

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6465441号  
(P6465441)

(45) 発行日 平成31年2月6日 (2019.2.6)

(24) 登録日 平成31年1月18日 (2019.1.18)

(51) Int. Cl.

F I

H03H 9/72 (2006.01)

H03H 9/72

H03H 9/64 (2006.01)

H03H 9/64

Z

H03H 9/145 (2006.01)

H03H 9/145

Z

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-150384 (P2016-150384)  
 (22) 出願日 平成28年7月29日 (2016.7.29)  
 (65) 公開番号 特開2018-19363 (P2018-19363A)  
 (43) 公開日 平成30年2月1日 (2018.2.1)  
 審査請求日 平成30年2月7日 (2018.2.7)

(73) 特許権者 000204284  
 太陽誘電株式会社  
 東京都中央区京橋二丁目7番19号  
 (74) 代理人 100087480  
 弁理士 片山 修平  
 (72) 発明者 中澤 秀太郎  
 東京都台東区上野6丁目16番20号 太  
 陽誘電株式会社内  
 (72) 発明者 岩城 匡郁  
 東京都台東区上野6丁目16番20号 太  
 陽誘電株式会社内  
 (72) 発明者 松田 隆志  
 東京都台東区上野6丁目16番20号 太  
 陽誘電株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチプレクサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

共通端子と第1端子との間に直列に接続された1または複数の直列共振器と、前記共通端子と前記第1端子との間に並列に接続された1または複数の並列共振器と、を有し、

前記1または複数の直列共振器と前記1または複数の並列共振器は、圧電基板上に設けられ、弾性波を励振する複数の電極指が交叉する交叉領域内で前記電極指の延伸方向に第1領域と前記複数の電極指のうち少なくとも一部の電極指の太さが前記第1領域より大きい第2領域とが交互に設けられたIDTを有し、

前記1または複数の並列共振器および前記1または複数の直列共振器の一部の共振器は、他の共振器より前記第2領域の個数が多い第1フィルタと、

前記共通端子と第2端子との間に接続され、前記第1フィルタより通過帯域が高い第2フィルタと、

を具備するマルチプレクサ。

【請求項2】

共通端子と第1端子との間に直列に接続された1または複数の直列共振器と、前記共通端子と前記第1端子との間に並列に接続された1または複数の並列共振器と、を有し、

前記1または複数の直列共振器と前記1または複数の並列共振器は、圧電基板上に設けられ、弾性波を励振する複数の電極指が交叉する交叉領域内で前記電極指の延伸方向に第1領域と前記複数の電極指のうち少なくとも一部において前記電極指上に設けられた付加膜の厚さが前記第1領域より大きい第2領域とが交互に設けられたIDTを有し、

10

20

前記 1 または複数の並列共振器および前記 1 または複数の直列共振器の一部の共振器は、他の共振器より前記第 2 領域の個数が多い第 1 フィルタと、

前記共通端子と第 2 端子との間に接続され、前記第 1 フィルタより通過帯域が高い第 2 フィルタと、

を具備するマルチプレクサ。

【請求項 3】

共通端子と第 1 端子との間に直列に接続された 1 または複数の直列共振器と、前記共通端子と前記第 1 端子との間に並列に接続された 1 または複数の並列共振器と、を有し、

前記 1 または複数の直列共振器と前記 1 または複数の並列共振器は、圧電基板上に設けられ、弾性波を励振する複数の電極指が交叉する交叉領域内で前記電極指の延伸方向に第 1 領域と前記第 1 領域より音速が遅い第 2 領域とが交互に設けられた I D T を有し、

前記 1 または複数の並列共振器および前記 1 または複数の直列共振器の一部の共振器は、他の共振器より前記第 2 領域の個数が多い第 1 フィルタと、

前記共通端子と第 2 端子との間に接続され、前記第 1 フィルタより通過帯域が高い第 2 フィルタと、

を具備するマルチプレクサ。

【請求項 4】

前記一部の共振器は、前記 1 または複数の並列共振器の少なくとも 1 つである請求項 1 から 3 のいずれか一項記載のマルチプレクサ。

【請求項 5】

前記 1 または複数の並列共振器の一部は前記他の共振器である請求項 4 記載のマルチプレクサ。

【請求項 6】

前記一部の共振器は、前記 1 または複数の並列共振器のうち最も共振周波数の低い共振器を含む請求項 4 または 5 記載のマルチプレクサ。

【請求項 7】

前記他の共振器は、前記 1 または複数の並列共振器のうち最も共振周波数の高い共振器を含む請求項 6 記載のマルチプレクサ。

【請求項 8】

前記一部の共振器は、前記 1 または複数の並列共振器であり、前記他の共振器は前記 1 または複数の直列共振器である請求項 1 から 3 のいずれか一項記載のマルチプレクサ。

【請求項 9】

前記一部の共振器の強調モードは前記第 2 フィルタの通過帯域より高周波側に位置する請求項 1 から 8 のいずれか一項記載のマルチプレクサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マルチプレクサに関し、例えば圧電基板上に形成された I D T を有するマルチプレクサに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話のマルチバンドおよびマルチモード化にともない、複数のフィルタを有するマルチプレクサが用いられている。マルチプレクサのフィルタには、弾性表面波 (S A W : Surface acoustic wave) 共振器が用いられている。S A W 共振器を用いたフィルタは、例えば携帯電話に代表される 45 M H z から 2 G H z の周波数帯の無線信号を処理する各種回路におけるバンドパスフィルタとして用いられている。S A W 共振器においては、タンタル酸リチウム (L i T a O<sub>3</sub>) 基板またはニオブ酸リチウム (L i N b O<sub>3</sub>) 基板等の圧電基板上に複数の電極指を有する I D T (Interdigital Transducer) が形成されている。I D T の電極指が交叉する領域が交叉領域である。I D T は、弾性表面波の一種である S H (Shear Horizontal) 波 (リーキー波)、レイリー波または弾性境界波等

10

20

30

40

50

を励起する。ＩＤＴが励振した弾性波の主たる伝搬方向の両側に反射器を設けることで、これらの弾性波をＩＤＴ付近に閉じ込める。ＳＡＷ共振器において、電極指の延伸方向に弾性波の音速の異なる領域を等間隔に周期的に設けることが知られている（例えば特許文献１）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】国際公開第２０１５／００７３１９号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【０００４】

弾性波の音速は異なる領域を等間隔に設けることにより、横モードスプリアスが抑制できる。しかしながら、大きな強調モードが生じる。マルチプレクサにおいて、強調モードが他のフィルタの通過帯域または減衰領域に重なってしまうことが生じる。

【０００５】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、横モードスプリアスを抑制しかつ強調モードの影響を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明は、共通端子と第１端子との間に直列に接続された１または複数の直列共振器と、前記共通端子と前記第１端子との間に並列に接続された１または複数の並列共振器と、を有し、前記１または複数の直列共振器と前記１または複数の並列共振器は、圧電基板上に設けられ、弾性波を励振する複数の電極指が交叉する交叉領域内で前記電極指の延伸方向に第１領域と前記複数の電極指のうち少なくとも一部の電極指の太さが前記第１領域より大きい第２領域とが交互に設けられたＩＤＴを有し、前記１または複数の並列共振器および前記１または複数の直列共振器の一部の共振器は、他の共振器より前記第２領域の個数が多い第１フィルタと、前記共通端子と第２端子との間に接続され、前記第１フィルタより通過帯域が高い第２フィルタと、を具備するマルチプレクサである。

20

【０００７】

本発明は、共通端子と第１端子との間に直列に接続された１または複数の直列共振器と、前記共通端子と前記第１端子との間に並列に接続された１または複数の並列共振器と、を有し、前記１または複数の直列共振器と前記１または複数の並列共振器は、圧電基板上に設けられ、弾性波を励振する複数の電極指が交叉する交叉領域内で前記電極指の延伸方向に第１領域と前記複数の電極指のうち少なくとも一部において前記電極指上に設けられた付加膜の厚さが前記第１領域より大きい第２領域とが交互に設けられたＩＤＴを有し、前記１または複数の並列共振器および前記１または複数の直列共振器の一部の共振器は、他の共振器より前記第２領域の個数が多い第１フィルタと、前記共通端子と第２端子との間に接続され、前記第１フィルタより通過帯域が高い第２フィルタと、を具備するマルチプレクサである。

30

【０００８】

本発明は、共通端子と第１端子との間に直列に接続された１または複数の直列共振器と、前記共通端子と前記第１端子との間に並列に接続された１または複数の並列共振器と、を有し、前記１または複数の直列共振器と前記１または複数の並列共振器は、圧電基板上に設けられ、弾性波を励振する複数の電極指が交叉する交叉領域内で前記電極指の延伸方向に第１領域と前記第１領域より音速が遅い第２領域とが交互に設けられたＩＤＴを有し、前記１または複数の並列共振器および前記１または複数の直列共振器の一部の共振器は、他の共振器より前記第２領域の個数が多い第１フィルタと、前記共通端子と第２端子との間に接続され、前記第１フィルタより通過帯域が高い第２フィルタと、を具備するマルチプレクサである。

40

【０００９】

50

上記構成において、前記一部の共振器は、前記１または複数の並列共振器の少なくとも１つである構成とすることができる。

【００１０】

上記構成において、前記１または複数の並列共振器の一部は前記他の共振器である構成とすることができる。

【００１１】

上記構成において、前記一部の共振器は、前記１または複数の並列共振器のうち最も共振周波数の低い共振器を含む構成とすることができる。

【００１２】

上記構成において、前記他の共振器は、前記１または複数の並列共振器のうち最も共振周波数の高い共振器を含む構成とすることができる。

10

【００１３】

上記構成において、前記一部の共振器は、前記１または複数の並列共振器であり、前記他の共振器は前記１または複数の直列共振器である構成とすることができる。

【００１４】

上記構成において、前記一部の共振器の強調モードは前記第２フィルタの通過帯域より高周波側に位置する構成とすることができる。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、横モードスプリアスを抑制することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】図１（ａ）は、比較例および実施例に係る弾性波共振器の平面図、図１（ｂ）は、図１（ａ）のＡ－Ａ断面図である。

【図２】図２（ａ）は、共振器Ｒに係る弾性波共振器の一部の平面図、図２（ｂ）は、各領域における音速を示す図である。

【図３】図３（ａ）は、共振器Ａに係る弾性波共振器の一部の平面図、図３（ｂ）および図３（ｃ）は交叉領域における音速および弾性波の振幅を示す図である。

【図４】図４は、共振器Ａの周波数に対するアドミッタンスを示す図である。

【図５】図５（ａ）は、共振器Ｂに係る弾性波共振器の一部の平面図、図５（ｂ）および図５（ｃ）は交叉領域における音速および弾性波の振幅を示す図である。

30

【図６】図６は、共振器Ｂの周波数に対するアドミッタンスを示す図である。

【図７】図７（ａ）は、共振器Ｃに係る弾性波共振器の一部の平面図、図７（ｂ）および図７（ｃ）は交叉領域における音速および弾性波の振幅を示す図である。

【図８】図８は、共振器Ｃの周波数に対するアドミッタンスを示す図である。

【図９】図９は、作製した共振器の第２領域近傍の平面図である。

【図１０】図１０は、実施例１に係るデュプレクサの回路図である。

【図１１】図１１は、デュプレクサＤにおける並列共振器、直列共振器、送信フィルタおよび受信フィルタの通過特性を示す図である。

【図１２】図１２は、デュプレクサＥにおける並列共振器、直列共振器、送信フィルタおよび受信フィルタの通過特性を示す図である。

40

【図１３】図１３（ａ）は、実施例２における共振器Ｆに係る弾性波共振器の一部の平面図、図１３（ｂ）は、図１３（ａ）のＡ－Ａ断面図である。

【図１４】図１４（ａ）は、実施例２における共振器Ｇに係る弾性波共振器の一部の平面図、図１４（ｂ）は、図１４（ａ）のＡ－Ａ断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

弾性表面波共振器の構造について説明する。図１（ａ）は、比較例および実施例に係る弾性表面波共振器の平面図、図１（ｂ）は、図１（ａ）のＡ－Ａ断面図である。図１（ａ）および図１（ｂ）に示すように、圧電基板１０上にＩＤＴ２１および反射器２２形成さ

50

れている。IDT 21 および反射器 22 は、圧電基板 10 に形成された金属膜 12 により形成される。IDT 21 は、対向する一対の櫛型電極 20 を備える。櫛型電極 20 は、複数の電極指 14 と、複数の電極指 14 が接続されたバスバー 18 を備える。一対の櫛型電極 20 は、電極指 14 がほぼ互い違いとなるように、対向して設けられている。

#### 【0018】

一対の櫛型電極 20 の電極指 14 が交叉する領域が交叉領域 15 である。交叉領域 15 において電極指 14 が励振する弾性波は、主に電極指 14 の配列方向に伝搬する。電極指 14 の周期がほぼ弾性波の波長 となる。一方の櫛型電極 20 の電極指 14 の先端と他方の櫛型電極 20 のバスバー 18 との間の領域がギャップ領域 17 である。ダミー電極指が設けられている場合、ギャップ領域は電極指の先端とダミー電極指の先端の間の領域である。弾性波の伝搬方向を X 方向、伝搬方向に直交する方向を Y 方向（電極指 14 の延伸方向）とする。X 方向および Y 方向は、圧電基板 10 の結晶方位の X 軸方向および Y 軸方向とは必ずしも対応しない。圧電基板 10 は、例えばタンタル酸リチウム基板またはニオブ酸リチウム基板である。金属膜 12 は、例えばアルミニウム膜または銅膜である。金属膜 12 は、Al、Au、Cu、Cr、Ti、Ru、Mo、W、Ni、Ag、Ta、Zn もしくは Pt、これらの合金、または積層膜でもよい。

#### 【0019】

以下の説明では、異方性係数 が正の場合について説明する。異方性係数 は圧電基板 10 の材料、IDT 21 の材料、膜厚およびピッチにより定まる。例えば、圧電基板 10 として回転 Y カット X 伝搬ニオブ酸リチウム基板を用いると異方性係数 は正となる。圧電基板 10 として回転 Y カット X 伝搬タンタル酸リチウム基板を用いると異方性係数 は負となる。回転 Y カット X 伝搬タンタル酸リチウム基板を用い、IDT 21 を重い材料とし、かつ膜厚を大きくすると異方性係数 が正となることもある。

#### 【0020】

##### [ 共振器 R ]

図 2 ( a ) は、共振器 R に係る弾性波共振器の一部の平面図、図 2 ( b ) は、各領域における音速を示す図である。図 2 ( b ) の音速は Y 方向に伝搬する弾性波の音速である。しかし、X 方向に伝搬する弾性波の音速と Y 方向に伝搬する弾性波の音速はほぼ比例しているため、図 2 ( b ) の音速を X 方向に伝搬する弾性波の音速としてもよい。以下の図も同様である。交叉領域 15 の音速  $v_1$  に比べギャップ領域 17 の音速  $v_0$  を早くする。これにより、弾性波が交叉領域 15 内に閉じ込められる。しかしながら、交叉領域 15 内に Y 方向に伝搬する弾性波の定在波が形成されると横モードスプリアスとなる。定在波の次数に応じ周波数に対し周期的な横モードスプリアスが生じる。

#### 【0021】

タンタル酸リチウム基板上に酸化シリコン膜のような音速の遅い物質を付加することで、弾性表面波の音速を横波より遅くする。これにより、バルク波に変換される損失を理論上ゼロにでき、損失が抑制できる。しかしながら、弾性表面波の音速を下げると横モードスプリアスが発生してしまう。

#### 【0022】

バンド 28 A ( 送信帯域 : 703 MHz から 733 MHz : 受信帯域 : 758 MHz から 788 MHz ) 用の送信フィルタを想定し、共振器 A から共振器 C を作製した。送信フィルタは直列共振器と並列共振器を備えるラダー型フィルタとし、共振器 A から C は送信フィルタの並列共振器を想定した。

#### 【0023】

##### [ 共振器 A ]

図 3 ( a ) は、共振器 A に係る弾性波共振器の一部の平面図、図 3 ( b ) および図 3 ( c ) は交叉領域における音速および弾性波の振幅を示す図である。図 3 ( a ) に示すように、第 1 領域 30 と第 2 領域 32 が Y 方向に交互に設けられている。第 2 領域 32 の個数は 6 個である。Y 方向の最も外側は第 1 領域 30 a である。第 1 領域 30、30 a および第 2 領域 32 の Y 方向の幅はそれぞれ幅  $W_1$ 、 $W_1 a$  および  $W_2$  である。第 1 領域 30 お

10

20

30

40

50

よび 30 a における電極指 14 の太さ  $W_3$  であり、第 2 領域 32 における電極指 14 の太さ  $W_4$  である。太さ  $W_4$  は太さ  $W_3$  より大きい。

#### 【0024】

図 3 (b) に示すように、電極指 14 が太いと弾性波の音速は小さくなる。よって、第 2 領域 32 の音速  $v_2$  は第 1 領域 30 および 30 a の音速  $v_1$  より遅くなる。このように、交叉領域 15 内に音速の大きい第 1 領域 30 と音速の小さい第 2 領域 32 とが交互に設けられる。図 3 (c) に示すように、弾性波は音速の小さい第 2 領域 32 に集中しようとする。このため、実線のように、第 2 領域 32 においては定在波の腹となろうとする。これにより、第 2 領域 32 の個数である 6 個の腹を有する定在波が形成され、その他の次数の定在波は形成されない。

10

#### 【0025】

以下に共振器 A の作製条件を示す。

圧電基板 10 : 42° 回転 Y カット X 伝搬タンタル酸リチウム基板

IDT 21 のピッチ : 4.4  $\mu\text{m}$  (共振周波数が約 700 MHz に相当)

IDT 21 の材料 : 銅

IDT 21 の膜厚 : 0.1

第 1 領域 30 のデュティ比 : 40% ( $W_3 = 1.76$ )

第 2 領域 32 のデュティ比 : 63% ( $W_4 = 2.772$ )

第 1 領域 30 の幅  $W_1$  : 1.4

第 1 領域 30 a の幅  $W_{1a}$  : 0.625

第 2 領域 32 の幅  $W_2$  : 1.48

20

#### 【0026】

図 4 は、共振器 A の周波数に対するアドミッタンスを示す図である。図 4 において上側の曲線はアドミッタンスの絶対値  $|Y|$  を示し、下側の曲線はアドミッタンスのコンダクタンス成分  $\text{Re}(Y)$  を示す。実線は共振器 A のアドミッタンスを示し、破線は第 2 領域を設けない共振器 R におけるアドミッタンスを示す。送信帯域 60 および受信帯域 62 を示す。

#### 【0027】

図 4 に示すように、ピーク 50 は共振周波数に対応する。共振器 A および R の共振周波数はほぼ同じである。共振器 R では、共振周波数と反共振周波数との間付近に複数の横モードスプリアス 54 が観察される。複数の横モードスプリアス 54 はそれぞれ定在波の次数が異なる。共振器 A では、共振周波数の近傍に横モードスプリアスはほとんど観察されない。受信帯域 62 の高周波数側近傍に強調モード 52 が観察される。強調モード 52 は、図 3 (c) の定在波に相当するモードである。

30

#### 【0028】

共振器 A では、図 3 (c) のように、定在波の次数が固定されるため図 4 のように、固定の周波数に単一の強調モードが現れる。強調モード以外の定在波は存在し難くなるため強調モード以外の横モードスプリアスはほとんど現れない。よって、横モードスプリアスが抑制できる。しかしながら、強調モード 52 が受信帯域 62 に近いため、受信帯域 62 に影響する。

40

#### 【0029】

#### [共振器 B]

図 5 (a) は、共振器 B に係る弾性波共振器の一部の平面図、図 5 (b) および図 5 (c) は交叉領域における音速および弾性波の振幅を示す図である。図 5 (a) および図 5 (b) に示すように、第 2 領域 32 が 7 個設けられている。図 5 (c) に示すように、第 2 領域 32 の個数である 7 個の腹を有する定在波が形成され、その他の次数の定在波は形成されない。

#### 【0030】

以下に共振器 B の作製条件を示す。

圧電基板 10 : 42° 回転 Y カット X 伝搬タンタル酸リチウム基板

50

I D T 2 1 のピッチ : 4 . 4  $\mu$  m ( 共振周波数が約 7 0 0 M H z に相当 )

I D T 2 1 の材料 : 銅

I D T 2 1 の膜厚 : 0 . 1

第 1 領域 3 0 のデュティ比 : 3 0 % (  $W 3 = 1 . 3 2$  )

第 2 領域 3 2 のデュティ比 : 5 3 % (  $W 4 = 2 . 3 3 2$  )

第 1 領域 3 0 の幅  $W 1$  : 1 . 7

第 1 領域 3 0 a の幅  $W 1 a$  : 0 . 6 2 5

第 2 領域 3 2 の幅  $W 2$  : 1 . 7

#### 【 0 0 3 1 】

図 6 は、共振器 B の周波数に対するアドミッタンスを示す図である。図 6 に示すように、共振器 B の共振周波数は共振器 A とほぼ同じである。共振器 B の強調モード 5 2 の周波数は共振器 A より高周波側に移動し、受信帯域 6 2 より離れている。共振器 B の共振周波数近傍の横モードスプリアス 5 4 a は共振器 A よりやや大きくなる。

10

#### 【 0 0 3 2 】

[ 共振器 C ]

図 7 ( a ) は、共振器 C に係る弾性波共振器の一部の平面図、図 7 ( b ) および図 7 ( c ) は交叉領域における音速および弾性波の振幅を示す図である。図 7 ( a ) および図 7 ( b ) に示すように、第 2 領域 3 2 が 8 個設けられている。図 7 ( c ) に示すように、第 2 領域 3 2 の個数である 8 個の腹を有する定在波が形成され、その他の次数の定在波は形成されない。

20

#### 【 0 0 3 3 】

以下に共振器 C の作製条件を示す。

圧電基板 1 0 : 4 2 ° 回転 Y カット X 伝搬タンタル酸リチウム基板

I D T 2 1 のピッチ : 4 . 4  $\mu$  m ( 共振周波数が約 7 0 0 M H z に相当 )

I D T 2 1 の材料 : 銅

I D T 2 1 の膜厚 : 0 . 1

第 1 領域 3 0 のデュティ比 : 3 0 % (  $W 3 = 1 . 3 2$  )

第 2 領域 3 2 のデュティ比 : 6 5 (  $W 4 = 2 . 8 6$  )

第 1 領域 3 0 の幅  $W 1$  : 1 . 2 5

第 1 領域 3 0 a の幅  $W 1 a$  : 0 . 6 2 5

第 2 領域 3 2 の幅  $W 2$  : 1 . 2 5

30

#### 【 0 0 3 4 】

図 8 は、共振器 C の周波数に対するアドミッタンスを示す図である。図 6 に示すように、共振周波数は共振器 A および B とほぼ同じである。強調モード 5 2 の周波数は共振器 B よりさらに高周波側に移動し、受信帯域 6 2 よりさらに離れている。横モードスプリアス 5 4 a が共振器 B より大きくなる。

#### 【 0 0 3 5 】

共振器 A から C のように、第 2 領域 3 2 の個数を増やすと強調モード 5 2 の周波数を高くすることができる。しかし、横モードスプリアスが大きくなる。なお、共振器 A から C の間では、作製上の都合により、第 2 領域 3 2 の個数以外にデュティ比、幅  $W 1$  および  $W 2$  が異なっている。強調モード 5 2 および横モードスプリアス 5 4 a は交叉領域 1 5 内の定在波に起因する。このため、デュティ比、幅  $W 1$  および  $W 2$  は強調モード 5 2 および横モードスプリアス 5 4 a にあまり影響しない。

40

#### 【 0 0 3 6 】

図 9 は、作製した共振器の第 2 領域近傍の平面図である。図 9 に示すように、共振器 A から C を作製すると、電極指 1 4 の角は丸くなる。電極指 1 4 の幅は Y 方向に対し連続的に変化する。このように、第 1 領域 3 0、3 0 a と第 2 領域 3 2 との間の電極指 1 4 幅の遷移は、図 3 ( a ) のように不連続でなくともよい。

#### 【 実施例 1 】

#### 【 0 0 3 7 】

50

共振器 A から C の知見に基づき、実施例に係るデュプレクサについて説明する。図 10 は、実施例 1 に係るデュプレクサの回路図である。図 10 に示すように、共通端子 A n t と送信端子 T x との間に送信フィルタ 40 が接続されている。共通端子 A n t と受信端子 R x との間に受信フィルタ 42 が接続されている。共通端子 A n t にはアンテナ 44 が接続されている。送信フィルタ 40 は、送信端子 T x から入力した高周波信号のうち送信帯域の信号を共通端子 A n t に通過させ、他の周波数の信号を抑圧する。受信フィルタ 42 は、共通端子 A n t から入力した高周波信号のうち受信帯域の信号を受信端子 R x に通過させ、他の周波数の信号を抑圧する。

#### 【0038】

送信フィルタ 40 はラダー型フィルタであり、直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 3 を有している。直列共振器 S 1 から S 4 は共通端子 A n t と送信端子 T x との間に直列に接続されている。並列共振器 P 1 から P 3 は共通端子 A n t と送信端子 T x との間に並列に接続されている。受信フィルタ 42 は、1 ポート共振器 R 0、多重モードフィルタ D M S 1 および D M S 2 を有する。共通端子 A n t と受信端子 R x との間に、共通端子側から共振器 R 0、D M S 1 および D M S 2 が接続されている。

#### 【0039】

##### [デュプレクサ D]

送信フィルタ 40 の並列共振器 P 1 から P 3 を第 2 領域 32 の個数が 7 個の共振器 B とし、直列共振器 S 1 から S 4 を第 2 領域 32 の個数を 6 個の共振器 A としたデュプレクサ D について通過特性をシミュレーションした。シミュレーション条件は以下である。

直列共振器 S 1 から S 4

I D T のピッチ : 4 . 4  $\mu$  m

第 1 領域 30 のデュティ比 : 35 %

第 2 領域 32 のデュティ比 : 60 %

第 2 領域 32 の個数 : 6 個

その他の条件は共振器 A と同じである。

並列共振器 P 1 から P 3

I D T のピッチ : 4 . 4  $\mu$  m

第 1 領域 30 のデュティ比 : 35 %

第 2 領域 32 のデュティ比 : 65 %

第 2 領域 32 の個数 : 7 個

その他の条件は共振器 B と同じである。

受信フィルタ 42 : 図 11 の通過特性が得られるようなフィルタを用いた。

#### 【0040】

図 11 は、デュプレクサ D における並列共振器、直列共振器、送信フィルタおよび受信フィルタの通過特性を示す図である。図 11 において、細実線および細破線はそれぞれ並列共振器 P 1 から P 3 および直列共振器 S 1 から S 4 の通過特性を示す。実線は送信フィルタ 40 の送信端子 T x から共通端子 A n t への通過帯域を示す。破線は横モードスプリアスおよび強調モードを考慮しないときの送信フィルタの送信端子 T x から共通端子 A n t への通過帯域を示す。点線は受信フィルタ 42 の共通端子 A n t から受信端子 R x への通過特性を示す。ハッチング範囲 64 は、送信フィルタ 40 とスプリアスを考慮しない場合の差である。

#### 【0041】

図 11 に示すように、並列共振器 P 1 から P 3 の共振周波数は直列共振器 S 1 から S 4 の共振周波数より低い。送信フィルタ 40 および受信フィルタ 42 は、それぞれ送信帯域 60 および受信帯域 62 が通過帯域となる。範囲 64 のように、送信フィルタ 40 はスプリアスを考慮しない場合に比べ、受信帯域 62 の高周波数側で減衰特性が劣化している。範囲 64 は、共振器 B の強調モード 52 に起因するものと考えられる。

#### 【0042】

例えば送信フィルタ 40 の並列共振器 P 1 から P 3 として共振器 A を用いると、強調モ

10

20

30

40

50



ード52に起因した範囲64がより低周波数側となり受信帯域62内の送信フィルタ40の減衰特性が劣化してしまう。このように、並列共振器P1からP3として共振器Bを用いることにより、送信フィルタ40の受信帯域62における減衰特性を改善できる。直列共振器S1からS4の共振周波数は並列共振器P1からP3より高い。このため、直列共振器S1からS4として共振器Aを用いても強調モード52は受信帯域62に影響しない。一方、直列共振器S1からS4として共振器Bを用いると、横モードスプリアス54aが大きくなる。デュプレクサDでは、並列共振器P1からP3として共振器Bを用い直列共振器S1からS4として共振器Aを用いることで、受信帯域の減衰特性の向上かつ横モードスプリアスの抑制が可能となる。

【0043】

10

[デュプレクサE]

送信フィルタ40の並列共振器P1からP3を第2領域32の個数が8個の共振器Cとし、直列共振器S1からS4を共振器AとしたデュプレクサEについて通過特性をシミュレーションした。シミュレーション条件は以下である。

直列共振器S1からS4

IDTのピッチ : 4.4  $\mu$ m

第1領域30のデュティ比 : 35%

第2領域32のデュティ比 : 60%

第2領域32の個数 : 6個

その他の条件は共振器Aと同じである。

20

並列共振器P1からP3

IDTのピッチ : 4.4  $\mu$ m

第1領域30のデュティ比 : 30%

第2領域32のデュティ比 : 65%

第2領域32の個数 : 8個

その他の条件は共振器Cと同じである。

【0044】

図12は、デュプレクサEにおける並列共振器、直列共振器、送信フィルタおよび受信フィルタの通過特性を示す図である。図12に示すように、並列共振器P1からP3および直列共振器S1からS4の共振周波数はデュプレクサDとほぼ同じである。範囲64はデュプレクサDより高周波数側となる。これには、共振器Cの強調モードが共振器Bの強調モード52より高周波数側に形成されるためである。デュプレクサEではデュプレクサDに比べ受信帯域における送信フィルタ40の減衰特性をより向上できる。

30

【0045】

送信フィルタ40(第1フィルタ)が共通端子Antと送信端子Txとの間に接続され、受信フィルタ42(第2フィルタ)が共通端子Antと受信端子Rxとの間に接続されている。このようなデュプレクサにおいて、送信フィルタ40の直列共振器S1からS4および並列共振器P1からP3の強調モード52が受信フィルタ42の受信帯域62付近に位置すると、送信フィルタ40の受信帯域62付近での減衰特性が劣化してしまう。

【0046】

40

そこで、実施例1によれば、送信フィルタ40において、直列共振器S1からS4と並列共振器P1からP3は、交叉領域15内でY方向に第1領域30と第2領域32とが交互に設けられたIDTを有する。並列共振器P1からP3および直列共振器S1からS4の一部の共振器は、他の共振器より第2領域32の個数より多い。これにより、受信帯域62付近に強調モード52生じる一部の共振器の第2領域32の個数を増やし、強調モード52を高周波数側にシフトさせる。これにより受信帯域62内での強調モード52に起因する減衰特性の劣化を抑制できる。受信帯域62付近に強調モード52生じない他の共振器の第2領域32の個数は増やさない。これにより、第2領域32の個数が増えた場合に生じる横モードスプリアス54aを抑制できる。

【0047】

50

ラダー型共振器では、並列共振器 P 1 から P 3 の共振周波数は直列共振器 S 1 から S 4 より低い。よって、並列共振器 P 1 から P 3 の強調モード 5 2 が受信帯域 6 2 付近の減衰特性に影響しやすい。そこで、並列共振器 P 1 から P 3 の少なくとも 1 つの第 2 領域 3 2 の個数を他より多くする。これにより、受信帯域 6 2 付近での減衰特性の劣化に影響する共振器の強調モード 5 2 を高周波数側にシフトさせることができる。よって、強調モード 5 2 に起因する減衰特性の劣化をより抑制できる。

【 0 0 4 8 】

第 2 領域 3 2 の個数を多くするとスプリアス 5 4 a が発生しやすくなる。そこで、並列共振器 P 1 から P 3 の一部の共振器においての第 2 領域 3 2 の個数を、並列共振器 P 1 から P 3 の他の一部の共振器より多くする。これにより、並列共振器のうち強調モードが受信帯域に影響する共振器のみ第 2 領域 3 2 の個数を増やすことができる。他の共振器の第 2 領域 3 2 の個数を減らすことで、スプリアス 5 4 a の影響を小さくできる。

10

【 0 0 4 9 】

また、並列共振器 P 1 から P 3 の共振周波数が異なる場合、最も共振周波数の低い共振器の強調モード 5 2 が受信帯域 6 2 付近の減衰特性に影響しやすい。そこで、第 2 領域 3 2 の個数を増やした共振器は、並列共振器 P 1 から P 3 のうち最も共振周波数の低い共振器を含むことが好ましい。また、最も共振周波数の高い共振器の強調モード 5 2 は受信帯域 6 2 付近の減衰特性に影響しにくい。そこで、第 2 領域 3 2 の個数を減らした共振器は、並列共振器 P 1 から P 3 のうち最も共振周波数の高い共振器を含むことが好ましい。

【 0 0 5 0 】

20

さらに、第 2 領域 3 2 の個数の多い共振器の強調モードは受信フィルタ 4 2 の通過帯域より高周波側に位置する。これにより受信帯域 6 2 内での強調モード 5 2 に起因する減衰特性の劣化を抑制できる。

【 0 0 5 1 】

並列共振器 P 1 から P 3 の中で第 2 領域 3 2 の個数が異なってもよい。直列共振器 S 1 から S 4 の中で第 2 領域 3 2 の個数が異なってもよい。並列共振器 P 1 から P 3 は第 2 領域 3 2 の個数が同じであり、直列共振器 S 1 から S 4 は第 2 領域 3 2 の個数が同じでもよい。

【 0 0 5 2 】

複数の電極指 1 4 のうち一部の電極指 1 4 において、第 2 領域 3 2 の電極指 1 4 が第 1 領域 3 0 および 3 0 a の電極指 1 4 より太ければよい。複数の電極指 1 4 のうち 5 0 % 以上の電極指 1 4 において、第 2 領域 3 2 の電極指 1 4 が第 1 領域 3 0 および 3 0 a の電極指 1 4 より太いことが好ましい。複数の電極指 1 4 すべてにおいて、第 2 領域 3 2 の電極指 1 4 が第 1 領域 3 0 および 3 0 a の電極指 1 4 より太いことがより好ましい。

30

【実施例 2】

【 0 0 5 3 】

図 1 3 ( a ) は、実施例 2 における共振器 F に係る弾性波共振器の一部の平面図、図 1 3 ( b ) は、図 1 3 ( a ) の A - A 断面図である。図 1 3 ( a ) および図 1 3 ( b ) に示すように、第 2 領域 3 2 の個数は 6 個である。第 2 領域 3 2 において電極指 1 4 上に付加膜 1 6 が設けられる。第 1 領域 3 0 および 3 0 a において電極指 1 4 上には付加膜 1 6 は形成されていない。電極指 1 4 上に付加膜 1 6 が形成されると、弾性波の音速は小さくなる。よって、第 1 領域 3 0 および 3 0 a 並びに第 2 領域 3 2 の音速および弾性波の振幅は図 3 ( b ) および図 3 ( c ) と同じとなる。付加膜 1 6 の材料としては、銅、クロム、タングステン、アルミニウムまたはルテニウム等の金属材料、または窒化シリコン、酸化シリコン、酸化アルミニウムまたは酸化タンタル等の絶縁材料を用いることができる。付加膜 1 6 と電極指 1 4 との材料は同じでもよい。その他の構成は実施例 1 における共振器 A と同じであり説明を省略する。

40

【 0 0 5 4 】

図 1 4 ( a ) は、実施例 2 における共振器 G に係る弾性波共振器の一部の平面図、図 1 4 ( b ) は、図 1 4 ( a ) の A - A 断面図である。図 1 4 ( a ) および図 1 4 ( b ) に示

50

しように、第2領域32の個数は8個である。第1領域30および30a並びに第2領域32の音速および弾性波の振幅は図5(b)および図5(c)と同じとなる。その他の構成は共振器Fと同じであり説明を省略する。

#### 【0055】

実施例1と同様に、デュプレクサEの並列共振器P1からP3を共振器Gとし、直列共振器S1からS4を共振器Fとする。これにより、実施例1のデュプレクサEと同様の特性を得ることができる。

#### 【0056】

実施例2のように、直列共振器S1からS4と並列共振器P1からP3は、交叉領域15内でY方向に第1領域30と電極指14上に設けられた付加膜16の膜厚が第1領域30より大きい第2領域32とが交互に設けられたIDTを有する。並列共振器P1からP3および直列共振器S1からS4の一部の共振器は、他の共振器より第2領域32の個数が多い。これにより、実施例1と同様に、横モードスプリアスを抑制しかつ強調モードの影響を抑制することができる。

#### 【0057】

実施例2において、複数の電極指14のうち一部の電極指14において、第2領域32の電極指14上の付加膜16の膜厚が第1領域30および30aの電極指14上の付加膜16の膜厚より大きければよい。複数の電極指14のうち50%以上の電極指14において、第2領域32の電極指14上の付加膜16の膜厚が第1領域30および30aの電極指14上の付加膜16の膜厚より大きいことが好ましい。複数の電極指14の全てにおいて、第2領域32の電極指14上の付加膜16の膜厚が第1領域30および30aの電極指14上の付加膜16の膜厚より大きいことがより好ましい。

#### 【0058】

実施例1および2以外の方法で、第2領域32の音速を第1領域30および30aより遅くしてもよい。

#### 【0059】

実施例1および2において、直列共振器S1からS4の個数は1または複数であり、任意に設定できる。並列共振器P1からP3の個数は1または複数であり、任意に設定できる。第1フィルタおよび第2フィルタとしてそれぞれ送信フィルタおよび受信フィルタを例に説明したが、第1フィルタおよび第2フィルタはそれぞれ受信フィルタおよび送信フィルタでもよい。バンド28A用のフィルタを例に説明したが、バンド28B(送信帯域: 718MHzから748MHz、受信帯域: 773MHzから803MHz)等の他のバンド用フィルタでもよい。マルチプレクサとしてデュプレクサを例に説明したがトリプレクサまたはクワッドプレクサでもよい。

#### 【0060】

第1領域30の幅W1は同じであり、第2領域32の幅W2は同じである例を説明したが、第1領域30の幅は互いに異なってもよい。第2領域32の幅W2は互いに異なってもよい。電極指14の最も外側に第1領域30aを設ける例を説明したが、第1領域30aは設けなくてもよい。すわなち、最も外側が第2領域32でもよい。

#### 【0061】

圧電基板10としてタンタル酸リチウム基板を例に説明したが、ニオブ酸リチウム基板等の他の圧電基板でもよい。

#### 【0062】

以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

#### 【符号の説明】

#### 【0063】

- 10 圧電基板
- 12 金属膜

10

20

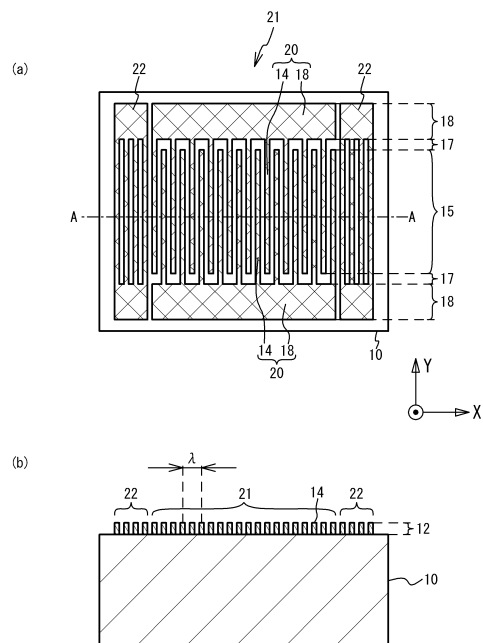
30

40

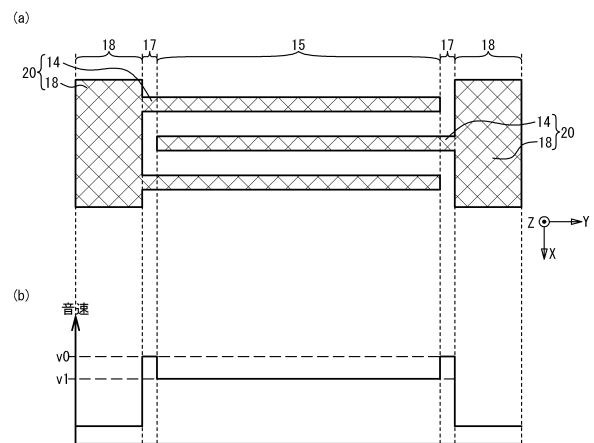
50

- 1 4 電極指
- 1 5 交叉領域
- 1 6 付加膜
- 1 8 バスバー
- 2 0 櫛型電極
- 2 1 I D T
- 2 2 反射器
- 3 0、3 0 a 第 1 領域
- 3 2 第 2 領域
- 4 0 送信フィルタ
- 4 2 受信フィルタ

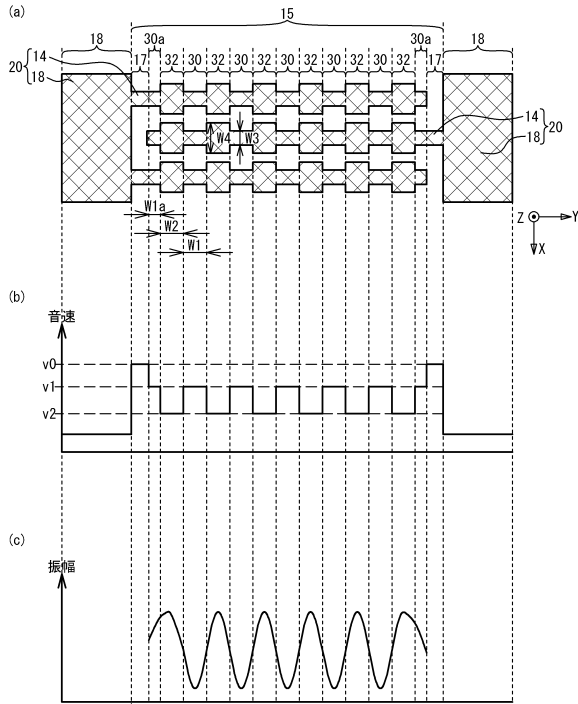
【図 1】



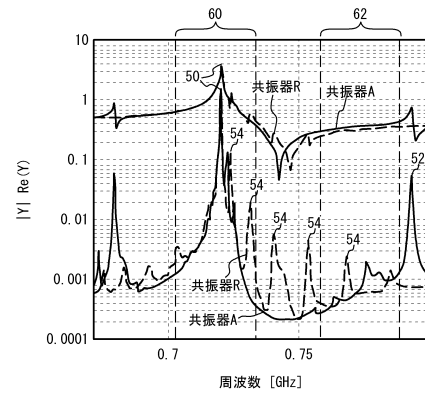
【図 2】



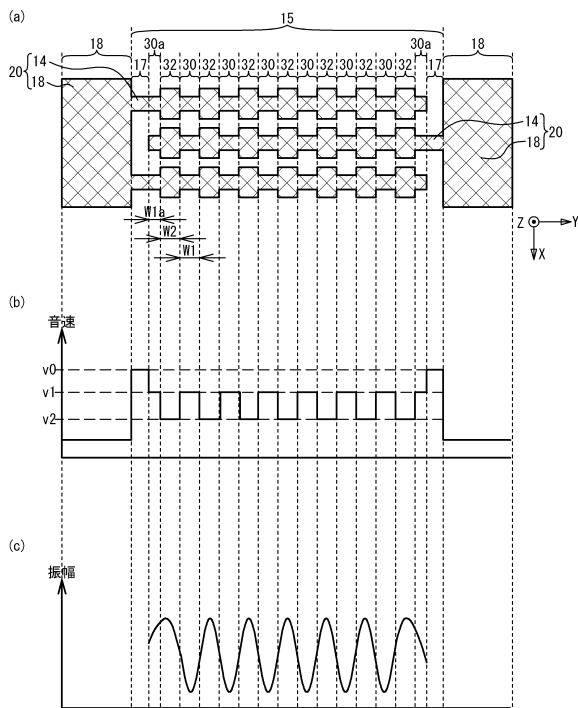
【図 3】



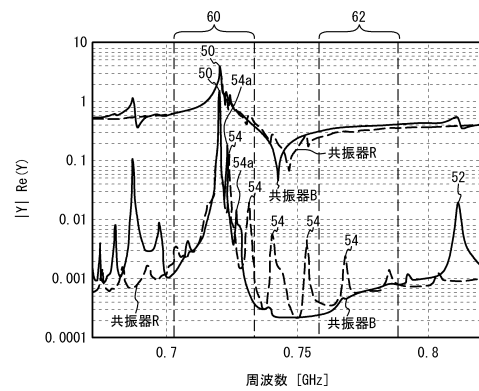
【図 4】



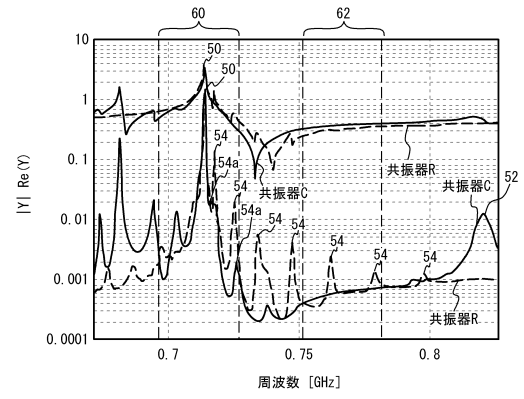
【図 5】



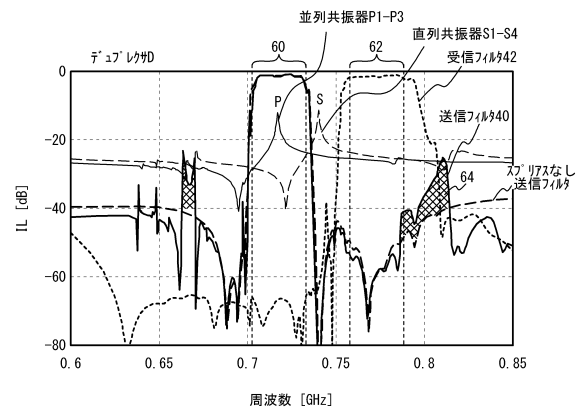
【図 6】



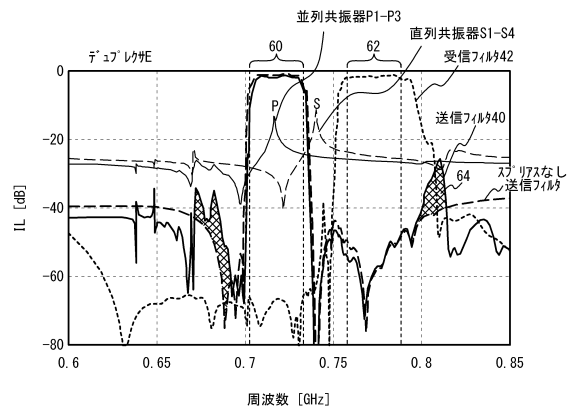
【圖 8】



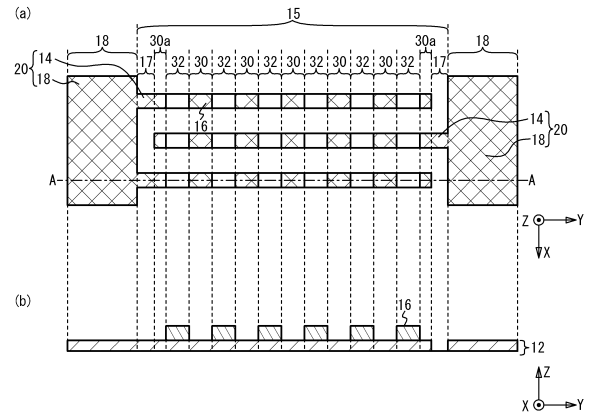
【 図 1 1 】



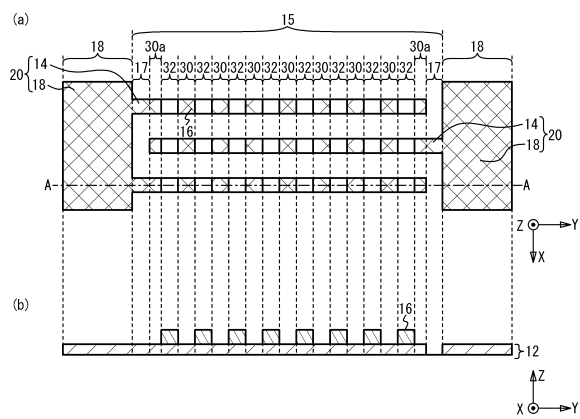
【図 12】



【図 13】



【図 14】



---

フロントページの続き

審査官 橋本 和志

(56)参考文献 特開2016-136712(JP,A)  
特開2005-295202(JP,A)  
特表2016-525311(JP,A)  
特表2013-518455(JP,A)  
国際公開第2016/084526(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H03H9/00-9/76