

(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
2016 年 10 月 6 日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/159016 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/205 (2006.01) *H03H 9/19* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/060262
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 29 日(29.03.2016)
- (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 2015-072882 2015 年 3 月 31 日(31.03.2015) JP
62/221,331 2015 年 9 月 21 日(21.09.2015) US
- (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 〇 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 中村 大佐 (NAKAMURA, Daisuke); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 西村 俊雄 (NISHIMURA, Toshio); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). カーヤカリ ヴィレ (KAA-JAKARI, Ville); 300807604 ジョージア州スミルナ、レイク パーク ドライブ 2200、ムラタ エレクトロニクス ノース アメリカ インコーポレイテッド内 Georgia (US).
- (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.
- (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).

[続葉有]

(54) Title: RESONATOR

(54) 発明の名称: 共振子

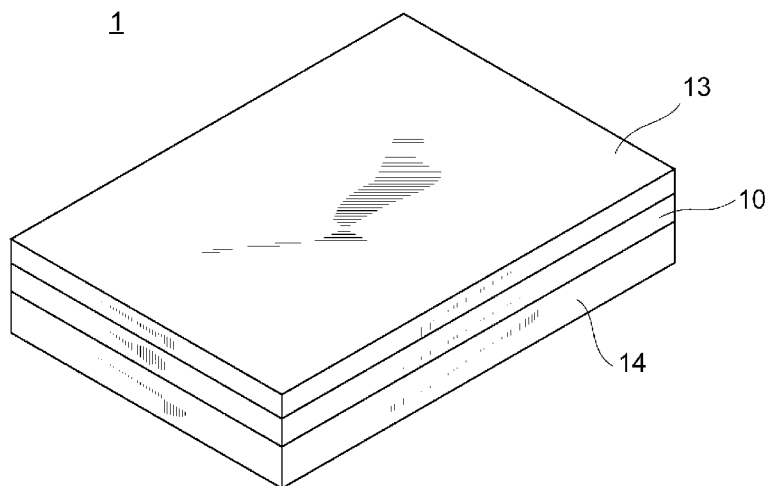


図 1

(57) Abstract: In order to make it possible to reduce the impact of parasitic capacitance that is generated between an electrode and a connecting wire that connects electrodes, the present invention is provided with: a rectangular vibrating portion that undergoes contour vibration; a holding portion that holds the vibrating portion; a first holding unit that has, between the holding portion and a first long side, a first arm being provided approximately parallel to the vibrating portion, a plurality of second arms connecting the first arm and the vibrating portion, and a third arm connecting the first arm and the holding portion, and connects the vibrating portion and the holding portion; a first connecting wire that is provided on the first arm; a first terminal that is provided on the holding portion; three or more electrodes that are provided on the vibrating portion; and a plurality of first lead wires that are provided on the second arms and connect the first connecting wire with a first and second electrode from among the three or more electrodes. The first lead wires are connected to the first connecting wire, the first connecting wire is

electrically connected to the first terminal, and an electric field of the same phase is applied from the first terminal to the first and second electrodes.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

電極同士を接続する接続線と電極との間に発生する寄生容量の影響を低減することを可能にする。
輪郭振動する矩形の振動部と、当該振動部を保持する保持部と、保持部と第 1 長辺との間において、振動部に沿って略平行に設けられた第 1 腕と、当該第 1 腕と振動部とを接続する複数の第 2 腕と、第 1 腕と保持部とを接続する第 3 腕とを有し、当該振動部と保持部とを接続する第 1 保持ユニットと、第 1 腕上に設けられた第 1 接続線と、保持部に設けられた第 1 端子と、振動部上に設けられた少なくとも 3 つ以上の電極と、複数の第 2 腕上に設けられ、3 つ以上の電極のうちの第 1 及び第 2 電極と第 1 接続線とを接続する複数の第 1 引き出し線とを備え、複数の第 1 引き出し線は、第 1 接続線と接続し、第 1 接続線は、第 1 端子に電氣的に接続されており、第 1 及び第 2 電極は、第 1 端子から同位相の電界が印加される。

明 細 書

発明の名称：共振子

技術分野

[0001] 本発明は、共振子に関する。

背景技術

[0002] 従来、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いた圧電共振装置がたとえばタイミングデバイスとして用いられている。この圧電共振装置は、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。

[0003] このような圧電共振装置に用いられる共振子のうち、高次輪郭振動を行う共振子は、振動部上に設けられた端部電極を介して同位相の電極同士を接続している。特許文献1には、上部電極同士をバスバーで接続した後、振動部から外周の保持部へと電極を引き出す共振子の構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第784328号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献1に記載された従来の共振子では、端部電極と上部電極との間に発生した寄生容量の影響によって、特性の悪化を招くという課題があった。また、振動部の端部に端部電極を設ける必要があるため、上部電極を振動部の端部まで配置することができない場合もあった。

[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、電極同士を接続する接続線と電極との間に発生する寄生容量の影響を低減することが可能な共振子を提供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、第1及び第2長辺並びに第1及び第2短

辺を有し、輪郭振動する矩形の振動部と、振動部の周囲を囲むように設けられ、当該振動部を保持する保持部と、保持部と第1長辺との間において、振動部に沿って略平行に設けられた第1腕と、当該第1腕と振動部とを接続する複数の第2腕と、第1腕と保持部とを接続する第3腕とを有し、当該振動部と保持部とを接続する第1保持ユニットと、第1腕上に設けられた第1接続線と、保持部に設けられた第1端子と、振動部上に設けられた少なくとも3つ以上の電極と、複数の第2腕上に設けられ、3つ以上の電極のうちの第1及び第2電極と第1接続線とを接続する複数の第1引き出し線とを備え、複数の第1引き出し線は、第1接続線と接続し、第1接続線は、第1端子に電氣的に接続されており、第1及び第2電極は、第1端子から同位相の電界が印加される。

[0008] 第1端子は、保持部において、第1長辺と対向する位置に設けてもよいし、第1短辺と対向する位置まで引き回して設けてもよい。

[0009] また、共振子は、4つ以上の電極を備え、さらに、保持部と第2長辺との間において、振動部に沿って略平行に設けられた第1腕と、当該第1腕と振動部とを接続する複数の第2腕と、第1腕と保持部とを接続する第3腕とを有し、当該振動部と保持部とを接続する第2保持ユニットと、第2保持ユニットの第1腕上に設けられた第2接続線と、保持部に設けられた第2端子と、複数の第2腕上に設けられ、4つ以上の電極のうちの第3及び第4電極と第2接続線とを接続する複数の第2引き出し線とを備え、複数の第2引き出し線は、第2接続線と接続し、第2接続線は、第2端子に電氣的に接続されており、第3及び第4電極は、第1及び第2電極に印加される電界と異なる位相の電界が印加されることが好ましい。

[0010] 第2端子は、保持部において第2長辺と対向する位置に設けてもよいし、第2短辺と対向する位置に設けてもよい。

[0011] かかる共振子によれば、同位相の電界が印加される電極同士を接続する接続線を振動部の外部に設ける構成となる。これにより、接続線を振動部の外部に設けることで、接続線と、特に、当該接続線で接続される電極の電界と

逆位相の電界が印加される電極との間に一定の隙間を設けることができるため、寄生容量の影響を低減できる。よって、振動部の振動特性を改善することができる。さらに、振動部にバスバーを設けなくともよいため、振動部の端部まで電極を配置することが可能になる。

[0012] また、第1保持ユニットの複数の第2腕のうちの2本は、第1及び第2電極にそれぞれ対応して設けられており、第2保持ユニットの複数の第2腕のうちの2本は、第3及び第4電極にそれぞれ対応して設けられることが好ましい。

[0013] この好ましい態様では、共振子が有する1対の保持ユニットは、上下左右が対称な構成となっている。これによって、不要な振動モードが高次輪郭振動に結合することにより発生する振動障害を抑制することが可能になる。

[0014] また、本発明の他の側面に係る共振子は、互いに対向する1対の第1辺、及び互いに対向する1対の第2辺を有し、輪郭振動する矩形の振動部と、振動部の周囲を囲むように設けられ、当該振動部を保持する保持部と、保持部と第1辺との間において、振動部と保持部とを接続する複数の腕を有する第1保持ユニットと、保持部において、1対の第1辺のうち、少なくとも一方の辺に対向する位置に設けられた第1接続線と、保持部に設けられた第1端子と、振動部上に設けられた少なくとも3つ以上の電極と、第1保持ユニットの複数の腕上に設けられ、3つ以上の電極のうちの第1及び第2電極と第1接続線とを接続する複数の第1引き出し線とを備え、複数の第1引き出し線は、第1接続線と接続し、第1接続線は、第1端子に電氣的に接続されており、第1及び第2電極は、第1端子から同位相の電界が印加される。

[0015] 第1端子は、保持部において、第1長辺に対向する位置に設けてもよいし、第1短辺に対向する位置まで引き回して設けてもよい。

[0016] また、共振子は、4つ以上の電極を備え、さらに、保持部と1対の第1辺のうち、他方の辺との間において、振動部と保持部とを接続する複数の腕を有する第2保持ユニットと、保持部において、他方の辺に対向する位置に設けられた第2接続線と、保持部に設けられた第2端子と、第2保持ユニット

の複数の腕上に設けられ、4つ以上の電極のうちの第3及び第4電極と第2接続線とを接続する複数の第2引き出し線とを備え、複数の第2引き出し線は、第2接続線と接続し、第2接続線は、第2端子に電氣的に接続されており、第3及び第4電極は、第1及び第2電極に印加される電界と異なる位相の電界が印加されることが好ましい。

[0017] 第2端子は、保持部において第2長辺と対向する位置に設けてもよいし、第2短辺と対向する位置に設けても良い。

[0018] かかる共振子によれば、接続線を保持部上に設けることにより、保持ユニットを短くすることができる。従って、振動の損失を低減するために、保持ユニットの幅を狭くした場合でも、保持ユニットの共振抵抗を小さくすることができる。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、従来発生していた寄生容量の影響を低減することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]第1の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]第1の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]第1の実施形態に係る共振子の構造の一例を概略的に示す平面図である。
。

[図4]第1の実施形態に係る共振子の断面の構造の一例を概略的に示す図である。

[図5]第2の実施形態に係る共振子の構造の一例を概略的に示す平面図である。
。

[図6]第3の実施形態に係る共振子の構造の一例を概略的に示す平面図である。
。

[図7]第4の実施形態に係る共振子の構造の一例を概略的に示す平面図である。
。

[図8]第5の実施形態に係る共振子の構造の一例を概略的に示す平面図である。

[図9]第6の実施形態に係る共振子の構造の一例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

[0021] [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。この共振装置1は、下側基板14と、下側基板14との間に振動空間を形成する上側基板13と、下側基板14及び上側基板13の間に挟み込まれて保持される共振子10と、を備えている。共振子10は、MEMS技術を用いて製造されるMEMS振動子である。

[0022] 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。下側基板14はXY平面に沿って平板状に広がっており、その上面に例えば平たい直方体形状の凹部17が形成されている。凹部17は共振子10の振動空間の一部を形成する。その一方で、上側基板13はXY平面に沿って平板状に広がっており、その下面に例えば平たい直方体形状の凹部18が形成されている。凹部18は共振子10の振動空間の一部を形成する。この振動空間では真空状態が維持されている。下側基板14及び上側基板13は例えばSi（シリコン）から形成されている。

[0023] 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11と、保持ユニット111（第1保持ユニットの一例である。）、112（第2保持ユニットの一例である。）と、接続線B121（第1接続線の一例である。）、B122（第2接続線の一例である。）と、引き出し線W111、W121（第1引き出し線の一例である。）、W123（第1引き出し線の一例である。）、W112、W122（第2引き出し線の一例である。）、W124（第2引き出し線の

一例である。)とを備えている。

[0024] (1. 振動部120)

(1-1. 詳細構成)

振動部120は、図3の直交座標系におけるXY平面に沿って平板状に広がる略直方体の輪郭を有している。振動部120上には、長さ方向と幅方向とを有する矩形板状の4つの上部電極121~124(第1電極~第4電極の一例である。)が設けられている。図3において、振動部120は、X軸方向に長辺、Y軸方向に短辺を有し、4つの上部電極121~124は、いずれもY軸方向に長辺、X軸方向に短辺を有している。

[0025] 振動部120と保持部11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、1対の長辺において、それぞれ後述する保持ユニット111、112によって保持部11に接続され、保持されている。他方で、振動部120は、1対の短辺において、保持部11によって保持されていない。

[0026] (1-2. 積層構造)

図4(A)を用いて振動部120の積層構造について説明する。図4(A)は、図3のAA'断面図である。

[0027] 図4(A)に示すように、振動部120は、縮退半導体からなるSi基板130上に、下部電極129が積層されている。Si基板130は、長さ140 μ m程度、幅400 μ m程度、厚さ10 μ m程度であることが望ましい。下部電極129は、たとえば、モリブデン(Mo)やアルミニウム(Al)等の金属を用いて形成され、厚さ0.1 μ m程度である。なお、下部電極129を形成せずに、縮退した半導体であるSi基板130を下部電極として用いてもよい。

また、下部電極129の上には、下部電極129を覆うように圧電薄膜128が積層されており、さらに、圧電薄膜128上には、上部電極121~124が積層されている。上部電極121~124は、振動部120に形成された後、エッチング等の加工により4つに分割される。

圧電薄膜 128 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、たとえば、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 128 は、窒化スカンジウムアルミニウム (ScAlN) により形成することができる。ScAlN は、窒化アルミニウム (AlN) におけるアルミニウム (Al) の一部をスカンジウム (Sc) に置換したものである。また、圧電薄膜 128 は、たとえば、 $0.8\ \mu\text{m}$ の厚さを有する。

また、上部電極 121 ~ 124 は、下部電極 129 と同様、たとえばモリブデン (Mo) やアルミニウム (Al) 等の金属を用いて形成され、厚さ $0.1\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0028] (1-3. 機能)

次に、振動部 120 の機能について説明する。振動部 120 は、交番電界が印加されることによって、X 軸方向に沿って輪郭振動する。

具体的には、圧電薄膜 128 は c 軸方向に配向しており、そのため、上部電極 121 ~ 124 に所定の電界を印加して、下部電極 129 と上部電極 121 ~ 124 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 128 が XY 面内方向において伸縮することにより、振動部 120 が輪郭振動する。

[0029] 図 4 (A) に示すとおり、振動部 120 は、上部電極 121 ~ 124 に対応する振動領域 A121 ~ A124 に区画される。すなわち、振動領域 A121 ~ A124 には、それぞれ上部電極 121 ~ 124 が形成されている。上部電極 121 ~ 124 は、隣接する電極とは逆位相となるように、圧電薄膜 128 の c 軸方向に交番電界が印加されると、隣接する振動領域 A121 ~ 124 が機械的に結合する。それにより、各領域の X 軸方向における中心付近が振動の節となり、4 つの振動領域 A121 ~ A124 は、隣接する領域同士が逆位相で面内方向において振動する。これによって、振動部 120 は、全体として高次輪郭振動する。

なお、Si 基板 130、下部電極 129 及び圧電薄膜 128 は、振動領域

A 1 2 1 ~ A 1 2 4 で共有されている。

[0030] 図 3 に戻り、共振子 1 0 の他の構成について説明する。

(2. 保持部 1 1)

(2-1. 詳細構成)

保持部 1 1 は、本実施形態では、X Y 平面に沿って矩形の枠状に形成される。なお、保持部 1 1 は、振動部 1 2 0 の周囲の少なくとも一部に設けられていればよく、枠状の形状に限定されない。保持部 1 1 は、振動部 1 2 0 と、X Y 平面に沿って振動部 1 2 0 の外側を囲むように設けられる。保持部 1 1 は、より具体的には、X 軸方向に平行に、振動部 1 2 0 の長辺に対向して延びる 1 対の長辺板状の枠体 1 1 a、1 1 b と、振動部 1 2 0 の短辺に対向して Y 軸方向に平行に延び、その両端で枠体 1 1 a、1 1 b の両端にそれぞれ接続される 1 対の短辺の枠体 1 1 c、1 1 d と、を備えている。

[0031] 枠体 1 1 a 及び枠体 1 1 b には、電圧印加部 1 1 0 a (第 1 端子の一例である。)、1 1 0 b (第 2 端子の一例である。) が形成されている。電圧印加部 1 1 0 a、1 1 0 b は、保持ユニット 1 1 1、1 1 2 を介して上部電極 1 2 1 ~ 1 2 4 に交番電界を印加することができる。本実施形態では、電圧印加部 1 1 0 a は枠体 1 1 a の中央付近に、電圧印加部 1 1 0 b は枠体 1 1 b の中央付近にそれぞれ形成されているが、さらに 1 1 c や 1 1 d に形成しても良い。

なお、以下の説明では、枠体 1 1 a 側を共振子 1 0 の上側、枠体 1 1 b 側を共振子 1 0 の下側として説明する。

[0032] (2-2. 積層構造)

図 4 (A) に示すように、保持部 1 1 は、縮退半導体からなる S i 基板 1 3 0 上に、振動部 1 2 0 の下部電極 1 2 9 と同一のプロセスで一体形成された金属層 Z 1 2 9 が形成され、さらに金属層 Z 1 2 9 を覆うように、圧電薄膜 1 2 8 が積層されている。保持部 1 1 は、S i 基板 1 3 0 上に金属層 Z 1 2 9、圧電薄膜 1 2 8 の順に、振動部 1 2 0 と一体形成され、エッチング等の加工により望ましい形状となるように除去されて形成される。なお、保持

部 1 1 に設けられた金属層 Z 1 2 9 は、エッチング等により下部電極 1 2 9 を所定の形状に形成するときに除去されてもよい。

[0033] (3. 保持ユニット 1 1 1、1 1 2)

(3-1. 保持ユニット 1 1 1 の詳細構成)

保持ユニット 1 1 1 は、振動部 1 2 0 と保持部 1 1 とを接続する。保持ユニット 1 1 1 は、X Y 平面に沿って保持部 1 1 の内側であって、振動部 1 2 0 の長辺と枠体 1 1 a との間に設けられている。保持ユニット 1 1 1 は、主腕 1 1 1 n (第 1 保持ユニットの第 3 腕の一例である。) と、支持腕 1 1 1 m (第 1 保持ユニットの第 1 腕の一例である。) と、子腕 1 1 1 a ~ 1 1 1 d (第 1 保持ユニットの複数の第 2 腕の一例である。) とを有する。

[0034] 支持腕 1 1 1 m は、振動部 1 2 0 と枠体 1 1 a との間の空間において、X 軸方向に平行に、上部電極 1 2 1 ~ 1 2 4 に亘って、振動部 1 2 0 の長辺に対向して設けられている。

主腕 1 1 1 n は、Y 軸方向に平行に、振動部 1 2 0 の長辺に対向して設けられ、支持腕 1 1 1 m と枠体 1 1 a とを接続する。

子腕 1 1 1 a ~ 1 1 1 d は、振動部 1 2 0 と枠体 1 1 a との間の空間において、Y 軸方向に平行に、振動部 1 2 0 の長辺に対向して設けられている。子腕 1 1 1 a は、下端が上部電極 1 2 1 の上側の短辺の中央付近において、振動部 1 2 0 の長辺に接続し、上端は支持腕 1 1 1 m の一方の端部に接続している。子腕 1 1 1 d は、下端が上部電極 1 2 4 の上側の短辺の中央付近において、振動部 1 2 0 の長辺に接続し、上端は支持腕 1 1 1 m の他方の端部に接続している。また、子腕 1 1 1 b は、下端が上部電極 1 2 2 の上側の短辺の中央付近において、振動部 1 2 0 の長辺に接続し、上端は支持腕 1 1 1 m に接続している。子腕 1 1 1 c は、下端が上部電極 1 2 3 の上側の短辺の中央付近において、振動部 1 2 0 の長辺に接続し、上端は支持腕 1 1 1 m に接続している。

[0035] 支持腕 1 1 1 m、主腕 1 1 1 n、子腕 1 1 1 a ~ 1 1 1 d は、いずれも、幅 5 μ m 程度の長辺の矩形の板である。本実施形態においては、保持ユニッ

ト 1 1 1 は、振動部 1 2 0 の電極の数と同じ数の子腕を有しており、X 軸方向において主腕 1 1 1 n を中心に左右対称となる構成をしている。これによって、不要な振動モードが高次輪郭振動に結合することにより発生する振動障害を抑制することが可能になる。

[0036] (3-2. 保持ユニット 1 1 2 の詳細構成)

保持ユニット 1 1 2 は、振動部 1 2 0 と保持部 1 1 とを接続する。保持ユニット 1 1 2 は、振動部 1 2 0 の長辺と枠体 1 1 b との間に設けられている。保持ユニット 1 1 2 は、主腕 1 1 2 n (第 2 保持ユニットの第 3 腕の一例である。)と、支持腕 1 1 2 m (第 2 保持ユニットの第 1 腕の一例である。)と、子腕 1 1 2 a ~ 1 1 2 d (第 2 保持ユニットの複数の第 2 腕の一例である。)とを有する。

[0037] 支持腕 1 1 2 m は、振動部 1 2 0 と枠体 1 1 b との間の空間において、X 軸方向に平行に、上部電極 1 2 1 ~ 1 2 4 に亘って、振動部 1 2 0 の長辺に対向して設けられている。

主腕 1 1 2 n は、Y 軸方向に平行に、振動部 1 2 0 の短辺に対向して設けられ、支持腕 1 1 2 m と枠体 1 1 b とを接続する。

子腕 1 1 2 a ~ 1 1 2 d は、振動部 1 2 0 と枠体 1 1 b との間の空間において、Y 軸方向に平行に、振動部 1 2 0 の長辺に対向して設けられている。子腕 1 1 2 a は、上端が上部電極 1 2 1 の下側の短辺の中央付近において、振動部 1 2 0 の長辺に接続し、下端は支持腕 1 1 2 m の一方の端部に接続している。子腕 1 1 2 d は、上端が上部電極 1 2 4 の下側の短辺の中央付近において、振動部 1 2 0 の長辺に接続し、下端は支持腕 1 1 2 m の他方の端部に接続している。また、子腕 1 1 2 b は、上端が上部電極 1 2 2 の下側の短辺の中央付近において、振動部 1 2 0 の長辺に接続し、下端は支持腕 1 1 2 m に接続している。子腕 1 1 2 c は、上端が上部電極 1 2 3 の下側の短辺の中央付近において、振動部 1 2 0 の長辺に接続し、下端は支持腕 1 1 2 m に接続している。

[0038] また、支持腕 1 1 2 m、主腕 1 1 2 n、子腕 1 1 2 a ~ 1 1 2 d はいずれ

も、幅 $5\ \mu\text{m}$ 程度の長辺の矩形の板である。本実施形態においては、保持ユニット 112 は、振動部 120 の電極の数と同じ数の子腕を有しており、X 軸方向において主腕 112n を中心に左右対称となる構成をしている。これによって、不要な振動モードが高次輪郭振動に結合することにより発生する振動障害を抑制することが可能になる。

さらに、上述した保持ユニット 111 と保持ユニット 112 とは互いに対称な構成となっている。これによって、より一層振動障害を抑制することができる。

[0039] (3-3. 積層構造)

図 4 (B) を用いて保持ユニット 111、112 の積層構造について説明する。図 4 (B) は図 3 の BB' 断面図である。

[0040] 図 4 (B) に示すように、保持ユニット 111、112 は、縮退半導体からなる Si 基板 130 上に、金属層 Z129 が積層され、金属層 Z129 の上には、金属層 Z129 を覆うように圧電薄膜 128 が積層されている。さらに、圧電薄膜 128 上には、振動部 120 の上部電極 121~124 と同一のプロセスで一体形成される、後述する接続線 B121、B122 や引き出し線 W111、W121、W123、W112、W122、W124 が積層されている。保持ユニット 111、112 の Si 基板 130、金属層 Z129、圧電薄膜 128、接続線 B121、B122 や引き出し線 W111、W121、W123、W112、W122、W124 は、振動部 120 と一体形成され、エッチング等の加工により望ましい形状となるように除去されて形成される。なお、保持ユニット 111、112 に設けられた金属層 Z129 は、エッチング等により下部電極 129 を所定の形状に形成するときに除去されてもよい。

[0041] (4. 接続線 B121)

接続線 B121 は、振動部 120 の長辺と枠体 11a との間の空間に設けられている。接続線 B121 は、支持腕 111m の表面に設けられ、X 軸方向に平行に、上部電極 121~124 に亘って、振動部 120 の長辺と対向

して延びている。

接続線 B 1 2 1 は、振動部 1 2 0 上に設けられた 4 つの上部電極 1 2 1 ~ 1 2 4 のうち、引き出し線 W 1 2 1 及び W 1 2 3 によって延出された同位相の電界の上部電極 1 2 1 と 1 2 3 とを接続する。

このように、本実施形態に係る共振子 1 0 は、振動部 1 2 0 に設けられた同位相の上部電極 1 2 1、1 2 3 を接続する接続線 B 1 2 1 が、振動部 1 2 0 の外部に設けられる構成となっている。そのため、接続線 B 1 2 1 と上部電極 1 2 2 との間に隙間ができるため、寄生容量の影響を低減することができる。また、振動部 1 2 0 上にバスバーを設ける必要がなくなるため、振動部 1 2 0 の端部まで上部電極 1 2 2 を設けることが可能となる。

さらに、接続線 B 1 2 1 が保持ユニット 1 1 1 上に設けられていることにより、保持ユニット 1 1 1 と保持部 1 1 との接続点である主腕の数を減らすことができ、振動部 1 2 0 の振動の減衰を低減できる。

[0042] (5. 引き出し線 W 1 1 1、W 1 2 1、W 1 2 3)

引き出し線 W 1 1 1、W 1 2 1、W 1 2 3 は、振動部 1 2 0 の長辺と枠体 1 1 a との間の空間に、それぞれ Y 軸方向に平行に設けられている。

引き出し線 W 1 2 1 は、子腕 1 1 1 a の表面に設けられ、上部電極 1 2 1 を子腕 1 1 1 a 上に延出し、接続線 B 1 2 1 に接続させる。引き出し線 W 1 2 3 は、子腕 1 1 1 c の表面に設けられ、上部電極 1 2 1 の電界と同位相の電界が印加される上部電極 1 2 3 を子腕 1 1 1 c 上に延出し、接続線 B 1 2 1 に接続させる。

また、引き出し線 W 1 1 1 は、主腕 1 1 1 n 上に設けられ、電圧印加部 1 1 0 a と接続線 B 1 2 1 とを接続する。

[0043] (6. 接続線 B 1 2 2)

接続線 B 1 2 2 は、振動部 1 2 0 の長辺と枠体 1 1 b との間の空間に設けられている。接続線 B 1 2 2 は、支持腕 1 1 2 m の表面に設けられ、X 軸方向に平行に、上部電極 1 2 1 ~ 1 2 4 に亘って、振動部 1 2 0 の長辺と対向して沿って延びている。

接続線B 1 2 2は、振動部1 2 0上に設けられた4つの上部電極1 2 1～1 2 4のうち、引き出し線W 1 2 2及びW 1 2 4によって延出された同位相の上部電極1 2 2と1 2 4とを接続する。

このように、本実施形態に係る共振子1 0は、振動部1 2 0に設けられた同位相の上部電極同士を接続する接続線B 1 2 2が、振動部1 2 0の外部に設けられる構成となっている。そのため、接続線B 1 2 2と上部電極1 2 3との間に隙間ができるため、寄生容量の影響を低減することができる。また、振動部1 2 0上にバスバーを設ける必要がなくなるため、振動部1 2 0の端部まで上部電極1 2 3を設けることが可能となる。

さらに、接続線B 1 2 2が、保持ユニット1 1 2上に設けられていることにより、保持ユニット1 1 2と保持部1 1との接続点である主腕の数を減らすことができ、振動部1 2 0の振動の減衰を低減できる。

[0044] (7. 引き出し線W 1 1 2、W 1 2 2、W 1 2 4)

引き出し線W 1 1 2、W 1 2 2、W 1 2 4は、振動部1 2 0の長辺と枠体1 1 bとの間の空間に、それぞれY軸方向に平行な方向に設けられている

引き出し線W 1 2 2は、子腕1 1 2 bの表面に設けられ、上部電極1 2 2を子腕1 1 2 b上に延出し、接続線B 1 2 2に接続させる。引き出し線W 1 2 4は、子腕1 1 2 dの表面に設けられ、上部電極1 2 2と同位相の電界が印加される上部電極1 2 4を子腕1 1 2 dに延出し、接続線B 1 2 2に接続させる。

また、引き出し線W 1 1 2は、主腕1 1 2 nの表面に設けられ、電圧印加部1 1 0 bと接続線B 1 2 2とを接続する。

[0045] [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。

[0046] 図5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。以下に、本実施形態に係る共振子1 0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。

[0047] (1. 振動部 1 2 0)

本実施形態では、振動部 1 2 0 は、3つの上部電極 1 2 1～1 2 3を有している。その他の振動部 1 2 0の構成は第1の実施形態と同様である。

[0048] (2. 保持部 1 1)

本実施形態では、電圧印加部 1 1 0 a、1 1 0 bはそれぞれ枠体 1 1 a、1 1 bの端部に設けられている。その他の保持部 1 1の構成は第1の実施形態と同様である。

[0049] (3. 保持ユニット 1 1 1)

本実施形態では、保持ユニット 1 1 1は、子腕 1 1 1 a～1 1 1 cの3つの腕しか有しておらず、支持腕 1 1 1 m及び主腕 1 1 1 nに対応する構成を有していない。その他の保持ユニット 1 1 1の構成は第1の実施形態と同様である。

[0050] (4. 保持ユニット 1 1 2)

本実施形態では、保持ユニット 1 1 2は、子腕 1 1 2 a～1 1 2 cの3つの腕しか有しておらず、支持腕 1 1 2 m及び主腕 1 1 2 nに対応する構成を有していない。その他の保持ユニット 1 1 2の構成は第1の実施形態と同様である。

[0051] (5. 接続線 B 1 2 1)

本実施形態では、接続線 B 1 2 1は、枠体 1 1 a上に、振動部 1 2 0の長辺に対向してX軸方向と平行に設けられている。接続線 B 1 2 1は、引き出し線 W 1 2 1、W 1 2 3によって延出された上部電極 1 2 1、1 2 3を接続し、枠体 1 1 aの端部に設けられた電圧印加部 1 1 0 aに接続する。このように、本実施形態に係る共振子 1 0は、接続線 B 1 2 1を枠体 1 1 a上に設けることにより、保持ユニット 1 1 1を短くすることができる。従って、振動の損失を低減するために、保持ユニット 1 1 1の幅を狭くした場合でも、保持ユニット 1 1 1の共振抵抗を小さくすることができる。

その他の接続線 B 1 2 1の構成は第1の実施形態と同様である。

[0052] (6. 引き出しW 1 1 1、W 1 2 1、W 1 2 3)

本実施形態では、共振子 1 0 は、引き出し線W 1 1 1を有していない。引き出し線W 1 2 1、W 1 2 3の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0053] (7. 接続線B 1 2 2)

本実施形態では、共振子 1 0 は接続線B 1 2 2を有していない。

[0054] (8. 引き出し線W 1 1 2、W 1 2 2、W 1 2 4)

本実施形態では、共振子 1 0 は、引き出し線W 1 2 4を有していない。また、引き出し線W 1 1 2は、X軸方向に平行に、振動部 1 2 0の長辺に対向して枠体 1 1 b上に設けられている。引き出し線W 1 1 2は、引き出し線W 1 2 2によって延出された上部電極 1 2 2を電圧印加部 1 1 0 bへ接続する。なお、引き出し線W 1 2 2の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0055] その他の構成、効果は第 1 の実施形態と同様である。

[0056] [第 3 の実施形態]

図 6 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。以下に、本実施形態に係る共振子 1 0 の各構成のうち、第 1 の実施形態との差異点について説明する。

[0057] (1. 振動部 1 2 0)

振動部 1 2 0 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0058] (2. 保持部 1 1)

本実施形態では、電圧印加部 1 1 0 a、1 1 0 bはそれぞれ枠体 1 1 a、1 1 bの端部に設けられている。その他の保持部 1 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0059] (3. 保持ユニット 1 1 1)

本実施形態では、保持ユニット 1 1 1 は、子腕 1 1 1 a、1 1 1 bの 2 つの腕しか有しておらず、さらに、振動部 1 2 0 上に設けられた電極の数と子腕の数とは一致していない。また、保持ユニット 1 1 1 は、支持腕 1 1 1 m 及び主腕 1 1 1 n に対応する構成を有していない。このように、本実施形態において、保持ユニット 1 1 1 は、振動部 1 2 0 上に設けられた電極の数よ

りも少ない子腕の数を有している。これによって、振動部 1 2 0 と接続する子腕の数が少ない分、腕から漏れる振動エネルギーのロスを低減でき、振動特性が向上する。このように、保持ユニット 1 1 1 の子腕のうち、振動部 1 2 0 の長辺の外側の子腕をまびく構成にすることにより、よりエネルギーロスの低減の効果を向上させることができる。

その他の保持ユニット 1 1 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0060] (4. 保持ユニット 1 1 2)

本実施形態では、保持ユニット 1 1 2 は、子腕 1 1 2 a、1 1 2 b の 2 つの腕しか有しておらず、さらに、振動部 1 2 0 上に設けられた電極の数と子腕の数とは一致していない。また、保持ユニット 1 1 2 は、支持腕 1 1 2 m 及び主腕 1 1 2 n に対応する構成を有していない。このように、本実施形態において、保持ユニット 1 1 2 は、振動部 1 2 0 上に設けられた電極の数よりも少ない子腕の数を有している。これによって、振動部 1 2 0 と接続する子腕の数が少ない分、腕から漏れる振動エネルギーのロスを低減でき、振動特性が向上する。このように、保持ユニット 1 1 2 の子腕のうち、振動部 1 2 0 の長辺の外側の子腕をまびく構成にすることにより、よりエネルギーロスの低減の効果を向上させることができる。

その他の保持ユニット 1 1 2 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0061] (5. 接続線 B 1 2 1)

本実施形態では、接続線 B 1 2 1 は、枠体 1 1 a 上に、振動部 1 2 0 の長辺に対向して、X 軸方向と平行な方向に設けられている。接続線 B 1 2 1 は、引き出し線 W 1 2 1、W 1 2 3 によって延出された上部電極 1 2 1、1 2 3 を接続し、枠体 1 1 a の端部に設けられた電圧印加部 1 1 0 a に接続する。その他の接続線 B 1 2 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0062] (6. 引き出し線 W 1 2 1、W 1 2 3)

本実施形態では、共振子 1 0 は、引き出し線 W 1 1 1 を有していない。引き出し線 W 1 2 1、W 1 2 3 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0063] (7. 接続線 B 1 2 2)

本実施形態では、接続線B 1 2 2は、枠体1 1 b上に、振動部1 2 0の長辺に対向して、X軸方向と平行な方向に設けられている。接続線B 1 2 2は、引き出し線W 1 2 2、W 1 2 4によって延出された上部電極1 2 2、1 2 4を接続し、枠体1 1 bの端部に設けられた電圧印加部1 1 0 bに接続する。その他の接続線B 1 2 2の構成は第1の実施形態と同様である。

[0064] (8. 引き出し線W 1 2 2、W 1 2 4)

本実施形態では、共振子1 0は、引き出し線W 1 1 2を有していない。引き出し線W 1 2 2、W 1 2 4の構成は第1の実施形態と同様である。

[0065] その他の構成、効果は第1の実施形態と同様である。

[0066] [第4の実施形態]

図7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。以下に、本実施形態に係る共振子1 0の各構成のうち、第1の実施形態との差異点について説明する。

[0067] (1. 振動部1 2 0)

振動部1 2 0は、本実施形態において、7つの上部電極1 2 1～1 2 7と、バスバーb 1 2 1とバスバーb 1 2 5とを有している。バスバーb 1 2 1は、振動部1 2 0の上側の端部であって、上部電極1 2 2の上部に設けられ、振動部1 2 0の長辺と平行にX軸方向に沿って延びている。また、バスバーb 1 2 5は、振動部1 2 0の上側の端部であって、上部電極1 2 6の上部に設けられ、振動部1 2 0の長辺と平行にX軸方向に沿って延びている。

7つの上部電極1 2 1～1 2 7のうち、同位相の電界が印加される上部電極1 2 1と1 2 3、上部電極1 2 5と1 2 7は、それぞれバスバーb 1 2 1、b 1 2 5によって、振動部1 2 0上で接続される。

このように本実施形態に係る振動部1 2 0は、バスバーb 1 2 1及びb 1 2 5を有している。これによって、振動部1 2 0と保持ユニット1 1 1との接続点を減らすことができ、振動部1 2 0の振動エネルギーのロスを低減できる。他方で、振動部1 2 0の中央では振動部1 2 0上にはバスバーを設けないことで、寄生容量の低減や上部電極を端部まで配置することを可能とし

、容量が大きく共振抵抗の小さい効率的な振動を得ることができる。

その他の振動部 1 2 0 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0068] (2. 保持部 1 1)

保持部 1 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0069] (3. 保持ユニット 1 1 1)

保持ユニット 1 1 1 は、本実施形態において、子腕 1 1 1 a、1 1 1 b、1 1 1 c、支持腕 1 1 1 m、主腕 1 1 1 n を有している。本実施形態では、保持ユニット 1 1 1 の子腕の数は、振動部 1 2 0 上に設けられた電極の数とは一致していない。

このように本実施形態に係る保持ユニット 1 1 1 は、振動部 1 2 0 の最端又はその近傍の振動領域に接続される子腕を有していない。すなわち、保持ユニット 1 1 1 は、振動部 1 2 0 の中心又はその近傍の振動領域に接続される子腕のみを有している。これによって、振動エネルギーの損失を低減することができる。

その他の保持ユニット 1 1 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0070] (4. 保持ユニット 1 1 2)

保持ユニット 1 1 2 は、本実施形態において、子腕 1 1 2 a、1 1 2 b、1 1 2 c、支持腕 1 1 2 m、主腕 1 1 2 n を有している。本実施形態では、保持ユニット 1 1 2 の子腕の数は、振動部 1 2 0 上に設けられた電極の数とは一致していない。

このように本実施形態に係る保持ユニット 1 1 2 は、振動部 1 2 0 の最端又はその近傍の振動領域に接続される子腕を有していない。すなわち、保持ユニット 1 1 2 は、振動部 1 2 0 の中心又はその近傍の振動領域に接続される子腕のみを有している。これによって、振動エネルギーの損失を低減することができる。

その他の保持ユニット 1 1 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0071] (5. 接続線 B 1 2 1)

本実施形態の接続線 B 1 2 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0072] (6. 引き出し線W 1 1 1、W 1 2 1、W 1 2 5)

本実施形態において、引き出し線W 1 2 1、W 1 2 5はそれぞれ振動部 1 2 0の長辺と枠体 1 1 aとの間に、Y軸方向と平行な方向に設けられている。引き出し線W 1 2 1は、子腕 1 1 1 a上に設けられ、同位相同士の上部電極 1 2 1、1 2 3を接続するバスバー b 1 2 1と、接続線 B 1 2 1とを接続する。

引き出し線W 1 2 5は、子腕 1 1 1 c上に設けられ、同位相同士の上部電極 1 2 5、1 2 7を接続するバスバー b 1 2 5と、接続線 B 1 2 1とを接続する。

なお、引き出し線W 1 1 1の構成は、第 1の実施形態と同様である。

[0073] (7. 接続線 B 1 2 2)

本実施形態の接続線 B 1 2 2の構成は第 1の実施形態と同様である。

[0074] (8. 引き出し線W 1 1 2、W 1 2 2、W 1 2 4、W 1 2 6)

本実施形態において、引き出し線W 1 2 2、W 1 2 4、W 1 2 6はそれぞれ振動部 1 2 0の長辺と枠体 1 1 bとの間に、Y軸方向と平行な方向に設けられている。引き出し線W 1 2 2は、子腕 1 1 2 a上に設けられ、同位相同士の上部電極 1 2 2を延出して、接続線 B 1 2 2へ接続する。

引き出し線W 1 2 4は、子腕 1 1 1 b上に設けられ、上部電極 1 2 4を延出して、接続線 B 1 2 2へ接続する。

引き出し線W 1 2 6は、子腕 1 1 2 c上に設けられ、上部電極 1 2 6を延出して、接続線 B 1 2 2へ接続する。

なお、引き出し線W 1 1 2の構成は、第 1の実施形態と同様である。

[0075] その他の構成、効果は第 1の実施形態と同様である。

[0076] [第 5の実施形態]

図 8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。以下に、本実施形態に係る共振子 1 0の各構成のうち、第 1の実施形態との差異点について説明する。

[0077] (1. 振動部 1 2 0)

振動部 1 2 0 の構成は、第 1 の実施形態と同様である。

[0078] (2. 保持部 1 1)

保持部 1 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0079] (3. 保持ユニット 1 1 1、1 1 2)

本実施形態に係る保持ユニット 1 1 1、1 1 2 の主腕 1 1 1 n、1 1 2 n はそれぞれ主腕 1 1 1 n、1 1 2 n に直交する方向に突出している振動緩衝部 4 を有している。振動緩衝部 4 は、それぞれ互いに対向する 2 対の腕 4 1、4 2 から形成される。腕 4 1 は、振動部 1 2 0 の長辺と略平行な方向に延びている。腕 4 2 は、腕 4 1 と略垂直な方向に設けられ、その両端で、腕 4 1 のそれぞれの両端と接続している。

[0080] 本実施形態では、保持ユニット 1 1 1、1 1 2 における主腕 1 1 1 n、1 1 2 n が振動緩衝部 4 を有することにより、保持部 1 1 への振動の伝搬を抑えることができ、振動部 1 2 0 から伝搬してきた輪郭振動の高調波の振動を、効率的に閉じ込めることができる。

その他の保持ユニット 1 1 1、1 1 2 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0081] (4. 接続線 B 1 2 1)

本実施形態の接続線 B 1 2 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0082] (5. 引き出し線 W 1 1 1、W 1 2 1、W 1 2 5)

本実施形態において、引き出し線 W 1 1 1 は、主腕 1 1 1 n における振動緩衝部 4 の表面を覆うように、2 対の腕 4 1、4 2 に沿って形成される。具体的には、引き出し線 W 1 1 1 は、接続線 B 1 2 1 との接続箇所から接続線 B 1 2 1 に対して略垂直に延び、振動緩衝部 4 上における、腕 4 1 と支持腕 1 1 1 m との接続箇所において二股に分岐して、腕 4 1 に沿って延びている。二股に分岐した引き出し線 W 1 1 1 は、腕 4 1 と腕 4 2 との接続箇所（支持腕 1 1 1 m 側）において、腕 4 1 と略垂直な方向に屈曲して腕 4 2 に沿って延び、さらに腕 4 2 と腕 4 1 との接続箇所（枠体 1 1 a 側）において、腕 4 2 と略垂直な方向に再度屈曲して腕 4 1 に沿って延び、1 本に合流する。

さらに１本に合流した引き出し線W 1 1 1は、当該合流箇所から腕４１に対して略垂直な方向に延び、電圧印加部１１０aに接続される。

なお、引き出し線W 1 2 1, 1 2 5の構成は、第１の実施形態と同様である。

[0083] (６．接続線B 1 2 2)

本実施形態の接続線B 1 2 2の構成は第１の実施形態と同様である。

[0084] (７．引き出し線W 1 1 2、W 1 2 2、W 1 2 4)

本実施形態において、引き出し線W 1 1 2は、主腕１１１nにおける振動緩衝部４の表面を覆うように、２対の腕４１, ４２に沿って形成される。

具体的には、引き出し線W 1 1 2は、接続線B 1 2 2との接続箇所から接続線B 1 2 2に対して略垂直に延び、振動緩衝部４上における、腕４１と支持腕１１２mとの接続箇所において二股に分岐して、腕４１に沿って延びている。二股に分岐した引き出し線W 1 1 2は、腕４１と腕４２との接続箇所（支持腕１１２m側）において、腕４１と略垂直な方向に屈曲して腕４２に沿って延び、さらに腕４２と腕４１との接続箇所（枠体１１b側）において、腕４２と略垂直な方向に再度屈曲して腕４１に沿って延び、１本に合流する。さらに１本に合流した引き出し線W 1 1 2は、当該合流箇所から腕４１に対して略垂直な方向に延び、電圧印加部１１０bに接続される。

なお、引き出し線W 1 2 2, 1 2 4の構成は、第１の実施形態と同様である。

[0085] その他の構成、効果は第１の実施形態と同様である。

[0086] [第６の実施形態]

図９は、本実施形態に係る、共振子１０の構造の一例を概略的に示す平面図である。以下に、本実施形態に係る共振子１０の各構成のうち、第１の実施形態との差異点について説明する。

[0087] (１．振動部１２０)

振動部１２０の構成は、第１の実施形態と同様である。

[0088] (２．保持部１１)

保持部 1 1 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0089] (3. 保持ユニット 1 1 1)

本実施形態に係る保持ユニット 1 1 1 は、主腕 1 1 1 n の代わりに、接続腕 1 1 1 f、保持腕 1 1 1 g、及びノード生成部 1 3 0 A を有している。

ノード生成部 1 3 0 A は、振動部 1 2 0 における長辺と、保持部 1 1 における枠体 1 1 a との間の領域に設けられる。ノード生成部 1 3 0 A は、支持腕 1 1 1 m の長辺と対向する辺 1 3 1 a を有し、当該辺 1 3 1 a において、接続腕 1 1 1 f に接続されている。また、辺 1 3 1 a は、支持腕 1 1 1 m の長辺に対して一定間隔で、略平行に設けられる。ノード生成部 1 3 0 A は、接続腕 1 1 1 f によって支持腕 1 1 1 m に接続され、保持腕 1 1 1 g によって保持部 1 1 に接続されている。

[0090] ノード生成部 1 3 0 A は、X 軸方向に沿った幅が、接続腕 1 1 1 f から保持腕 1 1 1 g へと向かうにつれて狭まる形状を有する。また、ノード生成部 1 3 0 A は、辺 1 3 1 a の垂直二等分線に対して、線対称の形状を有する。ノード生成部 1 3 0 A は、X 軸方向に沿った幅が最大となる箇所を、Y 軸方向における中心よりも接続腕 1 1 1 f 側に有している。本実施形態においては、ノード生成部 1 3 0 A の X 軸方向に沿った幅は、辺 1 3 1 a において最大であり、接続腕 1 1 1 f から保持腕 1 1 1 g へと向かうにつれて、徐々に狭くなり、ノード生成部 1 3 0 A の頂点と保持腕 1 1 1 g との接続箇所において、最も狭くなる。なお、ノード生成部 1 3 0 A の X 軸方向に沿った幅は、連続的に狭まる必要はなく、例えば、段階的に狭まったり、一部に広がる部分を有していたりしても、全体として徐々に狭まっていればよい。また、ノード生成部 1 3 0 A の周縁は、滑らかな形状に限らず、凹凸を有しても良い。

[0091] 本実施形態において、ノード生成部 1 3 0 A は、辺 1 3 1 a を直径とする半径 30 μ m 程度の半円の形状をしている。この場合、ノード生成部 1 3 0 A の円弧を形成する円の中心は、辺 1 3 1 a の中心に位置する。なお、ノード生成部 1 3 0 A の円弧を形成する円の中心は、支持腕 1 1 1 m の中心に位

置しても良い。

[0092] また、辺 1 3 1 a は、直線形状に限らず円弧形状でもよい。この場合、接続腕 1 1 1 f は、辺 1 3 1 a の頂点と接続される。さらにこの場合、辺 1 3 1 a の円弧を形成する円の中心は、接続腕 1 1 1 f 側に位置しても良いし、保持腕 1 1 1 g 側に位置しても良い。辺 1 3 1 a の長さは、接続腕 1 1 1 f の X 軸方向に沿った幅よりも大きく、振動部 1 2 0 の長辺よりも小さいことが好ましい。

[0093] 接続腕 1 1 1 f は、本実施形態において、略矩形の形状をしている。接続腕 1 1 1 f は、一端が支持腕 1 1 1 m の長辺における中央付近に接続されており、そこからノード生成部 1 3 0 A に向かって、支持腕 1 1 1 m の長辺に対して略垂直に延びている。接続腕 1 1 1 f の他端は、ノード生成部 1 3 0 A の辺 1 3 1 a に接続している。本実施形態においては、接続腕 1 1 1 f の X 軸方向に沿った幅は 1 0 μ m 程度である。

[0094] 保持腕 1 1 1 g は、略矩形の形状をしている。保持腕 1 1 1 g は、一端がノード生成部 1 3 0 A における X 軸方向に沿った幅が最も狭まる箇所に接続されている。保持腕 1 1 1 g の他端は、保持部 1 1 における、ノード生成部 1 3 0 A に対向する領域に接続している。保持腕 1 1 1 g の X 軸方向に沿った幅は、接続腕 1 1 1 f の幅以下であることが好ましい。保持腕 1 1 1 g の幅を接続腕 1 1 1 f の幅よりも小さくすることで、ノード生成部 1 3 0 A から保持部 1 1 へと振動が伝搬されることを抑制することができる。なお、本実施形態においては、保持腕 1 1 1 g の X 軸方向に沿った幅は、接続腕 1 1 1 f の幅よりも小さく、5 μ m 程度である。

[0095] 本実施形態における保持ユニット 1 1 1 のノード生成部 1 3 0 A は、X 軸方向に沿った幅が、接続腕 1 1 1 f から保持腕 1 1 1 g へ向かうにつれて徐々に狭まっている構造である。このため、振動部 1 2 0 から伝搬される振動の伝搬状態が変化した場合であっても、ノード生成部 1 3 0 A には、振動による変位が大きい部位に隣接して変位が小さい部位が形成される。これによって、ノード生成部 1 3 0 A は、振動部 1 2 0 から漏えいした振動に対し、

変位部位を調整して、ノード生成部 130A 上に振動のノードを形成することができる。ノード生成部 130A は、この形成されたノードにおいて、保持腕 111g に接続されることによって、振動部 120 から保持部 11 への振動の伝搬を抑制することができる。この結果、共振子 10 のアンカーロスを低減させることができ、Q 値を向上させることができる。

その他の保持ユニット 111 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0096] (4. 保持ユニット 112)

本実施形態に係る保持ユニット 112 は、主腕 112n の代わりに、接続腕 112f、保持腕 112g、及びノード生成部 130B を有している。接続腕 112f の構成・機能は、接続腕 111f の構成・機能と同様であり、保持腕 112g の構成・機能は保持腕 111g の構成・機能と同様であり、さらに、ノード生成部 130B の構成・機能はノード生成部 130A の構成・機能と同様である。

[0097] (4. 接続線 B121)

本実施形態の接続線 B121 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0098] (5. 引き出し線 W111、W121、W123)

本実施形態において、引き出し線 W111 は、接続線 B121 の中央付近に接続され、そこからノード生成部 130A の辺 131a における垂直二等分線に沿って、接続腕 111f から保持腕 111g に亘って形成される。なお、引き出し線 W121、123 の構成は、第 1 の実施形態と同様である。

[0099] (6. 接続線 B122)

本実施形態の接続線 B122 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0100] (7. 引き出し線 W112、W122、W124)

本実施形態において、引き出し線 W112 は、接続線 B122 の中央付近に接続され、そこからノード生成部 130B の辺 131b における垂直二等分線に沿って、接続腕 112f から保持腕 112g に亘って形成される。なお、引き出し線 W122、124 の構成は、第 1 の実施形態と同様である。

[0101] その他の構成、効果は第 1 の実施形態と同様である。

[0102] 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

[0103]	1 0	共振子
	1 1	保持部
	1 1 a ~ d	枠体
	1 1 0 a、b	電圧印加部
	1 1 1	保持ユニット
	1 1 1 a ~ e	子腕
	1 1 1 m	支持腕
	1 1 1 n	主腕
	1 1 2	保持ユニット
	1 1 2 a ~ e	子腕
	1 1 2 m	支持腕
	1 1 2 n	主腕
	1 2 0	振動部
	1 2 1 ~ 1 2 7	上部電極
	1 2 8	圧電薄膜
	1 2 9	下部電極
	1 3 0	S i 基板

B 1 2 1、1 2 2 接続線

b 1 2 1、1 2 5 バスバー

W 1 1 1、1 1 2、1 2 1、1 2 3、1 2 2、1 2 4 引き出し線

請求の範囲

[請求項1]

第1及び第2長辺並びに第1及び第2短辺を有し、輪郭振動する矩形の振動部と、

前記振動部の周囲を囲むように設けられ、当該振動部を保持する保持部と、

前記保持部と前記第1長辺との間において、前記振動部に沿って略平行に設けられた第1腕と、当該第1腕と前記振動部とを接続する複数の第2腕と、前記第1腕と前記保持部とを接続する第3腕とを有し、当該振動部と前記保持部とを接続する第1保持ユニットと、

前記第1腕上に設けられた第1接続線と、

前記保持部に設けられた第1端子と、

前記振動部上に設けられた少なくとも3つ以上の電極と、

前記複数の第2腕上に設けられ、前記3つ以上の電極のうちの第1及び第2電極と前記第1接続線とを接続する複数の第1引き出し線とを備え、

前記複数の第1引き出し線は、前記第1接続線と接続し、

前記第1接続線は、前記第1端子に電氣的に接続されており、

前記第1及び第2電極は、前記第1端子から同位相の電界が印加される、共振子。

[請求項2]

前記共振子は、

4つ以上の電極を備え、さらに、

前記保持部と前記第2長辺との間において、前記振動部に沿って略平行に設けられた第1腕と、当該第1腕と前記振動部とを接続する複数の第2腕と、前記第1腕と前記保持部とを接続する第3腕とを有し、当該振動部と前記保持部とを接続する第2保持ユニットと、

前記第2保持ユニットの前記第1腕上に設けられた第2接続線と、

前記保持部に設けられた第2端子と

前記複数の第2腕上に設けられ、前記4つ以上の電極のうちの第3

及び第4電極と前記第2接続線とを接続する複数の第2引き出し線とを備え、

前記複数の第2引き出し線は、前記第2接続線と接続し、

前記第2接続線は、前記第2端子に電氣的に接続されており、

前記第3及び第4電極は、前記第1及び第2電極に印加される電界と異なる位相の電界が印加される、請求項1に記載の共振子。

[請求項3]

前記第1保持ユニットの前記複数の第2腕のうちの2本は、前記第1及び第2電極にそれぞれ対応して設けられており、

前記第2保持ユニットの前記複数の第2腕のうちの2本は、前記第3及び第4電極にそれぞれ対応して設けられた、請求項2に記載の共振子。

[請求項4]

互いに対向する1対の第1辺、及び互いに対向する1対の第2辺を有し、輪郭振動する矩形の振動部と、

前記振動部の周囲を囲むように設けられ、当該振動部を保持する保持部と、

前記保持部と前記第1辺との間において、前記振動部と前記保持部とを接続する複数の腕を有する第1保持ユニットと、

前記保持部において、前記1対の第1辺のうち、少なくとも一方の辺に対向する位置に設けられた第1接続線と、

前記保持部に設けられた第1端子と、

前記振動部上に設けられた少なくとも3つ以上の電極と、

前記第1保持ユニットの前記複数の腕上に設けられ、前記3つ以上の電極のうちの第1及び第2電極と前記第1接続線とを接続する複数の第1引き出し線と

を備え、

前記複数の第1引き出し線は、前記第1接続線と接続し、

前記第1接続線は、前記第1端子に電氣的に接続されており、

前記第1及び第2電極は、前記第1端子から同位相の電界が印加さ

れる、共振子。

[請求項5]

前記共振子は、

4つ以上の電極を備え、さらに、

前記保持部と前記1対の第1辺のうち、他方の辺との間において、
前記振動部と前記保持部とを接続する複数の腕を有する第2保持ユニットと、

前記保持部において、前記他方の辺と対向する位置に設けられた第2接続線と、

前記保持部に設けられた第2端子と、

前記第2保持ユニットの前記複数の腕上に設けられ、前記4つ以上の電極のうちの第3及び第4電極と前記第2接続線とを接続する複数の第2引き出し線と

を備え、

前記複数の第2引き出し線は、前記第2接続線と接続し、

前記第2接続線は、前記第2端子に電氣的に接続されており、

前記第3及び第4電極は、前記第1及び第2電極に印加される電界と異なる位相の電界が印加される、請求項4に記載の共振子。

[図1]

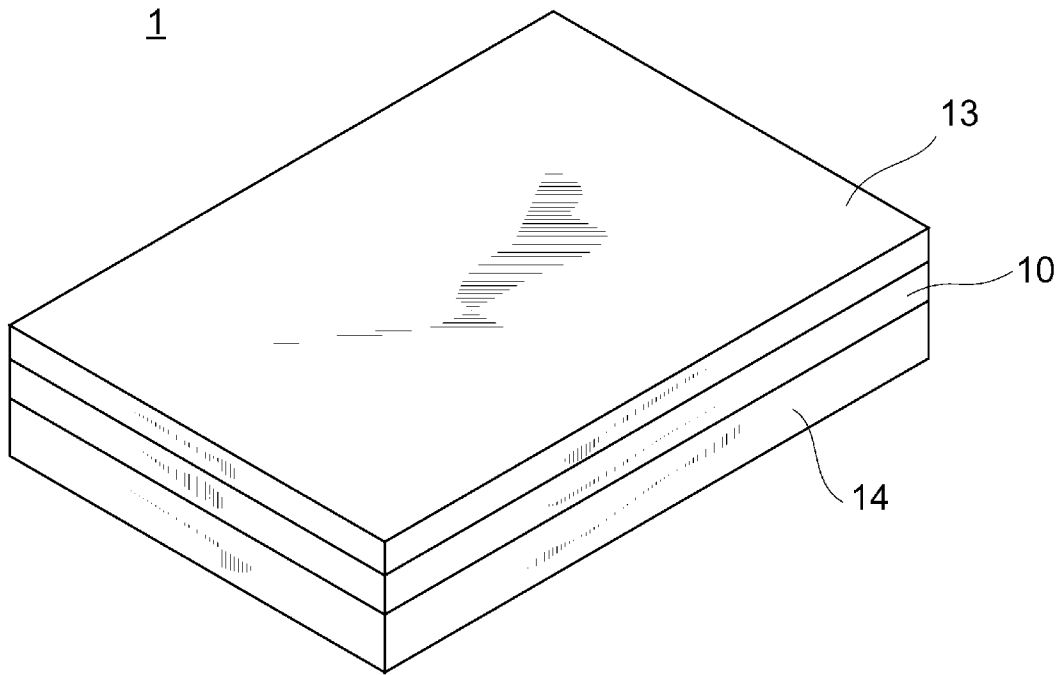


図 1

[図2]

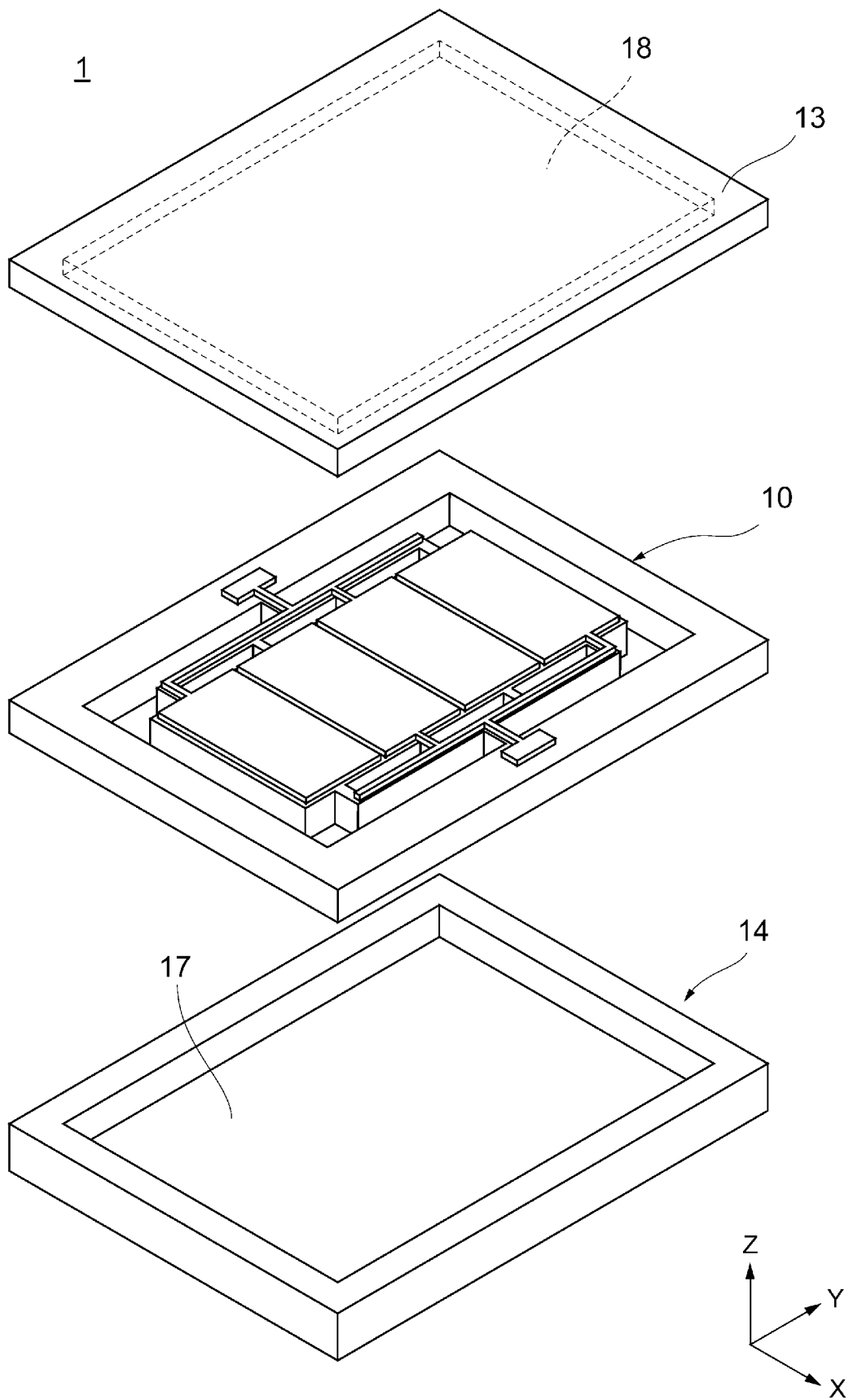


図 2

[図4]

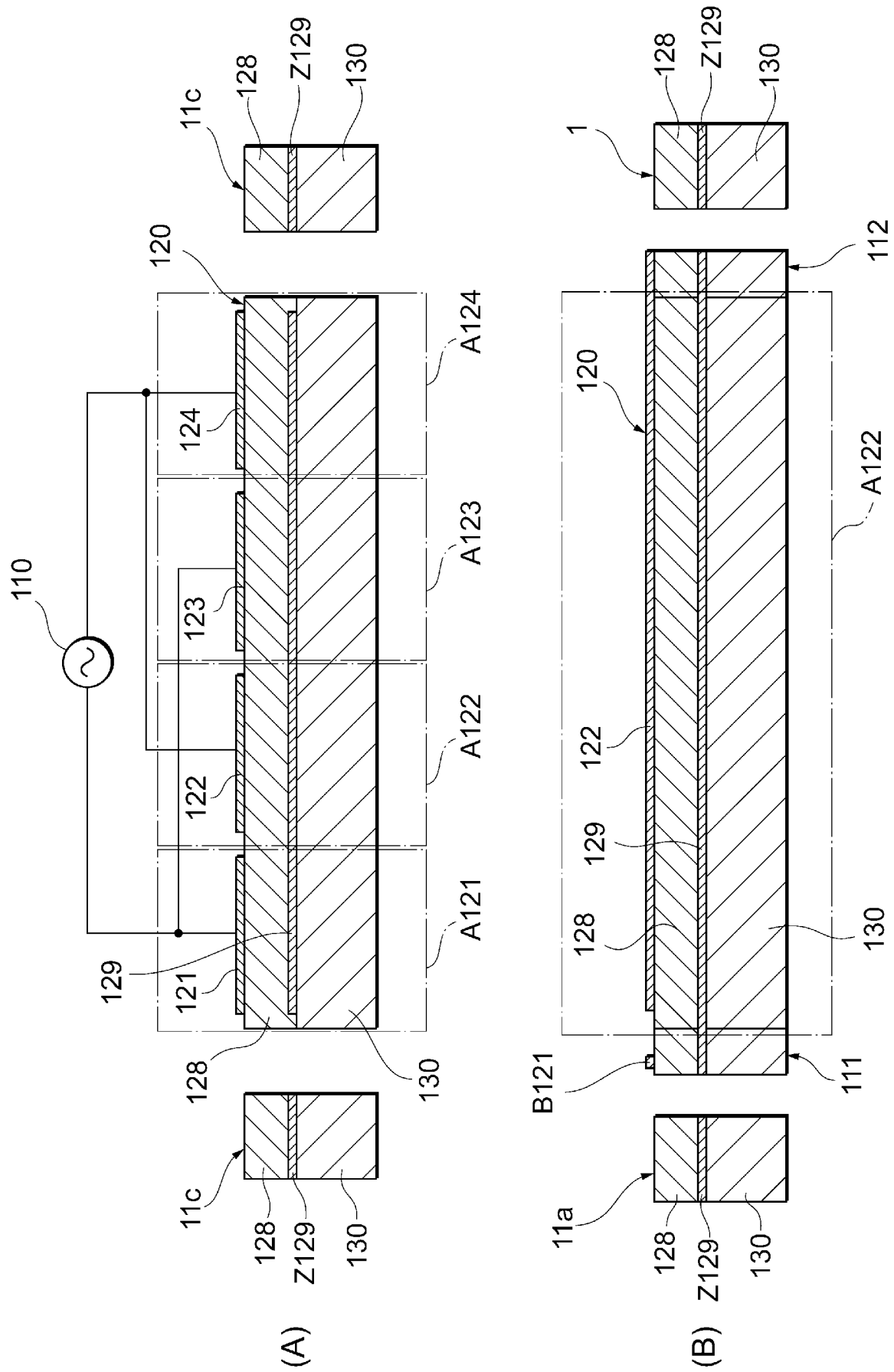


図 4

[図5]

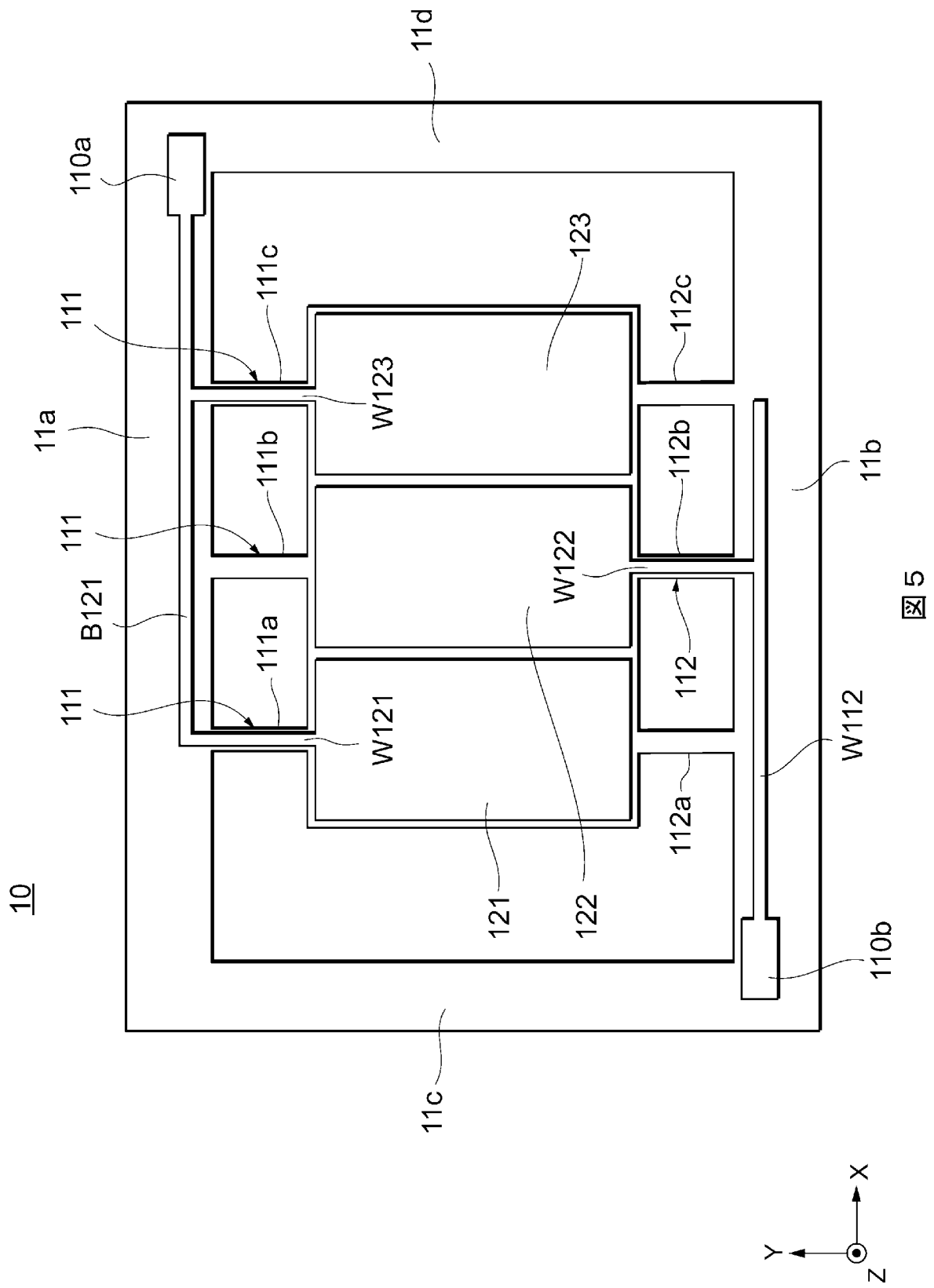


図 5

[図9]

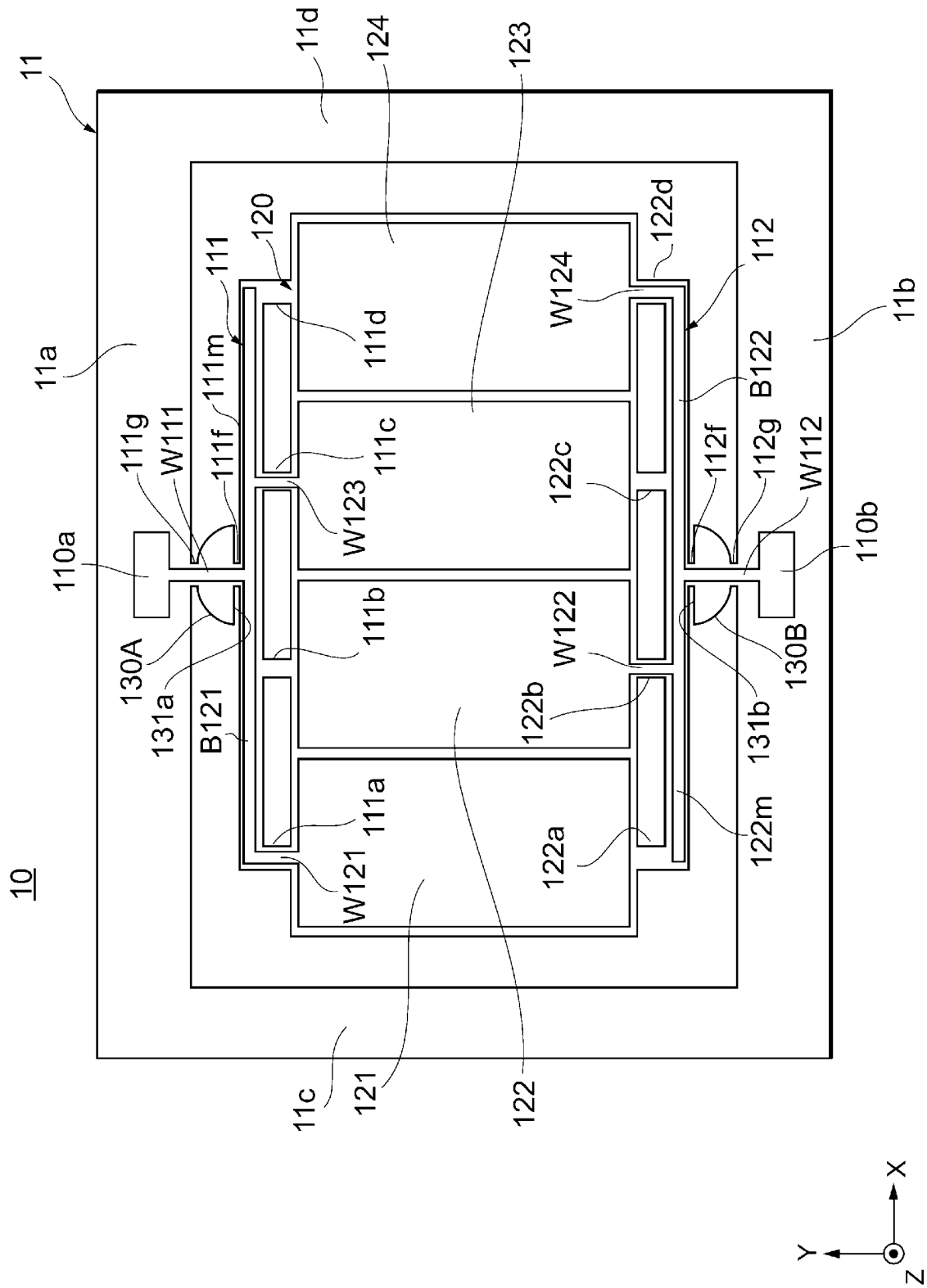


図 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/060262

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/205(2006.01)i, H03H9/19(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)

H03H9/205, H03H9/19

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.
X	JP 2014-068098 A (Seiko Epson Corp.),	4-5
Y	17 April 2014 (17.04.2014), paragraphs [0025] to [0029], [0031] to [0034]; fig. 1 (Family: none)	1-3
Y	JP 2012-080166 A (River Eletec Corp.), 19 April 2012 (19.04.2012), paragraphs [0031] to [0036]; fig. 6 to 7 (Family: none)	1-3
Y	JP 2012-151651 A (River Eletec Corp.), 09 August 2012 (09.08.2012), paragraphs [0050] to [0054]; fig. 12 to 15 (Family: none)	1-3

☐ 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
14 June 2016 (14.06.16)

Date of mailing of the international search report
21 June 2016 (21.06.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H03H9/205(2006.01)i, H03H9/19(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. H03H9/205, H03H9/19

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016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
X	JP 2014-068098 A (セイコーエプソン株式会社) 2014.04.17,	4-5
Y	段落 [0025] - [0029], [0031] - [0034], 図1 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 2012-080166 A (リバーエレテック株式会社) 2012.04.19,	1-3
	段落 [0031] - [0036], 図6-7 (ファミリーなし)	
Y	JP 2012-151651 A (リバーエレテック株式会社) 2012.08.09,	1-3
	段落 [0050] - [0054], 図12-15 (ファミリーなし)	

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

14.06.2016

国際調査報告の発送日

21.06.2016

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)

石川 雄太郎

5W

5090

電話番号 03-3581-1101 内線 3576