

(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6月16日(16.06.2022)



(10) 国際公開番号

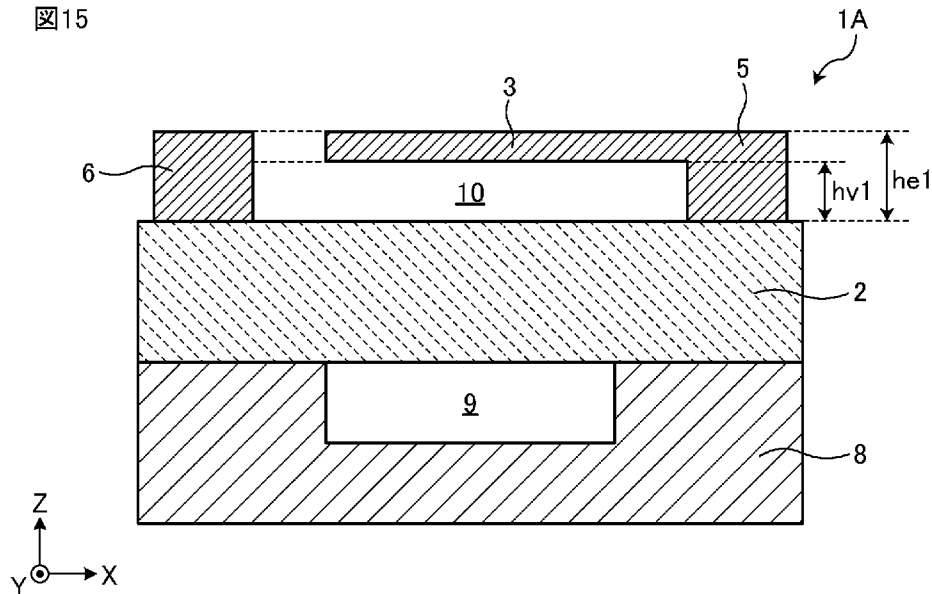
WO 2022/124409 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/145 (2006.01) *H03H 9/64* (2006.01)
H03H 9/25 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/045676
- (22) 国際出願日: 2021年12月10日(10.12.2021)
- (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:
63/124,113 2020年12月11日(11.12.2020) 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: 永友 翔(NAGATOMO, Sho); 〒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: 特許業務法人酒井国際特許
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, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: ELASTIC WAVE DEVICE

(54) 発明の名称: 弾性波装置

図15



(57) **Abstract:** The present invention reduces unwanted waves. An elastic wave device according to the present invention is provided with: a supporting substrate; a piezoelectric layer 2 which contains lithium niobate or lithium tantalate, while having two main surfaces in a first direction that is the thickness direction of the supporting substrate; an energy confinement layer which is provided between the supporting substrate and the piezoelectric layer 2; and a first IDT electrode which is formed on one of the two main surfaces of the piezoelectric layer 2, while comprising a first bus bar, a second bus bar, a plurality of first electrode fingers, and a plurality of second electrode fingers. At least a part of the first IDT electrode is provided in a region that at least partially overlaps with the energy confinement layer when viewed in plan in

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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))

the first direction. If d is the thickness of the piezoelectric layer 2, and p is the center-to-center spacing of adjacent electrode fingers, d/p is 0.5 or less. The plurality of electrode fingers are arranged so as to have a crossover region where the electrode fingers overlap with each other when viewed from the direction in which the electrode fingers are arranged; and there is a space between at least a part of at least one electrode finger and the piezoelectric layer 2 in the crossover region.

(57) 要約: 不要波を低減する。弾性波装置は、支持基板と、支持基板の厚さ方向である第1方向に2つの主面を有し、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と、支持基板と圧電層2との間に設けられたエネルギー閉じ込め層と、圧電層2の2つの主面のうち一方の主面に形成され、かつ、第1のバスバーと、第2のバスバーと、複数の第1電極指と、複数の第2電極指と、を含む第1のIDT電極と、を備える。第1のIDT電極の少なくとも一部は、第1方向に平面視した場合に少なくとも一部がエネルギー閉じ込め層と重なる領域に設けられる。圧電層2の厚みを d 、隣り合う電極指の中心間距離を p とした場合、 d/p が0.5以下である。複数の電極指は、複数の電極指の並ぶ方向から見て互いに重なっている交差領域を有するよう配置され、交差領域において、少なくとも1本の電極指の少なくとも一部と圧電層2の間には空隙が設けられている。

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 2 0 1 2 - 2 5 7 0 1 9 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 の弾性波装置において、帯域内外に不要波が発生し、共振特性を劣化させる可能性がある。そのため、不要波を低減することが求められている。

[0005] 本開示は、上述した課題を解決するものであり、不要波を低減す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、支持基板と、前記支持基板の厚さ方向である第 1 方向に 2 つの主面を有し、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と、第 1 方向について前記支持基板と前記圧電層との間に設けられたエネルギー閉じ込め層と、前記圧電層の前記 2 つの主面のうち一方の主面に形成され、かつ、互いに対向する第 1 のバスバー、第 2 のバスバーと、前記第 1 のバスバーに基端が接続された複数の第 1 電極指と、前記第 2 のバスバーに基端が接続された複数の第 2 電極指と、を含む第 1 の I D T 電極と、を備え、前記第 1 の I D T 電極の少なくとも一部は、前記支持基板の厚み方向に平面視した場合に少なくとも一部が前記エネルギー閉じ込め層と重なる領域に設けられ、前記圧電層の厚みを d 、前記複数の第 1 電極指と前記

複数の第2電極指とのうち、隣り合う電極指の中心間距離を p とした場合、 d/p が0.5以下であり、前記複数の第1電極指及び前記複数の第2電極指は、前記複数の第1電極指及び前記複数の第2電極指の並ぶ方向から見て互いに重なっている交差領域を有するよう配置され、前記交差領域において、前記複数の第1電極指及び前記複数の第2電極指のうち少なくとも1本の電極指の少なくとも一部と前記圧電層との間には第1の空隙が設けられている。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、不要波を低減することができる。

図面の簡単な説明

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

[図1B]図1Bは、第1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I-I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、第1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、第1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、第1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、第1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、第1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、第1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、第1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、第1実施形態の変形例であって、図1AのⅠ-Ⅰ線に沿う部分の断面図である。

[図13]図13は、本開示の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14]図14は、第1実施形態に係る弾性波装置の実施例を示す平面図である。

[図15]図15は、図14のE-E'線に沿った断面図の一例である。

[図16]図16は、図14のF-F'線に沿った断面図の一例である。

[図17A]図17Aは、第1実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第1の説明図である。

[図17B]図17Bは、第1実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第2の説明図である。

[図17C]図17Cは、第1実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第3の説明図である。

[図18]図18は、図14のE-E'線に沿った断面図の第1変形例である。

[図19]図19は、図14のE-E'線に沿った断面図の第2変形例である。

[図20]図20は、図14のE-E'線に沿った断面図の第3変形例である。

[図21]図21は、図14のF-F'線に沿った断面図の第4変形例である。

[図22]図22は、図14のF-F'線に沿った断面図の第5変形例である。

[図23]図23は、第2実施形態に係る弾性波装置の実施例を示す平面図である。

[図24]図24は、図23のG-G'線に沿った断面図の一例である。

[図25]図25は、図23のH-H'線に沿った断面図の一例である。

[図26]図26は、第2実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第1の説明図である。

[図27]図27は、第2実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第2の説明図である。

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。

[0010] (第1実施形態)

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

[0011] 第1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、第1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 $\pm 30^\circ$ 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が、第1のバスバ

ー５に接続されている。複数の電極指４は、第２のバスバー６に接続されている。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５と、第２のバスバー６と、を備えるＩＤＴ電極が構成される。

[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５及び第２のバスバー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５及び第２のバスバー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、

10 μm 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を一对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、特に限定されないが、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、第1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 $90^\circ \pm 10^\circ$ ）でもよい。

[0022] 圧電層2の第2の主面2b側には、誘電体膜7を介して支持基板8が積層されている。誘電体膜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に誘電体膜7

を介して積層されている。なお、誘電体膜 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 2 b に直接または間接に積層され得る。

[0024] 誘電体膜 7 は、酸化ケイ素で形成されている。もっとも、誘電体膜 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。

[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 $4\text{ k}\Omega$ 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 5、第 2 のバスバー 6 は、Al、AlCu 合金などの適宜の金属もしくは合金からなる。第 1 実施形態では、電極指 3、電極指 4 及び第 1 のバスバー 5、第 2 のバスバー 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 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 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、第1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] 第1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、第1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、第1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、IDT電極の電極指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 3 B に示すように、第 1 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 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 1 B 参照）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 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 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] 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。第 1 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、第 1 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 : 400 nm

[0039] 励振領域 C (図 1 B 参照) の長さ : $40\text{ }\mu\text{m}$

電極指 3、電極指 4 からなる電極の対数 : 2 1 対

電極指 3 と電極指 4 との間の中心間距離 (ピッチ) : $3\text{ }\mu\text{m}$

電極指 3、電極指 4 の幅 : 500 nm

d/p : 0. 1 3 3

[0040] 誘電体膜 7 : $1\text{ }\mu\text{m}$ 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 1 B 参照) とは、電極指 3 と電極指 4 の長さ方向 (Y 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。ここで、励振領域 C とは、「交差領域」の一例である。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。

[0043] 第 1 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 1 2. 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、第 1 実施形態では、 d/p は 0. 5 以下、より好ましくは 0. 2 4 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、第 1 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、 $d/2p \leq 0.25$ 、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、本願の第2の発明のように、 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、第1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、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ 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、第1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、第1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° 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。第1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、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ 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。

[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] ($0^\circ \pm 10^\circ$ 、 $0^\circ \sim 20^\circ$ 、任意の ϕ) …式(1)

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

$(0^\circ \pm 10^\circ, [180^\circ - 30^\circ (1 - (\phi - 90)^\circ)^2 / 8100])^{1/2}] \sim 180^\circ$ 、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、第1実施形態の変形例であって、図1AのⅠⅠ-ⅠⅠ線に沿う部分の断面図である。弾性波装置41では、圧電層2の第2の主面2bに音響多層膜42が積層されている。音響多層膜42は、音響インピーダンスが相対的に低い低音響インピーダンス層42a、42c、42eと、音響インピーダンスが相対的に高い高音響インピーダンス層42b、42dとの積層構造を有する。音響多層膜42を用いた場合、弾性波装置1における空洞部9を用いずとも、厚み滑り1次モードのバルク波を圧電層2内に閉じ込めることができる。弾性波装置41においても、上記 d/p を0.5以下とすることにより、厚み滑り1次モードのバルク波に基づく共振特性を得ることができる。なお、音響多層膜42においては、その低音響インピーダンス層42a、42c、42e及び高音響インピーダンス層42b、42dの積層数は特に限定されない。低音響インピーダンス層42a、42c、42eよりも、少なくとも1層の高音響インピーダンス層42b、42dが圧電層2から遠い側に配置されておりさえすればよい。

[0062] 上記低音響インピーダンス層42a、42c、42e及び高音響インピーダンス層42b、42dは、上記音響インピーダンスの関係を満たす限り、適宜の材料で構成することができる。例えば、低音響インピーダンス層42a、42c、42eの材料としては、酸化ケイ素または酸化窒化ケイ素などを挙げることができる。また、高音響インピーダンス層42b、42dの材料としては、アルミナ、窒化ケイ素または金属などを挙げることができる。

[0063] 図13は、本開示の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13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。

[0064] 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、第 1 電極指 3 及び第 2 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 、第 1 電極指 3 及び第 2 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。

[0065] 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第 1 電極指 3 及び第 2 電極指 4 があり、第 1 電極指 3 及び第 2 電極指 4 の上を保護膜で覆うことが望ましい。

[0066] 弾性波装置 1、41 では、圧電層 2 と支持基板 8 の間にエネルギー閉じ込め層が設けられる。エネルギー閉じ込め層とは、厚み滑り 1 次モードのバルク波などの弾性波を圧電層 2 に閉じ込めるための層である。エネルギー閉じ込め層としては、例えば、空洞部 9 や音響多層膜 42 などを用いることができる。

[0067] 図 14 は、第 1 実施形態に係る弾性波装置の実施例を示す平面図である。図 14 に示すように、第 1 実施形態に係る弾性波装置 1A は、圧電層 2 の第 1 の主面 2a に第 1 の IDT 電極 30 を備える。第 1 の IDT 電極 30 は、第 1 のバスバー 5 と、第 2 のバスバー 6 と、第 1 電極指 3 と、第 2 電極指 4 と、を含む。

[0068] 図 15 は、図 14 の E-E' 線に沿った断面図の一例である。図 15 に示すように、電極指 3、4 と圧電層 2 との間には、第 1 の空隙 10 が設けられ

る。第1の空隙10は、第1電極指3または第2電極指4と、圧電層2の第1の主面2aとの間に設けられる空隙である。図15の例では、第1の空隙10は、X方向及び、Y方向のうち、電極指3、4がバスパー5、6と接続されていない方の向きについて、開口である。ここで、第1の空隙10の高さ、すなわち第1の空隙10のZ方向についての長さを、 h_{v1} とした場合、 h_{v1} は、0.1nm以上かつ100nm以下が好ましく、1nm以上かつ20nm以下がより好ましい。なお、第1の空隙10の高さがばらつきを有する場合、その高さを平均化した値を h_{v1} として採用することができる。

[0069] 図16は、図14のF-F'線に沿った断面図の一例である。図16に示すように、電極指3、4は、Z方向に平面視して、少なくとも一部が空洞部9などのエネルギー閉じ込め層と重なる領域に設けられる。ここで、電極指3、4の高さ、すなわち、第1の空隙10の高さと電極指3、4の厚み（Z方向の長さ）との合計を、 h_{e1} とした場合、 h_{e1} は、10nm以上かつ1200nm以下が好ましく、50nm以上かつ700nm以下がより好ましい。なお、第1の空隙10の高さまたは電極指3、4の厚みがばらつきを有する場合、その合計値を平均化した値を h_{e1} として採用することができる。

[0070] 第1実施形態において、少なくとも1本の電極指3、4は、励振領域Cにおいて、第1の空隙10を介して圧電層2に積層している。励振領域Cにおいて、Z方向に平面視して、電極指3、4のうち、第1の空隙10を介して圧電層2の上に設けられた領域の面積の総和は、複数の第1電極指3それぞれの面積、及び、複数の第2電極指4それぞれの面積の総和の半分以上であることが好ましい。すなわち、Z方向に平面視して、電極指3、4と、励振領域Cと、第1の空隙10とが重なる領域の面積の合計は、電極指3、4と、励振領域Cとが重なる領域の面積の合計の半分以上であることが好ましい。励振領域Cにおいて、複数の第1電極指3及び複数の第2電極指3はすべて第1の空隙10を介して圧電層2の第1の主面2aに設けられていること

がより好ましい。すなわち、Z方向に平面視して、電極指3、4と、励振領域Cとが重なる領域は、全て第1の空隙10と重なっていることがより好ましい。このように、第1の空隙10を設けることによって、不要波を低減することができる。

[0071] 図17Aは、第1実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第1の説明図である。図17Bは、第1実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第2の説明図である。図17Cは、第1実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第3の説明図である。より詳しくは、図17A～図17Cは、電極指3、4の幅が異なる弾性波装置の共振特性について、第1の空隙10の有無による違いを説明する図である。図17A～図17Cの例1～例6においては、第1の空隙10の有無及び w/p を以下のように変えて、共振特性の測定を行った。ここで、 w は、電極指3、4の幅であり、電極指3、4の中心間距離 p は、例1～例6の全てで、 $4.25\mu\text{m}$ である。

- [0072] 例1（実施例）：第1の空隙10あり、 $w/p = 0.3$
例2（比較例）：第1の空隙10なし、 $w/p = 0.3$
例3（実施例）：第1の空隙10あり、 $w/p = 0.4$
例4（比較例）：第1の空隙10なし、 $w/p = 0.4$
例5（実施例）：第1の空隙10あり、 $w/p = 0.5$
例6（比較例）：第1の空隙10なし、 $w/p = 0.5$

[0073] 図17A～図17Cから明らかなように、第1の空隙10が設けられる例1、例3、例5の弾性波装置は、それぞれ第1の空隙10を有さない例2、例4、例6の弾性波装置に比べ、不要波が抑制されている。したがって、 w/p を0.3～0.5の広い範囲で変化させたいずれの場合においても、不要波を低減できていることが分かる。

[0074] 弾性波装置1Aの構成は、図14から図16に示すものに限られない。以下、図面により、変形例を説明する。

[0075] 図18は、図14のE-E'線に沿った断面図の第1変形例である。図18に示すように、励振領域Cにおいて、電極指3、4の一部が第1の空隙1

0を介して圧電層2に積層していてもよい。すなわち、第1の空隙10は、Z方向に平面視して、電極指3、4のうち励振領域Cと重なる領域の、一部に設けられてもよい。言い換えれば、電極指3、4は、Z方向に平面視して、励振領域Cと重なる領域において、圧電層2の第1の主面2aに接する部分を有していてもよい。図18の例では、電極指3は、圧電層2の第1の主面2aと電極指3とをZ方向について接続する、補助柱11を備える。ここで、補助柱11は、例えば、電極指3の長さ方向についての端部のうち、バスパー5と接続されていない方の端部に設けられる。すなわち、第1の空隙10が第1電極指と圧電層2との間に設けられる場合、第1の空隙10は、X方向について、補助柱11とバスパー5との間に設けられた空間となっている。この場合においても不要波を抑制しうる。

[0076] 図19は、図14のE-E'線に沿った断面図の第2変形例である。図19に示すように、第1の空隙10において、圧電層2の第1の主面2aに電極膜12がさらに設けられてもよい。すなわち、電極指3、4は、電極膜12及び第1の空隙10を介して圧電層2に積層されるものであってもよい。

[0077] 図20は、図14のE-E'線に沿った断面図の第3変形例である。図20に示すように、第1の空隙10において、圧電層2の第1の主面2aに誘電膜13がさらに設けられてもよい。すなわち、電極指3、4は、誘電膜13及び第1の空隙10を介して圧電層2に積層されるものであってもよい。

[0078] 図21は、図14のF-F'線に沿った断面図の第4変形例である。図22は、図14のF-F'線に沿った断面図の第5変形例である。図21及び図22に示すように、第1実施例に係る弾性波装置1Aは、質量付加膜14が設けられてもよい。質量付加膜14は、圧電層2の第2の主面2bに設けられる膜であり、Z方向に平面視して、電極指3、4と重なる位置に設けられる。この場合、弾性波装置1Aは、板波を利用可能に構成されていることが好ましい。この構造とすることで、不要波をさらに抑制することができる。なお、質量付加膜14は、図21に示すように、電極膜であってもよく、この場合、圧電層2との間に空隙15を有していてもよい。また、図22に

示すように、質量付加膜 14 は、誘電膜であってもよい。

[0079] 以上、第 1 実施例に係る弾性波装置 1 A について説明したが、弾性波装置 1 A の構成は、以上に示すものに限られない。例えば、弾性波装置 1 A は、エネルギー閉じ込め層として、音響多層膜 42 を用いてもよい。また、弾性波装置 1 A は、圧電層 2 と支持基板 8 との間に誘電体膜 7 が設けられてもよく、この場合、空洞部 9 は、誘電体膜 7 と圧電層 2 との間に設けられるエアギャップであってもよい。また、第 1 の IDT 電極 30 は、圧電層 2 の第 1 の主面 2 a に設けられることに限られず、第 2 の主面 2 b に設けられていてもよい。この場合、質量付加膜 14 は、圧電層 2 の第 1 の主面 2 a に設けられうる。

[0080] 以上説明したように、第 1 実施形態に係る弾性波装置は、支持基板 8 と、支持基板 8 の厚さ方向である第 1 方向に 2 つの主面を有し、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 と、第 1 方向について支持基板 8 と圧電層 2 との間に設けられたエネルギー閉じ込め層と、圧電層 2 の 2 つの主面のうち一方の主面（例えば、第 1 の主面 2 a）に形成され、かつ、互いに対向する第 1 のバスバー 5、第 2 のバスバー 6 と、第 1 のバスバー 5 に基端が接続された複数の第 1 電極指 3 と、第 2 のバスバー 6 に基端が接続された複数の第 2 電極指 3 と、を含む第 1 の IDT 電極 30 と、を備え、第 1 の IDT 電極 30 の少なくとも一部は、支持基板 8 の厚み方向に平面視した場合に少なくとも一部がエネルギー閉じ込め層と重なる領域に設けられ、圧電層 2 の厚みを d 、複数の第 1 電極指 3 と複数の第 2 電極指 3 とのうち、隣り合う電極指の中心間距離を p とした場合、 d/p が 0.5 以下であり、複数の第 1 電極指 3 及び複数の第 2 電極指 3 は、複数の第 1 電極指 3 及び複数の第 2 電極指 3 の並ぶ方向から見て互いに重なっている励振領域 C を有するよう配置され、励振領域 C において、複数の第 1 電極指 3 及び複数の第 2 電極指 3 のうち少なくとも 1 本の電極指の少なくとも一部と圧電層 2 との間には第 1 の空隙 10 が設けられている。

[0081] 以上の構成とすることで、第 1 実施形態に係る弾性波装置は、第 1 の空隙

10を有さない場合と比べて、不要波が現れることを抑制することができる。したがって、不要波を低減することができる。

[0082] 望ましい態様として、励振領域Cにおいて、支持基板8の厚み方向に平面視して、第1の空隙10を介して圧電層2の上に設けられた電極指3、4の少なくとも一部の面積の総和は、複数の第1電極指3それぞれの面積、及び、複数の第2電極指3それぞれの面積の総和の半分以上である。これにより、不要波をより低減することができる。

[0083] さらに望ましい態様として、励振領域Cにおいて、複数の第1電極指3及び複数の第2電極指3はすべて第1の空隙10を介して圧電層2の一方の主面に設けられている。これにより、不要波をさらに低減することができる。

[0084] また、圧電層2の2つの主面のうち一方の主面と異なる他方の主面（例えば、第2の主面2b）において、質量付加膜14をさらに設け、質量付加膜14は、第1方向に平面視して、第1電極指3または第2電極指4との少なくとも一部と重なっていてもよい。これにより、不要波をより低減することができる。

[0085] 望ましい態様として、質量付加膜14の少なくとも一部と圧電層2の間には空隙15が設けられている。これにより、不要波をさらに低減することができる。

[0086] 望ましい態様として、エネルギー閉じ込め層は、空洞部9である。これにより、厚み滑り1次モードのバルク波その他の弾性波を圧電層2内に閉じ込めることができる。

[0087] 望ましい態様として、エネルギー閉じ込め層は、圧電層2より低い音響インピーダンスを有する低音響インピーダンス層と、圧電層2より高い音響インピーダンスを有する高音響インピーダンス層とが積層された音響反射層（例えば、音響多層膜42）である。これにより、厚み滑り1次モードのバルク波その他の弾性波を圧電層2内に閉じ込めることができる。

[0088] 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。

[0089] $(0^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \sim 20^\circ, \text{任意の } \phi)$ …式（１）

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

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

[0090] 望ましい態様として、弾性波装置は、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。

[0091] 望ましい態様として、 d/p は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。

[0092] 望ましい態様として、励振領域C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。この場合、比帯域を確実に17%以下にすることができる。

[0093] 望ましい態様として、弾性波装置は、板波を利用可能に構成されている。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。

[0094] （第2実施形態）

図23は、第2実施形態に係る弾性波装置の実施例を示す平面図である。第2実施形態に係る弾性波装置1Bは、第2のIDT電極30Aがさらに設けられる点で第1実施形態と異なる。第2実施形態では、第1実施形態と同じ構成には同じ符号を付して、説明を省略する。

[0095] 図23に示すように、第2実施形態に係る弾性波装置1Bは、第1のIDT電極30を備える第1共振子と、第2のIDT電極30Aを備える第1共振子を含む。第1共振子と第2共振子とは、同一のフィルタを構成していてもよい。この場合、共振子フィルタは、例えば、ラダー型フィルタとするこ

とができる。

[0096] 第2のIDT電極30Aは、第3のバスバー5A、第4のバスバー6Aと、第3のバスバー5Aに基端が接続された複数の第3電極指3Aと、第4のバスバー6Aに基端が接続された複数の第4電極指4Aと、を有するIDT電極である。第2のIDT電極30Aは、圧電層2の第1の主面2aに設けられる。ここで、第2のIDT電極30Aは励振領域CAを有している。励振領域CAは、電極指3Aと電極指4Aの長さ方向（Y方向）と直交するX方向に視たときに、電極指3Aと電極指4Aとが重なっている領域である。

[0097] 図24は、図23のG-G'線に沿った断面図の一例である。図25は、図23のH-H'線に沿った断面図の一例である。図25に示すように、電極指3A、4Aと圧電層2との間には、第2の空隙10Aが設けられる。ここで、第2の空隙10Aの高さ、すなわち第2の空隙10AのZ方向についての長さを、 h_v2 とした場合、 h_v2 は、1nm以上かつ100nm以下が好ましく、10nm以上かつ20nm以下がより好ましい。なお、第2の空隙10Aの高さがばらつきを有する場合、その高さを平均化した値を h_v2 として採用することができる。

[0098] また、 h_v2 は、図24に示す第1の空隙10の高さである h_v1 と異なっていることが好ましい。この h_v2 を調整することにより、第2実施形態に係る弾性波装置1Bは、キャパシタを追加することなく第1共振子の比帯域を調整できるため、弾性波装置1Bの大型化を抑制しつつ、第1共振子の比帯域を容易に調整することができる。

[0099] 第2の空隙10Aは、第3電極指3Aまたは第4電極指4Aと、圧電層2の第1の主面2aとの間に設けられる空間である。図25の例では、第2の空隙10Aは、X方向及び、Y方向のうち、電極指3A、4Aがバスバー5A、6Aと接続されていない方の向きについて、開口である。ここで、電極指3A、4Aの高さ、すなわち、第2の空隙10Aの高さと電極指3A、4Aの厚み（Z方向の長さ）との合計を、 h_e2 とした場合、 h_e2 は、10nm以上かつ1200nm以下が好ましく、50nm以上かつ700nm以

下がより好ましい。なお、第2の空隙10Aの高さまたは電極指3A、4Aの厚みがばらつきを有する場合、その合計値を平均化した値を h_{e2} として採用することができる。

[0100] 第2実施形態において、少なくとも1本の電極指3A、4Aは、励振領域CAにおいて、第2の空隙10Aを介して圧電層2に積層している。励振領域CAにおいて、Z方向に平面視して、電極指3A、4Aのうち、第2の空隙10Aを介して圧電層2の上に設けられた領域の面積の総和は、複数の第3電極指3Aそれぞれの面積、及び、複数の第4電極指4Aそれぞれの面積の総和の半分以上であることが好ましい。すなわち、Z方向に平面視して、電極指3、4と、励振領域Cと、第2の空隙10Aとが重なる領域の面積の合計は、電極指3A、4Aと、励振領域Cとが重なる領域の面積の合計の半分以上であることが好ましい。励振領域Cにおいて、複数の第3電極指3A及び複数の第4電極指3Aはすべて第2の空隙10Aを介して圧電層2の第1の主面2aに設けられていることがより好ましい。すなわち、Z方向に平面視して、電極指3A、4Aと、励振領域CAとが重なる領域は、全て第2の空隙10Aと重なっていることがより好ましい。

[0101] 図26は、第2実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第1の説明図である。図27は、第2実施形態に係る弾性波装置の共振特性を示す第2の説明図である。より詳しくは、図26は、 h_{v2} の異なる弾性波装置1Bにおける共振特性を示す図であり、図27は、第2実施形態に係る弾性波装置の比帯域と反共振周波数の相関を示したものである。なお、図26に示す共振特性を得た弾性波装置1Bである例7～例9の設計パラメータは以下の通りである。

[0102] 例7の h_{v2} は、2nmである。また、例7の圧電層2は、オイラー角（ 0° 、 37.5° 、 0° ）の LiNbO_3 としており、厚みは390nmである。

[0103] 例8の h_{v2} は、6nmである。また、例7の圧電層2は、オイラー角（ 0° 、 37.5° 、 0° ）の LiNbO_3 としており、厚みは390nmであ

る。

[0104] 例7の $h v 2$ は、 10 nm である。また、例7の圧電層2は、オイラー角(0° 、 37.5° 、 0°)の LiNbO_3 としており、厚みは 390 nm である。

[0105] 図26及び図27から明らかなように、 $h v 2$ を変化させることによって第1共振子の反共振周波数のみをシフトさせることができるので、第1共振子の比帯域を調整しうることが分かる。これにより、第2実施形態に係る弾性波装置1Bは、キャパシタを追加することなく比帯域を調整できるため、弾性波装置1Bの大型化を抑制しつつ、第1共振子の比帯域を容易に調整することができる。

[0106] 以上説明したように、第2実施形態に係る弾性波装置1Bは、一方の主面に形成され、かつ、互いに対向する第3のバスバー5A、第4のバスバー6Aと、第3のバスバー5Aに基端が接続された複数の第3電極指3Aと、第4のバスバー6Aに基端が接続された複数の第4電極指4Aと、を含む第2のIDT電極30Aをさらに備え、複数の第3電極指3A及び複数の第4電極指4Aは、複数の第3電極指3A及び複数の第4電極指4Aの並ぶ方向から見て互いに重なっている励振領域Cを有するよう配置され、励振領域Cにおいて、複数の第3電極指3A及び複数の第4電極指4Aのうち少なくとも1本の電極指の少なくとも一部と圧電層2との間には空隙が設けられ、第1のIDT電極30における空隙である第1の空隙10の高さ $h v 1$ と、第2のIDT電極30Aにおける空隙である第2の空隙10Aの高さ $h v 2$ と、は異なる。これにより、第2の空隙10Aの高さ $h v 2$ を調整することで、キャパシタを追加することなく比帯域を調整できるので、弾性波装置1Bの大型化を抑制しつつ、比帯域を容易に調整することができる。

[0107] また、第1のIDT電極30を備える第1共振子と、第2のIDT電極30Aを備える第2共振子とは、同一のフィルタを構成していてもよい。この場合においても、第2の空隙10Aの高さ $h v 2$ を調整することで、キャパシタを追加することなく比帯域を調整できるので、弾性波装置1Bの大型化

を抑制しつつ、比帯域を容易に調整することができる。

[0108] 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

[0109] 1、1 A、1 B、4 1、1 0 1、3 0 1 弾性波装置

2 圧電層

2 a 第1の主面

2 b 第2の主面

3 第1電極指

4 第2電極指

5 第1のバスバー

6 第2のバスバー

3 A 第3電極指

4 A 第4電極指

5 A 第3のバスバー

6 A 第4のバスバー

7 誘電体膜

8 支持基板

7 a、8 a 開口部

9 空洞部

1 0 第1の空隙

1 0 A 第2の空隙

1 1 補助柱

1 2 電極膜

1 3 誘電膜

1 4 質量付加膜

- 1 5 空隙
- 3 0 第1のIDT電極
- 3 0 A 第2のIDT電極
- 4 2 音響多層膜
- 4 2 a 低音響インピーダンス層
- 4 2 b 高音響インピーダンス層
- 4 2 c 低音響インピーダンス層
- 4 2 d 高音響インピーダンス層
- 4 2 e 低音響インピーダンス層
- 2 0 1 圧電層
- 2 0 1 a 第1の主面
- 2 0 1 b 第2の主面
- 3 1 0、3 1 1 反射器
- 4 5 1 第1領域
- 4 5 2 第2領域
- C、C A 励振領域
- V P 1 仮想平面

請求の範囲

[請求項1]

支持基板と、

前記支持基板の厚さ方向である第1方向に2つの主面を有し、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と、

第1方向について前記支持基板と前記圧電層との間に設けられたエネルギー閉じ込め層と、

前記圧電層の前記2つの主面のうち一方の主面に形成され、かつ、互いに対向する第1のバスバー、第2のバスバーと、前記第1のバスバーに基端が接続された複数の第1電極指と、前記第2のバスバーに基端が接続された複数の第2電極指と、を含む第1のIDT電極と、を備え、

前記第1のIDT電極の少なくとも一部は、前記支持基板の厚み方向に平面視した場合に少なくとも一部が前記エネルギー閉じ込め層と重なる領域に設けられ、

前記圧電層の厚みを d 、前記複数の第1電極指と前記複数の第2電極指とのうち、隣り合う電極指の中心間距離を p とした場合、 d/p が0.5以下であり、

前記複数の第1電極指及び前記複数の第2電極指は、前記複数の第1電極指及び前記複数の第2電極指の並ぶ方向から見て互いに重なっている交差領域を有するよう配置され、

前記交差領域において、前記複数の第1電極指及び前記複数の第2電極指のうち少なくとも1本の電極指の少なくとも一部と前記圧電層との間には第1の空隙が設けられている、

弾性波装置。

[請求項2]

前記交差領域において、前記支持基板の厚み方向に平面視して、前記第1の空隙を介して前記圧電層の上に設けられた電極指の前記少なくとも一部の面積の総和は、前記複数の第1電極指それぞれの面積、及び、前記複数の第2電極指それぞれの面積の総和の半分以上である

、請求項 1 に記載の弾性波装置。

[請求項3] 前記交差領域において、前記複数の第 1 電極指及び前記複数の第 2 電極指はすべて前記第 1 の空隙を介して前記圧電層の前記一方の主面に設けられている、請求項 2 に記載の弾性波装置。

[請求項4] 前記一方の主面に形成され、かつ、互いに対向する第 3 のバスバー、第 4 のバスバーと、前記第 3 のバスバーに基端が接続された複数の第 3 電極指と、前記第 4 のバスバーに基端が接続された複数の第 4 電極指と、を含む第 2 の I D T 電極をさらに備え、

前記複数の第 3 電極指及び前記複数の第 4 電極指は、前記複数の第 3 電極指及び前記複数の第 4 電極指の並ぶ方向から見て互いに重なっている交差領域を有するよう配置され、

前記交差領域において、前記複数の第 3 電極指及び前記複数の第 4 電極指のうち少なくとも 1 本の電極指の少なくとも一部と前記圧電層との間には第 2 の空隙が設けられ

前記第 1 の空隙の高さと、前記第 2 の空隙の高さと、は異なる、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項5] 前記第 1 の I D T 電極を備える第 1 共振子と、前記第 2 の I D T 電極を備える第 2 共振子とは、同一のフィルタを構成している、請求項 4 に記載の弾性波装置。

[請求項6] 前記圧電層の前記 2 つの主面のうち前記一方の主面と異なる他方の主面において、質量付加膜をさらに設け、

前記質量付加膜は、前記第 1 方向に平面視して、前記第 1 電極指または前記第 2 電極指との少なくとも一部と重なる、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項7] 前記質量付加膜の少なくとも一部と前記圧電層との間には空隙が設けられている、請求項 6 に記載の弾性波装置。

[請求項8] 前記エネルギー閉じ込め層は、空洞である、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] 前記エネルギー閉じ込め層は、前記圧電層より低い音響インピーダンスを有する低音響インピーダンス層と、前記圧電層より高い音響インピーダンスを有する高音響インピーダンス層とが積層された音響反射層である、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10] 前記圧電層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、請求項1から9のいずれか1項に記載の弾性波装置。

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

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

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

[請求項11] 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1から10のいずれか1項に記載の弾性波装置。

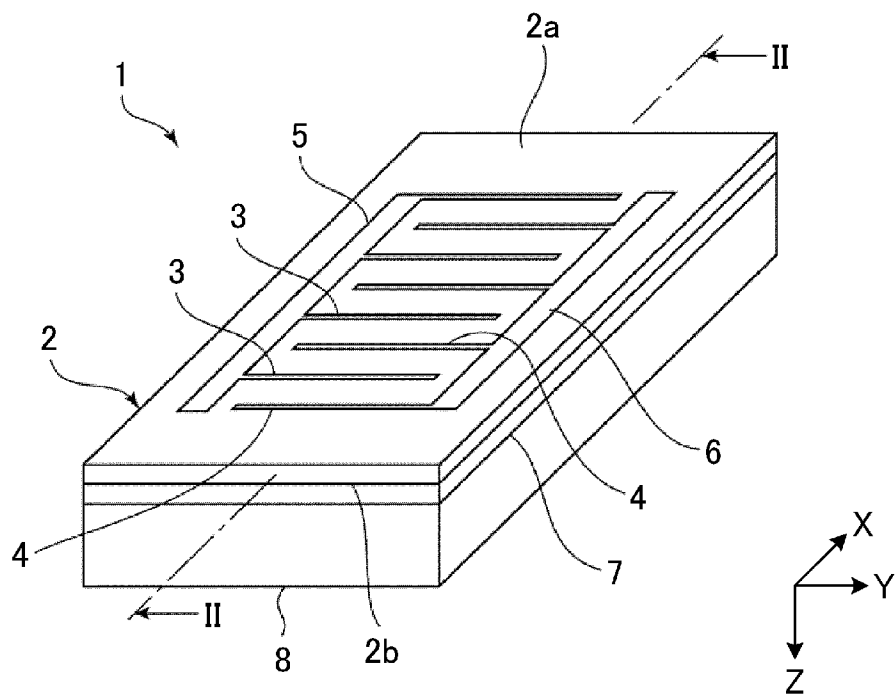
[請求項12] 前記 d/p が0.24以下である、請求項1から11のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項13] 前記交差領域に対する、前記複数の第1電極指または前記複数の第2電極指のメタライゼーション比をMRとしたときに、 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ を満たす、請求項1から12のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項14] 板波を利用可能に構成されている、請求項1から9のいずれか1項に記載の弾性波装置。

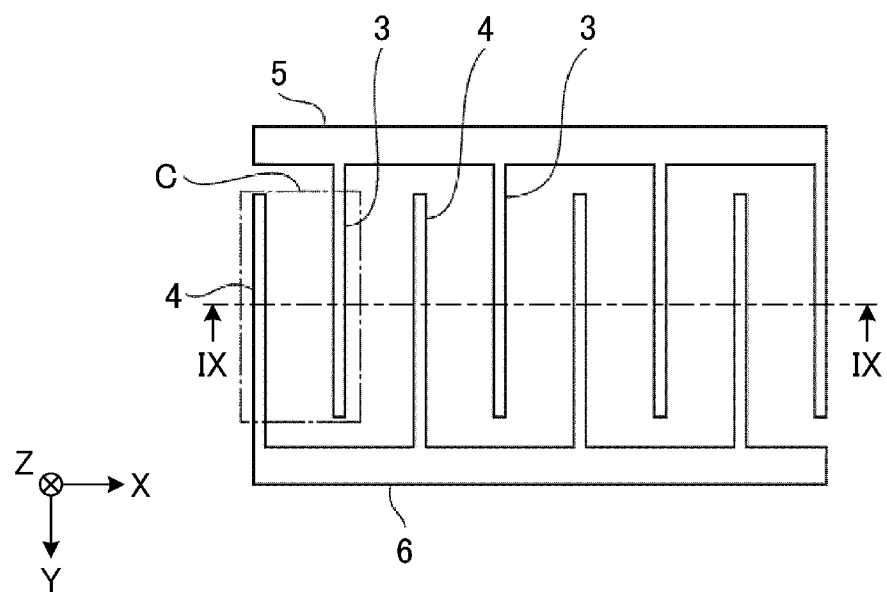
[図1A]

図1A

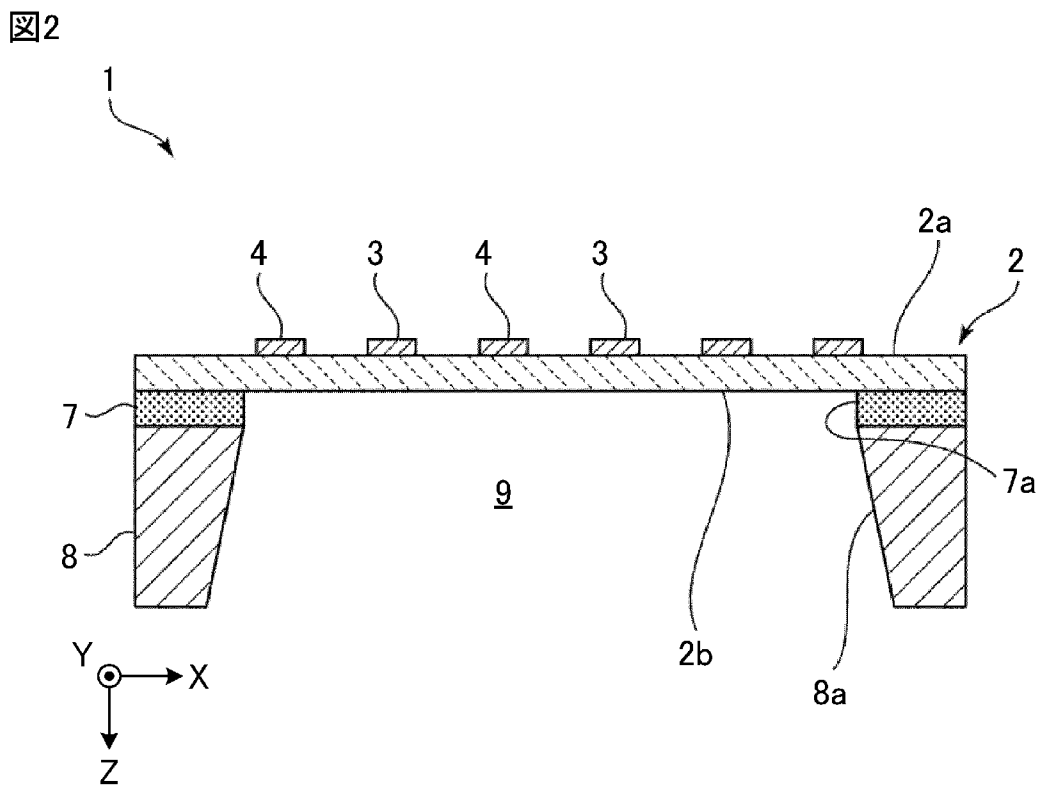


[図1B]

図1B

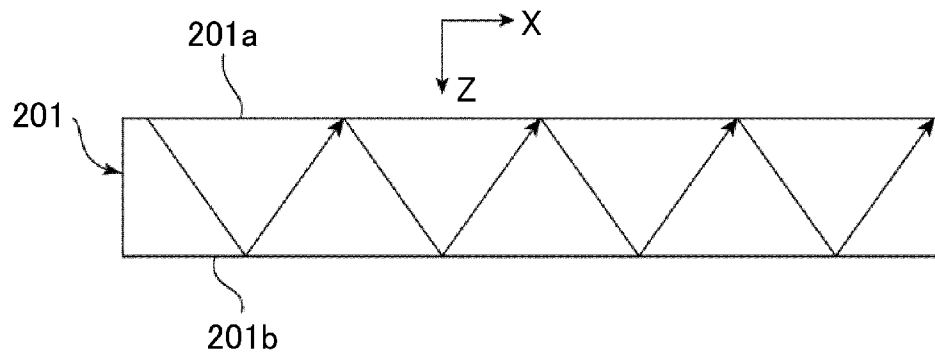


[図2]



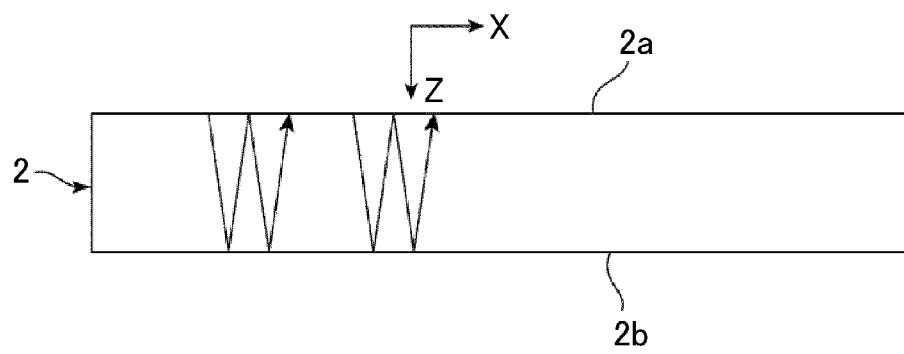
[図3A]

図3A



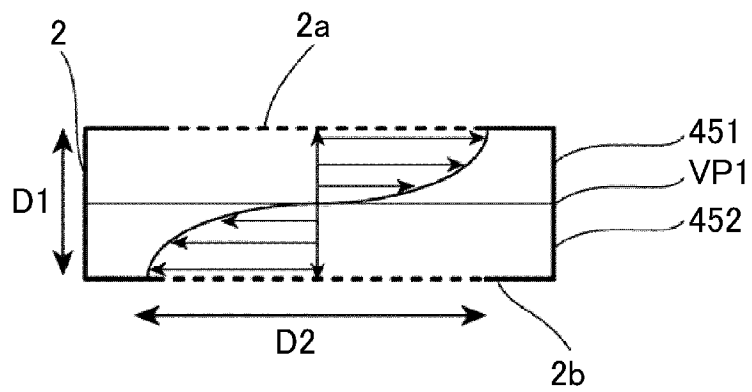
[図3B]

図3B



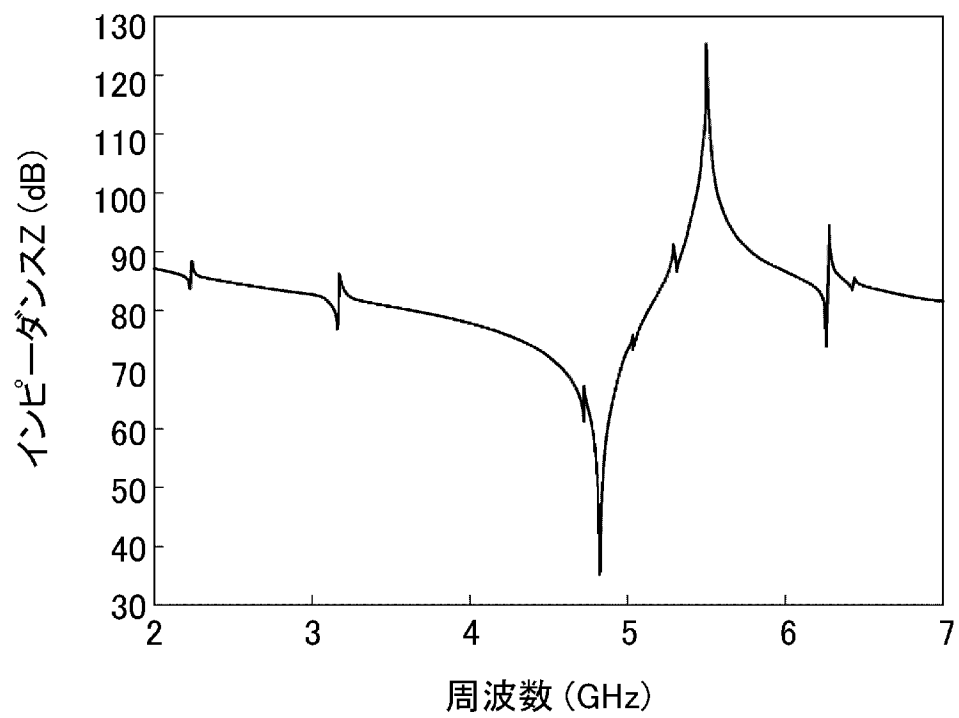
[図4]

図4



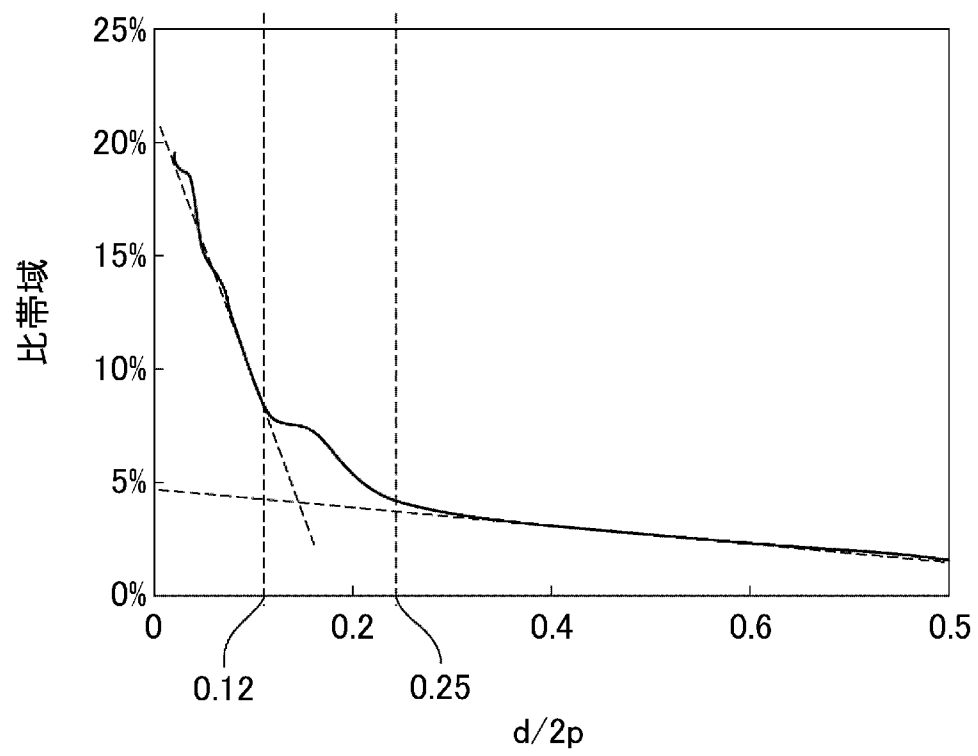
[図5]

図5



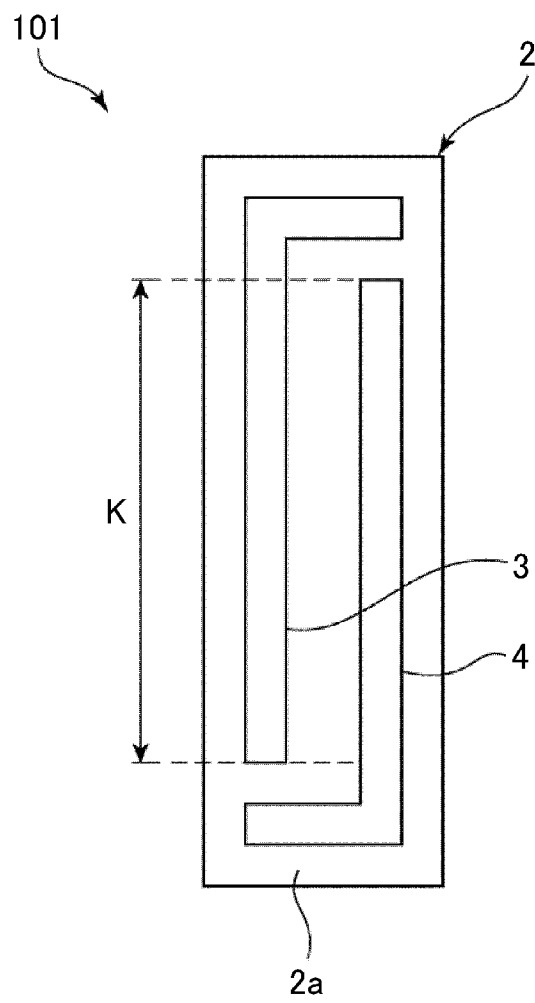
[図6]

図6

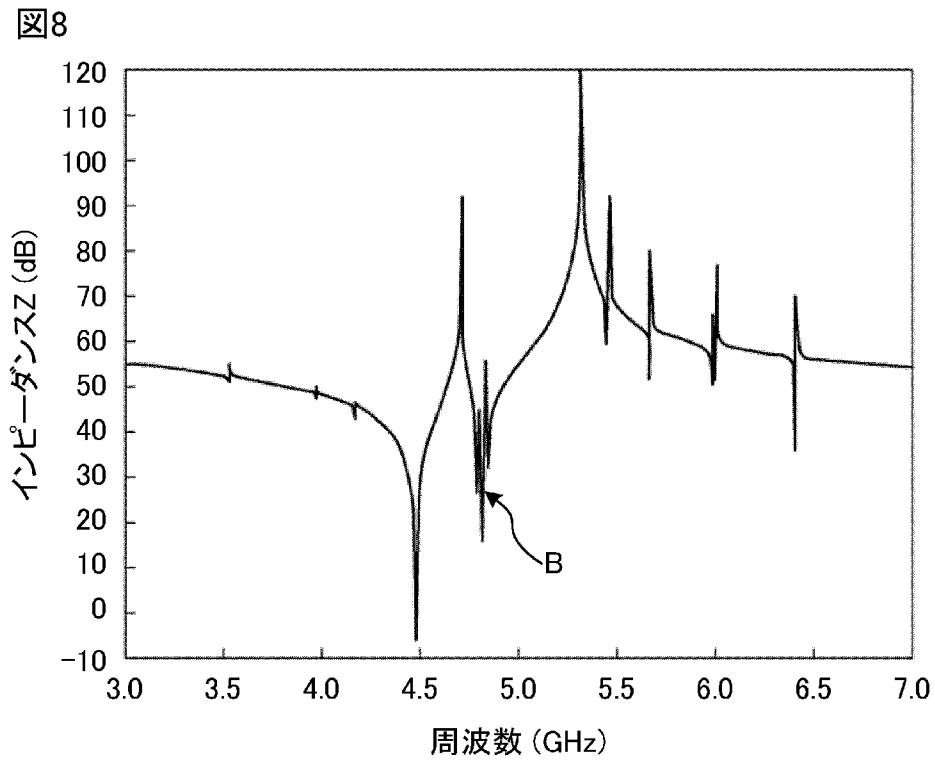


[図7]

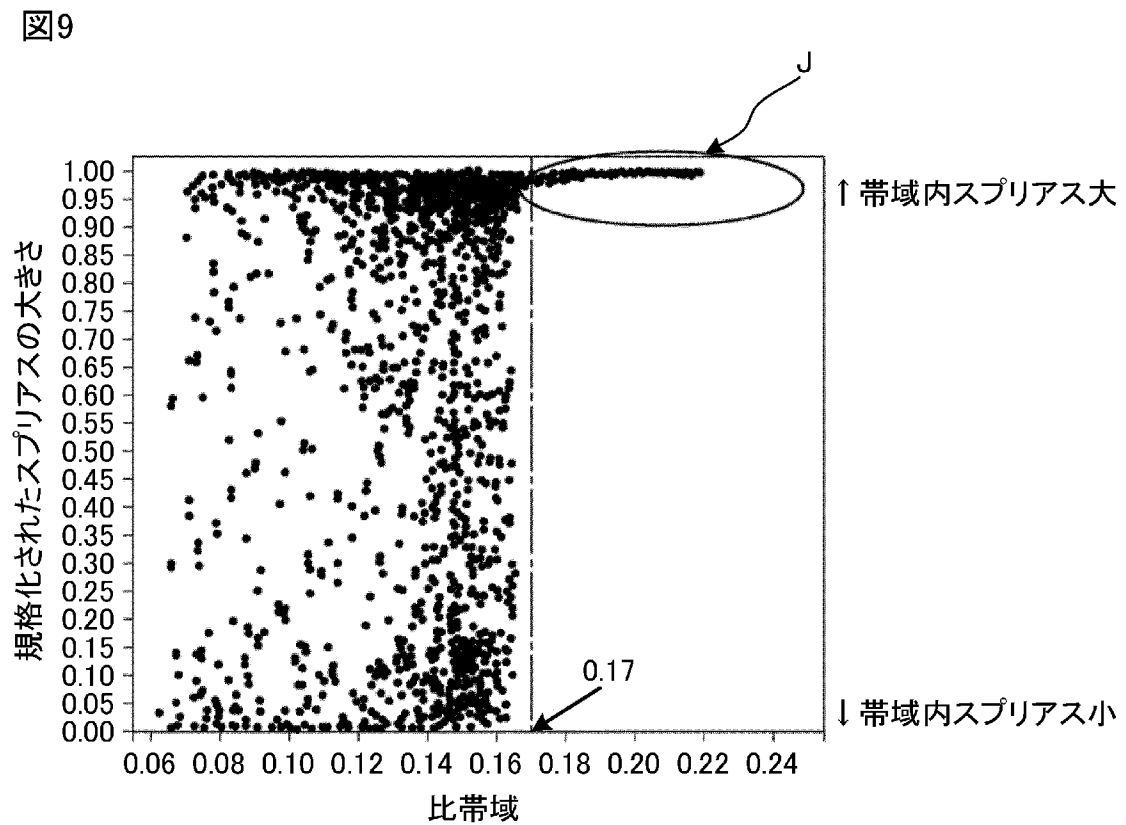
図7



[図8]

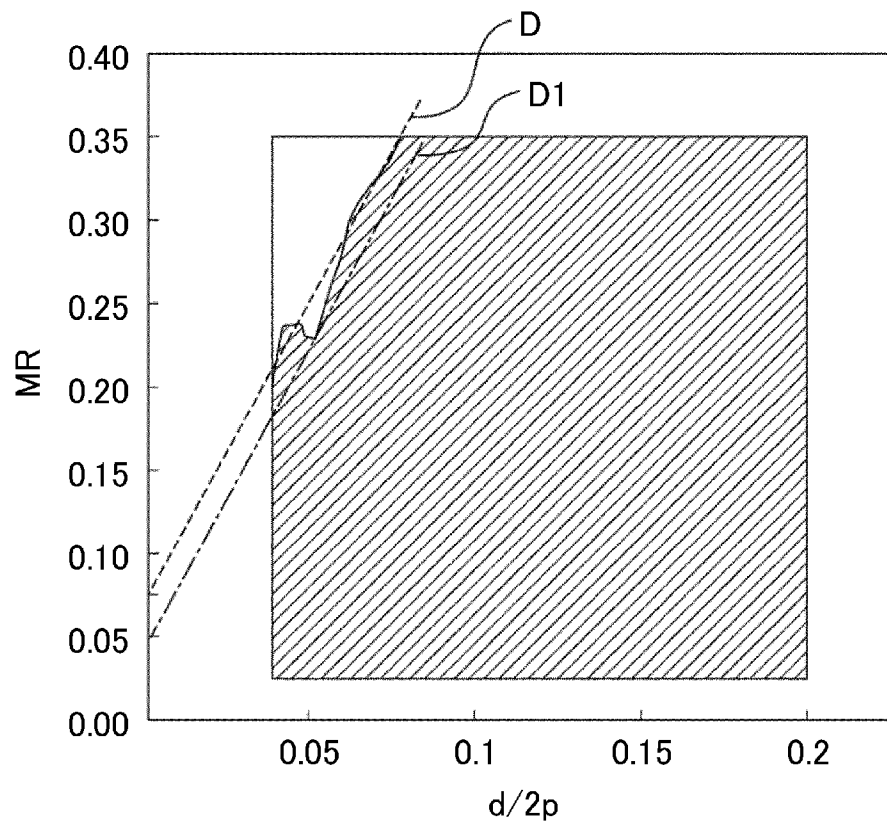


[図9]



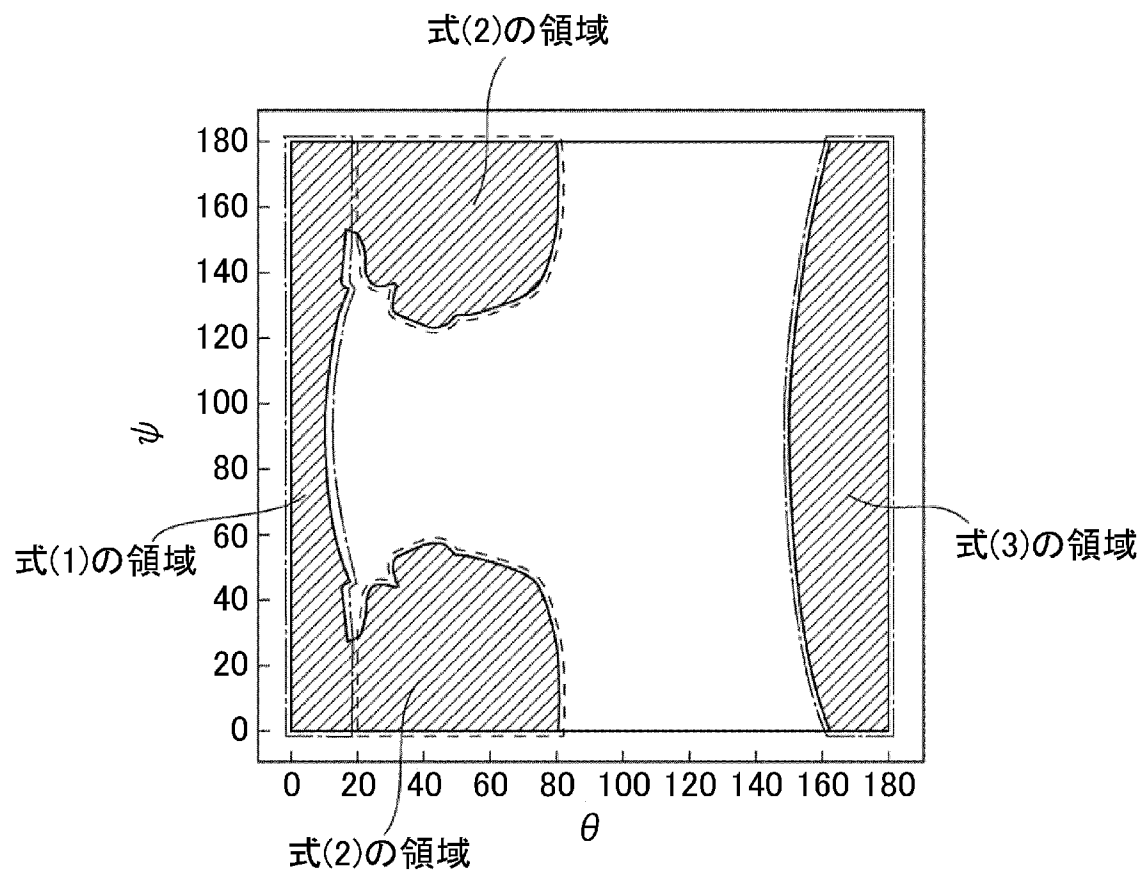
[図10]

図10



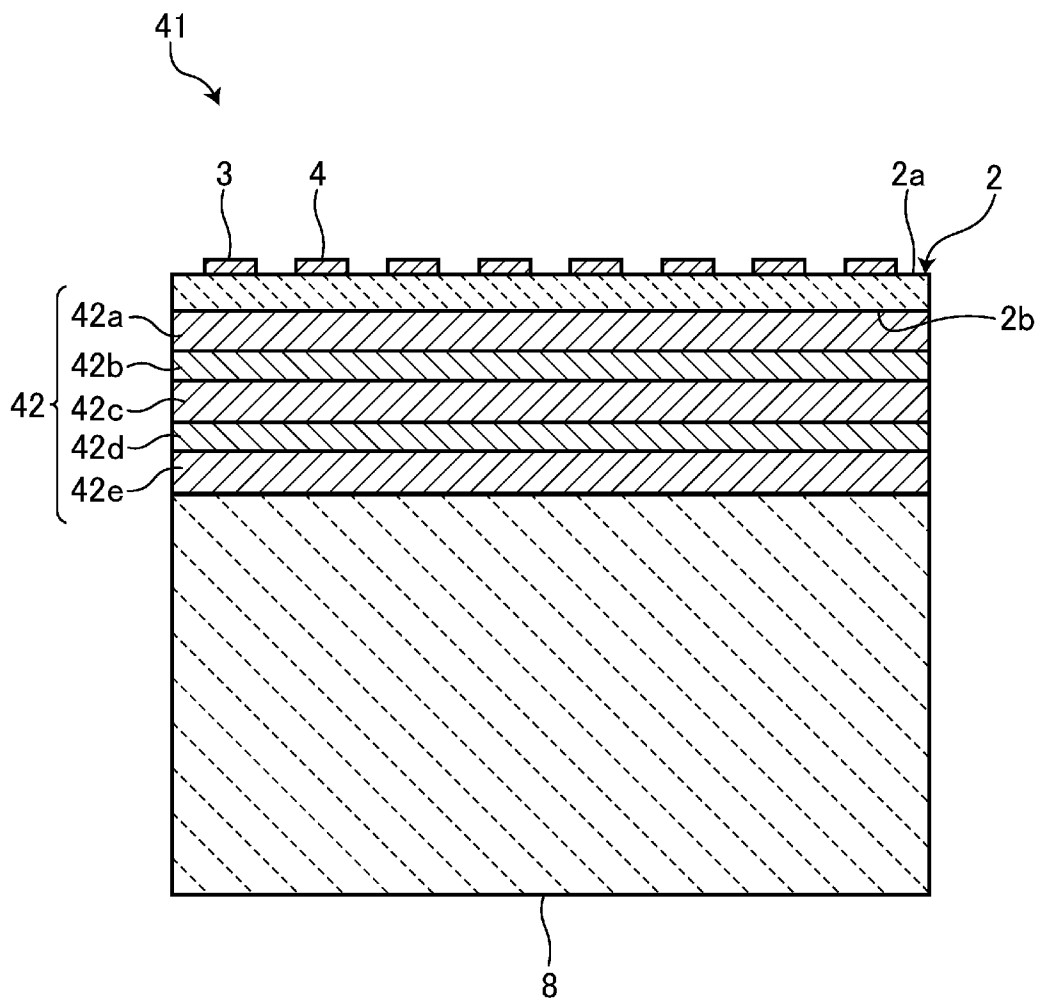
[図11]

図11

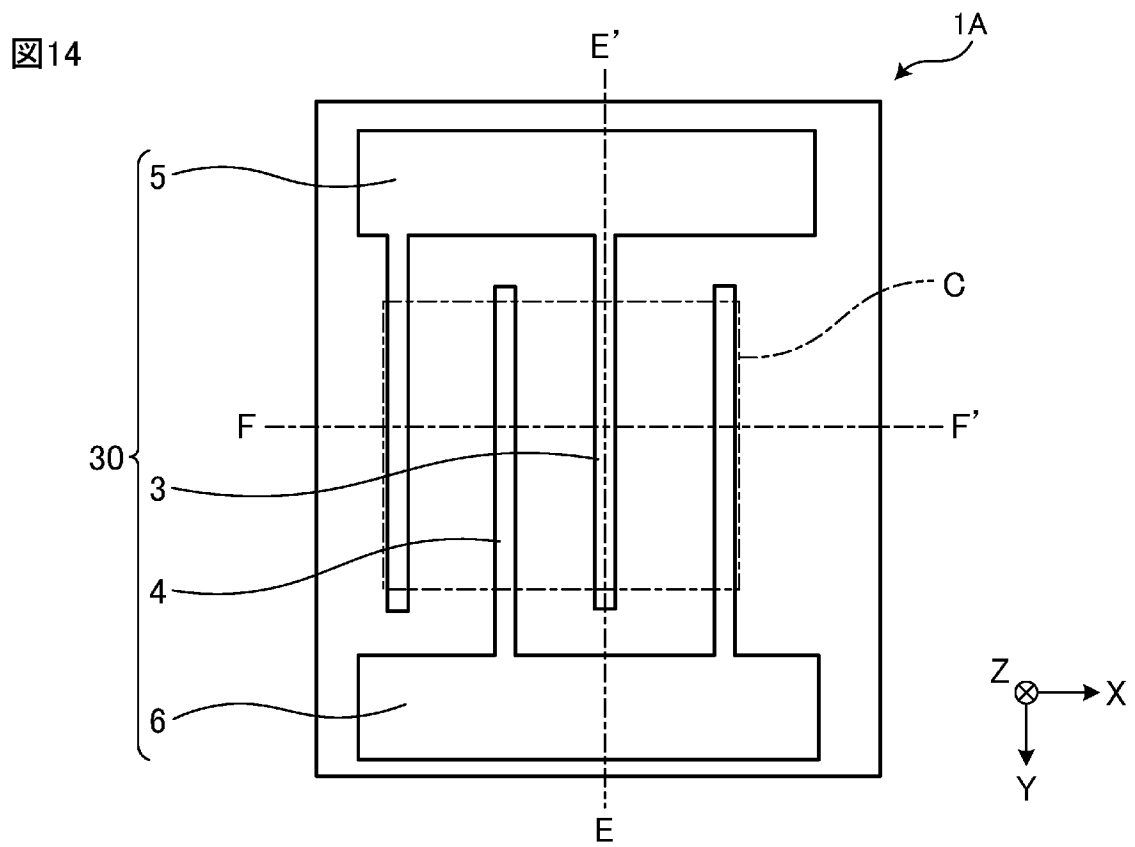


[図12]

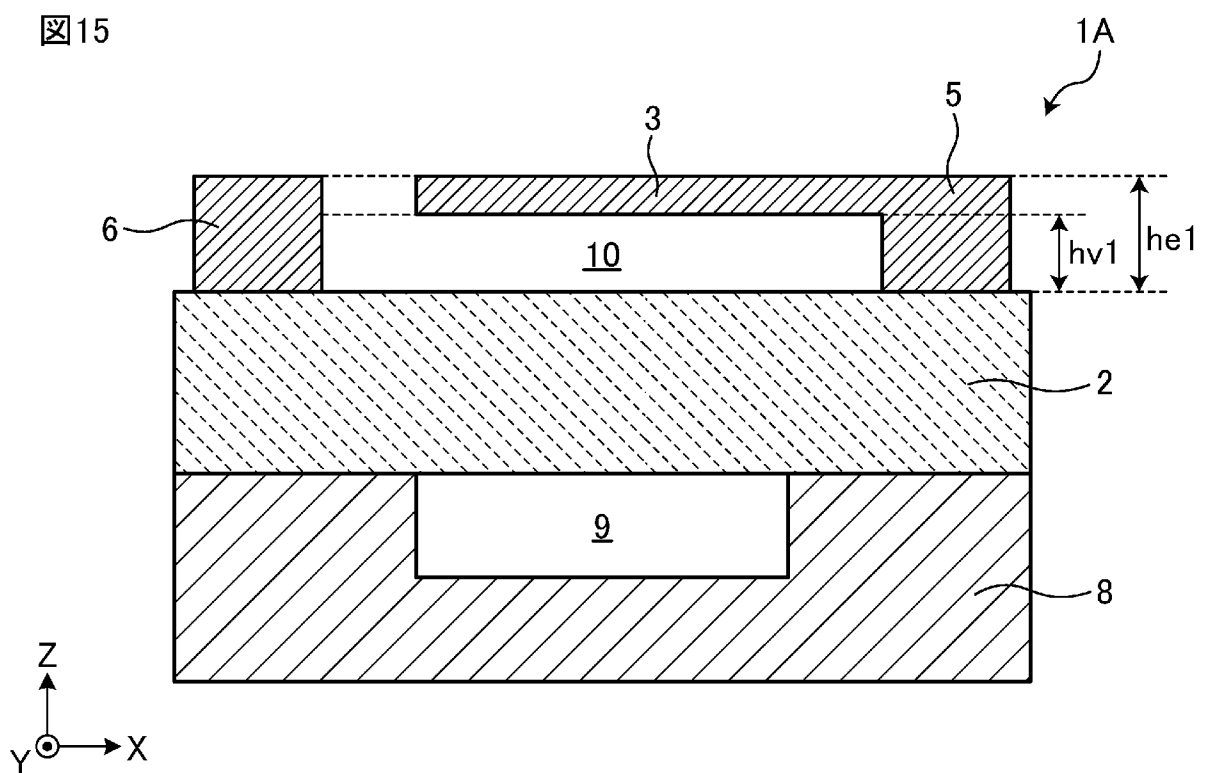
図12



[図14]

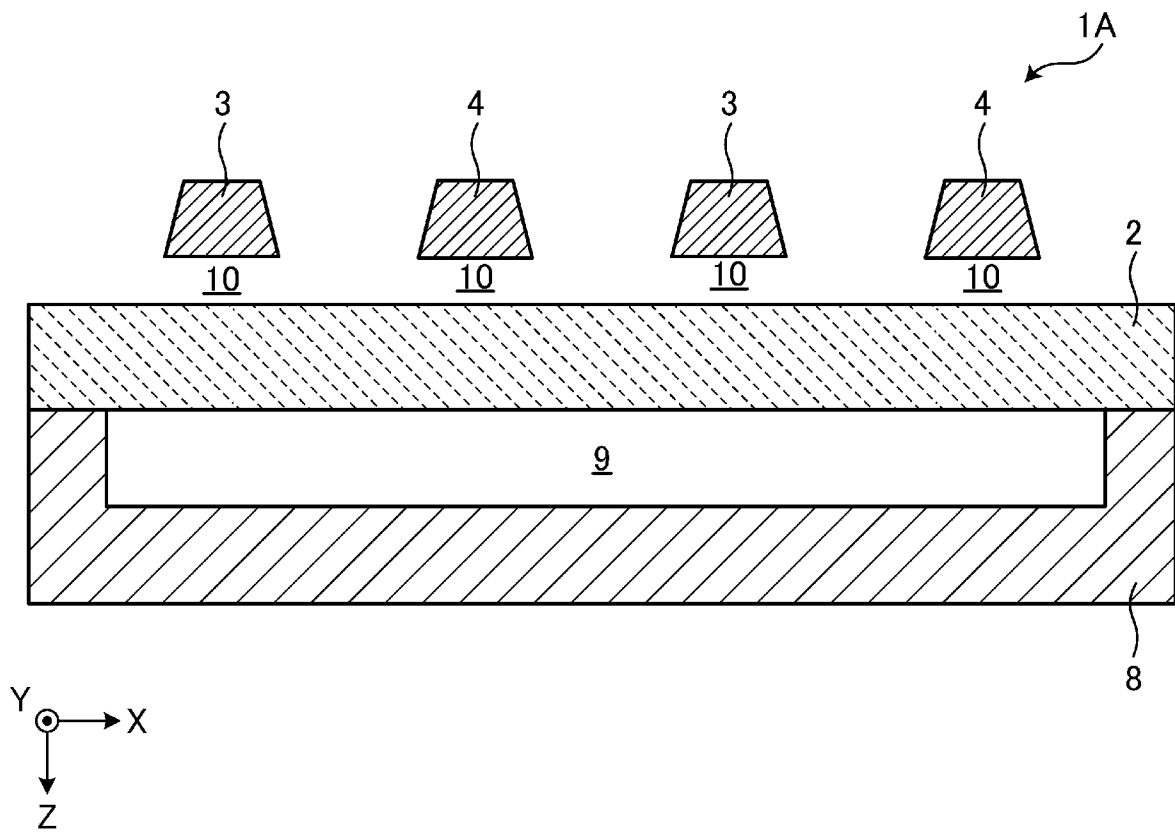


[図15]



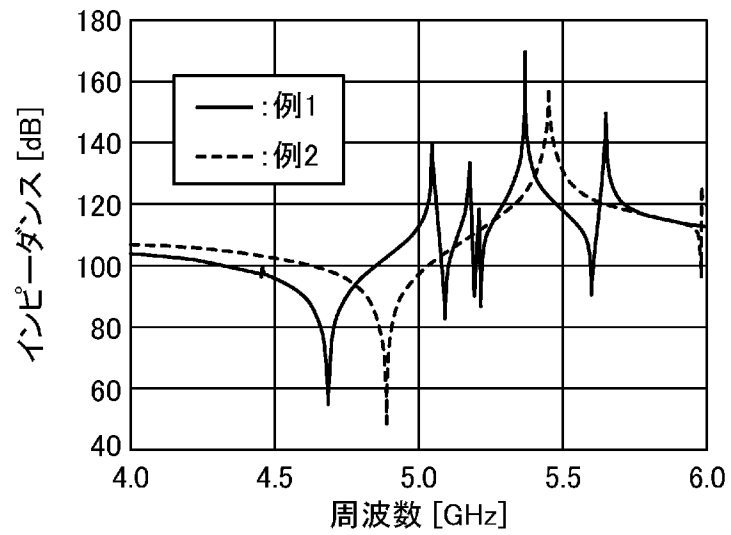
[図16]

図16



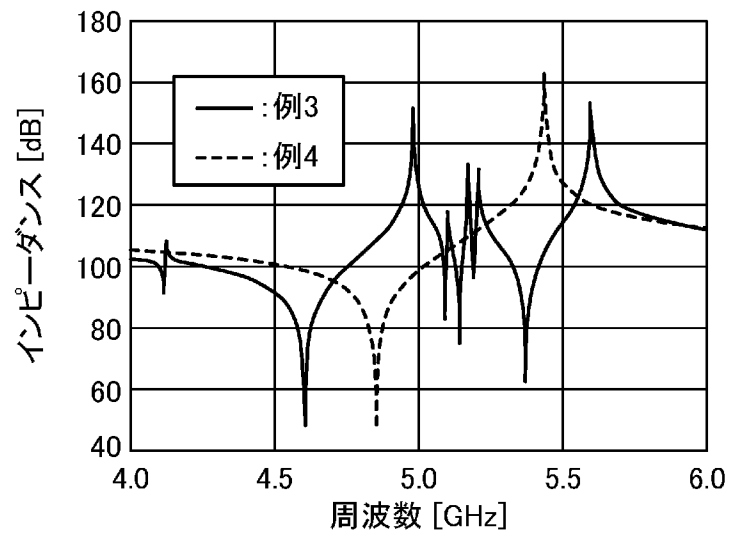
[図17A]

図17A



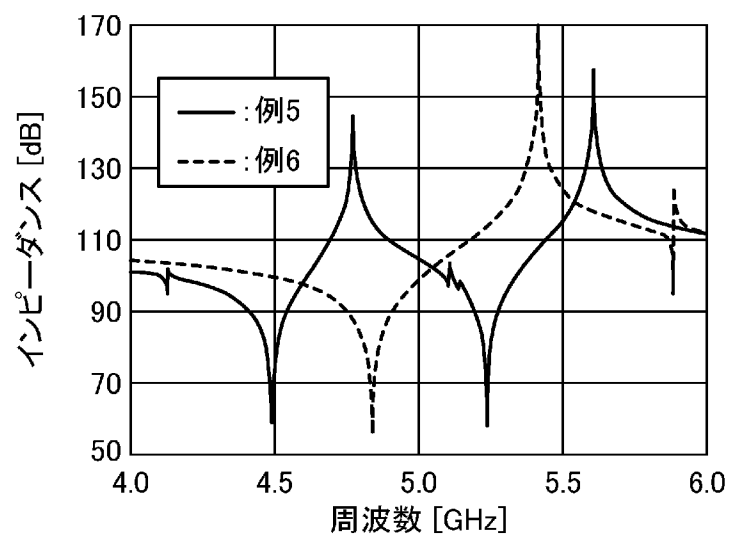
[図17B]

図17B



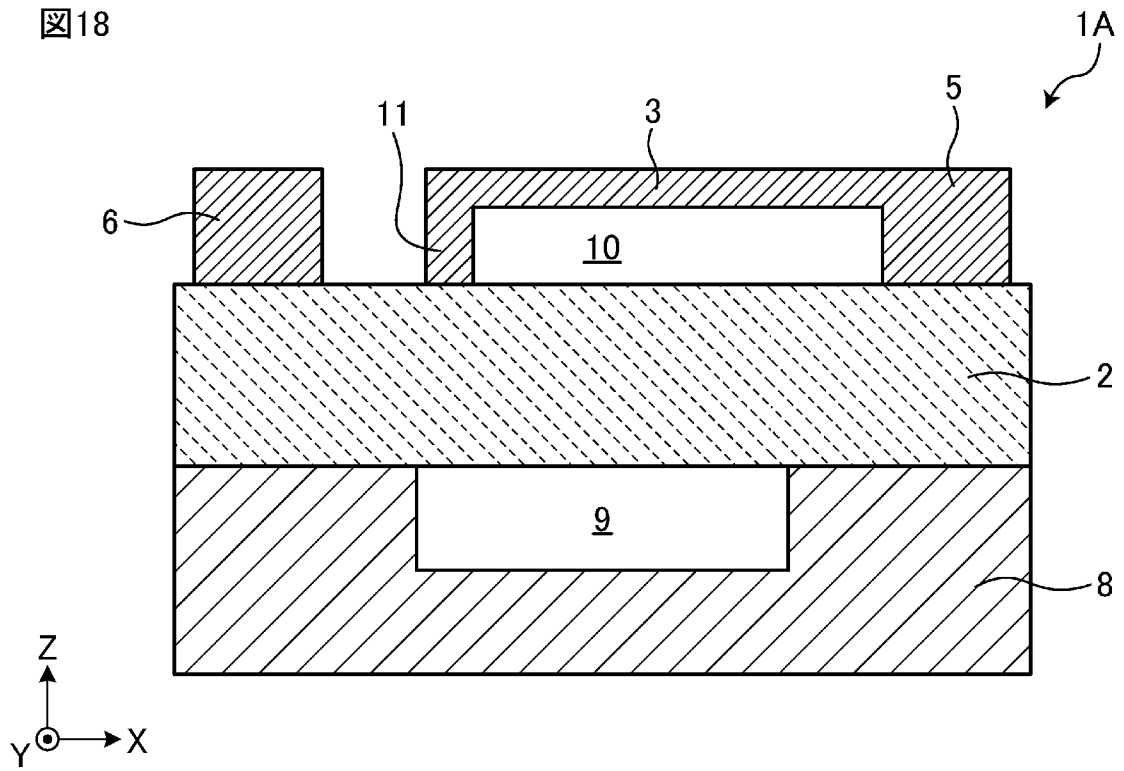
[図17C]

図17C



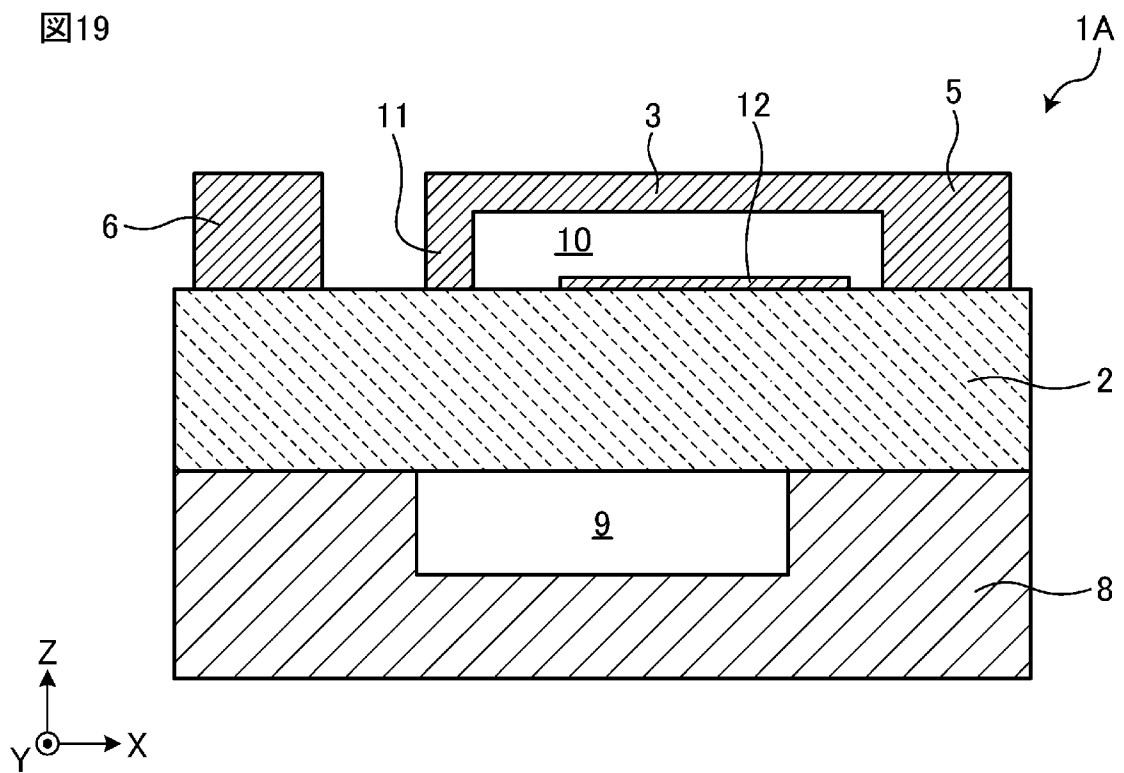
[図18]

図18



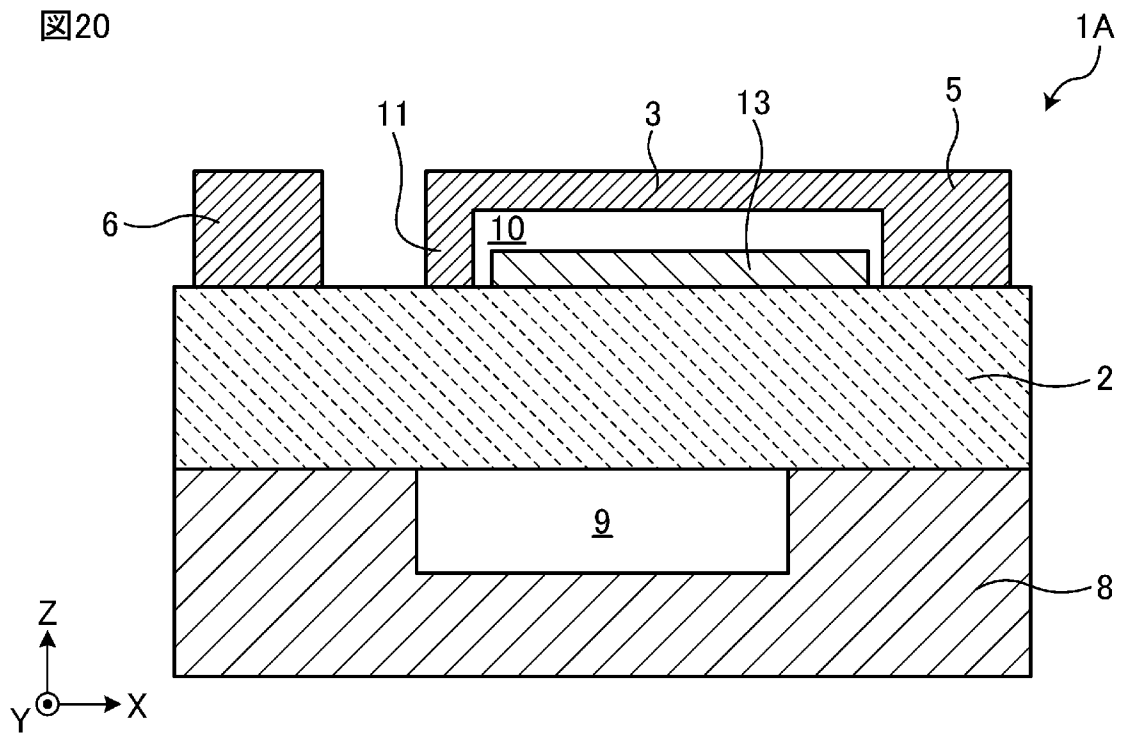
[図19]

図19



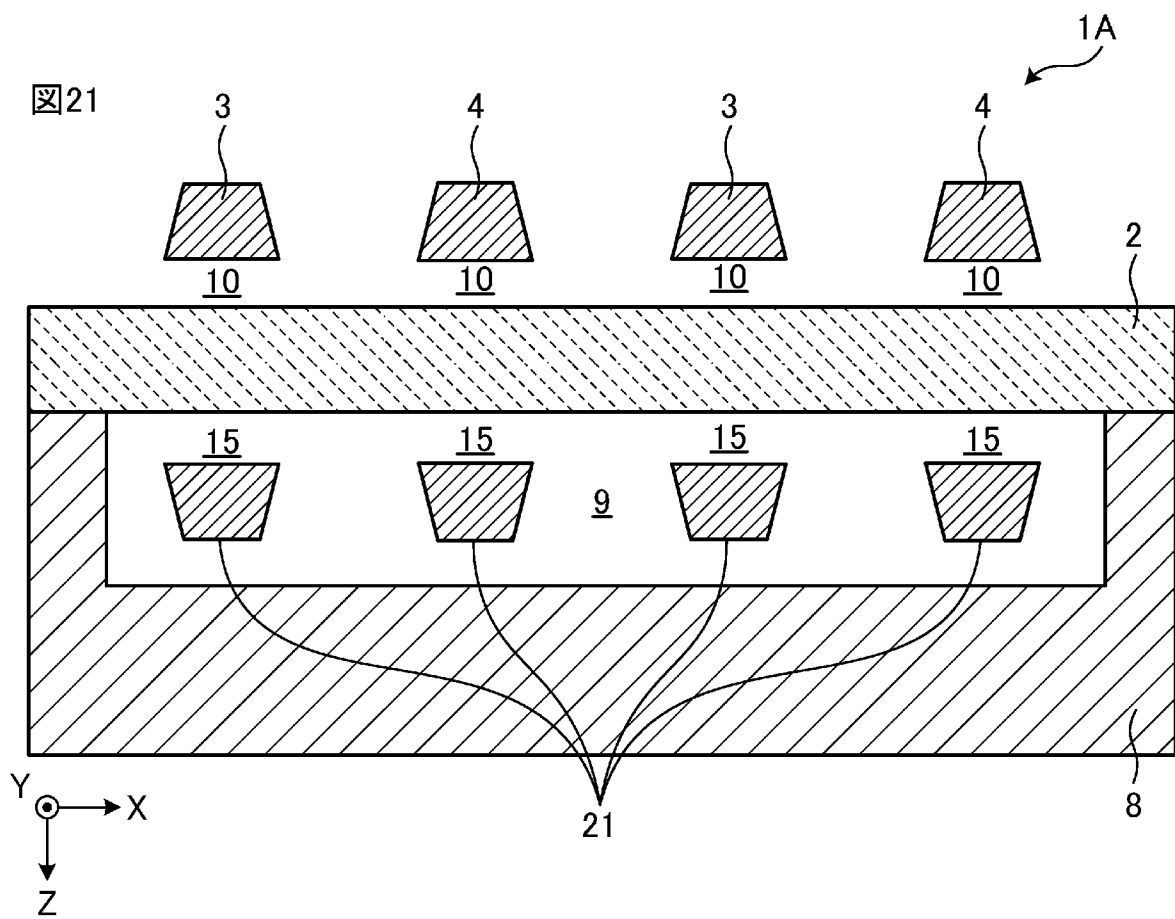
[図20]

図20

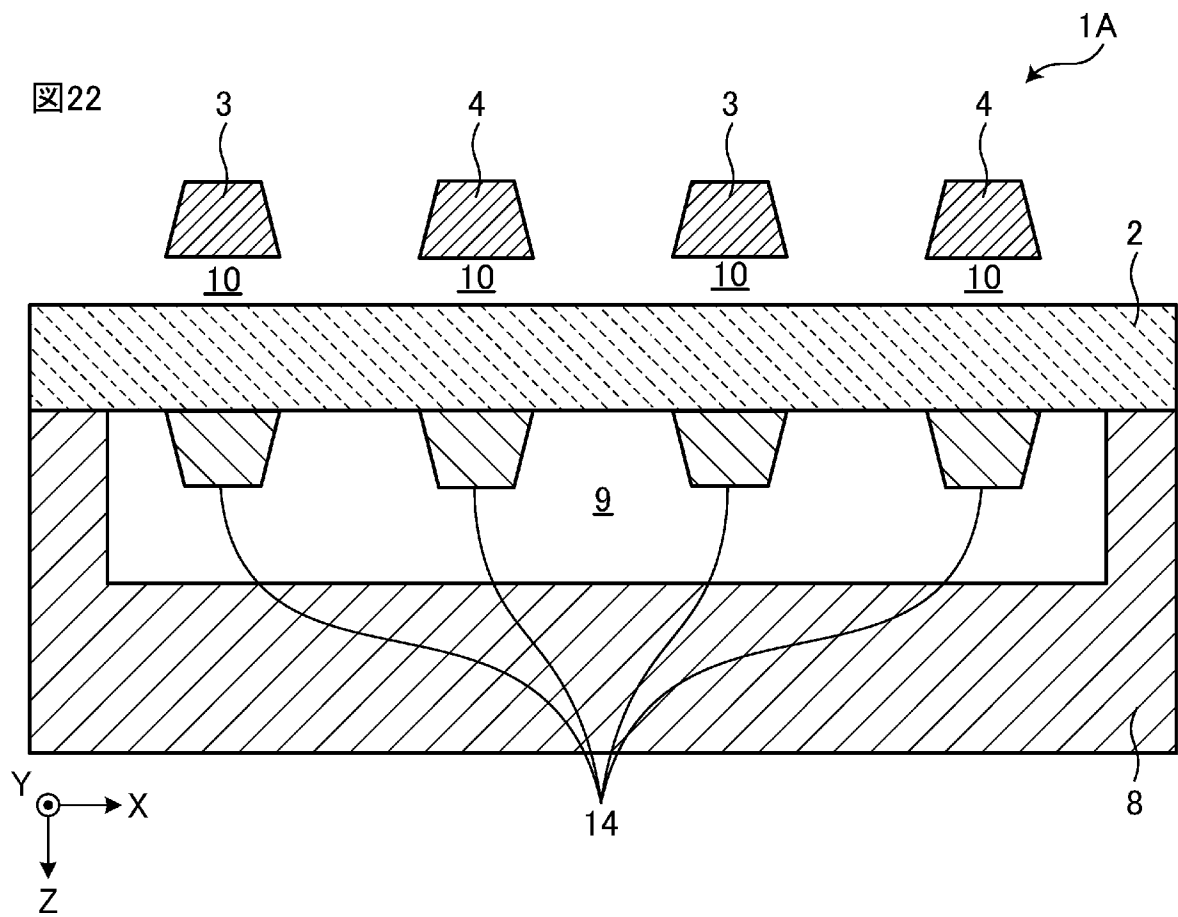


[図21]

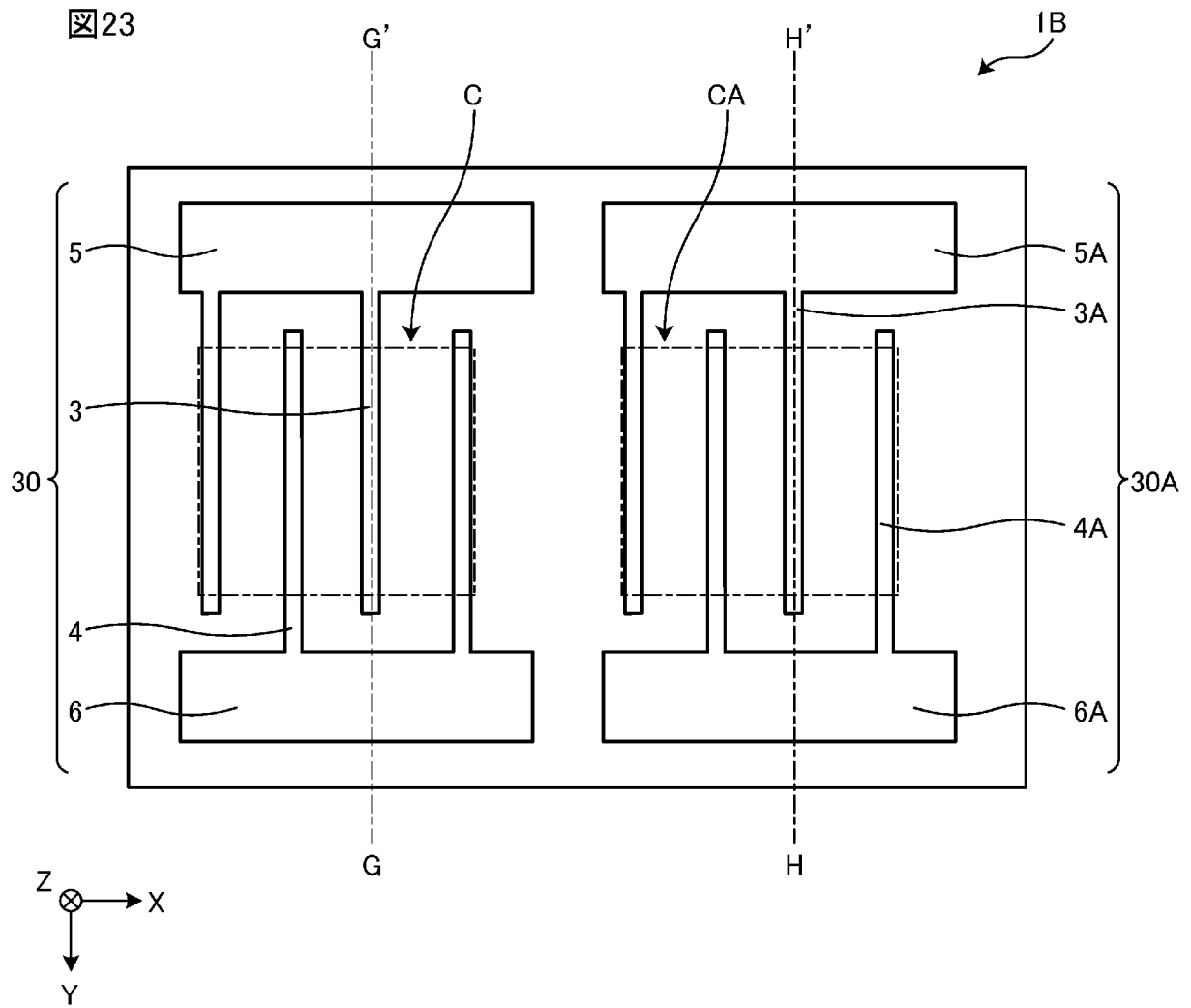
図21



[図22]

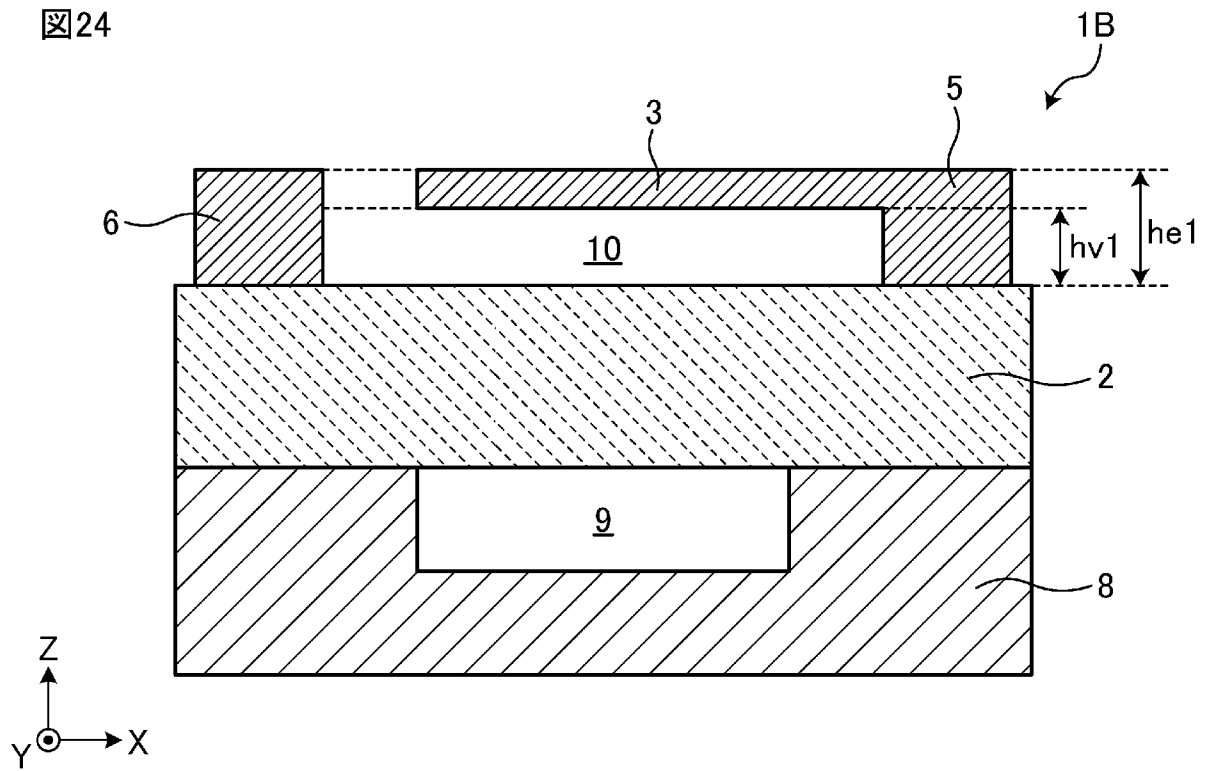


[図23]



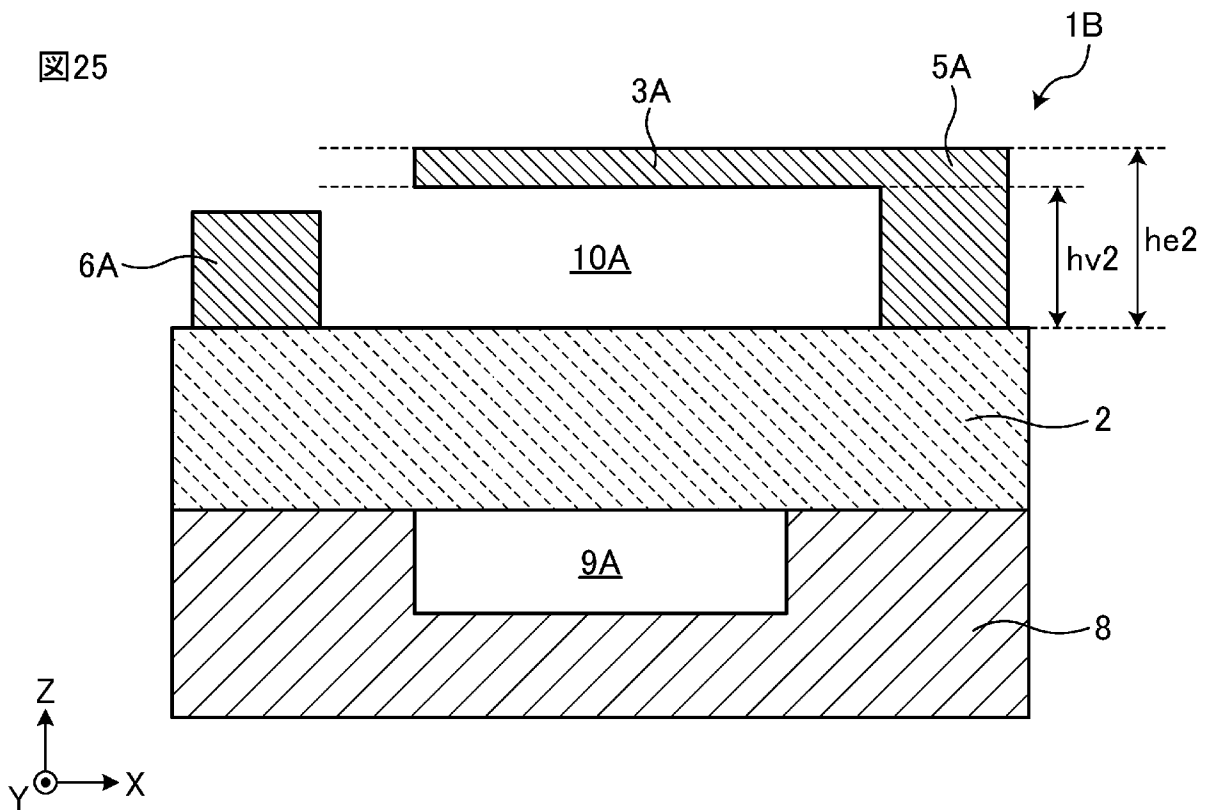
[図24]

図24



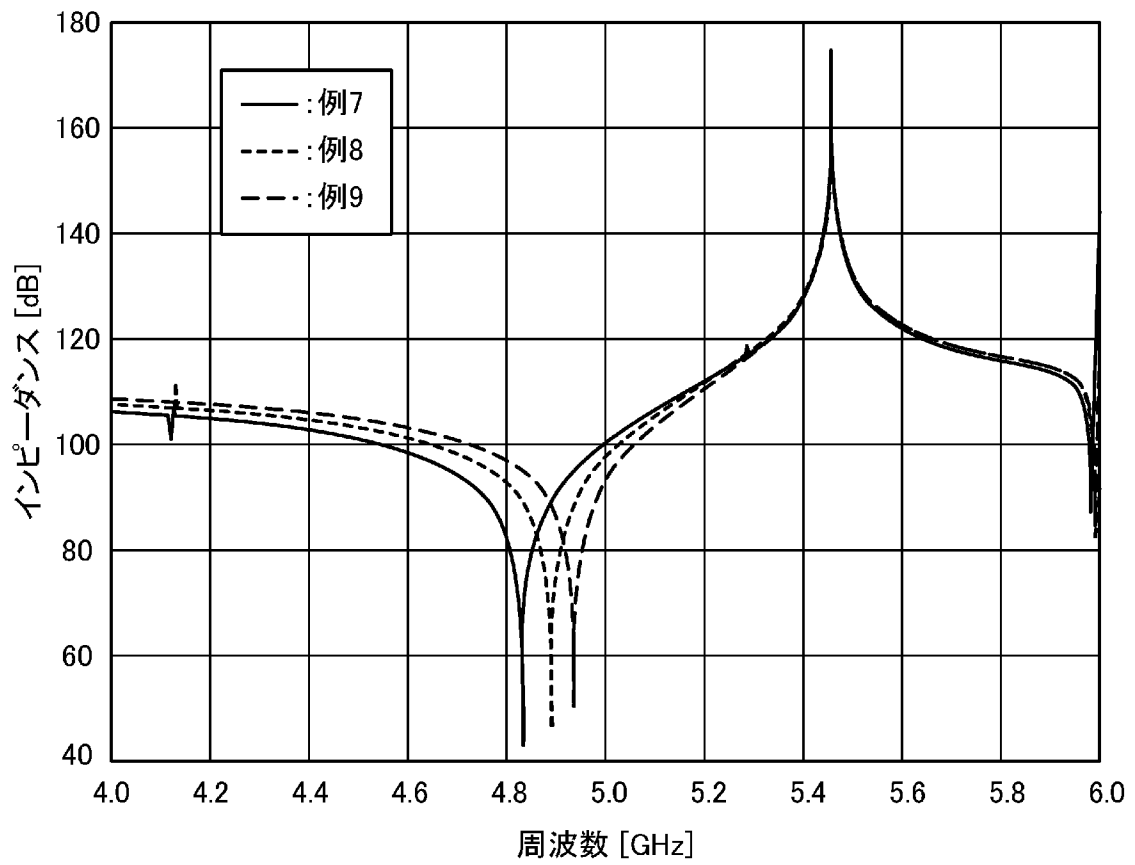
[図25]

図25



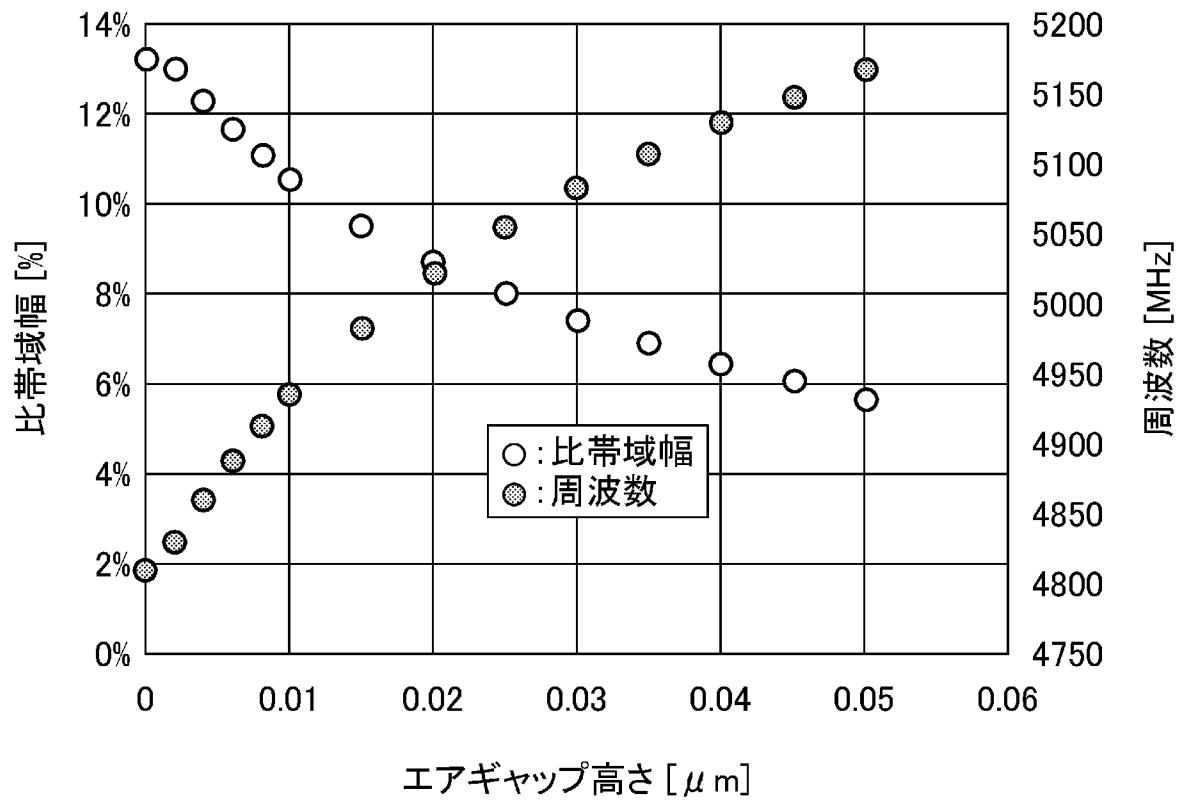
[図26]

図26



[図27]

図27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/045676

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H03H 9/145**(2006.01)i; **H03H 9/25**(2006.01)i; **H03H 9/64**(2006.01)i

FI: H03H9/145 C; H03H9/145 Z; H03H9/25 C; H03H9/64 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)

H03H9/145; 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.
A	JP 2008-72316 A (FUJITSU MEDIA DEVICE KK, FUJITSU LTD) 27 March 2008 (2008-03-27) paragraphs [0027]-[0030], fig. 4-7	1-14
A	JP 2019-21997 A (KYOCERA CORP) 07 February 2019 (2019-02-07) paragraphs [0036]-[0047], fig. 3-4	1-14
A	JP 2020-136783 A (TAIYO YUDEN KK) 31 August 2020 (2020-08-31) paragraphs [0021]-[0025], fig. 1	1-14
A	US 2020/0321939 A1 (RESONANT INC.) 08 October 2020 (2020-10-08) paragraphs [0029]-[0048], fig. 1-3	1-14
P, X	WO 2021/149501 A1 (MURATA MANUFACTURING CO) 29 July 2021 (2021-07-29) paragraphs [0022]-[0037], [0052]-[0067], [0107]-[0127], fig. 2, 8	1-3, 10, 12

☐ 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

07 February 2022

Date of mailing of the international search report

15 February 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/045676

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2008-72316	A	27 March 2008	US 2008/0067896 A1 paragraphs [0042]-[0045], fig. 4A-7 CN 101145768 A KR 10-2008-0024451 A	
JP	2019-21997	A	07 February 2019	(Family: none)	
JP	2020-136783	A	31 August 2020	(Family: none)	
US	2020/0321939	A1	08 October 2020	(Family: none)	
WO	2021/149501	A1	29 July 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H03H 9/145(2006.01)i; H03H 9/25(2006.01)i; H03H 9/64(2006.01)i FI: H03H9/145 C; H03H9/145 Z; H03H9/25 C; H03H9/64 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）） H03H9/145; 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
A	JP 2008-72316 A（富士通メディアデバイス株式会社, 富士通株式会社）27.03.2008 (2008 - 03 - 27) [0027]-[0030], 図4-図7	1-14
A	JP 2019-21997 A（京セラ株式会社）07.02.2019（2019 - 02 - 07） [0036]-[0047], 図3-図4	1-14
A	JP 2020-136783 A（太陽誘電株式会社）31.08.2020（2020 - 08 - 31） [0021]-[0025], 図1	1-14
A	US 2020/0321939 A1（RESONANT INC.）08.10.2020（2020 - 10 - 08） [0029]-[0048], 図1-図3	1-14
P, X	WO 2021/149501 A1（株式会社村田製作所）29.07.2021（2021 - 07 - 29） [0022]-[0037], [0052]-[0067], [0107]-[0127], 図2, 図8	1-3, 10, 12
☐ 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 07.02.2022		国際調査報告の発送日 15.02.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） ▲高▼橋 徳浩 5W 4877 電話番号 03-3581-1101 内線 3576

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/JP2021/045676

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2008-72316	A	27.03.2008	US 2008/0067896 A1 [0042]-[0045], 図4A-図7 CN 101145768 A KR 10-2008-0024451 A	
JP	2019-21997	A	07.02.2019	(ファミリーなし)	
JP	2020-136783	A	31.08.2020	(ファミリーなし)	
US	2020/0321939	A1	08.10.2020	(ファミリーなし)	
WO	2021/149501	A1	29.07.2021	(ファミリーなし)	