円形を有している。

[0108] 変形例における共振装置 201 は、4 本の突出部 260A～260D を備えている。突出部 260A～260D は、それぞれ、錘部 122A～122D における貫通孔 129A～129D の内面と対向している。具体的には、突出部 260A は、平面視において、貫通孔 129A が形成される X 軸方向の位置及び Y 軸方向の位置に対応して配置されており、貫通孔 129A 内を Z 軸方向に延在している。また、突出部 260B は、平面視において、貫通孔 129B が形成される X 軸方向の位置及び Y 軸方向の位置に対応して配置されており、貫通孔 129B 内を Z 軸方向に延在している。また、突出部 260C は、平面視において、貫通孔 129C が形成される X 軸方向の位置及び Y 軸方向の位置に対応して配置されており、貫通孔 129C 内を Z 軸方向に延在している。さらに、突出部 260D は、平面視において、貫通孔 129D が形成される X 軸方向の位置及び Y 軸方向の位置に対応して配置されており、貫通孔 129D 内を Z 軸方向に延在している。

[0109] このように、振動腕 121A～121D の錘部 122A～122D は、共振子 210 を間に挟んで下蓋 220 側の振動空間と上蓋 30 側の振動空間とを連通する貫通孔 129A～129D を有し、突出部 260A～260D は、錘部 122A～122D における貫通孔 129A～129D の内面と対向することにより、下蓋 220 又は上蓋 30 の内面から振動空間に突出する突出部 260A～260D を、共振装置 201 の寸法を増大させることなく、錘部 122A～122D に対向して配置することができる。

[0110] 以上、本発明の例示的な実施形態について説明した。第 1 実施形態に従う共振装置において、保持部は、共振子の平面視において、複数の振動腕のうちの少なくとも 1 つにおける錘部に対向する位置に形成された突起を有する。これにより、落下等の衝撃が加わったときに振動腕の X 軸及び Y 軸方向

の変位が突起によって制限される。従って、衝撃により共振子に発生する応力を緩和することができ、応力による共振子の破損を抑制することができる。また、保持部に形成された突起によって振動腕のX軸及びY軸方向の変位を制限することで、複数の振動腕同士の間隙に構造体を設ける場合と比較して、各部の寸法の増大を抑制することができ、共振装置の小型化に寄与することができる。

[0111] また、前述した共振装置において、突起は、平面視における振動腕の長さ方向に突起する。これにより、振動腕のX軸正方向の変位を、突起によって容易に制限することができる。

[0112] また、前述した共振装置において、錘部は平面視における振動腕の幅方向が他の部位より狭い切欠き部を開放端に有し、突起は切欠き部に対向する。これにより、平面視における振動腕の長さ方向に突起する突起を、共振装置の振動腕の長さ方向における寸法の増大を抑制しつつ、錘部に対向して配置することができる。

[0113] また、前述した共振装置において、錘部は平面視における振動腕の幅方向が開放端に向かって狭くなる先細部を有し、突起は隣り合う2本の振動腕の錘部における先細部同士の間隙に対向する。これにより、平面視における振動腕の長さ方向に突起する突起を、共振装置の振動腕の長さ方向における寸法の増大を抑制しつつ、隣り合う2本の振動腕の錘部に対向して配置することができる。

[0114] また、前述した共振装置において、突起は、平面視における振動腕の幅方向に突起し、複数の振動腕のうちの外側に配置された振動腕における錘部に対向する。これにより、振動腕のX軸方向の変位を突起によって容易に制限することができる。

[0115] また、前述した共振装置において、共振子は基部と保持部とを接続する支持腕をさらに含み、保持部は、平面視において、基部及び支持腕の少なくとも一方に対向する位置に形成された突起を有することにより、振動腕のY軸負方向の変位を突起によって容易に制限することができる。

- [0116] また、前述した共振装置において、突出部は、隣り合う2本の振動腕における腕部同士の間隙間に対向する。これにより、複数の振動腕における配列間隔の増大を抑制しつつ、共振装置の剛性を高めることができる。
- [0117] また、第2実施形態に従う共振装置において、突出部は、下蓋又は上蓋の内面から振動空間に突出し、複数の振動腕のうちの少なくとも1つにおける錘部に対向する。これにより、落下等の衝撃が加わったときに振動腕のX軸及びY軸方向の変位が突出部によって制限される。従って、衝撃により共振子に発生する応力を緩和することができ、応力による共振子の破損を抑制することができる。
- [0118] また、前述した共振装置において、錘部は、平面視における振動腕の幅方向が他の部位より狭い凹部を有し、突出部は、隣り合う2本の振動腕の錘部における凹部同士の間隙間に対向する。これにより、下蓋又は上蓋の内面から振動空間に突出する突出部を、共振装置の振動腕の幅方向における寸法の増大を抑制しつつ、錘部に対向して配置することができる。
- [0119] また、前述した共振装置において、錘部は、共振子を間に挟んで下蓋側の振動空間と上蓋側の振動空間とを連通する貫通孔を有し、突出部は、錘部における貫通孔の内面に対向する。これにより、下蓋又は上蓋の内面から振動空間に突出する突出部を、共振装置の寸法を増大させることなく、錘部に対向して配置することができる。
- [0120] また、前述した共振装置において、突出部は、一端が下蓋220の内面に接続され、他端が上蓋に接続される。これにより、共振装置の剛性をさらに高めることができる。
- [0121] また、前述した共振装置において、突出部は、隣り合う2本の振動腕における腕部同士の間隙間に対向する。これにより、複数の振動腕における配列間隔の増大を抑制しつつ、共振装置の剛性を高めることができる。
- [0122] 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、本発明の範囲に包含される。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包含される。

符号の説明

[0123] 1…共振装置、10…共振子、20…下蓋、21…凹部、22…底板、23…側壁、30…上蓋、31…凹部、32…底板、33…側壁、40…接合部、50…突出部、51…第1層、52…第2層、110…振動部、120…励振部、121, 121A, 121B, 121C, 121D…振動腕、122, 122A, 122B, 122C, 122D…錘部、123, 123A, 123B, 123C, 123D…腕部、125, 125A, 125B, 125C, 125D…質量付加膜、126A, 126B, 126C, 126D…切欠き部、127A, 127B, 127C, 127D…先細部、128A, 128B, 128C, 128D…凹部、129A, 129B, 129C, 129D…貫通孔、130…基部、131A…前端部、131B…後端部、131C…左端部、131D…右端部、140…保持部、141A, 141B, 141C, 141D…枠体、146a, 146b, 146c…突起、147a, 147b…突起、148a, 148b, 148c…突起、150…支持腕部、151A, 151B…支持腕、152A, 152B…支持後腕、153A, 153B…支持側腕、201…共振装置、210…共振子、220…下蓋、260A, 260B, 260C, 260D…突出部、261…第1層、262…第2層、263…第3層、264…第4層、CL…中心線、E1, E2…金属膜、F2…Si基板、F3…圧電膜、F5…保護膜、F21…酸化ケイ素層、P10…Si基板、Q10…Si基板、r1, r2…中

心軸、W 1 , W 2 …リリース幅。

請求の範囲

- [請求項1] 基部と、それぞれが前記基部に接続された固定端側の腕部と開放端側に形成された錘部とを有し、互いに並列に延在する3本以上の複数の振動腕であって、面外屈曲振動モードを主振動として振動する複数の振動腕と、前記複数の振動腕の周囲の少なくとも一部に配置され、前記基部を保持するように構成された保持部とを含む共振子と、
- 第1基板と、
- 前記第1基板との間に前記共振子の振動空間を形成する第2基板と、
- 、
- 前記第1基板又は前記第2基板の内面から前記振動空間に突出する突出部と、を備え、
- 前記保持部は、前記共振子の平面視において、前記複数の振動腕のうちの少なくとも1つにおける前記錘部に対向する位置に形成された第1突起を有する、
- 共振装置。
- [請求項2] 前記第1突起は、前記平面視における前記振動腕の長さ方向に突起する、
- 請求項1に記載の共振装置。
- [請求項3] 前記錘部は、前記平面視における前記振動腕の幅方向が他の部位より狭い切欠き部を前記開放端に有し、
- 前記第1突起は、前記切欠き部に対向する、
- 請求項2に記載の共振装置。
- [請求項4] 前記錘部は、前記平面視における前記振動腕の幅方向が前記開放端に向かって狭くなる先細部を有し、
- 前記第1突起は、隣り合う2本の前記振動腕の前記錘部における前記先細部同士の間隙間に対向する、
- 請求項2に記載の共振装置。
- [請求項5] 前記第1突起は、前記平面視における前記振動腕の幅方向に突起し

、前記複数の振動腕のうちの外側に配置された前記振動腕における前記錘部に対向する、

請求項 1 に記載の共振装置。

[請求項6] 前記共振子は、前記基部と前記保持部とを接続する支持腕をさらに含み、

前記保持部は、前記平面視において、前記基部及び前記支持腕の少なくとも一方に対向する位置に形成された第 2 突起をさらに有する、

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の共振装置。

[請求項7] 前記突出部は、前記複数の振動腕のうちの隣り合う 2 本の前記振動腕における前記腕部同士の間隙間に対向する、

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の共振装置。

[請求項8] 基部と、それぞれが前記基部に接続された固定端側の腕部と開放端側に形成された錘部とを有し、互いに並列に延在する 3 本以上の複数の振動腕であって、面外屈曲振動モードを主振動として振動する複数の振動腕と、前記複数の振動腕の周囲の少なくとも一部に配置され、前記基部を保持するように構成された保持部とを含む共振子と、

第 1 基板と、

前記第 1 基板との間に前記共振子の振動空間を形成する第 2 基板と

、

前記第 1 基板又は前記第 2 基板の内面から前記振動空間に突出する第 1 突出部であって、前記複数の振動腕のうちの少なくとも 1 つにおける前記錘部に対向する第 1 突出部と、を備える、

共振装置。

[請求項9] 前記錘部は、前記共振子の平面視における前記振動腕の幅方向が他の部位より狭い凹部を有し、

前記第 1 突出部は、隣り合う 2 本の前記振動腕の前記錘部における前記凹部同士の間隙間に対向する、

請求項 8 に記載の共振装置。

- [請求項10] 前記錘部は、前記共振子を間に挟んで前記第1基板側の前記振動空間と前記第2基板側の前記振動空間とを連通する貫通孔を有し、
前記第1突出部は、前記貫通孔の内面に対向する、
請求項8に記載の共振装置。
- [請求項11] 前記第1突出部は、一端が前記第1基板の内面に接続され、他端が前記第2基板の内面に接続される、
請求項8から10のいずれか一項に記載の共振装置。
- [請求項12] 前記第1基板又は前記第2基板の内面から前記振動空間に突出する第2突出部であって、前記複数の振動腕のうちの隣り合う2本の前記振動腕における前記腕部同士の間隙間に対向する第2突出部をさらに備える、
請求項8から11のいずれか一項に記載の共振装置。

[図1]

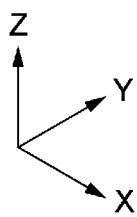
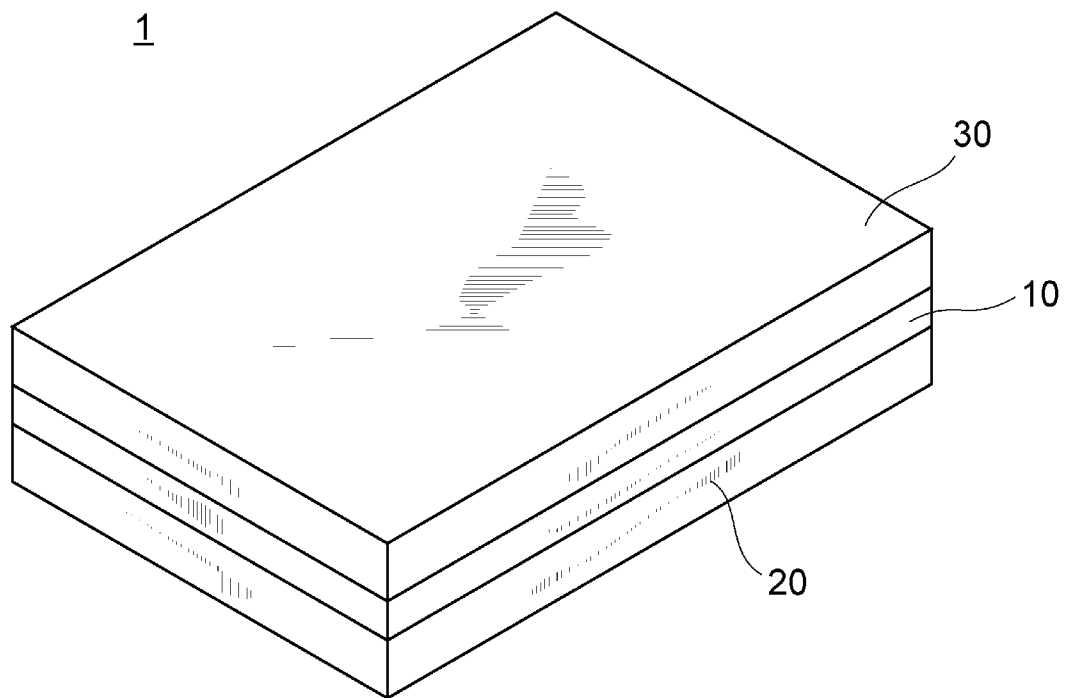


図 1

[図2]

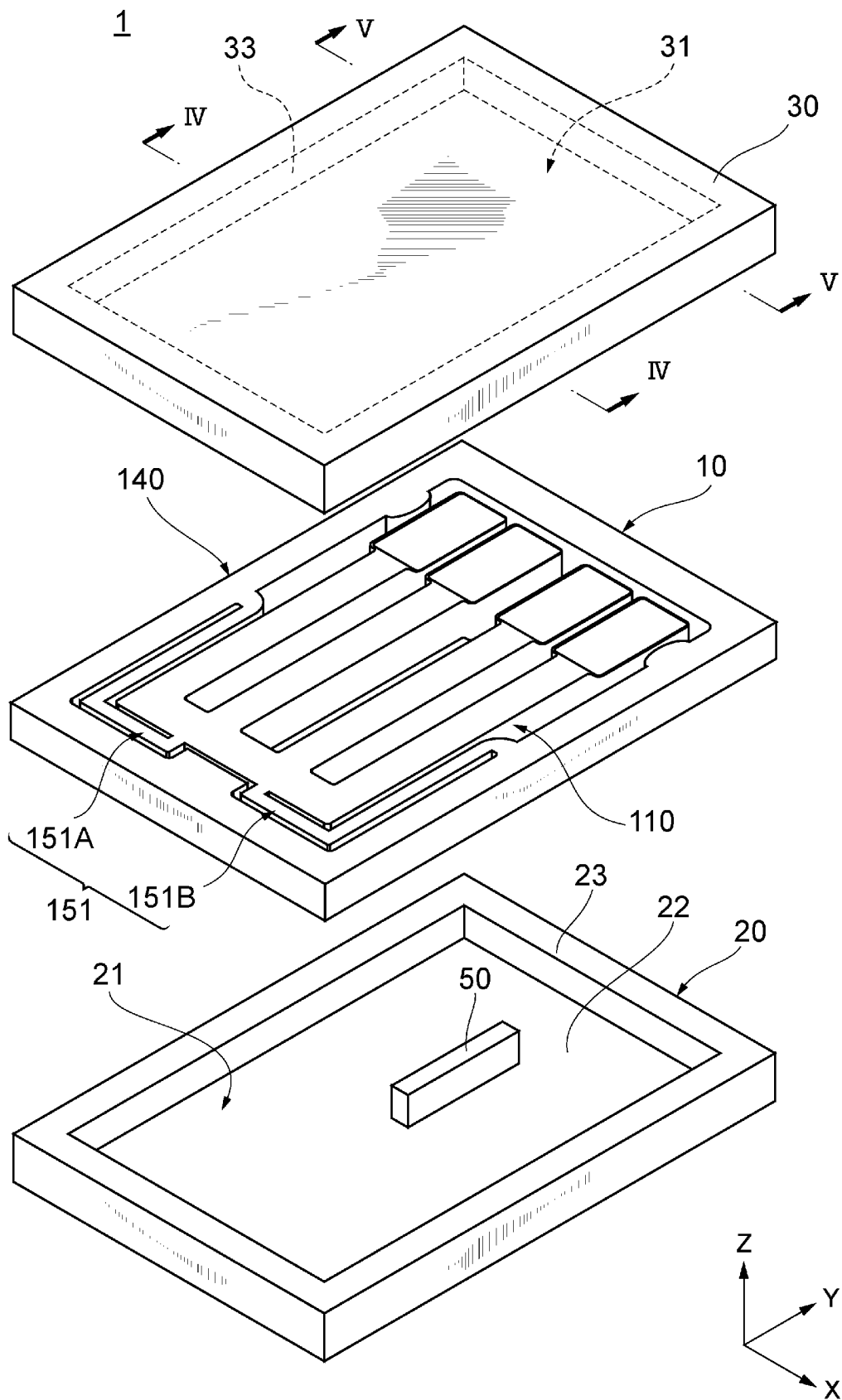
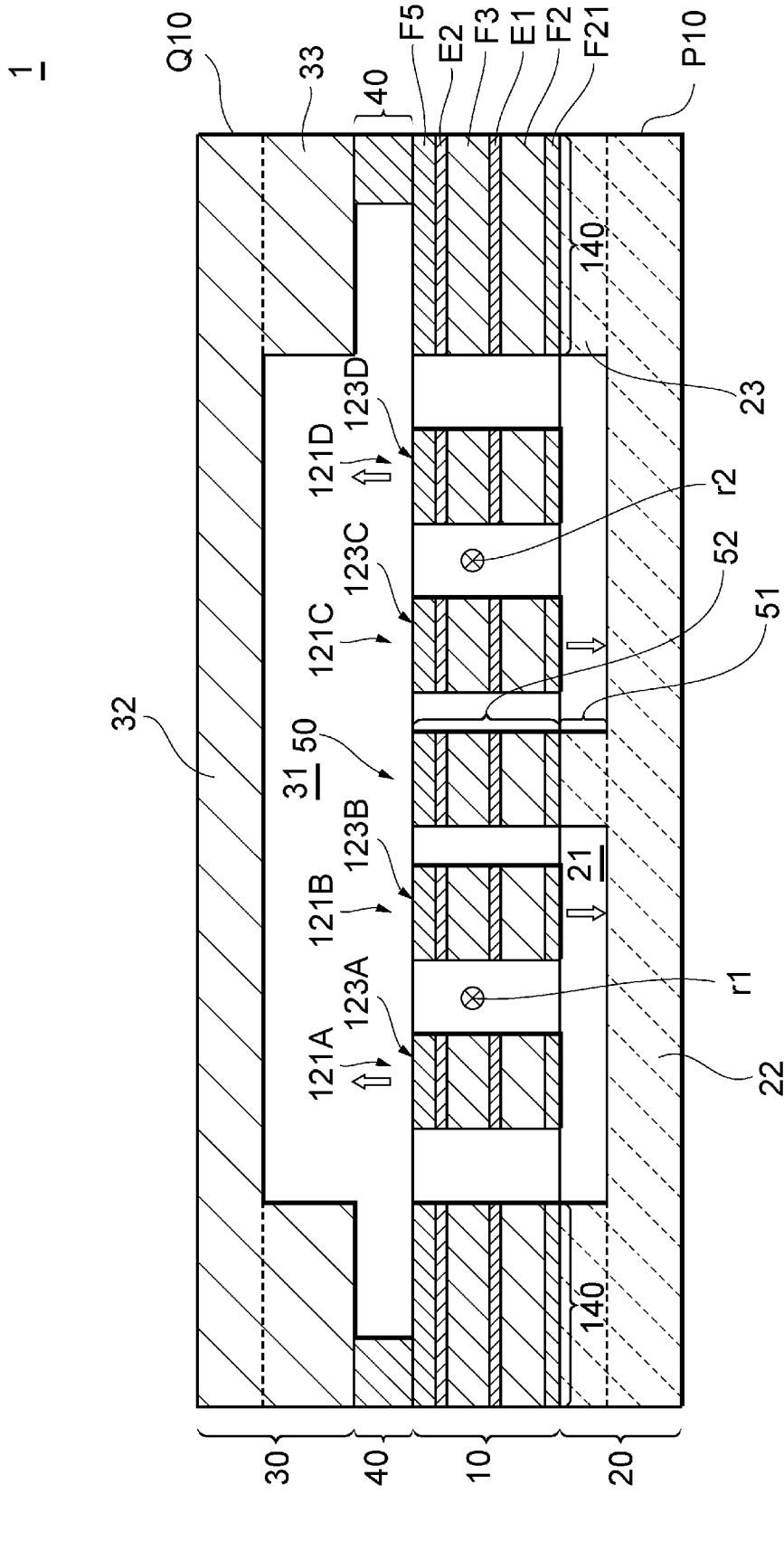


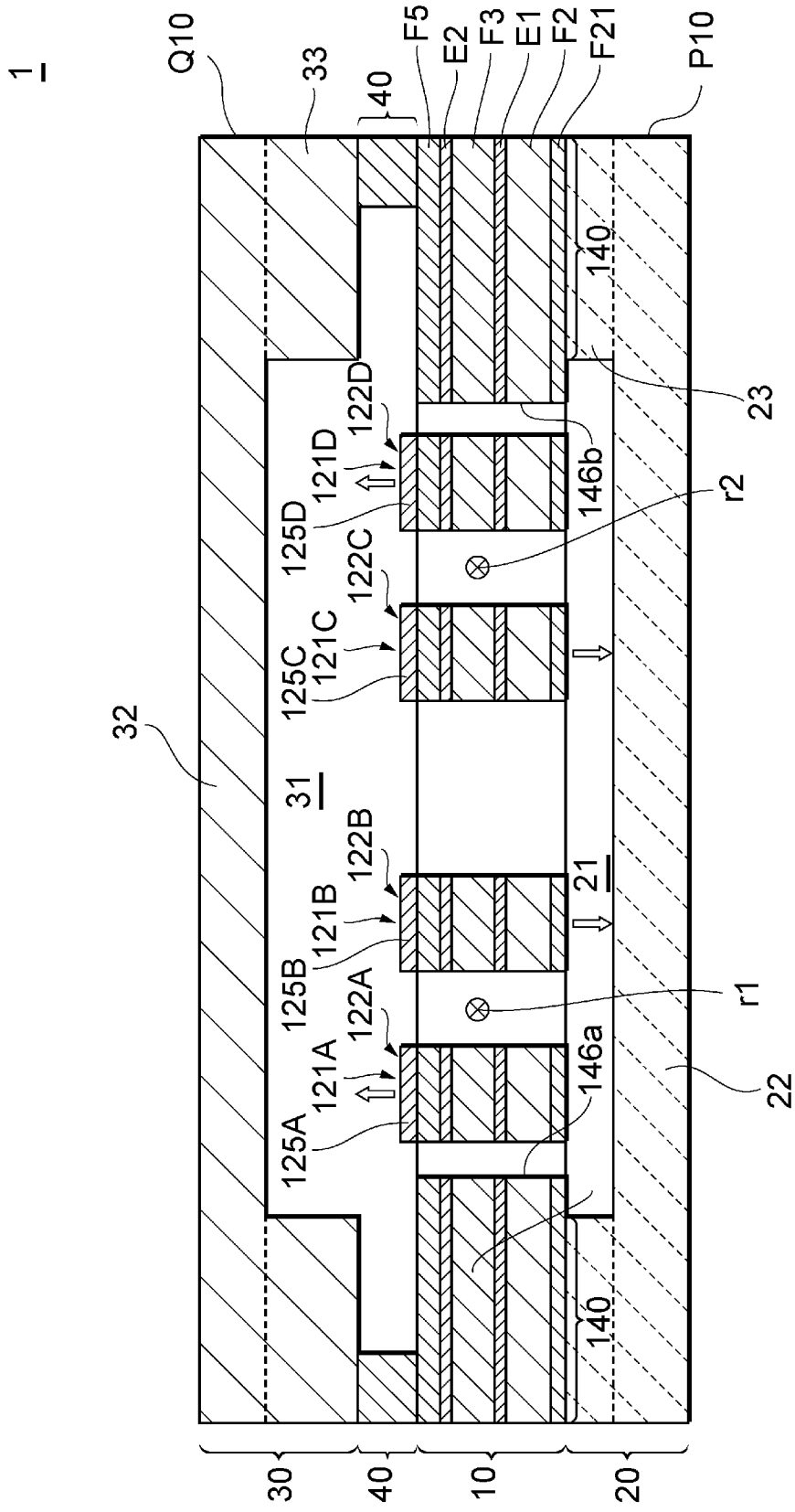
図 2

[図4]

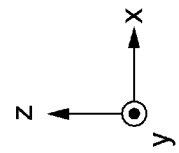


[図4]

[図5]



[図5]



[図8]

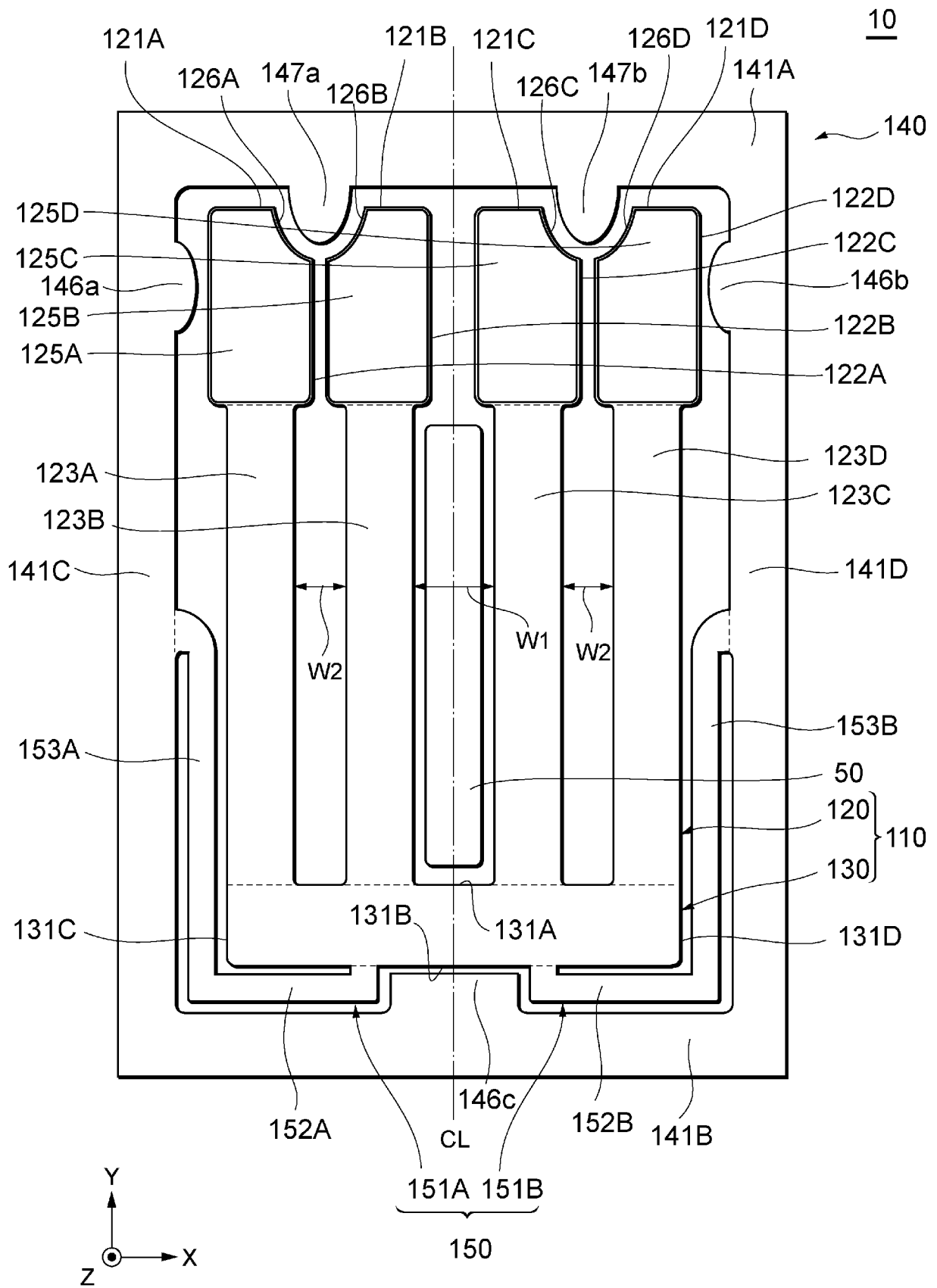
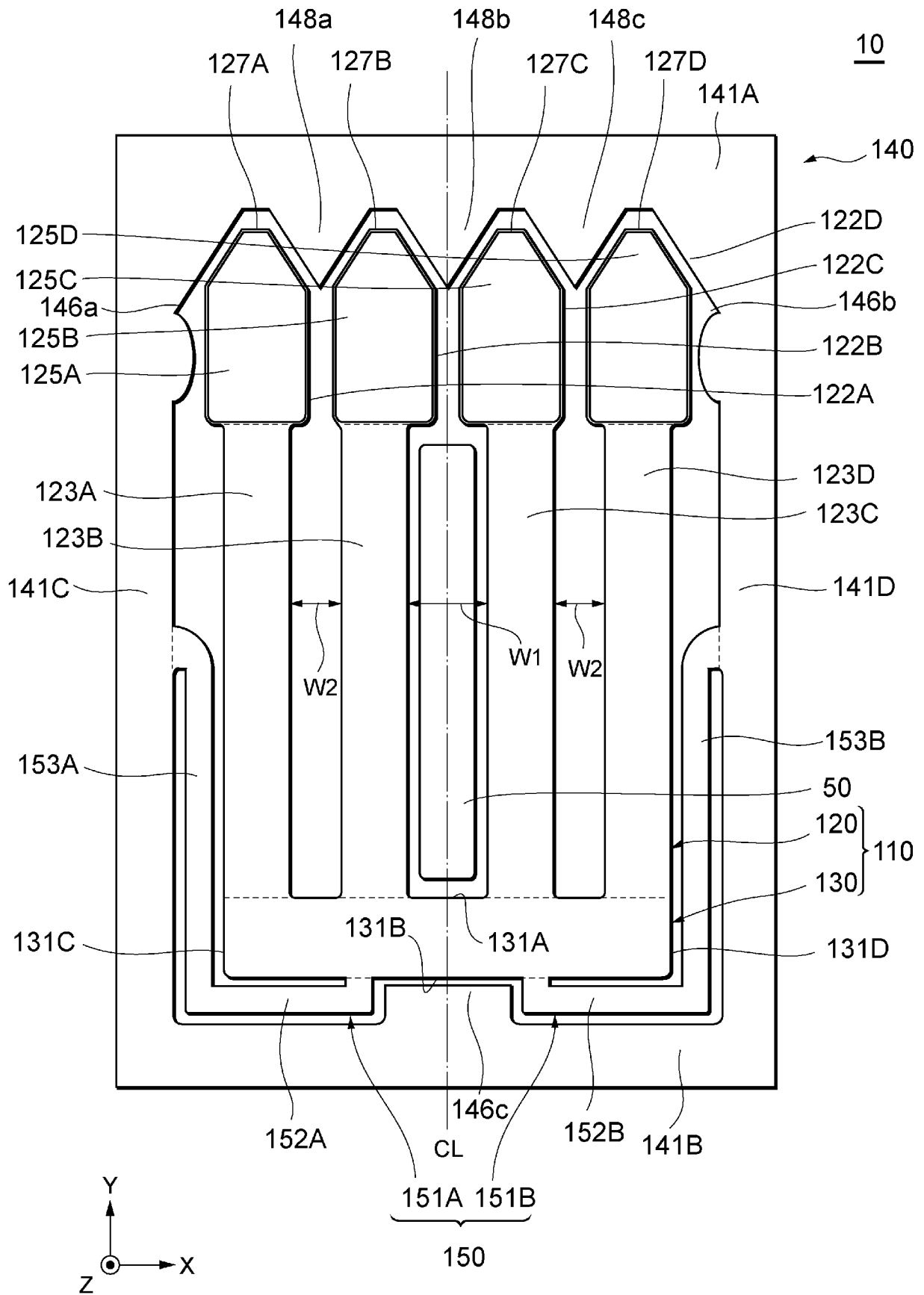


図 8

[図9]



[図9]

[図12]

201

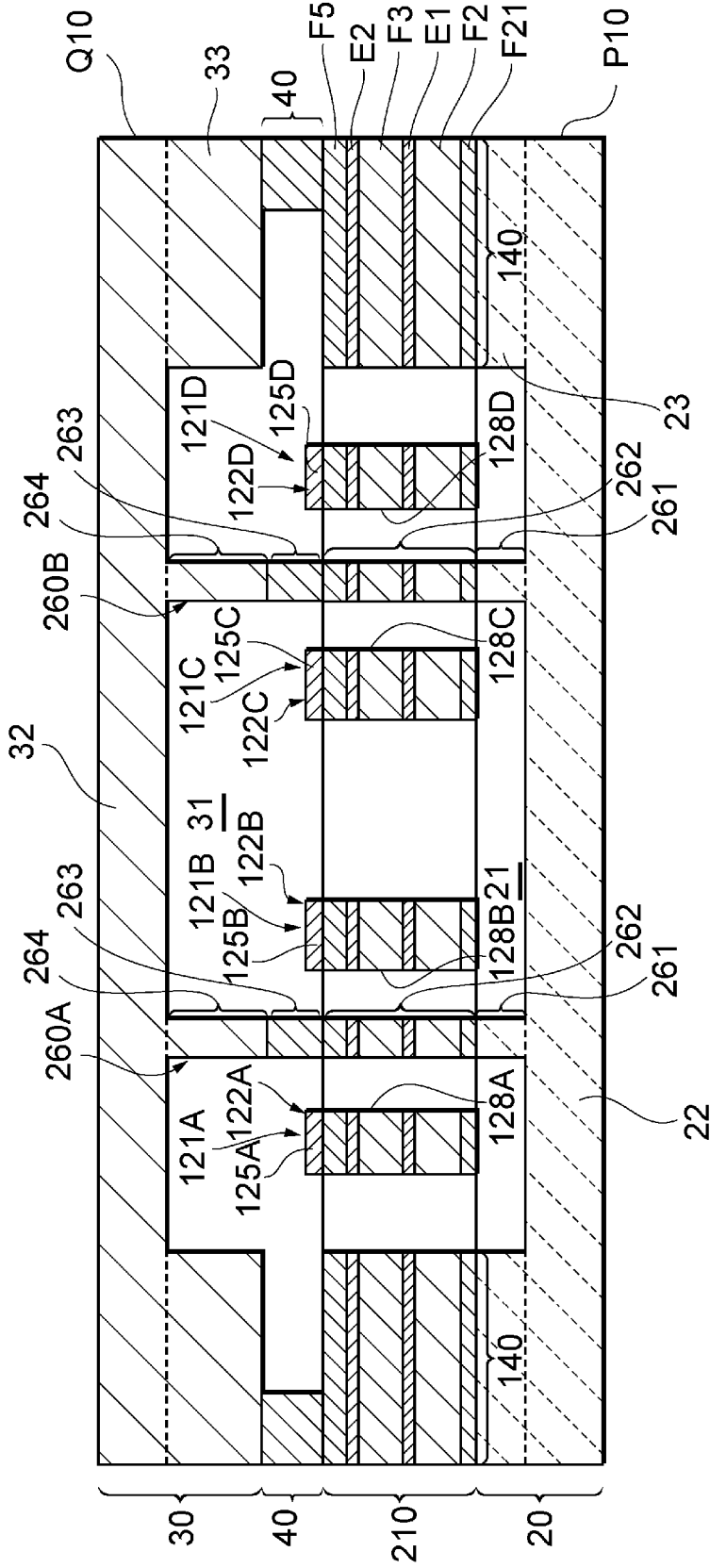


図 1 2

[図13]

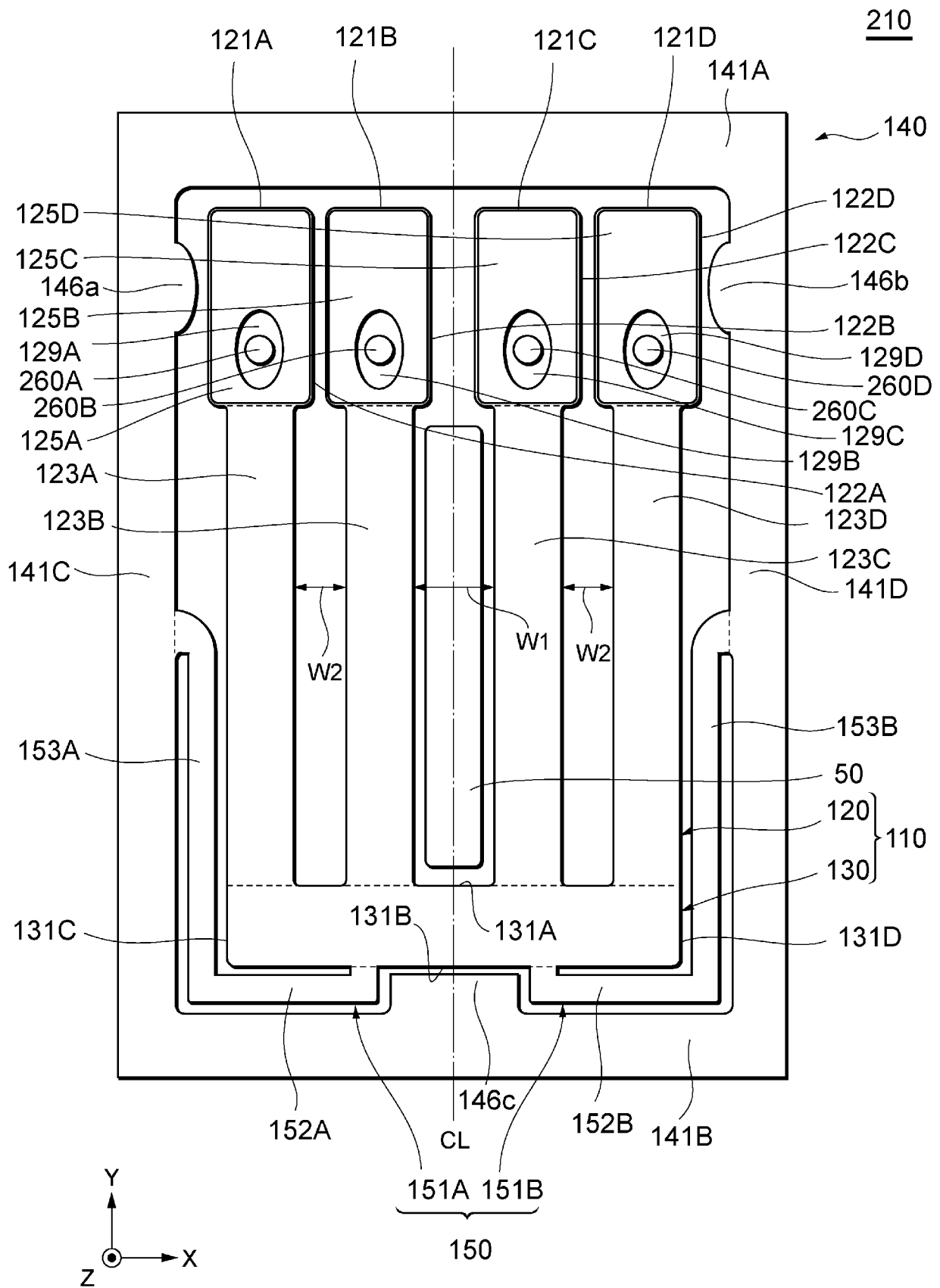


図 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/015912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H03H 9/24**(2006.01)i

FI: H03H9/24 B

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2021/117272 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 17 June 2021 (2021-06-17)	1, 5-7
A	paragraphs [0012]-[0036], fig. 1-3	2-4
A	WO 2018/008480 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 11 January 2018 (2018-01-11)	1-7
	paragraphs [0066]-[0095], fig. 11-12	
A	JP 2005-102138 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 14 April 2005 (2005-04-14)	1-7
	paragraph [0036], fig. 3	

☐ 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 June 2022

Date of mailing of the international search report

28 June 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

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: WO 2021/117272 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 17 June 2021 (2021-06-17) paragraphs [0012]-[0036], fig. 1-3 (Family: none)

Document 2: WO 2018/008480 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 11 January 2018 (2018-01-11) paragraphs [0066]-[0095], fig. 11-12 & US 2019/0109578 A1, paragraphs [0095]-[0129], fig. 11-12

Claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) Claims 1-7

Claim 1 lacks novelty in light of document 1, and thus does not have a special technical feature. However, claim 2 dependent on claim 1 has the special technical feature in which “the first protrusion protrudes in the longitudinal direction of the vibration arm when viewed in the plan view,” and claims 3-4 and 6-7 also have the same special technical feature as claim 2. Thus, claims 1-4 and 6-7 are classified as invention 1.

Also, claim 5 is dependent on claim 1 and inventively related to claim 1, and is thus classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 8-12

Claims 8-12 share, with claim 1 classified as invention 2, the common technical feature of a “resonance device provided with: a base part; three or more vibration arms, each of which has an arm portion on a fixed end connected to the base part and a weight portion formed on an open end, wherein the plurality of vibration arms extend in parallel to each other and vibrate in an out-of-plane bending vibration mode as main vibrations; a resonator which is located in at least a portion of a region near the plurality of vibration arms and includes a holding part configured to hold the base part; a first substrate; a second substrate, wherein a vibration space for the resonator is formed between the first substrate and the second substrate; and a protrusion portion that protrudes from inner surface of the first substrate or the second substrate to the vibration space.” However, said technical feature does not make a contribution over the prior art in light of the disclosure of document 1 or document 2, and thus cannot be said to be a special technical feature. Also, there are no other same or corresponding special technical features between claims 8-12 and claim 7.

In addition, claims 8-12 are not dependent on claim 1. Furthermore, claims 8-12 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Thus, claims 8-12 cannot be classified as invention 1.

Also, claims 9-12 are dependent on claim 8 and are at least inventively related to claim 8, and thus, claims 8-12 are classified as invention 2.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/015912

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.

PCT/JP2022/015912

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/117272	A1	17 June 2021	(Family: none)	
WO	2018/008480	A1	11 January 2018	US 2019/0109578 A1 paragraphs [0095]-[0129], fig. 11-12	
				CN 109478876 A	
JP	2005-102138	A	14 April 2005	US 2005/0062368 A1 paragraphs [0056]-[0057], fig. 3A-3G	
				CN 1585146 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H03H 9/24(2006.01)i FI: H03H9/24 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）） 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> 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）			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
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									
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	WO 2021/117272 A1（株式会社村田製作所）17.06.2021（2021 - 06 - 17） [0012]-[0036], 図1-図3	1, 5-7								
A		2-4								
A	WO 2018/008480 A1（株式会社村田製作所）11.01.2018（2018 - 01 - 11） [0066]-[0095], 図11-図12	1-7								
A	JP 2005-102138 A（セイコーエプソン株式会社）14.04.2005（2005 - 04 - 14） [0036], 図3	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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 17.06.2022		国際調査報告の発送日 28.06.2022								
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：W0 2021/117272 A1（株式会社村田製作所）17.06.2021（2021-06-17）
[0012]-[0036], 図1-図3
（ファミリーなし）

文献2：W0 2018/008480 A1（株式会社村田製作所）11.01.2018（2018-01-11）
[0066]-[0095], 図11-図12
& US 2019/0109578 A1, [0095]-[0129], 図11-図12

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1の従属請求項である請求項2は、「前記第1突起は、前記平面視における前記振動腕の長さ方向に突起する」という特別な技術的特徴を有しており、請求項3－4，6－7も、請求項2と同一の特別な技術的特徴を有している。したがって、請求項1－4，6－7を発明1に区分する。

また、請求項5は請求項1の従属請求項であり、請求項1に対して発明の連関を有しているので、発明1に区分する。

（発明2）請求項8－12

請求項8－12は、発明1に区分された請求項2と、「基部と、それぞれが前記基部に接続された固定端側の腕部と開放端側に形成された錘部とを有し、互いに並列に延在する3本以上の複数の振動腕であって、面外屈曲振動モードを主振動として振動する複数の振動腕と、前記複数の振動腕の周囲の少なくとも一部に配置され、前記基部を保持するように構成された保持部を含む共振子と、第1基板と、前記第1基板との間に前記共振子の振動空間を形成する第2基板と、前記第1基板又は前記第2基板の内面から前記振動空間に突出する突出部と、を備える、共振装置」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または文献2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8－12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8－12は請求項1の従属請求項ではない。また、請求項8－12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8－12は発明1に区分できない。

そして、請求項9－12は請求項8の従属請求項であり、請求項8に対して少なくとも発明の連関を有しているので、請求項8－12を発明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/JP2022/015912

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2021/117272	A1	17.06.2021	(ファミリーなし)	
WO	2018/008480	A1	11.01.2018	US 2019/0109578 A1	
				[0095]-[0129], 図11-図12	
				CN 109478876 A	
JP	2005-102138	A	14.04.2005	US 2005/0062368 A1	
				[0056]-[0057], 図3A-図3G	
				CN 1585146 A	