

(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6月29日(29.06.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/110126 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/072553
- (22) 国際出願日: 2016年8月1日(01.08.2016)
- (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 2015-248945 2015年12月21日(21.12.2015) 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: 廣田 和香奈(HIROTA, Wakana); 〒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). 宇波 俊彦(UNAMI, Toshihiko); 〒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). 井上 義久(INOUE, Yoshihisa); 〒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).

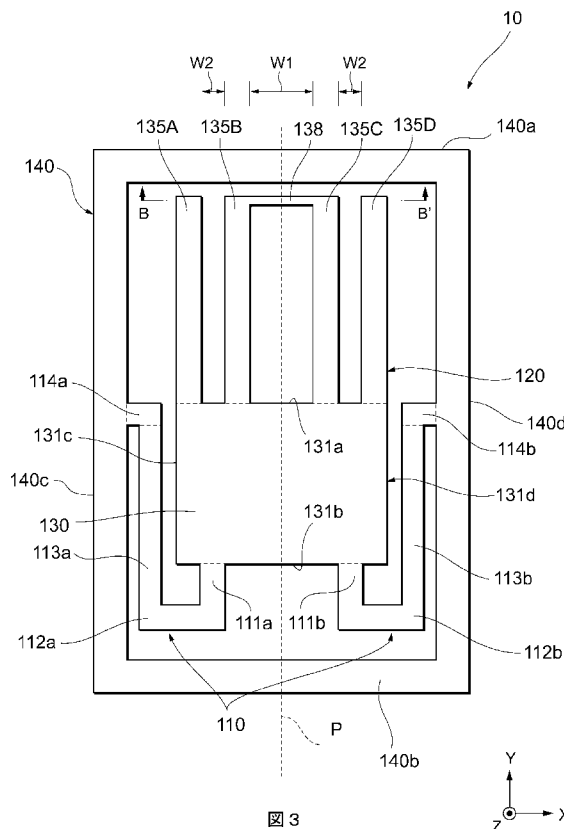
(74) 代理人: 稲葉 良幸, 外(INABA, Yoshiyuki et al.); 〒1066123 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー23階 TMI 総合法律事務所 Tokyo (JP).

(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, 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, KN, KP, KR, 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.

[続葉有]

(54) Title: RESONATOR AND RESONANCE DEVICE

(54) 発明の名称: 共振子及び共振装置



(57) Abstract: The present invention can inhibit generation of a spurious mode in a resonator that makes an out-of-plane bending motion. This resonator is provided with: a base part; a plurality of vibrating arms which each have a piezoelectric body and a pair of electrode layers facing each other with the piezoelectric body interposed therebetween, which each have one end connected to the front end of the base part, and which are disposed at prescribed spacing therebetween so as to extend in a direction away from the base part; and a connection part which connects together parts of vibrating arms, among the plurality of vibrating arms, that bend in the same direction when an electric field is applied thereto.

(57) 要約: 面外屈曲する共振子において、スプリアスモードの発生を抑制することができる。共振子は、基部と、圧電体と当該圧電体を間に挟んで互に対向する1対の電極層とを有し、一端が基部の前端と接続し、互いに所定の空間を隔てて基部から離れる方向に延びるように設けられた複数の振動腕と、複数の振動腕のうち、電界が印加された場合に同一方向に屈曲する振動腕の一部同士を連結する連結部とを備える。

WO 2017/110126 A1



(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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

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が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、複数の振動腕を備えた面外屈曲共振子が開示されている。この共振子では、振動腕はその固定端で基部の前端に接続されており、基部は、前端とは反対側の後端で支持部に接続されている。支持部は、例えば下側基板及び上側基板の間に挟み込まれる基台に接続されている。特許文献1の図1の例では、振動腕に印加される電界が互いに逆方向に設定されることによって、内側の振動腕と外側の2本の振動腕との間で互いに逆位相の振動が実現される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5071058号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、例えば特許文献1に記載されている従来の共振装置では、所望の周波数におけるメインの振動モード周辺の周波数において、不要な振動モード（スプリアスモード）が発生してしまう。これによって、メイン振

動の特性を低下させてしまう。

[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、スプリアスモードの発生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

[0007] 本発明の一側面に係る共振子は、基部と、圧電体と当該圧電体を間に挟んで互に対向する１対の電極層とを有し、一端が基部の前端と接続し、互いに所定の空間を隔てて基部から離れる方向に延びるように設けられた複数の振動腕と、複数の振動腕のうち、電界が印加された場合に同一方向に屈曲する振動腕の一部同士を連結する連結部とを備える。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、面外屈曲する共振子において、スプリアスモードの発生を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [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１のＡＡ'線に沿った断面図である。

[図5]図３のＢＢ'線に沿った断面図である。

[図6]図３に対応し、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。

発明を実施するための形態

[0010] [第１の実施形態]

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。

[0011] この共振装置1は、共振子10と、共振子10を挟んで設けられた上蓋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。

[0012] 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、また、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。

[0013] 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が、アモルファスSiや、SiC、SiGe、Ge、ガリヒ素、水晶などシリコン以外の基板を用いて形成されるものでもよい。

以下、共振装置1の各構成について詳細に説明する。

[0014] (1. 上蓋30)

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を有し、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。

[0015] (2. 下蓋20)

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（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。

[0016] (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 110 とを備えている。

[0017] (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、連結部 138 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 2 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。

[0018] 基部 130 は、X 軸方向に長辺 131 a (前端の一例である。)、131 b、Y 軸方向に短辺 131 c、131 d を有している。基部 130 は、長辺 131 b において、後述する保持腕 110 によって保持部 140 に接続され、保持されている。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 131 a の垂直二等分線に沿って規定される平面に対して略面对称に形成されていけばよい。基部 130 は、例えば、長辺 131 b が 131 a より短い台形や、長辺 131 a を直径とする半円の形状であってもよい。また、長辺 131 a、131 b、短辺 131 c、131 d は直線に限定されず、曲線であってもよい。

[0019] 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の一方の長辺131aと接続されて固定端となっており、他端は自由端となっている。また、振動腕135は、それぞれ、X軸方向に所定の空間を隔てて、並列して設けられている。具体的には、振動腕135A（第1振動腕の一例である。）と振動腕135D（第2振動腕の一例である。）との間に、振動腕135B（第3振動腕の一例である。）、振動腕135C（第4振動腕の一例である。）が設けられている。

[0020] 本実施形態の振動部120では、X軸方向における、振動腕135Bと135Cとの間隔W1は、X軸方向における、外側の振動腕135A（135D）と当該外側の振動腕135A（135D）に隣接する内側の振動腕135B（135C）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25 μ m程度、間隔W2は例えば5 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の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。

[0021] また、連結部138は、振動腕135のうち、同位相の電界が印加される振動腕同一部同士を連結する。本実施形態では、連結部138は、振動腕135Bと振動腕135Cとの先端（自由端）同士を連結する。連結部138は、例えばY軸方向に沿った幅が50 μ m程度、X軸方向に沿った長さが25 μ m程度である。

[0022] なお、連結部138は、振動腕135B、135Cの先端に設けられる構成に限定されず、振動腕135B、135Cの少なくとも一部を連結する構成であればよい。より好ましくは、連結部138のY軸に沿った長さは、振動腕135B、135Cの間に設けられた空間のY軸に沿った長さの和よりも短い。例えば、連結部138は、振動腕135Bと135Cとを複数の箇所において連結する構成でもよい。

[0023] (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14

0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、振動部120の周囲の少なくとも一部に設けられていればよく、杵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。

[0024] 本実施形態においては、保持部140は一体形成される角柱形状の杵体140a～140dからなる。

[0025] 杵体140aは、図3に示すように、振動腕135の自由端に対向して、長手方向がX軸に平行に設けられる。杵体140bは、基部130の長辺131bに対向して、長手方向がX軸に平行に設けられる。杵体140cは、基部130の短辺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、その両端で杵体140a、140bの一端にそれぞれ接続される。杵体140dは、基部130の短辺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、その両端で杵体140a、140bの他端にそれぞれ接続される。

[0026] (c) 保持腕110

保持腕110は、保持部140の内側に設けられ、基部130の長辺131bと杵体140c、140dとを接続する。

[0027] 保持腕110は、一体に形成され、Z軸方向に湾曲した角柱板状の腕111a、112a、113a、114a及び111b、112b、113b、114bを有している。また、保持腕110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。

[0028] 腕111aは、基部130と杵体140bとの間に、杵体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、一端が基部130の長辺131bにおいて基部130と接続しており、そこから長辺131bに対して略垂直、すなわち、Y軸方向に延びている。腕111aの他端は、腕112aの一端における、長辺131bと対向する側の

側面（XZ平面上の面）に接続している。

[0029] 腕112aは、基部130と枠体140cとの間に、枠体140bに対向して、長手方向がX軸に平行になるように設けられている。腕112aの他端は、その側面（XZ平面上の面）において、腕113aの一端に接続されている。

[0030] また、腕113aは、基部130と枠体140c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。また、腕113aの他端は、腕114aの一端における、枠体140bと対向する側の側面に接続している。

[0031] 腕114aは、振動腕135Aと枠体140cとの間に、枠体140aに対向して、長手方向がX軸に平行になるように設けられている。腕114aの他端は、枠体140cにおける、振動腕135Aの固定端と対向する領域付近において、枠体140cと接続する。すなわち、腕113aの他端は、振動腕135Aの側方において、枠体140cに対して固定される。

なお、腕111b～114bの構成は、腕111a～114aの構成と同様である。

[0032] 以上のとおり、本実施形態に係る保持腕110は、腕111a、111bの一端において基部130と接続し、腕111a、111bの他端と腕112a、112bとの接続箇所において折れ曲がり、腕112a、112bと腕113a、113bとの接続箇所でも再度折れ曲がり、腕113a、113bと腕114a、114bとの接続箇所ですらに折れ曲がった後に、保持部140へと接続する構成となっている。このように、本実施形態に係る保持腕110は、折れ曲がる構成となっているため、基部130の屈曲変位を阻害することなく、基部130を保持することができる。その結果、大振幅駆動時における周波数の上昇を低減することが可能になる。この結果、本実施形態に係る共振子10は、共振周波数のシフトを抑制することができる。

[0033] なお、保持腕110は、各腕の接続箇所において直角に折れ曲がっている形状に限定されない。保持腕110における、各腕の接続箇所は曲線の形状

であってもよい。また、保持腕 110 は折れ曲がる構成に限定されず、例えば、基部 130 の長辺 131 b と接続し、そこから Y 軸方向に沿って延び、枠体 140 b と接続する構成でもよい。さらに、保持腕 110 と基部 130 との接続箇所は、基部 130 における長辺 131 b に限定されない。例えば、保持腕 110 は、基部 130 における短辺 131 c、131 d と接続し、折れ曲がった後に、枠体 140 c、140 d と接続する構成でもよい。

[0034] (4. 積層構造)

図 4 を用いて共振装置 1 の積層構造について説明する。図 4 は、図 1 の A-A' 断面図である。

[0035] 図 4 に示すように、本実施形態に係る共振装置 1 では、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、振動腕 135 が振動する振動空間が形成される。

[0036] 下蓋 20 の底板 22、側壁 23 は、Si (シリコン) ウエハ S1 により、一体的に形成されている。なお、側壁 23 の上面に酸化ケイ素 (例えば SiO₂ (二酸化ケイ素)) 膜を形成し、この酸化ケイ素膜によって、下蓋 20 と共振子 10 の保持部 140 とを接合する構成も可能である。Z 軸方向に規定される下蓋 20 の厚さは例えば、150 μm、凹部 21 の深さは例えば 50 μm である。

[0037] 上蓋 30 の底板 32、側壁 33 は、所定の厚さの Si (シリコン) ウエハ S2 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、上蓋 30 と保持部 140 とを接合するために、接合部 H が形成されている。接合部 H は、例えば、Al (アルミニウム) 及び Ge (ゲルマニウム) 膜や、Au (金) 膜及び Sn (錫) 膜によって形成されている。

[0038] 共振子 10 では、保持部 140、基部 130、振動腕 135、保持腕 11

0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（基板の一例である。）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が積層されており、さらに圧電薄膜F3の上には、金属層E2が積層されている。

[0039] Si基板F2は、例えば、厚さ10 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。Si基板F2に用いられる縮退Siの抵抗値は0.5m Ω ・cm以上0.9m Ω ・cm以下であり、振動腕とn型Si層（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度以上15度以下または75度以上90度以下の範囲内にある事が望ましい。さらにSi基板F2の下面には酸化ケイ素（例えばSiO₂）層F2'が形成されている。これにより、下蓋20とSi基板F2を接合できる。

[0040] また、金属層E2、E1は、例えば厚さ0.1 μ 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。なおSi基板F2として、縮退したSiを用いることで、Si基板F2が金属層E1を兼ねることができる。

[0041] Si基板F2、圧電薄膜F3、酸化ケイ素層F2'、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（電極層の一例である。）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110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。

[0042] 他方で、金属層E2は、振動部120上においては、上部電極（電極層の一例である。）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110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 30 の外面に電極を形成して、当該電極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。

[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、0.2 μm 以上 2 μm 以下の厚さであることが好ましく、より好ましくは、1 μm 程度の厚さである。

[0045] 圧電薄膜 F 3 は、金属層 E 2、E 1 によって圧電薄膜 F 3 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 F 3 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。

[0046] 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 の内面に向かって自由端を変位すると、内側の振動腕 135 B、135 C は下蓋 20 の内面に向かって自由端を変位する。

[0047] 図 5 は、図 3 の BB' 断面に対応し、本実施形態に係る振動部 120 における、振動腕 135 の先端及び連結部 138 の断面を示す図である。

連結部 138 は、図 5 の例では、Si 基板 F 2 と、Si 基板 F 2 の上に積層された金属層 E 1 と、金属層 E 1 の上に積層された圧電薄膜 F 3 と、圧電薄膜 F 3 の上にさらに積層された金属層 E 2 とを有している。なお、連結部

138の積層構造はこれに限定されず、例えば振動腕135の積層構造と同様の積層構造を有する構成でもよい。また、振動腕135の積層構造のうち金属層E1、圧電薄膜F3、金属層E2を有さない構成でもよい。

[0048] 以上のような共振装置1では、逆位相の振動時、すなわち、図4に示す振動腕135Aと振動腕135Bとの間でY軸に平行に延びる中心軸r1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軸に平行に延びる中心軸r2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、中心軸r1とr2とで互いに逆方向の振れモーメントが生じ、基部130で屈曲振動が発生する。このとき、連結部138を有さない基部130においては、この振れモーメントによってX軸方向に沿った動きが発生する。これによって、所望の周波数で振動するメイン振動周辺の周波数帯域において不要な振動が発生する場合がある。

[0049] 本実施形態において、振動腕135Bと振動腕135Cとは、連結部138によって連結される構成である。そのため、振動腕135Bと振動腕135Cとは確実に同位相で振動することができる。この結果、本実施形態に係る共振子10においては、基部130におけるX軸方向に沿った動きを抑えることができ、不要な振動モードの発生を抑制することができる。これによって、振動腕135におけるメイン振動の特性を向上させることができる。

[0050] さらに、連結部138を有さない以外は本実施形態に係る共振子10と同じ構成である比較例の共振子と比較した場合、共振子10においては、振動腕135Bと振動腕135Cとの間における結合係数kの値を向上させることができる。具体的には、振動腕とn型Si層（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が、0度の場合、比較例の共振子では、結合係数kの値は6.08程度である。他方、本実施形態に係る共振子10の結合係数kは6.16程度に向上する。

[0051] [第2の実施形態]

第2の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。

[0052] 図6は、本実施形態に係る、共振子10の平面図の一例を示す図である。以下に、本実施形態に係る共振装置1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。

[0053] 本実施形態では、振動部120は、連結部138に加え、連結部139を有している。連結部139は、振動腕135Aと振動腕135Dとの先端同士を連結する。なお、本実施形態における振動腕135は、連結部138は有さず、連結部139のみを有する構成であってもよい。

[0054] さらに振動腕135A～135Dの自由端側には、固定端側と比べてX軸方向の幅が大きい錘部136A～136D（以下、錘部136A～136Dをまとめて「錘部136」とも呼ぶ。）がそれぞれ形成されている。錘部136は、例えばX軸方向に沿った幅が70 μ m程度、錘部136同士の間隔が5 μ m程度である。錘部136は、振動腕135と同様の積層構造を有していることが好ましいがこれに限定されない。錘部136は、例えば、Si基板F2金属層E2のみから構成されてもよい。さらに、振動腕135と同様の積層構造のその上に、複数の層を形成しても良い。たとえばAlNなどの絶縁層を形成し、さらに質量の大きなMo層を形成しても良い。これにより、先端部の質量を増大させながら、圧電薄膜F3の振動腕先端側には電圧を印加させない事により機械結合係数kの向上を実現できる。

[0055] また、本実施形態では、保持腕110は、第1の実施形態における腕111a、111bに対応する構成を有さず、腕112a、112bにおいて、基部130における短辺131c、131dと接続する。

[0056] このように本実施形態に係る共振子10は、基部130の前端における外側に設けられた振動腕135Aと135D、及び振動腕135A、135Dの内側に設けられた振動腕135B、135Cがそれぞれ連結部139、138によって連結される構成である。従って、内側の振動腕同士と外側の振動腕同士とを確実に同位相で振動させることができる。これによって、不要

な振動モードの発生を抑制することができ、その結果、メイン振動の特性をより向上させることができる。

[0057] さらに、本実施形態においては、保持腕 110 は、保持部 140 における枠体 140c、140d であって、振動腕 135 の側方の領域に接続される。言い換えると、本実施形態に係る共振装置 1 においては、振動腕 135 の自由端と、保持部 140 の枠体 140b との間に、保持腕 110 は設けられない。これによって、共振装置 1 を振動腕 135 の長手方向において、小型化することが可能になる。

その他の構成・効果は第 1 の実施形態と同様である。

[0058] 以上、本発明の例示的な実施形態について説明した。本実施形態に係る共振子 10 では、基部 130 と、圧電薄膜 F3 と当該圧電薄膜 F3 を間に挟んで互いに対向する 1 対の金属層 E1、E2 とを有し、一端が基部 130 の長辺 131a と接続し、互いに所定の空間を隔てて基部 130 から離れる方向に延びるように設けられた複数の振動腕 135 と、複数の振動腕 135 のうち、電界が印加された場合に同一方向に屈曲する振動腕の一部同士を連結する連結部 138 とを備える。

これによって、面外屈曲する共振子 10 において、スプリアスモードの発生を抑制することができる。

[0059] また、複数の振動腕 135 は、振動腕 135A 及び振動腕 135D と、振動腕 135A 及び振動腕 135D の間に設けられた振動腕 135B 及び振動腕 135C と、を有し、連結部 138 は、振動腕 135A と振動腕 135D、又は振動腕 135B と振動腕 135C を連結することが好ましい。より好ましくは、連結部 138 は、振動腕 135B 及び振動腕 135C の他端同士を連結する。この好ましい態様によると、振動腕 135B と振動腕 135C とは確実に同位相で振動することができる。この結果、本実施形態に係る共振子 10 においては、基部 130 における X 軸方向に沿った動きを抑えることができ、不要な振動モードの発生を抑制することができる。これによって、振動腕 135 におけるメイン振動の特性を向上させることができる。

- [0060] また、振動腕 1 3 5 A と振動腕 1 3 5 D、又は振動腕 1 3 5 B と振動腕 1 3 5 C は略同じ形状であることが好ましい。この好ましい態様によると、振動腕 1 3 5 におけるメイン振動の特性をより向上させることができる。
- [0061] また、本実施形態に係る共振装置 1 は、上述した共振子 1 0 と、共振子 1 0 を間に挟んで互いに対向する上蓋 3 0 と、下蓋 2 0 とを備える。これによって、面外屈曲する共振子 1 0 において、スプリアスモードの発生を抑制することができる。
- [0062] 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。例えば、既述の実施形態において、保持腕 1 1 0 は 2 回以上折れ曲がる構成として説明したが、これに限定されない。保持腕 1 1 0 は、例えば、1 回も折れ曲がらず、基部 1 3 0 の長辺 1 3 1 b と枠体 1 4 0 b とを接続する構成であってもよい。また、保持腕 1 1 0 は、例えば、1 回だけ折れ曲がり、基部 1 3 0 の長辺 1 3 1 b と枠体 1 4 0 c 又は 1 4 0 d とを接続する構成であってもよい。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

- | | | |
|--------|-------|------|
| [0063] | 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 ~ 1 4 0 d	枠体
1 1 0	保持腕
1 1 1 a ~ 1 1 4 a、1 1 1 b ~ 1 1 4 b	腕
1 2 0	振動部
1 3 0	基部
1 3 1 a、1 3 1 b	長辺
1 3 1 c、1 3 1 d	短辺
1 3 5 A ~ D	振動腕
1 3 8、1 3 9	連結部

請求の範囲

[請求項1] 基部と、

圧電体と当該圧電体を間に挟んで互に対向する1対の電極層とを有し、一端が前記基部の前端と接続し、互いに所定の空間を隔てて前記基部から離れる方向に延びるように設けられた複数の振動腕と、

前記複数の振動腕のうち、電界が印加された場合に同一方向に屈曲する振動腕の一部同士を連結する連結部とを備える共振子。

[請求項2] 前記複数の振動腕は、

第1振動腕及び第2振動腕と、前記第1振動腕及び前記第2振動腕の間に設けられた第3振動腕及び第4振動腕と、を有し、

前記連結部は、

前記第1振動腕と前記第2振動腕、又は前記第3振動腕と前記第4振動腕を連結する、請求項1に記載の共振子。

[請求項3] 前記連結部は、

前記第3振動腕及び前記第4振動腕の他端同士を連結する、請求項2に記載の共振子。

[請求項4] 前記第1振動腕と前記第2振動腕、又は前記第3振動腕と前記第4振動腕はほぼ同じ形状である、請求項2または3に記載の共振子。

[請求項5] 請求項1～4いずれか一項に記載の共振子と、

前記共振子を間に挟んで互に対向する上蓋と、下蓋とを備える共振装置。

[図1]

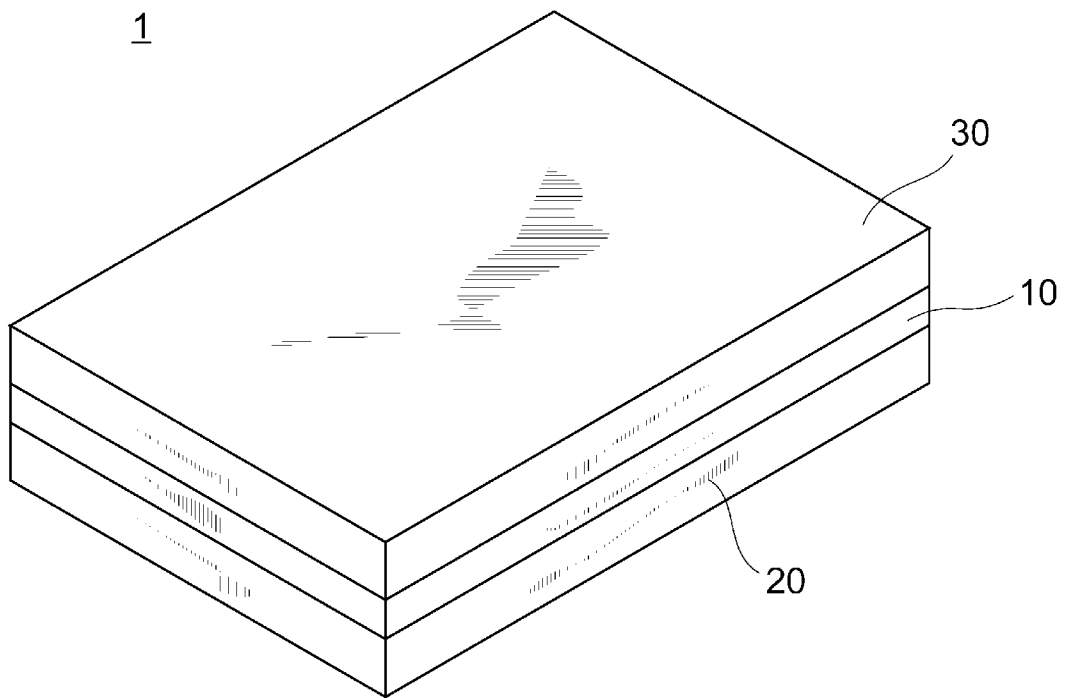


図 1

[図2]

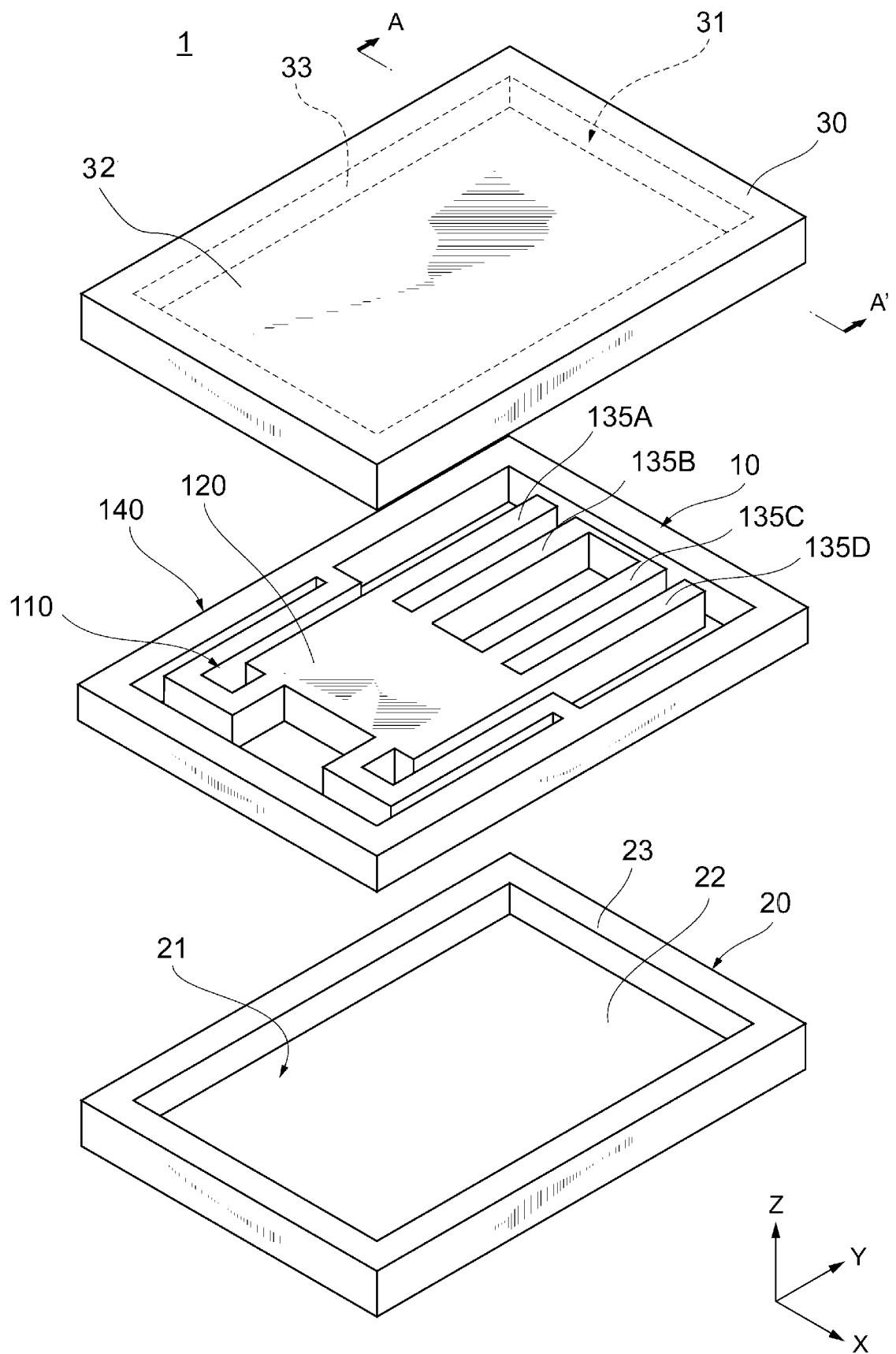
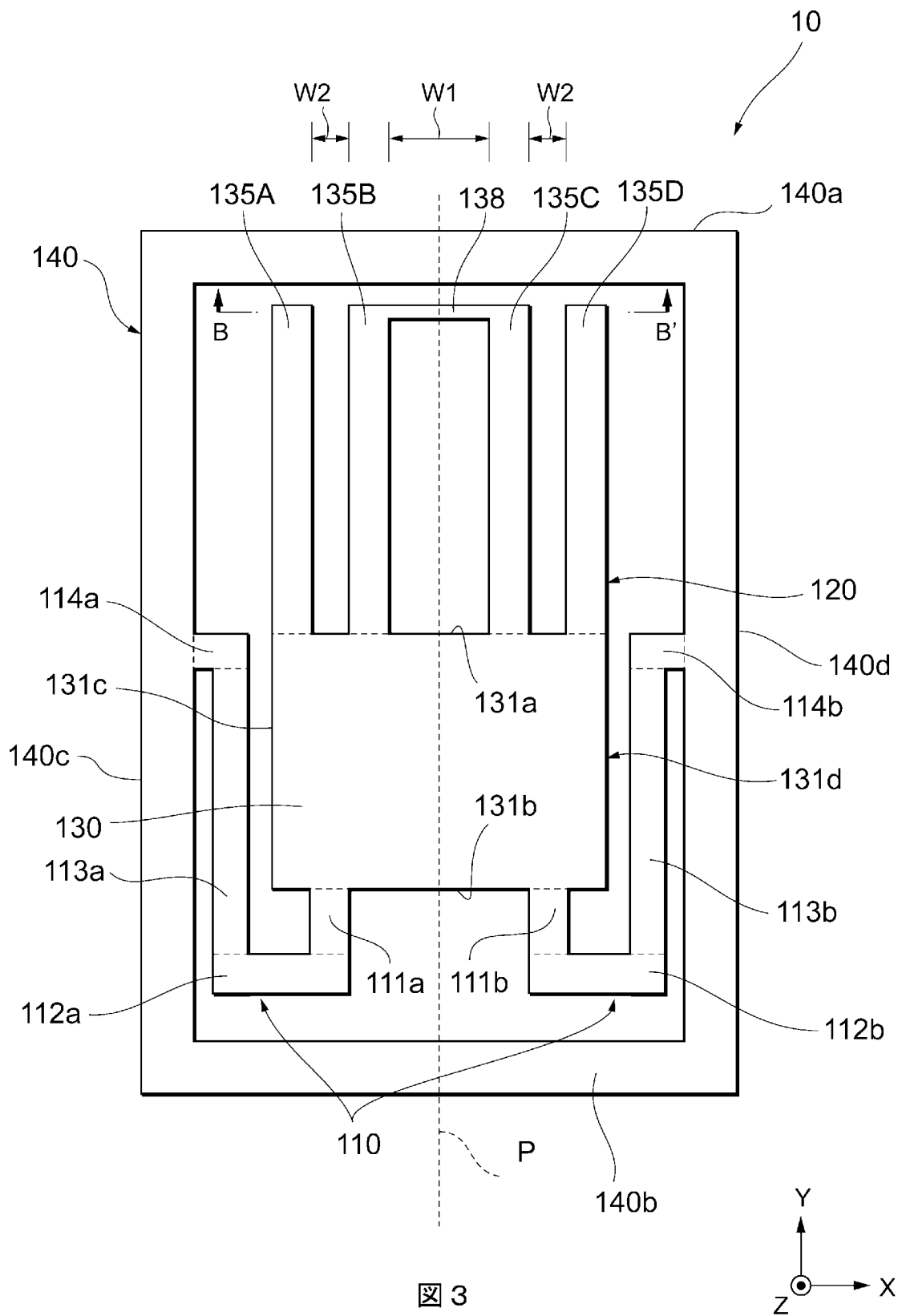


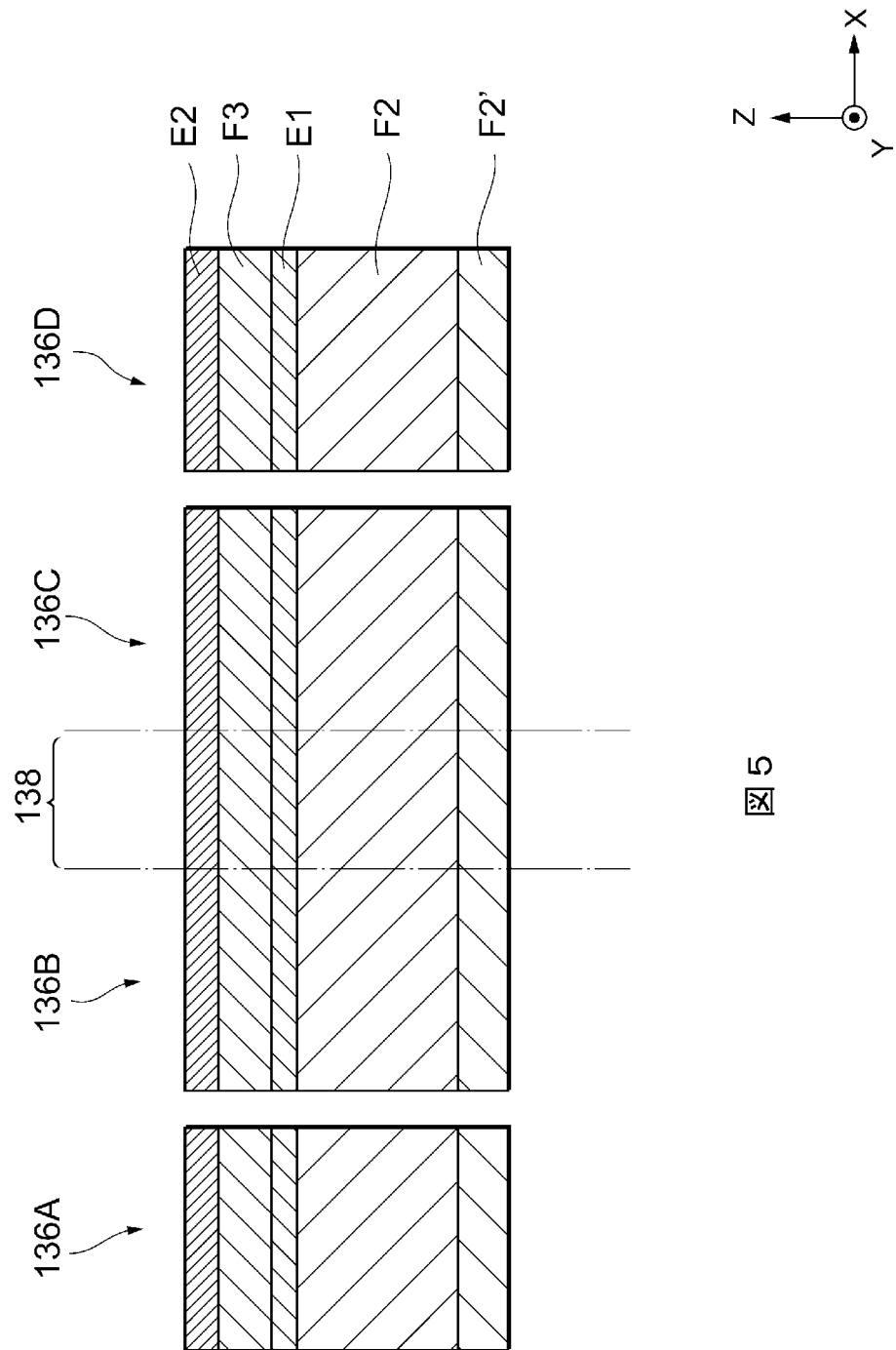
図 2

[図3]



[図5]

135



[図5]

[図6]

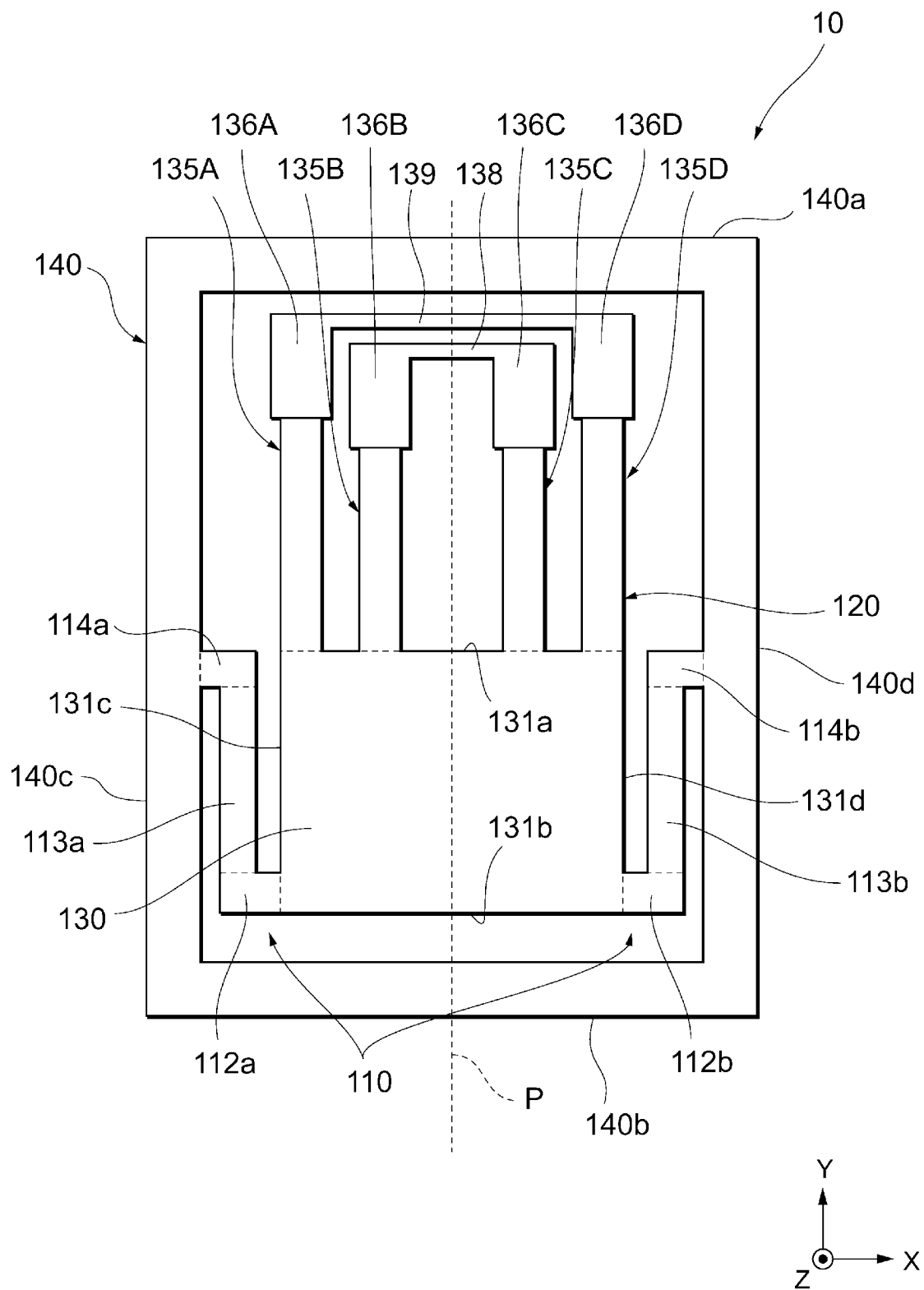


図 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/072553

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.), 26 March 2015 (26.03.2015), paragraphs [0034] to [0041]; fig. 1 to 2 & US 2016/0197597 A1 paragraphs [0050] to [0057]; fig. 1 to 2	1-5
A	WO 2014/185282 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 20 November 2014 (20.11.2014), paragraphs [0018] to [0033]; fig. 1 & US 2016/0065173 A1 paragraphs [0036] to [0049]; fig. 1	1-5
A	JP 57-97216 A (Citizen Watch Co., Ltd.), 16 June 1982 (16.06.1982), fig. 2 (Family: none)	1-5

☒ 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
05 October 2016 (05.10.16)

Date of mailing of the international search report
18 October 2016 (18.10.16)

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/JP2016/072553

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 2000-65580 A (Miyota Co., Ltd.), 03 March 2000 (03.03.2000), fig. 2 (Family: none)	1-5

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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) 2015.03.26, [0034]-[0041], 図 1-2 & US 2016/0197597 A1, [0050]-[0057], FIG. 1-2	1-5
A	WO 2014/185282 A1 (株式会社村田製作所) 2014.11.20, [0018]-[0033], 図 1 & US 2016/0065173 A1, [0036]-[0049], FIG1	1-5
A	JP 57-97216 A (シチズン時計株式会社) 1982.06.16, 第2図 (ファ ミリーなし)	1-5

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

05.10.2016

国際調査報告の発送日

18.10.2016

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

4183

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 2000-65580 A (ミヨタ株式会社) 2000.03.03, 図2 (ファミリーなし)	1-5