

(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
2022年10月6日(06.10.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/211104 A1

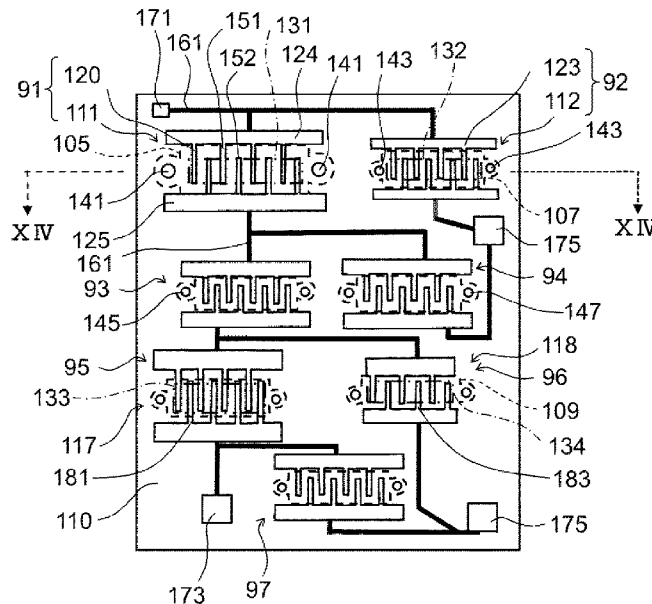
- (51) 国際特許分類:
H03H 9/25 (2006.01) *H03H 9/64* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/016892
- (22) 国際出願日: 2022年3月31日(31.03.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
63/168,306 2021年3月31日(31.03.2021) US
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1
丁目 1 0 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 井上 和 則 (INOUE, Kazunori);
〒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). 鈴木 勝
己(SUZUKI, Katsumi); 〒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). 木村 哲也(KIMURA, Tetsuya);
〒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: 山尾 憲 人, 外 (YAMAO, Norihito et
al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町
8 番 1 号 梅田阪急ビルオフィスタワー
青山特許事務所 Osaka (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,

(54) Title: ELASTIC WAVE DEVICE

(54) 発明の名称: 弾性波装置

図13

90



(57) Abstract: This elastic wave device comprises: a support member which has a support substrate; a piezoelectric layer which is disposed on the support member; a first resonator which includes a first part of the piezoelectric layer and a first functional electrode that is provided to the first part of the piezoelectric layer; and a second resonator which includes a second part of the piezoelectric layer and a second functional electrode that is provided to the second part of the piezoelectric layer. The elastic wave device comprises a first hollow part which is provided to the support member

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, 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))

and which, in a planar view along the stacking direction of the support member and the piezoelectric layer, overlaps the first resonator, and a second hollow part which is provided to the support member and which, in a planar view along the stacking direction of the support member and the piezoelectric layer, overlaps the second resonator. The elastic wave device comprises at least one first through-hole which passes through the piezoelectric layer and communicates with the first hollow part, and at least one second through-hole which passes through the piezoelectric layer and communicates with the second hollow part. The volume of the first hollow part is greater than that of the second hollow part. The total opening area of the at least one first through-hole is greater than that of the at least one second through-hole.

(57) 要約: 弾性波装置は、支持基板を有する支持部材と、支持部材上に配置された圧電層と、圧電層の第1部分と圧電層の第1部分に設けられた第1機能電極とを含む第1共振子と、圧電層の第2部分と圧電層の第2部分に設けられた第2機能電極とを含む第2共振子と、を備える。弾性波装置は、支持部材に設けられ、支持部材と圧電層との積層方向の平面視において第1共振子と重なる第1空洞部と、支持部材に設けられ、支持部材と圧電層との積層方向の平面視において第2共振子と重なる第2空洞部と、を備える。弾性波装置は、圧電層を貫通し、第1空洞部と連通する少なくとも1つの第1貫通孔と、圧電層を貫通し、第2空洞部と連通する少なくとも1つの第2貫通孔と、を備える。第1空洞部の体積は第2空洞部の体積よりも大きく、少なくとも1つの第1貫通孔の総開口面積は少なくとも1つの第2貫通孔の総開口面積よりも大きい。

明 細 書

発明の名称：弾性波装置

技術分野

[0001] 本開示は、圧電層を有する弾性波装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、 LiNbO_3 からなる圧電層を伝搬する板波を利用した弾性波装置が知られている。例えば、下記の特許文献1では、板波としてのラム波を利用した弾性波装置が開示されている。ここでは、 LiNbO_3 または LiTaO_3 からなる圧電層（圧電基板）の上面にIDT電極が設けられている。IDT電極の一方電位に接続される複数の電極指と、他方電位に接続される複数の電極指との間に電圧が印加される。それによって、ラム波が励振される。このIDT電極の両側には反射器が設けられている。それによって、板波を利用した弾性波共振子が構成されている。圧電層の下方には空洞部が設けられ、空洞部と連通する貫通孔が圧電層に設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-257019号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の弾性波装置において、大きさの異なる共振子が圧電層に設けられていた場合、その全ての共振子に対して同じ大きさの空洞部や貫通孔を形成すると、弾性波装置の製造効率が下がる可能性があった。

[0005] 本開示は、製造効率を向上させることが可能な弾性波装置の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様の弾性波装置は、支持基板を有する支持部材と、支持部材上に配置された圧電層と、圧電層の第1部分と圧電層の第1部分に設けられ

た第1機能電極とを含む第1共振子と、圧電層の第2部分と圧電層の第2部分に設けられた第2機能電極とを含む第2共振子と、を備える。弾性波装置は、支持部材に設けられ、支持部材と圧電層との積層方向の平面視において第1共振子と重なる第1空洞部と、支持部材に設けられ、支持部材と圧電層との積層方向の平面視において第2共振子と重なる第2空洞部と、を備える。弾性波装置は、圧電層を貫通し、第1空洞部と連通する少なくとも1つの第1貫通孔と、圧電層を貫通し、第2空洞部と連通する少なくとも1つの第2貫通孔と、を備える。第1空洞部の体積は第2空洞部の体積よりも大きく、少なくとも1つの第1貫通孔の総開口面積は少なくとも1つの第2貫通孔の総開口面積よりも大きい。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、製造効率を向上させることが可能な弾性波装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1A]第1, 第2の態様の弾性波装置の外観を示す略図的斜視図

[図1B]圧電層上の電極構造を示す平面図

[図2]図1A中のA-A線に沿う部分の断面図

[図3A]従来の弾性波装置の圧電膜を伝搬するラム波を説明するための模式的正面断面図

[図3B]本開示の弾性波装置の波を説明するための模式的正面断面図

[図4]第1の電極と第2の電極との間に、第2の電極が第1の電極よりも高電位となる電圧が印加された場合のバルク波を示す模式図

[図5]本開示の実施の形態1に係る弾性波装置の共振特性を示す図

[図6] $d/2p$ と、弾性波装置の共振子としての比帯域との関係を示す図

[図7]本開示の実施の形態1に係る別の弾性波装置の平面図

[図8]弾性波装置の共振特性の一例を示す参考図。

[図9]多数の弾性波共振子を構成した場合の比帯域と、スプリアスの大きさとしての180度で規格化されたスプリアスのインピーダンスの位相回転量と

の関係を示す図

[図10] $d/2p$ と、メタライゼーション比MRと、比帯域との関係を示す図

[図11] d/p を限りなく0に近づけた場合の LiNbO_3 のオイラー角 (0° , θ , ϕ) に対する比帯域のマップを示す図

[図12] 本開示の実施の形態1に係る弾性波装置を説明するための部分切り欠き斜視図

[図13] 本開示の第2の実施の形態に係る弾性波装置の平面図

[図14] 本開示の第2の実施の形態に係る弾性波装置の概略断面図

[図15] 共振子を用いたラダー型フィルタの一例を示す説明図

[図16] 変形例に係る弾性波装置の概略断面図

[図17] 変形例に係る弾性波装置の概略断面図

[図18] 変形例に係る弾性波装置の平面図

[図19] 変形例に係る弾性波装置の平面図

[図20] 変形例に係る弾性波装置の概略断面図

発明を実施するための形態

[0009] 本開示における第1, 第2, 第3の態様の弾性波装置は、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムからなる圧電層と、圧電層の厚み方向に交差する方向において対向する第1電極及び第2電極とを備える。

[0010] 第1の態様の弾性波装置では、厚み滑り一次モードのバルク波が利用されている。

[0011] また、第2の態様の弾性波装置では、第1電極及び前記第2電極は隣り合う電極同士であり、圧電層の厚みを d 、第1電極及び第2電極の中心間距離を p とした場合、 d/p が0.5以下とされている。それによって、第1, 第2の態様では、小型化を進めた場合であっても、Q値を高めることができる。

[0012] また、第3の態様の弾性波装置では、板波としてのラム波が利用される。そして、上記ラム波による共振特性を得ることができる。

[0013] 本開示における第4の態様の弾性波装置は、ニオブ酸リチウムまたはタン

タル酸リチウムからなる圧電層と、圧電層を挟んで圧電層の厚み方向に対向する上部電極及び下部電極とを備え、バルク波を利用する。

[0014] 以下、図面を参照しつつ、第1～第4の態様の弾性波装置の具体的な実施の形態を説明することにより、本開示を明らかにする。

[0015] なお、本明細書に記載の各実施の形態は、例示的なものであり、異なる実施の形態間において、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を指摘しておく。

[0016] (実施の形態1)

図1Aは、第1, 第2の態様についての実施の形態1に係る弾性波装置の外観を示す略図的斜視図であり、図1Bは、圧電層上の電極構造を示す平面図であり、図2は、図1A中のA-A線に沿う部分の断面図である。

[0017] 弾性波装置1は、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) からなる圧電層2を有する。圧電層2は、タンタル酸リチウム (LiTaO_3) からなるものであってもよい。 LiNbO_3 や LiTaO_3 のカット角は、本実施の形態では、Zカットであるが、回転YカットやXカットであってもよい。好ましくは、Y伝搬及びX伝搬 $\pm 30^\circ$ の伝搬方位が好ましい。圧電層2の厚みは、特に限定されないが、厚み滑り一次モードを効果的に励振するには、50nm以上、1000nm以下が好ましい。

[0018] 圧電層2は、対向し合う第1, 第2の主面2a, 2bを有する。第1の主面2a上に、電極3及び電極4が設けられている。ここで電極3が「第1電極」の一例であり、電極4が「第2電極」の一例である。図1A及び図1Bでは、複数の電極3が、第1のバスバー5に接続されている複数の第1の電極指である。複数の電極4は、第2のバスバー6に接続されている複数の第2の電極指である。複数の電極3及び複数の電極4は、互いに間挿し合っている。

[0019] 電極3及び電極4は、矩形形状を有し、長さ方向を有する。この長さ方向と直交する方向において、電極3と、隣の電極4とが対向している。これら複数の電極3, 4、及び第1のバスバー5, 第2のバスバー6によりIDT

(Interdigital Transducer) 電極が構成されている。電極 3, 4 の長さ方向、及び、電極 3, 4 の長さ方向と直交する方向はいずれも、圧電層 2 の厚み方向に交差する方向である。このため、電極 3 と、隣の電極 4 とは、圧電層 2 の厚み方向に交差する方向において対向しているともいえる。

[0020] また、電極 3, 4 の長さ方向が図 1 A 及び図 1 B に示す電極 3, 4 の長さ方向に直交する方向と入れ替わってもよい。すなわち、図 1 A 及び図 1 B において、第 1 のバスバー 5 及び第 2 のバスバー 6 が延びている方向に電極 3, 4 を延ばしてもよい。その場合、第 1 のバスバー 5 及び第 2 のバスバー 6 は、図 1 A 及び図 1 B において電極 3, 4 が延びている方向に延びることとなる。

[0021] そして、一方電位に接続される電極 3 と、他方電位に接続される電極 4 とが隣り合う 1 対の構造が、上記電極 3, 4 の長さ方向と直交する方向に、複数対設けられている。ここで電極 3 と電極 4 とが隣り合うとは、電極 3 と電極 4 とが直接接触するように配置されている場合ではなく、電極 3 と電極 4 とが間隔を介して配置されている場合を指す。

[0022] また、電極 3 と電極 4 とが隣り合う場合、電極 3 と電極 4 との間には、他の電極 3, 4 を含む、ホット電極やグランド電極に接続される電極は配置されない。この対数は、整数対である必要はなく、1.5 対や 2.5 対などであってもよい。電極 3, 4 間の中心間距離すなわちピッチは、 $1\ \mu\text{m}$ 以上、 $10\ \mu\text{m}$ 以下の範囲が好ましい。また、電極 3, 4 間の中心間距離とは、電極 3 の長さ方向と直交する方向における電極 3 の幅寸法の中心と、電極 4 の長さ方向と直交する方向における電極 4 の幅寸法の中心とを結んだ距離となる。さらに、電極 3, 4 の少なくとも一方が複数本ある場合（電極 3, 4 を一対の電極組とし、1.5 対以上の電極組がある場合）、電極 3, 4 の中心間距離は、1.5 対以上の電極 3, 4 のうち隣り合う電極 3, 4 それぞれの中心間距離の平均値を指す。また、電極 3, 4 の幅、すなわち電極 3, 4 の対向方向の寸法は、 $150\ \text{nm}$ 以上、 $1000\ \text{nm}$ 以下の範囲が好ましい。

なお、電極 3、4 間の中心間距離とは、電極 3 の長さ方向と直交する方向における電極 3 の寸法（幅寸法）の中心と、電極 4 の長さ方向と直交する方向における電極 4 の寸法（幅寸法）の中心とを結んだ距離となる。

[0023] また、本実施の形態では、Z カットの圧電層を用いているため、電極 3、4 の長さ方向と直交する方向は、圧電層 2 の分極方向に直交する方向となる。圧電層 2 として他のカット角の圧電体を用いた場合には、この限りでない。ここにおいて、「直交」とは、厳密に直交する場合のみに限定されず、略直交（電極 3、4 の長さ方向と直交する方向と分極方向とのなす角度が例えば $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$ ）でもよい。

[0024] 圧電層 2 の第 2 の主面 2 b 側には、絶縁層 7 を介して支持部材 8 が積層されている。絶縁層 7 及び支持部材 8 は、枠状の形状を有し、図 2 に示すように、開口部 7 a、8 a を有する。それによって、空洞部 9 が形成されている。空洞部 9 は、圧電層 2 の励振領域 C の振動を妨げないために設けられている。従って、上記支持部材 8 は、少なくとも 1 対の電極 3、4 が設けられている部分と重ならない位置において、第 2 の主面 2 b に絶縁層 7 を介して積層されている。なお、絶縁層 7 は設けられずともよい。従って、支持部材 8 は、圧電層 2 の第 2 の主面 2 b に直接または間接に積層され得る。

[0025] 絶縁層 7 は、酸化ケイ素からなる。もっとも、酸化ケイ素の他、酸窒化ケイ素、アルミナなどの適宜の絶縁性材料を用いることができる。支持部材 8 は、Si からなる。Si の圧電層 2 側の面における面方位は (100) や (110) であってもよく、(111) であってもよい。好ましくは、抵抗率 $4 \text{ k}\Omega$ 以上の高抵抗の Si が望ましい。もっとも、支持部材 8 についても適宜の絶縁性材料や半導体材料を用いて構成することができる。支持部材 8 の材料としては、例えば、酸化アルミニウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、水晶などの圧電体、アルミナ、マグネシア、サファイア、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、炭化ケイ素、ジルコニア、コージライト、ムライト、ステアタイト、フォルステライトなどの各種セラミック、ダイヤモンド、ガラスなどの誘電体、窒化ガリウムなどの半導体などを用いることができ

る。

[0026] 上記複数の電極 3, 4 及び第 1, 第 2 のバスバー 5, 6 は、Al、AlCu 合金などの適宜の金属もしくは合金からなる。本実施の形態では、電極 3, 4 及び第 1, 第 2 のバスバー 5, 6 は、Ti 膜上に Al 膜を積層した構造を有する。なお、Ti 膜以外の密着層を用いてもよい。

[0027] 駆動に際しては、複数の電極 3 と、複数の電極 4 との間に交流電圧を印加する。より具体的には、第 1 のバスバー 5 と第 2 のバスバー 6 との間に交流電圧を印加する。それによって、圧電層 2 において励振される厚み滑り一次モードのバルク波を利用した、共振特性を得ることが可能とされている。

[0028] また、弾性波装置 1 では、圧電層 2 の厚みを d 、複数対の電極 3, 4 のうちいずれかの隣り合う電極 3, 4 の中心間距離を p とした場合、 d/p は 0.5 以下とされている。そのため、厚み滑り一次モードのバルク波が効果的に励振され、良好な共振特性を得ることができる。より好ましくは、 d/p は 0.24 以下であり、その場合には、より一層良好な共振特性を得ることができる。

[0029] なお、本実施の形態のように電極 3, 4 の少なくとも一方が複数本ある場合、すなわち、電極 3, 4 を 1 対の電極組とし、電極 3, 4 が 1.5 対以上ある場合、隣り合う電極 3, 4 の中心間距離 p は、各隣り合う電極 3, 4 の中心間距離の平均距離となる。

[0030] 本実施の形態の弾性波装置 1 では、上記構成を備えるため、小型化を図ろうとして、電極 3, 4 の対数を小さくしたとしても、 Q 値の低下が生じ難い。これは、両側に反射器を必要としない共振器であり、伝搬ロスが少ないためである。また、上記反射器を必要としないのは、厚み滑り一次モードのバルク波を利用していることによる。

[0031] 従来の弾性波装置で利用したラム波と、厚み滑り一次モードのバルク波の相違を、図 3 A 及び図 B を参照して説明する。

[0032] 図 3 A は、従来の弾性波装置の圧電膜を伝搬するラム波を説明するための模式的正面断面図である。従来の弾性波装置については、例えば、日本公開

特許公報 特開 2012-257019 号公報に記載されている。図 3 A に示すように、従来の弾性波装置においては、圧電膜 201 中を矢印で示すように波が伝搬する。ここで、圧電膜 201 では、第 1 の主面 201 a と、第 2 の主面 201 b とが対向しており、第 1 の主面 201 a と第 2 の主面 201 b とを結ぶ厚み方向が Z 方向である。X 方向は、I D T 電極の電極指が並んでいる方向である。図 3 A に示すように、ラム波では、波が図示のように、X 方向に伝搬していく。板波であるため、圧電膜 201 が全体として振動するものの、波は X 方向に伝搬するため、両側に反射器を配置して、共振特性を得ている。そのため、波の伝搬ロスが生じ、小型化を図った場合、すなわち電極指の対数を少なくした場合、Q 値が低下する。

[0033] これに対して、図 3 B に示すように、本実施の形態の弾性波装置 1 では、振動変位は厚み滑り方向であるから、波は、圧電層 2 の第 1 の主面 2 a と第 2 の主面 2 b とを結ぶ方向、すなわち Z 方向にほぼ伝搬し、共振する。すなわち、波の X 方向成分が Z 方向成分に比べて著しく小さい。そして、この Z 方向の波の伝搬により共振特性が得られるため、反射器を必要としない。よって、反射器に伝搬する際の伝搬損失は生じない。従って、小型化を進めようとして、電極 3, 4 からなる電極対の対数を減らしたとしても、Q 値の低下が生じ難い。

[0034] なお、厚み滑り一次モードのバルク波の振幅方向は、図 4 に示すように、圧電層 2 の励振領域 C に含まれる第 1 領域 4 5 1 と、励振領域 C に含まれる第 2 領域 4 5 2 とで逆になる。図 4 は、電極 3 と電極 4 との間に、電極 4 が電極 3 よりも高電位となる電圧が印加された場合のバルク波を模式的に示している。第 1 領域 4 5 1 は、励振領域 C のうち、圧電層 2 の厚み方向に直交し圧電層 2 を 2 分する仮想平面 V P 1 と、第 1 の主面 2 a との間の領域である。第 2 領域 4 5 2 は、励振領域 C のうち、仮想平面 V P 1 と、第 2 の主面 2 b との間の領域である。

[0035] 上記のように、弾性波装置 1 では、電極 3 と電極 4 とからなる少なくとも 1 対の電極が配置されているが、X 方向に波を伝搬させるものではないため

、この電極 3、4 からなる電極対の対数は複数対ある必要は必ずしもない。
すなわち、少なくとも 1 対の電極が設けられてさえあればよい。

[0036] 例えば、上記電極 3 がホット電位に接続される電極であり、電極 4 がグラウンド電位に接続される電極である。もっとも、電極 3 がグラウンド電位に、電極 4 がホット電位に接続されてもよい。本実施の形態では、少なくとも 1 対の電極は、上記のように、ホット電位に接続される電極またはグラウンド電位に接続される電極であり、浮き電極は設けられていない。

[0037] 図 5 は、本開示の実施の形態 1 に係る弾性波装置の共振特性を示す図である。なお、この共振特性を得た弾性波装置 1 の設計パラメータは以下の通りである。

圧電層 2：オイラー角 (0° , 0° , 90°) の LiNbO_3 、厚み = 400 nm 。電極 3 と電極 4 の長さ方向と直交する方向に視たときに、電極 3 と電極 4 とが重なっている領域、すなわち励振領域 C の長さ = $40\text{ }\mu\text{m}$ 、電極 3、4 からなる電極の対数 = 21 対、電極間中心距離 = $3\text{ }\mu\text{m}$ 、電極 3、4 の幅 = 500 nm 、 $d/p = 0.133$ 。

絶縁層 7： $1\text{ }\mu\text{m}$ の厚みの酸化ケイ素膜。

支持部材 8：Si。

[0038] なお、励振領域 C の長さとは、励振領域 C の電極 3、4 の長さ方向に沿う寸法である。

[0039] 本実施の形態では、電極 3、4 からなる電極対の電極間距離は、複数対において全て等しくした。すなわち、電極 3 と電極 4 とを等ピッチで配置した。

[0040] 図 5 から明らかなように、反射器を有しないにもかかわらず、比帯域が 12.5% である良好な共振特性が得られている。

[0041] ところで、上記圧電層 2 の厚みを d 、電極 3 と電極 4 との電極の中心間距離を p とした場合、前述したように、本実施の形態では、 d/p は 0.5 以下、より好ましくは 0.24 以下である。これを、図 6 を参照して説明する。

[0042] 図5に示した共振特性を得た弾性波装置と同様に、但し $d/2p$ を変化させ、複数の弾性波装置を得た。図6は、この $d/2p$ と、弾性波装置の共振子としての比帯域との関係を示す図である。

[0043] 図6から明らかなように、 $d/2p$ が0.25を超えると、すなわち $d/p > 0.5$ では、 d/p を調整しても、比帯域は5%未満である。これに対して、 $d/2p \leq 0.25$ 、すなわち $d/p \leq 0.5$ の場合には、その範囲内で d/p を変化させれば、比帯域を5%以上とすることができ、すなわち高い結合係数を有する共振子を構成することができる。また、 $d/2p$ が0.12以下の場合、すなわち d/p が0.24以下の場合には、比帯域を7%以上と高めることができる。加えて、 d/p をこの範囲内で調整すれば、より一層比帯域の広い共振子を得ることができ、より一層高い結合係数を有する共振子を実現することができる。従って、本開示の第2の態様の弾性波装置のように、 d/p を0.5以下とすることにより、厚み滑り一次モードのバルク波を利用した、高い結合係数を有する共振子を構成し得ることがわかる。

[0044] なお、前述したように、少なくとも1対の電極は、1対でもよく、上記 p は、1対の電極の場合、隣り合う電極3, 4の中心間距離とする。また、1.5対以上の電極の場合には、隣り合う電極3, 4の中心間距離の平均距離を p とすればよい。

[0045] また、圧電層の厚み d についても、圧電層2が厚みばらつきを有する場合、その厚みを平均化した値を採用すればよい。

[0046] 図7は、本開示の実施の形態1に係る別の弾性波装置の平面図である。弾性波装置31では、圧電層2の第1の主面2a上において、電極3と電極4とを有する1対の電極が設けられている。なお、図7中の K が交差幅となる。前述したように、本開示の弾性波装置31では、電極の対数は1対であってもよい。この場合においても、上記 d/p が0.5以下であれば、厚み滑り一次モードのバルク波を効果的に励振することができる。

[0047] 弾性波装置1では、好ましくは、複数の電極3, 4において、いずれかの

隣り合う電極 3, 4 が対向している方向に視たときに重なっている領域である励振領域に対する、上記隣り合う電極 3, 4 のメタライゼーション比 MR が、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ を満たすことが望ましい。即ち、第 1 の電極指 3 及び第 2 の電極指 4 が並ぶ方向から見たときに、隣り合う第 1 の電極指 3 及び第 2 の電極指 4 同士が重なり合う領域が励振領域であり、励振領域に対する、複数の電極指 3, 4 のメタライゼーション比を MR としたときに、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ を満たすことが好ましい。その場合には、スプリアスを効果的に小さくすることができる。

[0048] これを、図 8 及び図 9 を参照して説明する。図 8 は、上記弾性波装置 1 の共振特性の一例を示す参考図である。矢印 B で示すスプリアスが、共振周波数と反共振周波数との間に現れている。なお、 $d/p = 0.08$ として、かつ $LiNbO_3$ のオイラー角 (0° , 0° , 90°) とした。また、上記メタライゼーション比 $MR = 0.35$ とした。

[0049] メタライゼーション比 MR を、図 1 B を参照して説明する。図 1 B の電極構造において、1 対の電極 3, 4 に着目した場合、この 1 対の電極 3, 4 のみが設けられるとする。この場合、一点鎖線 C で囲まれた部分が励振領域となる。この励振領域とは、電極 3 と電極 4 とを、電極 3, 4 の長さ方向と直交する方向すなわち対向方向に視たときに電極 3 における電極 4 と重なり合っている領域、電極 4 における電極 3 と重なり合っている領域、及び、電極 3 と電極 4 との間の領域における電極 3 と電極 4 とが重なり合っている領域である。そして、この励振領域の面積に対する、励振領域 C 内の電極 3, 4 の面積が、メタライゼーション比 MR となる。すなわち、メタライゼーション比 MR は、メタライゼーション部分の面積の励振領域の面積に対する比である。

[0050] なお、複数対の電極が設けられている場合、励振領域の面積の合計に対する全励振領域に含まれているメタライゼーション部分の割合を MR とすればよい。

[0051] 図 9 は本実施の形態に従って、多数の弾性波共振子を構成した場合の比帯

域と、スプリアスの大きさとしての180度で規格化されたスプリアスのインピーダンスの位相回転量との関係を示す図である。なお、比帯域については、圧電層の膜厚や電極の寸法を種々変更し、調整した。また、図9は、ZカットのLiNbO₃からなる圧電層を用いた場合の結果であるが、他のカット角の圧電層を用いた場合においても、同様の傾向となる。

[0052] 図9中の楕円Jで囲まれている領域では、スプリアスが1.0と大きくなっている。図9から明らかなように、比帯域が0.17を超えると、すなわち17%を超えると、スプリアスレベルが1以上の大きなスプリアスが、比帯域を構成するパラメータを変化させたとしても、通過帯域内に現れる。すなわち、図8に示す共振特性のように、矢印Bで示す大きなスプリアスが帯域内に現れる。よって、比帯域は17%以下であることが好ましい。この場合には、圧電層2の膜厚や電極3, 4の寸法などを調整することにより、スプリアスを小さくすることができる。

[0053] 図10は、 $d/2p$ と、メタライゼーション比MRと、比帯域との関係を示す図である。上記弾性波装置において、 $d/2p$ と、MRが異なる様々な弾性波装置を構成し、比帯域を測定した。図10の破線Dの右側のハッチングを付して示した部分が、比帯域が17%以下の領域である。このハッチングを付した領域と、付していない領域との境界は、 $MR = 3.5(d/2p) + 0.075$ で表される。すなわち、 $MR = 1.75(d/p) + 0.075$ である。従って、好ましくは、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ である。その場合には、比帯域を17%以下としやすい。より好ましくは、図10中の一点鎖線D1で示す $MR = 3.5(d/2p) + 0.05$ の右側の領域である。すなわち、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.05$ であれば、比帯域を確実に17%以下にすることができる。

[0054] 図11は、 d/p を限りなく0に近づけた場合のLiNbO₃のオイラー角(0° , θ , ϕ)に対する比帯域のマップを示す図である。図11のハッチングを付して示した部分が、少なくとも5%以上の比帯域が得られる領域であり、当該領域の範囲を近似すると、下記の式(1)、式(2)及び式(3

) で表される範囲となる。

[0055] $(0^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \sim 20^\circ, \text{任意の } \phi)$ …式 (1)

[0056] $(0^\circ \pm 10^\circ, 20^\circ \sim 80^\circ, 0^\circ \sim 60^\circ (1 - (\theta - 50)^\circ / 900)^\{1/2\})$ または $(0^\circ \pm 10^\circ, 20^\circ \sim 80^\circ, [180^\circ - 60^\circ (1 - (\theta - 50)^\circ / 900)^\{1/2\}] \sim 180^\circ)$ …式 (2)

[0057] $(0^\circ \pm 10^\circ, [180^\circ - 30^\circ (1 - (\phi - 90)^\circ / 8100)^\{1/2\}] \sim 180^\circ, \text{任意の } \phi)$ …式 (3)

[0058] 従って、上記式 (1)、式 (2) または式 (3) のオイラー角範囲の場合、比帯域を十分に広げることができ、好ましい。

[0059] 図 12 は、本開示の実施の形態 1 に係る弾性波装置を説明するための部分切り欠き斜視図である。弾性波装置 81 は、支持基板 82 を有する。支持基板 82 には、上面に開いた凹部が設けられている。支持基板 82 上に圧電層 83 が積層されている。それによって、空洞部 9 が構成されている。この空洞部 9 の上方において圧電層 83 上に、IDT 電極 84 が設けられている。IDT 電極 84 の弾性波伝搬方向両側に、反射器 85、86 が設けられている。図 12 において、空洞部 9 の外周縁を破線で示す。ここでは、IDT 電極 84 は、第 1、第 2 のバスバー 84a、84b と、複数本の第 1 の電極指としての電極 84c 及び複数本の第 2 の電極指としての電極 84d とを有する。複数本の電極 84c は、第 1 のバスバー 84a に接続されている。複数本の電極 84d は、第 2 のバスバー 84b に接続されている。複数本の電極 84c と、複数本の電極 84d とは間挿し合っている。

[0060] 弾性波装置 81 では、上記空洞部 9 上の IDT 電極 84 に、交流電界を印加することにより、板波としてのラム波が励振される。そして、反射器 85、86 が両側に設けられているため、上記ラム波による共振特性を得ることができる。

[0061] このように、本開示の弾性波装置は、板波を利用するものであってもよい。

[0062] (実施の形態 2)

以下、本発明に係る実施の形態２の弾性波装置について説明する。なお、実施の形態２の説明において、前述の実施の形態１と同様の構成、作用および機能を有する要素に対しては重複する記載を避けるため説明を省略し、相違点を中心に以下に説明する。

- [0063] 図１３及び図１４を参照する。図１３は、本開示の実施の形態２に係る弾性波装置９０の平面図である。図１４は、本開示の実施の形態２に係る弾性波装置９０の概略断面図であり、図１３のXIV矢視断面図である。なお、「平面視」とは弾性波装置９０の厚み方向から見ることを意味する。
- [0064] 図１３に示すように、弾性波装置９０は、例えば、第１共振子９１～第７共振子９７を備える。第１共振子９１～第７共振子９７は、それぞれサイズが異なる。これら７つの共振子の中で第１共振子９１及び第２共振子９２について図１４にて詳細に説明する。弾性波装置９０は、また、支持部材１０１、圧電層１１０、第１空洞部１０５と、第２空洞部１０７と、第１貫通孔１４１と、第２貫通孔１４３と、を備える。
- [0065] 支持部材１０１は、支持基板１０２及び中間層１０３を有する。例えば、支持部材１０１は、Siから成る支持基板１０２と、支持基板１０２に積層され、SiO_xから成る中間層１０３との積層体から構成されている。支持基板１０２は、圧電層１１０側が凹んだ第１凹部１０２aと第２凹部１０２bと、を有する。
- [0066] 圧電層１１０は、中間層１０３上に設けられ、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムから成る。
- [0067] 支持部材１０１には、支持基板１０２と中間層１０３とにまたがって、圧電層１１０側に開口する第１空洞部１０５及び第２空洞部１０７が設けられている。第１空洞部１０５及び第２空洞部１０７は、支持部材１０１と圧電層１１０とによって画定される空間である。第１空洞部１０５の一部は支持基板１０２の第１凹部１０２aにより画定され、第２空洞部１０７の一部は支持基板１０２の第２凹部１０２bにより画定される。

- [0068] 第1共振子91は、図13に示す圧電層110の一部である第1部分111と、第1部分111に設けられた第1機能電極120とを含む。同様に、第2共振子116は、圧電層110の一部である第2部分112と、第2部分112に設けられた第2機能電極123とを含む。第5共振子95は、圧電層110の一部である第3部分117と、第3部分117に設けられた第3機能電極181とを含む。第6共振子96は、圧電層110の一部である第4部分118と、第4部分118に設けられた第4機能電極183とを含む。
- [0069] 第1機能電極120は対向する第1バスバー124及び第2バスバー125と、第1バスバー124に接続された複数の第1電極指151と、第2バスバー125に接続された複数の第2電極指152と、を有する。
- [0070] 第1電極指151のそれぞれの基端は第1バスバー124に接続され、第2電極指152のそれぞれの基端は第2バスバー125に接続される。なお、第1バスバー124及び第2バスバー125には配線電極161が接続されている。第1電極指151と複数の第2電極指152は互いに間挿し合っており、隣り合う第1電極指151と第2電極指152とは一对の電極組を構成している。第2機能電極123も同様の構成を有する。
- [0071] 第1空洞部105は、支持部材101と圧電層110との積層方向の平面視において第1共振子91と重なり、第2空洞部107は、支持部材101と圧電層110との積層方向の平面視において第2共振子116と重なる。
- [0072] 第1貫通孔141は、圧電層110を貫通し、第1空洞部105と連通する。第2貫通孔143は、圧電層110を貫通し、第2空洞部107と連通する。第1貫通孔141は第1部分111に少なくとも1つ設けられ、第2貫通孔143は第2部分112に少なくとも1つ設けられている。
- [0073] 本実施形態において、圧電層110には、第1機能電極120を挟むように、圧電層110を貫通する複数の第1貫通孔141が設けられている。複数の第1貫通孔141はそれぞれ、第1空洞部105に至るように延びている。また、圧電層110には、第2機能電極123を挟むように、圧電層1

10を貫通する複数の第2貫通孔143が設けられている。複数の第2貫通孔143はそれぞれ、第2空洞部107に至るように延びている。

[0074] 第1共振子91は第2共振子92に比べて相対的に大きく、第2共振子92は第1共振子91に比べて相対的に小さい。なお、ここでいう共振子のサイズとは、それぞれの共振子の有する複数の第1電極指151及び第2電極指152が、電極指の並ぶ方向に見て互いに重なる領域である交叉領域、言い換えれば、共振子における一对のバスバーからそれぞれ電極指が互い違いに配列された領域の面積である。

[0075] 図13において、第1共振子91の交叉領域である第1領域131の面積は、第2共振子92の交叉領域である第2領域132の面積に比べて大きいので、第1共振子91のサイズは第2共振子92のサイズに比べて相対的に大きいといえる。また、第5共振子95の交叉領域である第3領域133の面積は、第6共振子96の交叉領域である第4領域134の面積に比べて大きいため、第5共振子95のサイズは第6共振子96のサイズに比べて相対的に大きい。

[0076] 第1共振子91と第2共振子92とのうち、相対的にサイズの大きい第1共振子91に対して設けられている第1空洞部105の体積は、相対的に小さい第2共振子92に対して設けられている第2空洞部107の体積より大きい。具体的には、支持基板102と圧電層110との積層方向に平面視した場合の第1空洞部105の面積は、平面視した場合の第2空洞部107の面積より大きい。例えば、図14に示す第1空洞部105の長手方向の長さ $Cw1$ は、第2空洞部107の長手方向の長さ $Cw2$ よりも大きい。したがって、平面視において、第1共振子91の面積は、第2共振子116の面積よりも大きい。

[0077] また、第1空洞部105の支持基板102と圧電層110との積層方向における深さ $Ch1$ は、第2空洞部107の深さ $Ch2$ より大きい。これにより、相対的に大きい共振子に対して相対的に大きい空洞部を設けられているので、励振空間を確実に確保しやすくなる。

[0078] また、第5共振子95と第6共振子96とのうち、相対的に大きい第5共振子95に対して設けられる第3空洞部108の体積は、相対的に小さい第6共振子96に対して設けられる第4空洞部109の体積より小さい。

[0079] なお、実施の形態2では、第1空洞部105の深さと平面視のときの面積とが共に第2空洞部107に比べて大きい場合を示したが、深さあるいは平面視のときの面積の一方のみが大きくてもよい。これにより、相対的に大きい交叉領域を有するために放熱性に劣る共振子に対して実施の形態2よりも相対的に小さな空洞部が設けられていることになるので、放熱性が向上する。

[0080] また、第1空洞部105に至る少なくとも第1貫通孔141の総開口面積は、第2空洞部107に至る第2貫通孔143の総開口面積よりも大きい。例えば、複数の第1貫通孔141の開口面積は、複数の第2貫通孔143の開口面積より大きくてもよい。また、平面視で第1貫通孔141の1つ当たりの開口面積が第2貫通孔143の1つ当たりの開口面積よりも大きくてもよい。例えば、第1貫通孔141の直径EW1は、第2貫通孔143の直径EW2よりも大きい。また、第3空洞部108に至る複数の第3貫通孔145の開口面積は、第4空洞部109に至る複数の第4貫通孔147の開口面積より大きい。このように、相対的に体積の大きい空洞部に対して相対的に開口面積の大きな貫通孔を設けることにより、空洞部を形成する際のエッチング液が入りやすくなり、製造効率を向上できる。また、相対的に小さい空洞部に対しては相対的に小さな貫通孔を設けることにより圧電層上の省スペース化を実現できる。したがって、製造効率の向上と省スペース化とを両立することができる。

[0081] 図15に示すように、第1共振子91～第7共振子97を含む複数の共振子は、例えば、入力端子171と出力端子173とを結ぶ経路に設けられた直列腕共振子と、当該経路とグラウンド175との間に設けられた並列腕共振子とを備えるラダー型フィルタを構成している。第1共振子91、第3共振子93、及び第5共振子95は、直列腕共振子であり、第2共振子92、第

4共振子94、第6共振子96、及び第7共振子97は、並列腕共振子である。なお、図示しないが、第1共振子91及び第5共振子95が送信または受信用共振子であり、第2共振子92、及び第6共振子96が受信または送信用共振子であってもよい。

[0082] また、実施の形態2では、第1共振子91～第7共振子97が全て同一の圧電層110に設けられている場合を示しているが、第1共振子91～第7共振子97のうち少なくとも1つの共振子が他の共振子とは別の圧電層に設けられていてもよい。

[0083] 以上のように、実施の形態2の弾性波装置90は、支持基板102を有する支持部材101と、支持部材101上に配置された圧電層110と、圧電層110の第1部分111と圧電層110の第1部分111に設けられた第1機能電極120とを含む第1共振子91と、圧電層110の第2部分112と圧電層110の第2部分112に設けられた第2機能電極123とを含む第2共振子92と、を備える。弾性波装置90は、支持部材101に設けられ、支持部材101と圧電層110との積層方向の平面視において第1共振子91と重なる第1空洞部105と、支持部材101に設けられ、支持部材101と圧電層110との積層方向の平面視において第2共振子92と重なる第2空洞部107と、を備える。弾性波装置90は、圧電層110を貫通し、第1空洞部105と連通する少なくとも1つの第1貫通孔141と、圧電層110を貫通し、第2空洞部107と連通する少なくとも1つの第2貫通孔143と、を備える。第1空洞部105の体積は第2空洞部107の体積よりも大きく、少なくとも1つの第1貫通孔141の開口面積は少なくとも1つの第2貫通孔143の開口面積よりも大きい。

[0084] このように、第2空洞部107の体積よりも大きい第1空洞部105に連通する第1貫通孔141の開口面積の方が、第2空洞部107に連通する第2貫通孔143の開口面積よりも大きいので、空洞部の大きさが大きいにもかかわらず、第1共振子91の製造効率を向上させることができる。

[0085] 次に、図16を参照して実施の形態2の変形例1を説明する。図16は、

実施の形態2の変形例1における弾性波装置90Aの概略断面図である。弾性波装置90Aにおいて、空洞部が中間層にのみ形成されている構成である。中間層103は第1凹部103aと第2凹部103bとを備える。第1凹部103aは第1空洞部105を画定し、第2凹部103bは第2空洞部107を画定する。

[0086] 次に、図17を参照して実施の形態2の変形例2を説明する。図17は、実施の形態2の変形例2における弾性波装置90Bの概略断面図である。弾性波装置90Bにおいて、支持部材101は支持基板102だけで構成され、中間層103を有しない。この場合、空洞部は支持基板にのみ設けられている。したがって、支持基板102の第1凹部102aは第1空洞部105を画定し、支持基板102の第2凹部102bは第2空洞部107を画定する。

[0087] 次に、図18を参照して実施の形態2の変形例3を説明する。図18は、実施の形態2の変形例3における弾性波装置90Cの平面図である。複数の第1貫通孔141の開口面積は、複数の第2貫通孔107の開口面積より大きい場合とは、図18に示すように、第1貫通孔141の個々の開口面積と、第2貫通孔107の個々の開口面積が同じ大きさであり、かつ、第1貫通孔141の総数の方が第2貫通孔107の総数よりも多い場合も含まれる。弾性波装置90Cにおいて、例えば、第1貫通孔141の直径EW1と第2貫通孔143の直径EW2は同じ長さであるが、第1貫通孔141の総数は3つであり、第2貫通孔143の総数は2つである。

[0088] 次に、図19を参照して実施の形態2の変形例4を説明する。図19は、実施の形態2の変形例4における弾性波装置90Dの平面図である。図19に示すように、相対的に体積の大きい空洞部にはその両側に貫通孔が設けられていてもよい。第1空洞部105の長手方向両側のそれぞれに第1貫通孔141が設けられている。さらに、相対的に体積の小さい空洞部にはその片側にだけ貫通孔が設けられていてもよい。例えば、第2空洞部107に連通する第2貫通孔143は1つだけが設けられている。

[0089] 次に、図20を参照して実施の形態2の変形例5を説明する。図20は、実施の形態2の変形例5における弾性波装置90Eの概略断面図である。図20に示すように、弾性波装置90Eにおいては、第1及び第2機能電極120E、123Eは、BAW(Bulk Acoustic Wave)素子であってもよい。第1及び第2機能電極120E、123Eは、それぞれ、圧電層110を挟んで圧電層110の厚み方向に対向する上部電極128及び下部電極129を備える。

[0090] 上部電極128及び下部電極129は、メンブレン部119に設けられている。上部電極128は、圧電層119の露出面側に配置されている。下部電極129は、圧電層119において第1空洞部105及び第2空洞部107側に配置されている。貫通孔141及び143により、圧電層119が気圧差により破壊されることを抑制できる。

[0091] 本発明は、上記各実施の形態のものに限らず、次のように変形実施することができる。

[0092] 上記実施の形態2において、第1機能電極120E及び第2機能電極123Eは圧電層119の露出面側に配置されていたがこれに限らない。第1機能電極120E及び第2機能電極123Eは圧電層119の第1空洞部105及び第2空洞部107側にそれぞれ配置してもよい。

[0093] 本発明をある程度の詳細さをもって各実施の形態において説明したが、これらの実施の形態の開示内容は構成の細部において変化してしかるべきものであり、各実施の形態における要素の組合せや順序の変化は請求された本発明の範囲および思想を逸脱することなく実現し得るものである。

[0094] (実施の形態の概要)

(1) 本開示の弾性波装置は、支持基板を有する支持部材と、支持部材上に配置された圧電層と、圧電層の第1部分と圧電層の第1部分に設けられた第1機能電極とを含む第1共振子と、圧電層の第2部分と圧電層の第2部分に設けられた第2機能電極とを含む第2共振子と、を備える。弾性波装置は、支持部材に設けられ、支持部材と圧電層との積層方向の平面視において第

1 共振子と重なる第 1 空洞部と、支持部材に設けられ、支持部材と圧電層との積層方向の平面視において第 2 共振子と重なる第 2 空洞部と、を備える。弾性波装置は、圧電層を貫通し、第 1 空洞部と連通する少なくとも 1 つの第 1 貫通孔と、圧電層を貫通し、第 2 空洞部と連通する少なくとも 1 つの第 2 貫通孔と、を備える。第 1 空洞部の体積は第 2 空洞部の体積よりも大きく、少なくとも第 1 貫通孔の総開口面積は第 2 貫通孔の総開口面積よりも大きい。

[0095] (2) (1) の弾性波装置において、平面視で第 1 貫通孔の 1 つ当たりの開口面積が第 2 貫通孔の 1 つ当たりの開口面積よりも大きい。

[0096] (3) (1) の弾性波装置において、第 1 貫通孔の数が第 2 貫通孔の数よりも多い。

[0097] (4) (1) ~ (3) のいずれかの弾性波装置において、平面視において、第 1 共振子の面積は第 2 共振子の面積よりも大きい。

[0098] (5) (1) ~ (4) のいずれかの弾性波装置において、第 1 空洞部の平面視における面積は、第 2 空洞部の平面視における面積よりも大きい。

[0099] (6) (5) の弾性波装置において、第 1 空洞部の深さは、第 2 空洞部の深さより大きい。

[0100] (7) (1) ~ (6) のいずれかの弾性波装置において、第 1 空洞部の長手方向両側のそれぞれに第 1 貫通孔が設けられている。

[0101] (8) (7) の弾性波装置において、さらに別の第 1 貫通孔が第 1 空洞部の長手方向片側に設けられている。

[0102] (9) (1) ~ (8) のいずれかの弾性波装置において、第 2 空洞部の長手方向片側に第 2 貫通孔が設けられている。

[0103] (10) (1) ~ (9) のいずれかの弾性波装置において、1 つの第 2 貫通孔が、2 つの第 2 空洞部に対してそれぞれ接続通路を介して連通している。

[0104] (11) (1) ~ (10) のいずれかの弾性波装置において、機能電極は、対向する一对の第 1 バスバー及び第 2 バスバーと、第 1 バスバーから延び

る第1電極指と、第2バスバーから延びる第2電極指と、を有する、IDT電極である。

[0105] (12) (11)の弾性波装置において、第1空洞部の上方に配置された第1共振子における一对の第1バスバー及び第2バスバーからそれぞれ第1電極指及び第2電極指が互い違いに配列された第1領域は、第2空洞部の上方に配置された第2共振子における一对の第3バスバー及び第4バスバーからそれぞれ第3電極指及び第4電極指が互い違いに配列された第2領域よりも大きい。

[0106] (13) (12)の弾性波装置において、さらに別の第1貫通孔が、第1領域内に設けられている。

[0107] (14) (11)～(13)のいずれかの弾性波装置において、圧電層の厚みを d 、隣り合う第1電極指及び第2電極指同士の間隔を p とする場合、 $d/p \leq 0.5$ である。

[0108] (15) (14)の弾性波装置において、 d/p が0.24以下である。

[0109] (16) (12)～(15)のいずれかの弾性波装置において、第1電極指及び第2電極指が並ぶ方向から見たときに、隣り合う第1電極指及び第2電極指同士が重なり合う領域が励振領域であり、励振領域内の第1電極指及び第2電極指の面積の割合であるメタライゼーション比を MR としたときに、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ を満たす。

[0110] (17) (1)～(16)のいずれかの弾性波装置において、厚み滑りモードのバルク波を利用可能な構成である。

[0111] (18) (1)～(10)のいずれかの弾性波装置において、機能電極は、圧電層の上部に配置された上部電極及び圧電層の下部に配置された下部電極を有する。

[0112] (19) (1)～(18)のいずれかの弾性波装置において、圧電層は、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムである。

[0113] (20) (19)の弾性波装置において、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムのオイラー角(ϕ , θ , ψ)が、以下の式(1)、式(2)ま

たは式（３）の範囲にある。

$$(0^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \sim 20^\circ, \text{任意の}\phi) \quad \dots \text{式(1)}$$

$$(0^\circ \pm 10^\circ, 20^\circ \sim 80^\circ, 0^\circ \sim 60^\circ (1 - (\theta - 50)^\circ / 900)^{1/2}) \quad \text{または} \quad (0^\circ \pm 10^\circ, 20^\circ \sim 80^\circ, [180^\circ - 60^\circ (1 - (\theta - 50)^\circ / 900)^{1/2}] \sim 180^\circ) \quad \dots \text{式(2)}$$

$$(0^\circ \pm 10^\circ, [180^\circ - 30^\circ (1 - (\phi - 90)^\circ / 8100)^{1/2}] \sim 180^\circ, \text{任意の}\phi) \quad \dots \text{式(3)}$$

[0114] (21)(1)～(20)のいずれかの弾性波装置において、圧電層の第1部分と圧電層の第2部分とは同一の圧電層の部分同士である。

符号の説明

- [0115]
- 1 弾性波装置
 - 2 圧電層
 - 2 a 第1の主面
 - 2 b 第2の主面
 - 2 c 凹部
 - 3、3 A、4、4 A 電極
 - 3 a、3 b、4 a、4 b 側辺
 - 3 c、4 c 凹部
 - 3 e、4 e 幅広部
 - 3 f、4 f 矩形断面部
 - 5、5 A 第1のバスバー
 - 6、6 A 第2のバスバー
 - 7 絶縁層
 - 7 a、8 a 開口部
 - 9 空洞部
 - 10 誘電体膜
 - 21 弾性波装置
 - 22 保護膜

- 3 1 弾性波装置
- 4 1 弾性波装置
- 4 2 音響多層膜
- 4 2 a、4 2 c、4 2 e 低音響インピーダンス層
- 4 2 b、4 2 d 高音響インピーダンス層
- 5 1 弾性波装置
- 5 1 A 弾性波装置
- 6 1 弾性波装置
- 6 1 A 弾性波装置
- 7 1 弾性波装置
- 7 2 質量付加膜
- 7 3 質量付加膜
- 8 1 弾性波装置
- 8 2 支持基板
- 8 3 圧電層
- 9 0、9 0 A 弾性波装置
- 9 1 第1共振子
- 9 2 第2共振子
- 9 3 第3共振子
- 9 4 第4共振子
- 9 5 第5共振子
- 9 6 第6共振子
- 9 7 第7共振子
- 1 0 1 支持部材
- 1 0 2 支持基板
- 1 0 2 a 第1凹部
- 1 0 2 b 第2凹部
- 1 0 3 中間層

- 1 0 3 a 第1凹部
- 1 0 3 b 第2凹部
- 1 0 5 第1空洞部
- 1 0 7 第2空洞部
- 1 0 8 第3空洞部
- 1 0 9 第4空洞部
- 1 1 0 圧電層
- 1 1 1 第1部分
- 1 1 2 第2部分
- 1 1 7 第3部分
- 1 1 8 第4部分
- 1 1 9 メンブレン部
- 1 2 0、1 2 0 E 第1機能電極
- 1 2 1 配線電極
- 1 2 3、1 2 3 E 第2機能電極
- 1 2 4 第1バスバー
- 1 2 5 第2バスバー
- 1 2 6 第3バスバー
- 1 2 7 第4バスバー
- 1 2 8 上部電極
- 1 2 9 下部電極
- 1 3 1 第1領域
- 1 3 2 第2領域
- 1 3 3 第3領域
- 1 3 4 第4領域
- 1 4 1 第1貫通孔
- 1 4 3 第2貫通孔
- 1 4 5 第3貫通孔

- 1 4 7 第4 貫通孔
- 1 5 1 第1 電極指
- 1 5 2 第2 電極指
- 1 6 1 配線電極
- 1 7 1 入力端子
- 1 7 3 出力端子
- 1 7 5 グランド
- 1 8 1 第3機能電極
- 1 8 3 第4機能電極

請求の範囲

- [請求項1] 支持基板を有する支持部材と、
前記支持部材上に配置された圧電層と、
前記圧電層の第1部分と前記圧電層の第1部分に設けられた第1機能電極とを含む第1共振子と、
前記圧電層の第2部分と前記圧電層の第2部分に設けられた第2機能電極とを含む第2共振子と、
前記支持部材に設けられ、前記支持部材と前記圧電層との積層方向の平面視において前記第1共振子と重なる第1空洞部と、
前記支持部材に設けられ、前記支持部材と前記圧電層との積層方向の平面視において前記第2共振子と重なる第2空洞部と、
前記圧電層を貫通し、前記第1空洞部と連通する少なくとも1つの第1貫通孔と、
前記圧電層を貫通し、前記第2空洞部と連通する少なくとも1つの第2貫通孔と、を備え、
前記第1空洞部の体積は前記第2空洞部の体積よりも大きく、
前記少なくとも1つの第1貫通孔の総開口面積は前記少なくとも1つの第2貫通孔の総開口面積よりも大きい、
弾性波装置。
- [請求項2] 平面視で前記第1貫通孔の1つ当たりの開口面積が前記第2貫通孔の1つ当たりの開口面積よりも大きい、
請求項1に記載の弾性波装置。
- [請求項3] 前記第1貫通孔の数が前記第2貫通孔の数よりも多い、
請求項1に記載の弾性波装置。
- [請求項4] 平面視において、前記第1共振子の面積は前記第2共振子の面積よりも大きい、
請求項1から3のいずれか1つに記載の弾性波装置。
- [請求項5] 前記第1空洞部の平面視における面積は、前記第2空洞部の平面視

における面積よりも大きい、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の弾性波装置。

[請求項6] 前記第 1 空洞部の深さは、前記第 2 空洞部の深さより大きい、
請求項 5 に記載の弾性波装置。

[請求項7] 前記第 1 空洞部の長手方向両側のそれぞれに前記第 1 貫通孔が設けられている、
請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の弾性波装置。

[請求項8] さらに別の第 1 貫通孔が前記第 1 空洞部の長手方向片側に設けられている、
請求項 7 に記載の弾性波装置。

[請求項9] 前記第 2 空洞部の長手方向片側に前記第 2 貫通孔が設けられている、
請求項 1 から 8 のいずれか 1 つに記載の弾性波装置。

[請求項10] 1 つの前記第 2 貫通孔が、2 つの前記第 2 空洞部に対してそれぞれ接続通路を介して連通している、
請求項 1 から 9 のいずれか 1 つに記載の弾性波装置。

[請求項11] 前記第 1 機能電極及び第 2 機能電極は、対向する一对の第 1 バスバー及び第 2 バスバーと、前記第 1 バスバーから延びる第 1 電極指と、前記第 2 バスバーから延びる第 2 電極指と、を有する、I D T 電極である、
請求項 1 から 1 0 のいずれか 1 つに記載の弾性波装置。

[請求項12] 前記第 1 空洞部の上方に配置された前記第 1 共振子における一对の前記第 1 バスバー及び第 2 バスバーからそれぞれ第 1 電極指及び第 2 電極指が互い違いに配列された第 1 領域は、前記第 2 空洞部の上方に配置された前記第 2 共振子における一对の第 3 バスバー及び第 4 バスバーからそれぞれ第 3 電極指及び第 4 電極指が互い違いに配列された第 2 領域よりも大きい、
請求項 1 1 に記載の弾性波装置。

- [請求項13] さらに別の第1貫通孔が、前記第1領域内に設けられている、
請求項12に記載の弾性波装置。
- [請求項14] 前記圧電層の厚みを d 、隣り合う前記第1電極指及び前記第2電極指同士を中心間距離を p とする場合、 $d/p \leq 0.5$ である、
請求項11から13のいずれか1つに記載の弾性波装置。
- [請求項15] d/p が0.24以下である、
請求項14に記載の弾性波装置。
- [請求項16] 前記第1電極指及び前記第2電極指が並ぶ方向から見たときに、隣り合う前記第1電極指及び前記第2電極指同士が重なり合う領域が励振領域であり、
前記励振領域内の第1電極指及び前記第2電極指の面積の割合であるメタライゼーション比を MR としたときに、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ を満たす、
請求項12から15のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項17] 厚み滑りモードのバルク波を利用可能な構成である、
請求項1から16に記載の弾性波装置。
- [請求項18] 前記第1機能電極及び第2機能電極は、前記圧電層の上部に配置された上部電極及び前記圧電層の下部に配置された下部電極を有する、
請求項1から10のいずれか1つに記載の弾性波装置。
- [請求項19] 前記圧電層は、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムである、
請求項1から18のいずれか1つに記載の弾性波装置。
- [請求項20] 前記ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムのオイラー角(ϕ , θ , ϕ)が、以下の式(1)、式(2)または式(3)の範囲にある、請求項19に記載の弾性波装置。

$$(0^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \sim 20^\circ, \text{任意の}\phi) \quad \dots \text{式(1)}$$

$$(0^\circ \pm 10^\circ, 20^\circ \sim 80^\circ, 0^\circ \sim 60^\circ (1 - (\theta - 50)^\circ)^2 / 900)^{1/2}) \quad \text{または} \quad (0^\circ \pm 10^\circ, 20^\circ \sim 80^\circ,$$

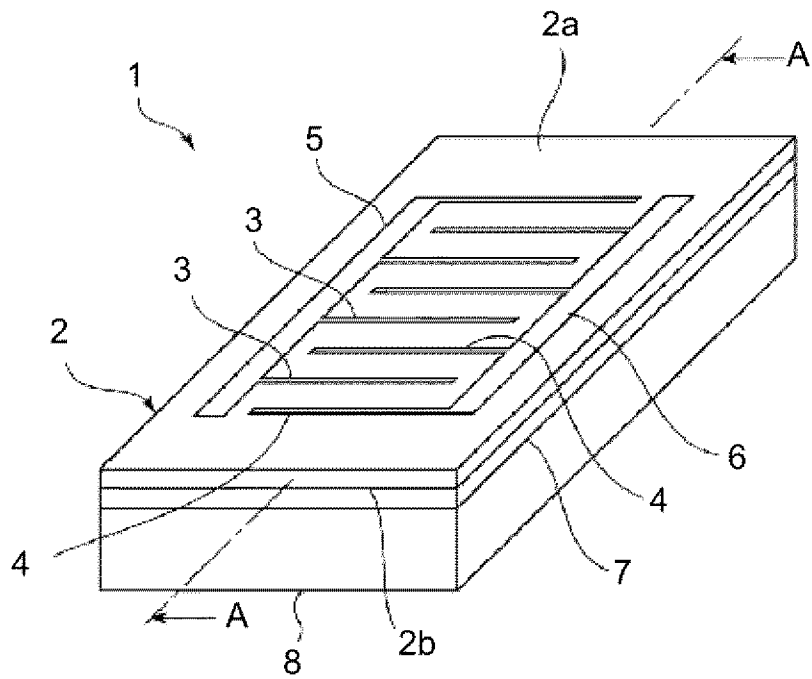
$$[180^\circ - 60^\circ (1 - (\theta - 50)^2 / 900)^{1/2}] \sim 180^\circ) \quad \dots \text{式 (2)}$$

$$(0^\circ \pm 10^\circ, [180^\circ - 30^\circ (1 - (\phi - 90)^2 / 8100)^{1/2}] \sim 180^\circ, \text{任意の } \phi) \quad \dots \text{式 (3)}$$

[請求項21] 前記圧電層の前記第1部分と前記圧電層の第2部分とは同一の圧電層の部分同士である、請求項1から20のいずれか1つに記載の弾性波装置。

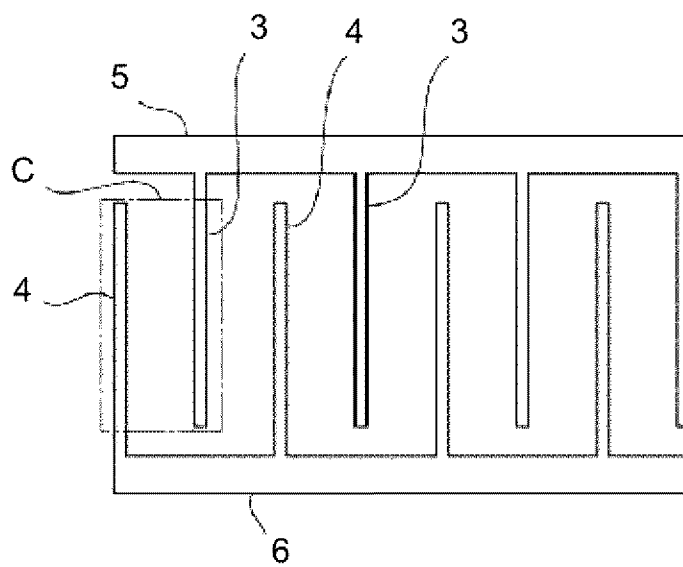
[図1A]

図1A



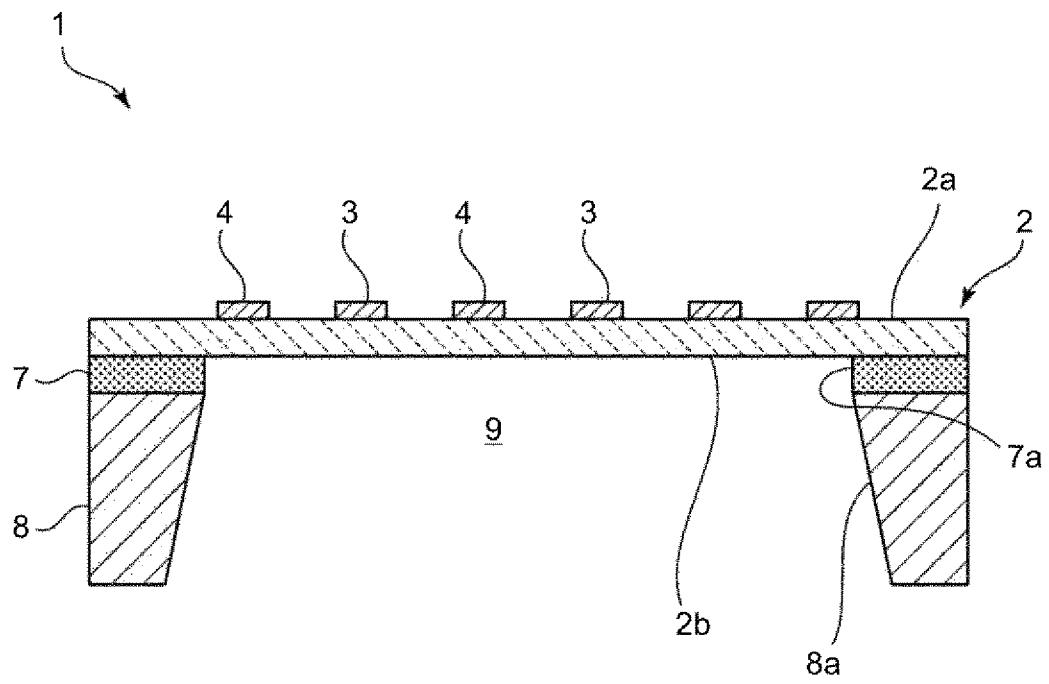
[図1B]

図1B



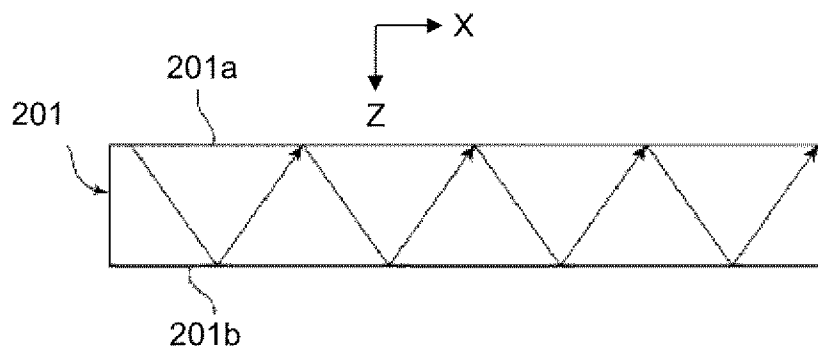
[図2]

図2



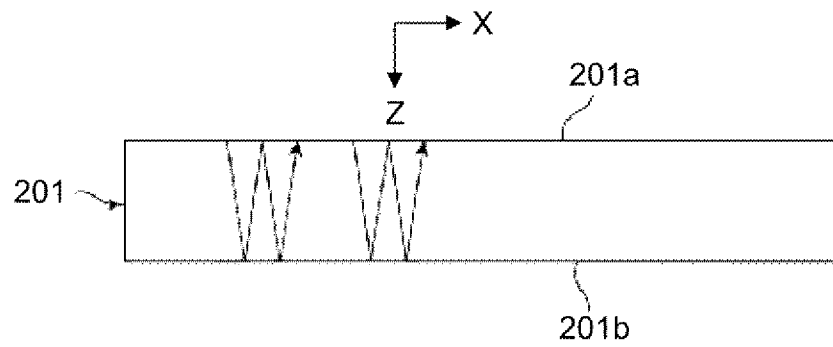
[図3A]

図3A



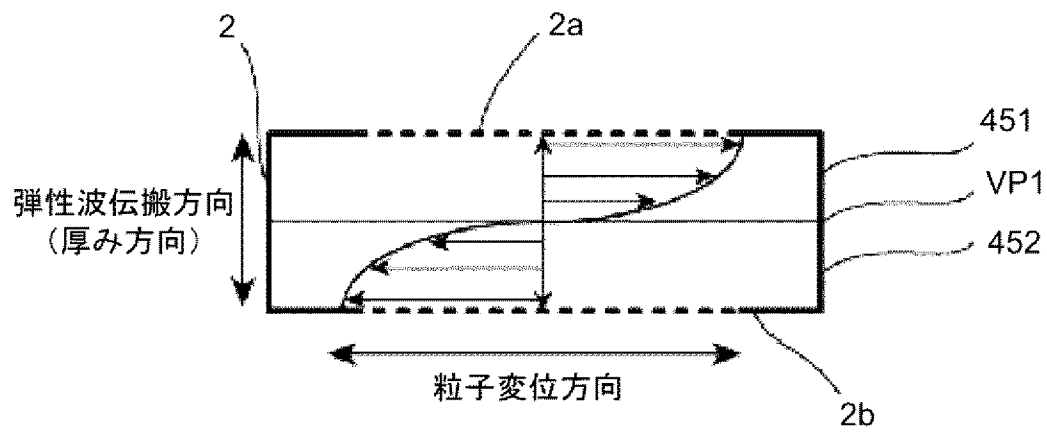
[図3B]

図3B



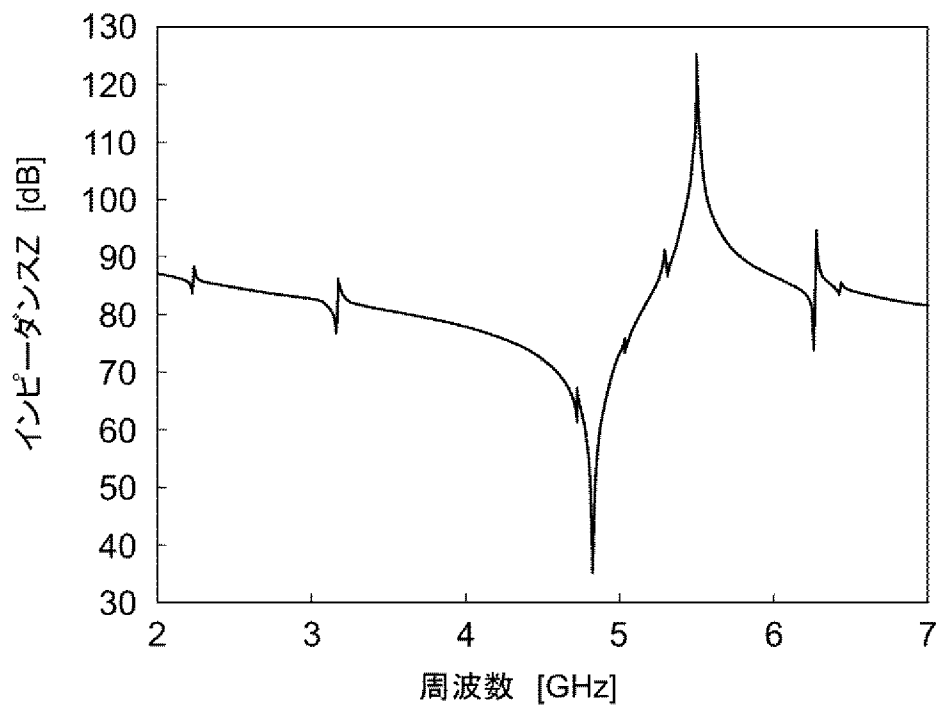
[図4]

図4



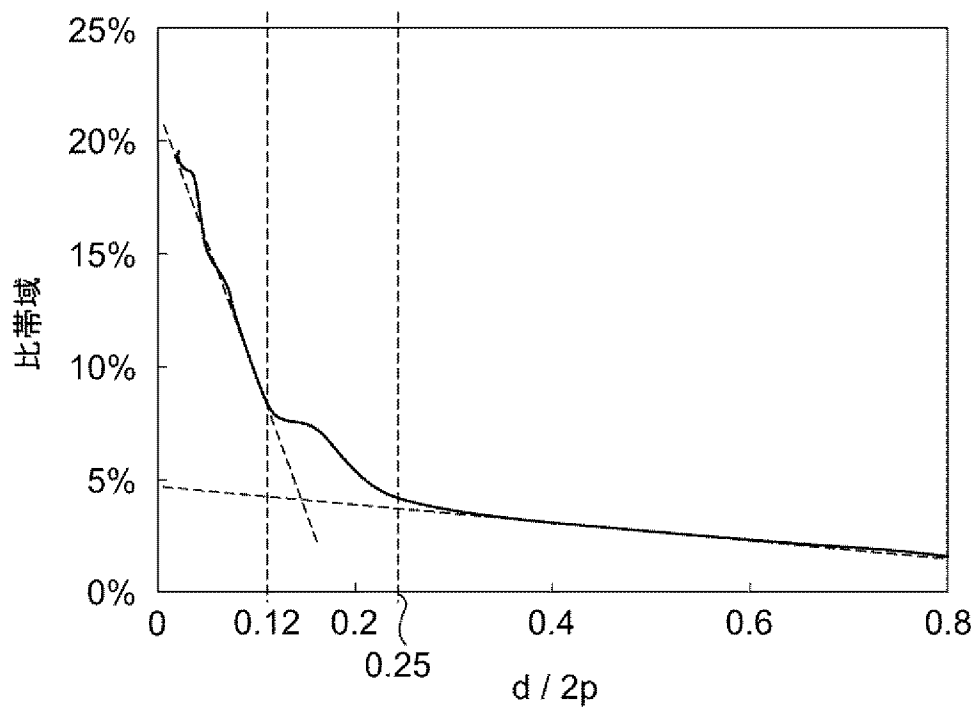
[図5]

図5



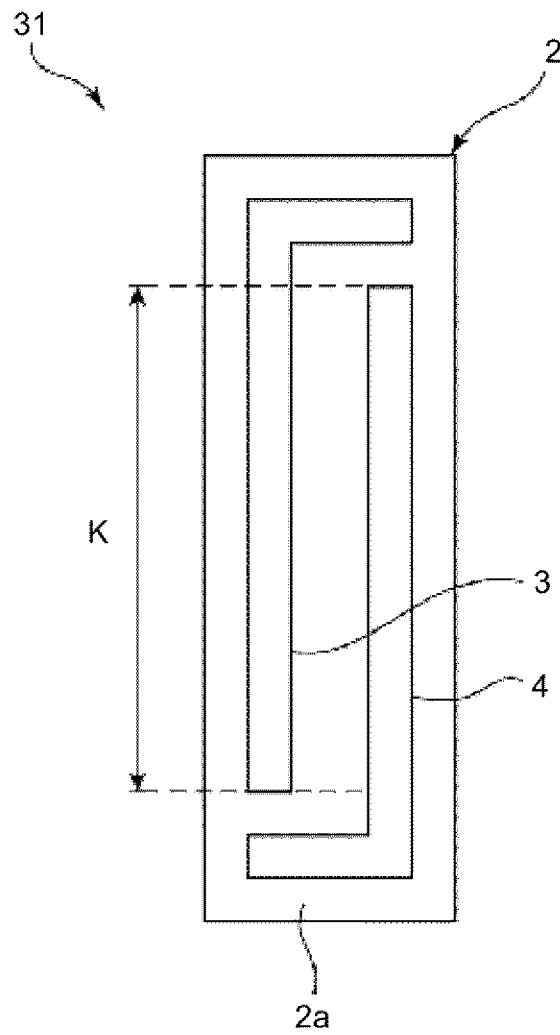
[図6]

図6



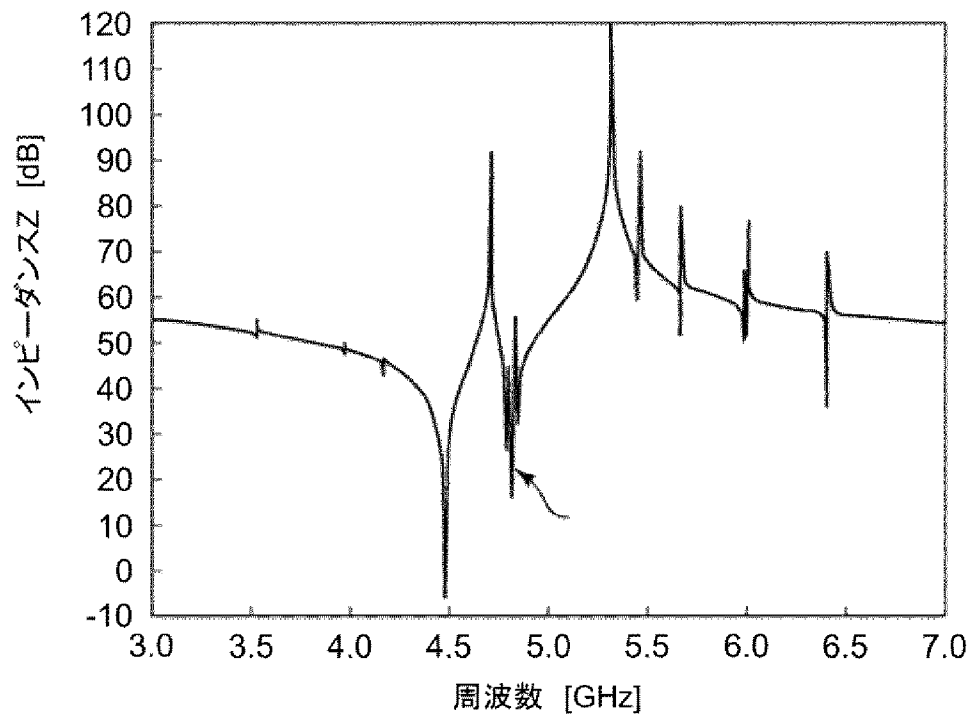
[図7]

図7



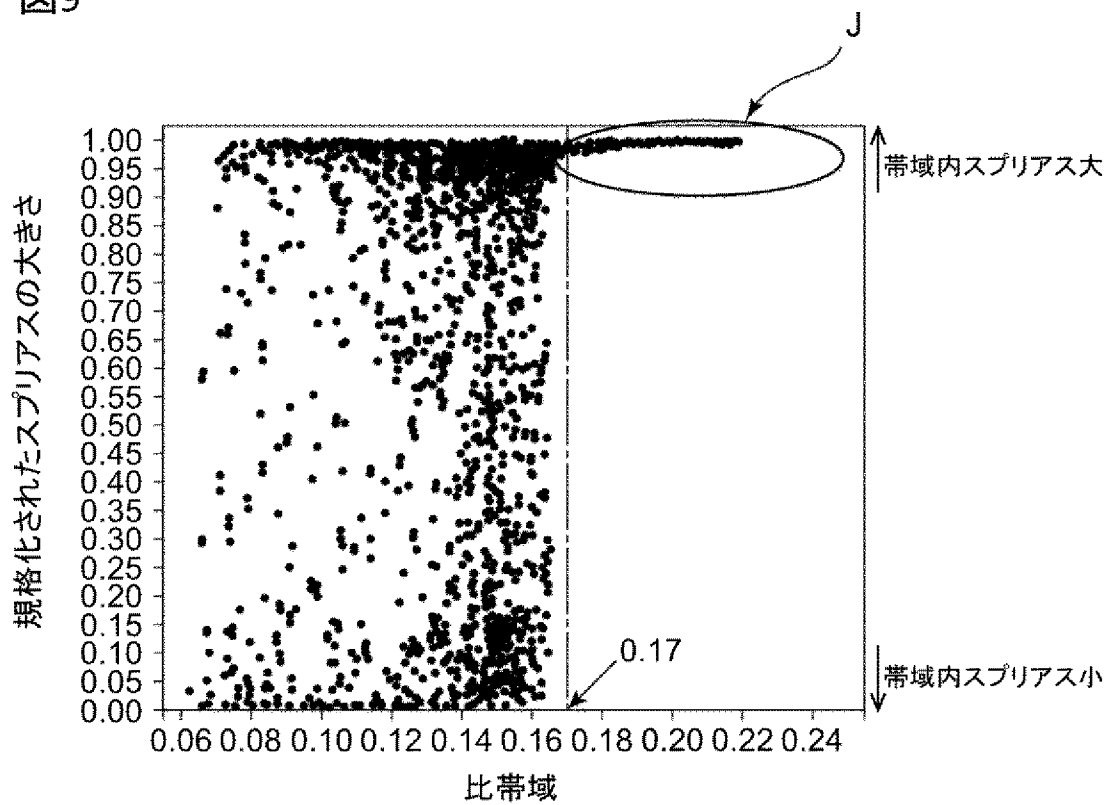
[図8]

図8



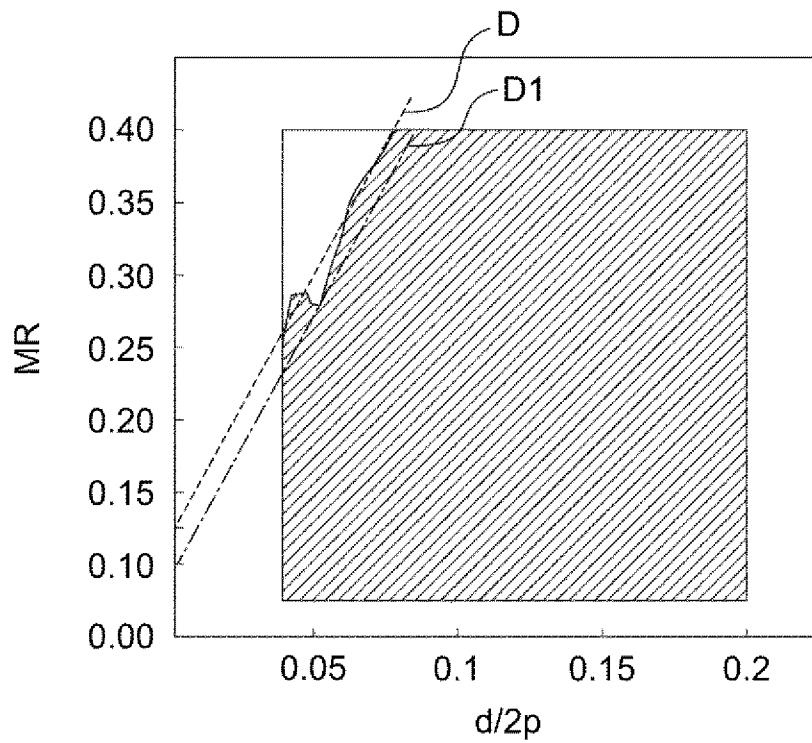
[図9]

図9



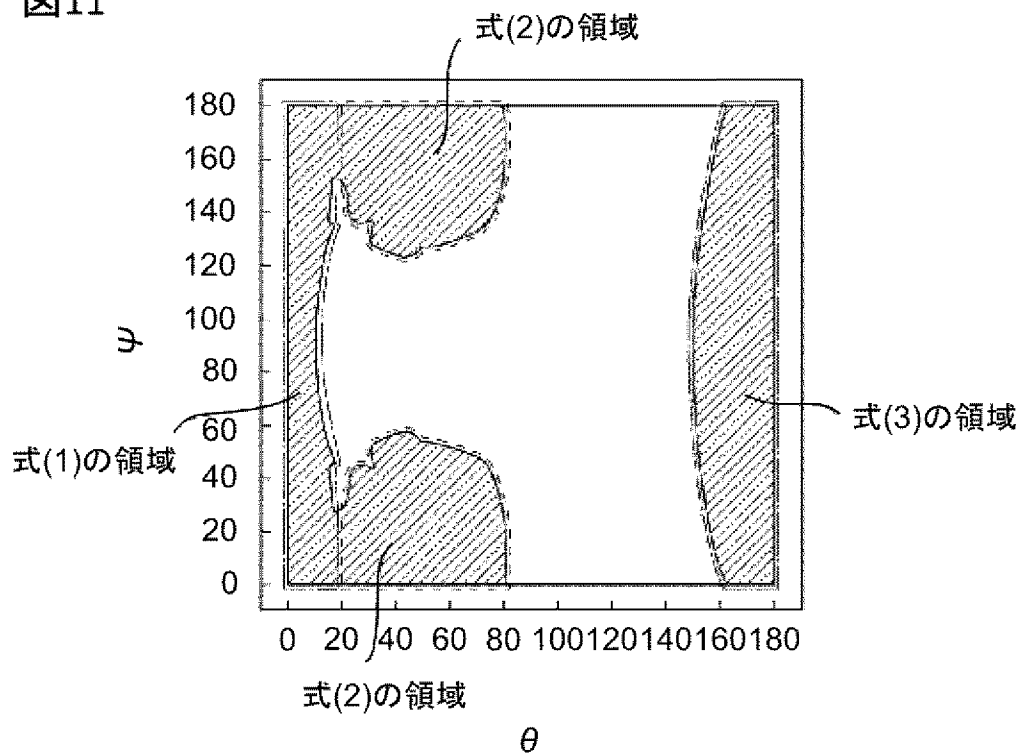
[図10]

図10



[図11]

図11



[図12]

図12

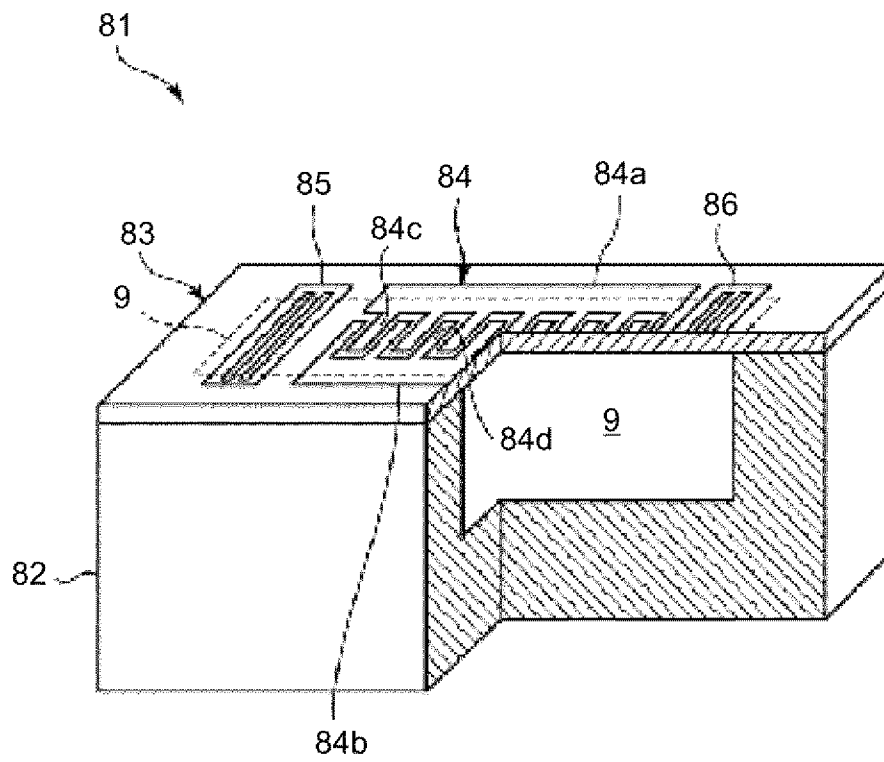
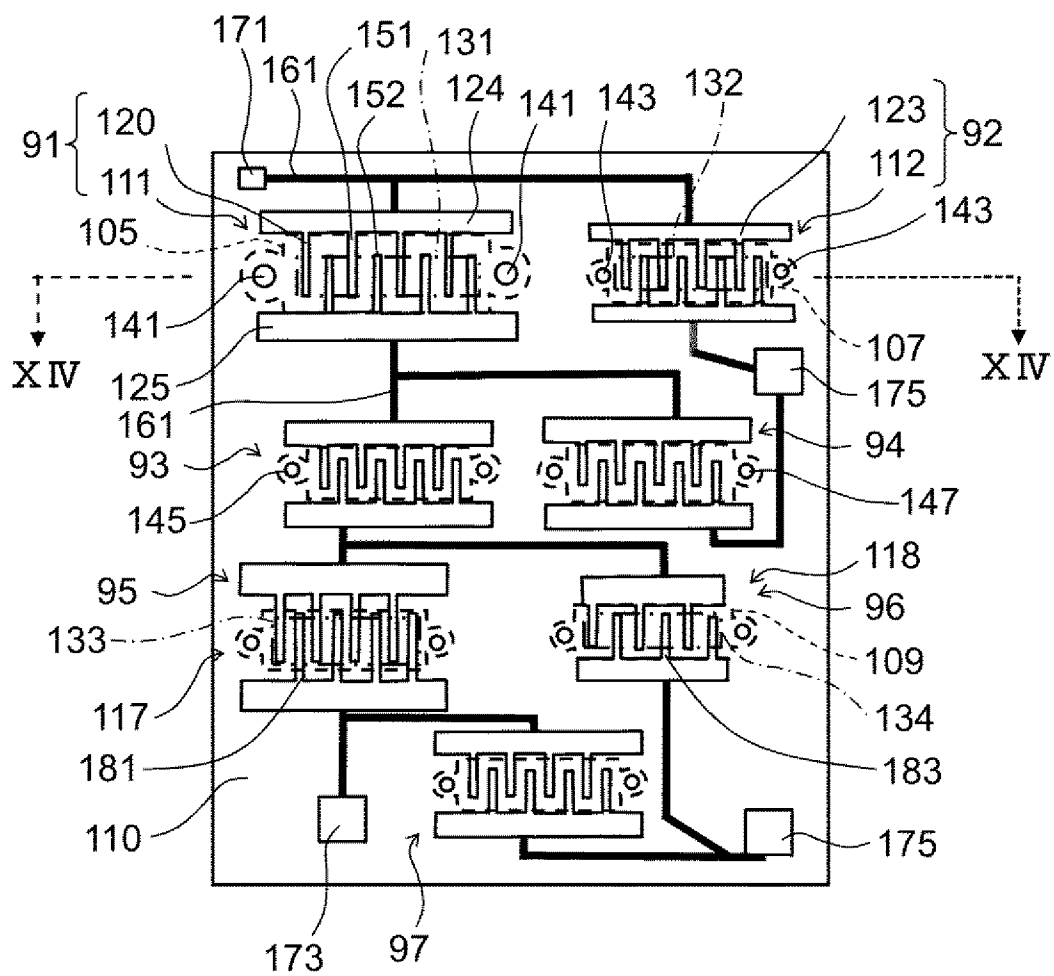


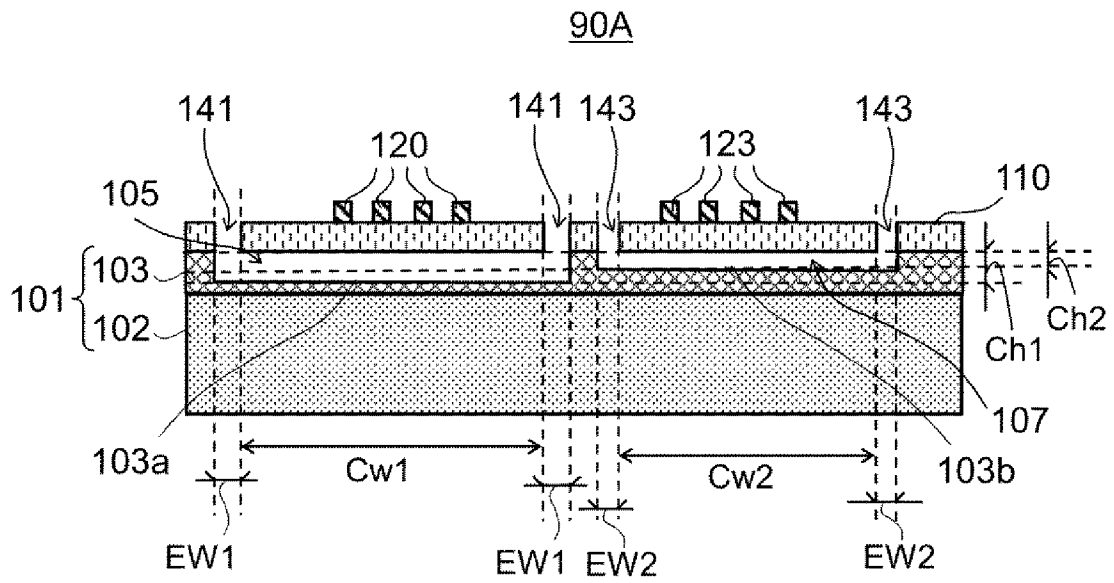
图 13

90



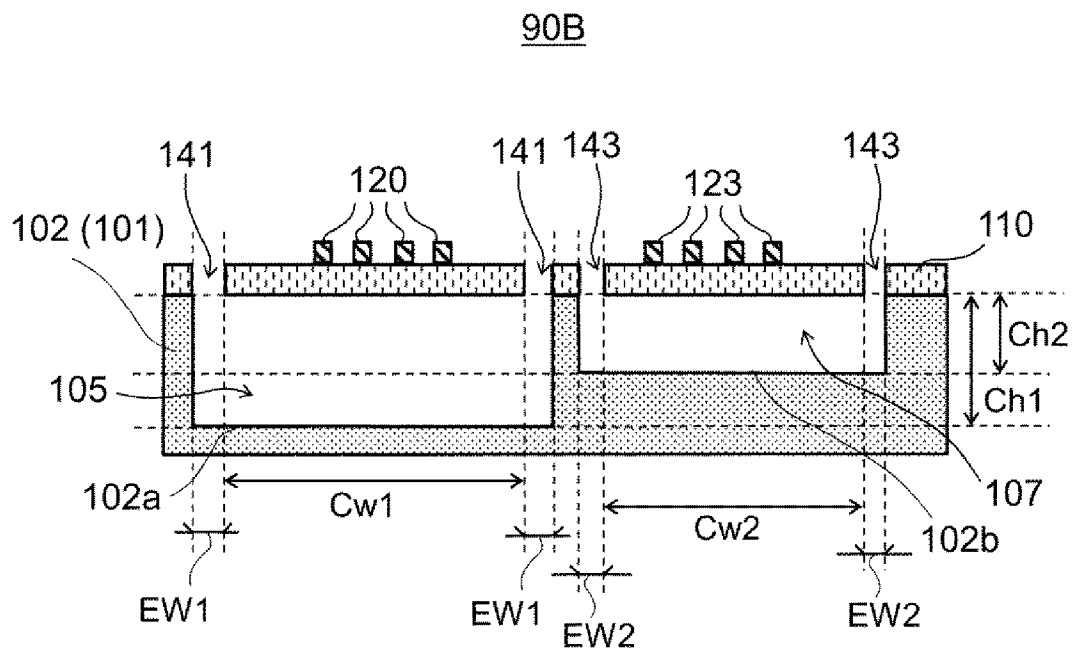
[図16]

図16



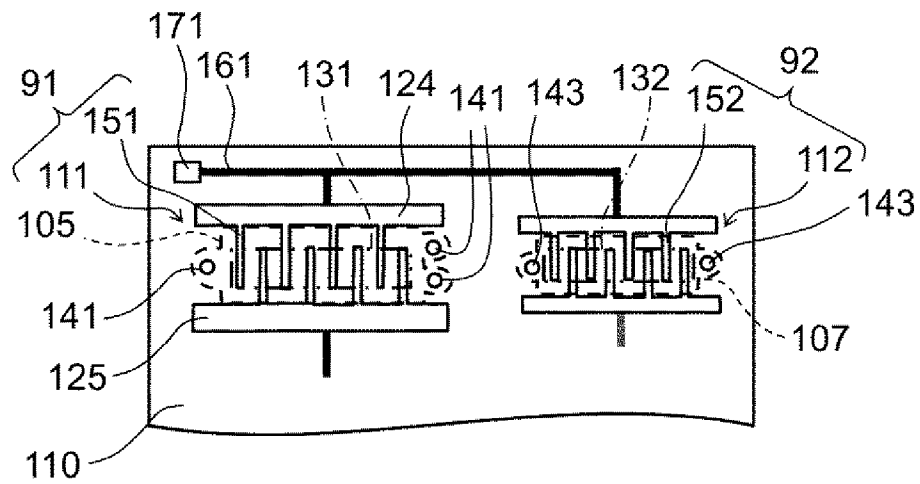
[図17]

図17



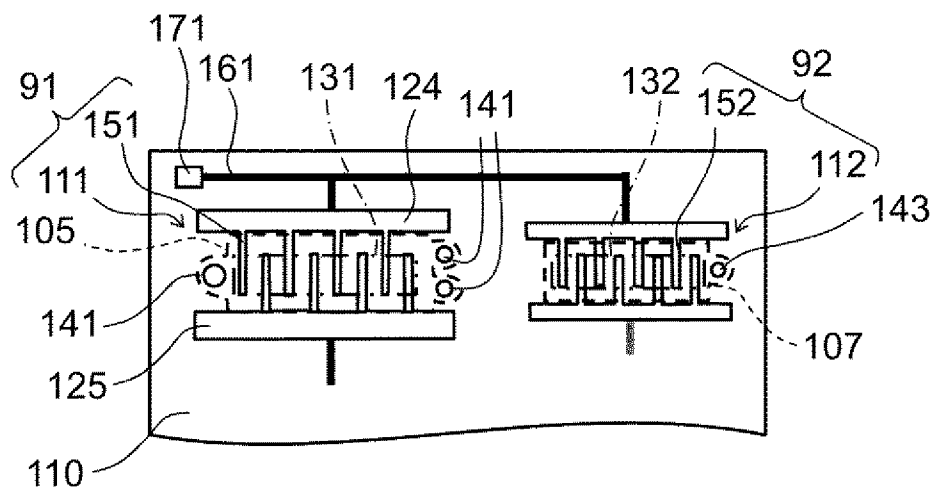
[図18]

図18

90C

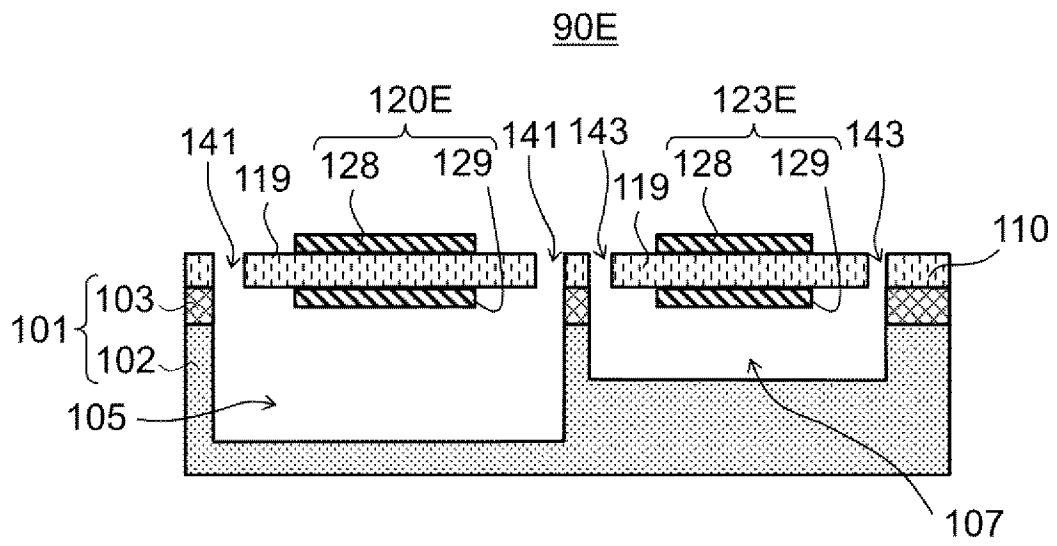
[図19]

図19

90D

[図20]

図20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/016892

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H03H 9/25**(2006.01)i; **H03H 9/64**(2006.01)i

FI: H03H9/25 C; H03H9/64

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)

H03H9/25; H03H9/64

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	JP 2009-290591 A (PANASONIC ELECTRIC WORKS CO., LTD.) 10 December 2009 (2009-12-10) paragraphs [0018]-[0029], [0034], fig. 1, 2, 4	1-5, 7-10, 18
Y		6
Y	JP 2005-160056 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 16 June 2005 (2005-06-16) paragraphs [0014]-[0017], fig. 1, 2	6
Y	WO 2016/052129 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 07 April 2016 (2016-04-07) paragraphs [0019]-[0039], fig. 1-3	1, 3-5, 11-17, 19-21
Y	JP 2002-100953 A (AGERE SYSTEMS GUARDIAN CORP.) 05 April 2002 (2002-04-05) paragraph [0052], fig. 8, 9, 12	1, 3-5, 11-17, 19-21
Y	WO 2012/073871 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 07 June 2012 (2012-06-07) paragraphs [0001], [0021], [0029], [0073], [0074], fig. 4, 59	14-16, 20

☒ 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

24 May 2022

Date of mailing of the international search report

07 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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/016892

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-528996 A (TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT) 11 July 2013 (2013-07-11) paragraphs [0050]-[0055], fig. 4-6	17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/016892

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2009-290591	A	10 December 2009	(Family: none)	
JP	2005-160056	A	16 June 2005	US 2005/0099092	A1 paragraphs [0032]-[0036], fig. 1, 2
				EP 1530290	A2
				KR 10-2005-0044283	A
				CN 1614886	A
WO	2016/052129	A1	07 April 2016	US 2017/0187352	A1 paragraphs [0031]-[0051], fig. 1-3
				KR 10-2017-0030627	A
				CN 107078713	A
JP	2002-100953	A	05 April 2002	US 6355498	B1 column 5, lines 6-13, fig. 8, 9, 12
				EP 1180494	A2
WO	2012/073871	A1	07 June 2012	US 2014/0152145	A1 paragraphs [0002], [0025], [0100], [0134], [0135], fig. 4, 59
JP	2013-528996	A	11 July 2013	US 2013/0057360	A1 paragraphs [0073]-[0078], fig. 4-6
				CN 102870325	A
				KR 10-2013-0091658	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H03H 9/25(2006.01)i; H03H 9/64(2006.01)i FI: H03H9/25 C; H03H9/64		
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）） H03H9/25; H03H9/64		
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 1971-2022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		
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 2009-290591 A（パナソニック電気株式会社）10.12.2009（2009-12-10） 段落[0018]-[0029], [0034], 図1-2, 4	1-5, 7-10, 18
Y		6
Y	JP 2005-160056 A（松下電器産業株式会社）16.06.2005（2005-06-16） 段落[0014]-[0017], 図1-2	6
Y	WO 2016/052129 A1（株式会社村田製作所）07.04.2016（2016-04-07） 段落[0019]-[0039], 図1-3	1, 3-5, 11-17, 19-21
Y	JP 2002-100953 A（アジェレ システムズ ガーディアン コーポレイション） 05.04.2002（2002-04-05） 段落[0052], 図8-9, 12	1, 3-5, 11-17, 19-21
Y	WO 2012/073871 A1（株式会社村田製作所）07.06.2012（2012-06-07） 段落[0001], [0021], [0029], [0073]-[0074], 図4, 59	14-16, 20
Y	JP 2013-528996 A（テクノロジアン テュトキムスケスクス ヴェーテーテー） 11.07.2013（2013-07-11） 段落[0050]-[0055], 図4-6	17
☐ 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 24.05.2022		国際調査報告の発送日 07.06.2022
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） 竹内 亨 5W 8388 電話番号 03-3581-1101 内線 3534

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/JP2022/016892

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2009-290591	A	10.12.2009	(ファミリーなし)	
JP	2005-160056	A	16.06.2005	US 2005/0099092	A1
				段落[0032]-[0036], 図1-2	
				EP 1530290	A2
				KR 10-2005-0044283	A
				CN 1614886	A
WO	2016/052129	A1	07.04.2016	US 2017/0187352	A1
				段落[0031]-[0051], 図1-3	
				KR 10-2017-0030627	A
				CN 107078713	A
JP	2002-100953	A	05.04.2002	US 6355498	B1
				第5欄第6-13行, 図8-9, 12	
				EP 1180494	A2
WO	2012/073871	A1	07.06.2012	US 2014/0152145	A1
				段落[0002], [0025],	
				[0100], [0134]-[0135], 図	
				4, 59	
JP	2013-528996	A	11.07.2013	US 2013/0057360	A1
				段落[0073]-[0078], 図4-6	
				CN 102870325	A
				KR 10-2013-0091658	A