

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6632481号  
(P6632481)

(45) 発行日 令和2年1月22日(2020.1.22)

(24) 登録日 令和1年12月20日(2019.12.20)

(51) Int.Cl.

F 1

H03H 9/145 (2006.01)  
H03H 9/64 (2006.01)H03H 9/145  
H03H 9/64Z  
Z

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-123972 (P2016-123972)  
 (22) 出願日 平成28年6月22日 (2016.6.22)  
 (65) 公開番号 特開2017-228945 (P2017-228945A)  
 (43) 公開日 平成29年12月28日 (2017.12.28)  
 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 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  
 (72) 発明者 堤 潤  
 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】弹性波共振器、フィルタおよびマルチプレクサ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

圧電基板と、

前記圧電基板上に形成され、互いに同電位の複数の第1電極指と前記複数の第1電極指の電位と異なり互いに同電位の複数の第2電極指とを含み、少なくとも一対の隣接する第1電極指の間に2本のみの第2電極指が設けられ、少なくとも一対の隣接する第2電極指の間に2本のみの第1電極指が設けられ、前記複数の第1電極指および前記複数の第2電極指が励振する弹性波の波長を とし、前記2本のみの第1電極指の中心同士の間隔をPg1としたとき、 $\frac{1}{8} < Pg1 < \frac{1}{4}$  または  $\frac{1}{4} < Pg1 < 3 \times \frac{1}{8}$  であり、前記2本のみの第2電極指の中心同士の間隔をPg2としたとき、 $\frac{1}{8} < Pg2 < \frac{1}{4}$  または  $\frac{1}{4} < Pg2 < 3 \times \frac{1}{8}$  であるグレーティング電極と、

を具備し、

前記2本のみの第2電極指の配列方向における前記2本のみの第2電極指の各々の幅は互いに同じであり、

前記複数の第1電極指と前記複数の第2電極指とが交叉する交叉領域における異方性係数は正である弹性波共振器。

## 【請求項 2】

$3 \times \frac{1}{16} < Pg1 < \frac{1}{4}$  であり、かつ  $3 \times \frac{1}{16} < Pg2 < \frac{1}{4}$  である請求項1記載の弹性波共振器。

## 【請求項 3】

/ 4 < Pg 1 < 5 × / 1 6 であり、かつ / 4 < Pg 2 < 5 × / 1 6 である請求項 1 記載の弾性波共振器。

【請求項 4】

前記 2 本のみの第 1 電極指の配列方向における前記 2 本のみの第 1 電極指の各々の幅は互いに同じである請求項 1 から 3 のいずれか一項記載の弾性波共振器。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の弾性波共振器を含むフィルタ。

【請求項 6】

請求項 5 記載のフィルタを含むマルチブレクサ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、弾性波共振器、フィルタおよびマルチブレクサに関し、例えば圧電基板上に形成されたグレーティング電極を有する弾性波共振器、フィルタおよびマルチブレクサに関する。

【背景技術】

【0002】

携帯電話を代表とする高周波通信用システムにおいて、通信に使用する周波数帯以外の不要な信号を除去するために、高周波フィルタ等が用いられている。高周波フィルタ等には、弾性表面波 ( S A W : Surface acoustic wave ) 共振器等の弾性波共振器が用いられている。 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金属グレーティング電極が形成されている。

20

【0003】

グレーティング電極は、弾性表面波の一一種である S H ( Shear Horizontal ) 波、レーリー波または弾性境界波等を励起する。グレーティング電極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、これらの弾性波をグレーティング電極付近に閉じ込める。弾性波共振器を用いラダー型フィルタや多重モードフィルタが実現できる。グレーティング電極において、弾性波の伝搬方向に垂直な方向の幅を重み付けした弾性波共振器が知られている（例えば特許文献 1 および 2 ）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 9 - 270667 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 78883 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

グレーティング電極を有する弾性波共振器においては、不要応答である横モードスプリアスが生じる。横モードスプリアスは、弾性波の伝搬方向に垂直な方向の成分を有する弾性波が、ある波長で強めあうことで生じる。特許文献 1 および 2 においては、弾性波の伝搬方向に対して交叉幅が変化しているため、横モードスプリアスが生じる周波数が伝搬方向に対し変化する。このため、横モードの弾性波が強めあう周波数が平均化され、横モードスプリアスが抑制される。しかしながら、横モードの弾性波の発生が抑制されているのではない。このため、グレーティング電極外に横モードの弾性波が漏れる。よって、損失が生じる。

40

【0006】

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、かつ低損失な弾性波共振器、フィルタおよびマルチブレクサを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

## 【0007】

本発明は、圧電基板と、前記圧電基板上に形成され、互いに同電位の複数の第1電極指と前記複数の第1電極指の電位と異なり互いに同電位の複数の第2電極指とを含み、少なくとも一対の隣接する第1電極指の間に2本のみの第2電極指が設けられ、少なくとも一对の隣接する第2電極指の間に2本のみの第1電極指が設けられ、前記複数の第1電極指および前記複数の第2電極指が励振する弾性波の波長を とし、前記2本のみの第1電極指の中心同士の間隔を  $Pg_1$ としたとき、 $\frac{1}{8} < Pg_1 < \frac{1}{4}$  または  $\frac{1}{4} < Pg_1 < 3 \times \frac{1}{8}$  であり、前記2本のみの第2電極指の中心同士の間隔を  $Pg_2$ としたとき、 $\frac{1}{8} < Pg_2 < \frac{1}{4}$  または  $\frac{1}{4} < Pg_2 < 3 \times \frac{1}{8}$  であるグレーティング電極とを具備し、前記2本のみの第2電極指の配列方向における前記2本のみの第2電極指の各々の幅は互いに同じであり、前記複数の第1電極指と前記複数の第2電極指とが交叉する交叉領域における異方性係数は正である弾性波共振器である。

## 【0008】

上記構成において、 $3 \times \frac{1}{16} < Pg_1 < \frac{1}{4}$  であり、かつ  $3 \times \frac{1}{16} < Pg_2 < \frac{1}{4}$  である構成とすることができます。

## 【0009】

上記構成において  $\frac{1}{4} < Pg_1 < 5 \times \frac{1}{16}$  であり、かつ  $\frac{1}{4} < Pg_2 < 5 \times \frac{1}{16}$  である構成とすることができます。

## 【0012】

上記構成において、前記2本のみの第1電極指の配列方向における前記2本のみの第1電極指の各々の幅は互いに同じである構成とすることができます。

## 【0014】

本発明は、上記弾性波共振器を含むフィルタである。

## 【0015】

本発明は、上記フィルタを含むマルチプレクサである。

## 【発明の効果】

## 【0016】

本発明によれば、横モードスプリアスを抑制し、かつ低損失な弾性波共振器、フィルタおよびマルチプレクサを提供することができます。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0017】

【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、X方向およびY方向における波数の平面図、図2(b)は、 $x_0$ に対する $y_0$ を示す図である。

【図3】図3(a)および図3(b)は、比較例1および2に係る弾性波共振器のIDTの一部を示す平面図である。

【図4】図4(a)は、比較例1の断面図、図4(b)は1ポート共振器の反射特性S11を示すスミスチャートである。

【図5】図5(a)は、比較例2の断面図、図5(b)は1ポート共振器の反射特性S11を示すスミスチャートである。

【図6】図6(a)および図6(b)は、実施例1に係る弾性波共振器のIDTの一部を示す平面図である。

【図7】図7(a)は、実施例1の断面図、図7(b)は1ポート共振器の反射特性S11を示すスミスチャートである。

【図8】図8(a)から図8(c)は、実施例1の変形例に係る弾性波共振器のIDTの一部を示す平面図である。

【図9】図9(a)は、実施例2に係る弾性波共振器のIDTの一部を示す平面図、図9(b)はA-A断面図である。

【図10】図10(a)は、実施例2の断面図、図10(b)は1ポート共振器の反射特

10

20

30

40

50

性 S 1 1 を示すスミスチャートである。

【図 1 1】図 1 1 ( a ) から図 1 1 ( c ) は、実施例 2 の変形例に係る弾性波共振器の I D T の一部を示す断面図である。

【図 1 2】図 1 2 ( a ) は、実施例 3 に係るフィルタの回路図、図 1 2 ( b ) は、実施例 3 の変形例に係るデュブレクサの回路図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0 0 1 8】

本発明の比較例および実施例に係る弾性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 1 0 上に I D T 2 1 および反射器 2 2 形成されている。I D T 2 1 および反射器 2 2 は、圧電基板 1 0 に形成された金属膜 1 2 により形成される。I D T 2 1 は、対向する一対の櫛型電極 2 0 を備える。櫛型電極 2 0 は、複数の電極指 1 4 と、複数の電極指 1 4 が接続されたバスバー 1 8 を備える。複数の電極指 1 4 は、グレーティング電極 1 6 を形成する。一対の櫛型電極 2 0 は、電極指 1 4 がほぼ互い違いとなるように、対向して設けられている。  
10

##### 【0 0 1 9】

一対の櫛型電極 2 0 のグレーティング電極 1 6 が交叉する領域が交叉領域 1 5 である。交叉領域 1 5 においてグレーティング電極 1 6 が励振する弾性波は、主に電極指 1 4 の配列方向に伝搬する。グレーティング電極 1 6 の周期がほぼ弾性波の波長 となる。一方の櫛型電極 2 0 の金属グレーティング電極 1 6 の先端と他方の櫛型電極 2 0 のバスバー 1 8 との間の領域がギャップ領域 1 7 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 方向とする。X 方向および Y 方向は、圧電基板 1 0 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 1 0 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 1 2 は、例えばアルミニウム膜または銅膜である。  
20

##### 【0 0 2 0】

次に、異方性係数について説明する。図 2 ( a ) は、X 方向および Y 方向における波数の平面図、図 2 ( b ) は、 $\omega_x / \omega_0$  に対する  $\omega_y / \omega_0$  を示す図である。図 2 ( a ) に示すように、弾性波の X 方向の波数を  $\omega_x$  、弾性波の Y 方向の波数を  $\omega_y$  とする。X 方向から Y 方向に角度  $\theta$  の方向の弾性波の波数  $\omega_0$  は角度  $\theta$  に対して放物線近似できるとすると、波数  $\omega_0$  は異方性係数  $\mu$  用い、 $\omega_x^2 + \omega_y^2 = \omega_0^2$  で表される。  
30

##### 【0 0 2 1】

図 2 ( b ) において、 $\omega_x / \omega_0$  は弾性波の X 方向の位相速度の逆速度 ( s l o w n e s s ) に相当し、 $\omega_y / \omega_0$  は弾性波の Y 方向の位相速度の逆速度に対応する。異方性係数  $\mu$  が正のときの逆速度面 6 0 は、原点からみて凸型となる。このため、 $\mu > 0$  のときを凸型ともいう。異方性係数  $\mu$  が負のとき逆速度面 6 2 は原点からみて凹型となる。このため、 $\mu < 0$  のときを凹型ともいう。

##### 【0 0 2 2】

異方性係数  $\mu$  は圧電基板 1 0 の材料、グレーティング電極 1 6 の材料、膜厚およびピッチにより定まる。例えば、圧電基板 1 0 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  $\mu$  は正となる。圧電基板 1 0 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  $\mu$  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、グレーティング電極 1 6 を重い材料とし、かつ膜厚を大きくすると異方性係数  $\mu$  が正となることもある。  
40

##### 【0 0 2 3】

##### [ 比較例 1 ]

異方性係数  $\mu$  が正のときを考える。このとき、交叉領域 1 5 における異方性係数  $\mu$  が小さくなり 0 に近づくと、弾性波の Y 方向成分が生じにくくなる。  $\mu$  が 0 となると弾性波の Y 方向成分は 0 となる。よって、横モードスプリアスは消失する。このように、 $\mu$  を小さ  
50

くすると横モードスプリアスを抑制できる。発明者らは、異方性係数  $\alpha$  と X 方向に伝搬する弾性波のグレーティング電極における反射率に着目し、横モードスプリアスを抑制することを考えた。

#### 【0024】

図 3 (a) および図 3 (b) は、比較例 1 および 2 に係る弾性波共振器の I D T の一部を示す平面図である。図 3 (a) に示すように、比較例 1 では、同じ櫛型電極 20 b の隣接する電極指 14 b の間に、櫛型電極 20 a の電極指 14 a が 1 本設けられている。隣接する電極指 14 a の間に電極指 14 b が 1 本設けられている。これをシングル電極という。同じ櫛型電極 20 b の隣接する電極指 14 b の中心のピッチ  $P$  はグレーティング電極が励振する弾性波の波長  $\lambda$  にほぼ一致する。隣接する電極指 14 a および 14 b の中心のピッチ  $P_g$  は  $\lambda/2$  である。電極指 14 a および 14 b における音響インピーダンス  $Z_1$  は、電極指 14 a および 14 b の間ににおける音響インピーダンス  $Z_f$  より大きい。これによりグレーティング電極 16 を X 方向に伝搬する弾性波は、電極指 14 a および 14 b で反射する。ピッチ  $P_g$  が  $\lambda/2$  のため、電極指 14 a および 14 b で反射した弾性波 50 a および 50 b はほぼ同位相となる。よって、グレーティング電極 16 による弾性波 50 の反射率が大きくなる。10

#### 【0025】

##### [比較例 2]

比較例 2 はグレーティング電極による弾性波の反射を小さくする例である。図 3 (b) に示すように、比較例 2 では、隣接する電極指 14 b の間に、電極指 14 a が 2 本設けられている。隣接する電極指 14 a の間に電極指 14 b が 2 本設けられている。これをダブル電極という。このように、電極指 14 a と 14 b が 2 本おきに配列されている。最も隣接する電極指 14 a (または 14 b) のピッチ  $P_g$  は  $\lambda/4$  である。このとき弾性波の反射はプラグ条件を満たす。プラグ条件では、X 方向に伝搬する弾性波 50 が隣接する電極指 14 b で反射した弾性波 50 c および 50 d はほぼ逆位相となる。これにより、グレーティング電極 16 による弾性波の反射率は小さくなる (理想的には 0 となる)。20

#### 【0026】

比較例 1 および 2 に係る 1 ポート共振器を作製し、反射特性 S 1 1 を測定した。

作製した 1 ポート共振器の構造は以下である。

圧電基板 10 : 回転 42° Y カット X 伝搬タンタル酸リチウム基板30

金属膜 12 : 膜厚  $T_g$  が 0.11 のモリブデン (Mo) 膜

ピッチ  $P = \lambda/4$  : 4.4 μm

交叉幅 : 20

対数 : 100 対

反射器電極指数 : 10 本

ピッチ  $P$  は同じ櫛型電極の電極指のピッチを示す。交叉幅は、交叉領域 15 の Y 方向の幅 (電極指 14 が交叉する幅) を示す。対数は、グレーティング電極 16 における電極指 14 の対数である。反射器電極指数は、反射器 22 の電極指の数を示す。

#### 【0027】

図 4 (a) は、比較例 1 の断面図、図 4 (b) は 1 ポート共振器の反射特性 S 1 1 を示すスミスチャートである。図 4 (a) に示すように、圧電基板 10 は、回転 42° Y カット X 伝搬タンタル酸リチウム基板である。圧電基板 10 上に電極指 14 a および 14 b が交互に配列されている。電極指 14 a および 14 b の膜厚  $T_g$  は 0.11 である。隣接する電極指 14 a および 14 b のピッチ  $P_g$  は  $\lambda/2$  である。電極指 14 a および 14 b の幅  $W_g$  は  $\lambda/4$  である。40

#### 【0028】

図 4 (b) に示すように、共振周波数  $f_r$  から反共振周波数  $f_a$  にかけて 1 次から 7 次の大きなスプリアスが生じている。S 1 1 はスミスチャートの周縁付近に位置する (すなわち Q サークルが大きい)。よって、損失が小さく、Q 値は大きい。このように、比較例 1 では、損失は小さいが横モードスプリアスが大きくなる。50

## 【0029】

図5(a)は、比較例2の断面図、図5(b)は1ポート共振器の反射特性S11を示すスミスチャートである。図5(a)に示すように、圧電基板10上に電極指14aおよび14bが2本ずつ交互に配列されている。2つの電極指14aの中心と2つの電極指14bの中心とのピッチPg'は $\lambda/2$ である。2つの電極指14a(または14b)間のピッチPgは $\lambda/4$ である。電極指14aおよび14bの幅Wgは $\lambda/8$ である。

## 【0030】

図5(b)に示すように、共振周波数frから反共振周波数faにかけて1次から9次およびさらに高次のスプリアスのサークルが生じているが、比較例1よりは小さい。矢印52のようにS11がスミスチャートの周縁より小さくなる(すなわちQ値が小さくなる)。よって損失が大きくQ値が小さくなる。このように、比較例2では、比較例1に比べ横モードスプリアスが小さくなるが損失が大きくなる。10

## 【0031】

比較例2において損失が大きくなるのは、グレーティング電極16により弾性波の反射がほぼ無反射となるため、IDT21内に弾性波のエネルギーを閉じ込めることができなくなったことが原因ではないかと考えられる。

## 【実施例1】

## 【0032】

図6(a)および図6(b)は、実施例1に係る弾性波共振器のIDTの一部を示す平面図である。図6(a)に示すように、実施例1はダブル電極である。2本隣接して設けられた電極指14a(または14b)のピッチPgを $\lambda/4$ より小さくする。図6(b)に示すように、2本隣接して設けられた電極指14a(または14b)のピッチPgを $\lambda/4$ より大きくする。その他の構成は比較例2と同じであり説明を省略する。20

## 【0033】

実施例1では、ピッチPgを $\lambda/4$ と異ならせる。このとき弾性波の反射はプラッグ条件から外れる。X方向に伝搬する弾性波50が隣接する電極指14bで反射した弾性波50cおよび50dの位相は異なるが逆位相ではなく同位相でもない。これにより、実施例1のグレーティング電極16による弾性波の反射率は比較例1より小さくなる。このため、異方性係数は比較例1より小さくなり、横モードスプリアスが抑制される。また、実施例1の弾性波の反射率は比較例2より大きくなる。これにより、弾性波のエネルギーがIDT21内に閉じ込められ損失の増加が抑制される。30

## 【0034】

図6(a)の構造の弾性波共振器を作製し反射特性S11を測定した。図7(a)は、実施例1の断面図、図7(b)は1ポート共振器の反射特性S11を示すスミスチャートである。図7(a)に示すように、2つの電極指14aの中心と2つの電極指14bの中心とのピッチPg'は $\lambda/2$ である。2つの電極指14a(または14b)間のピッチPgは $\lambda/4.6$ である。電極指14aおよび14bの幅Wgは $\lambda/8$ である。その他のシミュレーション条件は比較例1および2と同じである。

## 【0035】

図7(b)に示すように、比較例2と比べS11がスミスチャートの周縁付近となっている。このように、実施例1は比較例2より損失が小さい。よってQ値が高くなる。また、共振周波数frから反共振周波数faにかけて1次から11次のスプリアスのサークルが生じている。スプリアスの大きさは比較例1および2より小さい。このように、損失およびスプリアスを抑制できる。40

## 【0036】

図8(a)から図8(c)は、実施例1の変形例に係る弾性波共振器のIDTの一部を示す平面図である。図8(a)に示すように、隣接する電極指14a(または14b)のピッチがピッチPg1とPg2とは異なるピッチPg2の箇所がある。このように、ピッチPgはX方向に変調されていてもよい。図8(b)に示すように、電極指14aおよび14bのいずれか一方は、シングル電極でもよい。図8(c)に示すように、ギャップ領50

域 17 は弾性波の励振に寄与しない。このため、ギャップ領域 17 はダブル電極構造となつていなくともよい。

#### 【0037】

実施例 1 およびその変形例によれば、グレーティング電極 16 は、互いに同電位の複数の電極指 14a (第 1 電極指) と互いに同電位の複数の電極指 14b (第 2 電極指) を含む。電極指 14a と 14b とは異なる櫛型電極 20a および 20b に含まれている。よって、電極指 14a と 14b とは異なる電位である。少なくとも一対の隣接する電極指 14a の間に 2 本の電極指 14b が設けられている。2 本の電極指 14b の中心同士の間隔を Pg としたとき、Pg は /4 とは異なる。ダブル電極とすることで、比較例 1 に比べグレーティング電極 16 による弾性波の反射率を抑制することができる。このため、異方性係数  $\alpha$  が小さくなり、横モードスプリアスが抑制できる。さらに、ピッチ Pg を /4 と異ならせることで、比較例 2 のような無反射状態ではなくなる。これにより、損失を抑制し、Q 値を向上できる。  
10

#### 【0038】

図 6 (a)において Pg が /8 より小さくなると電極指 14b 同士が接続してしまう。よって、/8 < Pg < /4 が好ましい。3 /16 < Pg がより好ましい。Pg < /4.2 が好ましく、Pg < /4.4 がより好ましい。

#### 【0039】

図 6 (b)において Pg が 3 /8 より大きくなると電極指 14b と 14a が接続してしまう。よって、/4 < Pg < 3 /8 が好ましい。Pg < 5 /16 がより好ましい。/3.8 < Pg が好ましく、/3.6 < Pg がより好ましい。  
20

#### 【0040】

複数の電極指 14a および 14b の両方がダブル電極であることが好ましいが、いずれか一方はシングル電極でもよい。また、複数の電極指 14a (または 14b) の全ての電極指がダブル電極であることが好ましいが少なくとも 1 つの電極指がダブル電極であればよい。

#### 【実施例 2】

#### 【0041】

実施例 2 は、グレーティング電極 16 による弾性波の反射率を小さくするため、交叉領域 15 内の電極指 14a および 14b 間に金属追加膜を設けた例である。図 9 (a) は、実施例 2 に係る弾性波共振器の IDT の一部を示す平面図、図 9 (b) は A - A 断面図である。図 9 (a) および図 9 (b) に示すように、電極指 14a および 14b の間の圧電基板 10 上に金属追加膜 30 が設けられている。金属追加膜 30 の密度は保護膜等の絶縁膜の密度より大きい。よって、金属追加膜 30 を設けた電極指 14a および 14b 間の音響インピーダンス Z2 は、比較例 1 のように金属追加膜 30 を設けない音響インピーダンス Zf より大きくなる。よって、電極指 14a および 14b の音響インピーダンス Z1 と Z2 の差は比較例 1 の音響インピーダンス Z1 と Zf の差より小さくなる。これにより、グレーティング電極 16 による弾性波の反射率が比較例 1 より小さくなる。  
30

#### 【0042】

実施例 2 の弾性波共振器を作製し反射特性 S11 を測定した。図 10 (a) は、実施例 2 の断面図、図 10 (b) は 1 ポート共振器の反射特性 S11 を示すスミスチャートである。図 10 (a) に示すように、電極指 14a および 14b 間の圧電基板 10 上に絶縁膜 32 が設けられている。絶縁膜 32 上に金属追加膜 30 が設けられている。絶縁膜 32 は膜厚 T2 が 0.02  $\mu$ m の酸化シリコン (SiO<sub>2</sub>) 膜である。金属追加膜 30 は膜厚 T1 が 0.04  $\mu$ m の Al 膜である。電極指 14a および 14b と金属追加膜 30 との間の空間 34 は空隙であり距離 Ws は 0.03  $\mu$ m である。  
40

#### 【0043】

図 10 (b) に示すように、共振周波数 fr から反共振周波数 fa にかけて 1 次から 9 次のスプリアスのサークルが生じている。スプリアスの大きさは比較例 1 および 2 より小さい。比較例 2 と比べ S11 がスミスチャートの周縁付近となっている。このように、実  
50

施例<sub>2</sub>は比較例<sub>2</sub>より損失が小さい。よってQ値が高くなる。このように、損失およびスプリアスを抑制できる。

#### 【0044】

各材料の音響インピーダンスZ [kg / (m<sup>2</sup> · s)]は以下の式で表される。

$$Z = V \times = (\times E)$$

ここで、E [Pa]はヤング率、[kg / m<sup>3</sup>]は密度およびV [kg / (m<sup>2</sup> · s)]は音速である。

このように音響インピーダンスは、ヤング率Eと密度の積の平方根となる。

#### 【0045】

Mo、空気およびAuのヤング率、密度および音響インピーダンスは表1となる。

【表1】

	Mo	空気[1気圧, 20°C]	Au
ヤング率E[Pa]	$329 \times 10^9$	$1.4 \times 10^5$	$70 \times 10^9$
密度ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	$1.028 \times 10^4$	1.20	$1.93 \times 10^4$
音響Z[kg/(m <sup>2</sup> · s)]	$58 \times 10^6$	$0.4 \times 10^3$	$36.7 \times 10^6$

#### 【0046】

図10(a)における音響インピーダンスZ<sub>1</sub>およびZ<sub>2</sub>は、材料の音響インピーダンスに加え膜厚が関係する。Auの音響インピーダンスはMoより小さく、金属追加膜30の膜厚は電極指14aおよび14bより小さい。これによりZ<sub>2</sub> < Z<sub>1</sub>となる。よって、弾性波の反射率は比較例1より小さくなる。一方、Auの音響インピーダンスは空気より大きい。これにより、Z<sub>f</sub> < Z<sub>2</sub>となる。よって、弾性波の反射率は0より大きくなる。これにより、実施例1と同様に、損失および横モードスプリアスを抑制できる。

#### 【0047】

図11(a)から図11(c)は、実施例2の変形例に係る弾性波共振器のIDTの一部を示す断面図である。図11(a)に示すように、金属追加膜30と圧電基板10との間に絶縁膜32は設けられていなくてもよい。図11(b)に示すように、金属追加膜30を覆い空間34に充填されるように絶縁膜36が設けられていてもよい。図11(c)に示すように、絶縁膜32は設けられず、絶縁膜36が設けられていてもよい。絶縁膜32および36としては酸化シリコン以外にも、窒化シリコン、窒化酸化シリコン等を用いることができる。

#### 【0048】

実施例2およびその変形例によれば、金属追加膜30が交叉領域15かつ複数の電極指14aおよび14bの間に形成され、複数の電極指14aおよび14bと電気的に接続されていない。これにより、グレーティング電極16による弾性波の反射率が小さくなる。よって異方性係数が小さくなり、横モードスプリアスを抑制できる。金属追加膜30は絶縁膜に比べ密度が大きい。このため音響インピーダンスが大きい。これにより、膜厚を大きくしなくとも音響インピーダンスZ<sub>2</sub>を大きくできる。また、音響インピーダンスZ<sub>2</sub>をZ<sub>1</sub>と異ならせることにより、弾性波の反射率を0より大きくでき、損失を抑制できる。

#### 【0049】

Z<sub>2</sub>の好ましい範囲は、Z<sub>f</sub> < Z<sub>2</sub> < Z<sub>1</sub>またはZ<sub>1</sub> < Z<sub>2</sub> < Z<sub>1</sub> + (Z<sub>1</sub> - Z<sub>f</sub>)である。金属追加膜30の膜厚を大きくしないためには、Z<sub>f</sub> < Z<sub>2</sub> < Z<sub>1</sub>であることが好ましい。金属追加膜30は、交叉領域15の少なくとも一部に設けられていればよい。より効果を発揮するため、金属追加膜30は交叉領域15の全面に渡り設けられることが好ましい。

#### 【0050】

金属追加膜30と電極指14aおよび14bとが接触すると、電気的に接続されてしまう。一方、金属追加膜30と電極指14aまたは14bとの距離が大きいと、金属追加膜

10

20

30

40

50

3 0 を設ける効果が小さくなる。そこで、金属追加膜 3 0 と金属追加膜 3 0 に隣接する電極指 1 4 a ( または 1 4 b ) との距離 W s は、 / 1 6 より小さいことが好ましい。距離 W s は / 3 2 より小さいことがより好ましい。

### 【実施例 3】

#### 【0 0 5 1】

実施例 3 は、実施例 1、2 およびその変形例の弹性共振器を用いたファルタおよびデュプレクサの例である。図 12 ( a ) は、実施例 3 に係るフィルタの回路図である。図 12 ( a ) に示すように、入力端子 T i n と出力端子 T o u t との間に、1 または複数の直列共振器 S 1 から S 4 が直列に接続されている。入力端子 T i n と出力端子 T o u t との間に、1 または複数の並列共振器 P 1 から P 3 が並列に接続されている。1 または複数の直列共振器 S 1 から S 4 および 1 または複数の並列共振器 P 1 から P 3 の少なくとも 1 つに実施例 1、2 およびその変形例の弹性波共振器を用いることができる。実施例 1、2 およびその変形例の弹性波共振器を含むフィルタは、ラダー型フィルタ以外に多重モードフィルタとすることもできる。

#### 【0 0 5 2】

図 12 ( b ) は、実施例 3 の変形例に係るデュプレクサの回路図である。図 12 ( b ) 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 4 4 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 4 6 が接続されている。送信フィルタ 4 4 は、送信端子 T x から入力された信号のうち送信帯域の信号を送信信号として共通端子 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 4 6 は、共通端子 A n t から入力された信号のうち受信帯域の信号を受信信号として受信端子 R x に通過させ、他の周波数の信号を抑圧する。送信フィルタ 4 4 および受信フィルタ 4 6 の少なくとも一方を実施例 3 のフィルタとすることもできる。

#### 【0 0 5 3】

マルチプレクサの例としてデュプレクサを説明したが、マルチプレクサは、トリプレクサまたはクワッドプレクサでもよい。

#### 【0 0 5 4】

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】

#### 【0 0 5 5】

1 0	圧電基板
1 2	金属膜
1 4 a、1 4 b	電極指
1 5	交叉領域
1 6	グレーティング電極
1 7	ギャップ領域
1 8 a、1 8 b	バスバー
2 0 a、2 0 b	櫛型電極
2 1	I D T
2 2	反射器
3 0	金属追加膜
3 2、3 6	絶縁膜
3 4	空間
4 4	送信フィルタ
4 6	受信フィルタ

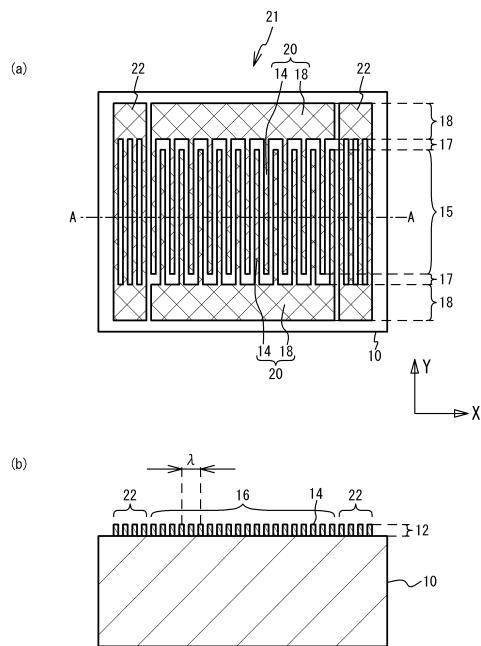
10

20

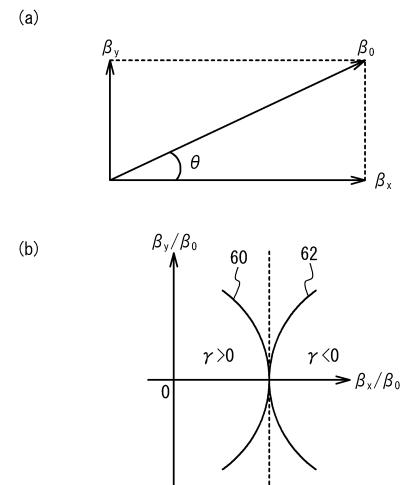
30

40

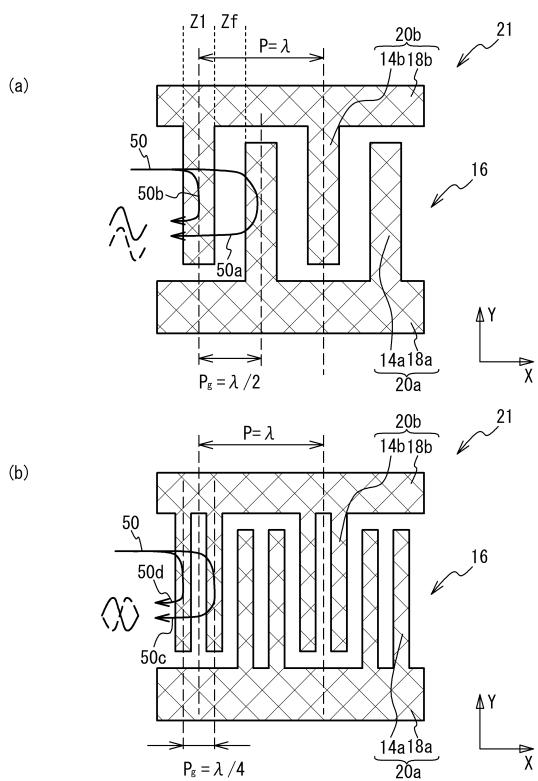
【図1】



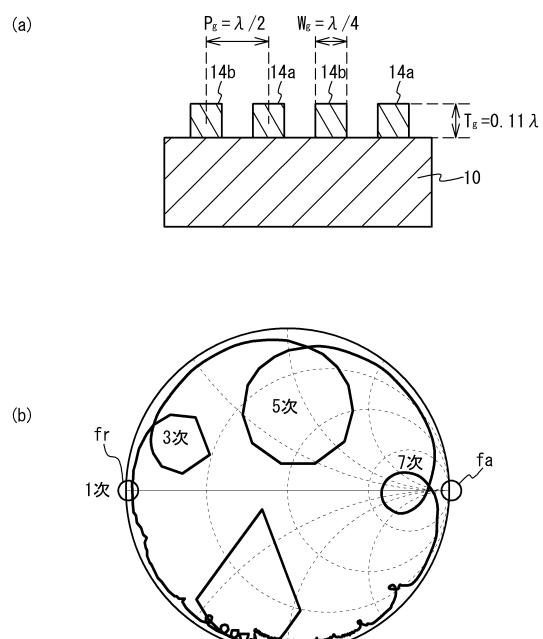
【図2】



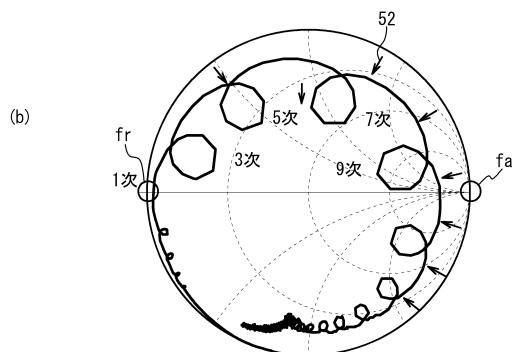
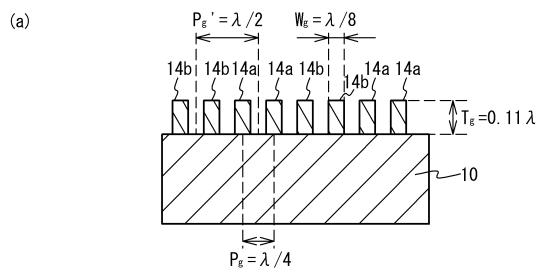
【図3】



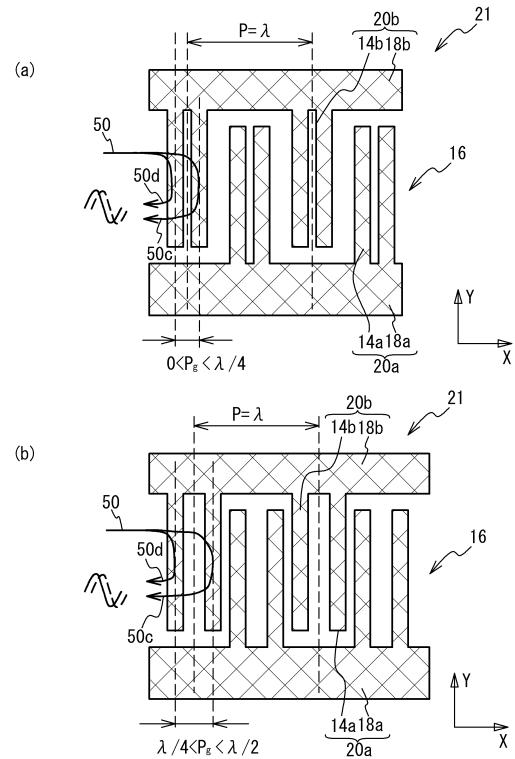
【図4】



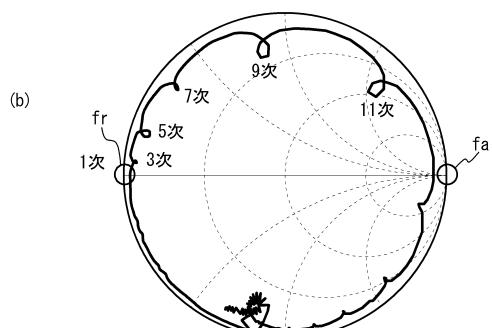
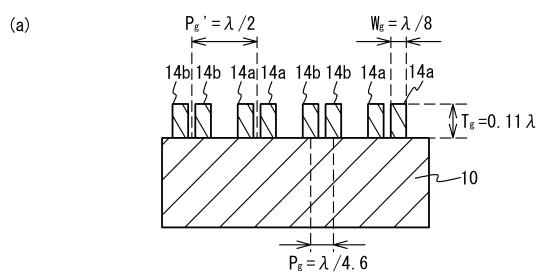
【図5】



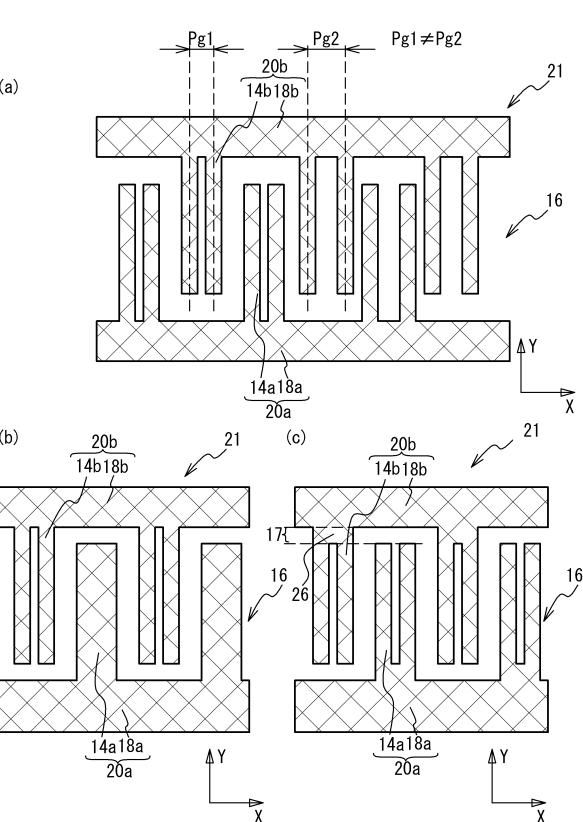
【図6】



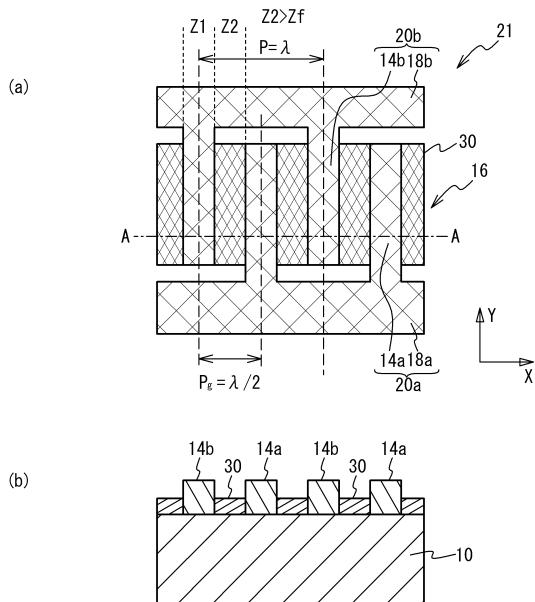
【図7】



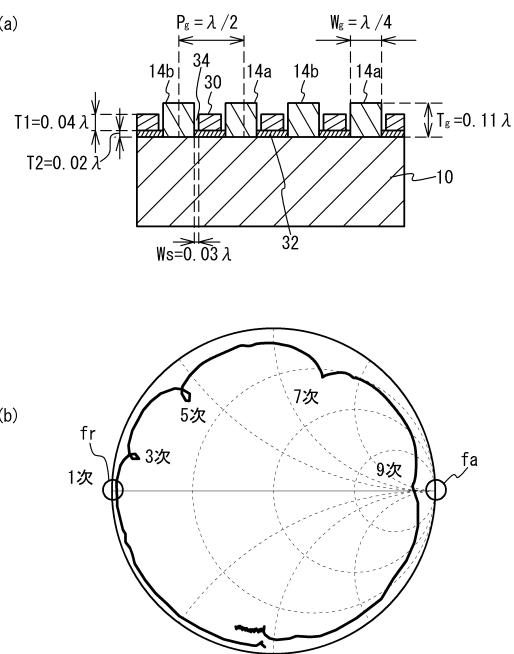
【図8】



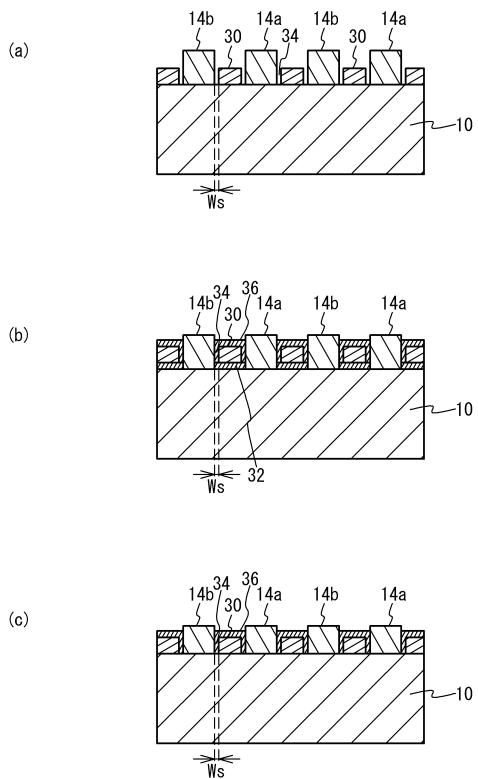
【図9】



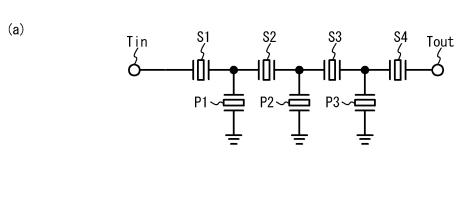
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

審査官 高 橋 徳浩

(56)参考文献 特開2000-124763(JP,A)  
特開2006-246510(JP,A)  
特開昭60-208110(JP,A)  
特開2003-309451(JP,A)  
特開昭61-006917(JP,A)  
特開2003-298383(JP,A)  
特開昭59-214315(JP,A)  
特開昭63-102413(JP,A)  
特開平04-022210(JP,A)  
特開平05-267974(JP,A)  
特開平08-204492(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H3/007 - H03H3/10  
H03H9/00 - H03H9/76  
H03B5/30 - H03B5/42