

(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5月19日(19.05.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/085347 A1

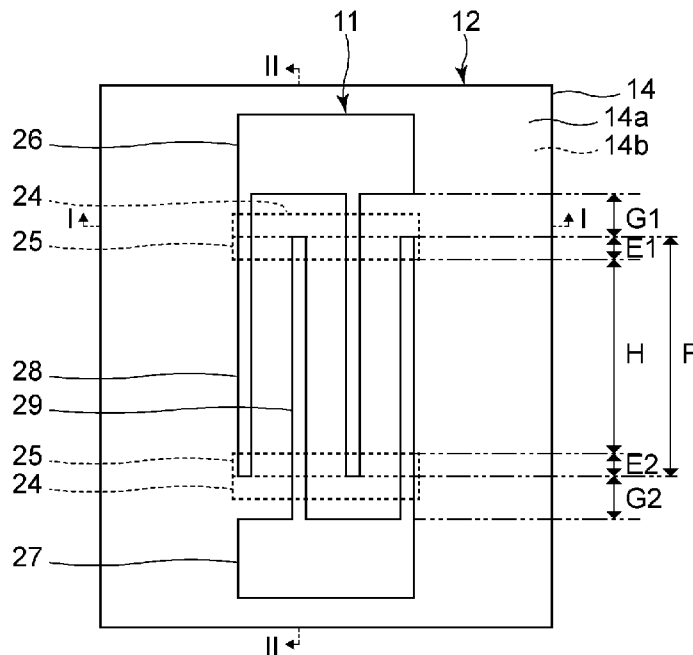
- (51) 国際特許分類:
H03H 9/145 (2006.01) *H03H 9/64* (2006.01)
H03H 9/25 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/041862
- (22) 国際出願日: 2022年11月10日(10.11.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
63/278,622 2021年11月12日(12.11.2021) US
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
- 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: 大門 克也 (DAIMON, Katsuya);
〒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1

10



(57) Abstract: Provided is an elastic wave device that can suppress unnecessary waves within the band between the resonance frequency and the anti-resonance frequency, and can reduce insertion loss. An elastic wave device 10 according to the present invention comprises: a support member including a support substrate; a piezoelectric layer 14 provided on the support member, made from lithium niobate or lithium tantalate, and having a first main surface 14a and a second main surface 14b facing each other; an IDT electrode 11 provided on the first main surface 14a of the piezoelectric layer 14, and having a pair of bus bars (first and second bus bars 26, 27) and a plurality of electrode fingers (plurality of first and second electrode fingers 28, 29); and at least one mass addition film provided on the piezoelectric layer 14. In a plan view viewed

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))

along the direction in which the support member and the piezoelectric layer 14 are layered, an acoustic reflector is formed at a position overlapping at least a portion of the IDT electrode 11. $d/p \leq 0.5$, where d is the thickness of the piezoelectric layer 14 and p is the distance between the centers of adjacent electrode fingers. Some of the plurality of electrode fingers are connected to one of the bus bars of the IDT electrode 11. The remaining electrode fingers are connected to the other bus bar. A plurality of electrode fingers connected to one bus bar and a plurality of electrode fingers connected to the other bus bar are interdigitated. Adjacent electrode fingers overlap each other in an intersecting region F when viewed from the electrode-finger-opposing direction, which is the direction in which adjacent electrode fingers oppose each other. Regions positioned between the intersecting region F and the pair of bus bars are a pair of gap regions (first and second gap regions G1, G2). At least one mass addition film (first mass addition film 24) overlaps the gap region in plan view, and is provided on the second main surface 14b of the piezoelectric layer 14.

(57) 要約: 共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる、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、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムからなり、かつ互いに対向している第1の主面14a及び第2の主面14bを有する圧電層14と、圧電層14の第1の主面14aに設けられており、1対のバスバー(第1, 第2のバスバー26, 27)と、複数の電極指(複数の第1, 第2の電極指28, 29)と、を有するIDT電極11と、圧電層14上に設けられている少なくとも1つの質量付加膜とを備える。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、IDT電極11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を中心間距離を p とした場合、 d/p が0.5以下である。IDT電極11の一方のバスバーに複数の電極指のうち一部の電極指が接続されている。他方のバスバーに複数の電極指のうち残りの電極指が接続されている。一方のバスバーに接続されている複数の電極指、及び他方のバスバーに接続されている複数の電極指が互いに間挿し合っている。隣り合う電極指同士が対向し合う方向を電極指対向方向とし、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が交叉領域Fである。交叉領域Fと1対のバスバーとの間に位置する領域が1対のギャップ領域(第1, 第2のギャップ領域G1, G2)である。少なくとも1つの質量付加膜(第1の質量付加膜24)が、ギャップ領域と平面視において重なっており、かつ圧電層14の第2の主面14bに設けられている。

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。

[0003] 下記の特許文献2においては、ピストンモードを利用する弾性波装置の例が開示されている。この弾性波装置では、圧電基板上にIDT電極（Interdigital Transducer）が設けられている。IDT電極は、中央領域及び1対のエッジ領域を有する。1対のエッジ領域は、複数の電極指が延びる方向において、中央領域を挟み互いに対向している。1対のエッジ領域においては、IDT電極上に、誘電体層などが設けられている。これにより、複数の電極指が延びる方向において、音速が異なる複数の領域を構成することによって、ピストンモードを成立させる。それによって、横モードの抑制が図られている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第10491192号明細書

特許文献2：特開2012-186808号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明者は、厚み滑りモードのバルク波を利用する弾性波装置において、ピストンモードを利用することを見出した。さらに、本発明者は、1対のエッジ領域において、IDT電極上に誘電体層を設けたとしても、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内に生じる不要波の抑制と、挿入損失を十分に小さくすることとの両立が困難であることを見出した。

[0006] 本発明の目的は、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる、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

[0007] 本発明に係る弾性波装置は、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、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムからなり、かつ互いに対向している第1の主面及び第2の主面を有する圧電層と、前記圧電層の前記第1の主面に設けられており、1対のバスバーと、複数の電極指とを有するIDT電極と、前記圧電層上に設けられている少なくとも1つの質量付加膜とを備え、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IDT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を中心間距離を p とした場合、 d/p が0.5以下であり、前記IDT電極の一方の前記バスバーに前記複数の電極指のうち一部の電極指が接続されており、他方の前記バスバーに前記複数の電極指のうち残りの電極指が接続されており、一方の前記バスバーに接続されている前記複数の電極指、及び他方の前記バスバーに接続されている前記複数の電極指が互いに間挿し合っており、隣り合う前記電極指同士が対向し合う方向を電極指対向方向とし、前記電極指対向方向から見たときに、前記隣り合う電極指同士が重なり合う領域が交叉領域であり、前記交叉領域と前記1対のバスバーとの間に位置する領域が1対のギャップ領域であり、少なくとも1つの前記質量付加膜が、前記ギャップ領域と平面視において重なっており、かつ前記圧電層の前記第2の主面に設けられている。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる、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ⅠⅠ－ⅠⅠ線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。

[図4]図4は、参考例の弾性波装置の模式的平面図である。

[図5]図5は、本発明の第1の実施形態、参考例及び比較例における、共振周波数及び反共振周波数の間付近におけるアドミッタンス周波数特性を示す図である。

[図6]図6は、本発明の第1の実施形態の第1の変形例に係る弾性波装置の、図3に示す部分に相当する断面を示す模式的断面図である。

[図7]図7は、本発明の第1の実施形態の第2の変形例に係る弾性波装置の、図3に示す部分に相当する断面を示す模式的断面図である。

[図8]図8は、本発明の第1の実施形態の第3の変形例に係る弾性波装置の模式的平面図である。

[図9]図9は、本発明の第1の実施形態の第4の変形例に係る弾性波装置の模式的平面図である。

[図10]図10は、図9中のⅠⅠ－ⅠⅠ線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。

[図11]図11は、本発明の第2の実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。

[図12]図12は、図11中のⅠⅠ－ⅠⅠ線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。

[図13]図13は、本発明の第3の実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。

[図14]図14は、図13中のⅠ－Ⅰ線に沿う模式的断面図である。

[図15]図15は、図13中のⅠⅠ－ⅠⅠ線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。

[図16]図16は、本発明の第3の実施形態、参考例及び比較例における、共振周波数及び反共振周波数の間付近におけるアドミタンス周波数特性を示す図である。

[図17]図17は、本発明の第3の実施形態の第1の変形例に係る弾性波装置の、図15に示す部分に相当する断面を示す模式的断面図である。

[図18]図18は、本発明の第3の実施形態の第2の変形例に係る弾性波装置の、図15に示す部分に相当する断面を示す模式的断面図である。

[図19]図19は、本発明の第3の実施形態の第3の変形例に係る弾性波装置の、図15に示す部分に相当する断面を示す模式的断面図である。

[図20]図20は、本発明の第4の実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。

[図21]図21は、図20中のⅠ－Ⅰ線に沿う模式的断面図である。

[図22]図22は、図20中のⅠⅠ－ⅠⅠ線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。

[図23]図23は、本発明の第5の実施形態に係るフィルタ装置の回路図である。

[図24]図24（a）は、本発明の第5の実施形態における並列腕共振子の模式的平面図である。図24（b）は、本発明の第5の実施形態における直列腕共振子の模式的平面図である。

[図25]図25（a）は、本発明の第6の実施形態における第1の弾性波共振子の模式的平面図である。図25（b）は、本発明の第6の実施形態における第2の弾性波共振子の模式的平面図である。

[図26]図26（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26(b)は、圧電層上の電極構造を示す平面図である。

[図27]図27は、図26(a)中のA-A線に沿う部分の断面図である。

[図28]図28(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28(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29]図29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30]図30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31]図31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32]図32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33]図33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34]図34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35]図35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36]図36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37]図37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。

[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。圧電層14は、結晶軸として、X軸、Y軸及びZ軸を有する。

[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 14 a には、I D T 電極 11 が設けられている。
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。

[0018] 平面視において、I D T 電極 11 の少なくとも一部が、圧電性基板 12 の空洞部 10 a 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、I D T 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。I D T 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] 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。第 1 のバスバー 26 及び第 2 のバスバー 27 を、単にバスバー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。

[0021] 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の中心間距離を 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。

[0022] ところで、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。

[0023] 図1に戻り、IDT電極11は交叉領域Fを有する。交叉領域Fは、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る。交叉領域Fは、中央領域Hと、1対のエッジ領域とを有する。1対のエッジ領域は、具体的には、第1のエッジ領域E1及び第2のエッジ領域E2である。第1のエッジ領域E1及び第2のエッジ領域E2は、電極指延伸方向において中央領域Hを挟み、互いに対向するように配置されている。第1のエッジ領域E1は第1のバスバー26側に位置している。第2のエッジ領域E2は第2のバスバー27側に位置している。

[0024] IDT電極11は1対のギャップ領域を有する。1対のギャップ領域は、交叉領域Fと1対のバスバーとの間に位置している。1対のギャップ領域は、具体的には、第1のギャップ領域G1及び第2のギャップ領域G2である。第1のギャップ領域G1は、第1のバスバー26及び第1のエッジ領域E1の間に位置している。第2のギャップ領域G2は、第2のバスバー27及び第2のエッジ領域E2の間に位置している。

[0025] 図3は、図1中のI-I'線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。

[0026] 圧電層14の第2の主面14bには、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25が設けられている。より具体的には、第1の質量付加膜24は、平面視において、第1のギャップ領域G1と重なっている。第2の質量付加膜25は、平面視において、第1のエッジ領域E1と重なっている。なお、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25はいずれも、本発明における質量付加膜に含まれる。もっとも、第2の質量付加膜25は必ずしも設けられていなくともよい。

[0027] 本実施形態においては、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25

は、同じ材料により一体として設けられている。なお、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25はそれぞれ個別に設けられていてもよい。第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25は、互いに異なる材料からなっているとしてもよい。本明細書において、ある部材がある材料からなるとは、弾性波装置の電気的特性が大きく劣化しない程度の微量な不純物が含まれる場合を含む。

[0028] 本実施形態では、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25の厚みは同じである。なお、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25の厚みは互いに異なっているとしてもよい。

[0029] 図1に戻り、弾性波装置10は、1対の第1の質量付加膜24及び1対の第2の質量付加膜25を有する。1対の第1の質量付加膜24のうち一方の第1の質量付加膜24は、上記のように、平面視において、第1のギャップ領域G1と重なっている。他方の第1の質量付加膜24は、平面視において、第2のギャップ領域G2と重なっている。同様に、1対の第2の質量付加膜25のうち一方の第2の質量付加膜25は、平面視において、第1のエッジ領域E1と重なっている。他方の第2の質量付加膜25は、平面視において、第2のエッジ領域E2と重なっている。もっとも、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25を含む質量付加膜は、平面視において、中央領域Hとは重なっていない。

[0030] 各第1の質量付加膜24及び各第2の質量付加膜25は帯状の形状を有する。より具体的には、各第1の質量付加膜24及び各第2の質量付加膜25は、平面視において、複数の電極指と重なっている。

[0031] 本実施形態では、各第1の質量付加膜24は、各ギャップ領域の、電極指延伸方向における一部に設けられている。なお、各第1の質量付加膜24は、各ギャップ領域の、電極指延伸方向における全体に設けられていてもよい。

[0032] 本実施形態の特徴は、少なくとも1つの第1の質量付加膜24が、第1のギャップ領域G1または第2のギャップ領域G2と平面視において重なって

おり、かつ圧電層 14 の第 2 の主面 14 b に設けられていることにある。それによって、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる。この効果の詳細を、本実施形態と、参考例及び比較例とを比較することにより、以下において示す。なお、以下において単に不要波と記載した場合、特に断りのない場合には、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において生じる不要波をいうものとする。

[0033] 参考例は、図 4 に示すように、1 対の質量付加膜 104 が、圧電層 14 の第 1 の主面 14 a に、複数の電極指を覆うように設けられている点において、第 1 の実施形態と異なる。なお、1 対の質量付加膜 104 は、1 対のエッジ領域及び 1 対のギャップ領域にわたり設けられている。他方、比較例は、質量付加膜を有しない点において第 1 の実施形態と異なる。第 1 の実施形態、参考例及び比較例の各弾性波装置のアドミッタンス Y_{11} を測定した。なお、各弾性波装置において、共振周波数は約 4740 MHz であり、反共振周波数は約 5470 MHz である。

[0034] 図 5 は、第 1 の実施形態、参考例及び比較例における、共振周波数及び反共振周波数の間付近におけるアドミッタンス周波数特性を示す図である。以下においては、弾性波装置の周波数特性において、共振周波数及び反共振周波数の間に生じるリップルを帯域内リップルと記載する。

[0035] 図 5 中の各矢印 L1 により示すように、参考例及び比較例においてはそれぞれ、不要波に起因する複数の帯域内リップルが生じている。これに対して、第 1 の実施形態においては、いずれの帯域内リップルも抑制されていることがわかる。このように、第 1 の実施形態においては、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができる。さらに、各矢印 L2 に示すように、参考例及び比較例においてはそれぞれ、不要波に起因する複数の帯域外リップルが生じている。これに対して、第 1 の実施形態においては、帯域外リップルも抑制されていることがわかる。このように、第 1 の実施形態においては、帯域外においても不要波を抑制することがで

きる。

[0036] なお、共振周波数及び反共振周波数の間において、アドミタンスが小さいほど、挿入損失が小さい。図5に示すように、第1の実施形態においては、特に反共振周波数付近において、挿入損失を小さくすることができる。これは、図1に示すように、第1の質量付加膜24が、平面視において、第1のギャップ領域G1及び第2のギャップ領域G2と重なっており、かつ圧電層14の第2の主面14bに設けられていることによる。それによって、圧電層14の結晶軸におけるY軸方向の変位を抑制することができる。これにより、挿入損失を小さくすることができる。

[0037] 第1の実施形態では、各第2の質量付加膜25が設けられていることにより、各エッジ領域において、低音速領域が構成されている。低音速領域とは、中央領域Hにおける音速よりも、音速が低い領域である。電極指延伸方向において、IDT電極11の内側から外側にかけて、中央領域H及び低音速領域がこの順序において配置されている。それによって、ピストンモードが成立し、不要波を効果的に抑制することができる。

[0038] なお、本発明の弾性波装置は、弾性表面波ではなく、厚み滑りモードのバルク波を利用する。この場合、平面視において、各ギャップ領域に各第1の質量付加膜24が重なっていても、ピストンモードを好適に成立させることができる。

[0039] 厚み滑りモードのバルク波を利用する弾性波装置においては、図1に示す交叉領域Fが、複数の励振領域を含む。具体的には、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の中心間の領域が励振領域である。

[0040] 第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25の材料としては、酸化ケイ素、酸化タングステン、酸化ニオブ、酸化タンタル及び酸化ハフニウムからなる群から選択された少なくとも1種の誘電体を用いられていることが好ましい。第1の質量付加膜24に上記の材料が用いられている場合には、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波をより確実に抑制

することができる。同様に、第2の質量付加膜25に上記の材料が用いられている場合には、不要波をより確実に、効果的に抑制することができる。

[0041] 上記のように、第1の実施形態においては、各ギャップ領域に各第1の質量付加膜24が設けられている。なお、第1の質量付加膜24は、平面視において、第1のギャップ領域G1及び第2のギャップ領域G2のうち少なくとも一方と重なるように設けられていればよい。もっとも、第1のギャップ領域G1及び第2のギャップ領域G2の双方にそれぞれ、第1の質量付加膜24が設けられていることが好ましい。これにより、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波をより確実に抑制することができる。

[0042] 第1の質量付加膜24は、平面視において、第1のギャップ領域G1または第2のギャップ領域G2の少なくとも一部と重なっていればよい。より具体的には、第1の質量付加膜24は、平面視において、第1のギャップ領域G1または第2のギャップ領域G2の、電極指延伸方向における少なくとも一部と重なっていればよい。そして、第1の質量付加膜24は、平面視において、第1のギャップ領域G1または第2のギャップ領域G2の、電極指対向方向における少なくとも一部と重なっていればよい。

[0043] 第1の質量付加膜24が、平面視において第1のギャップ領域G1と重なっている場合、第1の質量付加膜24が、複数の第1の電極指28と平面視において重なっていることが好ましい。第1の質量付加膜24が、平面視において、全ての第1の電極指28と重なっていることがより好ましい。これらの場合、第1の質量付加膜24が、平面視において、複数の第1の電極指28と重なる領域と、第1の電極指28間の部分と重なる領域とに連続的に設けられていることが好ましい。それによって、不要波をより確実に、効果的に抑制することができる。

[0044] 第1の質量付加膜24が、平面視において第2のギャップ領域G2と重なっている場合、第1の質量付加膜24が、複数の第2の電極指29と平面視において重なっていることが好ましい。第1の質量付加膜24が、平面視において、全ての第2の電極指29と重なっていることがより好ましい。これ

らの場合、第1の質量付加膜24が、平面視において、複数の第2の電極指29と重なる領域と、第2の電極指29間の部分と重なる領域とに連続的に設けられていることが好ましい。それによって、不要波をより確実に、効果的に抑制することができる。

[0045] ところで、第2の質量付加膜25は設けられていなくともよい。もっとも、第2の質量付加膜25が、第1の質量付加膜24が平面視において重なっているギャップ領域と隣接しているエッジ領域と、平面視において重なっていることが好ましい。これにより、上記のように、不要波を効果的に抑制することができる。

[0046] 第2の質量付加膜25は、平面視において、少なくとも1本の電極指と重なっていればよい。もっとも、第2の質量付加膜25が、平面視において複数の電極指と重なっていることが好ましく、全ての電極指と重なっていることがより好ましい。これらの場合には、第2の質量付加膜25が、平面視において、複数の電極指と重なる領域と、電極指間の部分と重なる領域とに連続的に設けられていることが好ましい。それによって、不要波をより確実に、効果的に抑制することができる。

[0047] 以下において、第1の質量付加膜の構成のみが第1の実施形態と異なる、第1の実施形態の第1の変形例及び第2の変形例を示す。第1の変形例及び第2の変形例においても、第1の実施形態と同様に、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる。

[0048] 図6に示す第1の変形例においては、第1の質量付加膜24Aの材料と、第2の質量付加膜25の材料とが互いに異なる。

[0049] 図7に示す第2の変形例においては、第1の質量付加膜24Bの厚みと、第2の質量付加膜25の厚みとが互いに異なる。具体的には、第1の質量付加膜24Bの厚みが、第2の質量付加膜25の厚みよりも厚い。なお、第1の質量付加膜24Bの厚みは、第2の質量付加膜25の厚みよりも薄くてもよい。もっとも、本変形例のように、第1の質量付加膜24Bの厚みを厚く

することにより、挿入損失をより確実に小さくすることができ、かつ不要波を効果的に抑制することができる。

[0050] 本変形例においても、第1の変形例と同様に、第1の質量付加膜24Bの材料と、第2の質量付加膜25の材料とが互いに異なってもよい。この場合にも、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる。

[0051] さらに、以下において、図1に示す第2の質量付加膜25が設けられていない例を、第1の実施形態の第3の変形例及び第4の変形例により示す。第3の変形例及び第4の変形例においても、第1の実施形態と同様に、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる。

[0052] 図8に示す第3の変形例においては、第2の質量付加膜は設けられていない。本変形例においては、質量付加膜は第1の質量付加膜24のみである。各第1の質量付加膜24は、平面視において、各ギャップ領域の電極指延伸方向における一部と重なっている。

[0053] 図9に示す第4の変形例においても、第2の質量付加膜は設けられていない。なお、本変形例においては、図10に示すように、1対の第1の質量付加膜24のうち一方の第1の質量付加膜24が、平面視において、第1のギャップ領域G1の全体と重なっている。同様に、図9に示すように、他方の第1の質量付加膜24が、平面視において、第2のギャップ領域G2の全体と重なっている。

[0054] 図11は、第2の実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。図12は、図11中のI-I'-I-I'線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。

[0055] 図11及び図12に示すように、本実施形態は、質量付加膜が、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25と共に、第3の質量付加膜36を含む点において、第1の実施形態と異なる。本実施形態は、1対の第1の質量付加膜24がそれぞれ、平面視において、1対のギャップ領域の全体と重な

っている点においても、第１の実施形態と異なる。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。

[0056] 圧電層１４の第２の主面１４ｂに、１対の第３の質量付加膜３６が設けられている。１対の第３の質量付加膜３６のうち一方の第３の質量付加膜３６は、平面視において、第１のバスバー２６と重なっている。図１１に示すように、他方の第３の質量付加膜３６は、平面視において、第２のバスバー２７と重なっている。本実施形態のように、第３の質量付加膜３６が設けられている場合にも、第１の実施形態と同様に、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる。

[0057] なお、少なくとも１つの第３の質量付加膜３６が設けられていればよい。第３の質量付加膜３６は、平面視において、第１のバスバー２６及び第２のバスバー２７のうち少なくとも一方と重なっていればよい。より具体的には、第３の質量付加膜３６が、第１の質量付加膜２４が平面視において重なっているギャップ領域と隣接しているバスバーと、平面視において重なっていればよい。

[0058] 本実施形態においては、各第３の質量付加膜３６は、平面視において、各バスバーの全体と重なっている。もっとも、第３の質量付加膜３６は、平面視において、第１のバスバー２６の少なくとも一部、または第２のバスバー２７の少なくとも一部と重なっていればよい。

[0059] 第１の質量付加膜２４、第２の質量付加膜２５及び第３の質量付加膜３６は、同じ材料により一体として設けられている。もっとも、第１の質量付加膜２４の材料と、第３の質量付加膜３６の材料とは互いに異なってもよい。

[0060] 図１２に示すように、第１の質量付加膜２４及び第３の質量付加膜３６の厚みは同じである。もっとも、第１の質量付加膜２４の厚みと、第３の質量付加膜３６の厚みとは互いに異なってもよい。

[0061] 図13は、第3の実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。図14は、図13中のI-I線に沿う模式的断面図である。図15は、図13中のII-II線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。

[0062] 図13に示すように、本実施形態は、質量付加膜が、第1の質量付加膜24及び第2の質量付加膜25と共に、第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48を含む点において、第1の実施形態と異なる。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。

[0063] 第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48が設けられている場合にも、第1の実施形態と同様に、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる。以下において、本実施形態の構成の詳細を説明する。

[0064] 圧電層14の第1の主面14aに、1対の第4の質量付加膜47が設けられている。1対の第4の質量付加膜47のうち一方の第4の質量付加膜47は、平面視において、第1のギャップ領域G1と重なっている。他方の第4の質量付加膜47は、平面視において、第2のギャップ領域G2と重なっている。

[0065] 具体的には、本実施形態においては、1対の第4の質量付加膜47はそれぞれ、複数の電極指を覆うように設けられている。より具体的には、図14に示すように、1対の第4の質量付加膜47のうち一方の第4の質量付加膜47は、第1のギャップ領域G1において、複数の第1の電極指28を覆うように、圧電層14の第1の主面14aに設けられている。図13に戻り、他方の第4の質量付加膜47は、第2のギャップ領域G2において、複数の第2の電極指29を覆うように、第1の主面14aに設けられている。

[0066] なお、少なくとも1つの第4の質量付加膜47が設けられていればよい。第1の質量付加膜24及び第4の質量付加膜47が、同じギャップ領域と、平面視において重なっていればよい。もっとも、例えば、1対の第1の質量

付加膜 24 が、平面視において第 1 のギャップ領域 G 1 及び第 2 のギャップ領域 G 2 の双方と重なっている場合において、1 つの第 4 の質量付加膜 47 が一方のギャップ領域のみと、平面視において重なっていてもよい。

[0067] 第 4 の質量付加膜 47 は、平面視において、第 1 のギャップ領域 G 1 または第 2 のギャップ領域 G 2 の少なくとも一部と重なっていればよい。より具体的には、第 4 の質量付加膜 47 は、平面視において、第 1 のギャップ領域 G 1 または第 2 のギャップ領域 G 2 の、電極指延伸方向における少なくとも一部と重なっていればよい。そして、第 4 の質量付加膜 47 は、平面視において、第 1 のギャップ領域 G 1 または第 2 のギャップ領域 G 2 の、電極指対向方向における少なくとも一部と重なっていればよい。

[0068] 第 4 の質量付加膜 47 が、平面視において第 1 のギャップ領域 G 1 と重なっている場合、第 4 の質量付加膜 47 が、複数の第 1 の電極指 28 と平面視において重なっていることが好ましい。第 4 の質量付加膜 47 が、平面視において、全ての第 1 の電極指 28 と重なっていることがより好ましい。これらの場合、第 4 の質量付加膜 47 が、平面視において、複数の第 1 の電極指 28 と重なる領域と、第 1 の電極指 28 間の部分と重なる領域とに連続的に設けられていることが好ましい。それによって、不要波をより確実に、効果的に抑制することができる。

[0069] 第 4 の質量付加膜 47 が、平面視において第 2 のギャップ領域 G 2 と重なっている場合、第 4 の質量付加膜 47 が、複数の第 2 の電極指 29 と平面視において重なっていることが好ましい。第 4 の質量付加膜 47 が、平面視において、全ての第 2 の電極指 29 と重なっていることがより好ましい。これらの場合、第 4 の質量付加膜 47 が、平面視において、複数の第 2 の電極指 29 と重なる領域と、第 2 の電極指 29 間の部分と重なる領域とに連続的に設けられていることが好ましい。それによって、不要波をより確実に、効果的に抑制することができる。

[0070] 図 15 に示すように、本実施形態においては、第 1 の質量付加膜 24 の電極指延伸方向に沿う寸法と、第 4 の質量付加膜 47 の電極指延伸方向に沿う

寸法とは同じである。第1の質量付加膜24の全体と、第4の質量付加膜47の全体とが、平面視において重なっている。もっとも、第1の質量付加膜24の電極指延伸方向に沿う寸法と、第4の質量付加膜47の電極指延伸方向に沿う寸法とは互いに異なってもよい。例えば、1対の第4の質量付加膜47がそれぞれ、平面視において、1対のギャップ領域の全体と重なっていてもよい。

[0071] 図13に戻り、本実施形態においては、質量付加膜は第5の質量付加膜48をさらに含む。具体的には、圧電層14の第1の主面14aに、1対の第5の質量付加膜48が設けられている。1対の第5の質量付加膜48のうち一方の第5の質量付加膜48は、平面視において、第1のエッジ領域E1と重なっている。他方の第5の質量付加膜48は、平面視において、第2のエッジ領域E2と重なっている。

[0072] 1対の第5の質量付加膜48はそれぞれ、複数の電極指を覆うように設けられている。より具体的には、1対の第5の質量付加膜48のうち一方の第5の質量付加膜48は、第1のエッジ領域E1において、複数の電極指を覆うように、圧電層14の第1の主面14aに設けられている。他方の第5の質量付加膜48は、第2のエッジ領域E2において、複数の電極指を覆うように、第1の主面14aに設けられている。

[0073] なお、少なくとも1つの第5の質量付加膜48が設けられていればよい。第5の質量付加膜48が、第4の質量付加膜47が平面視において重なっているギャップ領域と隣接しているエッジ領域と、平面視において重なっていてもよい。

[0074] 第5の質量付加膜48は、平面視において、少なくとも1本の電極指と重なっていてもよい。もっとも、第5の質量付加膜48が、平面視において複数の電極指と重なっていることが好ましく、全ての電極指と重なっていることがより好ましい。これらの場合には、第5の質量付加膜48が、平面視において、複数の電極指と重なる領域と、電極指間の部分と重なる領域とに連続的に設けられていることが好ましい。それによって、不要波をより確実に

、効果的に抑制することができる。

[0075] 本実施形態においては、第1の質量付加膜24及び第4の質量付加膜47の材料は同じである。もっとも、第1の質量付加膜24の材料と、第4の質量付加膜47の材料とは互いに異なってもよい。

[0076] 他方、本実施形態では、第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48の材料は同じである。もっとも、第4の質量付加膜47の材料と、第5の質量付加膜48の材料とは互いに異なってもよい。

[0077] 第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48の材料としては、酸化ケイ素、酸化タングステン、酸化ニオブ、酸化タンタル及び酸化ハフニウムからなる群から選択された少なくとも1種の誘電体を用いられていることが好ましい。第4の質量付加膜47に上記の材料が用いられている場合には、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波をより確実に抑制することができる。同様に、第5の質量付加膜48に上記の材料が用いられている場合には、不要波をより確実に抑制することができる。

[0078] 図15に示すように、第4の質量付加膜47の厚み及び第5の質量付加膜48の厚みは同じである。もっとも、第4の質量付加膜47の厚みと、第5の質量付加膜48の厚みとは互いに異なってもよい。

[0079] なお、図13に示すように、本実施形態において各質量付加膜は、平面視において、中央領域Hとは重なっていない。

[0080] ここで、本実施形態と、参考例及び比較例とにおいて、アドミタンス周波数特性を比較した。なお、当該参考例は、図4に示した参考例である。当該比較例は、質量付加膜が設けられていない点において、本実施形態と異なる。なお、各弾性波装置において、共振周波数は約4740MHzであり、反共振周波数は約5470MHzである。

[0081] 図16は、第3の実施形態、参考例及び比較例における、共振周波数及び反共振周波数の間付近におけるアドミタンス周波数特性を示す図である。

[0082] 図16中の各矢印L1により示すように、参考例及び比較例においてはそれぞれ、不要波に起因する複数の帯域内リップルが生じている。これに対し

て、第3の実施形態においては、いずれの帯域内リップルも抑制されていることがわかる。このように、第3の実施形態においては、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができる。さらに、第3の実施形態では、共振周波数及び反共振周波数の間において、アドミッタンスが小さい。このことから、挿入損失を小さくできることがわかる。加えて、各矢印L2に示すように、参考例及び比較例においてはそれぞれ、不要波に起因する複数の帯域外リップルが生じている。これに対して、第3の実施形態においては、帯域外リップルも抑制されていることがわかる。このように、第3の実施形態においては、帯域外においても不要波を抑制することができる。

[0083] 以下において、第1の質量付加膜、第4の質量付加膜または第5の質量付加膜のみの構成が第3の実施形態と異なる、第3の実施形態の第1～第3の変形例を示す。第1～第3の変形例においても、第3の実施形態と同様に、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができ、かつ挿入損失を小さくすることができる。

[0084] 図17に示す第1の変形例では、第1の質量付加膜24の材料と、第4の質量付加膜47A及び第5の質量付加膜48Aの材料とが互いに異なる。なお、第4の質量付加膜47A及び第5の質量付加膜48Aの材料は同じである。

[0085] 図18に示す第2の変形例では、第1の質量付加膜24の材料と、第4の質量付加膜47Aの材料と、第5の質量付加膜48Bの材料とが互いに異なる。

[0086] 図19に示す第3の変形例では、第1の質量付加膜24の電極指延伸方向に沿う寸法と、第4の質量付加膜47Aの電極指延伸方向に沿う寸法とは互いに異なる。具体的には、第1の質量付加膜24の電極指延伸方向に沿う寸法は、第4の質量付加膜47Aの電極指延伸方向に沿う寸法よりも大きい。もっとも、第1の質量付加膜24の電極指延伸方向に沿う寸法は、第4の質量付加膜47Aの電極指延伸方向に沿う寸法よりも小さくてもよい。

- [0087] なお、本変形例においては、第1の変形例と同様に、第1の質量付加膜24の材料と、第4の質量付加膜47A及び第5の質量付加膜48Aの材料とが互いに異なる。もっとも、第1の質量付加膜24、第4の質量付加膜47A及び第5の質量付加膜48Aの材料は同じであってもよい。
- [0088] 図20は、第4の実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。図21は、図20中のI-I線に沿う模式的断面図である。図22は、図20中のII-II線に沿う、第1のギャップ領域付近を示す模式的断面図である。
- [0089] 図20～図22に示すように、本実施形態は、圧電層14の第1の主面14aに、IDT電極11を覆うように、誘電体膜59が設けられている点において、第1の実施形態と異なる。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。
- [0090] 誘電体膜59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を用いることができる。誘電体膜59は、IDT電極11の保護膜として機能する。よって、IDT電極11が破損し難い。加えて、耐湿性を高めることもできる。さらに、誘電体膜59の厚みを調整することにより、弾性波装置の周波数を容易に調整することができる。
- [0091] 本実施形態の構成とした場合においても、第1の実施形態と同様に、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができる。
- [0092] 本実施形態においては、図13に示した第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48は設けられていない。もっとも、第3の実施形態と同様に、第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48が、圧電層14の第1の主面14aに設けられていてもよい。そして、第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48が、誘電体膜59により覆われていてもよい。あるいは、誘電体膜59上に、第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48が設けられていてもよい。より具体的には、圧電層14と、第4の質量付加膜47及び第5の質量付加膜48との間に、誘電体膜59が設けられていてもよい。

。

[0093] 誘電体膜 5 9 並びに第 4 の質量付加膜 4 7 の材料が同じである場合、誘電体膜 5 9 の厚みは、図 2 0 に示す中央領域 H における誘電体膜 5 9 の厚みとする。第 4 の質量付加膜 4 7 の厚みは、誘電体膜 5 9 及び第 4 の質量付加膜 4 7 の合計の厚みから、誘電体膜 5 9 の厚みを引いたものとする。誘電体膜 5 9 及び第 5 の質量付加膜 4 8 の材料が同じである場合も同様である。

[0094] 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 5 の実施形態及び第 6 の実施形態により示す。

[0095] 図 2 3 は、第 5 の実施形態に係るフィルタ装置の回路図である。

[0096] フィルタ装置 6 0 はラダー型フィルタである。フィルタ装置 6 0 は、第 1 の信号端子 6 2 及び第 2 の信号端子 6 3 と、複数の直列腕共振子及び複数の並列腕共振子を有する。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、全ての並列腕共振子が本発明に係る弾性波装置である。具体的には、本実施形態における各並列腕共振子は、図 8 に示した、第 1 の実施形態の第 3 の変形例に係る弾性波装置である。もっとも、各並列腕共振子は、該変形例以外の本発明の構成を有していてもよい。

[0097] 他方、全ての直列腕共振子は、本発明に係る弾性波装置ではない。具体的には、全ての直列腕共振子は質量付加膜を有しない。もっとも、フィルタ装置 6 0 における少なくとも 1 つの並列腕共振子が、本発明に係る弾性波装置であればよい。少なくとも 1 つの直列腕共振子が、本発明に係る弾性波装置であってもよい。

[0098] 第 1 の信号端子 6 2 及び第 2 の信号端子 6 3 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 6 2 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。

[0099] フィルタ装置 6 0 の複数の直列腕共振子は、具体的には、直列腕共振子 S 1、直列腕共振子 S 2 及び直列腕共振子 S 3 である。複数の並列腕共振子は

、具体的には、並列腕共振子 P 1 及び並列腕共振子 P 2 である。

[0100] 第 1 の信号端子 6 2 及び第 2 の信号端子 6 3 の間に、直列腕共振子 S 1、直列腕共振子 S 2 及び直列腕共振子 S 3 が互いに直列に接続されている。直列腕共振子 S 1 及び直列腕共振子 S 2 の間の接続点とグラウンド電位との間に、並列腕共振子 P 1 が接続されている。直列腕共振子 S 2 及び直列腕共振子 S 3 の間の接続点とグラウンド電位との間に、並列腕共振子 P 2 が接続されている。なお、フィルタ装置 6 0 の回路構成は上記に限定されない。フィルタ装置 6 0 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。

[0101] フィルタ装置 6 0 は、本発明に係る弾性波装置である並列腕共振子を有する。よって、第 1 の実施形態などと同様に、フィルタ装置 6 0 の並列腕共振子において不要波を抑制することができる。加えて、フィルタ装置 6 0 の挿入損失を小さくすることができる。

[0102] 図 2 4 (a) は、第 5 の実施形態における並列腕共振子の模式的平面図である。図 2 4 (b) は、第 5 の実施形態における直列腕共振子の模式的平面図である。

[0103] 図 2 4 (a) 及び図 2 4 (b) に示すように、各ギャップ領域の電極指延伸方向に沿う寸法をギャップ領域の幅 W とする。フィルタ装置 6 0 においては、全ての並列腕共振子のギャップ領域の幅 W は、全ての直列腕共振子のギャップ領域の幅 W よりも広い。それによって、フィルタ装置 6 0 のフィルタ特性をより確実に向上させることができる。加えて、各並列腕共振子は、本発明に係る弾性波装置である。具体的には、各並列腕共振子においては、平面視したときに各ギャップ領域と重なるように、圧電層 1 4 の第 2 の主面 1 4 b に 1 対の第 1 の質量付加膜 2 4 が設けられている。これにより、各ギャップ領域の幅 W が広くとも、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を抑制することができる。

[0104] なお、上記のように、全ての並列腕共振子のうち、一部の並列腕共振子が本発明に係る弾性波装置であってもよい。この場合、本発明に係る弾性波装

置である並列腕共振子のギャップ領域の幅 W が、直列腕共振子のギャップ領域の幅 W よりも広ければよい。この場合において、フィルタ特性の向上と、不要波を抑制とを、より確実に両立させることができる。

[0105] 以下において、第6の実施形態に係るフィルタ装置について説明する。第6の実施形態は、全ての直列腕共振子が本発明に係る弾性波装置である点において、第5の実施形態と異なる。第6の実施形態に係るフィルタ装置の回路構成は、図23に示した構成と同様である。

[0106] 第6の実施形態における全ての並列腕共振子は、本発明における第1の弾性波共振子である。一方で、全ての直列腕共振子は、本発明における第2の弾性波共振子である。なお、少なくとも1つの並列腕共振子が第1の弾性波共振子であればよい。少なくとも1つの直列腕共振子が第2の弾性波共振子であればよい。

[0107] 図25(a)は、第6の実施形態における第1の弾性波共振子の模式的平面図である。図25(b)は、第6の実施形態における第2の弾性波共振子の模式的平面図である。

[0108] 第6の実施形態においては、全ての第1の弾性波共振子及び全ての第2の弾性波共振子はいずれも、第1の実施形態の第3の変形例に係る弾性波装置である。よって、第1の実施形態などと同様に、フィルタ装置の並列腕共振子及び直列腕共振子において不要波を抑制することができる。加えて、フィルタ装置の挿入損失を小さくすることができる。もっとも、各第1の弾性波共振子及び各第2の弾性波共振子は、該変形例以外の本発明の構成を有していてもよい。

[0109] 図25(a)及び図25(b)に示すように、第1の弾性波共振子としての並列腕共振子におけるギャップ領域の幅 W は、第2の弾性波共振子としての直列腕共振子におけるギャップ領域の幅 W よりも広い。それによって、フィルタ装置のフィルタ特性をより確実に向上させることができる。

[0110] 加えて、第1の弾性波共振子における第1の質量付加膜24の電極指延伸方向に沿う寸法が、第2の弾性波共振子における第1の質量付加膜24の電

極指延伸方向に沿う寸法よりも大きい。それによって、各第1の弾性波共振子におけるギャップ領域の幅Wが広くとも、共振周波数及び反共振周波数の間の帯域内において、不要波を効果的に抑制することができる。

[0111] 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。

[0112] 図26(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26(b)は、圧電層上の電極構造を示す平面図であり、図27は、図26(a)中のA-A線に沿う部分の断面図である。

[0113] 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26(a)及び図26(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26(a)及び図26(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26(a)及び図26(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26(a)及び図26(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、 50nm 以上、 1000nm 以下の範囲であることが好ましく、 150nm 以上、 1000nm 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。

[0114] 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。

[0115] 圧電層2の第2の主面2b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27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。

[0116] 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、S i からなる。S i の圧電層 2 側の面における面方位は (1 0 0) や (1 1 0) であってもよく、(1 1 1) であってもよい。支持部材 8 を構成する S i 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。

[0117] 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。

[0118] 上記複数の電極 3, 4 及び第 1, 第 2 のバスバー 5, 6 は、A l、A l C u 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 3, 4 及び第 1, 第 2 のバスバー 5, 6 は、T i 膜上に A l 膜を積層した構造を有する。なお、T i 膜以外の密着層を用いてもよい。

[0119] 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。

[0120] 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 28 (a) 及び図 28 (b) を参照して説明する。

[0121] 図 28 (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 28 (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。

[0122] これに対して、図 28 (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 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。

[0123] なお、厚み滑りモードのバルク波の振幅方向は、図 29 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 29 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 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。

[0124] 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。

[0125] 例えば、上記電極 3 がホット電位に接続される電極であり、電極 4 がグラウンド電位に接続される電極である。もっとも、電極 3 がグラウンド電位に、電極 4 がホット電位に接続されてもよい。本実施形態では、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。

[0126] 図 30 は、図 27 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。

[0127] 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 μm 、電極 3, 4 からなる電極の対数 = 21 対、電極間中心距離 = 3 μm 、電極 3, 4 の幅 = 500 nm、 $d/p = 0.133$ 。

絶縁層 7 : 1 μm の厚みの酸化ケイ素膜。

支持部材 8 : S i。

[0128] 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。

[0129] 本実施形態では、電極 3, 4 からなる電極対の電極間距離は、複数対において全て等しくした。すなわち、電極 3 と電極 4 とを等ピッチで配置した。

[0130] 図 30 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。

[0131] ところで、上記圧電層 2 の厚みを d 、電極 3 と電極 4 との電極の中心間距離を p とした場合、前述したように、本実施形態では、 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 31 を参照して説明する。

[0132] 図 30 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 31 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。

[0133] 図 31 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。

[0134] 図 32 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 32 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。

[0135] 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 3 3 及び図 3 4 を参照して説明する。図 3 3 は、上記弾性波装置 1 の共振特性の一例を示す参考図である。矢印 B で示すスプリアスが、共振周波数と反共振周波数との間に現れている。なお、 $d/p = 0.08$ として、かつ $LiNbO_3$ のオイラー角 (0° , 0° , 90°) とした。また、上記メタライゼーション比 $MR = 0.35$ とした。

[0136] メタライゼーション比 MR を、図 2 6 (b) を参照して説明する。図 2 6 (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。

[0137] なお、複数対の電極が設けられている場合、励振領域の面積の合計に対する全励振領域に含まれているメタライゼーション部分の割合を MR とすればよい。

[0138] 図 3 4 は本実施形態に従って、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34は、Zカットの LiNbO_3 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。

[0139] 図34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34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33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。

[0140] 図35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35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35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。

[0141] 図36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36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。

[0142] ($0^\circ \pm 10^\circ$, $0^\circ \sim 20^\circ$, 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)

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

[0143] 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。

[0144] 図37は、音響多層膜を有する弾性波装置の正面断面図である。

[0145] 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。

[0146] 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。

[0147] 第1～第4の実施形態及び各変形例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37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。

[0148] 厚み滑りモードのバルク波を利用する第1～第4の実施形態及び各変形例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～第4の実施形態及び各変形例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。

[0149] 厚み滑りモードのバルク波を利用する第1～第4の実施形態及び各変形例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、比帯域を十分に広げることができる。

符号の説明

- [0150] 1…弾性波装置
2…圧電層
2a, 2b…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
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
24, 24 A, 24 B …第1の質量付加膜
25 …第2の質量付加膜
26, 27 …第1, 第2のバスバー
28, 29 …第1, 第2の電極指
36 …第3の質量付加膜
47, 47 A …第4の質量付加膜
48, 48 A, 48 B …第5の質量付加膜
59 …誘電体膜
60 …フィルタ装置
62, 63 …第1, 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

1 0 4 …質量付加膜

2 0 1 …圧電膜

2 0 1 a, 2 0 1 b …第 1, 第 2 の主面

4 5 1, 4 5 2 …第 1, 第 2 領域

C …励振領域

E 1, E 2 …第 1, 第 2 のエッジ領域

F …交叉領域

G 1, G 2 …第 1, 第 2 のギャップ領域

H …中央領域

P 1, P 2 …並列腕共振子

S 1 ～ S 3 …直列腕共振子

V P 1 …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、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムからなり、かつ互いに対向している第1の主面及び第2の主面を有する圧電層と、

前記圧電層の前記第1の主面に設けられており、1対のバスバーと、複数の電極指と、を有するIDT電極と、

前記圧電層上に設けられている少なくとも1つの質量付加膜と、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IDT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IDT電極の一方の前記バスバーに前記複数の電極指のうち一部の電極指が接続されており、他方の前記バスバーに前記複数の電極指のうち残りの電極指が接続されており、一方の前記バスバーに接続されている前記複数の電極指、及び他方の前記バスバーに接続されている前記複数の電極指が互いに間挿し合っており、

隣り合う前記電極指同士が対向し合う方向を電極指対向方向とし、前記電極指対向方向から見たときに、前記隣り合う電極指同士が重なり合う領域が交叉領域であり、前記交叉領域と前記1対のバスバーとの間に位置する領域が1対のギャップ領域であり、

少なくとも1つの前記質量付加膜が、前記ギャップ領域と平面視において重なっており、かつ前記圧電層の前記第2の主面に設けられている、弾性波装置。

[請求項2]

前記複数の電極指が延びる方向を電極指延伸方向としたときに、前記交叉領域が、中央領域と、前記中央領域を前記電極指延伸方向にお

いて挟むように配置された1対のエッジ領域と、を有し、

前記少なくとも1つの質量付加膜が、前記圧電層の前記第2の主面に設けられている少なくとも1つの第1の質量付加膜と、少なくとも1つの第2の質量付加膜と、を含み、

前記第1の質量付加膜が、前記ギャップ領域と平面視において重なっており、

前記第2の質量付加膜が、前記第1の質量付加膜が平面視において重なっている前記ギャップ領域と隣接している前記エッジ領域と、平面視において重なっている、請求項1に記載の弾性波装置。

[請求項3] 前記第2の質量付加膜が、平面視において、前記複数の電極指と重なる領域と、前記電極指間の部分と重なる領域とに連続的に設けられている、請求項2に記載の弾性波装置。

[請求項4] 前記第1の質量付加膜及び前記第2の質量付加膜の厚みが同じである、請求項2または3に記載の弾性波装置。

[請求項5] 前記第1の質量付加膜及び前記第2の質量付加膜の厚みが互いに異なる、請求項2または3に記載の弾性波装置。

[請求項6] 前記第1の質量付加膜及び前記第2の質量付加膜の材料が同じである、請求項2～5のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項7] 前記第1の質量付加膜及び前記第2の質量付加膜の材料が互いに異なる、請求項2～5のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項8] 前記少なくとも1つの質量付加膜が、前記圧電層の前記第2の主面に設けられている少なくとも1つの第1の質量付加膜と、少なくとも1つの第3の質量付加膜と、を含み、

前記第1の質量付加膜が、前記ギャップ領域と平面視において重なっており、

前記第3の質量付加膜が、前記第1の質量付加膜が平面視において重なっている前記ギャップ領域と隣接している前記バスバーと、平面視において重なっている、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] 前記少なくとも1つの質量付加膜が、前記圧電層の前記第2の主面に設けられている少なくとも1つの第1の質量付加膜と、前記第1の主面に設けられている少なくとも1つの第4の質量付加膜と、を含み、

前記第1の質量付加膜及び前記第4の質量付加膜が、前記ギャップ領域と平面視において重なっている、請求項1～8のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項10] 前記第1の質量付加膜及び前記第4の質量付加膜の材料が同じである、請求項9に記載の弾性波装置。

[請求項11] 前記第1の質量付加膜及び前記第4の質量付加膜の材料が互いに異なる、請求項9に記載の弾性波装置。

[請求項12] 前記複数の電極指が延びる方向を電極指延伸方向としたときに、前記第1の質量付加膜の前記電極指延伸方向に沿う寸法と、前記第4の質量付加膜の前記電極指延伸方向に沿う寸法とが互いに異なる、請求項9～11のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項13] 前記複数の電極指が延びる方向を電極指延伸方向としたときに、前記交叉領域が、中央領域と、前記中央領域を前記電極指延伸方向において挟むように配置された1対のエッジ領域と、を有し、

前記少なくとも1つの質量付加膜が、前記圧電層の前記第1の主面に設けられている少なくとも1つの第5の質量付加膜をさらに含み、

前記第5の質量付加膜が、前記第4の質量付加膜が平面視において重なっている前記ギャップ領域と隣接している前記エッジ領域と、平面視において重なっている、請求項9～12のいずれか1項に記載の弾性波装置。

[請求項14] 前記第4の質量付加膜及び前記第5の質量付加膜の材料が同じである、請求項13に記載の弾性波装置。

[請求項15] 前記第4の質量付加膜及び前記第5の質量付加膜の材料が互いに異

なる、請求項 13 に記載の弾性波装置。

[請求項16] 前記少なくとも 1 つの質量付加膜に、酸化ケイ素、酸化タングステン、酸化ニオブ、酸化タンタル及び酸化ハフニウムからなる群から選択された少なくとも 1 種の誘電体を用いられている、請求項 1 ～ 15 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項17] 前記圧電層の前記第 1 の主面に、前記 IDT 電極を覆うように設けられている誘電体膜をさらに備える、請求項 1 ～ 16 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項18] 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 ～ 17 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項19] 前記音響反射部が、相対的に音響インピーダンスが高い高音響インピーダンス層と、相対的に音響インピーダンスが低い低音響インピーダンス層と、を含む、音響反射膜であり、前記支持部材の少なくとも一部及び前記圧電層の少なくとも一部が、前記音響反射膜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 ～ 17 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項20] d/p が 0.24 以下である、請求項 1 ～ 19 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項21] 前記電極指対向方向から見たときに、前記隣り合う電極指同士が重なり合う領域であり、かつ前記隣り合う電極指の中心間の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 ～ 20 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項22] 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 ～ 21 のいずれか 1 項に記載の弾

性波装置。

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

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

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

[請求項23]

直列腕共振子と、

並列腕共振子と、

を備え、

少なくとも1つの前記並列腕共振子が請求項1～22のいずれか1項に記載の弾性波装置であり、

前記複数の電極指が延びる方向を電極指延伸方向としたときに、前記弾性波装置である前記並列腕共振子の前記ギャップ領域の前記電極指延伸方向に沿う寸法が、前記直列腕共振子の前記ギャップ領域の前記電極指延伸方向に沿う寸法よりも大きい、フィルタ装置。

[請求項24]

直列腕共振子と、

並列腕共振子と、

を備え、

少なくとも1つの前記並列腕共振子が第1の弾性波共振子であり、少なくとも1つの前記直列腕共振子が第2の弾性波共振子であり、前記第1の弾性波共振子及び前記第2の弾性波共振子が請求項1～22のいずれか1項に記載の弾性波装置であり、

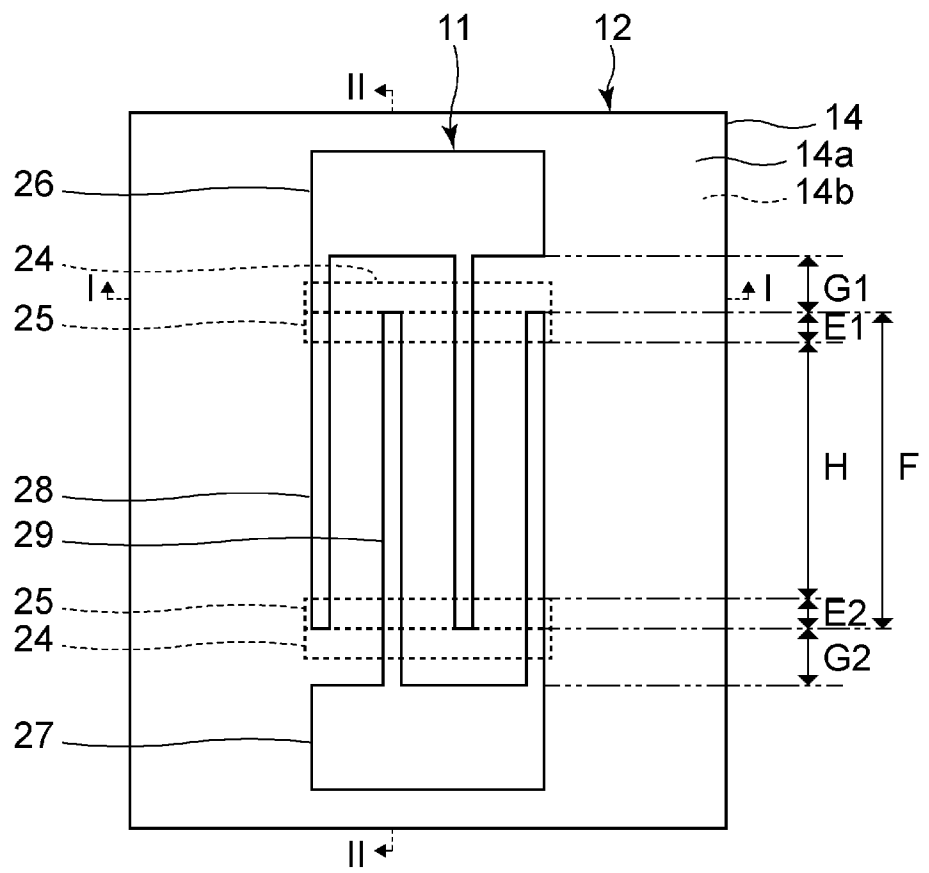
前記複数の電極指が延びる方向を電極指延伸方向としたときに、前記第1の弾性波共振子の前記ギャップ領域の前記電極指延伸方向に沿う寸法が、前記第2の弾性波共振子の前記ギャップ領域の前記電極指延伸方向に沿う寸法よりも大きく、

前記第 1 の弾性波共振子の前記ギャップ領域と平面視において重なっている前記質量付加膜の前記電極指延伸方向に沿う寸法が、前記第 2 の弾性波共振子の前記ギャップ領域と平面視において重なっている前記質量付加膜の前記電極指延伸方向に沿う寸法よりも大きい、フィルタ装置。

[図1]

図1

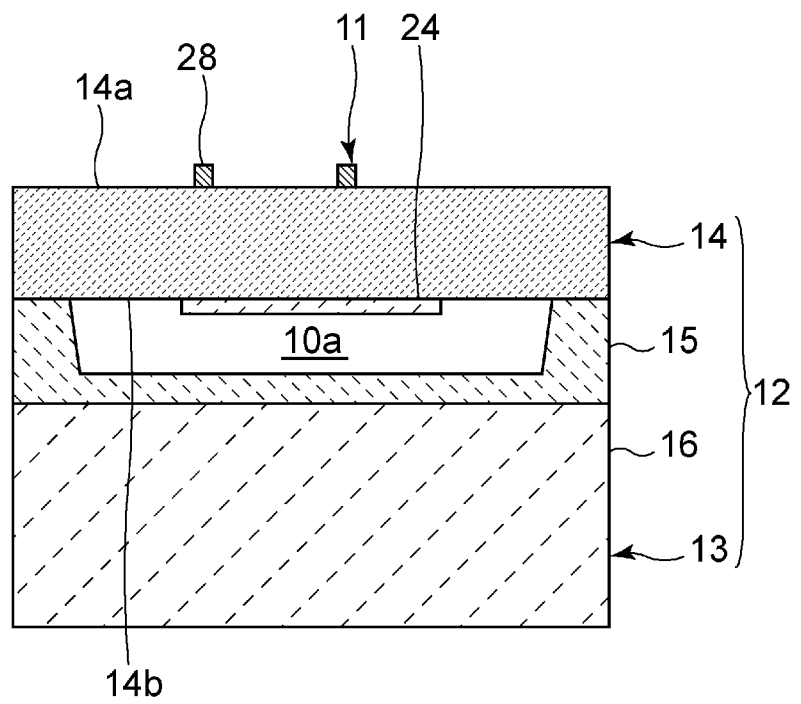
10



[図2]

図2

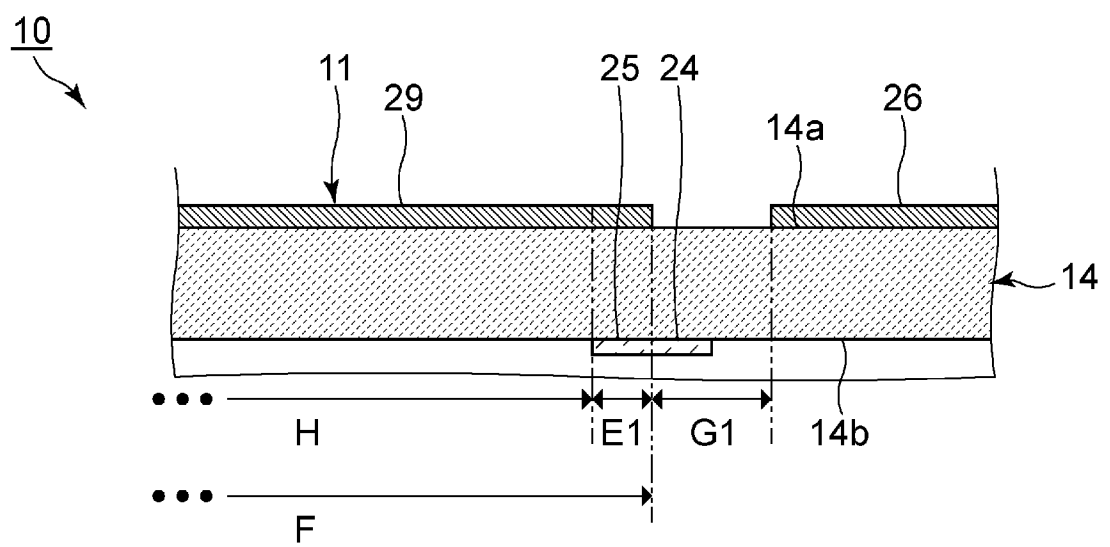
10



[図3]

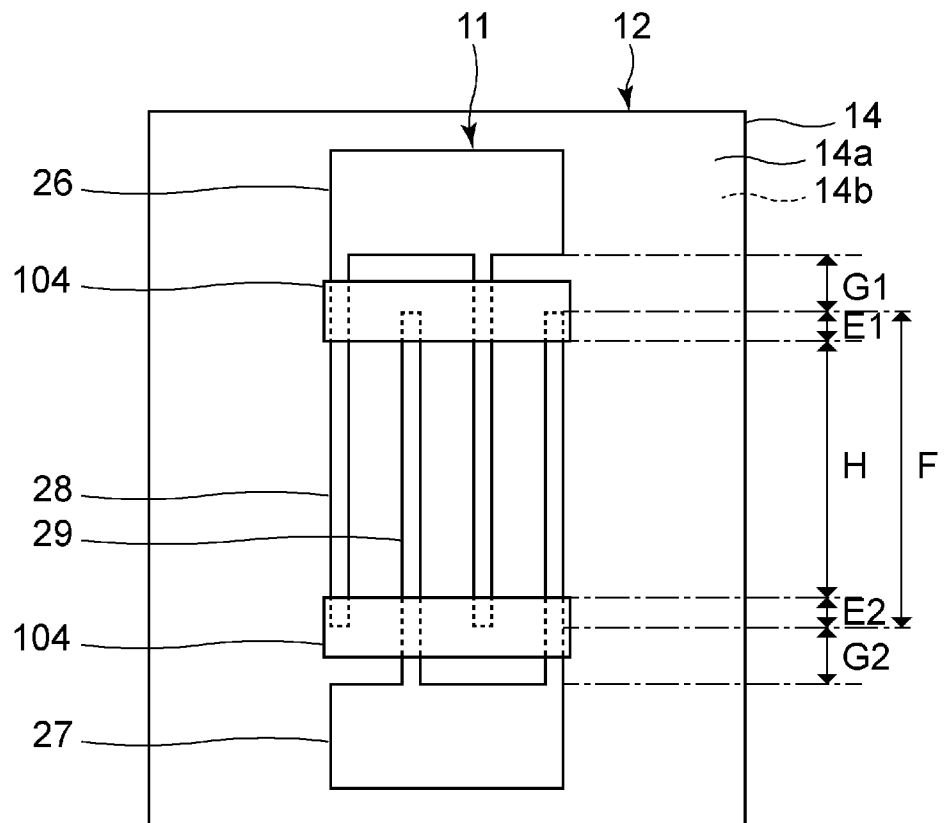
図3

10



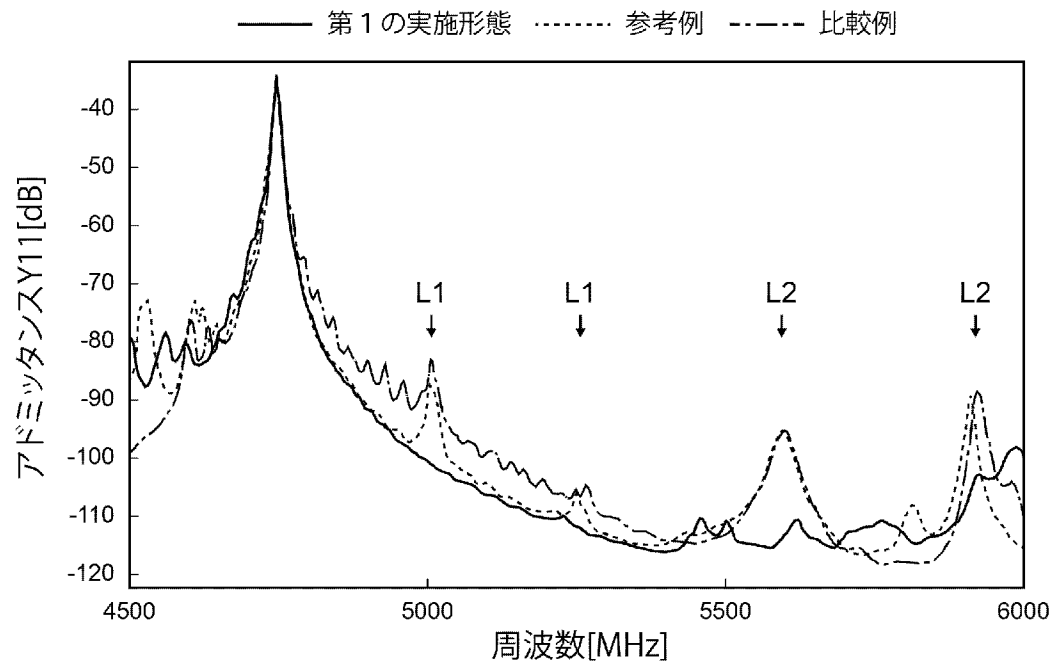
[図4]

図4



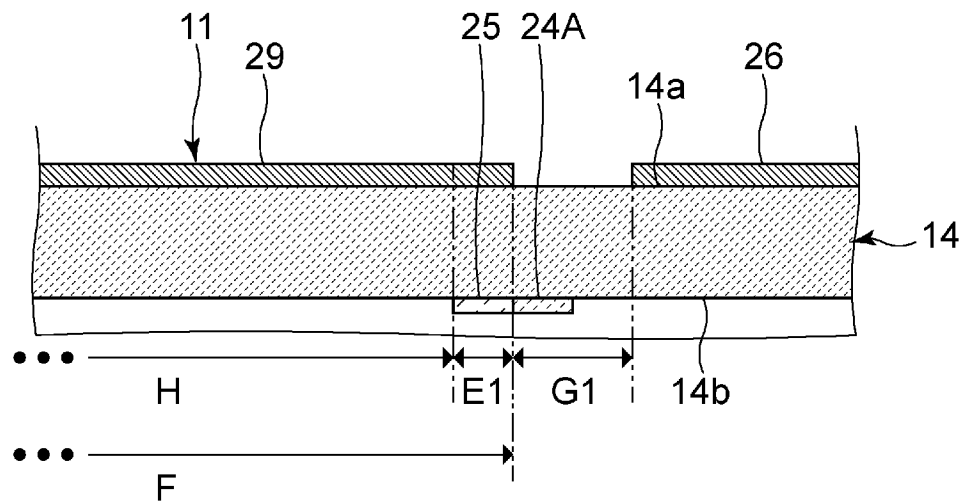
[図5]

図5



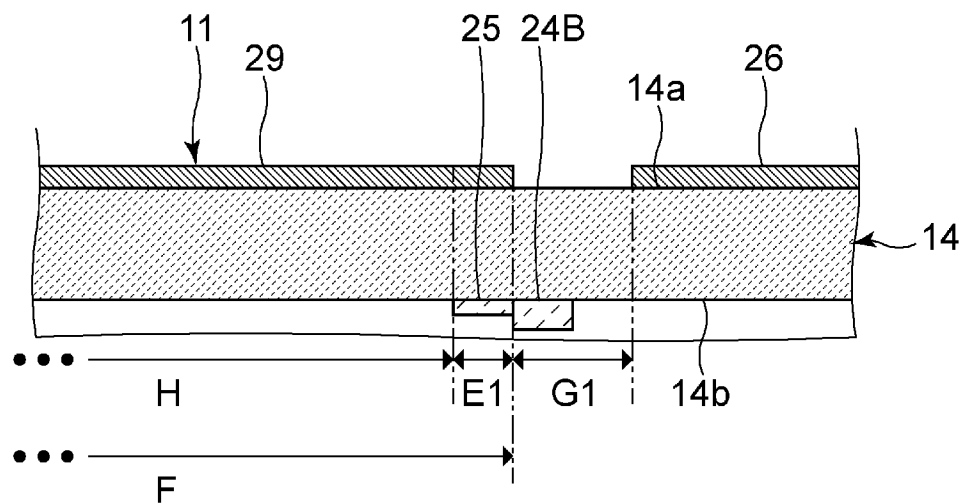
[図6]

図6



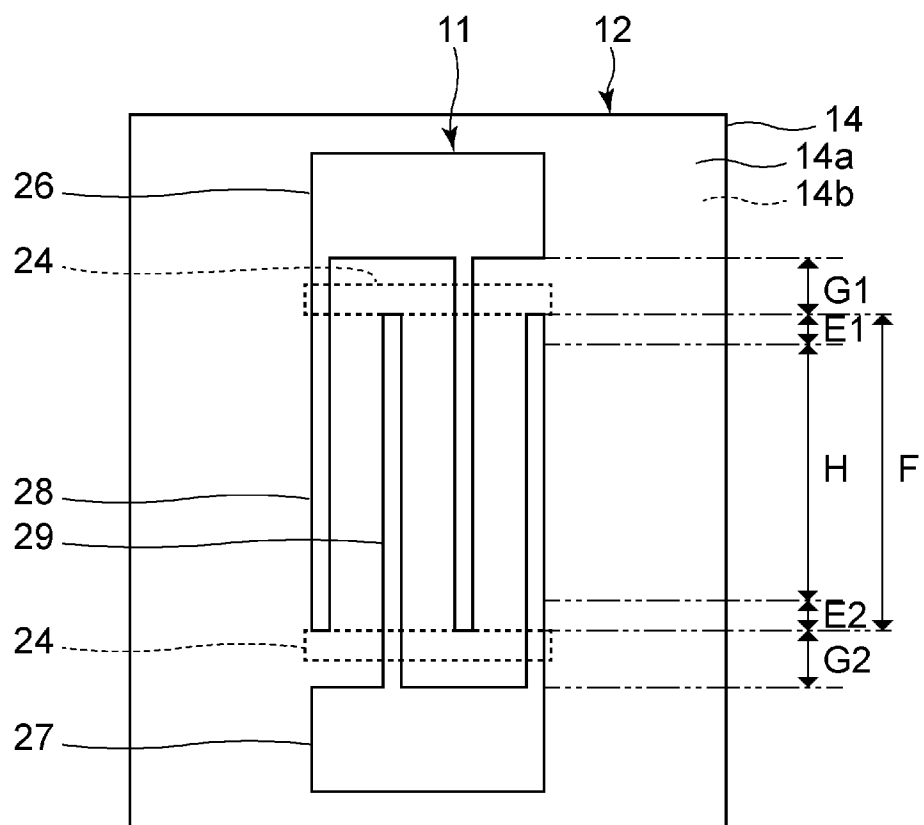
[図7]

図7



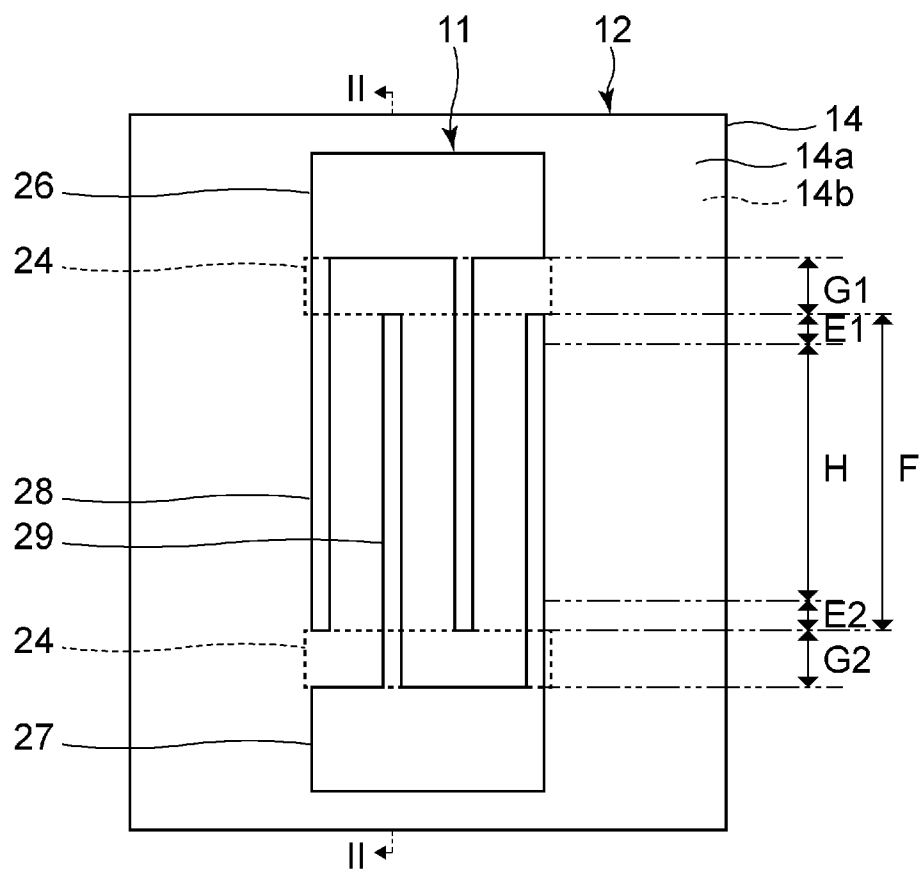
[図8]

図8



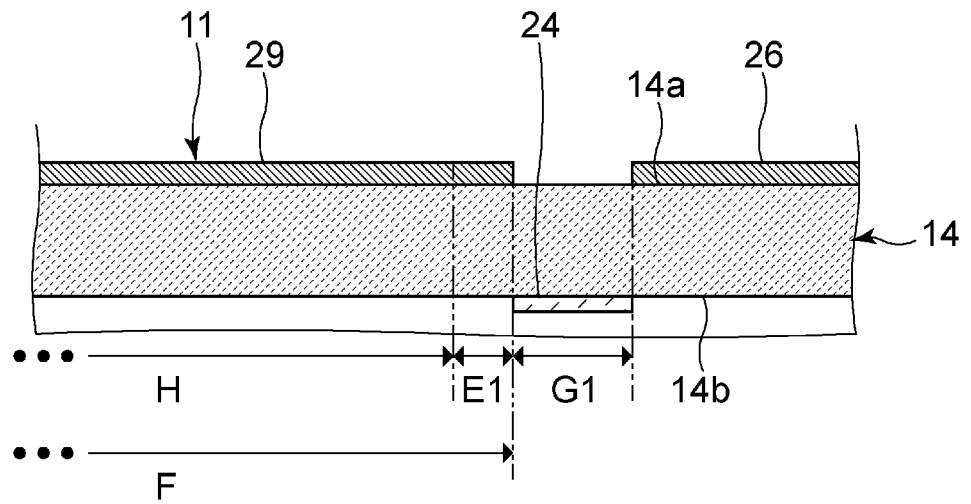
[図9]

図9



[図10]

図10



[図11]

図11

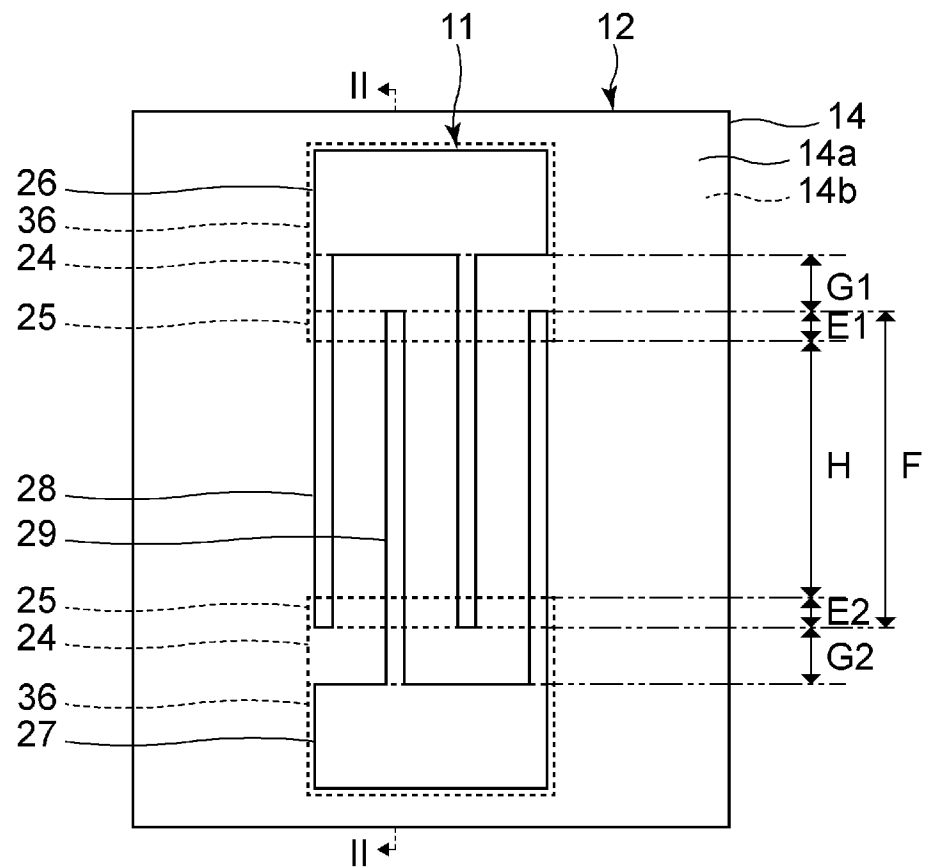


図12

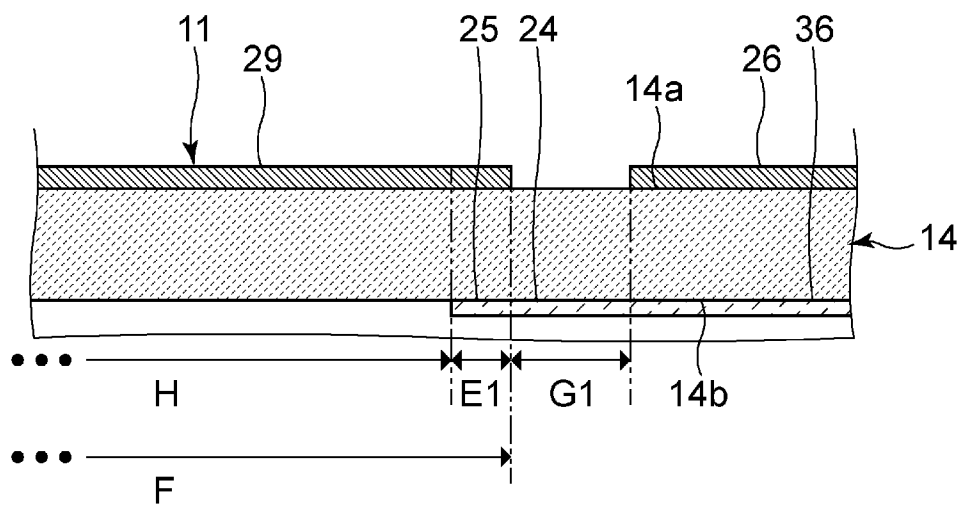
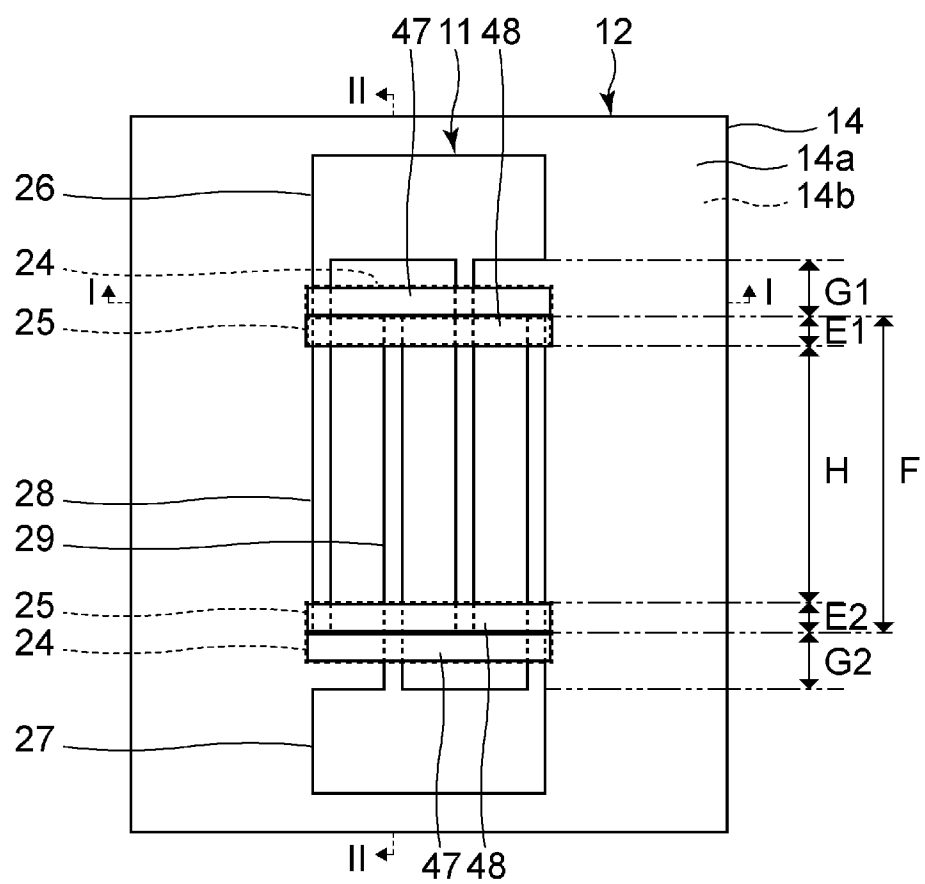
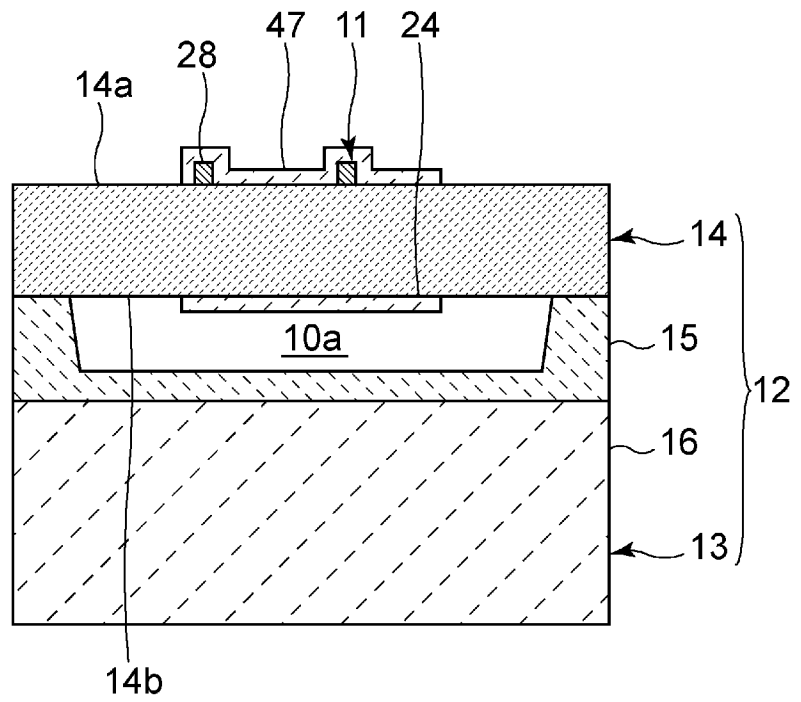


図13



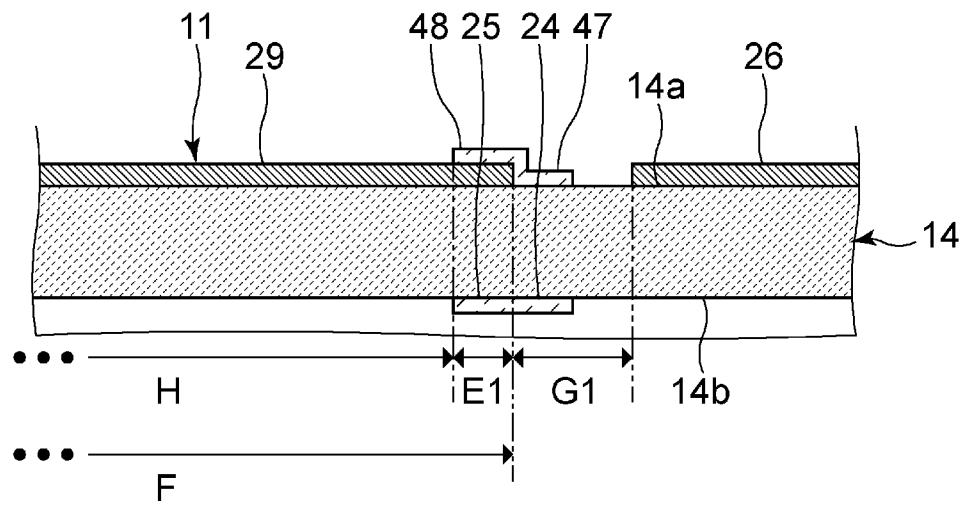
[図14]

図14



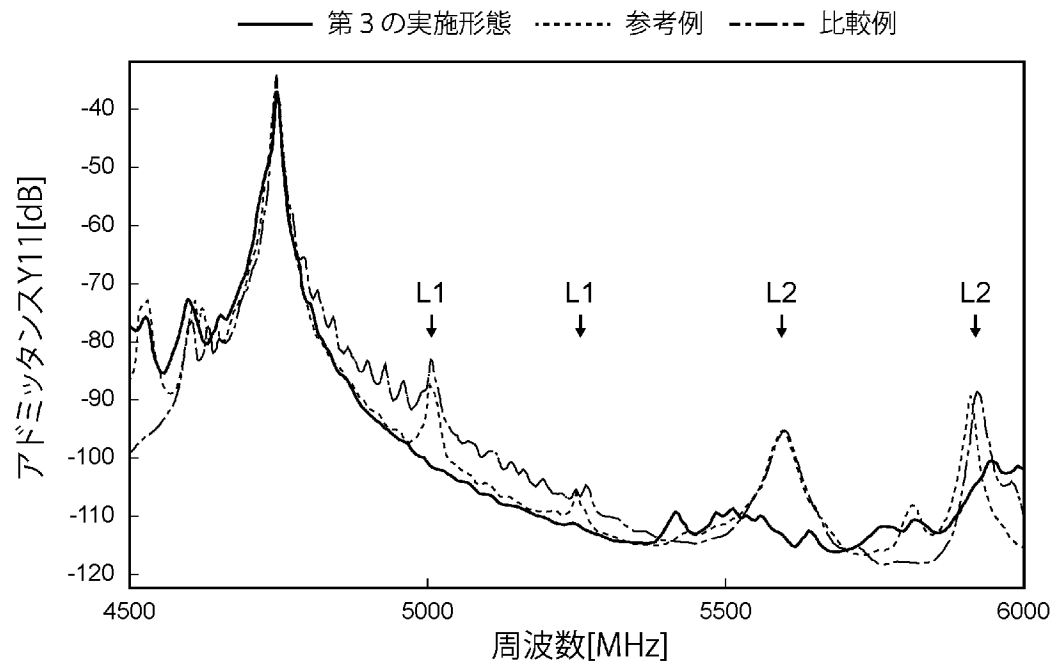
[図15]

図15



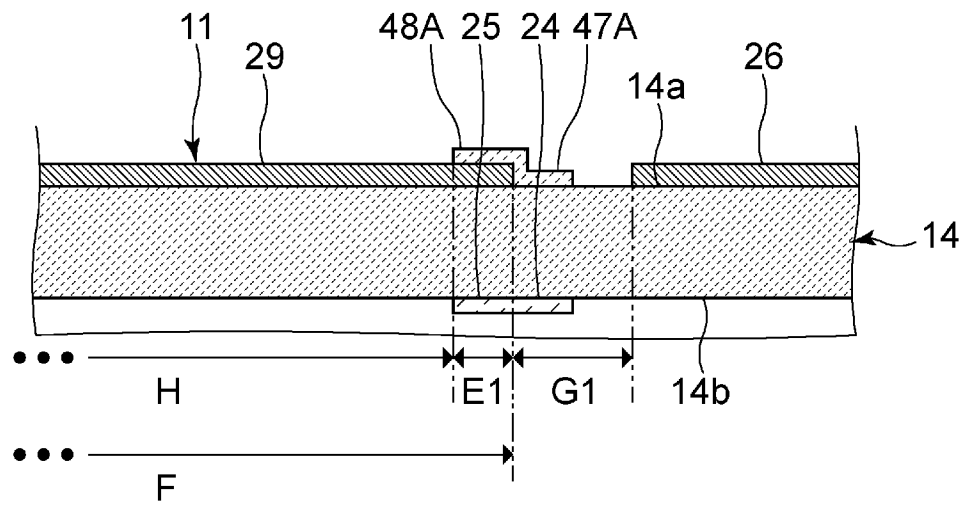
[図16]

図16



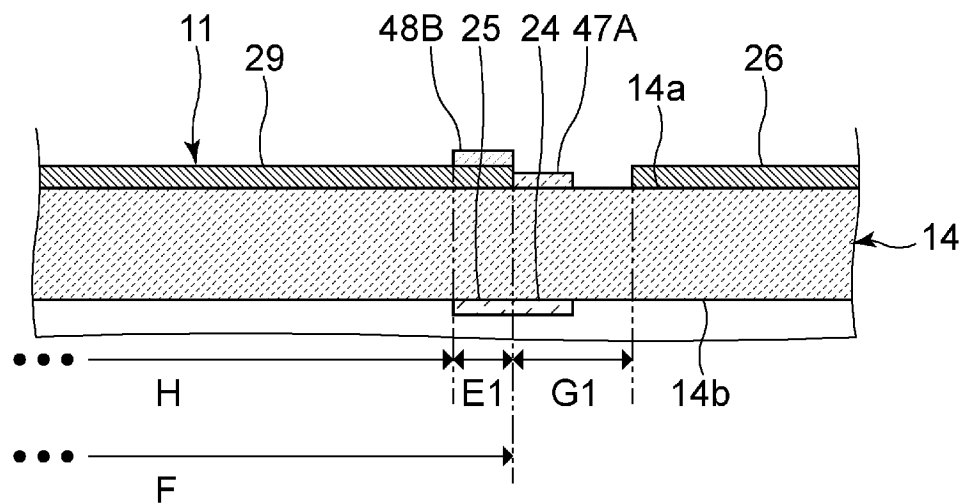
[図17]

図17



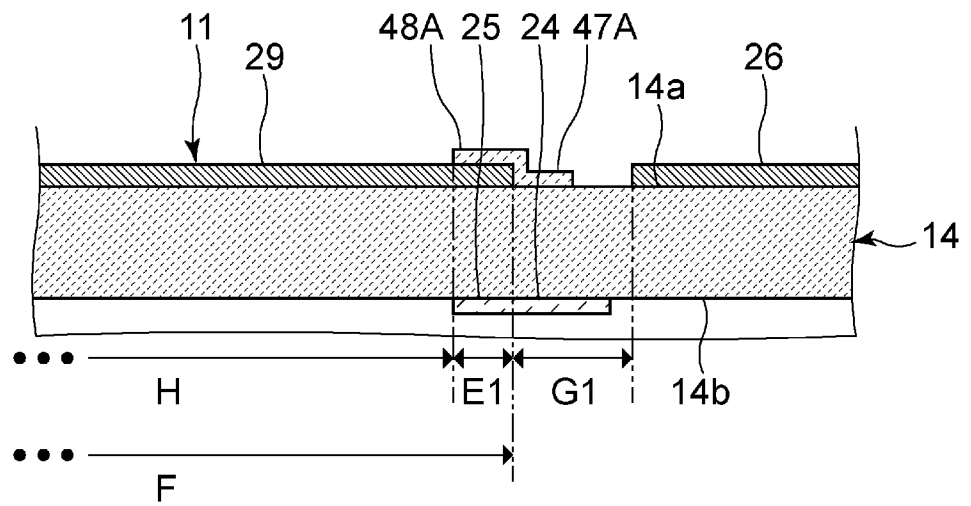
[図18]

図18



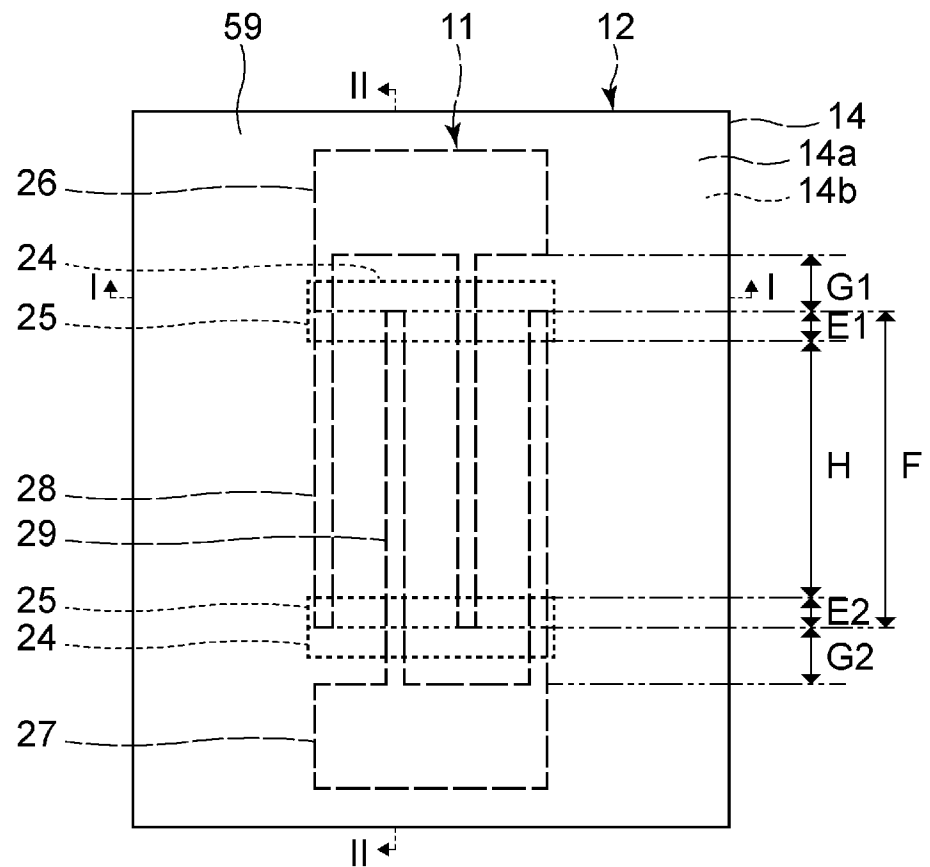
[図19]

図19



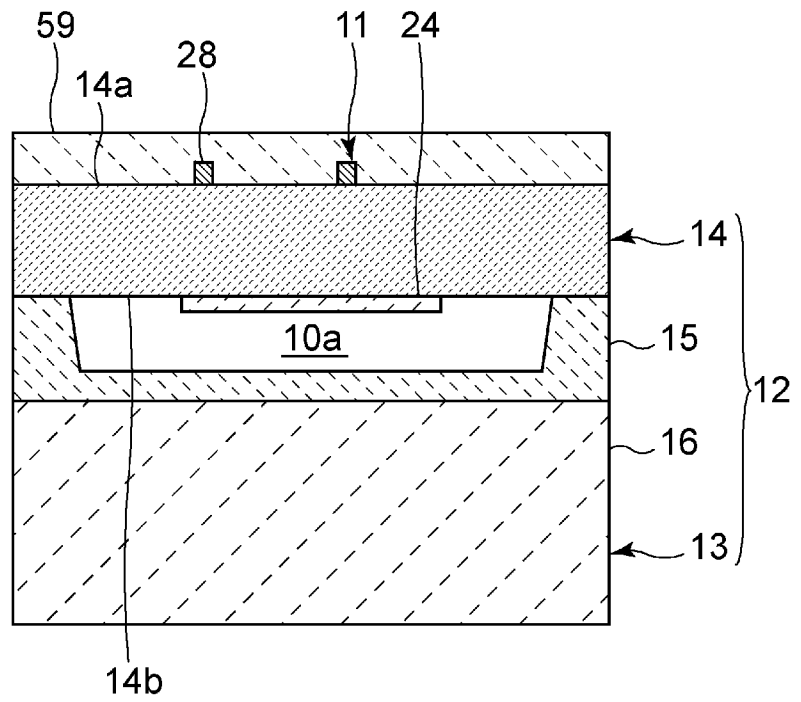
[図20]

図20



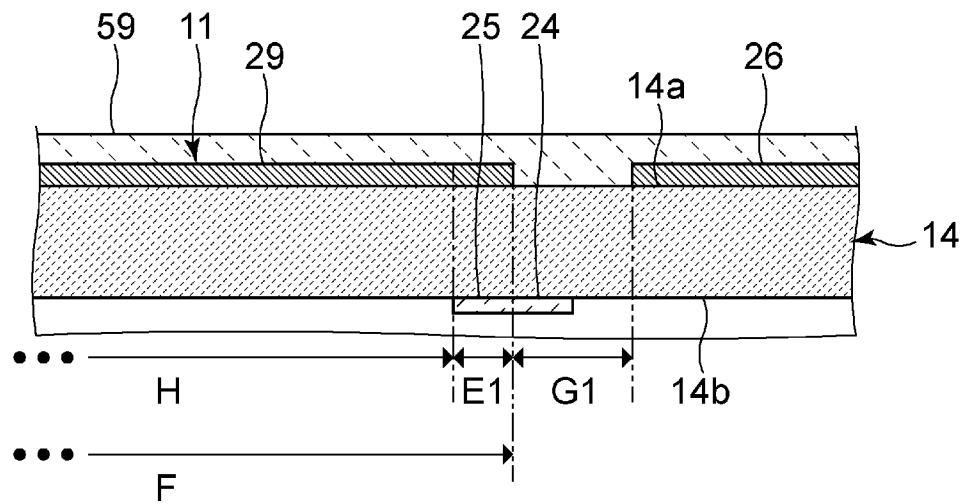
[図21]

図21



[図22]

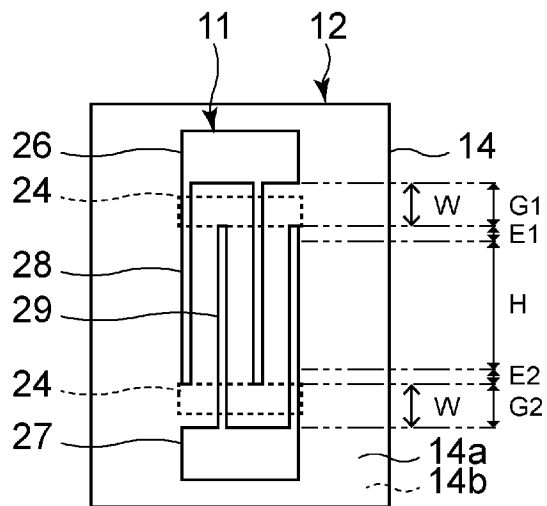
図22



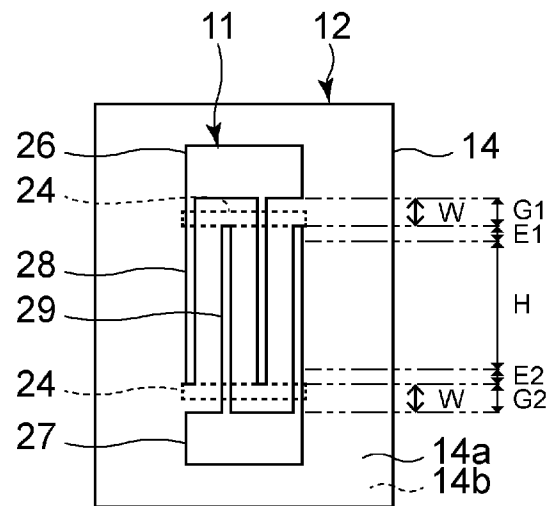
[図25]

図25

(a)

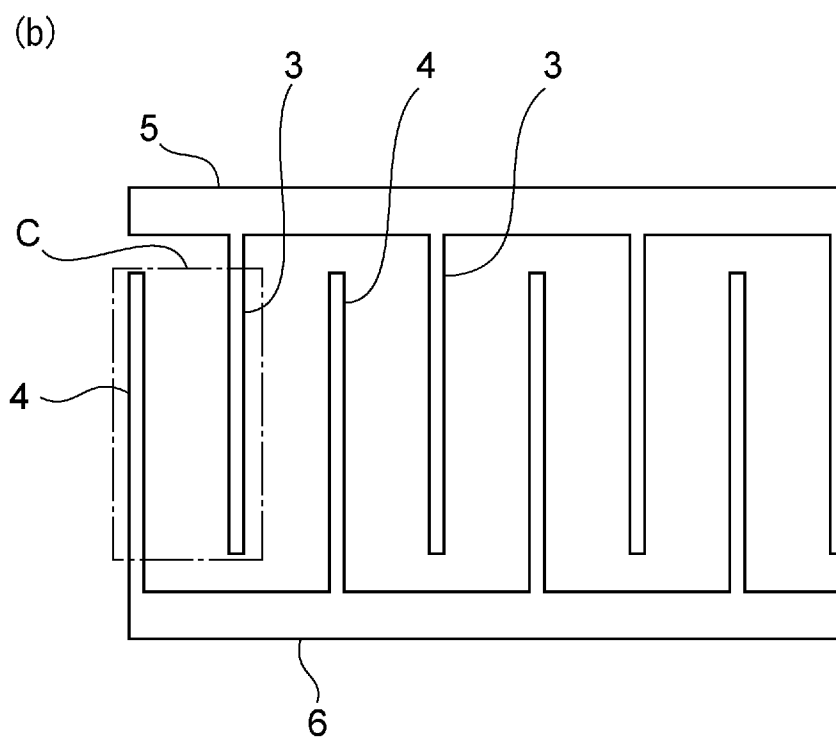
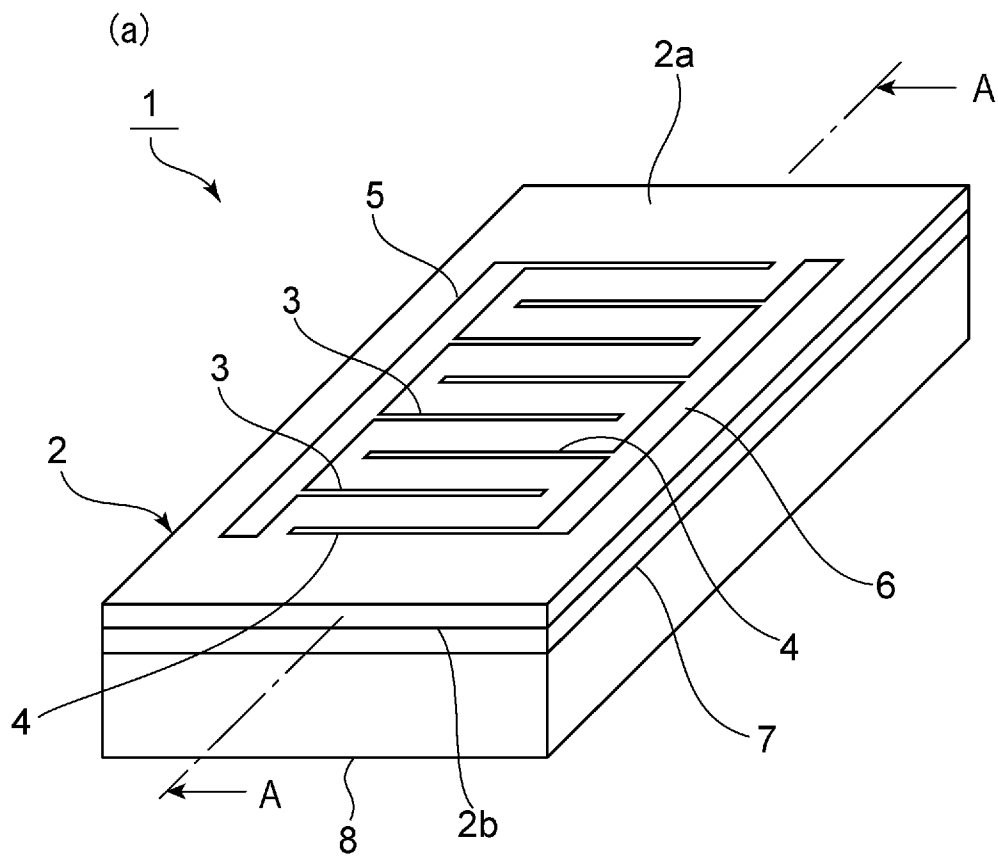


(b)



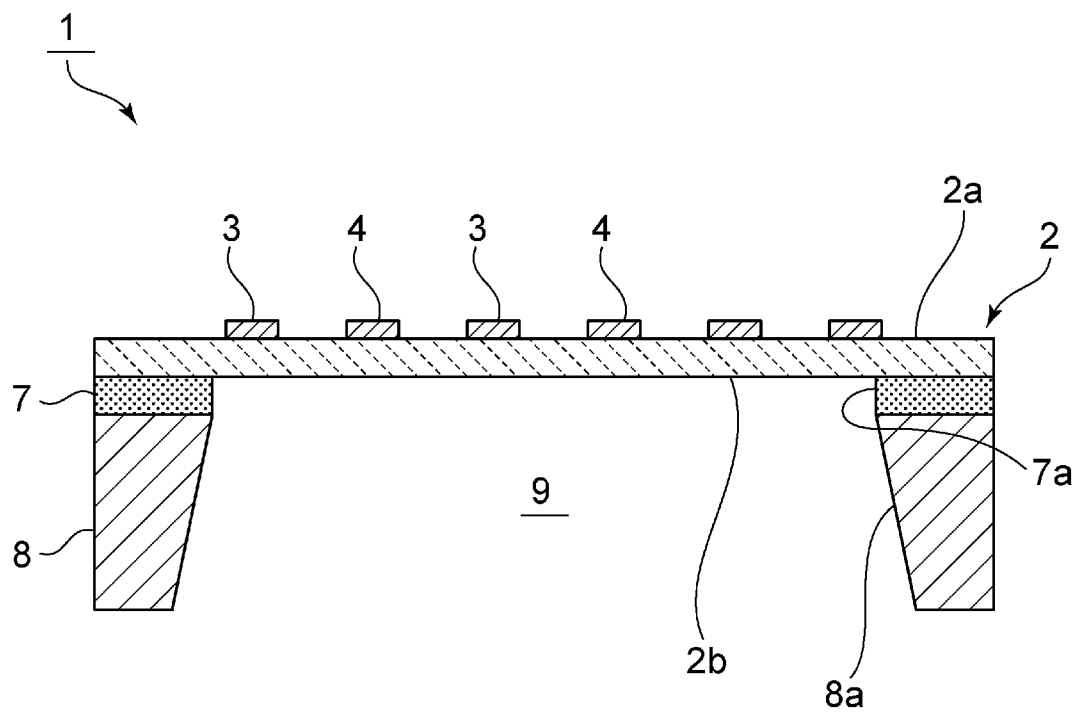
[図26]

図26



[図27]

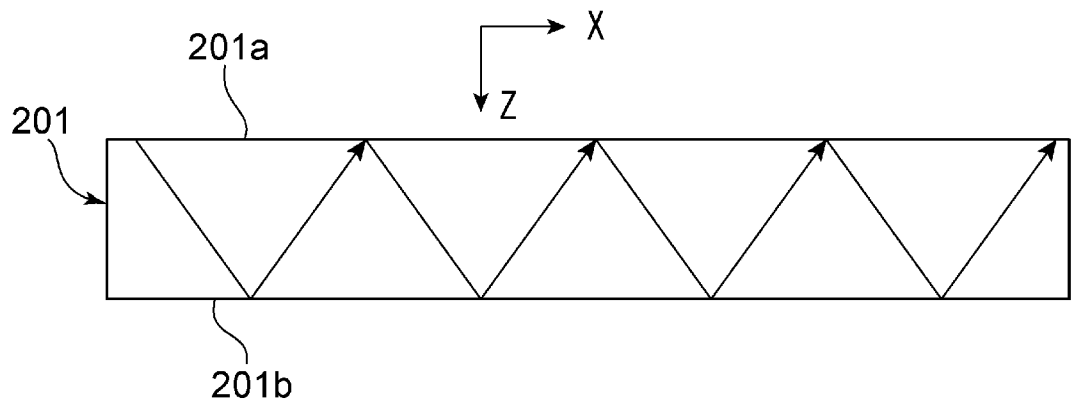
図27



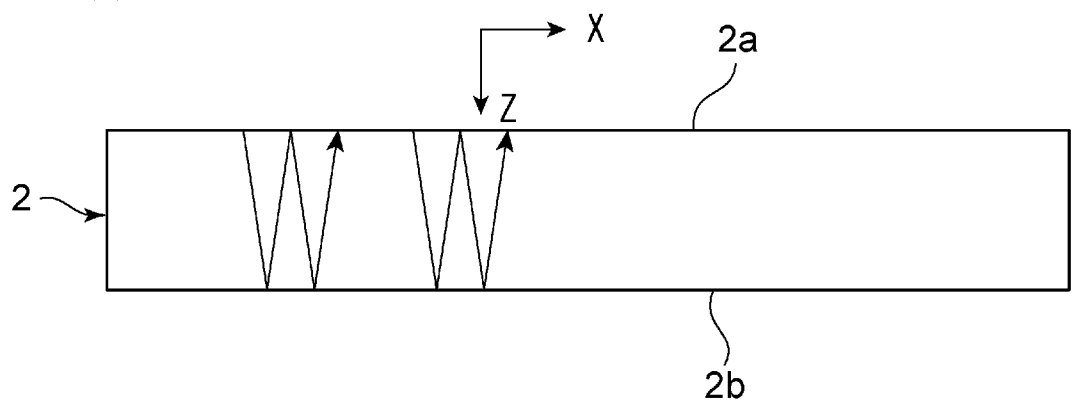
[図28]

図28

(a)

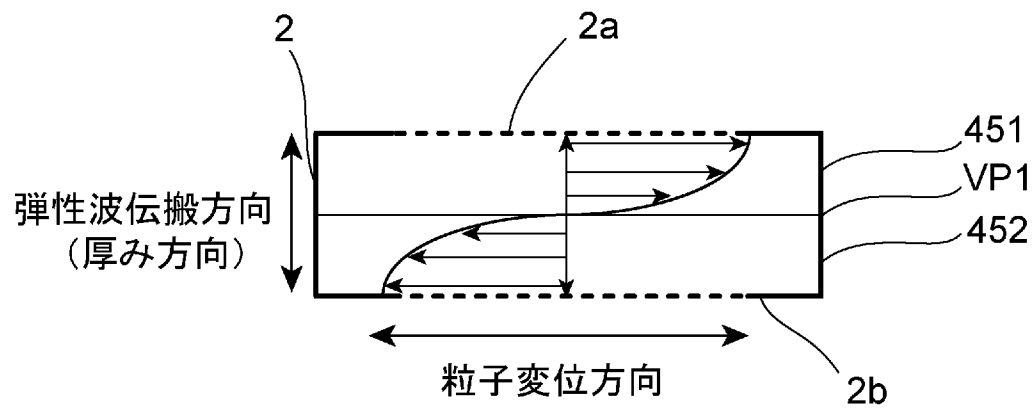


(b)



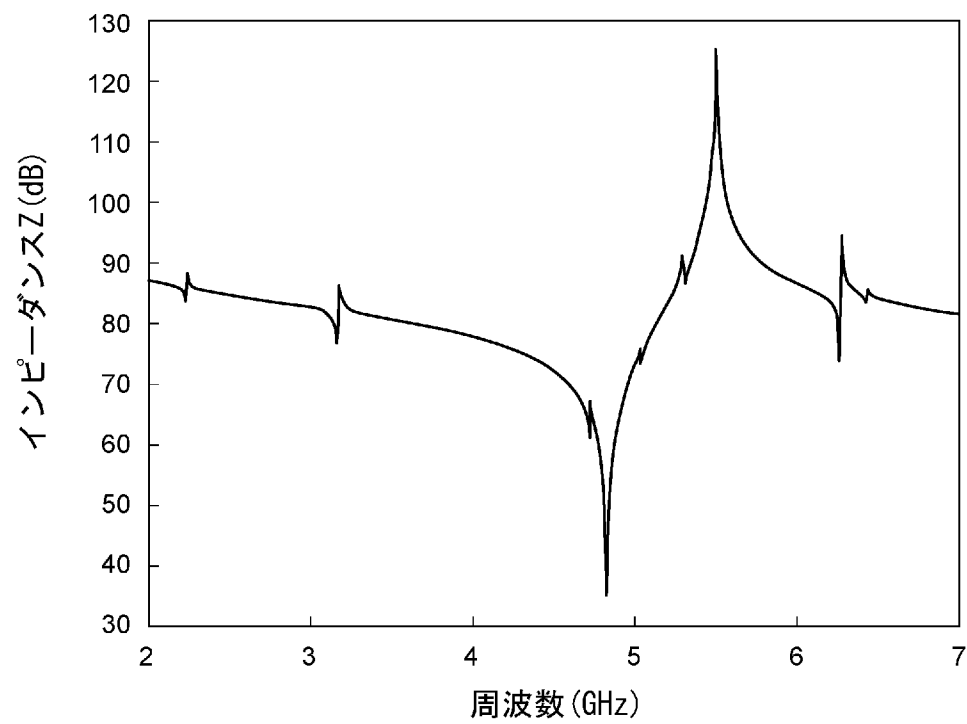
[図29]

図29



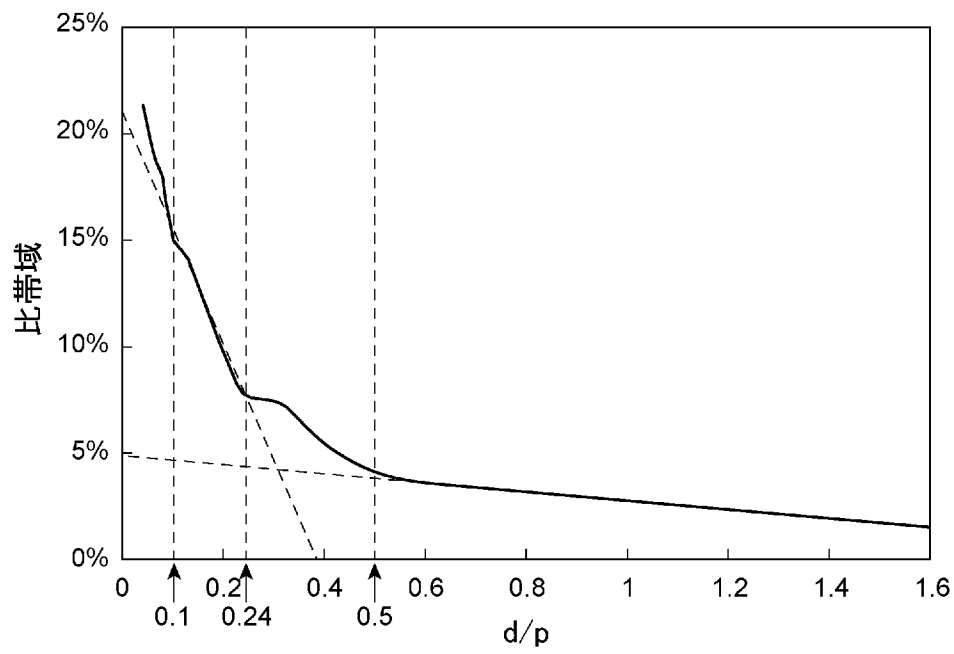
[図30]

図30



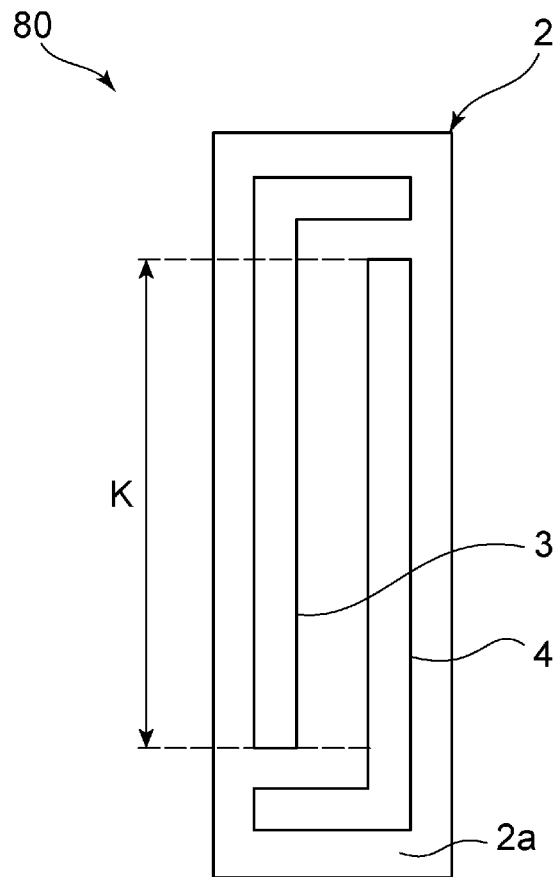
[図31]

図31



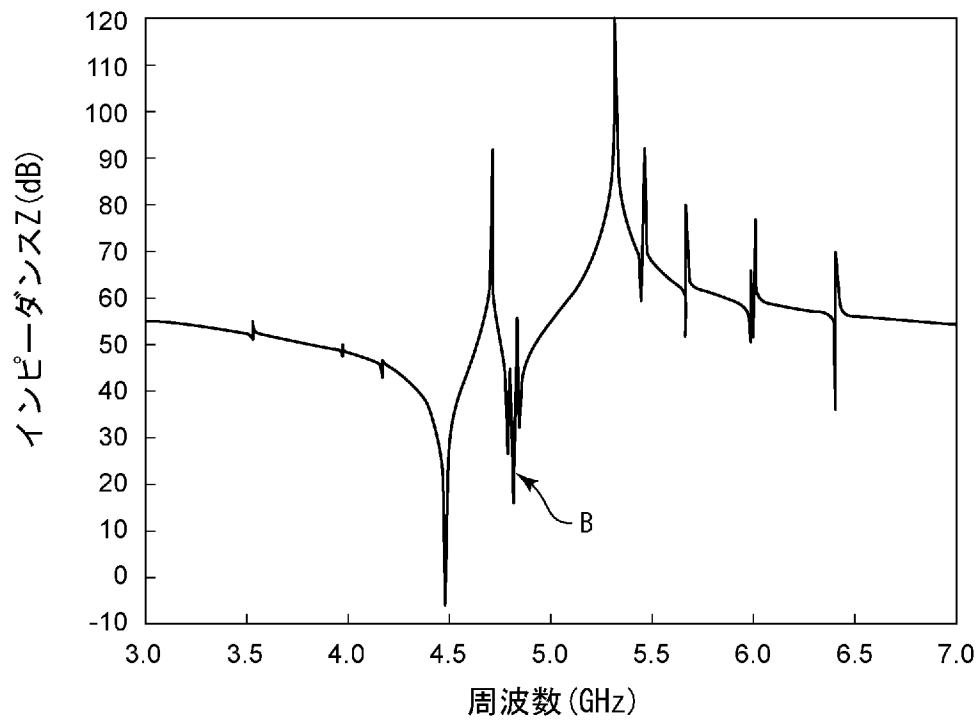
[図32]

図32



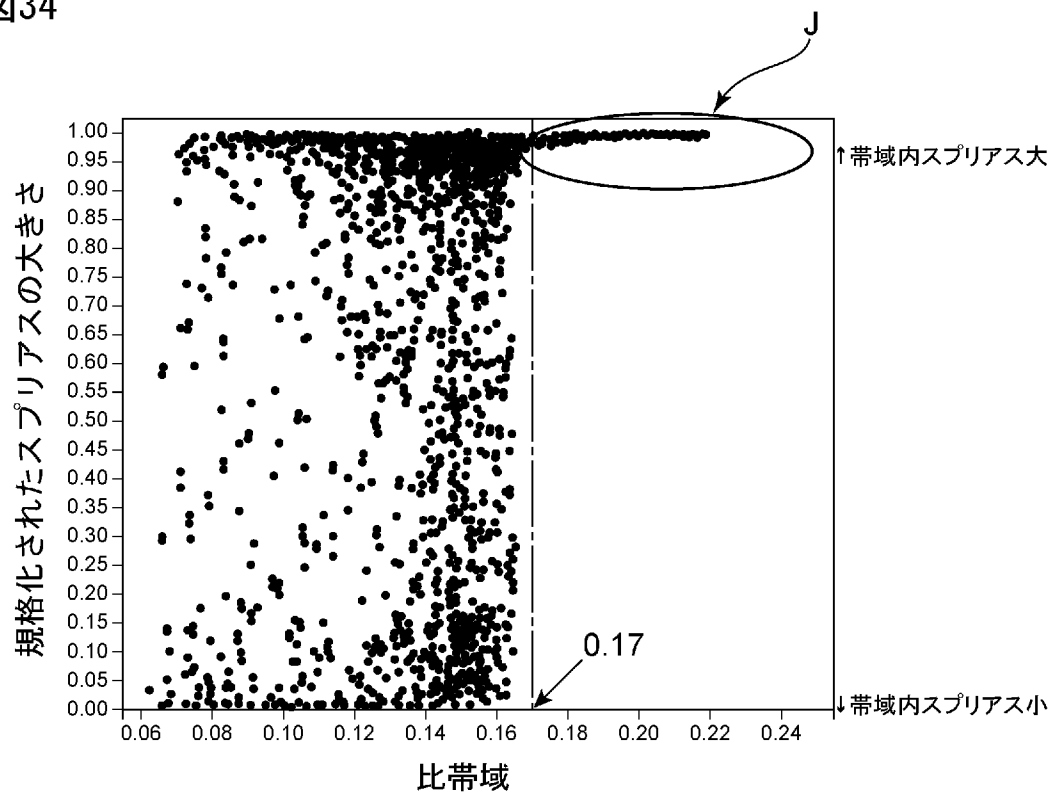
[図33]

図33



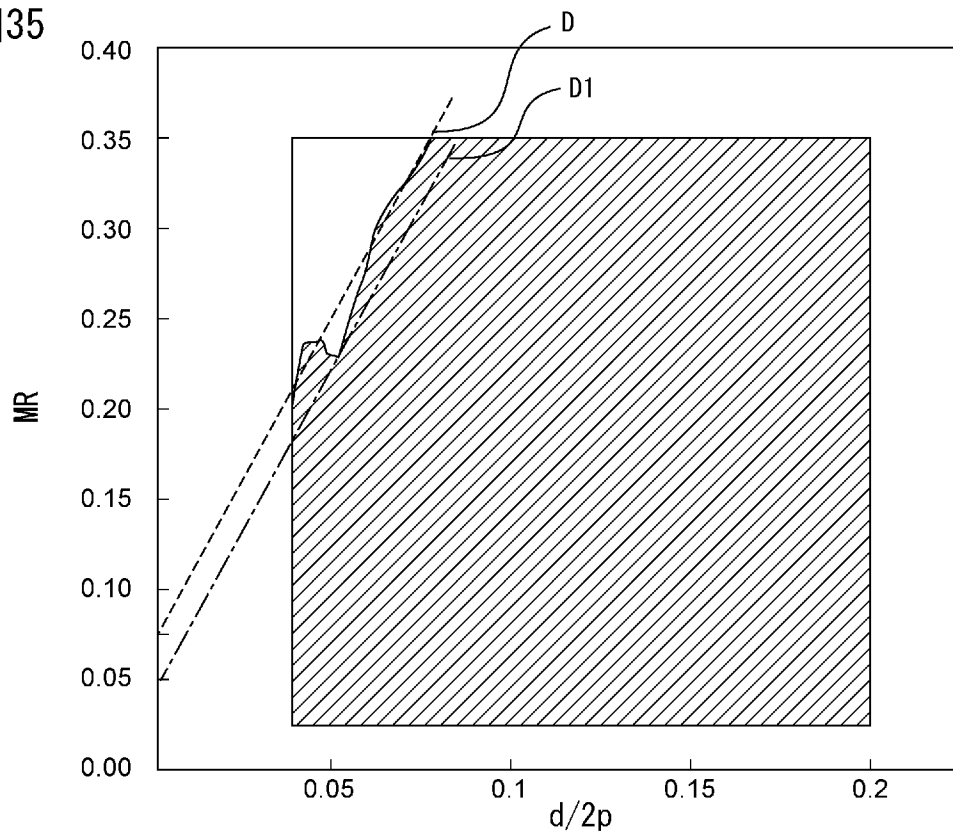
[図34]

図34



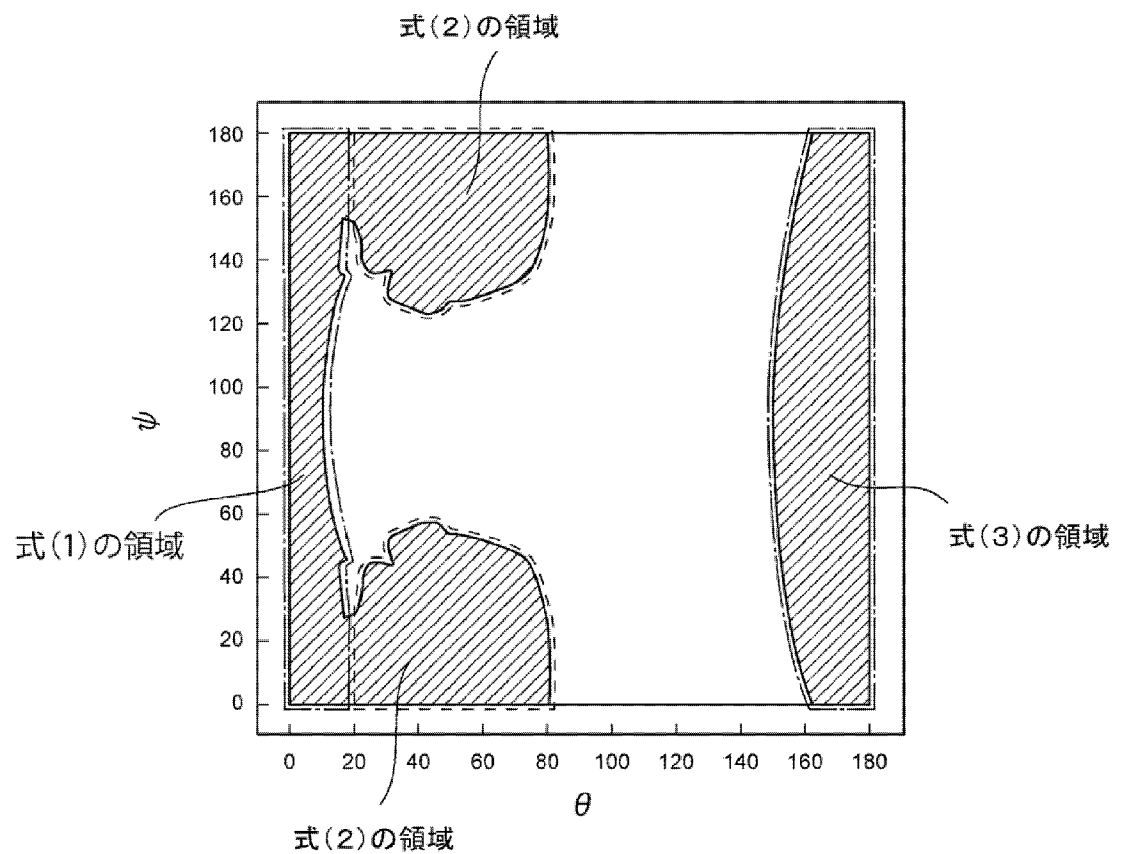
[図35]

図35



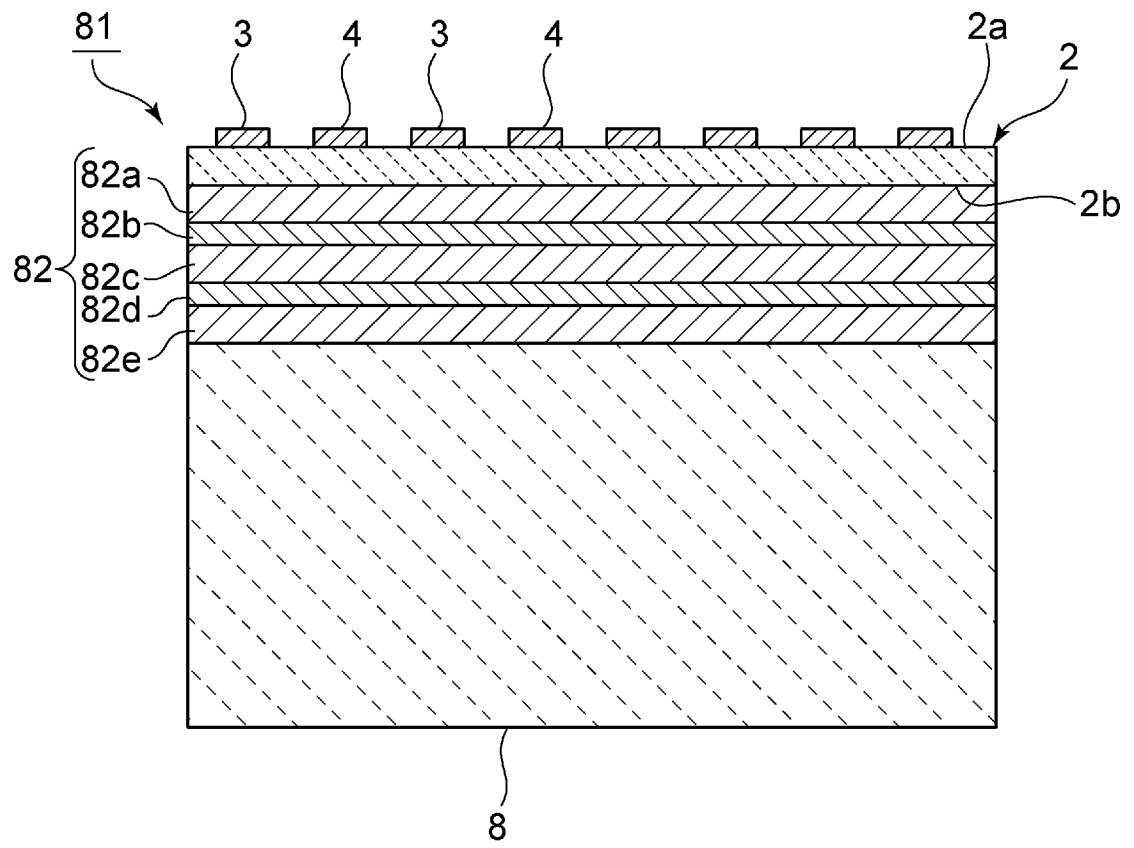
[図36]

図36



[図37]

図37



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/041862

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 1971-2023

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.
X	WO 2021/060523 A1 (MURATA MANUFACTURING CO) 01 April 2021 (2021-04-01) paragraphs [0015]-[0030], [0059]-[0062], [0077], [0087]-[0088], [0092]-[0098], fig. 1-2, 17, 25, 27	1-11, 13-14, 16-22
Y		23-24
A		12, 15
Y	JP 2013-518455 A (EPCOS AG) 20 May 2013 (2013-05-20) paragraph [0130]	23-24
A		12, 15
A	WO 2019/139076 A1 (MURATA MANUFACTURING CO) 18 July 2019 (2019-07-18) paragraphs [0011]-[0028], fig. 1-2	1-24



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 January 2023

Date of mailing of the international search report

31 January 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/JP2022/041862

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/060523	A1	01 April 2021	US 2022/0216842 A1 paragraphs [0042]-[0057], [0095]-[0098], [0113], [0123]- [0124], [0128]-[0134], fig. 1A-2, 17, 25, 27 CN 114430885 A	
JP	2013-518455	A	20 May 2013	US 2013/0051588 A1 paragraph [0135] WO 2011/088904 A1 DE 102010005596 A1 CN 102714490 A KR 10-2012-0120355 A	
WO	2019/139076	A1	18 July 2019	US 2020/0328727 A1 paragraphs [0032]-[0049], fig. 1-2 KR 10-2020-0096960 A CN 111656685 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; H03H9/145 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 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1922-1996年 1971-2023年 1996-2023年 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
X	WO 2021/060523 A1（株式会社村田製作所）01.04.2021（2021-04-01） [0015]-[0030], [0059]-[0062], [0077], [0087]-[0088], [0092]-[0098], 図1-図2, 図17, 図25, 図27	1-11, 13-14, 16-22
Y		23-24
A		12, 15
Y	JP 2013-518455 A（エプコス アーゲー）20.05.2013（2013-05-20） [0130]	23-24
A		12, 15
A	WO 2019/139076 A1（株式会社村田製作所）18.07.2019（2019-07-18） [0011]-[0028], 図1-図2	1-24
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 24.01.2023		国際調査報告の発送日 31.01.2023
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） ▲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/JP2022/041862

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2021/060523	A1	01.04.2021	US	2022/0216842	A1	
				[0042]-[0057], [0095]-[0098], [0113], [0123]-[0124], [0128]-[0134], 図1A-図2, 図17, 図25, 図27			
				CN	114430885	A	
JP	2013-518455	A	20.05.2013	US	2013/0051588	A1	
				[0135]			
				WO	2011/088904	A1	
				DE	102010005596	A1	
				CN	102714490	A	
				KR	10-2012-0120355	A	
WO	2019/139076	A1	18.07.2019	US	2020/0328727	A1	
				[0032]-[0049], 図1-図2			
				KR	10-2020-0096960	A	
				CN	111656685	A	