(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10月26日(26.10.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/204206 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/25 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/015446

(22) 国際出願日： 2023年4月18日(18.04.2023)

(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：
特願 2022-070800 2022年4月22日(22.04.2022) JP

(71) 出願人: 京セラ株式会社 (**KYOCERA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 笠松 直史 (**KASAMATSU, Naofumi**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).

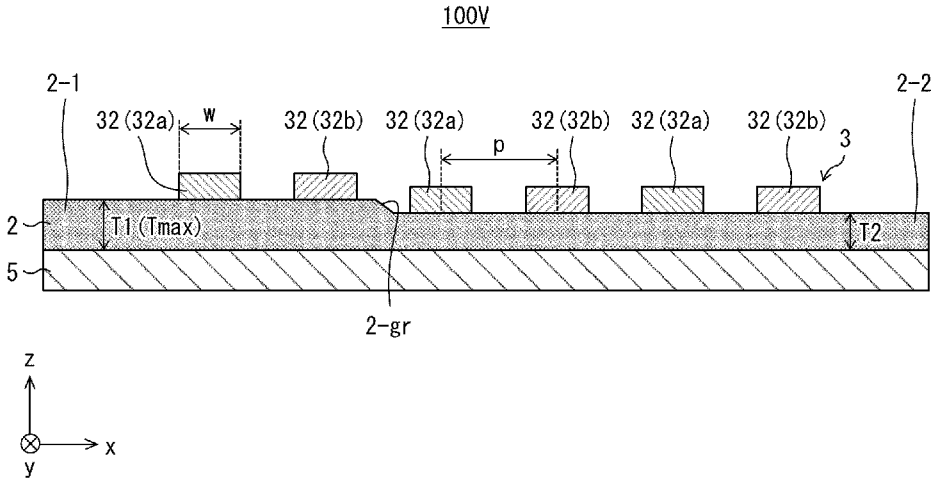
(74) 代理人: 弁理士法人 HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK (**HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK**); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋２丁目北２番６号 大和南森町ビル Osaka (JP).

(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, 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, MU, 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,

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

(54) 発明の名称： 弾性波装置および通信装置

図 12



(57) **Abstract:** The present invention reduces spurious in an acoustic wave device and relaxes stress in a piezoelectric layer of the acoustic wave device. This acoustic wave device has a support substrate, a piezoelectric layer located on the support substrate, and at least one IDT electrode located on the piezoelectric layer. Where the wavelength λ of the elastic wave excited by the IDT electrode is defined as twice the electrode finger pitch of the IDT electrode, the maximum thickness of the piezoelectric layer is λ or less. The IDT electrode excites plate waves or bulk waves as elastic waves. The piezoelectric layer has a first region having a first thickness, a second region having a second thickness smaller than the first thickness, and an inclined region that is positioned between the first region and the second region and has a thickness increasing from the second region side toward the first region side.

WO 2023/204206 A1

[続葉有]

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, SC, 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))

(57) 要約:弾性波装置におけるスプリアスを低減するとともに、当該弾性波装置における圧電体層の応力を緩和する。弾性波装置は、支持基板と、当該支持基板上に位置している圧電体層と、当該圧電体層上に位置している少なくとも１つのＩＤＴ電極と、を有する。ＩＤＴ電極によって励振される弾性波の波長λを、当該ＩＤＴ電極の電極指ピッチの２倍の長さとして規定した場合に、圧電体層の最大厚みは、λ以下である。ＩＤＴ電極は、弾性波として板波またはバルク波を励振する。圧電体層は、第１厚みを有する第１領域と、当該第１厚みよりも小さい第２厚みを有する第２領域と、当該第１領域と当該第２領域との間に位置しており、かつ、当該第２領域側から当該第１領域側へと向かうにつれて厚みが大きくなる傾斜領域と、を有している。

明　細　書

発明の名称 ： 弾性波装置および通信装置

技術分野

[0001]　本開示の一態様は、弾性波装置に関する。

背景技術

[0002]　下記の特許文献１には、弾性波装置の一構成例が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開２０１６－７２８０８号公報

発明の概要

[0004]　本開示の一態様に係る弾性波装置は、支持基板と、前記支持基板上に位置している圧電体層と、前記圧電体層上に位置している少なくとも１つのＩＤＴ電極と、を有しており、前記ＩＤＴ電極によって励振される弾性波の波長λを、前記ＩＤＴ電極の電極指ピッチの２倍の長さとして規定した場合に、前記圧電体層の最大厚みは、λ以下であり、前記ＩＤＴ電極は、前記弾性波として板波またはバルク波を励振し、前記圧電体層は、第１厚みを有する第１領域と、前記第１厚みよりも小さい第２厚みを有する第２領域と、前記第１領域と前記第２領域との間に位置しており、かつ、前記第２領域側から前記第１領域側へと向かうにつれて厚みが大きくなる傾斜領域と、を有している。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]実施形態１における弾性波装置の一構成例を示す図である。

[図2]実施形態１における弾性波装置の別の構成例を示す図である。

[図3]実施形態１における弾性波装置の別の構成例を示す図である。

[図4]比較例としての弾性波装置の一構成例を示す図である。

[図5]発明者によって得られた、電極指ピッチ（ｐ）とＴ（圧電体層の厚み）との対応関係の一例を示す図である。

[図6]発明者によって得られた、Ｔと周波数と位相との対応関係の一例を示図である。

[図7]弾性波装置のシミュレーションモデルＳＩＭ１についての概要を示す図である。

[図8]ＳＩＭ１および比較モデルのそれぞれの位相特性の一例を示す図である。

[図9]実際に製造された圧電体層のＡＦＭ像を模式的に示す図である。

[図10]圧電体層のシミュレーションモデルＳＩＭ２についての概要を示す図である。

[図11]圧電体層のシミュレーションモデルＳＩＭ３についての概要を示す図である。

[図12]実施形態１における弾性波装置のさらに別の構成例を示す図である。

[図13]実施形態１における弾性波装置のさらに別の構成例を示す図である。

[図14]実施形態２における弾性波装置の一構成例を示す図である。

[図15]実施形態３における通信装置の概略的な構成を例示する図である。

発明を実施するための形態

[0006] 〔実施形態１〕

実施形態１に係る各弾性波装置について、以下に説明する。説明の便宜上、実施形態１にて説明したコンポーネント（構成要素）と同じ機能を有するコンポーネントについては、以降の各実施形態では同じ符号を付し、その説明を繰り返さない。簡潔化のため、公知の技術事項についても説明を適宜省略する。本明細書において述べる各コンポーネント、各材料、および各数値は、特に矛盾のない限り、いずれも単なる一例である。それゆえ、例えば、特に矛盾のない限り、各コンポーネントの位置関係は、各図の例に限定されない。また、各コンポーネントの図示は、必ずしもスケール通りではない。

[0007] （弾性波装置１００の一構成例）

図１は、実施形態１における弾性波装置１００の一構成例を示す図である。図１には、弾性波装置１００の積層構造が模式的に示されている。以下の

説明では、便宜的に、図１に示されている直交座標系（ｘｙｚ座標系）を導入する。実施形態１の例におけるｘ方向は、弾性波装置１００の圧電体層２内を伝搬する弾性波の伝搬方向である。これに対し、ｙ方向は、ｘ方向と交差する方向の一例である。ｚ方向は、弾性波装置１００の各部材の厚み方向である。以下では、ｚ方向の正の向きを上方向として説明する。したがって、ｚ方向の負の向きは下方向である。

[0008] 弾性波装置１００は、少なくとも１つの共振子１を有していてよい。そして、弾性波装置１００は、（ｉ）支持基板５と、（ｉｉ）支持基板５上に位置している圧電体層２と、（ｉｉｉ）圧電体層２上に位置している少なくとも１つのＩＤＴ（Interdigital Transducer）電極３と、を有していてよい。ＩＤＴ電極３は、励振電極とも称される。少なくとも１つの共振子１のそれぞれは、支持基板５と圧電体層２とを共有していてよい。その一方、少なくとも１つの共振子１のそれぞれは、個別のＩＤＴ電極３を有していてよい。

[0009] 後述の図７に示す通り、弾性波装置１００は、ＩＤＴ電極３に対応する一対の反射器４ａ・４ｂを有していてもよい。本明細書では、反射器４ａ・４ｂを、総称的に反射器４とも称する。反射器４は、ｘ方向においてＩＤＴ電極３を挟むように位置してよい。

[0010] 本明細書では、少なくとも１つの共振子１のうちの任意の１つを、注目共振子１Ａと称する。図１の例では、注目共振子１ＡのＩＤＴ電極３が示されている。本明細書では、少なくとも１つのＩＤＴ電極３のうちの任意の１つを、注目ＩＤＴ電極と称する。実施形態１では、注目共振子１ＡのＩＤＴ電極３が注目ＩＤＴ電極であるものとして説明する。したがって、実施形態１における弾性波装置１００についての各説明は、特に矛盾のない限り、注目共振子１Ａに関する説明として読み替えられてよい。

[0011] 支持基板５は、弾性波装置１００の各部を支持する。したがって、支持基板５は、圧電体層２の下側に位置してよい。一例として、支持基板５は、Ｓｉ基板であってよい。

[0012] 圧電体層２は、圧電性を有する単結晶材料によって構成されてよい。例え

ば、圧電体層２の材料は、タンタル酸リチウム（ＬｉＴａO_3：ＬＴとも称される）またはニオブ酸リチウム（ＬｉＮｂO_3：ＬＮとも称される）であってよい。一例として、圧電体層２は、ＬＴ層であってよい。

[0013] ＩＤＴ電極３は、例えば、金属からなる導電層を含んでいてよい。一例として、当該金属は、Ａｌであってよい。ＩＤＴ電極３は、当該導電層を覆う保護層をさらに含んでいてもよい。一例として、当該保護層の材料は、ＴＥＯＳであってよい。

[0014] ＩＤＴ電極３は、ｙ方向において互いに対向している第１バスバーおよび第２バスバー（図１では不図示）を有していてよい。そして、ＩＤＴ電極３は、（ｉ）第１バスバーに接続された複数の第１電極指３２ａと、（ｉｉ）第２バスバーに接続された複数の第２電極指３２ｂと、を有していてよい。第１電極指３２ａは、ｙ方向において、第１バスバーから第２バスバー側へとへと延びていてよい。第２電極指３２ｂは、ｙ方向において、第２バスバーから第１バスバー側へとへと延びていてよい。したがって、第２電極指３２ｂは、ｙ方向において、複数の第１電極指３２ａのそれぞれと互いに間挿し合っていてよい（例えば、後述の図１４も参照）。

[0015] 図１に示す通り、第１電極指３２ａおよび第２電極指３２ｂは、圧電体層２上において、ｘ方向に概ね一定の間隔を有するように、交互に繰り返して位置していてよい。本明細書では、第１電極指３２ａおよび第２電極指３２ｂを、総称的に電極指３２とも称する。本明細書では、ＩＤＴ電極３の電極指ピッチをｐとして表す。ｐは、例えば、隣り合う２つの電極指３２の中心間の、ｘ方向におけるピッチ（繰り返し間隔）であってよい。一例として、ｐは、ＩＤＴ電極３によって励振される弾性波の波長λの半値（λ／２）と等しく設定されてよい。この場合、λは、ｐの２倍の長さとして規定されてよい。そこで、実施形態１では、λ＝２ｐである場合を例示する。

[0016] また、本明細書では、ｘ方向における電極指３２の長さを、電極指３２の幅ｗと称する。ｗは、例えば、弾性波装置１００に要求される電気特性に応じて適宜設定されてよい。一例として、ｗは、ｐに応じて設定されてよい。

本明細書では、電極指ピッチに対する当該電極指の幅の比率（ｗ／ｐ）を、当該電極指のＤｕｔｙ（デューティ）と称する。Ｄｕｔｙを変更することにより、弾性波装置１００の周波数特性を制御できる。

[0017] 本明細書では、圧電体層２の最大厚みをＴｍａｘとして表す。実施形態１では、Ｔｍａｘが十分に小さい場合（言い換えれば、圧電体層２が十分に薄い場合）を例示する。一例として、実施形態１におけるＴｍａｘは、λ以下であってよい。この場合、ＩＤＴ電極３は、弾性波として板波（ラム波）を励振しうる。一例として、ＩＤＴ電極３は、板波としてＡ１モードラム波を励振しうる。そこで、実施形態１では、板波（例：Ａ１モードラム波）が圧電体層２内を伝播する場合を例示する。ただし、ＩＤＴ電極３は、弾性波としてバルク波（厚み滑りモード）を励振してもよい。

[0018] 図１に示す通り、圧電体層２は、（ｉ）第１厚みＴ１を有する第１領域２－１と、（ｉ）Ｔ１よりも小さい第２厚みＴ２を有する第２領域２－２と、を有していてよい。実施形態１では、Ｔ１がＴｍａｘに等しい場合を例示する。したがって、実施形態１におけるＴ２は、Ｔｍａｘよりも小さい。以下の説明では、圧電体層２の各領域の厚みを総称的にＴとも称する。

[0019] 一例として、第１領域２－１と第２領域２－２との両方が、ＩＤＴ電極３（注目ＩＤＴ電極）の下側に位置していてよい。このように、１つの共振子１内において、第１領域２－１と第２領域２－２との両方が、１つのＩＤＴ電極３の下側に位置していてよい。

[0020] 図１に示す通り、第１領域２－１の下面の高さ位置は、第２領域２－２の下面の高さ位置と一致していてよい。言い換えれば、第１領域２－１は、第２領域２－２に比べて上側に突出していてよい。

[0021] （弾性波装置１００の別の構成例）

図２および図３はそれぞれ、弾性波装置１００の別の構成例を示す図である。図２に示す通り、第１領域２－１の上面の高さ位置は、第２領域２－２の上面の高さ位置と一致していてよい。言い換えれば、第１領域２－１は、第２領域２－２に比べて下側に突出していてよい。

[0022] 図３に示す通り、圧電体層２は、第２厚みＴ２よりも小さい第３厚みＴ３を有する第３領域２－３をさらに有していてよい。図３に示す通り、第１領域２－１～第３領域２－３のそれぞれの下面の高さ位置は、互いに一致していてよい。言い換えれば、第２領域２－２は、第３領域２－３に比べて上側に突出していてよい。

[0023] 以上の通り、本開示の一態様に係る弾性波装置は、段階的な厚みを有する圧電体層（便宜上、「段階的圧電体層」と称する）を含んでいればよい。圧電体層２は、段階的圧電体層の一例である。

[0024] 後述の通り、弾性波装置１００における主共振周波数は、Ｔに依存しうる。このため、例えば、第１領域２－１内を伝搬する板波の主共振周波数は、第２領域２－２の内を伝搬する板波の主共振周波数とは異なりうる。

[0025] （比較例としての弾性波装置１００Ｒ）

図４は、比較例としての弾性波装置１００Ｒの一構成例を示す図である。弾性波装置１００Ｒは、本開示の一態様に係る弾性波装置（例：図１の弾性波装置１００）における圧電体層２を、図４に示す圧電体層２Ｒに置き換えた弾性波装置である。このことから、弾性波装置１００Ｒは、代替弾性波装置と称されてもよい。また、圧電体層２Ｒは、代替圧電体層と称されてもよい。一例として、圧電体層２Ｒは、Ｔ１またはＴ２の一方を、単一の厚みＴとして有していてよい。図４の例では、圧電体層２Ｒは、単一の厚みＴとしてＴ１を有している。

[0026] 後述する各説明から理解できる通り、本開示の一態様に係る弾性波装置（例：弾性波装置１００）におけるスプリアスは、代替弾性波装置におけるスプリアスよりも小さくなりうる。本開示の一態様に係る弾性波装置は、代替弾性波装置とは異なり、段階的圧電体層を有しているためである。一例として、本開示の一態様に係る弾性波装置では、代替弾性波装置に比べてスプリアスの数が小さくなりうる。別の例として、本開示の一態様に係る弾性波装置では、代替弾性波装置に比べてスプリアスの位相（例：位相の最大値）が小さくなりうる。

[0027] さらに、本開示の一態様に係る弾性波装置におけるスプリアスは、２倍波、３倍波、および主共振以外の励振に起因するスプリアスでありうる。後述の通り、段階的圧電体層によれば、２倍波、３倍波、および主共振の励振に起因するスプリアスを低減しうるためである。

[0028] （第１の予備的検討）

一般的な弾性波装置（例：弾性波装置１００Ｒ）における周波数特性は、Ｔにも依存しうる。このことから、例えば、Ｄｕｔｙを一定に維持しつつ、Ｔを制御させることによっても、弾性波装置の所望の周波数特性を実現しうると期待される。

[0029] 一般的に、弾性波装置の主共振周波数ｆｒは、ｐおよびＴに依存しうる。そこで、第１の予備的検討として、本願の発明者（以下、単に「発明者」と略称する）は、シミュレーションを行い、弾性波装置１００Ｒにおけるｆｒが４７００ＭＨｚとなるｐとＴとのペアを複数探索した。

[0030] 図５は、発明者によって得られた、ｐとＴとの対応関係の一例を示すグラフである。具体的には、図５は、弾性波装置１００Ｒにおけるｆｒが４７００ＭＨｚとなるｐとＴとの複数のペアをプロットしたグラフである。図５のグラフにおいて、横軸はＴを、縦軸はｐをそれぞれ表す。図５に示す通り、Ｔとｐとの間にはある程度の相関が存在している。図５には、プロットされた複数のペアの値を用いてフィッティングされた回帰直線も示されている。図５の例における回帰直線は、

Ｔ＝－６．３６５ｐ＋４．０８８ …（１）

として表される。

[0031] （第２の予備的検討）

弾性波装置のインピーダンスの位相（以下、単に「位相」と略称する）も、ｐおよびＴに依存しうる。特に、Ｔが小さい場合には、板波が圧電体層内を伝搬するため、弾性波装置の共振特性はＴに大きく依存すると考えられる。

[0032] そこで、第２の予備的検討として、発明者は、上述の式（１）を用いて、

弾性波装置１００Ｒにおける所定の１つのＴに対応するｐを決定した。そして、発明者は、上述の通り設定したＴおよびｐを用いたシミュレーションを弾性波装置１００Ｒについて行うことにより、様々なＴに対応する位相を導出した。

[0033] 図６は、発明者によって得られた、Ｔと周波数と位相との対応関係の一例を示すコンター図である。図６における横軸（第１軸）はＴを、縦軸（第２軸）は周波数（Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ）をそれぞれ表す。図６における高さ軸（第３軸）は、位相（ｄｅｇｒｅｅ）を表す。

[0034] 図６の例において、位相が－９０°であることは、弾性波装置１００Ｒの位相特性において、共振またはスプリアスのいずれも存在しないことを意味する。これに対し、位相が－９０°に比べて十分に大きいことは、当該位相特性における共振ピークまたはスプリアスが存在していることを意味する。一例として、当該位相特性について、Ｔ＝０．４４μｍの場合には、（ｉ）概ね４７００～５０００ＭＨｚの周波数帯に共振ピークが存在しており、かつ、（ｉｉ）概ね６０００ＭＨｚ付近の周波側帯に大きいスプリアスが存在していることが、図６から読み取ることができる。

[0035] （段階的圧電体層を含むシミュレーションモデルによる検討）

第１および第２の予備的検討を踏まえ、発明者は、段階的圧電体層を含む弾性波装置のシミュレーションモデルＳＩＭ１を構築した。図７は、ＳＩＭ１の概要を示す図である。図７に示す通り、ＳＩＭ１は、対称線ＳＬについてｘ方向に対称である。ＳＩＭ１における圧電体層２は、第１領域２－１～第１１領域２－１１を有している。すなわち、ＳＩＭ１における圧電体層２は、第１厚みＴ１～第１１厚みＴ１１を有している。

[0036] 発明者は、ＳＩＭ１における圧電体層２の材料をＬＴに設定した。そして、発明者は、

・Ｔ１＝０．５０μｍ

・Ｔ２＝０．４９μｍ

・Ｔ３＝０．４８μｍ

・Ｔ４＝０．４７μｍ

・Ｔ５＝０．４６μｍ

・Ｔ６＝０．４５μｍ

・Ｔ７＝０．４４μｍ

・Ｔ８＝０．４３μｍ

・Ｔ９＝０．４２μｍ

・Ｔ１０＝０．４１μｍ

・Ｔ１１＝０．４０μｍ

と設定した。

[0037] 図７の例では、圧電体層２の上方および下方のそれぞれには、空気層９が位置している。以下、圧電体層２の下方に位置する空気層９を、下方空気層と称する。ＳＩＭ１では、下方空気層の下方に位置する支持基板５は省略されている。ただし、当然ながら、実際の弾性波装置では、下方空気層の下方に支持基板５が位置していてよい。それゆえ、例えば、本開示の一態様に係る弾性波装置は、支持基板５と圧電体層２とによって囲まれた中空部を有するメンブレン構造を含んでいてよい。

[0038] 図７の例では、ｘ方向においてＩＤＴ電極３を挟むように、一対の反射器４ａ・４ｂが位置している。発明者は、ＳＩＭ１において、反射器４ａ・４ｂのそれぞれの電極指の本数を２０に設定した。

[0039] 加えて、発明者は、ＳＩＭ１において、ＩＤＴ電極３について、

・導電層：厚み０．１３μｍのＡｌ

・保護層：０．０１３μｍのＴＥＯＳ

・Ｄｕｔｙ：０．５５

・電極指の本数：１１０本

と設定した。

[0040] 続いて、発明者は、Ｄｕｔｙ＝０．５５を維持しつつ、ＳＩＭ１におけるｆｒが４７００ＭＨｚとなるように、Ｔ１～Ｔ１１に応じたｐを複数設定した。以下、例えば、Ｔ１に対応するｐをｐ１と称する。ｐ１は、第１領域２

－１の上側に位置する電極指３２におけるｐを表す。

[0041] まず、発明者は、Ｔ７＝０．４４μｍに対して、ｐ７＝１．２７５μｍと設定した。そして、発明者は、上述の式（１）に基づいて、Ｔ１～Ｔ１１およびｐ７から、ｐ１～ｐ６およびｐ８～ｐ１１を補間した。以上の通り、発明者は、Ｔ１～Ｔ１１に応じたｐ１～ｐ１１を設定した。

[0042] さらに、発明者は、ＳＩＭ１との対比のために、比較例に係るシミュレーションモデル（比較モデル）を構築した。比較モデルは、上述の弾性波装置１００Ｒに対応する。発明者は、比較モデルにおける圧電体層２Ｒの単一の厚さ（Ｔｍａｘ）を、Ｔ７（０．４４μｍ）に設定した。そして、発明者は、比較モデルにおけるｐを、単一の値ｐ７（１．２７５μｍ）に設定した。比較モデルにおけるその他の条件については、ＳＩＭ１と同等である。

[0043] 比較モデルにおいて、λ＝２×ｐ＝２．５５μｍである。このため、比較モデルにおいて、Ｔｍａｘ＜λである。ＳＩＭ１における上述の各数値からも明らかである通り、ＳＩＭ１においても、Ｔｍａｘ＜λである。ＩＤＴ電極３が複数のｐを有する場合には、複数のｐのうちのいずれか１つに基づいて、λが規定されてよい。一例として、ＳＩＭ１では、λ＝２×ｐ１としてλが規定されてよい。別の例として、ＳＩＭ１では、λ＝２×ｐ１１としてλが規定されてもよい。

[0044] 続いて、発明者は、ＳＩＭ１および比較モデルのそれぞれに対しシミュレーションを実行し、ＳＩＭ１および比較モデルの位相特性を導出した。図８は、シミュレーションによって導出された、ＳＩＭ１および比較モデルのそれぞれの位相特性の一例を示すグラフである。図８のグラフにおいて、横軸は周波数を、縦軸は位相をそれぞれ表す。

[0045] 図８に示す通り、比較モデルでは、ｆｒよりも高周波側に大きいスプリアスが複数存在している。これに対し、ＳＩＭ１では、当該スプリアスが低減されている。具体的には、ＳＩＭ１では、比較モデルに比べて、（ｉ）スプリアスの数が減少しているとともに、（ｉｉ）スプリアスの位相の最大値が減少している。

[0046] 加えて、ＳＩＭ１では、主共振の励振に起因するスプリアスが低減されている。そして、ＳＩＭでは、２倍波および３倍波の励振に起因するスプリアスも低減されている。

[0047] 以上の通り、発明者は、圧電体層２の厚みを制御することにより、弾性波装置１００における主共振周波数とスプリアス周波数との両方を制御できることを、弾性波装置１００に対するシミュレーションを通じて新たに見出した。弾性波装置１００によれば、例えば、段階的圧電体層を用いることにより、ＩＤＴ電極３のピッチおよびＤｕｔｙを維持しつつ、主共振周波数とスプリアス周波数とを制御できる。

[0048] ところで、従来では、ＩＤＴ電極３のピッチおよびＤｕｔｙを制御して所望の主共振周波数を設定する試みがなされていた。しかしながら、この場合、ＩＤＴ電極３のピッチおよびＤｕｔｙの変更に付随して、スプリアス周波数も変動しうる。このため、従来では、主共振周波数とスプリアス周波数との両方を適切に制御することは困難であった。

[0049] これに対し、弾性波装置１００によれば、ＩＤＴ電極３のピッチおよびＤｕｔｙを維持できるので、主共振周波数とスプリアス周波数との両方を適切に制御できる。ただし、ＳＩＭ１についての上述の説明から明らかである通り、弾性波装置１００において、圧電体層２の厚み制御とともに、ＩＤＴ電極３のピッチの制御が行われてもよい。あるいは、弾性波装置１００において、圧電体層２の厚み制御とともに、ＩＤＴ電極３のＤｕｔｙの制御が行われてもよい。

[0050] （傾斜領域に関する検討）

発明者は、圧電体層２を実際に製造し、当該圧電体層２をＡＦＭ（Atomic Force Microscope，原子間力顕微鏡）によって分析した。図９は、製造された圧電体層２のＡＦＭ像を模式的に示す図である。図９に示す通り、製造された圧電体層２は、第１領域２－１と第２領域２－２との間に位置しており、かつ、第２領域２－２側から第１領域２－１側へと向かうにつれて厚みが大きくなる傾斜領域２－ｇｒを有しうることが見出された。

[0051] 発明者は、傾斜領域２－ｇｒの利点について検討するために、圧電体層２について２つのシミュレーションモデルを構築した。図１０のＳＩＭ２は、圧電体層２についての第１のシミュレーションモデルである。ＳＩＭ２における圧電体層２は、（ｉ）第１領域２－１と第２領域２－２とを接続し、かつ、（ｉｉ）第１領域２－１と第２領域２－２とに直交する段差部２－ｄｓを有している。図１０の例では、Ｔ１＝０．４９μｍ、Ｔ２＝０．４４μｍである。したがって、段差部２－ｄｓの高さは、ΔＴ＝Ｔ１－Ｔ２＝０．０５μｍである。

[0052] 図１０に示す通り、ＳＩＭ２における圧電体層２は、傾斜領域２－ｇｒを有していない。このため、第１領域２－１および第２領域２－２の一方から他方へとｘ方向に沿って移動する場合には、段差部２－ｄｓを境界としてＴが不連続的に（急激に）変化する。

[0053] 発明者は、ＳＩＭ２に対しシミュレーションを実行し、図１０の点Ｄ（段差部２－ｄｓの下端位置）における応力（より具体的には、最大主応力）を導出した。その結果、点Ｄにおける応力は、１８ＭＰａであった。

[0054] 図１１のＳＩＭ３は、圧電体層２についての第２のシミュレーションモデルである。ＳＩＭ３における圧電体層２は、ＳＩＭ２における段差部２－ｄｓに替えて、傾斜領域２－ｇｒを有している。図１１に示す通り、傾斜領域２－ｇｒの高さは、ΔＴ＝Ｔ１－Ｔ２＝０．０５μｍである。ｘ方向における傾斜領域２－ｇｒの長さは、５μｍである。

[0055] ＳＩＭ３における傾斜領域２－ｇｒは、第１領域２－１と第２領域２－２とをｚ方向（厚み方向，高さ方向）において滑らかに接続している。このため、第１領域２－１および第２領域２－２の一方から他方へとｘ方向に沿って移動する場合には、傾斜領域２－ｇｒにおいてＴが連続的に（緩やかに）変化する。

[0056] 発明者は、ＳＩＭ３に対しシミュレーションを実行し、図１１の点Ｅ（傾斜領域２－ｇｒの上端位置）および点Ｆ（傾斜領域２－ｇｒの下端位置）における応力を導出した。その結果、点Ｅにおける応力は７．５ＭＰａであり

、点Ｆにおける応力は８ＭＰａであった。このように、発明者は、圧電体層２に傾斜領域２－ｇｒを設けることにより、傾斜領域２－ｇｒを設けない場合に比べて応力を４０％程度まで低減できることを、圧電体層２に対するシミュレーションを通じて新たに見出した。

[0057] 圧電体層２が十分に薄い場合、第１領域２－１と第２領域２－２との境界部およびその付近において、圧電体層２の振動（薄膜振動）に起因する応力集中が生じやすい。例えば、ＳＩＭ２におけるシミュレーション結果は、圧電体層２の段差部２－ｄｓにおいて、特に大きい応力が生じうることを示している。

[0058] そこで、図１１に示す通り、本開示の一態様に係る圧電体層２は、傾斜領域２－ｇｒを有していてよい。この場合、上述の境界部およびその付近において生じる応力を緩和できる。それゆえ、応力に起因して圧電体層２が破損するおそれを低減できる。

[0059] （弾性波装置１００Ｖの一構成例）

図１２は、弾性波装置１００Ｖの一構成例を示す図である。弾性波装置１００Ｖは、傾斜領域に関する上述の知見を踏まえて創作された弾性波装置の一例である。弾性波装置１００Ｖは、弾性波装置１００の別の構成例である。

[0060] 図１２に示す通り、弾性波装置１００Ｖにおける圧電体層２は、第１領域２－１と第２領域２－２との間に位置しており、かつ、第２領域２－２側から第１領域２－１側へと向かうにつれて厚みが大きくなる傾斜領域２－ｇｒを有していてよい。

[0061] 一例として、弾性波装置１００Ｖにおける傾斜領域２－ｇｒは、圧電体層２の上側（すなわち、ＩＤＴ電極３側）に斜面を有していてよい。図１２に示す通り、当該斜面は、第１領域２－１から第２領域２－２へと向かうにつれて下降する下降斜面であってよい。

[0062] 上述の各説明から明らかである通り、弾性波装置１００Ｖによれば、段階的圧電体層（第１領域２－１および第２領域２－２を有する圧電体層２）を

有することにより、スプリアスが低減される。加えて、圧電体層２が傾斜領域２－ｇｒをさらに有することにより、圧電体層２に生じる応力も緩和される。このように、弾性波装置１００Ｖによれば、スプリアスを低減することに加え、圧電体層２の応力を緩和することも可能となる。

[0063] （弾性波装置１００Ｖの別の構成例）

図１３は、弾性波装置１００Ｖの別の構成例を示す図である。図１３に示す通り、弾性波装置１００Ｖにおける傾斜領域２－ｇｒは、圧電体層２の下側（すなわち、支持基板５側）に斜面を有していてもよい。図１３に示す通り、当該斜面は、第１領域２－１から第２領域２－２へと向かうにつれて上昇する上昇斜面であってもよい。

[0064] （弾性波装置１００Ｖについての補足）

弾性波装置１００Ｖは、（ｉ）圧電体層２よりも低い音響インピーダンスを有する低音響インピーダンス層と、（ｉｉ）圧電体層２よりも高い音響インピーダンスを有する高音響インピーダンス層と、が交互に積層された多層反射膜をさらに有していてもよい。

[0065] 一例として、多層反射膜は、圧電体層２と支持基板５との間に位置していてよい。多層反射膜は、１つの低音響インピーダンス層と１つの高音響インピーダンス層とが積層されて成る積層ユニットを１つ以上含んでいてよい。一例として、多層反射膜は、４つの積層ユニットを含んでいてよい。低音響インピーダンス層の材料としては、SiO_2などが挙げられる。高音響インピーダンス層の材料としては、HfO_2などが挙げられる。

[0066] 〔実施形態２〕

図１４は、実施形態２の弾性波装置１００Ｗの一構成例を示す図である。弾性波装置１００Ｗは、共振子１として、第１共振子１Ｘおよび第２共振子１Ｙを含んでいてよい。そして、弾性波装置１００Ｗは、ＩＤＴ電極３として、（ｉ）第１領域２－１上に位置している第１ＩＤＴ電極３Ｘと、（ｉｉ）第２領域２－２上に位置している第２ＩＤＴ電極３Ｙと、を含んでいてよい。

[0067] 第１共振子１Ｘは、第１領域２－１上に位置していてよい。したがって、例えば、第１ＩＤＴ電極３Ｘは、第１共振子１Ｘのｉｄｔ電極３であってよい。第１ＩＤＴ電極３Ｘは、複数の第１電極指３２Ｘａおよび複数の第２電極指３２Ｘｂを有していてよい。本明細書では、第１電極指３２Ｘａおよび第２電極指３２Ｘｂを、総称的に電極指３２Ｘとも称する。

[0068] 第２共振子１Ｙは、第２領域２－２上に位置していてよい。したがって、例えば、第２ＩＤＴ電極３Ｙは、第２共振子１Ｙのｉｄｔ電極３であってよい。第２ＩＤＴ電極３Ｙは、複数の第１電極指３２Ｙａおよび複数の第２電極指３２Ｙｂを有していてよい。本明細書では、第１電極指３２Ｙａおよび第２電極指３２Ｙｂを、総称的に電極指３２Ｙとも称する。

[0069] このように、弾性波装置１００Ｗにおいて、（ｉ）第１領域２－１は、ある１つの共振子（例：第１ＩＤＴ電極３Ｘを有する第１共振子１Ｘ）の下側に位置しており、かつ、（ｉｉ）第２領域２－２は、別の１つの共振子（例：第２ＩＤＴ電極３Ｙを有する第２共振子１Ｙ）の下側に位置していてもよい。この場合、図１４に示す通り、傾斜領域２－ｇｒは、ｙ方向において、第１ＩＤＴ電極３Ｘと第２ＩＤＴ電極３Ｙとの間に位置しうる。言い換えれば、傾斜領域２－ｇｒは、ｙ方向において、第１共振子１Ｘと第２共振子１Ｙとの間に位置しうる。

[0070] 一例として、弾性波装置１００Ｗは、複数の共振子１を含むラダー型フィルタであってよい。この場合、弾性波装置１００Ｗは、複数の共振子１として、少なくとも１つの直列共振子と少なくとも１つの並列共振子とを含んでいてよい。一例として、第１共振子１Ｘまたは第２共振子１Ｙの一方が直列共振子であり、かつ、他方が並列共振子であってよい。別の例として、第１共振子１Ｘおよび第２共振子１Ｙの両方が直列共振子であってもよい。さらに別の例として、第１共振子１Ｘおよび第２共振子１Ｙの両方が並列共振子であってもよい。

[0071] （実施形態１～２についての補足）

実施形態１～２における各説明から明らかである通り、本開示の一態様に

係る弾性波装置における圧電体層は、第１領域から第Ｎ領域までのＮ個の異なる領域を有していてよい。Ｎは、２以上の自然数である。第ｉ領域は、第ｉ厚みを有していてよい。以下、第ｉ厚みをＴ（ｉ）とも表記する。ｉは、１以上かつＮ以下の自然数である。一例として、図１におけるＴ１およびＴ２は、Ｔ（１）およびＴ（２）にそれぞれ対応する。

[0072] 前記圧電体層では、任意のｉについて、Ｔ（ｉ）＞Ｔ（ｉ＋１）であってよい。したがって、例えば、

Ｔ（１）＝Ｔｍａｘ＞Ｔ（２）＞…＞Ｔ（Ｎ－１）＞Ｔ（Ｎ）

であってよい。この場合、上述の代替圧電体層は、第１厚みから第Ｎ厚みまでのＮ通りの異なる厚みのうちの任意の１つを、単一の厚みとして有していてよい。

[0073] 加えて、前記圧電体層は、第ｉ領域と第（ｉ＋１）領域との間に位置しており、かつ、第（ｉ＋１）領域から第ｉ領域へと向かうにつれて厚みが大きくなる傾斜領域を有していてもよい。したがって、前記圧電体層は、最大で（Ｎ－１）個の異なる傾斜領域を有していてよい。

[0074] 〔実施形態３〕

図１５は、実施形態３における通信装置１５１の概略的な構成を例示する図である。通信装置１５１は、本開示の一態様に係る弾性波装置の一適用例であり、電波を利用した無線通信を行う。通信装置１５１は、送信フィルタ１０９としての１つの分波器１０１と、受信フィルタ１１１としての別の１つの分波器１０１とを含んでいてよい。２つの分波器１０１のそれぞれは、本開示の一態様に係る弾性波装置（例：弾性波装置１００、１００Ｖ、または１００Ｗ）を含んでいてよい。このように、通信装置１５１は、本開示の一態様に係る弾性波装置を含んでいてよい。

[0075] 通信装置１５１において、送信すべき情報を含む送信情報信号ＴＩＳは、ＲＦ－ＩＣ（Radio Frequency-Integrated Circuit）１５３によって変調および周波数の引き上げ（搬送波周波数を有する高周波信号への変換）がなされ、送信信号ＴＳへと変換されてよい。バンドパスフィルタ１５５は、ＴＳ

について、送信用の通過帯以外の不要成分を除去してよい。次いで、不要成分除去後のＴＳは、増幅器１５７によって増幅されて、送信フィルタ１０９に入力されてよい。

[0076] 送信フィルタ１０９は、入力された送信信号ＴＳから送信用の通過帯以外の不要成分を除去してよい。送信フィルタ１０９は、アンテナ端子（例：上述のＴＣｉｎ）を介して、不要成分除去後のＴＳをアンテナ１５９に出力してよい。アンテナ１５９は、自身に入力された電気信号であるＴＳを、無線信号としての電波に変換し、当該電波を通信装置１５１の外部に送信してよい。

[0077] また、アンテナ１５９は、受信した外部からの電波を、電気信号である受信信号ＲＳに変換し、アンテナ端子を介して当該ＲＳを受信フィルタ１１１に入力してよい。受信フィルタ１１１は、入力されたＲＳから受信用の通過帯以外の不要成分を除去してよい。受信フィルタ１１１は、不要成分除去後の受信信号ＲＳを増幅器１６１へ出力してよい。出力されたＲＳは、増幅器１６１によって増幅されてよい。バンドパスフィルタ１６３は、増幅後のＲＳについて、受信用の通過帯以外の不要成分を除去してよい。不要成分除去後のＲＳは、ＲＦ－ＩＣ１５３によって周波数の引き下げおよび復調がなされ、受信情報信号ＲＩＳへと変換されてよい。

[0078] ＴＩＳおよびＲＩＳは、適宜な情報を含む低周波信号（ベースバンド信号）であってよい。例えば、ＴＩＳおよびＲＩＳは、アナログ音声信号であってもよいし、あるいはデジタル化された音声信号であってよい。無線信号の通過帯は、適宜に設定されてよく、公知の各種の規格に準拠してよい。

[0079] 〔まとめ〕

本開示の態様１に係る弾性波装置は、支持基板と、前記支持基板上に位置している圧電体層と、前記圧電体層上に位置している少なくとも１つのＩＤＴ電極と、を有しており、前記ＩＤＴ電極によって励振される弾性波の波長λを、前記ＩＤＴ電極の電極指ピッチの２倍の長さとして規定した場合に、前記圧電体層の最大厚みは、λ以下であり、前記ＩＤＴ電極は、前記弾性波

として板波またはバルク波を励振し、前記圧電体層は、第１厚みを有する第１領域と、前記第１厚みよりも小さい第２厚みを有する第２領域と、前記第１領域と前記第２領域との間に位置しており、かつ、前記第２領域側から前記第１領域側へと向かうにつれて厚みが大きくなる傾斜領域と、を有していてよい。

[0080] 本開示の態様２に係る弾性波装置では、前記態様１において、前記ＩＤＴ電極は、前記弾性波として板波を励振してよく、前記板波は、Ａ１モードラム波であってよい。

[0081] 本開示の態様３に係る弾性波装置では、前記態様１において、前記ＩＤＴ電極は、前記弾性波としてバルク波を励振してよい。

[0082] 本開示の態様４に係る弾性波装置では、前記態様１または２において、前記第１領域内を伝搬する前記板波の主共振周波数は、前記第２領域内を伝搬する前記板波の主共振周波数とは異なっていてよい。

[0083] 本開示の態様５に係る弾性波装置では、前記態様１から４のいずれか１つにおいて、前記弾性波装置における前記圧電体層を代替圧電体層に置き換えた弾性波装置を、代替弾性波装置と称し、前記代替圧電体層は、前記第１厚みまたは前記第２厚みの一方を、単一の厚みとして有しており、前記弾性波装置におけるスプリアスは、前記代替弾性波装置におけるスプリアスよりも小さくてよい。

[0084] 本開示の態様６に係る弾性波装置では、前記態様５において、前記弾性波装置における前記スプリアスは、２倍波、３倍波、および主共振以外の励振に起因するスプリアスであってよい。

[0085] 本開示の態様７に係る弾性波装置は、前記態様１から６のいずれか１つにおいて、少なくとも１つの前記ＩＤＴ電極として、前記第１領域上に位置している第１ＩＤＴ電極と、前記第２領域上に位置している第２ＩＤＴ電極と、を含んでいてよい。

[0086] 本開示の態様８に係る弾性波装置では、前記態様１から６のいずれか１つにおいて、少なくとも１つの前記ＩＤＴ電極のうちの任意の１つを注目ＩＤ

Ｔ電極と称し、前記第１領域と前記第２領域との両方が、前記注目ＩＤＴ電極の下側に位置していてよい。

[0087] 本開示の態様９に係る弾性波装置では、前記態様１から８のいずれか１つにおいて、前記傾斜領域は、前記圧電体層の前記ＩＤＴ電極側に斜面を有していてよい。

[0088] 本開示の態様１０に係る弾性波装置では、前記態様１から８のいずれか１つにおいて、前記傾斜領域は、前記圧電体層の前記支持基板側に斜面を有していてよい。

[0089] 本開示の態様１１に係る弾性波装置では、前記態様１から１０のいずれか１つにおいて、前記圧電体層は、前記第２厚みよりも小さい第３厚みを有する第３領域をさらに有していてよい。

[0090] 本開示の態様１２に係る弾性波装置は、前記態様１から１１のいずれか１つにおいて、前記支持基板と前記圧電体層とによって囲まれた中空部を有するメンブレン構造を含んでいてよい。

[0091] 本開示の態様１３に係る弾性波装置は、前記態様１から１２のいずれか１つにおいて、（ｉ）前記圧電体層よりも低い音響インピーダンスを有する低音響インピーダンス層と、（ｉｉ）前記圧電体層よりも高い音響インピーダンスを有する高音響インピーダンス層と、が交互に積層された多層反射膜をさらに有していてよい。

[0092] 本開示の態様１４に係る弾性波装置は、前記態様１から１３のいずれか１つに係る弾性波装置を有していてよい。

[0093] 〔付記事項〕

以上、本開示に係る発明について、諸図面および実施例に基づいて説明してきた。しかし、本開示に係る発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。すなわち、本開示に係る発明は本開示で示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本開示に係る発明の技術的範囲に含まれる。つまり、当業者であれば本開示に基づき種々の変形または修正を行う

ことが容易であることに注意されたい。また、これらの変形または修正は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。

符号の説明

[0094] １　共振子

１Ａ　注目共振子（共振子）

１Ｘ　第１共振子（共振子）

１Ｙ　第２共振子（共振子）

２　圧電体層

２－１　第１領域

２－２　第２領域

２－ｇｒ　傾斜領域

２－３　第３領域

２Ｒ　圧電体層（代替圧電体層）

３　ＩＤＴ電極（注目ＩＤＴ電極）

３Ｘ　第１ＩＤＴ電極

３Ｙ　第２ＩＤＴ電極

５　支持基板

１００　弾性波装置

１００Ｖ、１００Ｗ　弾性波装置（傾斜領域を有する弾性波装置）

１００Ｒ　弾性波装置（代替弾性波装置）

１５１　通信装置

請求の範囲

[請求項1] 支持基板と、

前記支持基板上に位置している圧電体層と、

前記圧電体層上に位置している少なくとも１つのＩＤＴ電極と、を有しており、

前記ＩＤＴ電極によって励振される弾性波の波長λを、前記ＩＤＴ電極の電極指ピッチの２倍の長さとして規定した場合に、前記圧電体層の最大厚みは、λ以下であり、

前記ＩＤＴ電極は、前記弾性波として板波またはバルク波を励振し、

前記圧電体層は、

第１厚みを有する第１領域と、

前記第１厚みよりも小さい第２厚みを有する第２領域と、

前記第１領域と前記第２領域との間に位置しており、かつ、前記第２領域側から前記第１領域側へと向かうにつれて厚みが大きくなる傾斜領域と、を有している、弾性波装置。

[請求項2] 前記ＩＤＴ電極は、前記弾性波として板波を励振し、

前記板波は、Ａ１モードラム波である、請求項１に記載の弾性波装置。

[請求項3] 前記ＩＤＴ電極は、前記弾性波としてバルク波を励振する、請求項１に記載の弾性波装置。

[請求項4] 前記第１領域内を伝搬する前記板波の主共振周波数は、前記第２領域内を伝搬する前記板波の主共振周波数とは異なっている、請求項１または２に記載の弾性波装置。

[請求項5] 前記弾性波装置における前記圧電体層を代替圧電体層に置き換えた弾性波装置を、代替弾性波装置と称し、

前記代替圧電体層は、前記第１厚みまたは前記第２厚みの一方を、単一の厚みとして有しており、

前記弾性波装置におけるスプリアスは、前記代替弾性波装置におけるスプリアスよりも小さい、請求項１から４のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項6] 前記弾性波装置における前記スプリアスは、２倍波、３倍波、および主共振以外の励振に起因するスプリアスである、請求項５に記載の弾性波装置。

[請求項7] 少なくとも１つの前記ＩＤＴ電極として、

前記第１領域上に位置している第１ＩＤＴ電極と、

前記第２領域上に位置している第２ＩＤＴ電極と、を含んでいる、請求項１から６のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項8] 少なくとも１つの前記ＩＤＴ電極のうちの任意の１つを注目ＩＤＴ電極と称し、

前記第１領域と前記第２領域との両方が、前記注目ＩＤＴ電極の下側に位置している、請求項１から６のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項9] 前記傾斜領域は、前記圧電体層の前記ＩＤＴ電極側に斜面を有している、請求項１から８のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項10] 前記傾斜領域は、前記圧電体層の前記支持基板側に斜面を有している、請求項１から８のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項11] 前記圧電体層は、前記第２厚みよりも小さい第３厚みを有する第３領域をさらに有している、請求項１から１０のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項12] 前記支持基板と前記圧電体層とによって囲まれた中空部を有するメンブレン構造を含んでいる、請求項１から１１のいずれか１項に記載の弾性波装置。

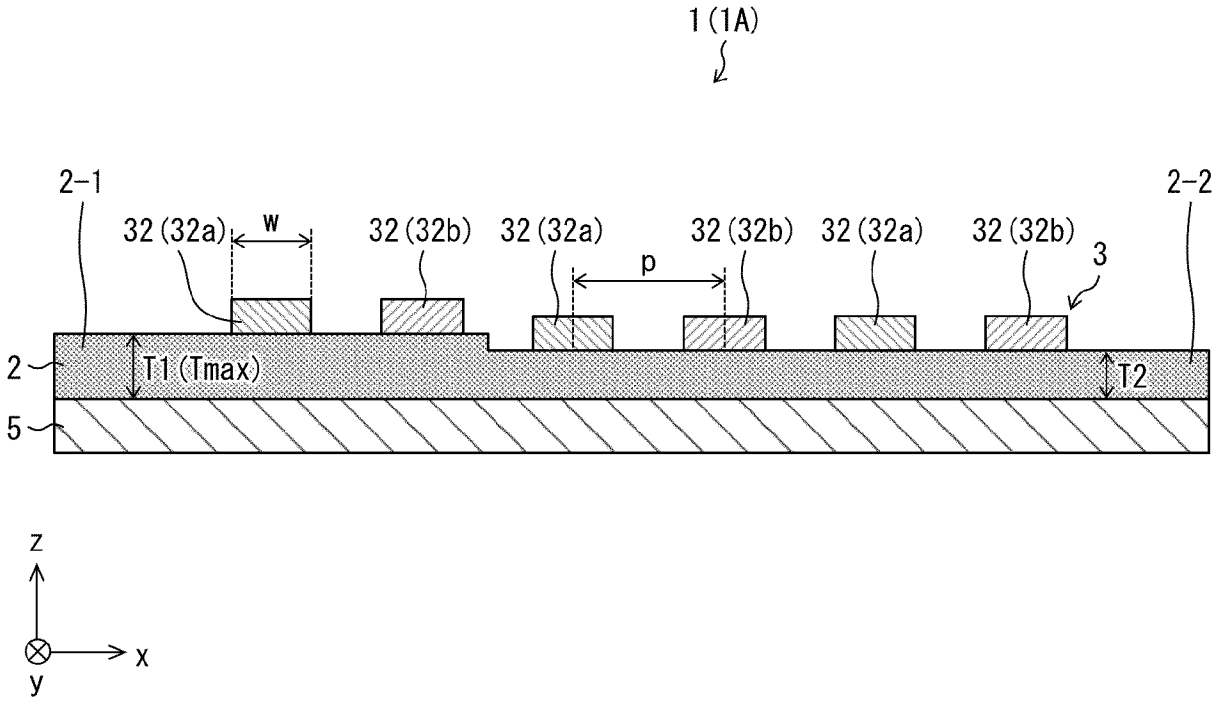
[請求項13] （ｉ）前記圧電体層よりも低い音響インピーダンスを有する低音響インピーダンス層と、（ｉｉ）前記圧電体層よりも高い音響インピーダンスを有する高音響インピーダンス層と、が交互に積層された多層

反射膜をさらに有している、請求項１から１２のいずれか１項に記載の弾性波装置。

[請求項14] 請求項１から１３のいずれか１項に記載の弾性波装置を有している、通信装置。

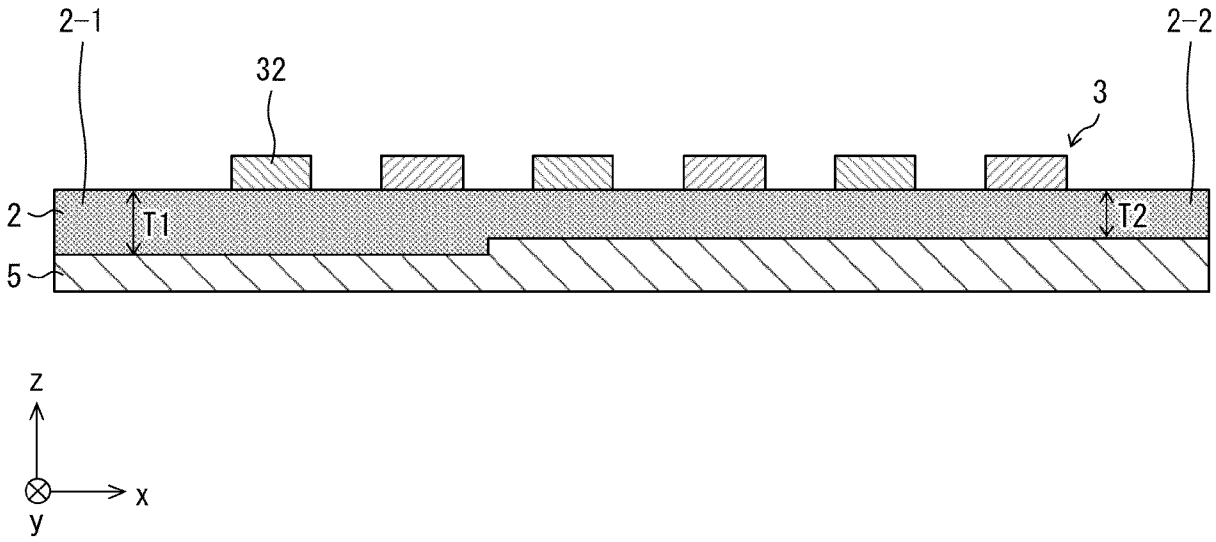
[図1]

図 1


100
1 (1A)
2-1
2-2
32 (32a)
W
32 (32b)
32 (32a)
p
32 (32b)
32 (32a)
32 (32b)
3
2
T1 (Tmax)
T2
5
z
x
y

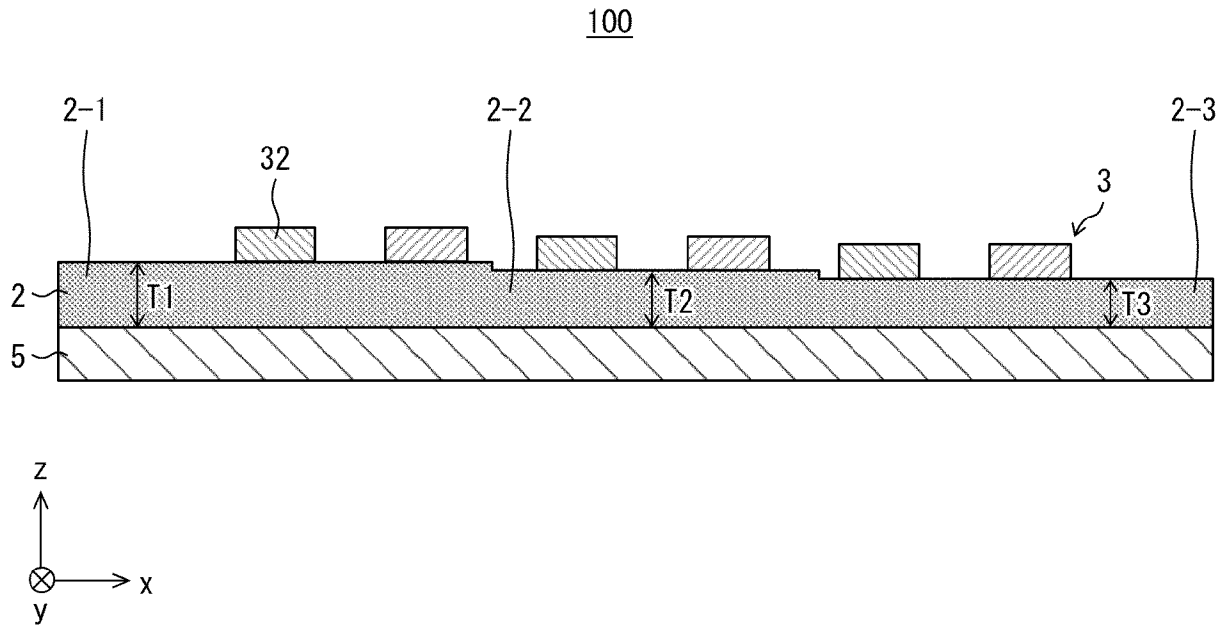
[図2]

図 2


100
2-1
2-2
32
3
2
T1
T2
5
z
x
y

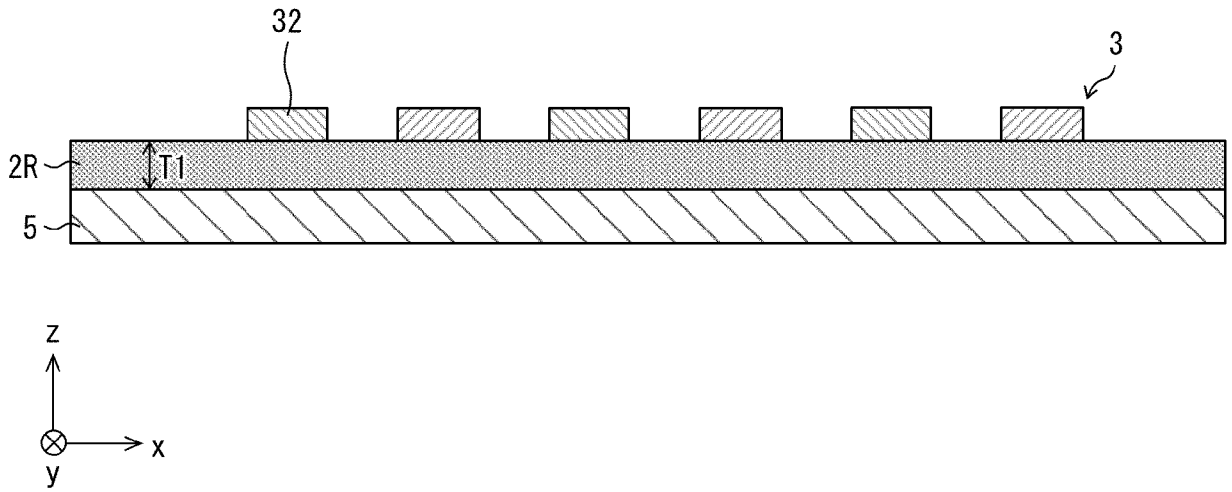
[図3]

図 3



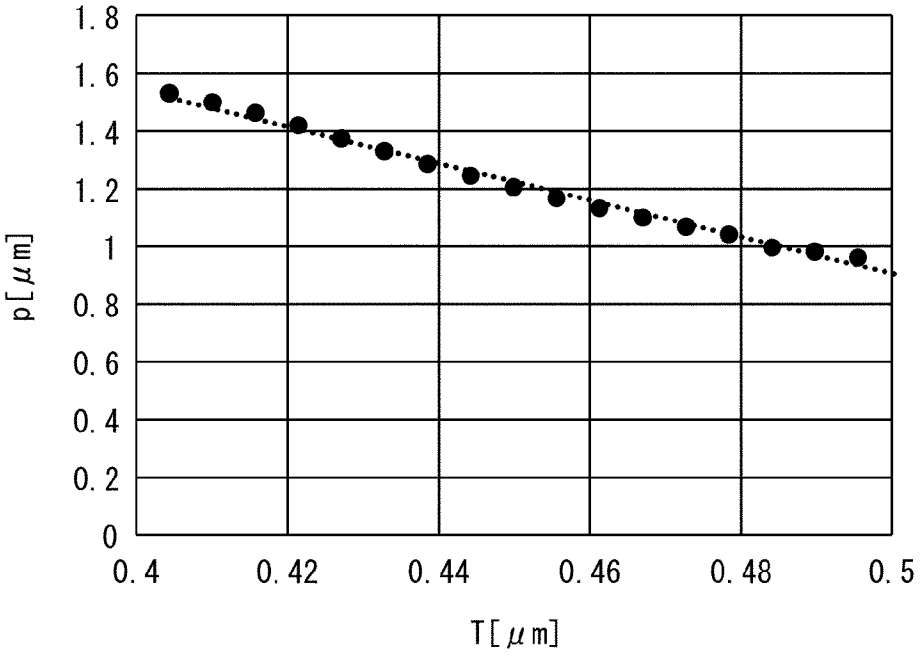
[図4]

図 4



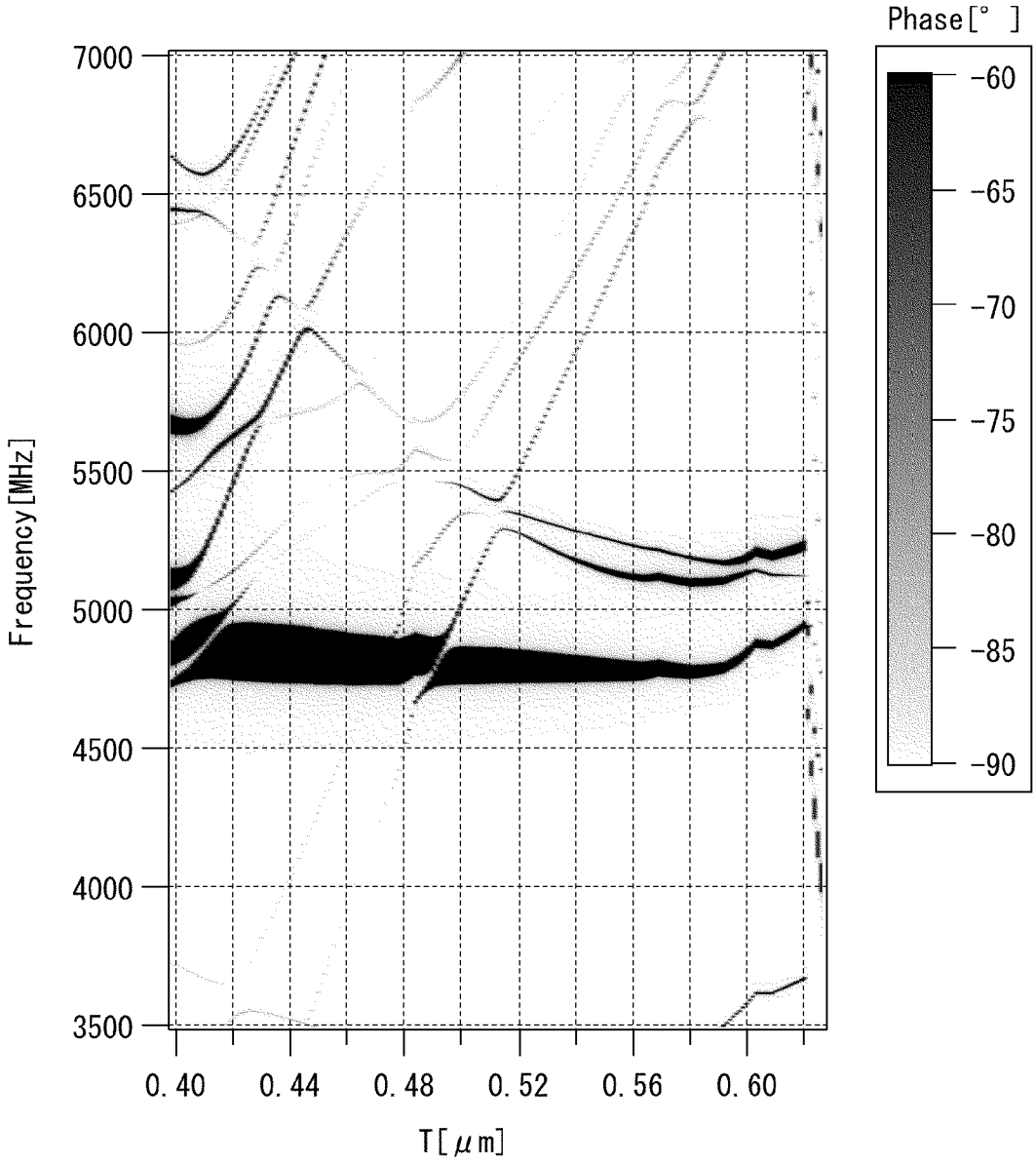
[図5]

図 5



[図6]

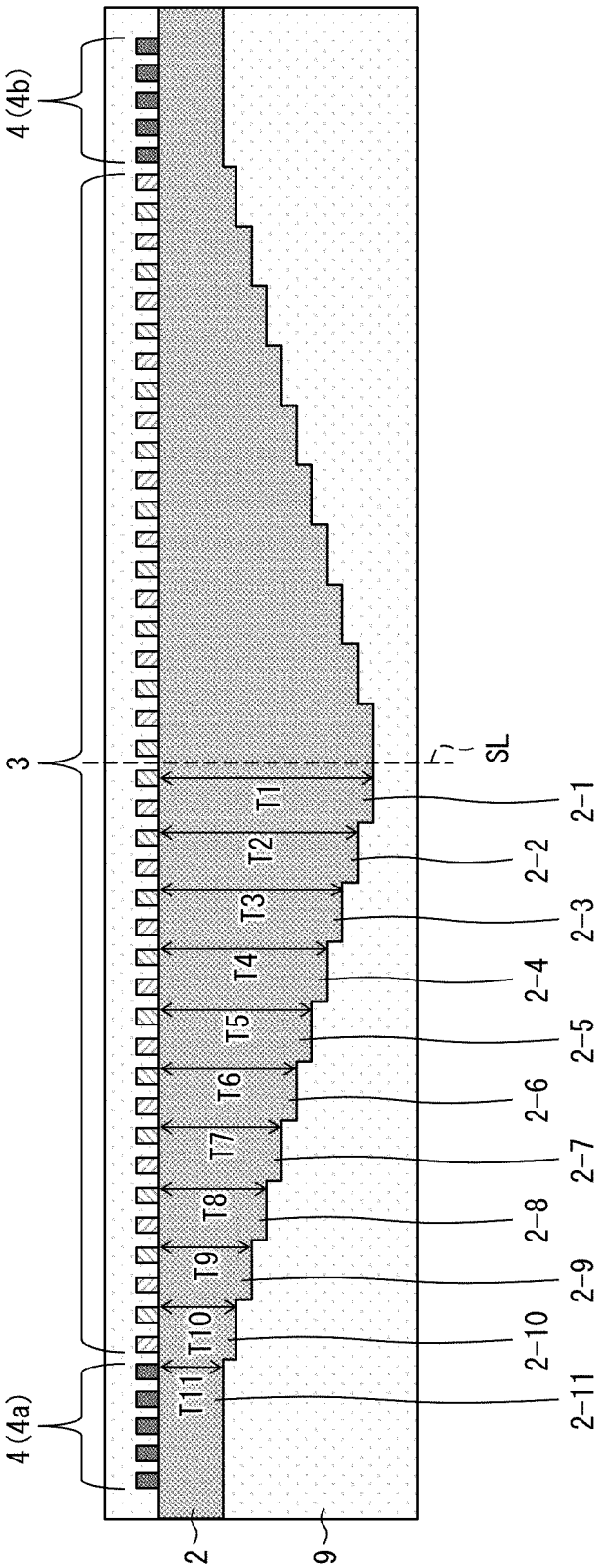
図 6


Phase[°]
-60
-65
-70
-75
-80
-85
-90
Frequency[MHz]
7000
6500
6000
5500
5000
4500
4000
3500
0.40
0.44
0.48
0.52
0.56
0.60
T[μm]

[図7]

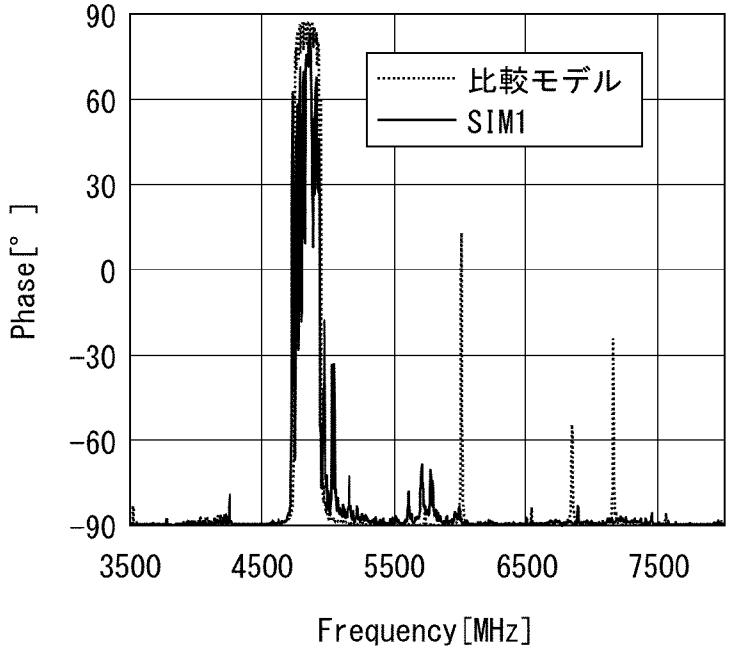
図 7

SIM1


4(4b)
3
SL
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
2-1
2-2
2-3
2-4
2-5
2-6
2-7
2-8
2-9
2-10
2-11
4(4a)
2
9

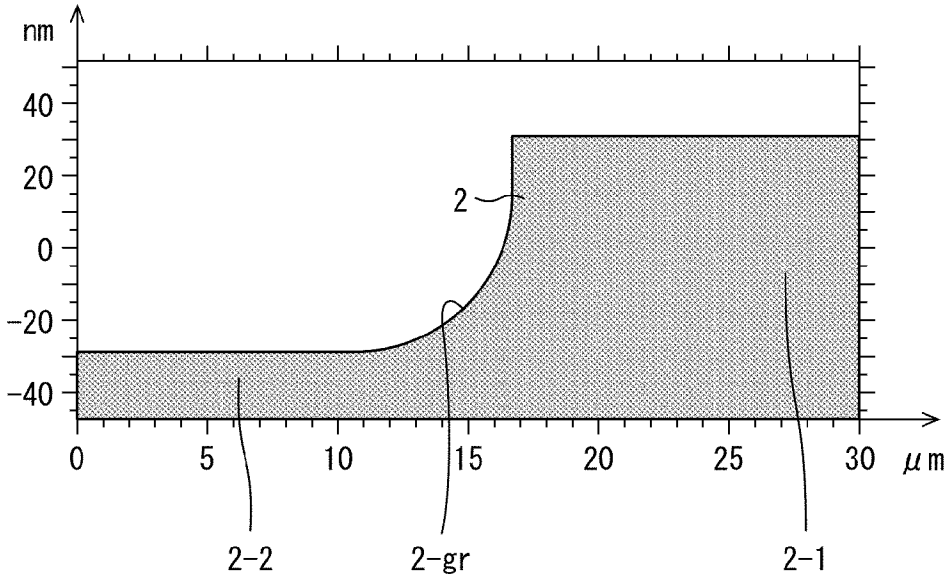
[図8]

図 8


90
60
30
0
-30
-60
-90
Phase[°]
3500
4500
5500
6500
7500
Frequency[MHz]
比較モデル
SIM1

[図9]

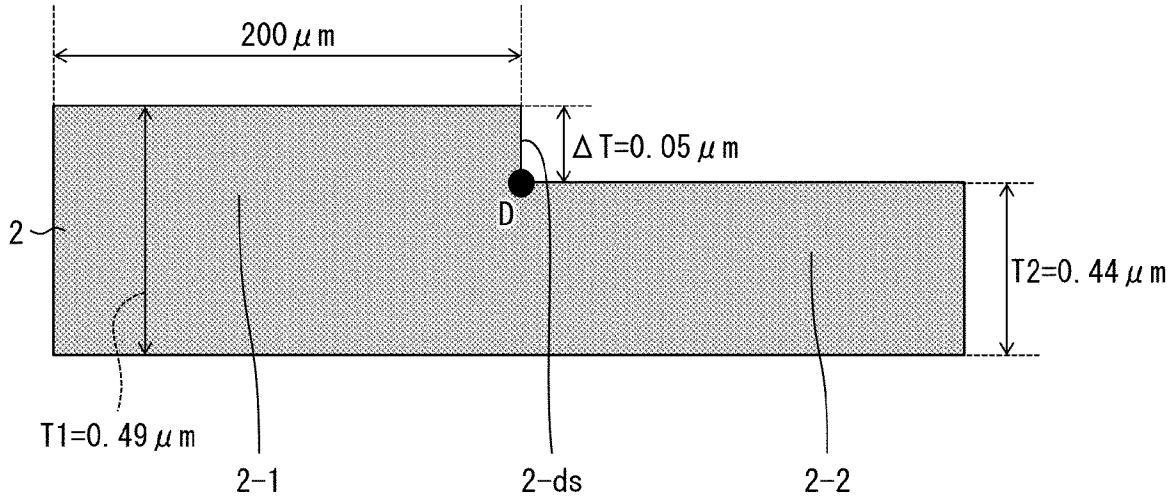
図 9


nm
40
20
0
-20
-40
0
5
10
15
20
25
30
μm
2
2-2
2-gr
2-1

[図10]

図 10

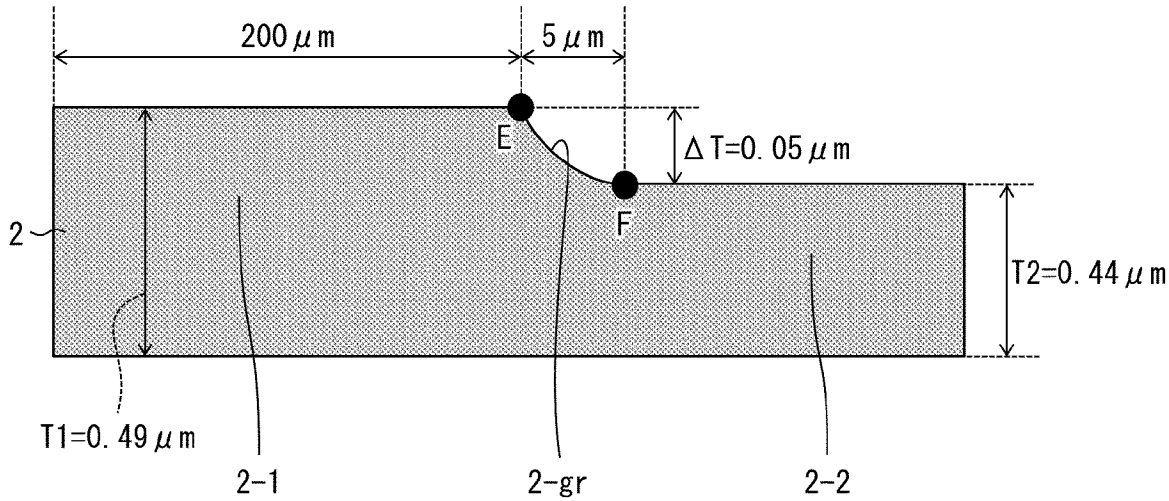
SIM2



[図11]

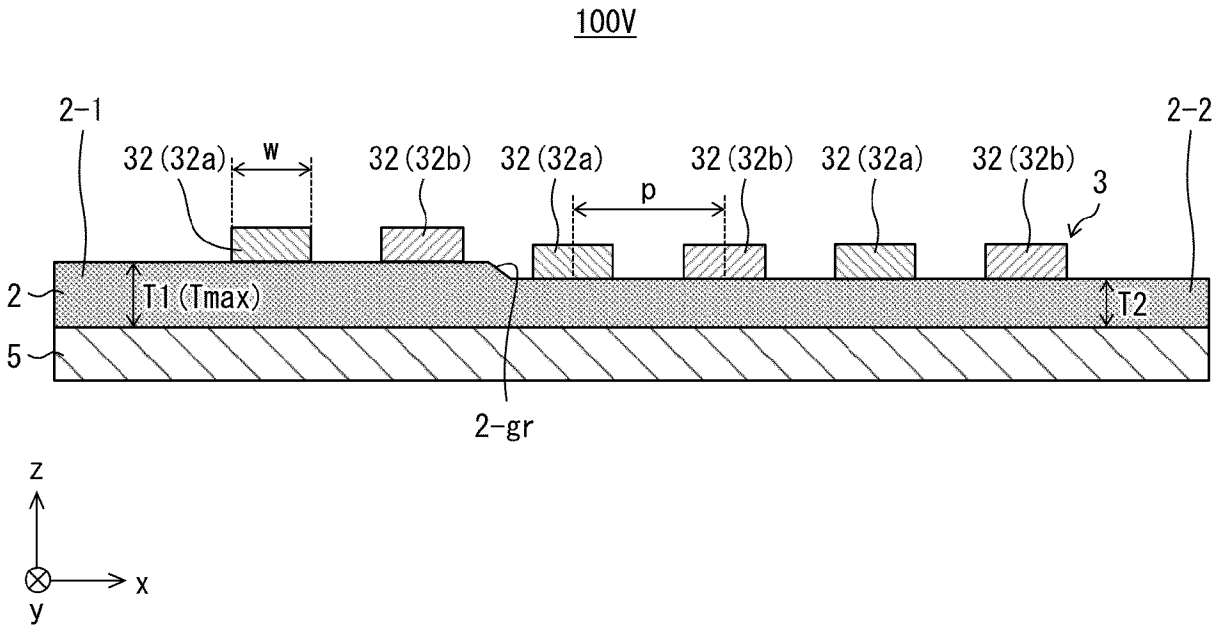
図 11

SIM3



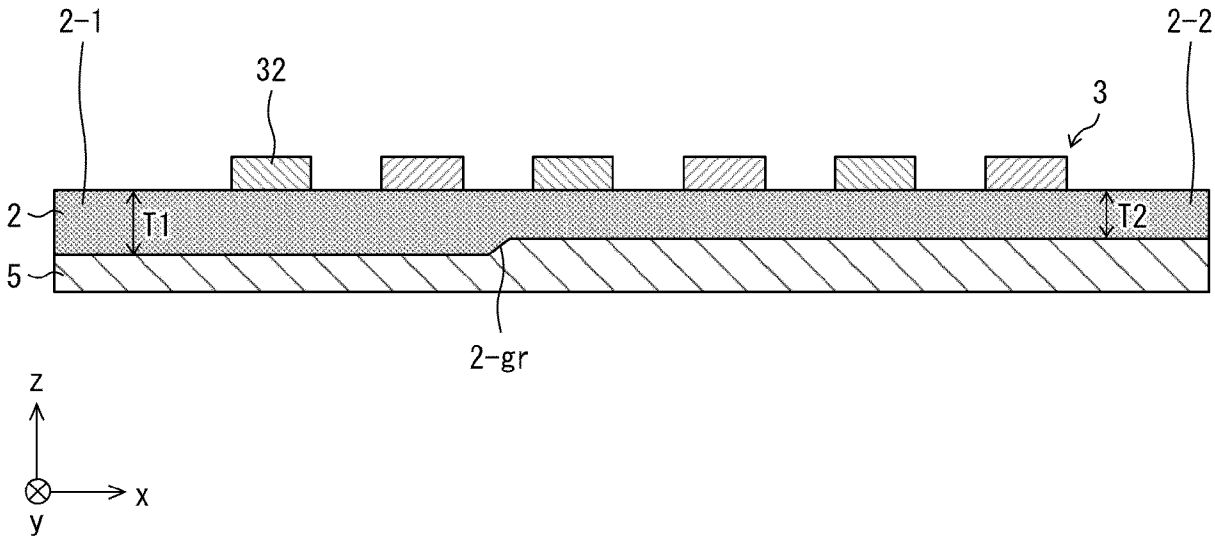
[図12]

図 12



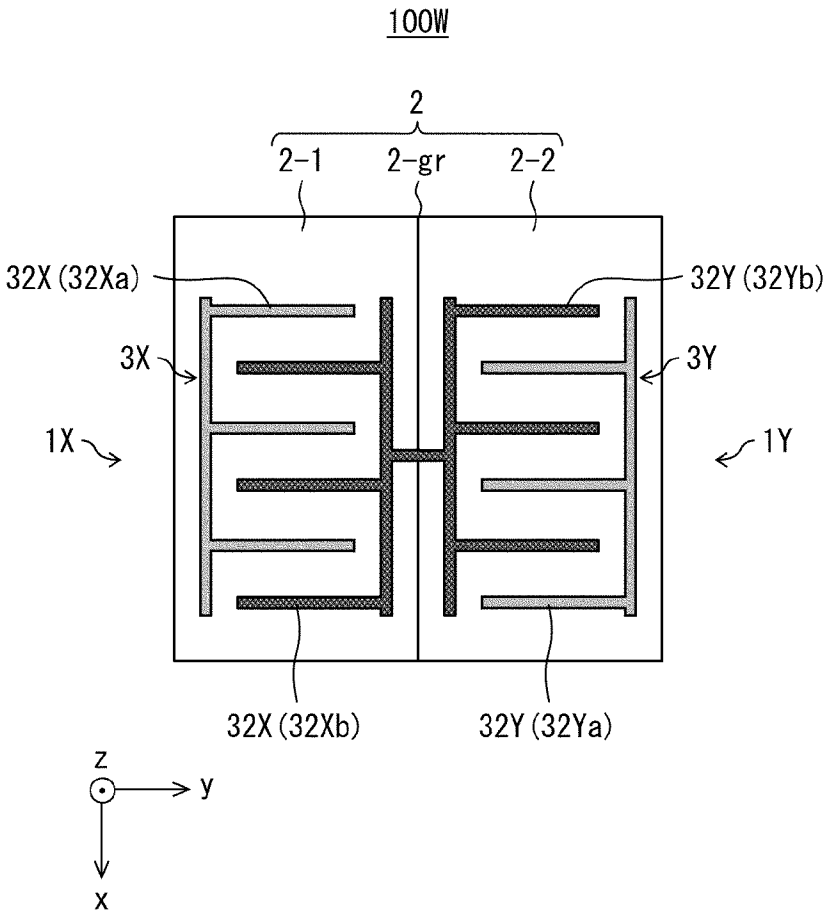
[図13]

図 13



[図14]

図 14


100W
2
2-1
2-gr
2-2
32X (32Xa)
32Y (32Yb)
3X
3Y
1X
1Y
32X (32Xb)
32Y (32Ya)
z
y
x

[図15]

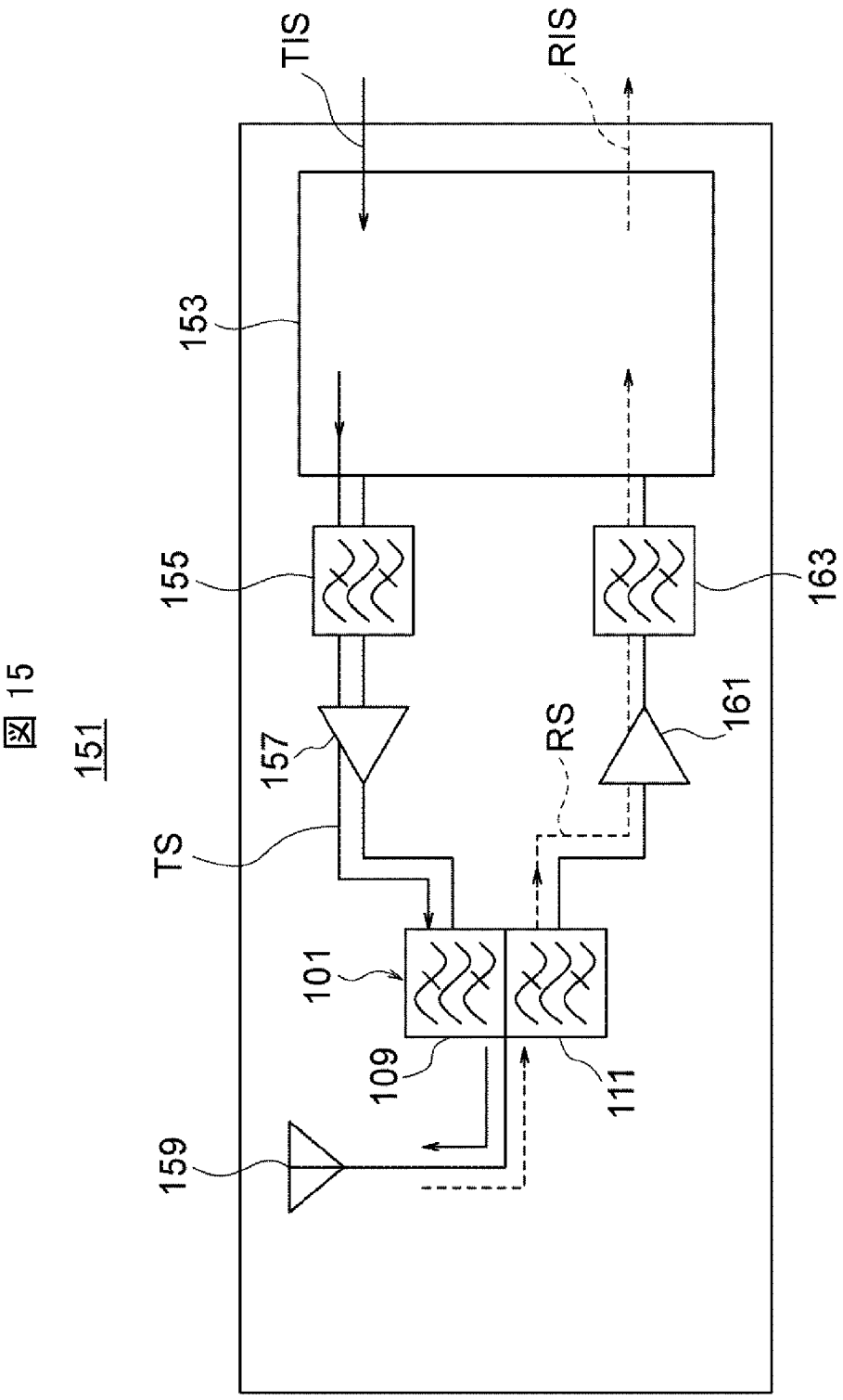


図 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/015446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03H9/25

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
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	WO 2010/004741 A1 (PANASONIC CORPORATION) 14 January 2010 (2010-01-14) paragraphs [0007]-[0015], [0054], fig. 14	1-14
Y	JP 2016-72808 A (MURATA MANUFACTURING CO) 09 May 2016 (2016-05-09) paragraphs [0020]-[0032], [0040], [0052], fig. 1-2	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 May 2023	**30 May 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/JP2023/015446

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2010/004741 A1	14 January 2010	US 2011/0109196 A1 paragraphs [0024]-[0032], [0071], fig. 14 CN 102089970 A	
JP 2016-72808 A	09 May 2016	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/015446

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

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

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H03H9/25

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３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	WO 2010/004741 A1 (パナソニック株式会社) 14.01.2010 (2010-01-14) [0007]-[0015],[0054],図14	1-14
Y	JP 2016-72808 A (株式会社村田製作所) 09.05.2016 (2016-05-09) [0020]-[0032],[0040],[0052],図1-2	1-14

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
18.05.2023	30.05.2023

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）
石井　則之 5W 3867
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/JP2023/015446

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2010/004741 A1	14.01.2010	US 2011/0109196 A1 [0024]-[0032], [0071],FIG.14 CN 102089970 A	
JP 2016-72808 A	09.05.2016	（ファミリーなし）	