

(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
2023年7月20日(20.07.2023)



(10) 国際公開番号

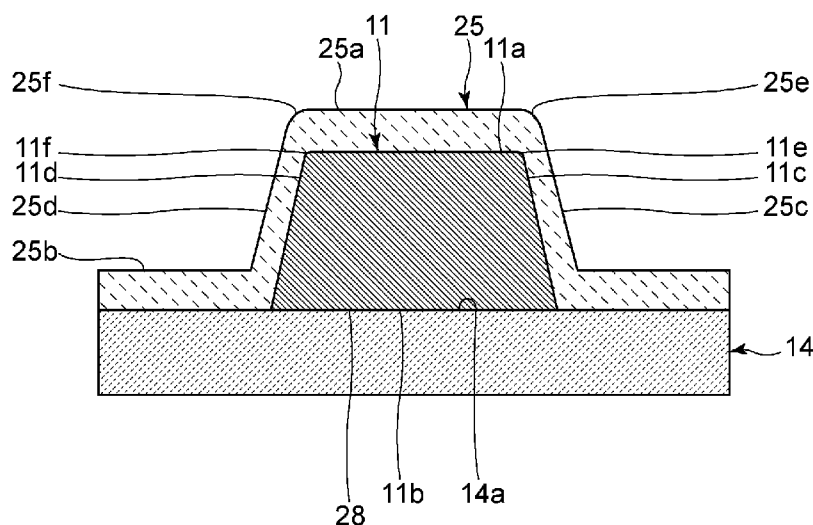
WO 2023/136291 A1

- (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/JP2023/000608
- (22) 国際出願日: 2023年1月12日(12.01.2023)
- (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:
63/299,216 2022年1月13日(13.01.2022) 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: 大門 克也 (DAIMON, Katsuya);
〒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).
井山 明洋 (IYAMA, Akihiro); 〒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: 弁理士法人大阪フロント特許事
務所 (OSAKA FRONT); 〒5400028 大阪府大
阪市中央区常盤町 1 丁目 3 番 8 号 中央
大通 F N ビル 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,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: ELASTIC WAVE DEVICE

(54) 発明の名称: 弾性波装置

図3



(57) **Abstract:** Provided is an elastic wave device in which the frequency at which an unwanted wave is generated can be distanced from an anti-resonance frequency. An elastic wave device 10 according to the present invention comprises: a piezoelectric substrate comprising a support member including a support substrate, and a piezoelectric layer 14 provided on the support member and composed of lithium tantalate or lithium niobate; a function electrode (IDT electrode 11) provided on the piezoelectric layer 14 and comprising at least one pair of electrode fingers; and a dielectric film 25 provided on the piezoelectric layer 14 so as to cover the at least one pair of electrode fingers. In a plan view taken along a stacking direction of the support member and the piezoelectric layer 14, an acoustic reflection portion is formed in a position overlapping with at least a part of the function electrode. If the thickness of the piezoelectric layer 14 is d and the center-to-center distance of adjacent electrode fingers is p, d/p is less than or equal to 0.5. The electrode fingers include: a first surface 11a and a second surface 11b opposite each other in the thickness direction; side surfaces (first and second side surface 11c and 11d).

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, CV, 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, ME, 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))

portions 11c, 11d) connected to the first surface 11a and the second surface 11b; and electrode finger ridge portions (first and second electrode finger ridge portions 11e, 11f) to which the side surfaces and the first surface 11a are connected. Of the first surface 11a and the second surface 11b, the second surface 11b is positioned on the piezoelectric layer 14 side. The dielectric film 25 includes: an electrode finger surface cover portion 25a covering the first surface 11a of the electrode fingers; side surface cover portions (first and second side surface cover portions 25c, 25d) covering the side surfaces of the electrode fingers; and dielectric film ridge portions (first and second dielectric film ridge portions 25e, 25f) to which the side surface cover portions and the electrode finger surface cover portion 25a are connected. The dielectric film ridge portions and the electrode finger ridge portions are both curved, wherein the radius of curvature of at least a part of the dielectric film ridge portions is greater than the radius of curvature of at least a part of the electrode finger ridge portions.

(57) 要約: 不要波が生じる周波数を反共振周波数から遠ざけることができる、弾性波装置を提供する。本発明に係る弾性波装置10は、支持基板を含む支持部材と、支持部材上に設けられており、タンタル酸リチウムまたはニオブ酸リチウムからなる圧電層14と、を有する圧電性基板と、圧電層14上に設けられており、少なくとも1対の電極指を有する機能電極(1D T電極11)と、圧電層14上に、少なくとも1対の電極指を覆うように設けられている誘電体膜25とを備える。支持部材及び圧電層14の積層方向に沿って見た平面視において、機能電極の少なくとも一部と重なる位置に音響反射部が形成されている。圧電層14の厚みをd、隣り合う電極指同士の間隔をpとした場合、 d/p が0.5以下である。電極指が、厚み方向において互いに対向している第1の面11a及び第2の面11bと、第1の面11a及び第2の面11bに接続されている側面(第1, 第2の側面部11c, 11d)と、側面及び第1の面11aが接続されている電極指稜線部(第1, 第2の電極指稜線部11e, 11f)とを有する。第1の面11a及び第2の面11bのうち、第2の面11bが圧電層14側に位置している。誘電体膜25が、電極指の第1の面11aを覆っている電極指面カバー部25aと、電極指の側面を覆っている側面カバー部(第1, 第2の側面カバー部25c, 25d)と、側面カバー部及び電極指面カバー部25aが接続されている誘電体膜稜線部(第1, 第2の誘電体膜稜線部25e, 25f)とを有する。誘電体膜稜線部及び電極指稜線部の双方が曲面状であり、誘電体膜稜線部の少なくとも一部の曲率半径が、電極指稜線部の少なくとも一部の曲率半径よりも大きい。

明 細 書

発明の名称： 弾性波装置

技術分野

[0001] 本発明は、弾性波装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、弾性波装置は、携帯電話器のフィルタなどに広く用いられている。近年においては、下記の特許文献1に記載のような、厚み滑りモードのバルク波を用いた弾性波装置が提案されている。この弾性波装置においては、支持体上に圧電層が設けられている。圧電層上に、対となる電極が設けられている。対となる電極は圧電層上において互いに対向しており、かつ互いに異なる電位に接続される。上記電極間に交流電圧を印加することにより、厚み滑りモードのバルク波を励振させている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第10491192号明細書

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、例えば、圧電層上に、弾性波を励振するための上記電極を覆うように、保護膜が設けられることが考えられる。本発明者らは、上記のように保護膜が設けられた場合には、該保護膜に起因する不要波が生じることを見出した。該不要波が生じる周波数は反共振周波数に近い。そのため、フィルタ装置に当該弾性波装置を用いた場合には、フィルタ特性が劣化するおそれがある。

[0005] 本発明の目的は、不要波が生じる周波数を反共振周波数から遠ざけることができる、弾性波装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明に係る弾性波装置のある広い局面では、支持基板を含む支持部材と

、前記支持部材上に設けられており、タンタル酸リチウムまたはニオブ酸リチウムからなる圧電層とを有する圧電性基板と、前記圧電層上に設けられており、少なくとも1対の電極指を有する機能電極と、前記圧電層上に、前記少なくとも1対の電極指を覆うように設けられている誘電体膜とが備えられており、前記支持部材及び前記圧電層の積層方向に沿って見た平面視において、前記機能電極の少なくとも一部と重なる位置に音響反射部が形成されており、前記圧電層の厚みを d 、隣り合う前記電極指同士の間隔を p とした場合、 d/p が0.5以下であり、前記電極指が、厚み方向において互いに対向している第1の面及び第2の面と、前記第1の面及び前記第2の面に接続されている側面と、前記側面及び前記第1の面が接続されている電極指稜線部とを有し、前記第1の面及び前記第2の面のうち、前記第2の面が前記圧電層側に位置しており、前記誘電体膜が、前記電極指の前記第1の面を覆っている電極指面カバー部と、前記電極指の前記側面を覆っている側面カバー部と、前記側面カバー部及び前記電極指面カバー部が接続されている誘電体膜稜線部とを有し、前記誘電体膜稜線部及び前記電極指稜線部の双方が曲面状であり、前記誘電体膜稜線部の少なくとも一部の曲率半径が、前記電極指稜線部の少なくとも一部の曲率半径よりも大きい。

[0007] 本発明に係る弾性波装置の他の広い局面では、支持基板を含む支持部材と、前記支持部材上に設けられており、タンタル酸リチウムまたはニオブ酸リチウムからなる圧電層とを有する圧電性基板と、前記圧電層上に設けられており、少なくとも1対の電極指を有する機能電極と、前記圧電層上に、前記少なくとも1対の電極指を覆うように設けられている誘電体膜とが備えられており、前記支持部材及び前記圧電層の積層方向に沿って見た平面視において、前記機能電極の少なくとも一部と重なる位置に音響反射部が形成されており、前記圧電層の厚みを d 、隣り合う前記電極指同士の間隔を p とした場合、 d/p が0.5以下であり、前記電極指が、厚み方向において互いに対向している第1の面及び第2の面と、前記第1の面及び前記第2の面に接続されている側面と、前記側面及び前記第1の面が接続されている電極

指稜線部とを有し、前記第 1 の面及び前記第 2 の面のうち、前記第 2 の面が前記圧電層側に位置しており、前記誘電体膜が、前記電極指の前記第 1 の面を覆っている電極指面カバー部と、前記電極指の前記側面を覆っている側面カバー部と、前記側面カバー部及び前記電極指面カバー部が接続されている誘電体膜稜線部とを有し、前記誘電体膜稜線部が曲面状であり、前記電極指稜線部が線状である。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、不要波が生じる周波数を反共振周波数から遠ざけることができる、弾性波装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。

[図2]図 2 は、図 1 中の I-I 線に沿う模式的断面図である。

[図3]図 3 は、図 1 中の I-I 線に沿う、第 1 の電極指付近を示す模式的断面図である。

[図4]図 4 は、比較例における 1 本の電極指付近を示す模式的正面断面図である。

[図5]図 5 は、本発明の第 1 の実施形態における、誘電体膜稜線部の曲率半径とインピーダンス周波数特性との関係、及び比較例におけるインピーダンス周波数特性を示す図である。

[図6]図 6 は、複数の仮想平面を説明するための、本発明の第 1 の実施形態における電極指及び誘電体膜の一部を示す模式的正面断面図である。

[図7]図 7 は、本発明の第 2 の実施形態における第 1 の電極指付近を示す模式的正面断面図である。

[図8]図 8 は、本発明の第 3 の実施形態に係るフィルタ装置の回路図である。

[図9]図 9 (a) は、厚み滑りモードのバルク波を利用する弾性波装置の外観を示す略図的斜視図であり、図 9 (b) は、圧電層上の電極構造を示す平面図である。

[図10]図10は、図9(a)中のA-A線に沿う部分の断面図である。

[図11]図11(a)は、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り、図11(b)は、弾性波装置における、圧電膜を伝搬する厚み滑りモードのバルク波を説明するための模式的正面断面図である。

[図12]図12は、厚み滑りモードのバルク波の振幅方向を示す図である。

[図13]図13は、厚み滑りモードのバルク波を利用する弾性波装置の共振特性を示す図である。

[図14]図14は、隣り合う電極の中心間距離を p 、圧電層の厚みを d とした場合の d/p と共振子としての比帯域との関係を示す図である。

[図15]図15は、厚み滑りモードのバルク波を利用する弾性波装置の平面図である。

[図16]図16は、スプリアスが現れている参考例の弾性波装置の共振特性を示す図である。

[図17]図17は、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。

[図18]図18は、 $d/2p$ と、メタライゼーション比 MR との関係を示す図である。

[図19]図19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図である。

[図20]図20は、音響多層膜を有する弾性波装置の正面断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。

[0011] なお、本明細書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ことを指摘しておく。

[0012] 図1は、本発明の第1の実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である

。図2は、図1中のI-I線に沿う模式的断面図である。なお、図1においては、後述する誘電体膜を省略している。

[0013] 図1に示すように、弾性波装置10は、圧電性基板12と、IDT電極11とを有する。図2に示すように、圧電性基板12は、支持部材13と、圧電層14とを有する。本実施形態では、支持部材13は、支持基板16と、絶縁層15とを含む。支持基板16上に絶縁層15が設けられている。絶縁層15上に圧電層14が設けられている。もっとも、支持部材13は支持基板16のみにより構成されていてもよい。

[0014] 圧電層14は第1の主面14a及び第2の主面14bを有する。第1の主面14a及び第2の主面14bは互いに対向している。第1の主面14a及び第2の主面14bのうち、第2の主面14bが支持部材13側に位置している。

[0015] 支持基板16の材料としては、例えば、シリコンなどの半導体や、酸化アルミニウムなどのセラミックスなどを用いることができる。絶縁層15の材料としては、酸化ケイ素または酸化タンタルなどの、適宜の誘電体を用いることができる。圧電層14は、例えば、 LiNbO_3 層などのニオブ酸リチウム層または LiTaO_3 層などのタンタル酸リチウム層である。

[0016] 図2に示すように、絶縁層15に凹部が設けられている。絶縁層15上に、凹部を塞ぐように、圧電層14が設けられている。これにより、中空部が構成されている。この中空部が空洞部10aである。本実施形態では、支持部材13の一部及び圧電層14の一部が、空洞部10aを挟み互いに対向するように、支持部材13と圧電層14とが配置されている。もっとも、支持部材13における凹部は、絶縁層15及び支持基板16にわたり設けられていてもよい。あるいは、支持基板16のみに設けられた凹部が、絶縁層15により塞がれていてもよい。凹部は圧電層14に設けられていても構わない。なお、空洞部10aは、支持部材13に設けられた貫通孔であってもよい。

[0017] 圧電層14の第1の主面14aには、機能電極としてのIDT電極11が

設けられている。第1の主面14aには、IDT電極11を覆うように、誘電体膜25が設けられている。誘電体膜25の材料としては、例えば、酸化ケイ素、窒化ケイ素または酸窒化ケイ素などを用いることができる。もっとも、誘電体膜25の材料は上記に限定されない。

[0018] 平面視において、IDT電極11の少なくとも一部が、圧電性基板12の空洞部10aと重なっている。本明細書において平面視とは、図2における上方に相当する方向から、支持部材13及び圧電層14の積層方向に沿って見ることをいう。なお、図2においては、例えば、支持基板16及び圧電層14のうち、圧電層14側が上方である。

[0019] 図1に示すように、IDT電極11は、1対のバスバーと、複数の電極指とを有する。1対のバスバーは、具体的には、第1のバスバー26及び第2のバスバー27である。第1のバスバー26及び第2のバスバー27は互いに対向している。複数の電極指は、具体的には、複数の第1の電極指28及び複数の第2の電極指29である。複数の第1の電極指28の一端はそれぞれ、第1のバスバー26に接続されている。複数の第2の電極指29の一端はそれぞれ、第2のバスバー27に接続されている。複数の第1の電極指28及び複数の第2の電極指29は互いに間挿し合っている。IDT電極11は、単層の金属膜からなっているてもよく、あるいは、積層金属膜からなっているてもよい。

[0020] なお、本発明における機能電極は、少なくとも1対の第1の電極指28及び第2の電極指29を有していればよい。

[0021] 以下においては、第1の電極指28及び第2の電極指29を、単に電極指と記載することがある。複数の電極指が延びる方向を電極指延伸方向とし、隣り合う電極指同士が互いに対向する方向を電極指対向方向としたときに、本実施形態においては、電極指延伸方向及び電極指対向方向は直交する。

[0022] 図3は、図1中のI-I'線に沿う、第1の電極指付近を示す模式的断面図である。

[0023] 各第1の電極指28は、第1の面11a及び第2の面11bを有する。第

1の面11a及び第2の面11bは、厚み方向において互いに対向している。第1の面11a及び第2の面11bのうち、第2の面11bが圧電層14側に位置している。各第1の電極指28は側面を有する。側面は、第1の面11a及び第2の面11bに接続されている。より具体的には、側面は第1の側面部11c及び第2の側面部11dを含む。第1の側面部11c及び第2の側面部11dは、電極指延伸方向と直交する方向において、互いに対向している。

[0024] さらに、各第1の電極指28は、電極指稜線部を有する。電極指稜線部は、側面及び第1の面11aが接続されている部分である。より具体的には、電極指稜線部は第1の電極指稜線部11e及び第2の電極指稜線部11fを含む。第1の電極指稜線部11eは、第1の側面部11c及び第1の面11aが接続されている部分である。第2の電極指稜線部11fは、第2の側面部11d及び第1の面11aが接続されている部分である。同様に、図2に示す各第2の電極指29も、第1の面及び第2の面、第1の側面部及び第2の側面部、並びに第1の電極指稜線部及び第2の電極指稜線部を有する。

[0025] 本実施形態においては、電極指稜線部の曲率半径は比較的小さいが、電極指稜線部は曲面状である。

[0026] 本実施形態の弾性波装置10は、厚み滑りモードのバルク波を利用可能に構成された弾性波共振子である。より具体的には、弾性波装置10においては、圧電層14の厚みを d 、隣り合う電極指同士を中心間距離を p とした場合、 d/p が0.5以下である。これにより、厚み滑りモードのバルク波が好適に励振される。なお、電極指対向方向から見たときに、隣り合う電極指同士が重なり合う領域であり、かつ隣り合う電極指同士を中心間の領域が励振領域である。各励振領域において、厚み滑りモードのバルク波が励振される。

[0027] 図2に示す空洞部10aは、本発明における音響反射部である。音響反射部により、弾性波のエネルギーを圧電層14側に効果的に閉じ込めることができる。なお、音響反射部として、後述する、音響多層膜などの音響反射膜

が設けられていてもよい。

[0028] 上記のように、IDT電極11を誘電体膜25が覆っている。図3に示すように、誘電体膜25は、電極指面カバー部25aと、圧電層カバー部25bと、側面カバー部と、誘電体膜稜線部とを有する。電極指面カバー部25aは、電極指の第1の面11aを覆っている部分である。圧電層カバー部25bは、圧電層14を覆っている部分である。

[0029] 側面カバー部は、電極指の側面を覆っている部分である。より具体的には、側面カバー部は第1の側面カバー部25c及び第2の側面カバー部25dを含む。第1の側面カバー部25cは、電極指の第1の側面部11cを覆っている。第2の側面カバー部25dは、電極指の第2の側面部11dを覆っている。よって、第1の側面カバー部25c及び第2の側面カバー部25dは、電極指延伸方向と直交する方向において、互いに対向している。

[0030] 誘電体膜稜線部は、側面カバー部及び電極指面カバー部25aが接続されている部分である。より具体的には、誘電体膜稜線部は、第1の誘電体膜稜線部25e及び第2の誘電体膜稜線部25fを含む。第1の誘電体膜稜線部25eは、第1の側面カバー部25c及び電極指面カバー部25aが接続されている部分である。第2の誘電体膜稜線部25fは、第2の側面カバー部25d及び電極指面カバー部25aが接続されている部分である。

[0031] 図3においては、誘電体膜25における、第1の電極指28を覆っている部分及びその付近が示されている。もっとも、誘電体膜25における第2の電極指29を覆っている部分及びその付近においても、誘電体膜25は、電極指面カバー部と、圧電層カバー部と、側面カバー部と、誘電体膜稜線部とを有する。

[0032] 本実施形態の特徴は、誘電体膜稜線部及び電極指稜線部の双方が曲面状であり、誘電体膜稜線部の少なくとも一部の曲率半径が、電極指稜線部の少なくとも一部の曲率半径よりも大きいことにある。これにより、不要波が生じる周波数を反共振周波数から遠ざけることができる。この効果を、第1の実施形態と、比較例とを比較することにより、以下において示す。

[0033] 比較例は、図4に示すように、誘電体膜105における誘電体膜稜線部の形状が第1の実施形態と異なる。具体的には、図4に示す断面において、誘電体膜105の誘電体膜稜線部は点状である。なお、誘電体膜稜線部は電極指延伸方向に延びている。よって、比較例においては、誘電体膜稜線部は、電極指延伸方向に延びる線状である。

[0034] 第1の実施形態の構成を有する複数の弾性波装置1、及び比較例の弾性波装置を用意し、インピーダンス周波数特性をそれぞれ測定した。第1の実施形態の構成を有する複数の弾性波装置1においては、誘電体膜稜線部の曲率半径が互いに異なる。具体的には、誘電体膜稜線部の曲率半径を、 $0.06\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.14\mu\text{m}$ または $0.18\mu\text{m}$ とした。なお、第1の実施形態の構成を有する弾性波装置1のそれぞれにおいては、第1の誘電体膜稜線部25eの曲率半径、及び第2の誘電体膜稜線部25fの曲率半径は同じである。

[0035] 図5は、第1の実施形態における、誘電体膜稜線部の曲率半径とインピーダンス周波数特性との関係、及び比較例におけるインピーダンス周波数特性を示す図である。図5における右側に位置している数値はそれぞれ、誘電体膜稜線部の曲率半径を示し、単位は μm である。

[0036] 図5に示すように、第1の実施形態の各弾性波装置1における不要波が生じる周波数はいずれも、比較例の弾性波装置における不要波が生じる周波数よりも、反共振周波数から遠くなっている。このように、第1の実施形態においては、不要波が生じる周波数を反共振周波数から遠ざけることができる。

[0037] さらに、図5中の矢印Fにより示すように、誘電体膜稜線部の曲率半径が大きくなるほど、不要波が生じる周波数は反共振周波数から遠くなっている。具体的には、不要波が生じる周波数が、反共振周波数から、高域側に向かい遠くなっている。本発明の構成において、誘電体膜稜線部の曲率半径は、 $0.06\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $0.1\mu\text{m}$ 以上であることがより好ましく、 $0.14\mu\text{m}$ 以上であることがさらに好ましく、 $0.18\mu\text{m}$ 以

上であることがより一層好ましい。それによって、不要波が生じる周波数を反共振周波数から、より一層遠ざけることができる。

[0038] ところで、図3に示す誘電体膜25の第1の誘電体膜稜線部25eは、電極指延伸方向に延びている。第2の誘電体膜稜線部25fも同様である。ここで、誘電体膜25の第1の誘電体膜稜線部25eの少なくとも一部の曲率半径が第1の電極指稜線部11eの曲率半径よりも大きい構成を、第1の構成とする。第2の誘電体膜稜線部25fの少なくとも一部の曲率半径が第2の電極指稜線部11fの曲率半径よりも大きい構成を、第2の構成とする。弾性波装置1は、第1の構成及び第2の構成のうち少なくとも一方を有していればよい。

[0039] もっとも、誘電体膜25の第1の誘電体膜稜線部25eの全ての曲率半径が、第1の電極指稜線部11eの曲率半径よりも大きいことが好ましい。同様に、第2の誘電体膜稜線部25fの全ての曲率半径が、第2の電極指稜線部11fの曲率半径よりも大きいことが好ましい。これらの双方が満たされていることがより好ましい。それによって、不要波が生じる周波数を反共振周波数から、効果的に遠ざけることができる。

[0040] なお、第1の誘電体膜稜線部25e及び第1の電極指稜線部11eの曲率半径を比較する場合には、例えば、電極指延伸方向と直交する方向に沿う、同一の断面において比較すればよい。第2の誘電体膜稜線部25f及び第2の電極指稜線部11fの曲率半径を比較する場合も同様である。

[0041] 以下において、複数の仮想平面を定義し、本発明における好ましい構成を示す。

[0042] 図6は、複数の仮想平面を説明するための、第1の実施形態における電極指及び誘電体膜の一部を示す模式的正面断面図である。

[0043] 第1の電極指28の第1の側面部11cを含む仮想平面を第1の電極指仮想平面M1とする。第2の側面部11dを含む仮想平面を第2の電極指仮想平面M2とする。第1の面11aを含む仮想平面を第3の電極指仮想平面M3とする。図6においては、第1の電極指仮想平面M1及び第3の電極指仮

想平面M3が交叉する部分は、点として示されている。もっとも、第1の電極指仮想平面M1及び第3の電極指仮想平面M3が交叉する部分は、電極指延伸方向に延びる線状である。第2の電極指仮想平面M2及び第3の電極指仮想平面M3が交叉する部分も同様に、電極指延伸方向に延びる線状である。

[0044] 第1の電極指28の第1の面11aは、第1の端縁部11g及び第2の端縁部11hを有する。第1の端縁部11gは第1の側面部11c側に位置している。具体的には、第1の端縁部11gは、第1の面11aと、第1の電極指稜線部11eとの間の境界である。第2の端縁部11hは第2の側面部11d側に位置している。具体的には、第2の端縁部11hは、第1の面11aと、第2の電極指稜線部11fとの間の境界である。

[0045] 第1の電極指仮想平面M1及び第3の電極指仮想平面M3が交叉する線と、第1の端縁部11gとの間の距離を、第1の電極指仮想距離L1とする。第1の電極指仮想距離L1が長いほど、第1の電極指稜線部11eの曲率半径は大きい。第2の電極指仮想平面M2及び第3の電極指仮想平面M3が交叉する線と、第2の端縁部11hとの間の距離を、第2の電極指仮想距離L2とする。第2の電極指仮想距離L2が長いほど、第2の電極指稜線部11fの曲率半径は大きい。

[0046] 誘電体膜25の第1の側面カバー部25cを含む仮想平面を第1の誘電体膜仮想平面N1とする。第2の側面カバー部25dを含む仮想平面を第2の誘電体膜仮想平面N2とする。電極指面カバー部25aを含む仮想平面を第3の誘電体膜仮想平面N3とする。第1の誘電体膜仮想平面N1及び第3の誘電体膜仮想平面N3が交叉する部分は、電極指延伸方向に延びる線状である。第2の誘電体膜仮想平面N2及び第3の誘電体膜仮想平面N3が交叉する部分も同様に、電極指延伸方向に延びる線状である。

[0047] 誘電体膜25の電極指面カバー部25aは、第3の端縁部25g及び第4の端縁部25hを有する。第3の端縁部25gは第1の側面カバー部25c側に位置している。具体的には、第3の端縁部25gは、電極指面カバー部

25 a と、第1の誘電体膜稜線部25 e との間の境界である。第4の端縁部25 h は第2の側面カバー部25 d 側に位置している。具体的には、第4の端縁部25 h は、電極指面カバー部25 a と、第2の誘電体膜稜線部25 f との間の境界である。

[0048] 第1の誘電体膜仮想平面N1及び第3の誘電体膜仮想平面N3が交叉する線と、第3の端縁部25 g との間の距離を、第1の誘電体膜仮想距離L3とする。第1の誘電体膜仮想距離L3が長いほど、第1の誘電体膜稜線部25 e の曲率半径は大きい。第2の誘電体膜仮想平面N2及び第3の誘電体膜仮想平面N3が交叉する線と、第4の端縁部25 h との間の距離を、第2の誘電体膜仮想距離L4とする。第2の誘電体膜仮想距離L4が長いほど、第2の誘電体膜稜線部25 f の曲率半径は大きい。

[0049] 第1の実施形態においては、第1の誘電体膜仮想距離L3が、第1の電極指仮想距離L1よりも長い。同様に、第2の誘電体膜仮想距離L4が、第2の電極指仮想距離L2よりも長い。これらの場合には、不要波が生じる周波数を反共振周波数から、より一層確実に遠ざけることができる。

[0050] なお、図6では、第1の電極指28及び誘電体膜25の一部を示す。もっとも、第2の電極指29、及び誘電体膜25が該電極指を覆う部分においても、各仮想平面及び第1～第4の端縁部を定義することができる。そして、第1の電極指仮想距離L1、第2の電極指仮想距離L2、第1の誘電体膜仮想距離L3及び第2の誘電体膜仮想距離L4を定義することができる。第2の電極指29、及び誘電体膜25が該電極指を覆う部分においても、 $L3 \geq L1$ であることが好ましく、 $L4 \geq L2$ であることが好ましい。

[0051] 第1の実施形態においては、誘電体膜25は、IDT電極11全体を覆うように、圧電層14上に設けられている。もっとも、誘電体膜25は、複数の電極指を覆っていればよい。

[0052] 弾性波装置1では、IDT電極11及び誘電体膜25は、圧電層14の第1の主面14 a に設けられている。もっとも、IDT電極11及び誘電体膜25は、圧電層14の第1の主面14 a または第2の主面14 b に設けられ

ていればよい。ＩＤＴ電極１１及び誘電体膜２５が第２の主面１４ｂに設けられている場合においても、第１の実施形態と同様に、不要波が生じる周波数を反共振周波数から遠ざけることができる。

[0053] 図７は、第２の実施形態における第１の電極指付近を示す模式的正面断面図である。

[0054] 本実施形態は、ＩＤＴ電極３１における、第１の電極指３８の電極指稜線部が、電極指延伸方向に延びる線状である点において、第１の実施形態と異なる。より具体的には、第１の電極指稜線部３１ｅ及び第２の電極指稜線部３１ｆは、電極指延伸方向に延びる線状である。同様に、第２の電極指の電極指稜線部も、電極指延伸方向に延びる線状である。上記の点以外においては、本実施形態の弾性波装置は第１の実施形態の弾性波装置１０と同様の構成を有する。

[0055] 本実施形態においては、誘電体膜２５の誘電体膜稜線部が曲面状であり、各電極指の電極指稜線部が直線状である。この場合においても、第１の実施形態と同様に、不要波が生じる周波数を反共振周波数から遠ざけることができる。

[0056] 本発明に係る弾性波装置は、例えば、フィルタ装置に用いることができる。この例を、第３の実施形態により示す。

[0057] 図８は、本発明の第３の実施形態に係るフィルタ装置の回路図である。

[0058] フィルタ装置４０はラダー型フィルタである。フィルタ装置４０は、第１の信号端子４２及び第２の信号端子４３と、複数の直列腕共振子及び複数の並列腕共振子とを有する。本実施形態においては、全ての直列腕共振子及び全ての並列腕共振子が弾性波共振子である。そして、全ての弾性波共振子が本発明に係る弾性波装置である。もっとも、フィルタ装置４０における少なくとも１つの弾性波共振子が、本発明に係る弾性波装置であればよい。

[0059] 第１の信号端子４２及び第２の信号端子４３は、例えば、電極パッドとして構成されていてもよく、あるいは、配線として構成されていてもよい。本実施形態においては、第１の信号端子４２はアンテナ端子である。アンテナ

端子はアンテナに接続される。

[0060] フィルタ装置40の複数の直列腕共振子は、具体的には、直列腕共振子S1、直列腕共振子S2及び直列腕共振子S3である。複数の並列腕共振子は、具体的には、並列腕共振子P1及び並列腕共振子P2である。

[0061] 第1の信号端子42及び第2の信号端子43の間に、直列腕共振子S1、直列腕共振子S2及び直列腕共振子S3が互いに直列に接続されている。直列腕共振子S1及び直列腕共振子S2の間の接続点とグラウンド電位との間に、並列腕共振子P1が接続されている。直列腕共振子S2及び直列腕共振子S3の間の接続点とグラウンド電位との間に、並列腕共振子P2が接続されている。なお、フィルタ装置40の回路構成は上記に限定されない。フィルタ装置40がラダー型フィルタである場合、フィルタ装置40は、少なくとも1つの直列腕共振子と、少なくとも1つの並列腕共振子とを有していればよい。

[0062] あるいは、フィルタ装置40は、例えば、縦結合共振子型弾性波フィルタを含んでいてもよい。この場合、フィルタ装置40は、例えば、縦結合共振子型弾性波フィルタに接続された直列腕共振子または並列腕共振子を含んでいてもよい。該直列腕共振子または該並列腕共振子が本発明に係る弾性波装置であればよい。

[0063] フィルタ装置40の通過帯域を構成する並列腕共振子の反共振周波数は、フィルタ装置40の通過帯域内に位置する。よって、フィルタ装置40における通過帯域内の電気的特性に対し、並列腕共振子における反共振周波数付近に生じる不要波の影響は特に大きい。フィルタ装置40の通過帯域を構成する直列腕共振子の反共振周波数は、フィルタ装置40の通過帯域付近に位置する。よって、フィルタ装置40における通過帯域内の電気的特性に対し、直列腕共振子における反共振周波数付近に生じる不要波の影響も大きい。

[0064] 本実施形態では、各並列腕共振子及び各直列腕共振子は、本発明に係る弾性波装置である。よって、各並列腕共振子及び各直列腕共振子において、不要波が生じる周波数を反共振周波数から遠ざけることができる。これにより

、フィルタ装置40の通過帯域内の電気的特性に対する不要波の影響を抑制することができる。従って、フィルタ装置40のフィルタ特性の劣化を抑制することができる。

[0065] 本発明に係る弾性波装置が、ラダー型フィルタにおける並列腕共振子として用いられることが好ましい。上記のように、ラダー型フィルタとしてのフィルタ装置40における、通過帯域内の電気的特性に対し、並列腕共振子における反共振周波数付近に生じる不要波の影響は特に大きい。よって、上記構成により、フィルタ装置40のフィルタ特性の劣化を効果的に抑制することができる。

[0066] 以下において、厚み滑りモードの詳細を説明する。なお、後述するIDT電極における「電極」は、本発明における電極指に相当する。以下の例における支持部材は、本発明における支持基板に相当する。

[0067] 図9(a)は、厚み滑りモードのバルク波を利用する弾性波装置の外観を示す略図的斜視図であり、図9(b)は、圧電層上の電極構造を示す平面図であり、図10は、図9(a)中のA-A線に沿う部分の断面図である。

[0068] 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、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。圧電層2の厚みは、特に限定されないが、厚み滑りモードを効果的に励振するには、40nm以上、1000nm以下であることが好ましく、50nm以上、1000nm以下であることがより好ましい。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9(a)及び図9(b)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。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

において、電極 3 と、隣りの電極 4 とが対向している。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 の厚み方向に交叉する方向である。このため、電極 3 と、隣りの電極 4 とは、圧電層 2 の厚み方向に交叉する方向において対向しているともいえる。また、電極 3, 4 の長さ方向が図 9 (a) 及び図 9 (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 9 (a) 及び図 9 (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 9 (a) 及び図 9 (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。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。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。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 の幅、すなわち電極 3, 4 の対向方向の寸法は、 $50\ \text{nm}$ 以上、 $1000\ \text{nm}$ 以下の範囲であることが好ましく、 $150\ \text{nm}$ 以上、 $1000\ \text{nm}$ 以下の範囲であることがより好ましい。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。

[0069] また、弾性波装置 1 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 $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$ の範囲内）でもよい。

[0070] 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 10 に示すように、貫通孔 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。

[0071] 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、酸化窒化ケイ素、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。支持部材 8 を構成する Si は、抵抗率 $4 \text{ k} \Omega \text{ cm}$ 以上の高抵抗であることが望ましい。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。

[0072] 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、コーゾライト、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。

[0073] 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。弾性波装置 1 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。

[0074] 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。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、上記厚み滑り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。

[0075] 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、両側の反射器における電極指の本数を少なくしても、伝搬ロスが少ないためである。また、上記電極指の本数を少なくできるのは、厚み滑りモードのバルク波を利用していることによる。弾性波装置で利用したラム波と、上記厚み滑りモードのバルク波の相違を、図11(a)及び図11(b)を参照して説明する。

[0076] 図11(a)は、日本公開特許公報 特開2012-257019号公報に記載のような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。ここでは、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201aと、第2の主面201bとが対向しており、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電極の電極指が並んでいる方向である。図11(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。

[0077] これに対して、図11(b)に示すように、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、反射器の電極指の本数を少なくしても、伝搬損失は生じ難い。さらに、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。

[0078] なお、厚み滑りモードのバルク波の振幅方向は、図 12 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 451 と、励振領域 C に含まれる第 2 領域 452 とで逆になる。図 12 では、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 2 a 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 2 b との間の領域である。

[0079] 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。

[0080] 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。弾性波装置 1 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。

[0081] 図 13 は、図 10 に示す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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 弾性波装置1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。

[0085] 図13から明らかなように、反射器を有しないにも関わらず、比帯域が12.5%である良好な共振特性が得られている。

[0086] 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、弾性波装置1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14を参照して説明する。

[0087] 図13に示した共振特性を得た弾性波装置と同様に、但し d/p を変化させ、複数の弾性波装置を得た。図14は、この d/p 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。

[0088] 図14から明らかなように、 $d/p>0.5$ 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、 $d/p\leq 0.5$ 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/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。

[0089] 図15は、厚み滑りモードのバルク波を利用する弾性波装置の平面図である。弾性波装置80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15中のKが交叉幅となる。前述したように、本発明の弾性波装置では、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、厚み滑りモードのバルク波を効果的に励振することができる。

[0090] 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C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。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16及び図17を参照して説明する。図16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LiNbO₃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。

[0091] メタライゼーション比MRを、図9(b)を参照して説明する。図9(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見たときに電極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C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Cの面積に対する比である。

[0092] 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

る全共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。

[0093] 図17は弾性波装置1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17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。

[0094] 図17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17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16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。

[0095] 図18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18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18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。

[0096] 図19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19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。

[0097] ($0^\circ \pm 10^\circ$, $0^\circ \sim 20^\circ$, 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)

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

[0098] 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。圧電層2がタンタル酸リチウム層である場合も同様である。

[0099] 図20は、音響多層膜を有する弾性波装置の正面断面図である。

[0100] 弾性波装置81では、圧電層2の第2の主面2bに音響多層膜82が積層されている。音響多層膜82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82a, 82c, 82e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82b, 82dとの積層構造を有する。音響多層膜82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81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82においては、その低音響インピーダンス層82a, 82c, 82e及び高音響インピーダンス層82b, 82dの積層数は特に限定されない。低音響インピーダンス層82a, 82c, 82eよりも、少なくとも1層の高音響インピーダンス層82b, 82d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。

[0101] 上記低音響インピーダンス層82a, 82c, 82e及び高音響インピー

ダンス層 82b, 82d 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 82a, 82c, 82e 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 82b, 82d 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。

[0102] 第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態の弾性波装置においては、例えば、支持部材及び圧電層の間に、音響反射膜としての、図 20 に示す音響多層膜 82 が設けられていてもよい。具体的には、支持部材の少なくとも一部及び圧電層の少なくとも一部が、音響多層膜 82 を挟み互いに対向するように、支持部材と圧電層とが配置されていてもよい。この場合、音響多層膜 82 において、低音響インピーダンス層と高音響インピーダンス層とが交互に積層されていればよい。音響多層膜 82 が、弾性波装置における音響反射部であってもよい。

[0103] 厚み滑りモードのバルク波を利用する第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態の弾性波装置においては、上記のように、 d/p が 0.5 以下であることが好ましく、0.24 以下であることがより好ましい。それによって、より一層良好な共振特性を得ることができる。さらに、厚み滑りモードのバルク波を利用する第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態の弾性波装置における励振領域においては、上記のように、 $MR \leq 1.75 (d/p) + 0.075$ を満たすことが好ましい。この場合には、スプリアスをより確実に抑制することができる。

[0104] 厚み滑りモードのバルク波を利用する第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態の弾性波装置における機能電極は、図 15 に示す 1 対の電極を有する機能電極であってもよい。

[0105] 厚み滑りモードのバルク波を利用する第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態の弾性波装置における圧電層は、ニオブ酸リチウム層またはタンタル酸リチウム層であることが好ましい。そして、該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、上記の式

(1)、式(2)または式(3)の範囲にあることが好ましい。この場合、比帯域を十分に広くすることができる。

符号の説明

[0106] 1…弾性波装置

2…圧電層

2 a, 2 b…第1, 第2の主面

3, 4…電極

5, 6…第1, 第2のバスバー

7…絶縁層

7 a…貫通孔

8…支持部材

8 a…貫通孔

9…空洞部

10…弾性波装置

10 a…空洞部

11…IDT電極

11 a, 11 b…第1, 第2の面

11 c, 11 d…第1, 第2の側面部

11 e, 11 f…第1, 第2の電極指稜線部

11 g, 11 h…第1, 第2の端縁部

12…圧電性基板

13…支持部材

14…圧電層

14 a, 14 b…第1, 第2の主面

15…絶縁層

16…支持基板

25…誘電体膜

25 a…電極指面カバー部

25 b…圧電層カバー部
25 c, 25 d…第1, 第2の側面カバー部
25 e, 25 f…第1, 第2の誘電体膜稜線部
25 g, 25 h…第3, 第4の端縁部
26, 27…第1, 第2のバスバー
28, 29…第1, 第2の電極指
31…IDT電極
31 e, 31 f…第1, 第2の電極指稜線部
38…第1の電極指
40…フィルタ装置
42…第1の信号端子
43…第2の信号端子
80, 81…弾性波装置
82…音響多層膜
82 a, 82 c, 82 e…低音響インピーダンス層
82 b, 82 d…高音響インピーダンス層
105…誘電体膜
201…圧電膜
201 a, 201 b…第1, 第2の主面
451, 452…第1, 第2領域
C…励振領域
M1～M3…第1～第3の電極指仮想平面
N1～N3…第1～第3の誘電体膜仮想平面
P1, P2…並列腕共振子
S1～S3…直列腕共振子
VP1…仮想平面

請求の範囲

- [請求項1] 支持基板を含む支持部材と、前記支持部材上に設けられており、タンタル酸リチウムまたはニオブ酸リチウムからなる圧電層と、を有する圧電性基板と、
- 前記圧電層上に設けられており、少なくとも1対の電極指を有する機能電極と、
- 前記圧電層上に、前記少なくとも1対の電極指を覆うように設けられている誘電体膜と、
- を備え、
- 前記支持部材及び前記圧電層の積層方向に沿って見た平面視において、前記機能電極の少なくとも一部と重なる位置に音響反射部が形成されており、
- 前記圧電層の厚みを d 、隣り合う前記電極指同士の間隔を p とした場合、 d/p が0.5以下であり、
- 前記電極指が、厚み方向において互いに対向している第1の面及び第2の面と、前記第1の面及び前記第2の面に接続されている側面と、前記側面及び前記第1の面が接続されている電極指稜線部と、を有し、前記第1の面及び前記第2の面のうち、前記第2の面が前記圧電層側に位置しており、
- 前記誘電体膜が、前記電極指の前記第1の面を覆っている電極指面カバー部と、前記電極指の前記側面を覆っている側面カバー部と、前記側面カバー部及び前記電極指面カバー部が接続されている誘電体膜稜線部と、を有し、
- 前記誘電体膜稜線部及び前記電極指稜線部の双方が曲面状であり、前記誘電体膜稜線部の少なくとも一部の曲率半径が、前記電極指稜線部の少なくとも一部の曲率半径よりも大きい、弾性波装置。
- [請求項2] 前記電極指の前記側面が、前記電極指が延びる方向と直交する方向において互いに対向している第1の側面部及び第2の側面部を含み、

前記電極指稜線部が、前記第 1 の側面部及び前記第 1 の面が接続されている第 1 の電極指稜線部、並びに前記第 2 の側面部及び前記第 1 の面が接続されている第 2 の電極指稜線部を含み、

前記誘電体膜の前記側面カバー部が、前記第 1 の側面部を覆っている第 1 の側面カバー部、及び前記第 2 の側面部を覆っている第 2 の側面カバー部を含み、前記誘電体膜稜線部が、前記第 1 の側面カバー部及び前記電極指面カバー部が接続されている第 1 の誘電体膜稜線部、並びに前記第 2 の側面カバー部及び前記電極指面カバー部が接続されている第 2 の誘電体膜稜線部を含み、

前記第 1 の誘電体膜稜線部の曲率半径が前記第 1 の電極指稜線部の曲率半径よりも大きく、前記第 2 の誘電体膜稜線部の曲率半径が前記第 2 の電極指稜線部の曲率半径よりも大きい、請求項 1 に記載の弾性波装置。

[請求項3]

支持基板を含む支持部材と、前記支持部材上に設けられており、タンタル酸リチウムまたはニオブ酸リチウムからなる圧電層と、を有する圧電性基板と、

前記圧電層上に設けられており、少なくとも 1 対の電極指を有する機能電極と、

前記圧電層上に、前記少なくとも 1 対の電極指を覆うように設けられている誘電体膜と、

を備え、

前記支持部材及び前記圧電層の積層方向に沿って見た平面視において、前記機能電極の少なくとも一部と重なる位置に音響反射部が形成されており、

前記圧電層の厚みを d 、隣り合う前記電極指同士の間隔を p とした場合、 d/p が 0.5 以下であり、

前記電極指が、厚み方向において互いに対向している第 1 の面及び第 2 の面と、前記第 1 の面及び前記第 2 の面に接続されている側面と

、前記側面及び前記第1の面が接続されている電極指稜線部と、を有し、前記第1の面及び前記第2の面のうち、前記第2の面が前記圧電層側に位置しており、

前記誘電体膜が、前記電極指の前記第1の面を覆っている電極指面カバー部と、前記電極指の前記側面を覆っている側面カバー部と、前記側面カバー部及び前記電極指面カバー部が接続されている誘電体膜稜線部と、を有し、

前記誘電体膜稜線部が曲面状であり、前記電極指稜線部が線状である、弾性波装置。

[請求項4] 前記機能電極が、複数対の前記電極指を有するIDT電極である、請求項1～3のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項5] d/p が0.24以下である、請求項1～4のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項6] 前記隣り合う電極指同士が対向している方向から見たときに、前記隣り合う電極指が重なり合う領域が励振領域であり、前記励振領域に対する、前記少なくとも1対の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1～5のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項7] 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1～6のいずれか1項に記載の弾性波装置。

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

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

$$(0^\circ \pm 10^\circ, [180^\circ - 30^\circ (1 - (\phi - 90)^\circ)^2 / 81$$

$00)^{1/2}] \sim 180^\circ$, 任意の ϕ) …式 (3)

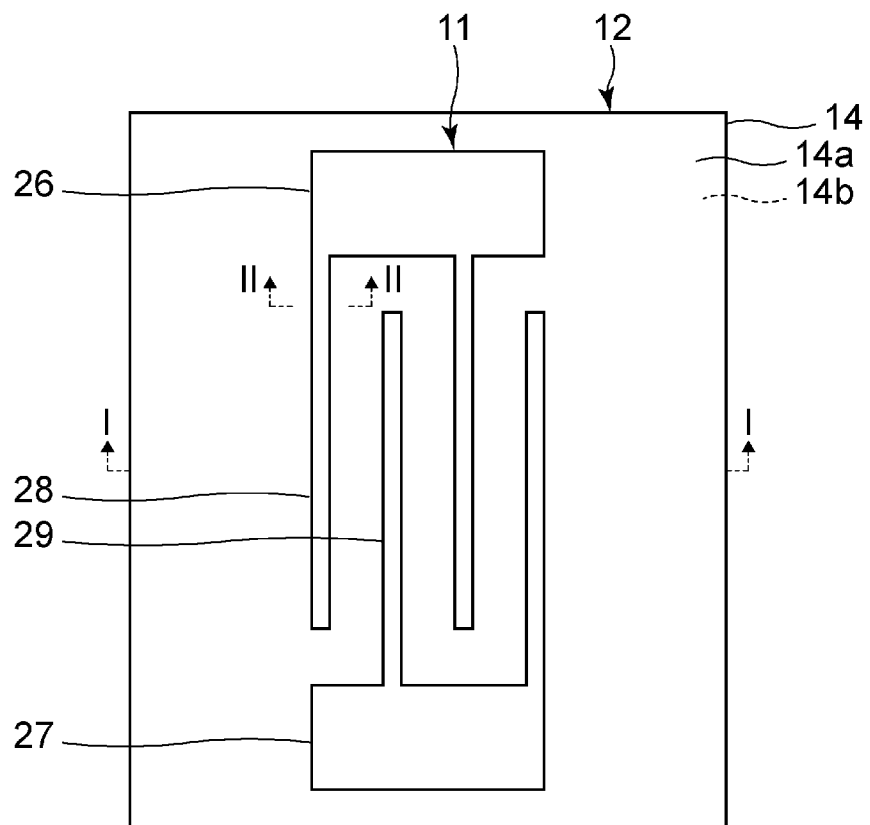
[請求項8] 前記音響反射部が、空洞部であり、前記支持部材の一部及び前記圧電層の一部が、前記空洞部を挟み互いに対向するように、前記支持部材と前記圧電層とが配置されている、請求項1～7のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項9] ラダー型フィルタの並列腕共振子として用いられる、請求項1～8のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[図1]

図1

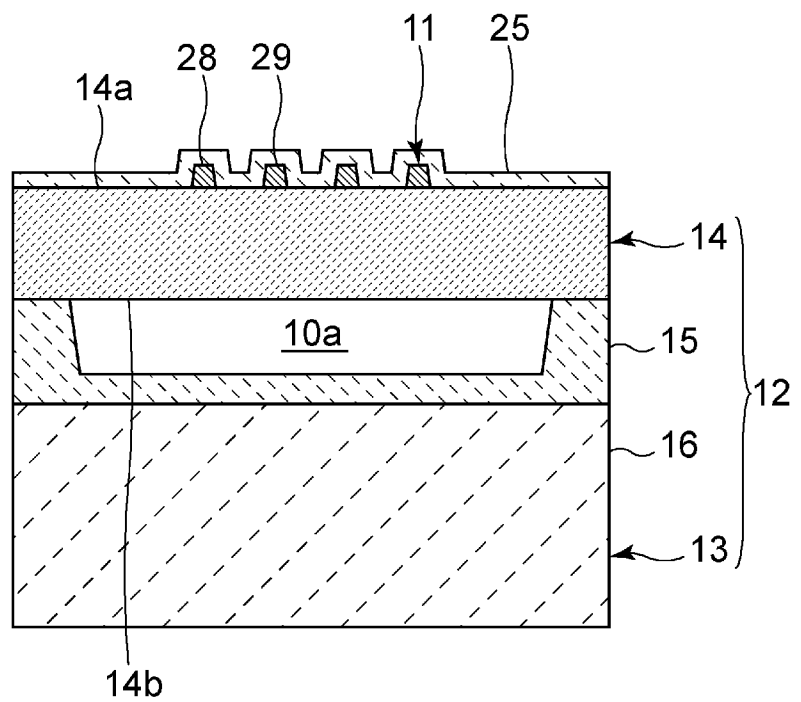
10



[図2]

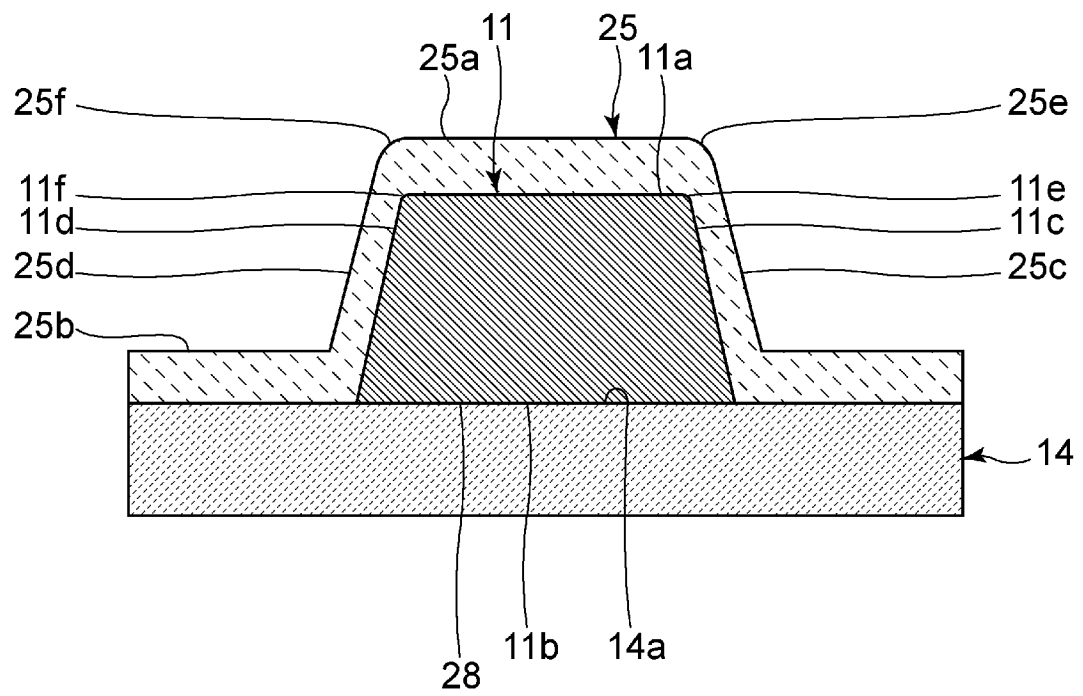
図2

10



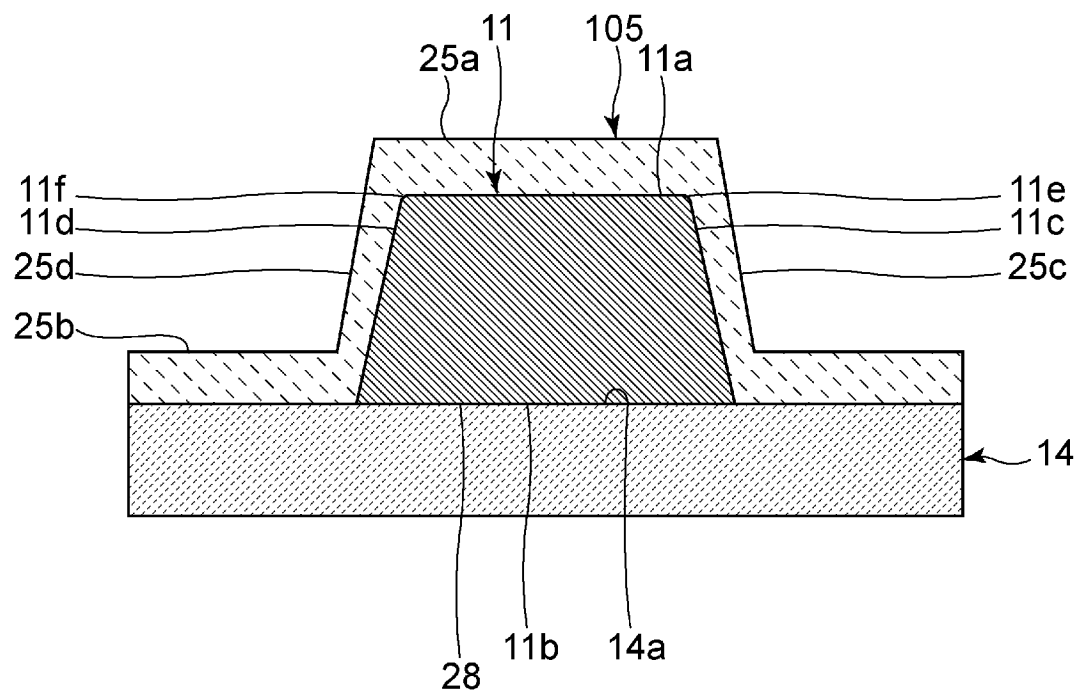
[図3]

図3



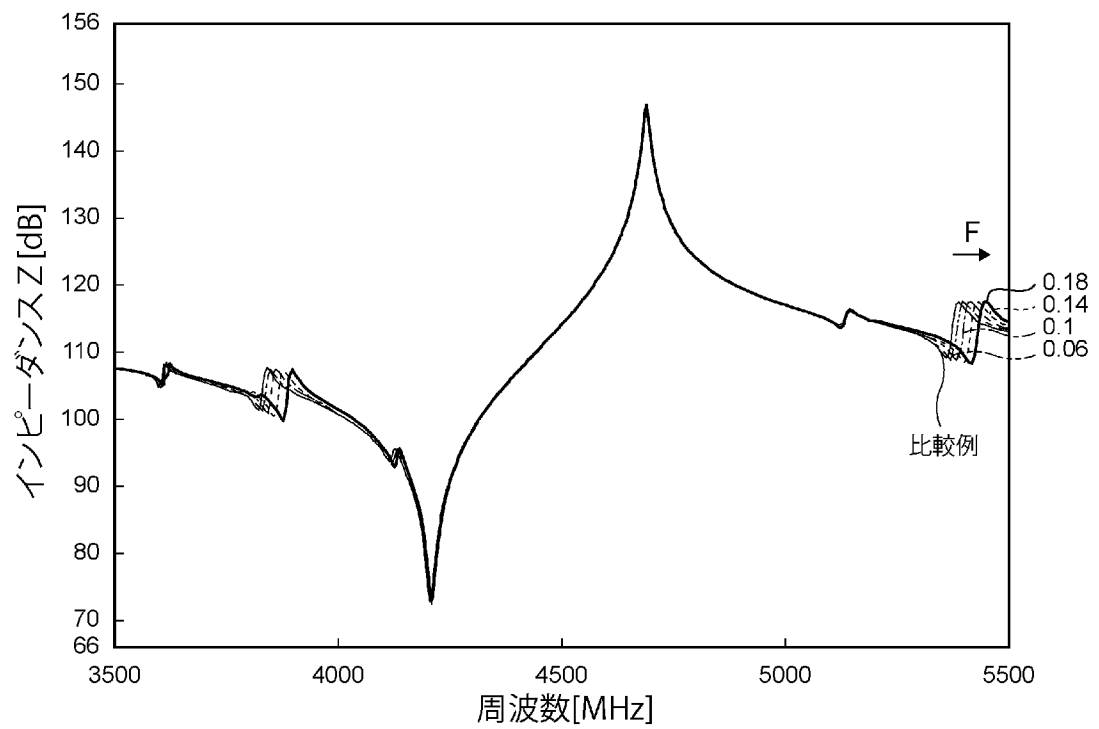
[図4]

図4



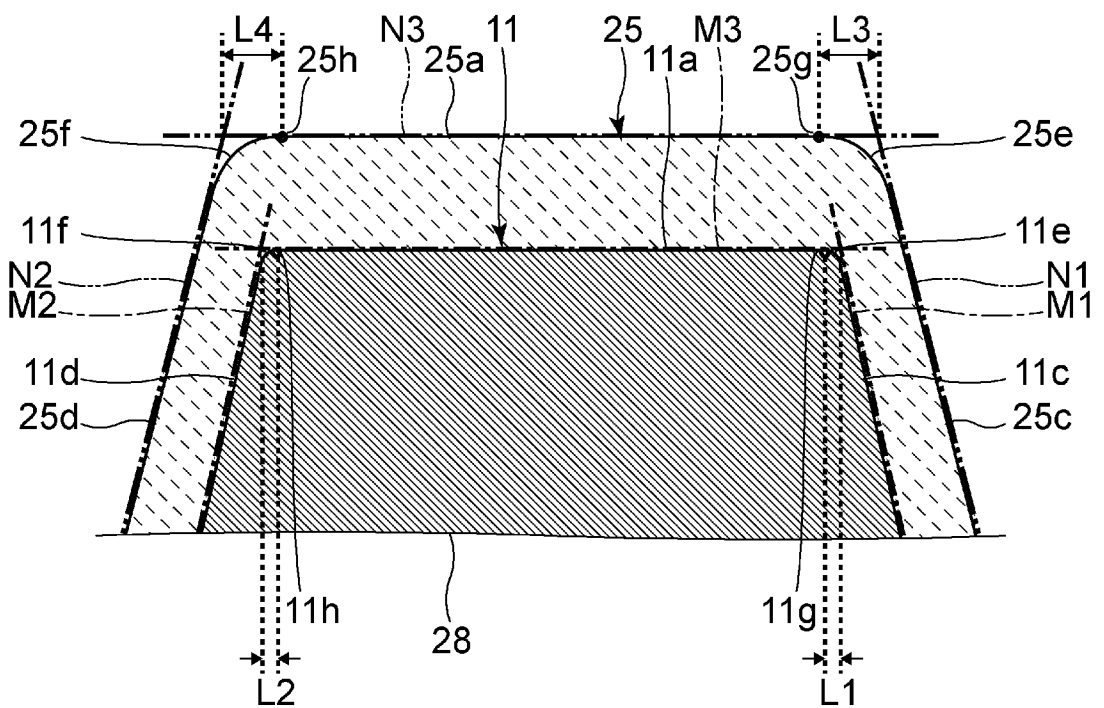
[図5]

図5



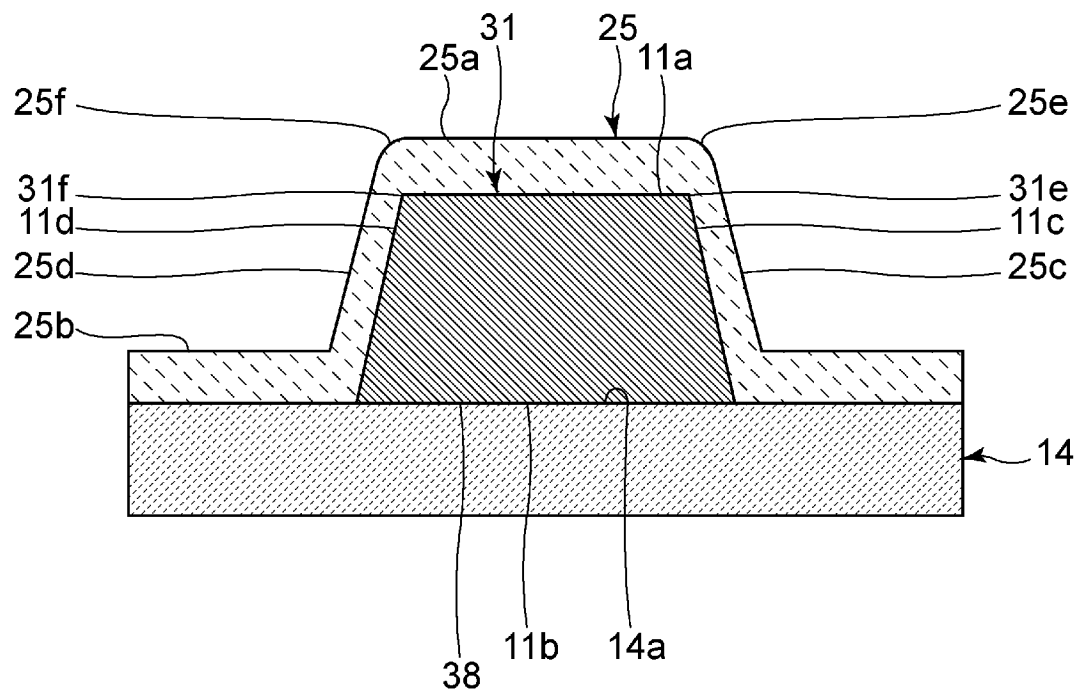
[図6]

図6



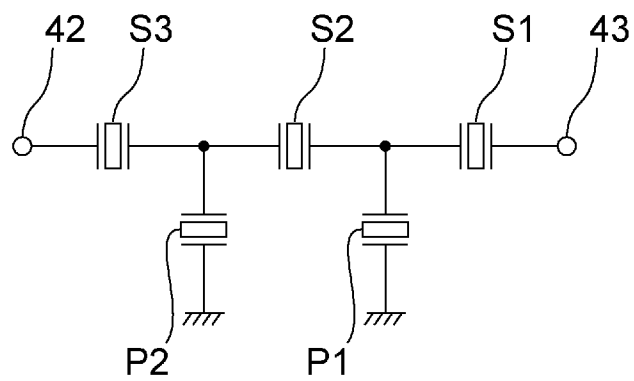
[図7]

図7



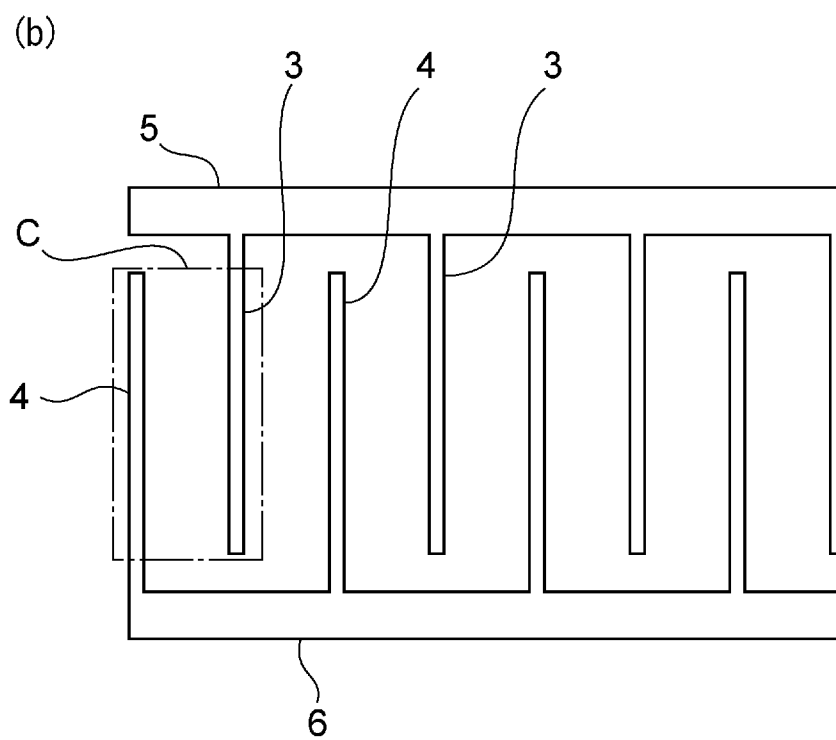
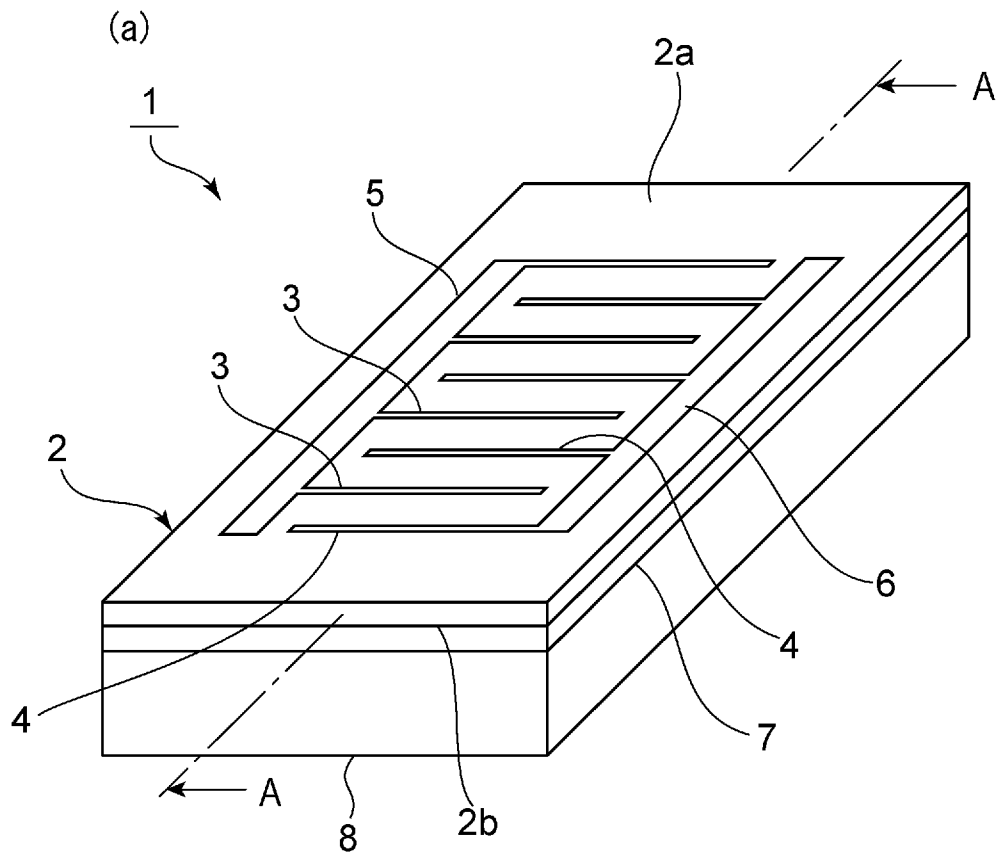
[図8]

図8

40
↘

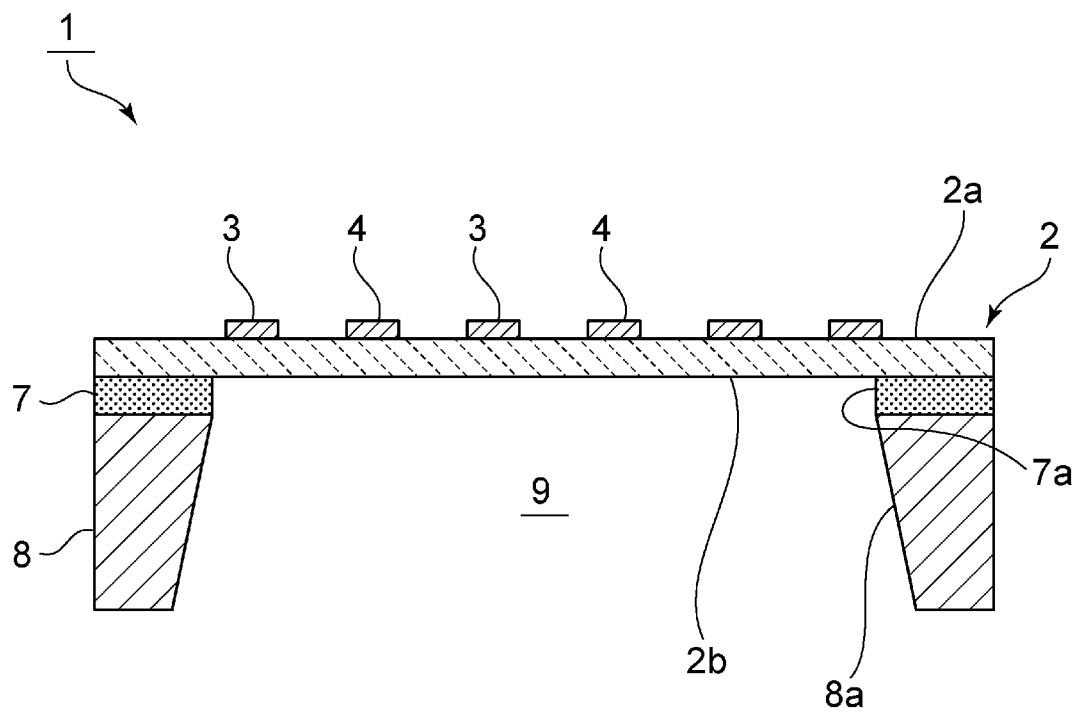
[図9]

図9



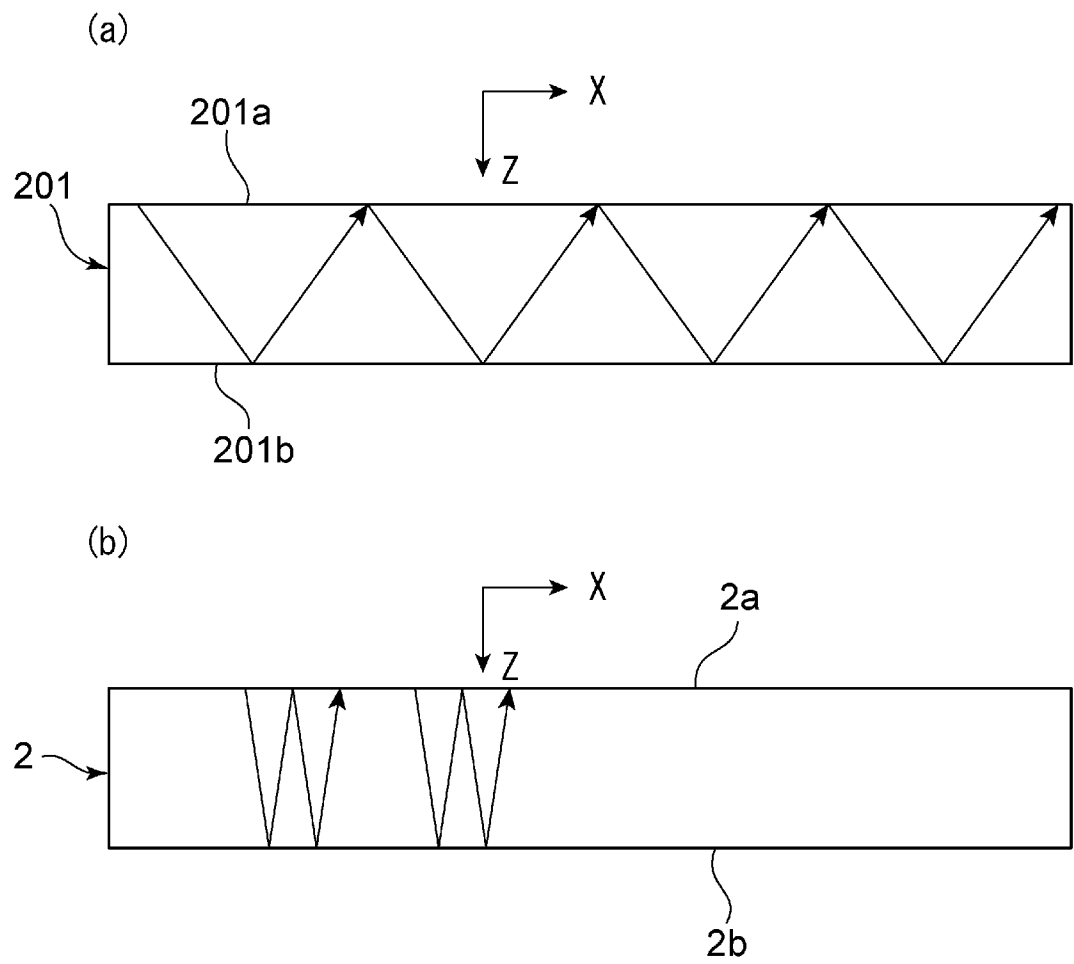
[図10]

図10



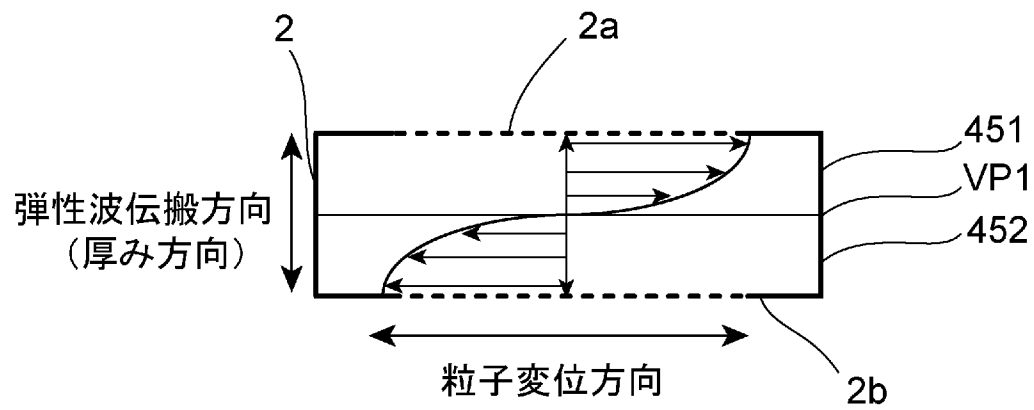
[図11]

図11



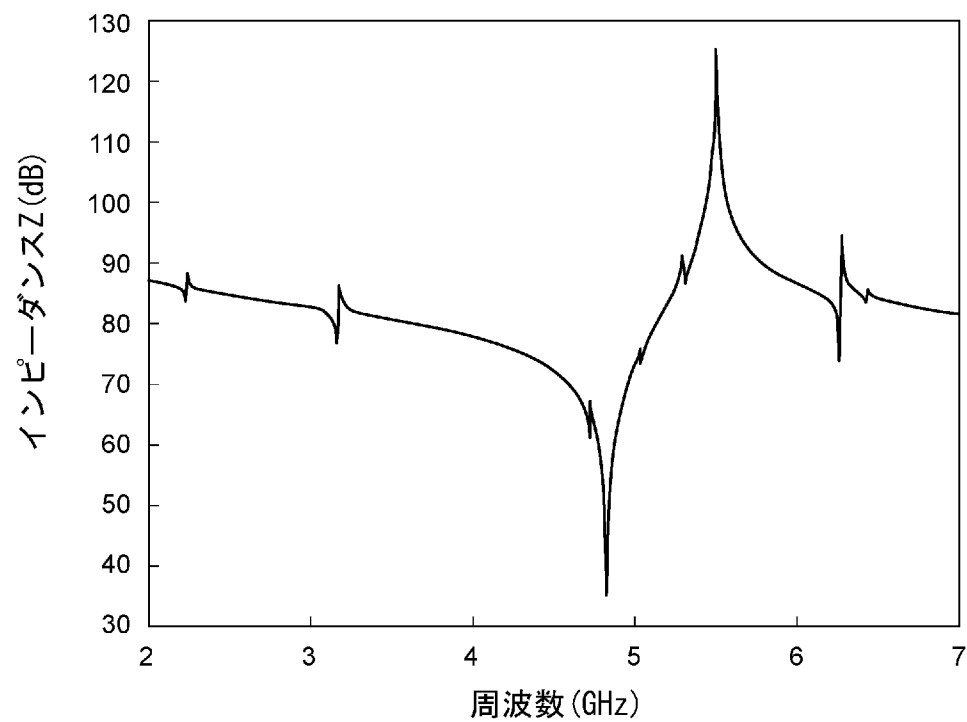
[図12]

図12



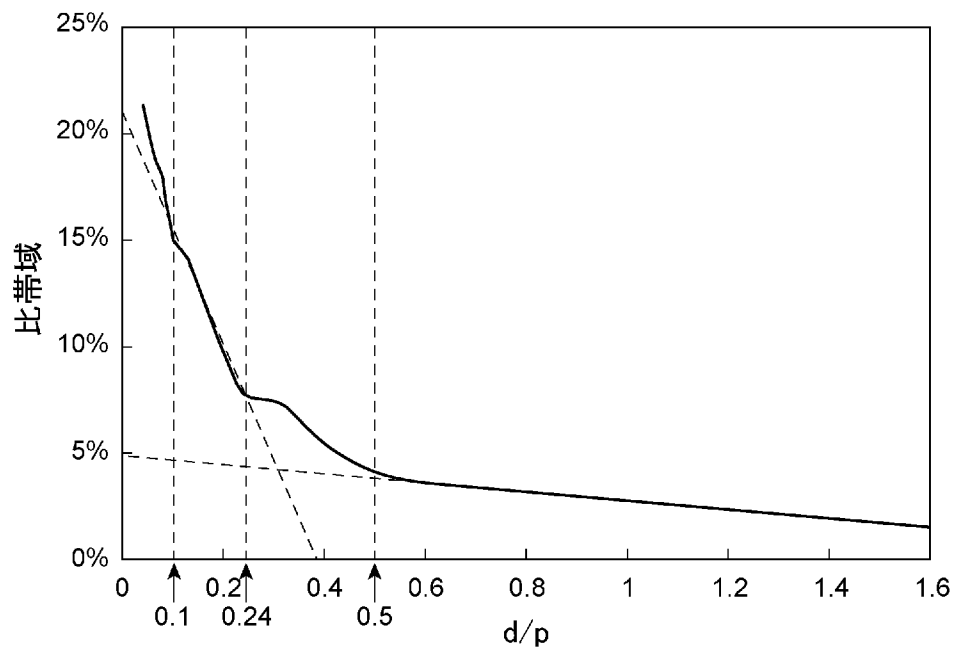
[図13]

図13



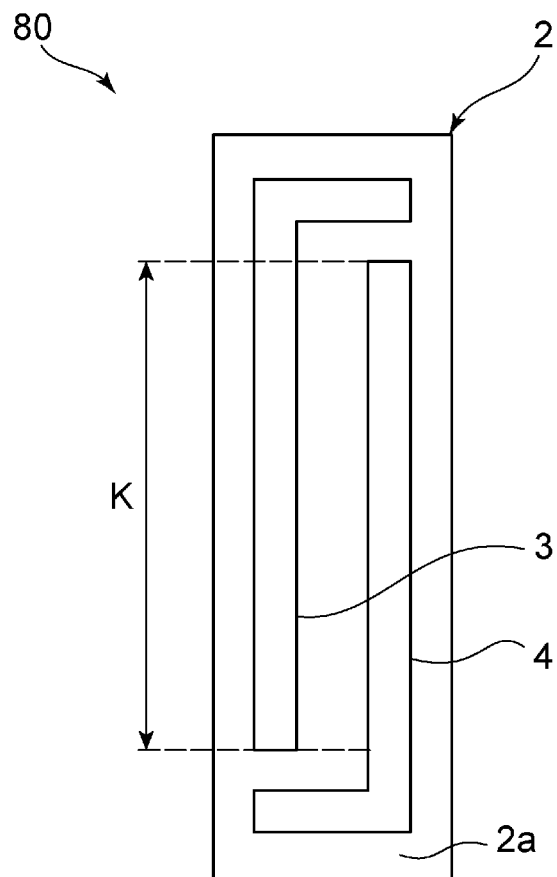
[図14]

図14



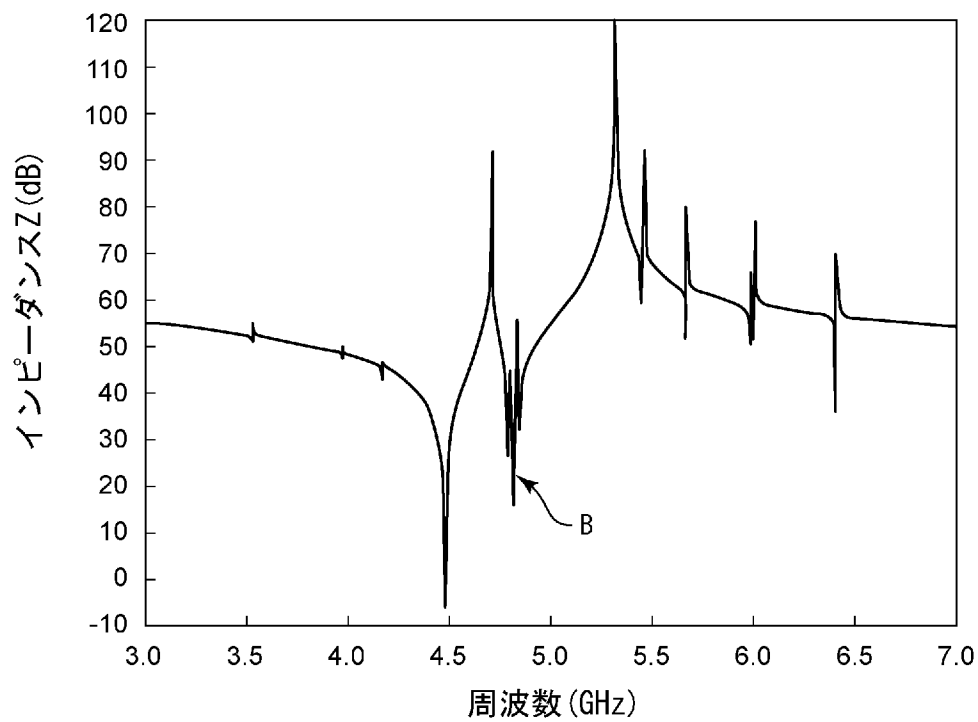
[図15]

図15



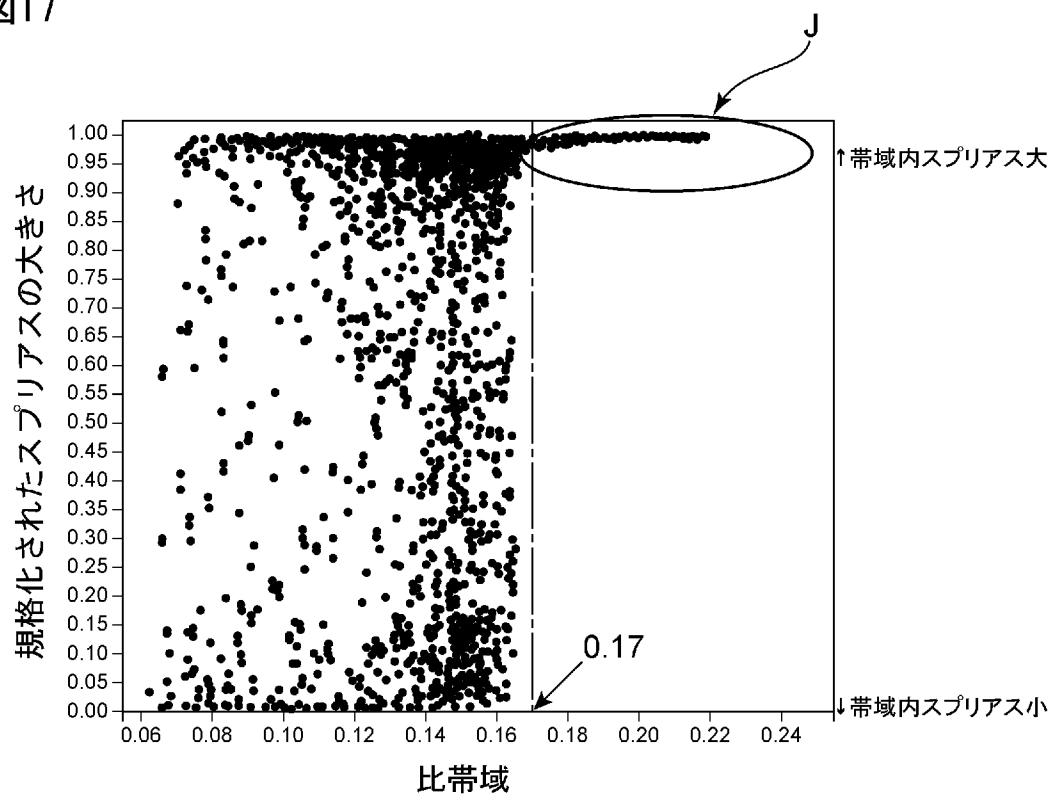
[図16]

図16



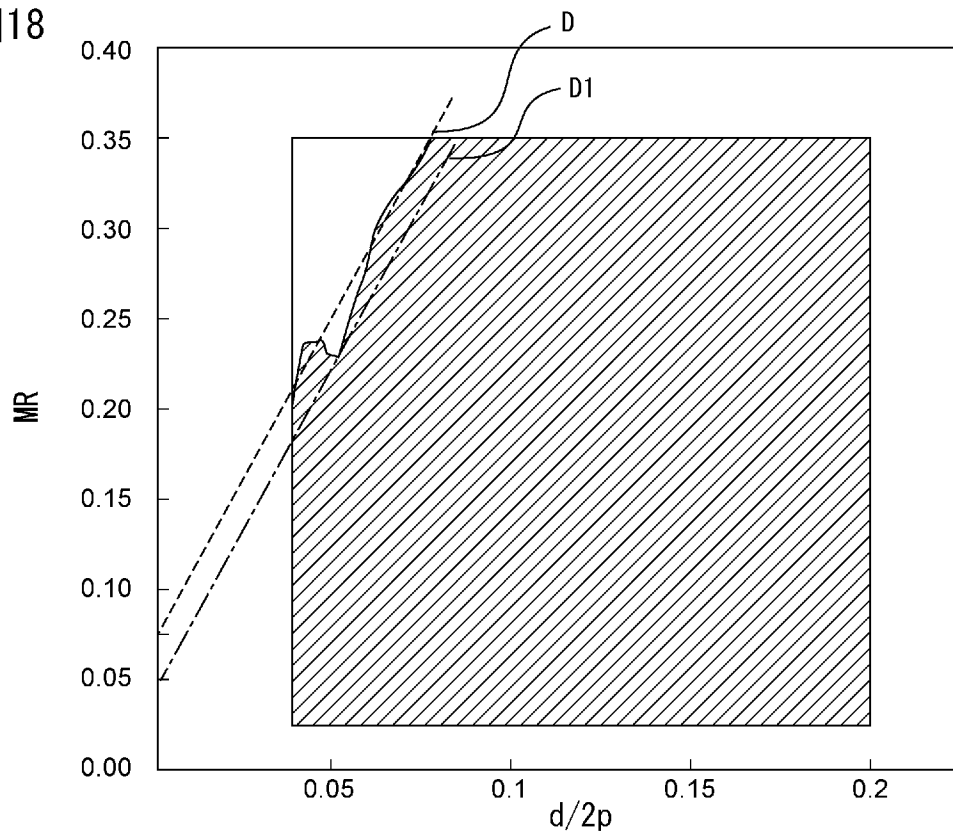
[図17]

図17



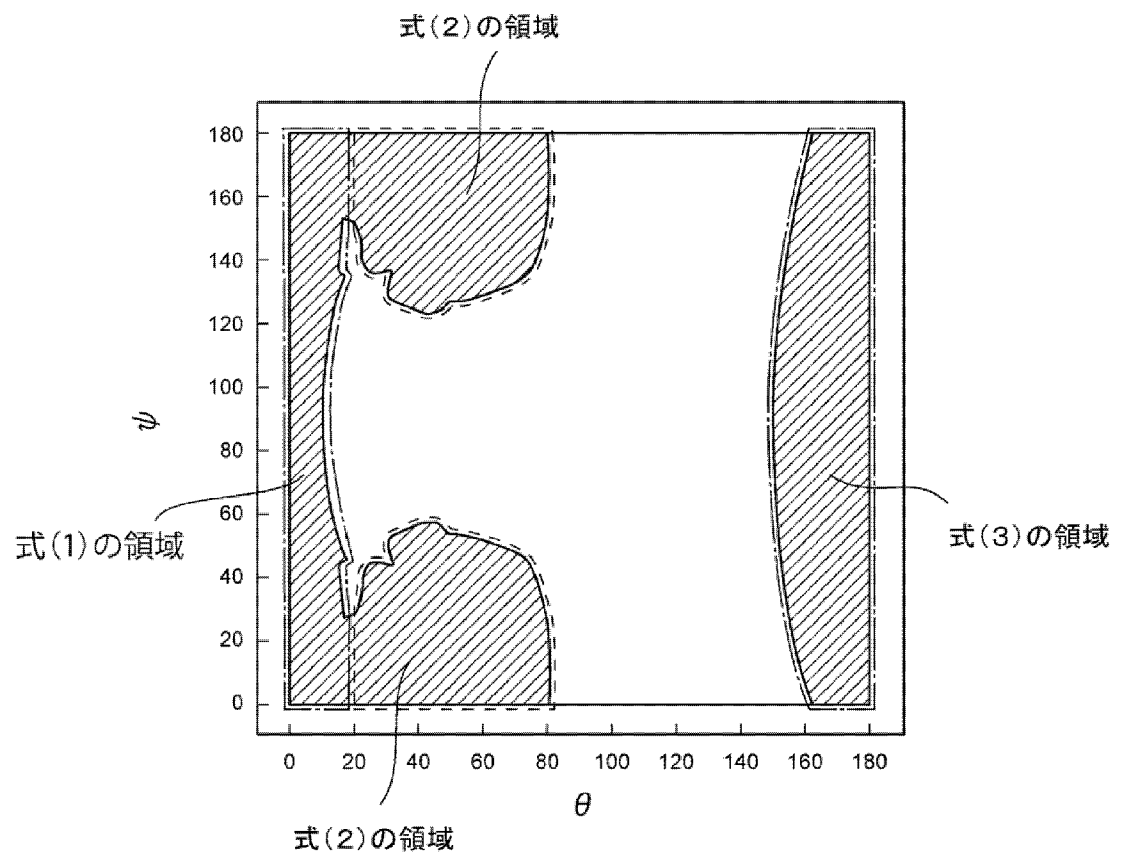
[図18]

図18



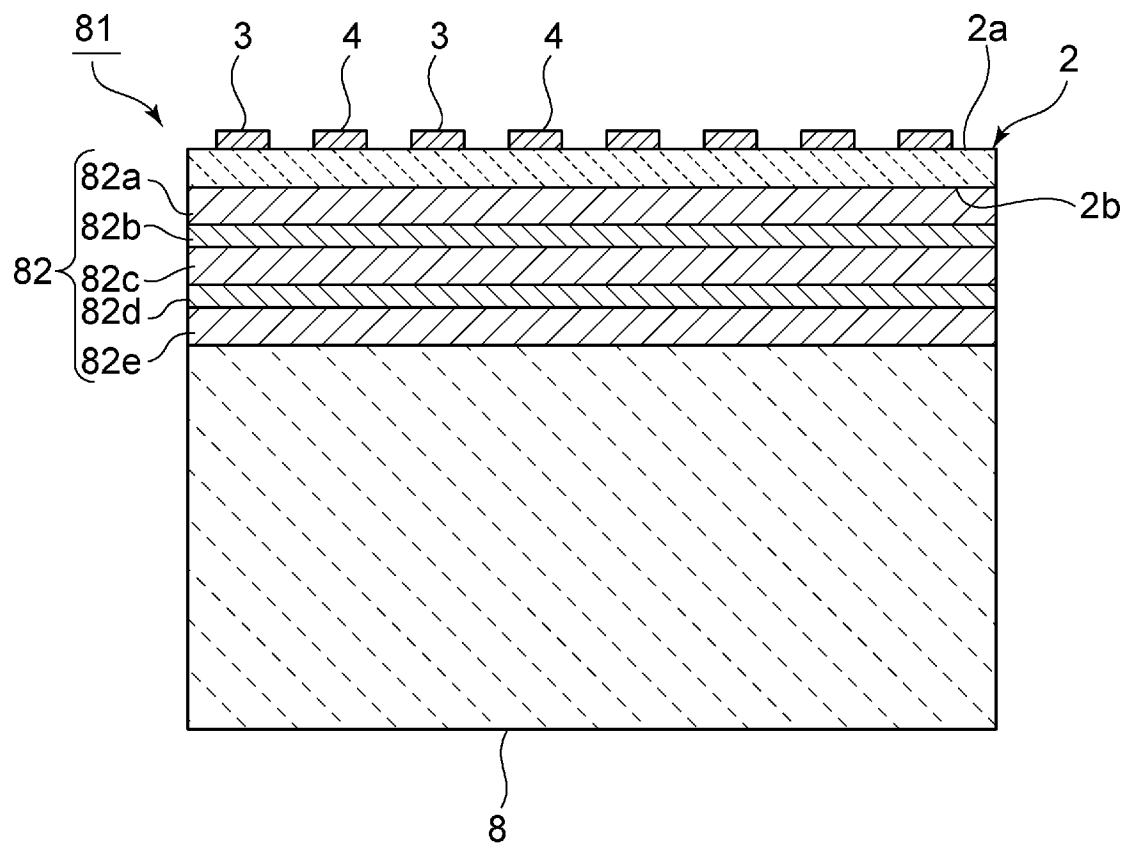
[図19]

図19



[図20]

図20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/000608

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; H03H9/25 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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	US 2020/0021271 A1 (RESONANT INC.) 16 January 2020 (2020-01-16) paragraphs [0036]-[0049], [0054], [0059], [0081], fig. 1-3B, 5, 7	1-2, 4-9
Y	JP 2005-176152 A (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) 30 June 2005 (2005-06-30) paragraphs [0116]-[0119], [0121], fig. 23	1, 2, 4-9
Y	WO 2021/060521 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 01 April 2021 (2021-04-01) paragraphs [0011]-[0022], [0027], [0038]-[0040], [0047]-[0050], [0066]-[0067], [0078]-[0079], fig. 2, 18, 23(b), 24(a)	3-9
Y	JP 2005-348139 A (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 15 December 2005 (2005-12-15) paragraphs [0003]-[0004], fig. 10	3-9
A	WO 2020/158673 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 06 August 2020 (2020-08-06) entire text, all drawings	1-9



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

22 March 2023

Date of mailing of the international search report

04 April 2023

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/JP2023/000608

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2020/0021271	A1	16 January 2020	CN	115004548	A	
JP	2005-176152	A	30 June 2005	US	2005/0127794	A1	
				paragraphs [0144]-[0154], [0156], fig. 23			
				EP	1544998	A2	
WO	2021/060521	A1	01 April 2021	US	2022/0216849	A1	
				paragraphs [0036]-[0047], [0052], [0062]-[0064], [0071]- [0073], [0089]-[0090], [0101]- [0102], fig. 2, 18, 23B, 24A			
				KR	10-2022-0051245	A	
				CN	114467256	A	
JP	2005-348139	A	15 December 2005	(Family: none)			
WO	2020/158673	A1	06 August 2020	US	2022/0224307	A1	
				KR	10-2021-0091292	A	
				CN	113348625	A	

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; H03H9/25 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
Y	US 2020/0021271 A1 (RESONANT INC.) 16.01.2020 (2020 - 01 - 16) 段落[0036]-[0049], [0054], [0059], [0081], 図1-3B, 5, 7	1-2, 4-9
Y	JP 2005-176152 A (アルプス電気株式会社) 30.06.2005 (2005 - 06 - 30) 段落[0116]-[0119], [0121], 図23	1, 2, 4-9
Y	WO 2021/060521 A1 (株式会社村田製作所) 01.04.2021 (2021 - 04 - 01) 段落[0011]-[0022], [0027], [0038]-[0040], [0047]-[0050], [0066]-[0067], [0078]-[0079], 図2, 18, 23(b), 24(a)	3-9
Y	JP 2005-348139 A (株式会社村田製作所) 15.12.2005 (2005 - 12 - 15) 段落[0003]-[0004], 図10	3-9
A	WO 2020/158673 A1 (株式会社村田製作所) 06.08.2020 (2020 - 08 - 06) 全文, 全図	1-9
☐ 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 22. 03. 2023		国際調査報告の発送日 04. 04. 2023
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） 志津木 康 5W 1787 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/JP2023/000608

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2020/0021271	A1	16.01.2020	CN	115004548	A	
JP	2005-176152	A	30.06.2005	US	2005/0127794	A1	
				段落[0144]-[0154], [0156], 図23			
				EP	1544998	A2	
WO	2021/060521	A1	01.04.2021	US	2022/0216849	A1	
				段落[0036]-[0047], [0052], [0062]-[0064], [0071]-[0073], [0089]- [0090], [0101]-[0102], 図 2, 18, 23B, 24A			
				KR	10-2022-0051245	A	
				CN	114467256	A	
JP	2005-348139	A	15.12.2005	(ファミリーなし)			
WO	2020/158673	A1	06.08.2020	US	2022/0224307	A1	
				KR	10-2021-0091292	A	
				CN	113348625	A	