(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)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/210809 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/25 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/015737

(22) 国際出願日： 2022年3月29日(29.03.2022)

(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：
63/168,330 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１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 石井 優太 **(ISHII, Yuta)**; 〒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). 鈴木 勝己 **(SUZUKI, Katsumi)**; 〒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).

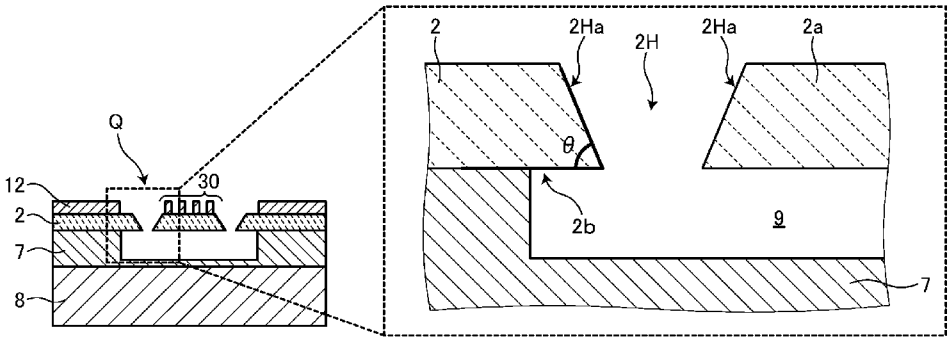
(74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所 **(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE)**; 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(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,

(54) **Title:** ELASTIC WAVE DEVICE

(54) 発明の名称： 弾性波装置

図14



(57) **Abstract:** An elastic wave device comprising: a support substrate having a thickness in a first direction; a piezoelectric layer provided in the first direction of the support substrate and having a first main surface and a second main surface, the second main surface being on a side opposite the first main surface and on the support substrate side; and a functional electrode provided on the piezoelectric layer. A space portion is provided between the support substrate and the piezoelectric layer in a position where at least a part of the space portion overlaps the functional electrode when viewed in plan

WO 2022/210809 A1

[続葉有]

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)）

in the first direction. The piezoelectric layer has at least one through hole extending therethrough and in communication with the space portion. The opening area of the through hole in the first main surface of the piezoelectric layer is greater than the opening area of the through hole in the second main surface of the piezoelectric layer.

(57) 要約：弾性波装置は、第１方向に厚みを有する支持基板と、支持基板の第１方向に設けられ、かつ第１の主面と、第１の主面の反対側であって、支持基板側にある第２の主面とを有する圧電層と、圧電層に設けられた機能電極と、を備える。支持基板と圧電層との間には、第１方向に平面視して、機能電極と少なくとも一部が重なる位置に空間部が設けられている。圧電層を貫通する少なくとも１つの貫通孔があり、貫通孔が空間部に連通している。圧電層の第１の主面における貫通孔の開口面積は、圧電層の第２の主面における貫通孔の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、弾性波装置に関する。

背景技術

[0002]　特許文献１には、弾性波装置が記載されている。

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において、空洞部と連通する貫通孔が設けられ、貫通孔を介して空洞部となる部分の犠牲層をエッチングすることがある。貫通孔にエッチング液を投入する時間が長いほど、エッチング液で圧電層にプロセスダメージが生じやすくなる。

[0005]　本開示は、上述した課題を解決するものであり、圧電層へのプロセスダメージの影響が抑制されることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006]　一態様に係る弾性波装置は、第１方向に厚みを有する支持基板と、前記支持基板の前記第１方向に設けられ、かつ第１の主面と、前記第１の主面の反対側であって、前記支持基板側にある第２の主面とを有する圧電層と、前記圧電層に設けられた機能電極と、を備え、前記支持基板と前記圧電層との間には、前記第１方向に平面視して、前記機能電極と少なくとも一部が重なる位置に空間部が設けられており、前記圧電層を貫通する少なくとも１つの貫通孔があり、前記貫通孔が前記空間部に連通しており、前記圧電層の前記第１の主面における前記貫通孔の開口面積は、前記圧電層の前記第２の主面における前記貫通孔の開口面積よりも大きい。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、圧電層へのプロセスダメージの影響が抑制される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1A]図１Ａは、本実施形態の弾性波装置を示す斜視図である。

[図1B]図１Ｂは、本実施形態の電極構造を示す平面図である。

[図2]図２は、図１ＡのＩＩ－ＩＩ線に沿う部分の断面図である。

[図3A]図３Ａは、比較例の圧電層を伝播するラム波を説明するための模式的な断面図である。

[図3B]図３Ｂは、本実施形態の圧電層を伝播する厚み滑り１次モードのバルク波を説明するための模式的な断面図である。

[図4]図４は、本実施形態の圧電層を伝播する厚み滑り１次モードのバルク波の振幅方向を説明するための模式的な断面図である。

[図5]図５は、本実施形態の弾性波装置の共振特性の例を示す説明図である。

[図6]図６は、本実施形態の弾性波装置において、隣り合う電極の中心間距離または中心間距離の平均距離をｐ、圧電層の平均厚みをｄとした場合、ｄ／２ｐと、共振子としての比帯域との関係を示す説明図である。

[図7]図７は、本実施形態の弾性波装置において、１対の電極が設けられている例を示す平面図である。

[図8]図８は、本実施形態の弾性波装置の共振特性の一例を示す参考図である。

[図9]図９は、本実施形態の弾性波装置の、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説明図である。

[図10]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説明図である。

[図11]図１１は、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説明図である。

[図12]図１２は、本実施形態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。

[図13]図１３は、第１実施形態に係る弾性波装置の平面図である。

[図14]図１４は、図１３のＸＩＶ－ＸＩＶ線に沿った断面を示す図である。

[図15]図１５は、圧電層の第２の主面と貫通孔の側壁とがなす第１角と、最大ミーゼス応力との関係を示す説明図である。

[図16]図１６は、第２実施形態の貫通孔の周囲の部分拡大断面図である。

[図17]図１７は、第３実施形態の貫通孔の周囲の部分拡大断面図である。

[図18]図１８は、第４実施形態に係る弾性波装置の平面図である。

[図19]図１９は、第４実施形態において、機能電極の他の断面の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本開示の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態により本開示が限定されるものではない。なお、本開示に記載の各実施形態は、例示的なものであり、異なる実施形態間において、構成の部分的な置換または組み合わせが可能である変形例や第２実施の形態以降では第１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。

[0010] 図１Ａは、本実施形態の弾性波装置を示す斜視図である。図１Ｂは、本実施形態の電極構造を示す平面図である。

[0011] 本実施形態の弾性波装置１は、$LiNbO_3$からなる圧電層２を有する。圧電層２は、$LiTaO_3$からなるものであってもよい。$LiNbO_3$や$LiTaO_3$のカット角は、本実施形態では、Ｚカットである。$LiNbO_3$や$LiTaO_3$のカット角は、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±３０°の伝搬方位が好ましい。

[0012] 圧電層２の厚みは、特に限定されないが、厚み滑り１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。

[0013] 圧電層２は、Ｚ方向に対向し合う第１の主面２ａと、第２の主面２ｂとを

有する。第１の主面２ａ上に、電極指３及び電極指４が設けられている。

[0014] ここで電極指３が「第１電極指」の一例であり、電極指４が「第２電極指」の一例である。図１Ａ及び図１Ｂでは、複数の電極指３は、第１のバスバー電極５に接続されている複数の「第１電極指」である。複数の電極指４は、第２のバスバー電極６に接続されている複数の「第２電極指」である。複数の電極指３及び複数の電極指４は、互いに間挿し合っている。これにより、電極指３と、電極指４と、第１のバスバー電極５と、第２のバスバー電極６と、を備える機能電極３０が構成される。このような機能電極３０は、ＩＤＴ（Ｉｎｔｅｒｄｉｇｉｔａｌ Ｔｒａｎｓｕｄｕｃｅｒ）電極ともいう。

[0015] 電極指３及び電極指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、電極指３と、電極指３と隣接する電極指４とが対向している。電極指３、電極指４の長さ方向、及び、電極指３、電極指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、電極指３と、電極指３と隣接する電極指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。以下の説明では、圧電層２の厚み方向をＺ方向（または第１方向）とし、電極指３、電極指４の長さ方向をＹ方向（または第２方向）とし、電極指３、電極指４の直交する方向をＸ方向（または第３方向）として、説明することがある。

[0016] また、電極指３、電極指４の長さ方向が図１Ａ及び図１Ｂに示す電極指３、電極指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１Ａ及び図１Ｂにおいて、第１のバスバー電極５及び第２のバスバー電極６が延びている方向に電極指３、電極指４を延ばしてもよい。その場合、第１のバスバー電極５及び第２のバスバー電極６は、図１Ａ及び図１Ｂにおいて電極指３、電極指４が延びている方向に延びることとなる。そして、一方電位に接続される電極指３と、他方電位に接続される電極指４とが隣り合う１対の構造が、上記電極指３、電極指４の長さ方向と直交する方向に、複数対設けられている。

[0017] ここで電極指３と電極指４とが隣り合うとは、電極指３と電極指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、電極指３と電極指４とが間隔を介して配置されている場合を指す。また、電極指３と電極指４とが隣り合う場合、電極指３と電極指４との間には、他の電極指３、電極指４を含む、ホット電極やグラウ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。

[0018] 電極指３と電極指４との間の中心間距離すなわちピッチは、１μｍ以上、１０μｍ以下の範囲が好ましい。また、電極指３と電極指４との間の中心間距離とは、電極指３の長さ方向と直交する方向における電極指３の幅寸法の中心と、電極指４の長さ方向と直交する方向における電極指４の幅寸法の中心とを結んだ距離となる。

[0019] さらに、電極指３、電極指４の少なくとも一方が複数本ある場合（電極指３、電極指４を一対の電極組とした場合に、１．５対以上の電極組がある場合）、電極指３、電極指４の中心間距離は、１．５対以上の電極指３、電極指４のうち隣り合う電極指３、電極指４それぞれの中心間距離の平均値を指す。

[0020] また、電極指３、電極指４の幅、すなわち電極指３、電極指４の対向方向の寸法は、１５０ｎｍ以上、１０００ｎｍ以下の範囲が好ましい。なお、電極指３と電極指４との間の中心間距離とは、電極指３の長さ方向と直交する方向における電極指３の寸法（幅寸法）の中心と、電極指４の長さ方向と直交する方向における電極指４の寸法（幅寸法）の中心とを結んだ距離となる。

[0021] また、本実施形態では、Ｚカットの圧電層を用いているため、電極指３、電極指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（電極指３、電極指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°±１０°）でもよい。

[0022] 圧電層２の第２の主面２ｂ側には、中間層７を介して支持基板８が積層されている。中間層７及び支持基板８は、枠状の形状を有し、図２に示すように、開口部７ａ、８ａを有する。それによって、空洞部（エアギャップ）９が形成されている。

[0023] 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、上記支持基板８は、少なくとも１対の電極指３、電極指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２ｂに中間層７を介して積層されている。なお、中間層７は設けられずともよい。従って、支持基板８は、圧電層２の第２の主面２ｂに直接または間接に積層され得る。

[0024] 中間層７は、酸化ケイ素で形成されている。もっとも、中間層７は、酸化ケイ素の他、窒化ケイ素、アルミナなどの適宜の絶縁性材料で形成することができる。ここで、中間層７は「中間層」の一例である。

[0025] 支持基板８は、Ｓｉにより形成されている。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４ｋΩ以上の高抵抗のＳｉが望ましい。もっとも、支持基板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。支持基板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] 上記複数の電極指３、電極指４及び第１のバスバー電極５、第２のバスバー電極６は、ＡＩ、ＡＩＣｕ合金などの適宜の金属もしくは合金からなる。本実施形態では、電極指３、電極指４及び第１のバスバー電極５、第２のバスバー電極６は、Ｔｉ膜上にＡＩ膜を積層した構造を有する。なお、密着層には、Ｔｉ膜以外を用いてもよい。

[0027] 駆動に際しては、複数の電極指３と、複数の電極指４との間に交流電圧を

印加する。より具体的には、第１のバスバー電極５と第２のバスバー電極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１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、複数対の電極指３、電極指４のうちいずれかの隣り合う電極指３、電極指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、上記厚み滑り１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、本実施形態のように電極指３、電極指４の少なくとも一方が複数本ある場合、すなわち、電極指３、電極指４を１対の電極組とした場合に電極指３、電極指４が１．５対以上ある場合、隣り合う電極指３、電極指４の中心間距離ｐは、各隣り合う電極指３、電極指４の中心間距離の平均距離となる。

[0030] 本実施形態の弾性波装置１では、上記構成を備えるため、小型化を図ろうとして、電極指３、電極指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１次モードのバルク波を利用していることによる。

[0031] 図３Ａは、比較例の圧電層を伝播するラム波を説明するための模式的な断面図である。図３Ｂは、本実施形態の圧電層を伝播する厚み滑り１次モードのバルク波を説明するための模式的な断面図である。図４は、本実施形態の圧電層を伝播する厚み滑り１次モードのバルク波の振幅方向を説明するための模式的な断面図である。

[0032] 図３Ａでは、特許文献１に記載のような弾性波装置であり、圧電層をラム波が伝搬する。図３Ａに示すように、圧電層２０１中を矢印で示すように波が伝搬する。ここで、圧電層２０１には、第１の主面２０１ａと、第２の主

面２０１ｂとがあり、第１の主面２０１ａと第２の主面２０１ｂとを結ぶ厚み方向がＺ方向である。Ｘ方向は、機能電極３０の電極指３、４が並んでいる方向である。図３Ａ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、圧電層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３、４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３Ｂに示すように、本実施形態の弾性波装置では、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２ａと第２の主面２ｂ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、電極指３、電極指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１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（図１Ｂ参照）に含まれる第１領域４５１と、励振領域Ｃに含まれる第２領域４５２とで逆になる。図４では、電極指３と電極指４との間に、電極指４が電極指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ある。第１領域４５１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ＶＰ１と、第１の主面２ａとの間の領域である。第２領域４５２は、励振領域Ｃのうち、仮想平面ＶＰ１と、第２の主面２ｂとの間の領域である。

[0035] 弾性波装置１では、電極指３と電極指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、この電極指３、電極指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おればよい。

[0036] 例えば、上記電極指３がホット電位に接続される電極であり、電極指４が

グラウンド電位に接続される電極である。もっとも、電極指３がグラウンド電位に、電極指４がホット電位に接続されてもよい。本実施形態では、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、本実施形態の弾性波装置の共振特性の例を示す説明図である。なお、図５に示す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。

[0038] 圧電層２：オイラー角（０°、０°、９０°）の$LiNbO_3$

圧電層２の厚み：４００ｎｍ

[0039] 励振領域Ｃ（図１Ｂ参照）の長さ：４０μｍ

電極指３、電極指４からなる電極の対数：２１対

電極指３と電極指４との間の中心間距離（ピッチ）：３μｍ

電極指３、電極指４の幅：５００ｎｍ

ｄ／ｐ：０．１３３

[0040] 中間層７：１μｍの厚みの酸化ケイ素膜

[0041] 支持基板８：Ｓｉ

[0042] なお、励振領域Ｃ（図１Ｂ参照）とは、電極指３と電極指４の長さ方向と直交するＸ方向に視たときに、電極指３と電極指４とが重なっている領域である。励振領域Ｃの長さとは、励振領域Ｃの電極指３、電極指４の長さ方向に沿う寸法である。ここで、励振領域Ｃとは、「交差領域」の一例である。

[0043] 本実施形態では、電極指３、電極指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、電極指３と電極指４とを等ピッチで配置した。

[0044] 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。

[0045] ところで、上記圧電層２の厚みをｄ、電極指３と電極指４との電極の中心間距離をｐとした場合、本実施形態では、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。

[0046] 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、本実施形態の弾性波装置において、隣り合う電極の中心間距離または中心間距離の平均距離をｐ、圧電層２の平均厚みをｄとした場合、ｄ／２ｐと、共振子としての比帯域との関係を示す説明図である。

[0047] 図６に示すように、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≦０．２５、すなわちｄ／ｐ≦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、ｄ／ｐを０．５以下とすることにより、上記厚み滑り１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。

[0048] なお、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、隣り合う電極指３、電極指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、隣り合う電極指３、電極指４の中心間距離の平均距離をｐとすればよい。

[0049] また、圧電層２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。

[0050] 図７は、本実施形態の弾性波装置において、１対の電極が設けられている例を示す平面図である。弾性波装置１０１では、圧電層２の第１の主面２ａ上において、電極指３と電極指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１次モードのバルク波を効果的に励振するこ

とができる。

[0051] 弾性波装置１では、好ましくは、複数の電極指３、電極指４において、いずれかの隣り合う電極指３、電極指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Ｃに対する、上記隣り合う電極指３、電極指４のメタライゼーション比ＭＲが、ＭＲ≦１．７５（ｄ／ｐ）＋０．０７５を満たすことが望ましい。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。これを、図８及び図９を参照して説明する。

[0052] 図８は、本実施形態の弾性波装置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。

[0053] メタライゼーション比ＭＲを、図１Ｂを参照して説明する。図１Ｂの電極構造において、１対の電極指３、電極指４に着目した場合、この１対の電極指３、電極指４のみが設けられるとする。この場合、一点鎖線で囲まれた部分が励振領域Ｃとなる。この励振領域Ｃとは、電極指３と電極指４とを、電極指３、電極指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指３における電極指４と重なり合っている領域、電極指４における電極指３と重なり合っている領域、及び、電極指３と電極指４との間の領域における電極指３と電極指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Ｃの面積に対する、励振領域Ｃ内の電極指３、電極指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Ｃの面積に対する比である。

[0054] なお、複数対の電極指３、電極指４が設けられている場合、励振領域Ｃの面積の合計に対する全励振領域Ｃ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。

[0055] 図９は、本実施形態の弾性波装置の、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説明図である。なお、比帯域については、圧電層２の膜厚や電極指３、電極指４の寸法を種々変更し、調整した。また、図９は、ＺカットのＬｉＮｂＯ$_3$からなる圧電層２を用いた場合の結果であるが、他のカット角の圧電層２を用いた場合においても、同様の傾向となる。

[0056] 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の膜厚や電極指３、電極指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。

[0057] 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説明図である。本実施形態の弾性波装置１において、ｄ／２ｐと、ＭＲが異なる様々な弾性波装置１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≦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≦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。

[0058] 図１１は、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説明図である。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る。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。

[0059] （０°±１０°、０°～２０°、任意のφ）　…式（１）

（０°±１０°、２０°～８０°、０°～６０°（１－（θ－５０）^{2}／９００）$^{1/2}$）または（０°±１０°、２０°～８０°、［１８０°－６０°（１－（θ－５０）^{2}／９００）$^{1/2}$］～１８０°）　…式（２）

（０°±１０°、［１８０°－３０°（１－（φ－９０）^{2}／８１００）$^{1/2}$］～１８０°、任意のφ）　…式（３）

[0060] 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、比帯域を十分に広くすることができ、好ましい。

[0061] 図１２は、本実施形態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。図１２において、空洞部９の外周縁を破線で示す。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。この場合、図１２に示すように、弾性波装置３０１は、反射器３１０、３１１を有する。反射器３１０、３１１は、圧電層２の電極指３、４の弾性波伝搬方向両側に設けられる。弾性波装置３０１では、空洞部９上の電極指３、４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。このとき、反射器３１０、３１１が両側に設けられているため、板波としてのラム波による共振特性を得ることができる。

[0062] 以上説明したように、弾性波装置１、１０１では、厚み滑り１次モードのバルク波が利用されている。また、弾性波装置１、１０１では、電極指３及び電極指４は隣り合う電極同士であり、圧電層２の厚みをｄ、電極指３及び電極指４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。これにより、弾性波装置が小型化しても、Ｑ値を高めることができる。

[0063] 弾性波装置１、１０１では、圧電層２がニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムで形成されている。圧電層２の第１の主面２ａまたは第２の主面２ｂには、圧電層２の厚み方向に交差する方向において対向する電極指３及び電極指４があり、電極指３及び電極指４の上を保護膜で覆うことが望ましい。

[0064] （第１実施形態）

図１３は、第１実施形態に係る弾性波装置の平面図である。図１４は、図１３のＸＩＶ－ＸＩＶ線に沿った断面を示す図である。図１４のＱ部分は、貫通孔２Ｈの周囲の部分拡大断面図である。なお、図１３に示す例では、第１のバスバー電極５、第２のバスバー電極６は、圧電層２の第１の主面２ａに設けられた配線１２と接続されているが、この構成は単なる一例である。

[0065] 図１３及び図１４に示すように、第１実施形態に係る弾性波装置１Ａでは、支持基板８の、Ｚ方向の圧電層２側の面に、空洞部９が設けられている。空洞部９は、Ｚ方向に平面視して、機能電極３０と少なくとも一部が重なるように設けられる。図１４に示すように、空洞部９は、中間層７の一部に設けられ、圧電層２と、中間層７とに囲まれた空間部となっている。空洞部９は、圧電層２と、支持基板８と、中間層７とに囲まれた空間となっていてもよい。支持基板８は、例えばシリコン基板である。中間層７は、例えば酸化ケイ素である。また、圧電層は例えば、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムを含む。圧電層２が、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムと、不可避不純物とを含んでいてもよい。機能電極３０は、ここでは対向する第１のバスバー電極５、第２のバスバー電極６と、第１のバスバー電極５に接続される電極指３と、第２のバスバー電極６に接続される電極指４と、を有するＩＤＴ電極である。機能電極３０は、圧電層２の第１の主面２ａに設けられているが、圧電層２の第１の主面２ａとは反対側の第２の主面に設けられてもよい。

[0066] 図１３に示すように、第１実施形態に係る弾性波装置１Ａにおいて、圧電層２には、Ｚ方向に平面視して空洞部９と重なる位置に、圧電層２を貫通する貫通孔２Ｈが設けられている。

[0067] 貫通孔２Ｈは、空洞部９となる部分に埋め込まれた犠牲層をエッチングするためのエッチングホールである。エッチング液は、圧電層２の第１の主面２ａから注入される。圧電層２の第１の主面２ａにおける貫通孔２Ｈの開口面積が、圧電層２の第２の主面２ｂにおける貫通孔２Ｈの開口面積よりも大

きいと、貫通孔２Ｈの側壁２Ｈａの断面がテーパ形状となる。圧電層２の第２の主面２ｂと貫通孔２Ｈの側壁２Ｈａとがなす第１角度θが鋭角となり、エッチング液がスムーズに注入される。その結果、圧電層２に生じるプロセスダメージが抑制される。

[0068] 図１５は、圧電層の第２の主面と貫通孔の側壁とがなす第１角と、最大ミーゼス応力との関係を示す説明図である。図１５に示すように、第１角度θが４０度より小さくとなると、最大ミーゼス応力が上昇する。第１角度θが４０度以上であると、貫通孔２Ｈを起因として圧電層２にクラックが発生することを抑制しやすくなる。第１角度θが６０度以上であると、貫通孔２Ｈを起因として圧電層２にクラックが発生することをより抑制しやすくなる。

[0069] 以上説明したように、第１実施形態に係る弾性波装置１Ａは、第１方向に厚みを有する支持基板８と、支持基板８の第１方向に設けられた圧電層２と、圧電層２の第１方向に設けられ、機能電極３０と、を備える。機能電極３０は、第１方向に直交する第２方向に延びる複数の電極指３と、第１方向及び第２方向に直交する第３方向について複数の電極指３のいずれかと対向し、第２方向に延びる複数の電極指４と、を有する。支持基板８と圧電層２との間には、第１方向に平面視して、機能電極３０と少なくとも一部が重なる位置に空洞部（空間部）９が設けられている。圧電層２を貫通する少なくとも１つの貫通孔２Ｈがあり、貫通孔２Ｈが空洞部９に連通している。少なくとも１つの貫通孔２Ｈにおいて、圧電層２の第１の主面２ａにおける貫通孔２Ｈの開口面積が、圧電層２の第２の主面２ｂにおける貫通孔２Ｈの開口面積よりも大きい。

[0070] これにより、エッチング液がスムーズに貫通孔２Ｈへ注入される。その結果、圧電層２に生じるプロセスダメージが抑制される。

[0071] 望ましい態様として、複数の電極指３と複数の電極指４のうち、隣り合う電極指３と電極指４との間の中心間距離をｐとした場合、圧電層２の厚みは、２ｐ以下である。これにより、弾性波装置１を小型化でき、かつＱ値を高めることができる。

[0072] より望ましい態様として、圧電層２は、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムを含む。これにより、良好な共振特性が得られる弾性波装置を提供することができる。

[0073] さらに望ましい態様として、圧電層２を構成している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。この場合、比帯域を十分に広くすることができる。

[0074] （０°±１０°、０°～２０°、任意のψ） …式（１）

（０°±１０°、２０°～８０°、０°～６０°（１－（θ－５０）^{2}／９００）$^{1/2}$） または （０°±１０°、２０°～８０°、［１８０°－６０°（１－（θ－５０）^{2}／９００）$^{1/2}$］～１８０°） …式（２）

（０°±１０°、［１８０°－３０°（１－（ψ－９０）^{2}／８１００）$^{1/2}$］～１８０°、任意のψ） …式（３）

[0075] 望ましい態様として、弾性波装置１は、厚み滑りモードのバルク波を利用可能に構成されている。これにより、結合係数が高まり、良好な共振特性が得られる弾性波装置を提供することができる。

[0076] より望ましい態様として、圧電層２の厚みをｄ、隣り合う電極指３と電極指４との中心間距離をｐとした場合、ｄ／ｐ≦０．５である。これにより、弾性波装置１を小型化でき、かつＱ値を高めることができる。

[0077] さらに望ましい態様として、ｄ／ｐが０．２４以下である。これにより、弾性波装置１を小型化でき、かつＱ値を高めることができる。

[0078] 望ましい態様として、隣り合う電極指３及び電極指４が対向している方向において重なっている領域が励振領域Ｃであり、励振領域Ｃに対する、複数の電極指３及び複数の電極指４のメタライゼーション比をＭＲとしたときに、ＭＲ≦１．７５（ｄ／ｐ）＋０．０７５を満たす。この場合、比帯域を確実に１７％以下にすることができる。

[0079] 望ましい態様として、弾性波装置３０１は、板波を利用可能に構成されていてもよい。これにより、良好な共振特性が得られる弾性波装置を提供する

ことができる。

[0080]（第２実施形態）

図１６は、第２実施形態の貫通孔の周囲の部分拡大断面図である。第２実施形態では、第１実施形態と比較して、貫通孔２Ｈの側壁の断面が２段階のテーパ形状になっている。

[0081] 圧電層２の第２の主面２ｂと貫通孔２Ｈの第１側壁２Ｈａ１とがなす第１角度θ１は、第１実施形態の第１角度θと同様である。第１角度θ１が４０度以上であると、貫通孔２Ｈを起因として圧電層２にクラックが発生することを抑制しやすくなる。第１角度θ１が６０度以上であると、貫通孔２Ｈを起因として圧電層２にクラックが発生することをより抑制しやすくなる。

[0082] 圧電層２の第１の主面２ａと交差する貫通孔２Ｈの第２側壁２Ｈａ２と、圧電層２の第２の主面２ｂと平行面Ｌ２ｂとのなす第２角度θ２は、第１角度θ１とは異なる角度となっている。第２実施形態では、第１角度θ１は、第２角度θ２よりも小さい。クラックを発生させる応力は、圧電層２の第２の主面２ｂ側に生じやすいので、第１角度θ１は、第２角度θ２よりも小さくすることで、クラックを抑制できる。

[0083]（第３実施形態）

図１７は、第３実施形態の貫通孔の周囲の部分拡大断面図である。第３実施形態では、第１実施形態と比較して、貫通孔２Ｈの側壁の断面が２段階のテーパ形状になっている。

[0084] 圧電層２の第２の主面２ｂと貫通孔２Ｈの第１側壁２Ｈａ１とがなす第１角度θ１は、第１実施形態の第１角度θと同様である。第１角度θ１が４０度以上であると、貫通孔２Ｈを起因として圧電層２にクラックが発生することを抑制しやすくなる。第１角度θ１が６０度以上であると、貫通孔２Ｈを起因として圧電層２にクラックが発生することをより抑制しやすくなる。

[0085] 圧電層２の第１の主面２ａと交差する貫通孔２Ｈの第２側壁２Ｈａ２と、圧電層２の第２の主面２ｂと平行面Ｌ２ｂとのなす第２角度θ２は、第１角度θ１とは異なる角度となっている。第３実施形態では、第２角度θ２は、

鋭角となっている。これにより、圧電層２の第１の主面２ａにおける貫通孔２Ｈの開口面積が、圧電層２の第２の主面２ｂにおける貫通孔２Ｈの開口面積よりもより大きくなる。

[0086]（第４実施形態）

図１８は、第４実施形態に係る弾性波装置の平面図である。第１実施形態の貫通孔２Ｈは、複数の電極指３及び複数の電極指４に対して、Ｘ方向にずれて重ならない位置に配置されていたのに対し、第４実施形態の貫通孔２Ｈｂは、複数の電極指３及び複数の電極指４に対して、Ｙ方向にずれて重ならない位置に配置されている。

[0087] 図１８に示すように、貫通孔２Ｈｂは、圧電層２に設けられる貫通孔である。貫通孔２Ｈｂは、Ｚ方向に平面視して、少なくとも１つの電極指３の端部３ａと、第２のバスバー電極６と、の間に設けられている。または、貫通孔２Ｈｂは、Ｚ方向に平面視して、少なくとも１つの電極指４の端部４ａと、第１のバスバー電極５と、の間に設けられている。貫通孔２Ｈｂは、電極指３の端部３ａ同士又は電極指４の端部４ａを結んだ仮想線よりもＹ方向外側にずれている。

[0088] 貫通孔２Ｈｂは、圧電層２をＺ方向に貫通し、空洞部９と連通している。貫通孔２ＨｂのＱ部分は、図１４、図１６又は図１７に示す断面形状を有している。これにより、圧電層２の第１の主面２ａにおける貫通孔２Ｈｂの開口面積が、圧電層２の第２の主面２ｂにおける貫通孔２Ｈｂの開口面積よりもより大きくなる。

[0089] 貫通孔２Ｈｂを設けることで、Ｙ方向に弾性波のエネルギーが漏洩することを抑制できるので、弾性波のエネルギー損失を抑制できる。また、貫通孔２Ｈｂを設けることで、スプリアスを選択的に漏洩させ、スプリアスの発生を抑制しうる。これにより、Ｑ値を向上させることができる。

[0090]（第５実施形態）

図２３は、第５実施形態において、機能電極の他の断面の例を示す図である。第５実施形態の機能電極３０は、上部電極３１及び下部電極３２を有す

る。上部電極３１と下部電極３２とは、圧電層２を厚み方向に挟む。第５実施形態の弾性波装置は、ＢＡＷ素子（Ｂｕｌｋ　Ａｃｏｕｓｔｉｃ　Ｗａｖｅ　素子）とよばれることもある。

[0091] 貫通孔２Ｈは、空洞部９となる部分に埋め込まれた犠牲層をエッチングするためのエッチングホールである。エッチング液は、圧電層２の第１の主面２ａから注入される。圧電層２の第１の主面２ａにおける貫通孔２Ｈの開口面積が、圧電層２の第２の主面２ｂにおける貫通孔２Ｈの開口面積よりも大きいと、貫通孔２Ｈの側壁２Ｈａの断面がテーパ形状となる。圧電層２の第２の主面２ｂと貫通孔２Ｈの側壁２Ｈａとがなす第１角度θが鋭角となり、エッチング液がスムーズに注入される。その結果、圧電層２に生じるプロセスダメージが抑制される。

[0092] 図１９に示す第１角度θが４０度以上であると、貫通孔２Ｈを起因として圧電層２にクラックが発生することを抑制しやすくなる。第１角度θが６０度以上であると、貫通孔２Ｈを起因として圧電層２にクラックが発生することをより抑制しやすくなる。

[0093] なお、上記した実施の形態は、本開示の理解を容易にするためのものであり、本開示を限定して解釈するためのものではない。本開示は、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、本開示にはその等価物も含まれる。

符号の説明

[0094] １、１Ａ、１０１、３０１　弾性波装置

２　圧電層

２ａ　第１の主面

２ｂ　第２の主面

２Ｈ、２Ｈｂ　貫通孔

２Ｈａ　側壁

２Ｈａ１　第１側壁

２Ｈａ２　第２側壁

３　電極指（第１の電極指）

４　電極指（第２の電極指）

５　第１のバスバー電極

６　第２のバスバー電極

７　中間層

８　支持基板

９　空洞部

１２　配線

３０　機能電極

２０１　圧電層

請求の範囲

[請求項1] 第１方向に厚みを有する支持基板と、

前記支持基板の前記第１方向に設けられ、かつ第１の主面と、前記第１の主面の反対側であって、前記支持基板側にある第２の主面とを有する圧電層と、

前記圧電層に設けられた機能電極と、

を備え、

前記支持基板と前記圧電層との間には、前記第１方向に平面視して、前記機能電極と少なくとも一部が重なる位置に空間部が設けられており、

前記圧電層を貫通する少なくとも１つの貫通孔があり、前記貫通孔が前記空間部に連通しており、

前記圧電層の前記第１の主面における前記貫通孔の開口面積は、前記圧電層の前記第２の主面における前記貫通孔の開口面積よりも大きい、弾性波装置。

[請求項2] 前記圧電層の断面において、前記圧電層の前記第２の主面と、前記貫通孔の第１側壁とがなす第１角度は、鋭角である、請求項１に記載の弾性波装置。

[請求項3] 前記第１角度は、４０°以上である、請求項２に記載の弾性波装置。

[請求項4] 前記第１角度は、６０°以上である、請求項２に記載の弾性波装置。

[請求項5] 前記圧電層の断面において、前記圧電層の前記第１の主面と交差する前記貫通孔の第２側壁と、前記圧電層の前記第２の主面と平行な平行面とがなす第２角度は、鋭角である、請求項２に記載の弾性波装置。

[請求項6] 前記圧電層の断面において、前記圧電層の前記第２の主面と前記貫通孔の前記第１側壁とがなす前記第１角度は、前記平行面と前記貫通

孔の前記第２側壁とがなす前記第２角度より小さい、請求項５に記載の弾性波装置。

[請求項7] 前記支持基板の上に設けられた中間層をさらに備え、前記中間層の一部には、前記空間部がある、請求項１に記載の弾性波装置。

[請求項8] 前記機能電極は、前記第１方向に交差する第２方向に延びる１つ以上の第１電極指と、前記第２方向に直交する第３方向に前記１つ以上の第１電極指と対向し、前記第２方向に延びる１つ以上の第２電極指と、を有する、請求項１から７のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項9] 前記圧電層の厚みは、前記１つ以上の第１電極指と前記１つ以上の第２電極指のうち、隣り合う第１電極指と第２電極指との間の中心間距離をｐとした場合に２ｐ以下である、請求項８に記載の弾性波装置。

[請求項10] 前記機能電極は、前記第１方向に前記圧電層を挟んで対向する上部電極及び下部電極を有する、請求項１から７のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項11] 前記圧電層が、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムを含む、請求項１に記載の弾性波装置。

[請求項12] 厚み滑りモードのバルク波を利用可能に構成されている、請求項８に記載の弾性波装置。

[請求項13] 前記圧電層の厚みをｄ、前記１つ以上の第１電極指と前記１つ以上の第２電極指のうち、隣り合う第１電極指と第２電極指との中心間距離をｐとした場合、ｄ／ｐ≦０．５である、請求項８に記載の弾性波装置。

[請求項14] ｄ／ｐが０．２４以下である、請求項１３に記載の弾性波装置。

[請求項15] 前記機能電極は、前記第１方向に交差する第２方向に延びる複数の第１電極指と、前記第２方向に直交する第３方向に前記複数の第１電極指のいずれかと対向し、前記第２方向に延びる複数の第２電極指と、を有し、隣り合う前記第１電極指と前記第２電極指とが対向してい

る方向に視たときに重なっている領域が励振領域であり、前記励振領域に対する、前記複数の第１電極指及び前記複数の第２電極指のメタライゼーション比をＭＲとしたときに、ＭＲ≦１．７５（ｄ／ｐ）＋０．０７５を満たす、請求項１から７のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項16] 板波を利用可能に構成されている、請求項１に記載の弾性波装置。

[請求項17] 前記圧電層が、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムを含み、

前記ニオブ酸リチウムまたは前記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、請求項１に記載の弾性波装置。

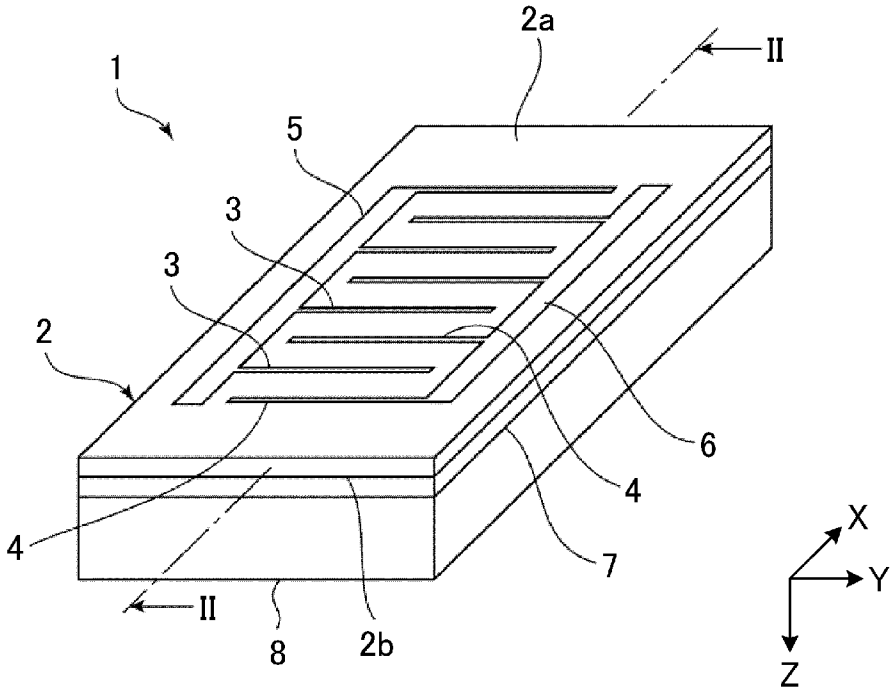
（０°±１０°、０°～２０°、任意のψ）　…式（１）

（０°±１０°、２０°～８０°、０°～６０°（１－（θ－５０）^{2}／９００）$^{1/2}$）　または　（０°±１０°、２０°～８０°、［１８０°－６０°（１－（θ－５０）^{2}／９００）$^{1/2}$］～１８０°）　…式（２）

（０°±１０°、［１８０°－３０°（１－（ψ－９０）^{2}／８１００）$^{1/2}$］～１８０°、任意のψ）　…式（３）

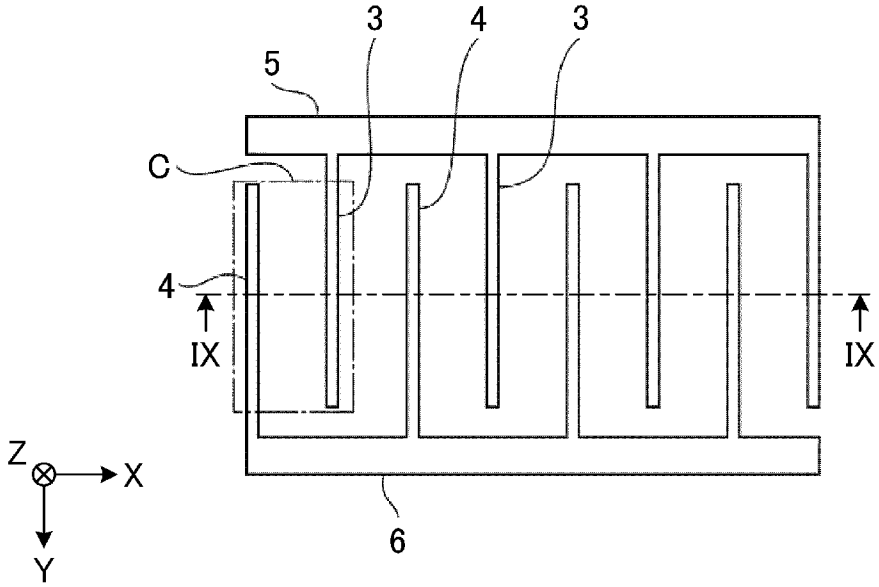
[図1A]

図1A



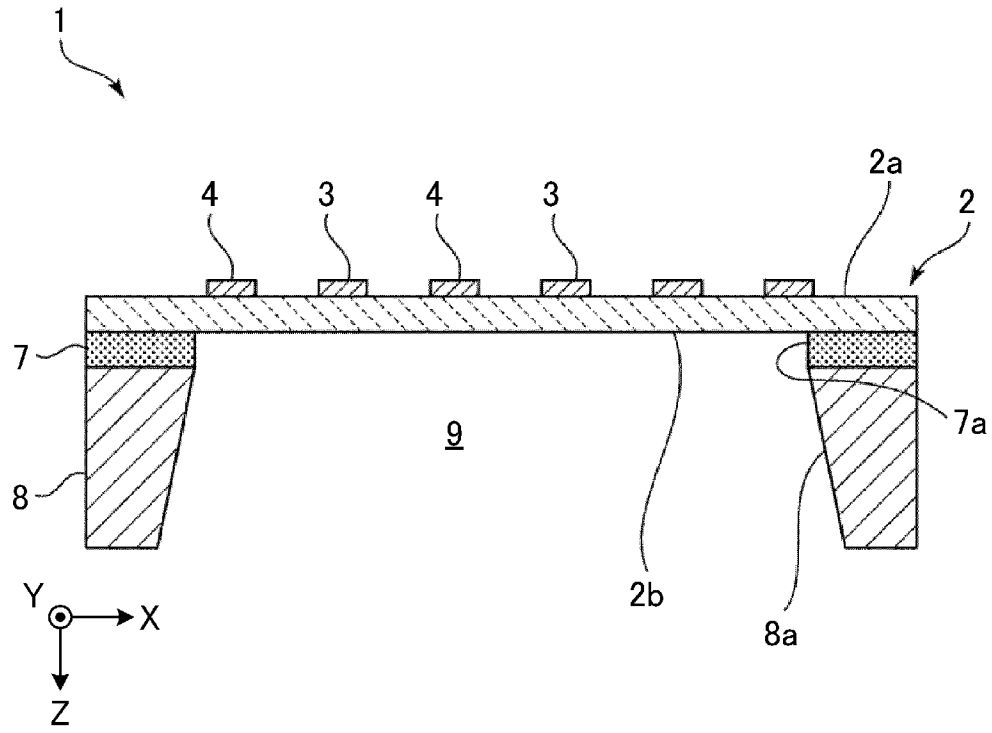
[図1B]

図1B



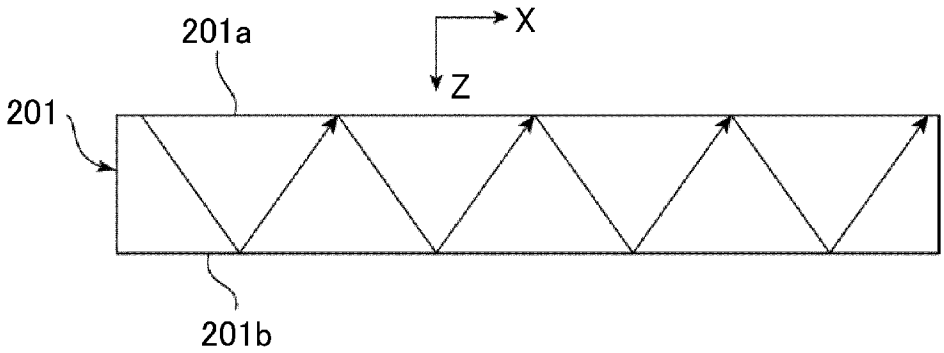
[図2]

図2



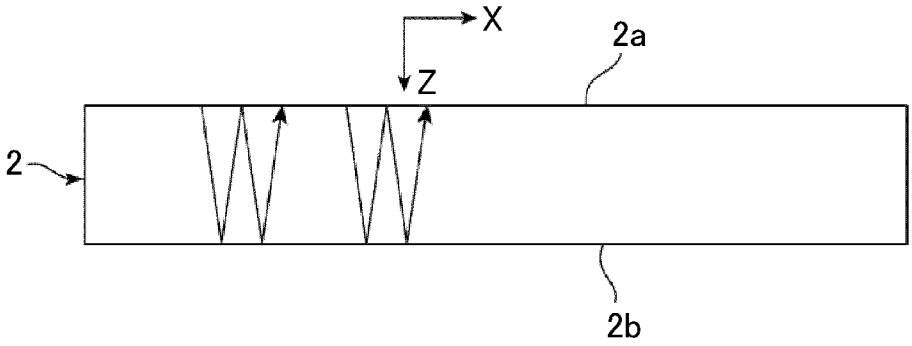
[図3A]

図3A



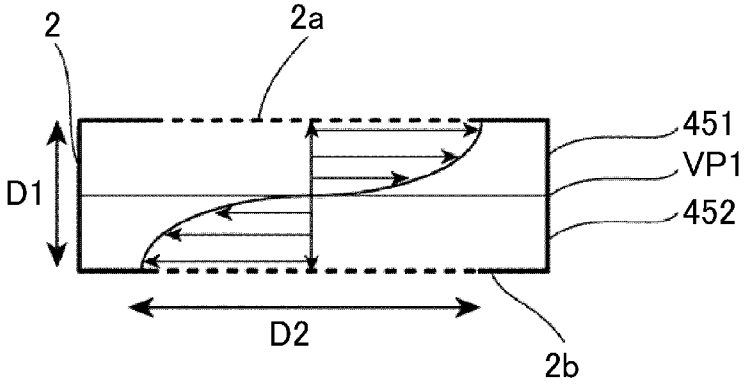
[図3B]

図3B



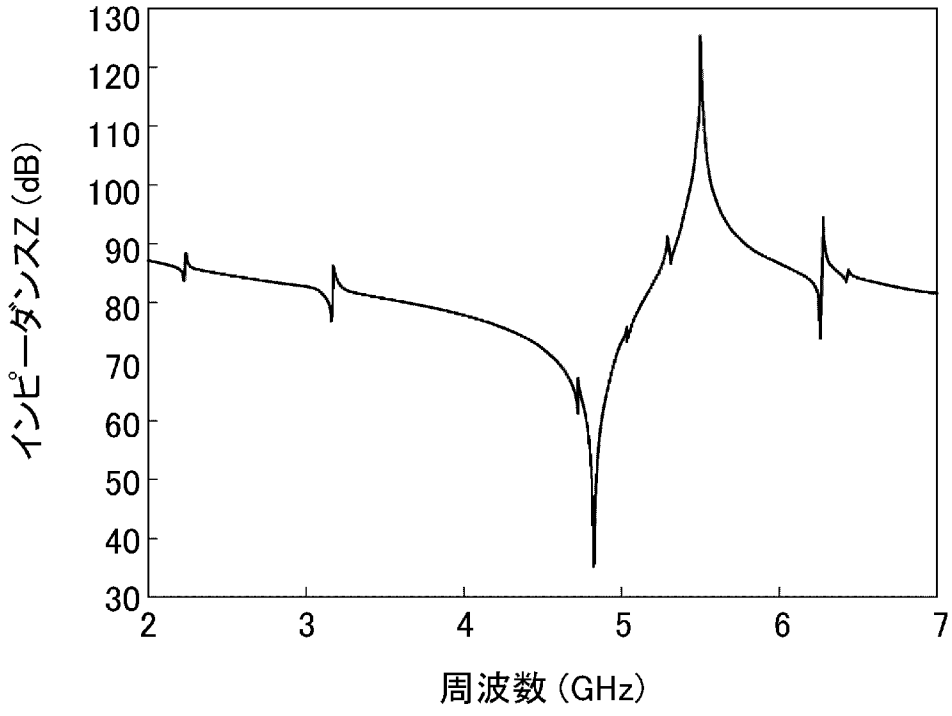
[図4]

図4


2
2a
451
VP1
452
D1
D2
2b

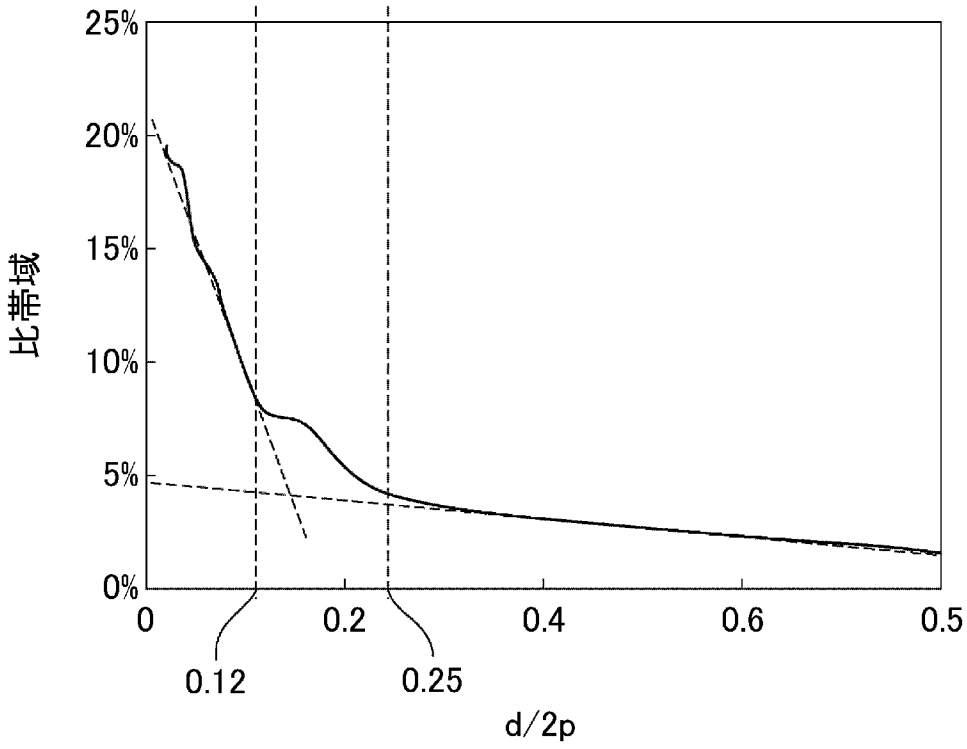
[図5]

図5


130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
インピーダンスZ (dB)
2
3
4
5
6
7
周波数 (GHz)

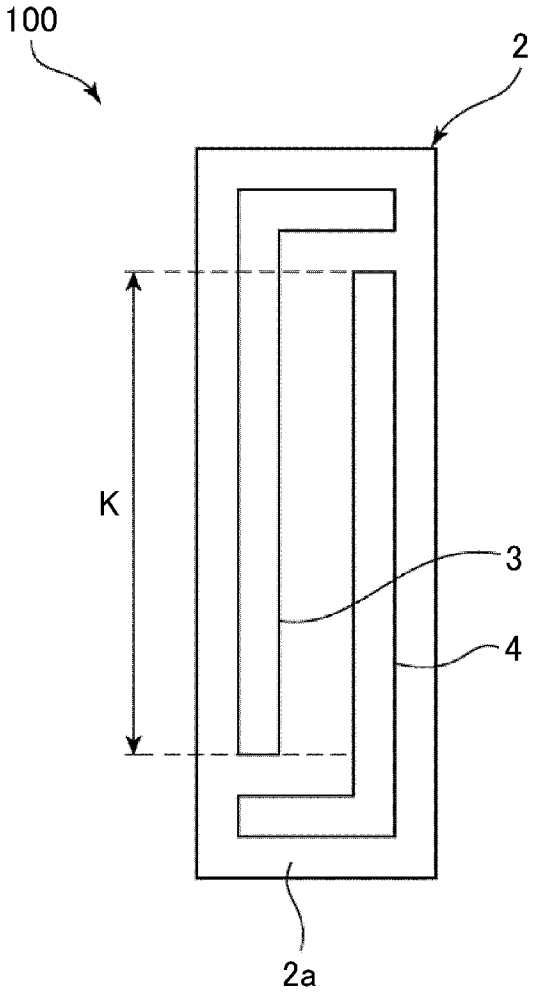
[図6]

図6



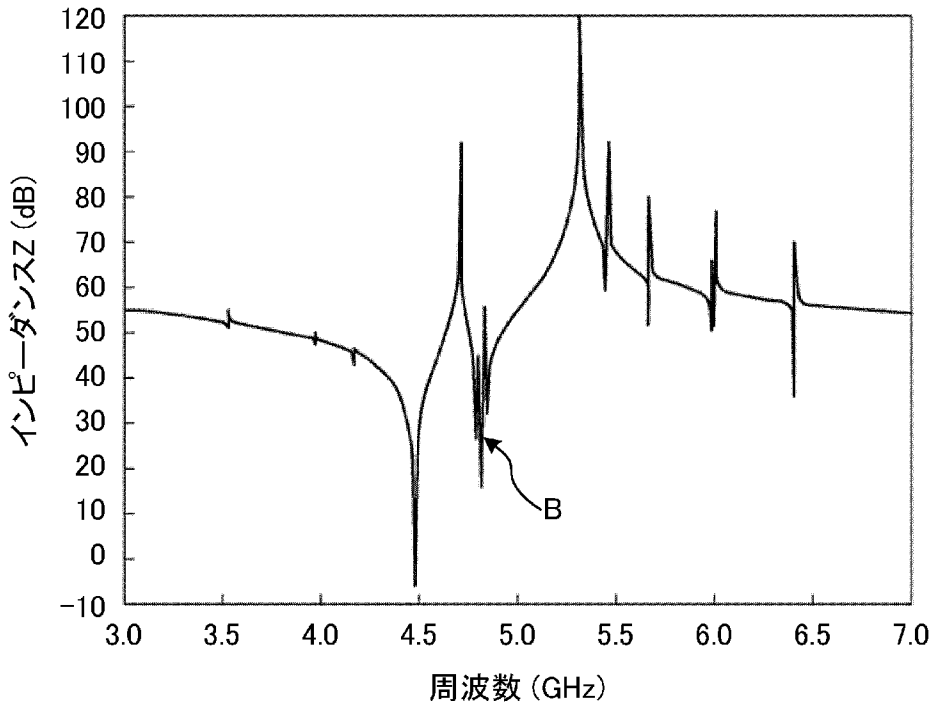
[図7]

図7



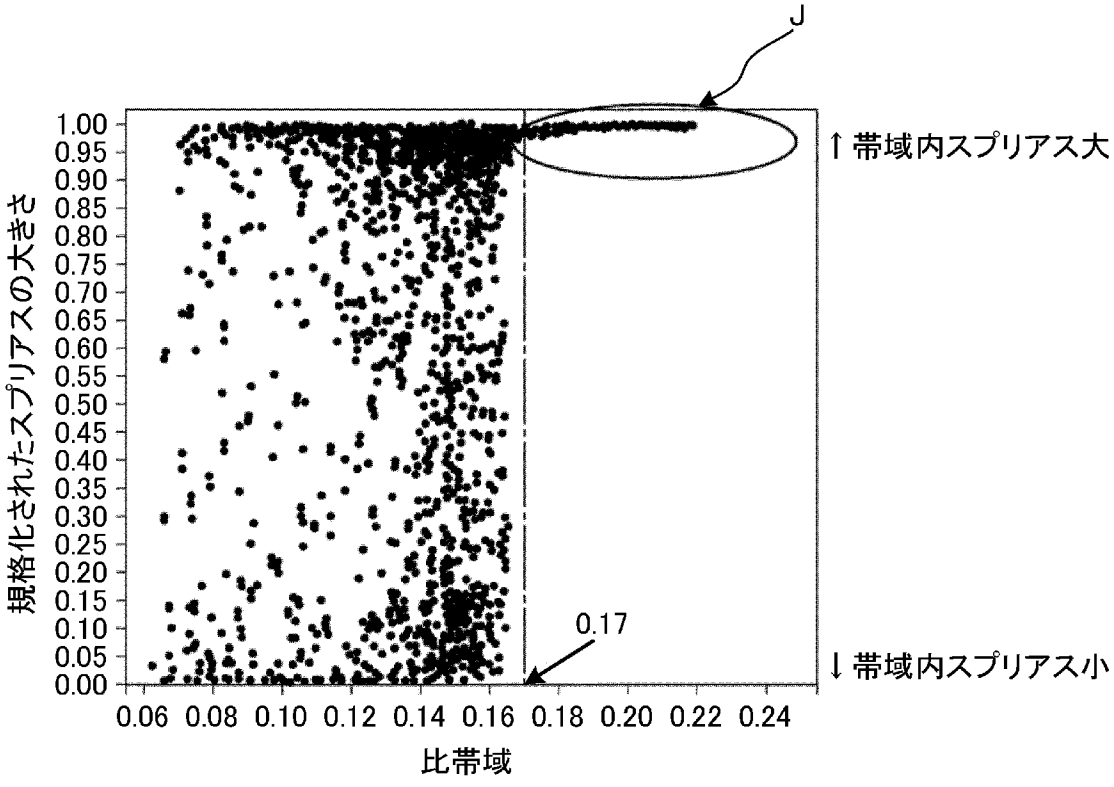
[図8]

図8


120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
−10
インピーダンスZ (dB)
B
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
周波数 (GHz)

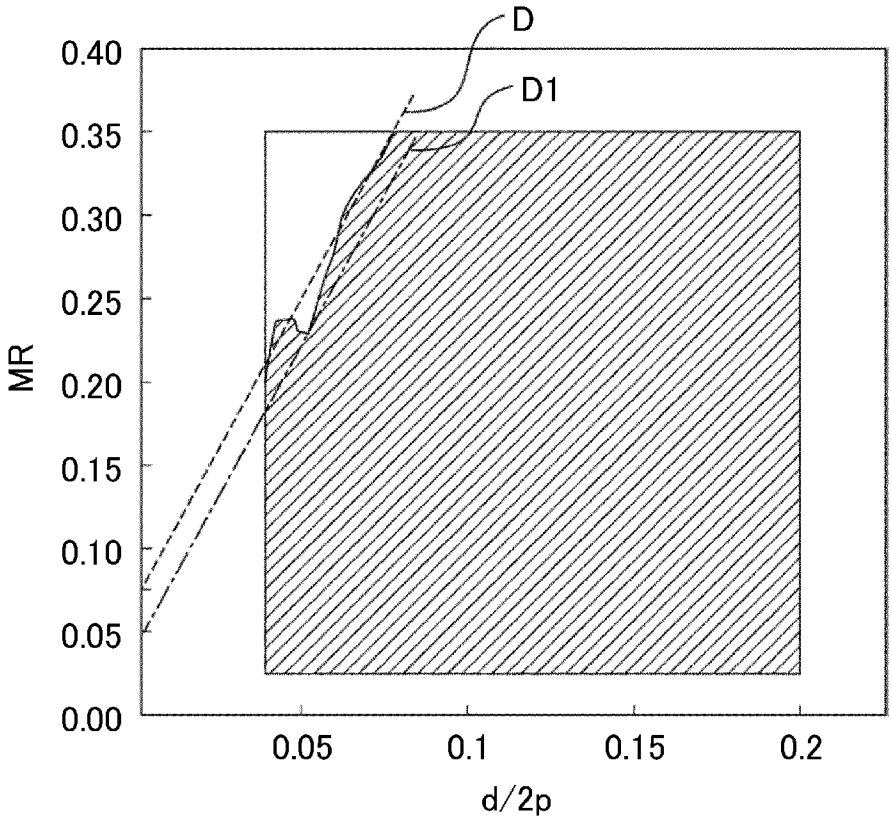
[図9]

図9


J
1.00
0.95
0.90
0.85
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
規格化されたスプリアスの大きさ
↑ 帯域内スプリアス大
0.17
↓ 帯域内スプリアス小
0.06
0.08
0.10
0.12
0.14
0.16
0.18
0.20
0.22
0.24
比帯域

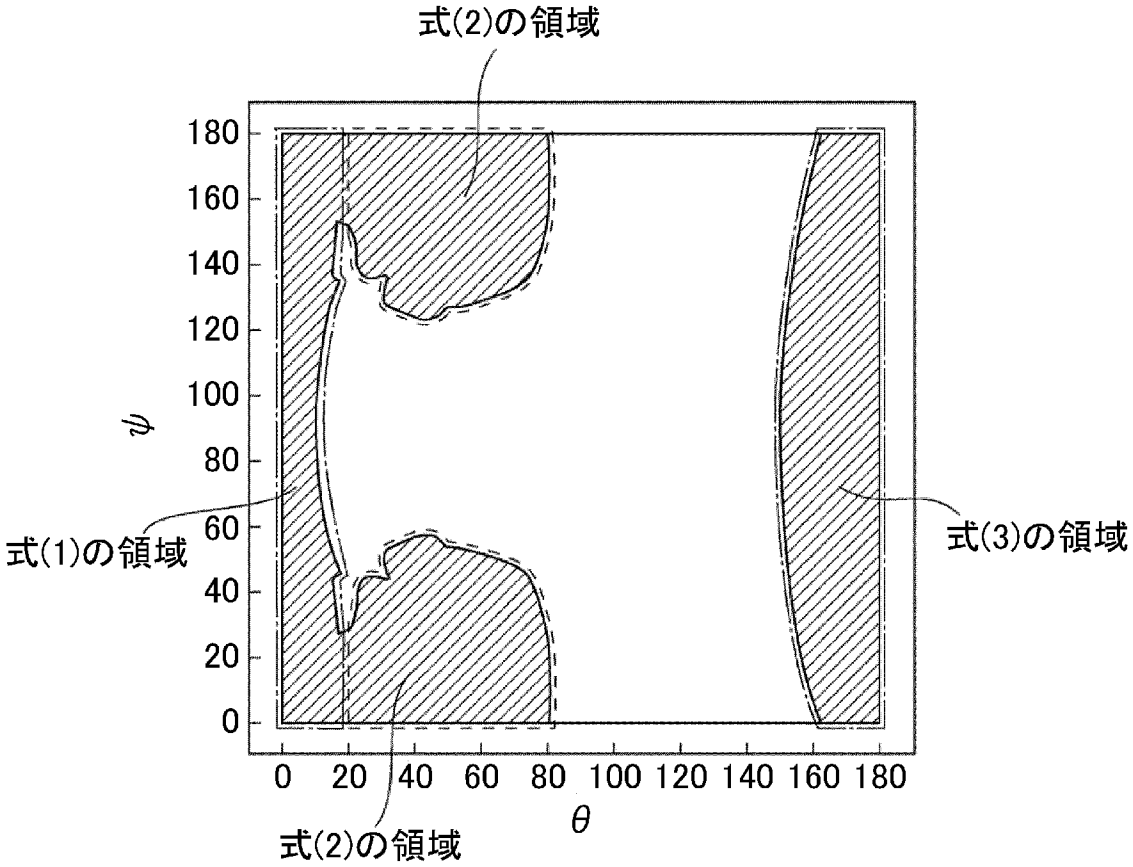
[図10]

図10



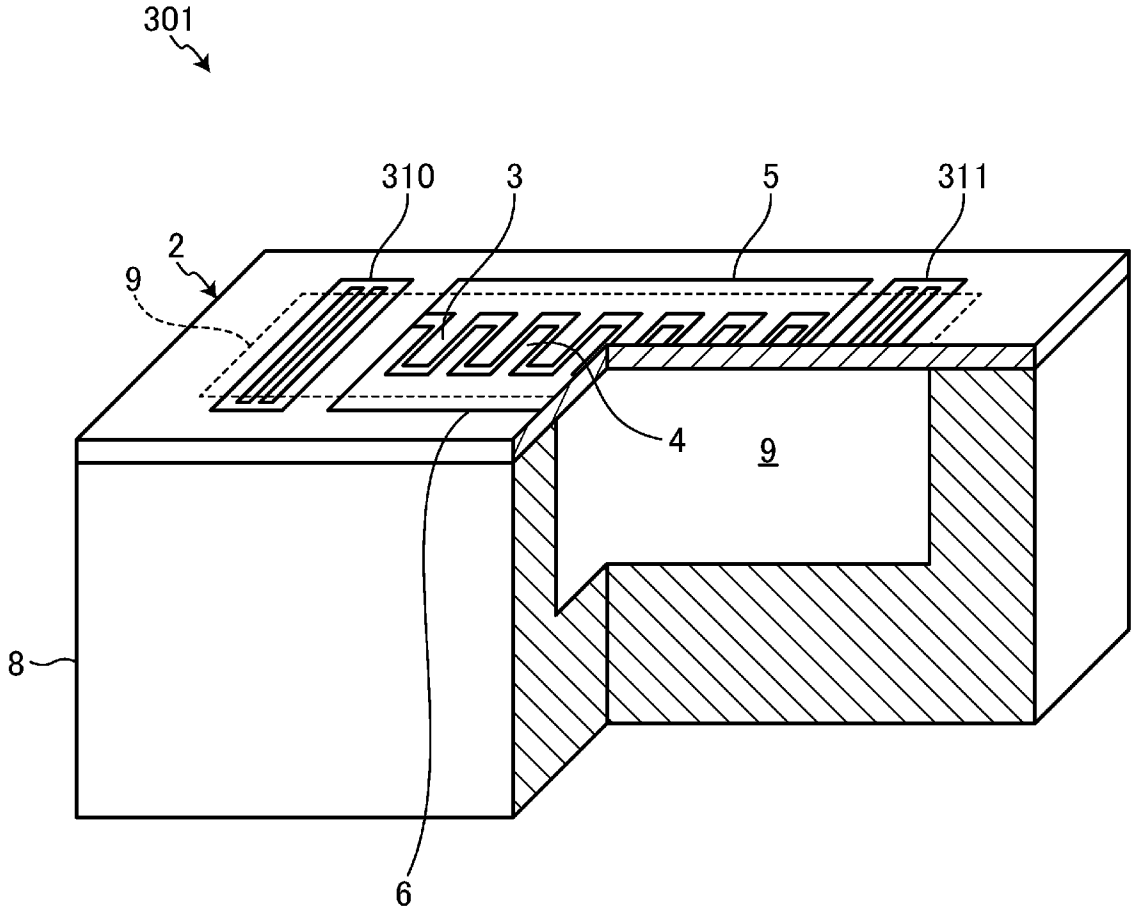
[図11]

図11


式(2)の領域
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
ψ
式(1)の領域
式(3)の領域
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180
θ
式(2)の領域

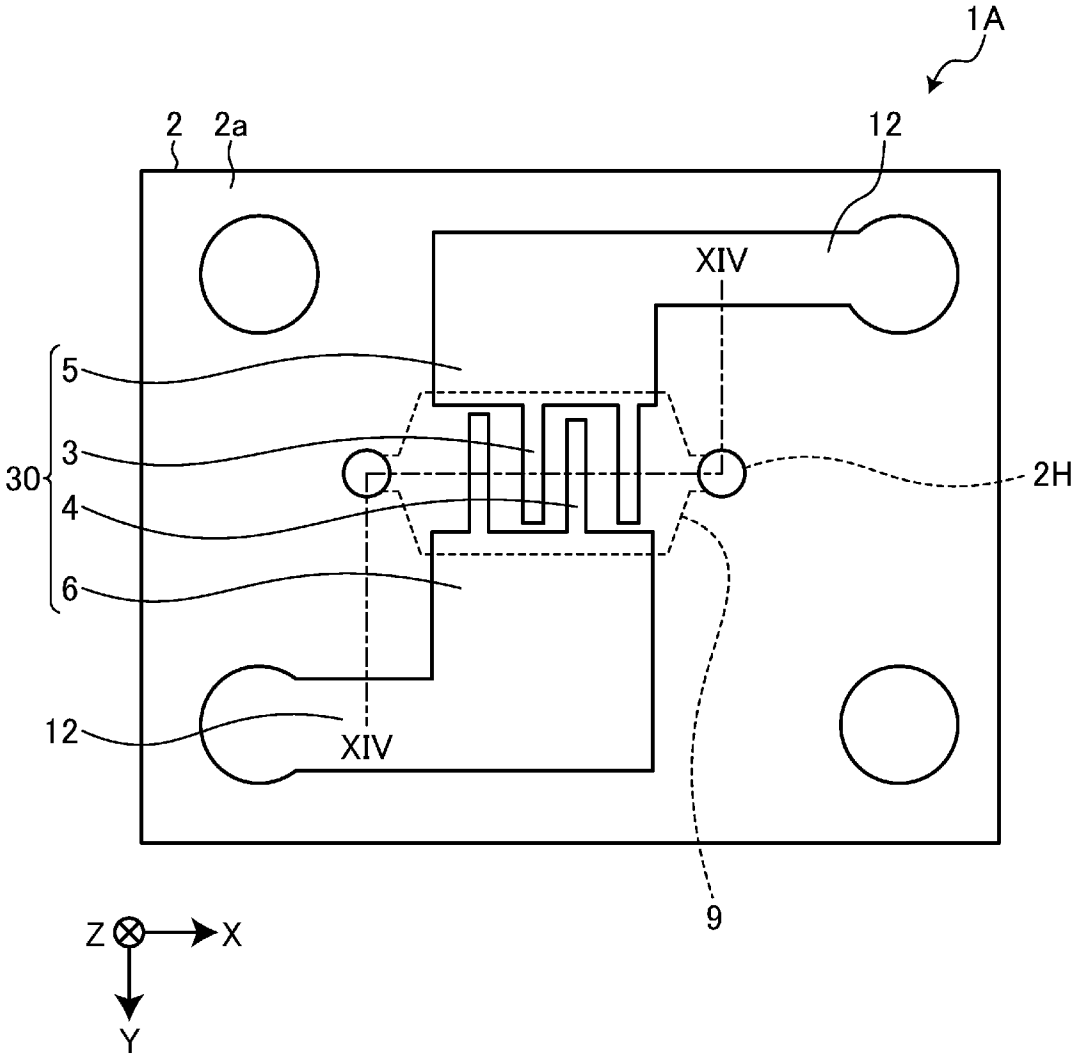
[図12]

図12



[図13]

図13



[図14]

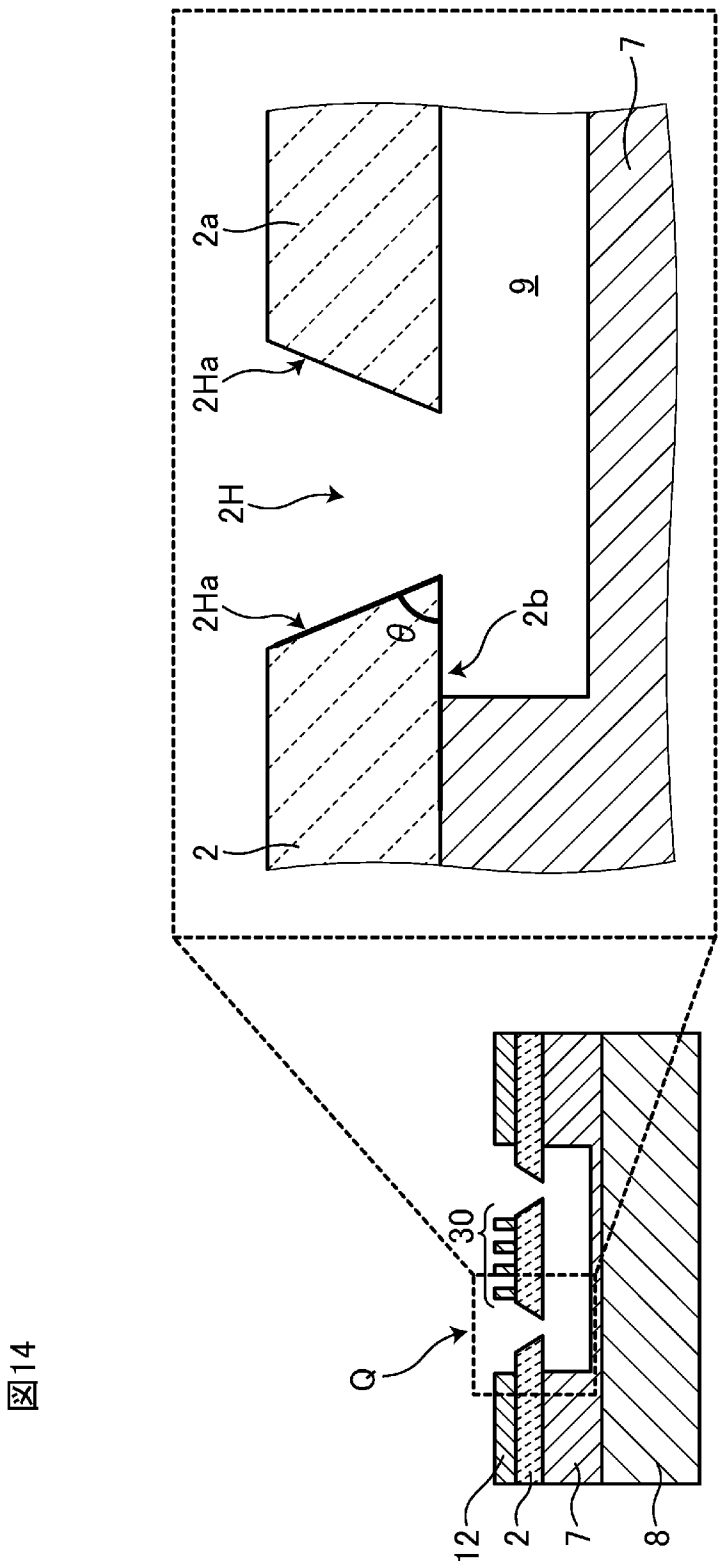
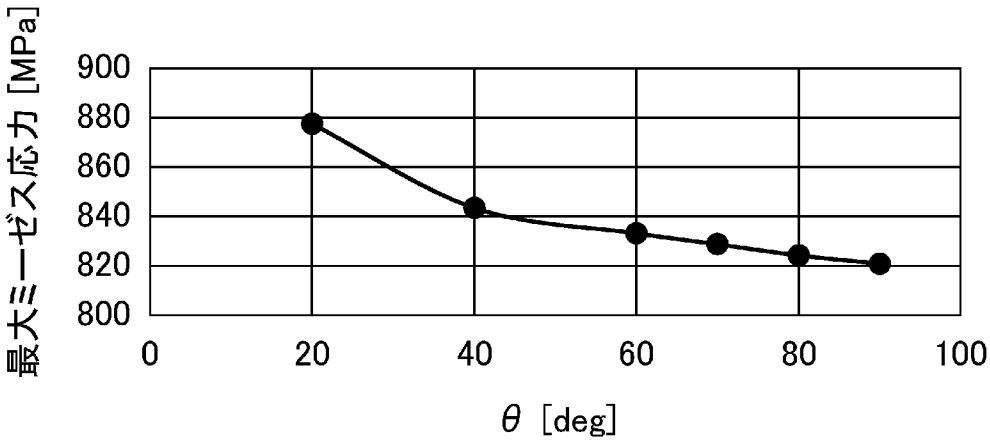


図14

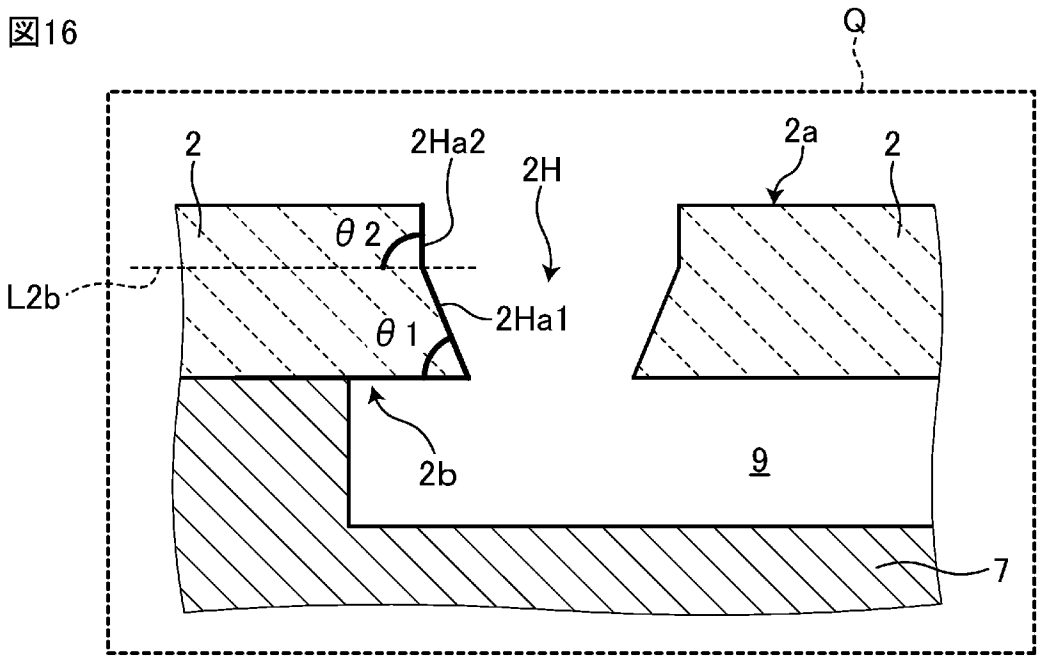
[図15]

図15



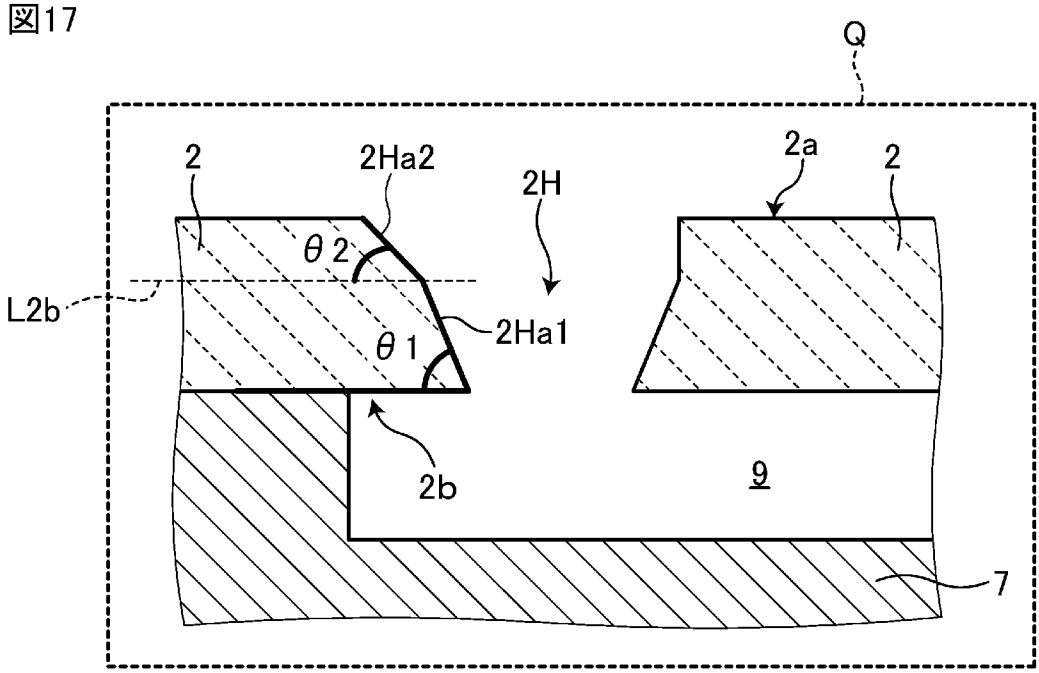
[図16]

図16



[図17]

図17



[図18]

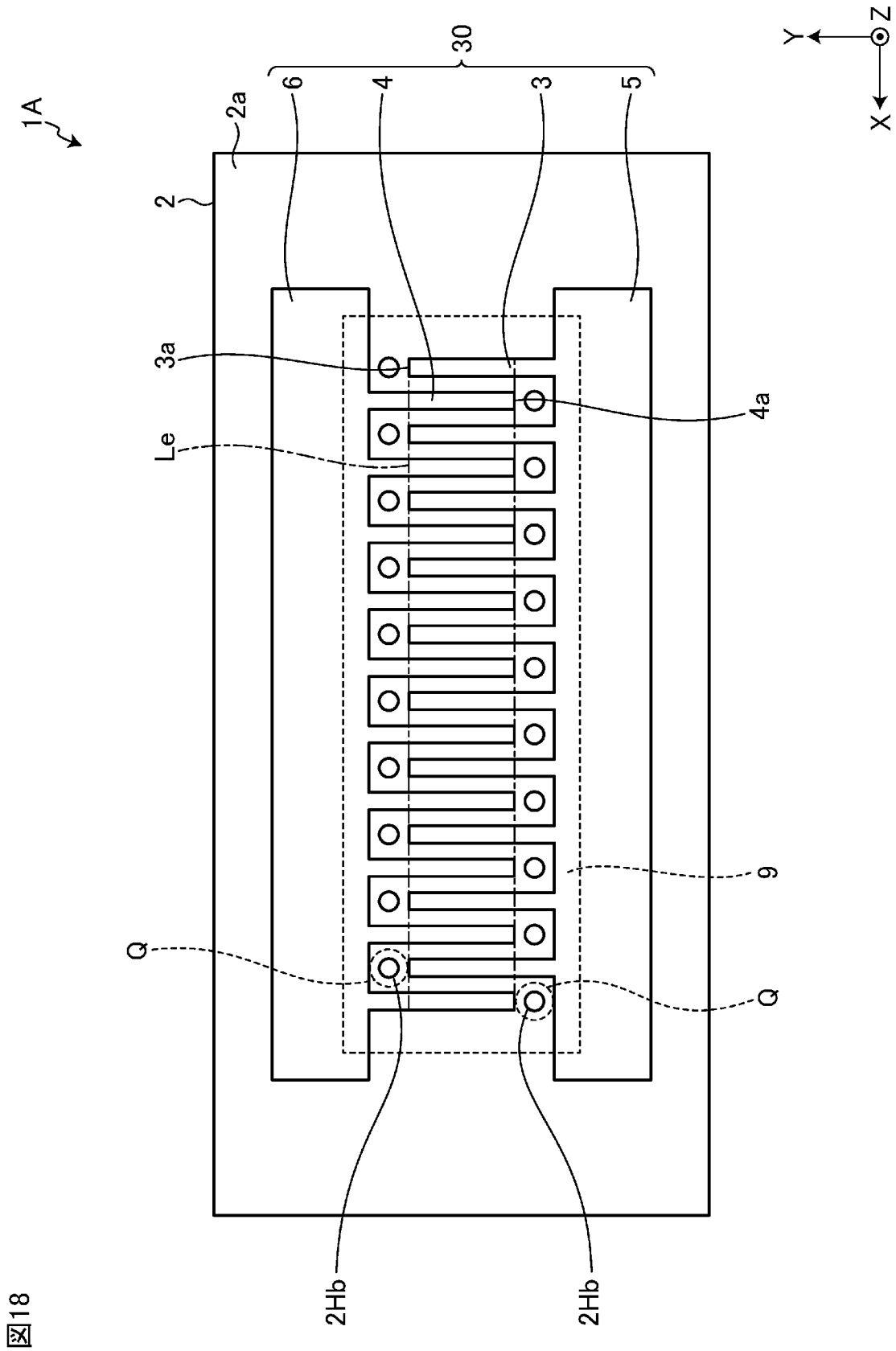
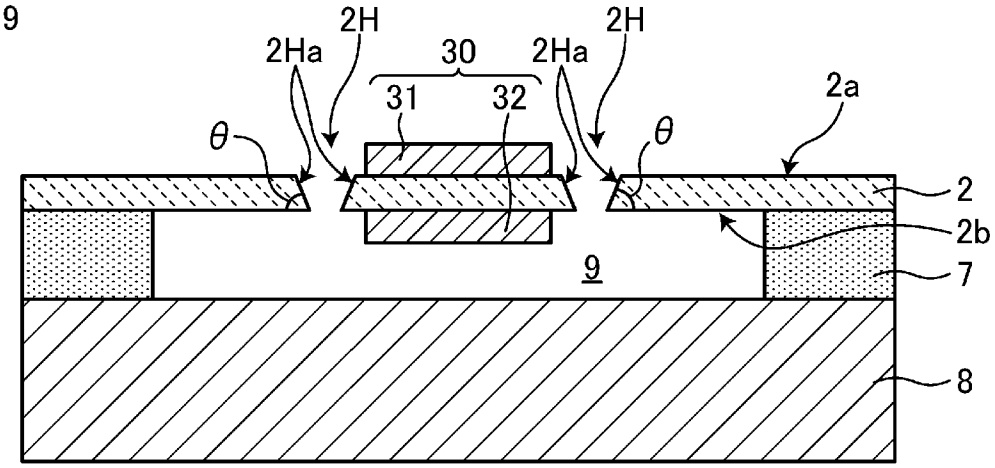


図18

[図19]

図19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/015737

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H 9/25(2006.01)i
FI: H03H9/25 Z

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

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2021/012396 A1 (NINGBO SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL CORPORATION (SAHNGHAI BRANCH)) 28 January 2021 (2021-01-28) 5th section, p. 9, 9th line 12, fig. 2-3	1-5, 7, 10-11
A	5th section, p. 9, 9th line 12, fig. 2-3	6
Y	5th section, p. 9, 9th line 12, fig. 2-3	7-14
X	JP 2008-022305 A (UBE IND LTD) 31 January 2008 (2008-01-31) paragraphs [0026]-[0048], fig. 1-5	1-5, 10
Y	paragraphs [0026]-[0048], fig. 1-5	7-17
A	paragraphs [0026]-[0048], fig. 1-5	6
Y	WO 2016/147687 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 22 September 2016 (2016-09-22) paragraphs [0023]-[0056], fig. 1-2	7-17
Y	US 2020/0321939 A1 (RESONANT INC.) 08 October 2020 (2020-10-08) paragraph [0041], fig. 1-3	15

☑ 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	Date of mailing of the international search report
19 May 2022	**14 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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2012/073871 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 07 June 2012 (2012-06-07) paragraph [0029], fig. 4-10	17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/015737

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2021/012396 A1	28 January 2021	US 2021/0184645 A1 paragraphs [0019]-[0046], fig. 2-3 JP 2021-534613 A paragraphs [0013]-[0026], fig. 2-3 CN 112039464 A	
JP 2008-022305 A	31 January 2008	(Family: none)	
WO 2016/147687 A1	22 September 2016	(Family: none)	
US 2020/0321939 A1	08 October 2020	(Family: none)	
WO 2012/073871 A1	07 June 2012	US 2014/0152145 A1 paragraph [0100], fig. 4-10	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/015737

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
FI: H03H9/25 Z

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

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	WO 2021/012396 A1 (NINGBO SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL CORPORATION (SAHNGHAI BRANCH)) 28.01.2021 (2021-01-28) 第5項第9行-第9項第12行,[図2]-[図3]	1-5,7,10-11
A	第5項第9行-第9項第12行,[図2]-[図3]	6
Y	第5項第9行-第9項第12行,[図2]-[図3]	7-14
X	JP 2008-022305 A (宇部興産株式会社) 31.01.2008 (2008-01-31) 段落[0026]-[0048],[図1]-[図5]	1-5,10
Y	段落[0026]-[0048],[図1]-[図5]	7-17
A	段落[0026]-[0048],[図1]-[図5]	6
Y	WO 2016/147687 A1 (株式会社村田製作所) 22.09.2016 (2016-09-22) 段落[0023]-[0056],[図1]-[図2]	7-17
Y	US 2020/0321939 A1 (RESONANT INC.) 08.10.2020 (2020-10-08) 段落[0041],[図1]-[図3]	15
Y	WO 2012/073871 A1 (株式会社村田製作所) 07.06.2012 (2012-06-07) 段落[0029],[図4]-[図10]	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	国際調査報告の発送日
19.05.2022	14.06.2022

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）
石田　昌敏 5W 4181
電話番号 03-3581-1101 内線 3576

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/JP2022/015737

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/012396 A1	28.01.2021	US 2021/0184645 A1 段落[0019]-[0046],[図2]-[図3] JP 2021-534613 A 段落[0013]-[0026],[図2]-[図3] CN 112039464 A	
JP 2008-022305 A	31.01.2008	（ファミリーなし）	
WO 2016/147687 A1	22.09.2016	（ファミリーなし）	
US 2020/0321939 A1	08.10.2020	（ファミリーなし）	
WO 2012/073871 A1	07.06.2012	US 2014/0152145 A1 段落[0100],[図4]-[図10]	