

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-27987  
(P2020-27987A)

(43) 公開日 令和2年2月20日(2020.2.20)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)  
H03H 9/17 (2006.01) H03H 9/17 F 5J108

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2018-150835 (P2018-150835)	(71) 出願人	000204284 太陽誘電株式会社 東京都中央区京橋二丁目7番19号
(22) 出願日	平成30年8月9日(2018.8.9)	(74) 代理人	100087480 弁理士 片山 修平
		(72) 発明者	官本 亮 東京都青梅市新町六丁目16番地3 太陽誘電モバイルテクノロジー株式会社内
		(72) 発明者	土生田 充広 東京都青梅市新町六丁目16番地3 太陽誘電モバイルテクノロジー株式会社内
		Fターム(参考)	5J108 AA07 BB02 BB08 CC04 DD06 EE03

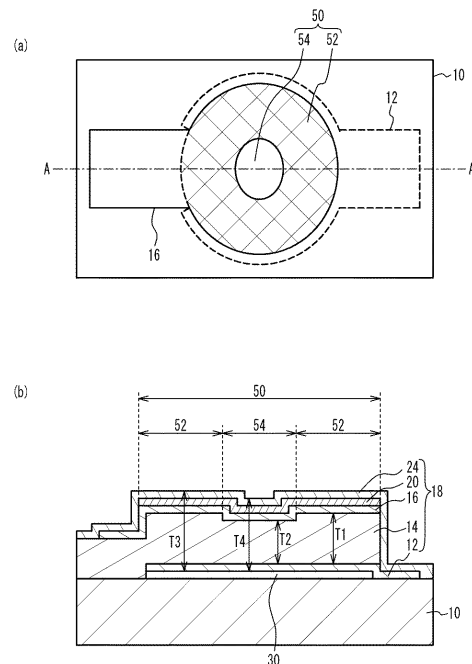
(54) 【発明の名称】 圧電薄膜共振器、フィルタおよびマルチプレクサ

(57) 【要約】

【課題】 小型化すること。

【解決手段】 基板と、前記基板上に設けられた下部電極と、前記下部電極上に設けられた上部電極と、前記下部電極上に設けられ、前記下部電極と前記上部電極とが対向する共振領域内に第1領域および第2領域を有し、前記第1領域の第1厚さは前記第2領域の第2厚さと異なり、前記第2厚さは前記第1厚さの2/3倍以上かつ4/3倍以下であり、前記第2領域の平面視の面積は前記共振領域の平面視の面積の1/3倍以下である圧電膜と、を備える圧電薄膜共振器。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基板と、

前記基板上に設けられた下部電極と、

前記下部電極上に設けられた上部電極と、

前記下部電極上に設けられ、前記下部電極と前記上部電極とが対向する共振領域内に第 1 領域および第 2 領域を有し、前記第 1 領域の第 1 厚さは前記第 2 領域の第 2 厚さと異なり、前記第 2 厚さは前記第 1 厚さの  $2/3$  倍以上かつ  $4/3$  倍以下であり、前記第 2 領域の平面視の面積は前記共振領域の平面視の面積の  $1/3$  倍以下である圧電膜と、を備える圧電薄膜共振器。

10

**【請求項 2】**

前記第 2 厚さは前記第 1 厚さより小さい請求項 1 に記載の圧電薄膜共振器。

**【請求項 3】**

前記第 2 厚さは前記第 1 厚さより大きい請求項 1 に記載の圧電薄膜共振器。

**【請求項 4】**

前記圧電膜を伝搬する弾性波を反射し前記下部電極以下に位置する下部反射面と、

前記弾性波を反射し前記上部電極以上に位置する上部反射面と、を備え、

前記第 1 領域における前記下部反射面と前記上部反射面との間の第 1 距離と、前記第 2 領域における前記下部反射面と前記上部反射面との間の第 2 距離と、の差は、前記第 1 厚さと前記第 2 厚さとの差と略等しい請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の圧電薄膜共振器。

20

**【請求項 5】**

第 1 端子と、

第 2 端子と、

前記第 1 端子と前記第 2 端子との間の経路に直列に接続され、圧電膜の少なくとも一部を挟み一对の電極が対向する共振領域内の前記圧電膜の厚さが略均一な 1 または複数の第 1 直列共振器と、

前記経路に前記 1 または複数の第 1 直列共振器と直列に接続され、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の圧電薄膜共振器である 1 または複数の第 2 直列共振器と、

前記経路とグランドとの間に接続された 1 または複数の並列共振器と、を備えるフィルタ。

30

**【請求項 6】**

前記 1 または複数の第 2 直列共振器の少なくとも 1 つの反共振周波数は前記 1 または複数の第 1 直列共振器および前記 1 または複数の第 2 直列共振器の反共振周波数のなかで最も低い請求項 5 に記載のフィルタ。

**【請求項 7】**

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の圧電薄膜共振器を含むフィルタ。

**【請求項 8】**

請求項 5 から 7 のいずれか一項に記載のフィルタを含むマルチプレクサ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、圧電薄膜共振器、フィルタおよびマルチプレクサに関する。

**【背景技術】****【0002】**

携帯電話等の無線端末の高周波回路用のフィルタおよびマルチプレクサとして圧電薄膜共振器を用いたフィルタおよびマルチプレクサが広く使用されている。圧電薄膜共振器は、圧電膜を挟み下部電極と上部電極が対向する構造を有している。圧電膜を挟み下部電極と上部電極が対向する領域が共振領域である。共振領域の周縁の圧電層を厚くすることで

50

スプリアスを抑制することが知られている（例えば特許文献1）。共振領域内の温度補償膜の厚さを異ならせ、共振領域内での共振周波数のずれを低減するために圧電層の厚さを異ならせることが知られている（例えば特許文献2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2005-159402号公報

【特許文献2】特開2008-219237号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

反共振周波数を低くするため圧電薄膜共振器に並列にキャパシタを接続することがある。しかし、圧電薄膜共振器にキャパシタを設けると大型化してしまう。

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、小型化することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によれば、基板と、前記基板上に設けられた下部電極と、前記下部電極上に設けられた上部電極と、前記下部電極上に設けられ、前記下部電極と前記上部電極とが対向する共振領域内に第1領域および第2領域を有し、前記第1領域の第1厚さは前記第2領域の第2厚さと異なり、前記第2厚さは前記第1厚さの2/3倍以上かつ4/3倍以下であり、前記第2領域の平面視の面積は前記共振領域の平面視の面積の1/3倍以下である圧電膜と、を備える圧電薄膜共振器である。

20

【0007】

上記構成において、前記第2厚さは前記第1厚さより小さい構成とすることができる。

【0008】

上記構成において、前記第2厚さは前記第1厚さより大きい構成とすることができる。

【0009】

上記構成において、前記圧電膜を伝搬する弾性波を反射し前記下部電極以下に位置する下部反射面と、前記弾性波を反射し前記上部電極以上に位置する上部反射面と、を備え、前記第1領域における前記下部反射面と前記上部反射面との間の第1距離と、前記第2領域における前記下部反射面と前記上部反射面との間の第2距離と、の差は、前記第1厚さと前記第2厚さととの差と略等しい構成とすることができる。

30

【0010】

本発明は、第1端子と、第2端子と、前記第1端子と前記第2端子との間の経路に直列に接続され、圧電膜の少なくとも一部を挟み一对の電極が対向する共振領域内の前記圧電膜の厚さが略均一な1または複数の第1直列共振器と、前記経路に前記1または複数の第1直列共振器と直列に接続され、上記圧電薄膜共振器である1または複数の第2直列共振器と、前記経路とグランドとの間に接続された1または複数の並列共振器と、を備えるフィルタである。

40

【0011】

上記構成において、前記1または複数の第2直列共振器の少なくとも1つの反共振周波数は前記1または複数の第1直列共振器および前記1または複数の第2直列共振器の反共振周波数のなかで最も低い構成とすることができる。

【0012】

本発明は、上記圧電薄膜共振器を含むフィルタである。

【0013】

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】

【0014】

50

本発明によれば、小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1(a)から図1(c)は、比較例1から3に係るフィルタの回路図である。

【図2】図2は、比較例1から3の通過特性の例を示す図である。

【図3】図3(a)および図3(b)は、実施例1に係る圧電薄膜共振器の平面図および断面図である。

【図4】図4(a)および図4(b)は、実施例1の変形例1および比較例4に係る圧電薄膜共振器の断面図である。

【図5】図5は、実施例1、実施例1の変形例1および比較例4に係る圧電薄膜共振器の通過特性を示す図である。 10

【図6】図6は、圧電薄膜共振器の等価回路を示す図である。

【図7】図7(a)および図7(b)は、それぞれ S および T に対する C を示す図である。

【図8】図8(a)および図8(b)は、実施例1の変形例2および3に係る圧電薄膜共振器の断面図である。

【図9】図9は、実施例1の変形例4に係る圧電薄膜共振器の断面図である。

【図10】図10(a)から図10(c)は、実施例1およびその変形例における共振領域の例を示す平面図である。

【図11】図11は、実施例2に係るラダー型フィルタの平面図である。 20

【図12】図12は、実施例2におけるラダー型フィルタの通過特性を示す図である。

【図13】図13は、実施例2の変形例1に係るデュプレクサの回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

図1(a)から図1(c)は、比較例1から3に係るフィルタの回路図である。図1(a)に示すように、比較例1では入力端子  $T_{in}$  と出力端子  $T_{out}$  との間に直列に直列共振器  $S_1$  から  $S_4$  が接続され並列に並列共振器  $P_1$  から  $P_3$  が接続されている。

【0017】

図1(b)に示すように、比較例2では直列共振器  $S_2$  に並列にキャパシタ  $C$  が接続されている。図1(c)に示すように、比較例3では直列共振器  $S_2$  に並列に共振器  $R$  が接続されている。共振器  $R$  は、直列共振器  $S_1$  から  $S_4$  および並列共振器  $P_1$  から  $P_3$  とは共振周波数が異なり、キャパシタとして機能する。 30

【0018】

図2は、比較例1から3の通過特性の例を示す図である。図2に示すように、比較例1から3はバンドパスフィルタとして機能する。図2に示すように、比較例2および3では比較例1に比べ通過帯域の高周波側のスカート特性が急峻になっている。これは、直列共振器  $S_2$  とキャパシタ  $C$  または共振器  $R$  とからなる共振回路では、共振周波数は直列共振器  $S_2$  とほぼ同じであり反共振周波数が直列共振器  $S_2$  より低くなるためである。

【0019】

比較例2および3のように、共振器に並列にキャパシタまたは共振器を接続することで、共振回路の特性を変化させることができる。しかしながら、キャパシタ  $C$  または共振器  $R$  を接続すると共振回路が大型化してしまう。 40

【実施例1】

【0020】

図3(a)および図3(b)は、実施例1に係る圧電薄膜共振器の平面図および断面図である。図3(b)は、図3(a)の A - A 断面図である。

【0021】

図3(a)および図3(b)に示すように、基板  $10$  上に、下部電極  $12$  が設けられている。基板  $10$  と下部電極  $12$  との間に空隙  $30$  が形成されている。下部電極  $12$  上に圧電膜  $14$  が設けられている。圧電膜  $14$  上に上部電極  $16$  が設けられている。上部電極  $1$  50

6上に周波数調整膜20が設けられている。上部電極16および下部電極12を覆うように保護膜24が設けられている。

【0022】

圧電膜14の少なくとも一部を挟み下部電極12と上部電極16とが対向する領域は共振領域50である。共振領域50は厚み縦振動モードの弾性波が共振する領域である。空隙30は平面視において共振領域50を含むように設けられている。共振領域50内の下部電極12から保護膜24は弾性波が共振する積層膜18である。弾性波は積層膜18の上面と下面とで反射する。

【0023】

共振領域50内には領域52と54とが設けられている。領域54の面積は領域52の面積より小さく、例えば領域54の面積は共振領域50の面積の1/3以下である。圧電膜14の上面に凸部が設けられている。領域52の圧電膜14の厚さT1は領域54の圧電膜14の厚さT2より大きい。領域52の積層膜18の厚さT3は領域54の積層膜18の厚さT4より大きい。T3 - T4はほぼT1 - T2である。領域52内の圧電膜14の厚さT1は略均一であり、領域54内の圧電膜14の厚さT2は略均一であることが好ましい。

10

【0024】

基板10は、例えばシリコン基板、サファイア基板、スピネル基板、ガラス基板または水晶基板である。圧電膜14は、例えば窒化アルミニウム基板、タンタル酸リチウム基板、ニオブ酸リチウム基板または水晶基板である。圧電膜14として窒化アルミニウム層を用いる場合、圧電性を高める元素が添加されていてもよい。

20

【0025】

下部電極12および上部電極16は、例えばRu(ルテニウム)、Cr(クロム)、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、銅(Cu)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、タンタル(Ta)、白金(Pt)、ロジウム(Rh)またはイリジウム(Ir)等の単層膜またはこれらの積層膜である。

【0026】

周波数調整膜20は、共振周波数を調整する膜であり、例えば下部電極12および上部電極16として例示した金属膜、または酸化シリコン膜もしくは窒化シリコン膜等の絶縁膜である。保護膜24は、例えば酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化アルミニウム膜等の絶縁膜である。

30

【0027】

2GHzの共振周波数を有する圧電薄膜共振器の場合、下部電極12は例えば膜厚が100nmのCr膜および膜厚が210nmのRu膜である。圧電膜14は例えば膜厚が1100nmの窒化アルミニウム膜である。上部電極16は例えば膜厚が230nmのRu膜および膜厚が50nmのCr膜である。周波数調整膜20は例えば膜厚が120nmのTi膜である。保護膜24は例えば膜厚が50nmの酸化シリコン膜である。

【0028】

[実施例1の変形例1]

図4(a)は、実施例1の変形例1に係る圧電薄膜共振器の断面図である。図4(a)に示すように、実施例1の変形例1では、領域54の圧電膜14の厚さT2は領域52の圧電膜14の厚さT1より大きい。これにより、領域54の積層膜18の厚さT4は領域52の積層膜18の厚さT3より大きい。その他の構成は実施例1と同じであり説明を省略する。

40

【0029】

[比較例4]

図4(b)は、比較例4に係る圧電薄膜共振器の断面図である。図4(b)に示すように、比較例4では、共振領域50内の圧電膜14の厚さT1はほぼ均一であり、積層膜18の厚さT3はほぼ均一である。その他の構成は実施例1と同じであり説明を省略する。

【0030】

50

## [ シミュレーション 1 ]

実施例 1、実施例 1 の変形例 1 および比較例 4 について通過特性をシミュレーションした。

共振領域 5 0 の面積 :  $14000 \mu\text{m}^2$

領域 5 2 の面積 :  $3200 \mu\text{m}^2$

厚さ  $T_1$  :  $1 \mu\text{m}$

厚さ  $T_2$  :  $0.667 \mu\text{m}$  (実施例 1)

$1.333 \mu\text{m}$  (実施例 1 の変形例 1)

## 【 0 0 3 1 】

図 5 は、実施例 1、実施例 1 の変形例 1 および比較例 4 に係る圧電薄膜共振器の通過特性を示す図である。図 5 に示すように、実施例 1、実施例 1 の変形例 1 および比較例 4 とともに共振周波数  $f_r$  はほぼ同じである。実施例 1 の反共振周波数  $f_{a1}$  は比較例 4 の反共振周波数  $f_{a0}$  より低い。実施例 1 の変形例 1 の反共振周波数  $f_{a2}$  は比較例 4 の反共振周波数  $f_{a0}$  より高い。

10

## 【 0 0 3 2 】

図 6 は、圧電薄膜共振器の等価回路を示す図である。圧電薄膜共振器を 1 ポート共振器とした場合、等価回路は  $mBVD$  (modified Butterworth Van Dyke) モデルが用いられる。図 6 に示すように、端子  $T_{01}$  と  $T_{02}$  との間に、インダクタ  $L_1$ 、キャパシタ  $C_1$  および抵抗  $R_1$  が直列に接続されたパスと、キャパシタ  $C_0$  と抵抗  $R_0$  が直列に接続されたパスとが並列に接続されている。2 つのパスと直列に抵抗  $R_s$  が接続されている。キャパシタ  $C_0$  は、1 ポート共振器の静電容量である。抵抗  $R_0$  は漏洩抵抗である。インダクタ  $L_1$  およびキャパシタ  $C_1$  は機械共振を示す。抵抗  $R_1$  は機械的な共振抵抗である。抵抗  $R_s$  は、電極の抵抗である。

20

## 【 0 0 3 3 】

キャパシタ  $C_0$  は主に下部電極 1 2 と上部電極 1 6 との間の静電容量である。実施例 1 では、比較例 4 に比べ領域 5 4 の分キャパシタ  $C_0$  が大きくなる。図 5 のシミュレーションでは比較例 4 からのキャパシタ  $C_0$  の増加は  $0.2 \text{ pF}$  である。これにより、電気機械結合係数が低下し反共振周波数  $f_{a1}$  が  $f_{a0}$  より低くなる。実施例 1 の変形例 1 では、比較例 4 に比べ領域 5 4 の分キャパシタ  $C_0$  が小さくなる。図 5 のシミュレーションでは比較例 4 からのキャパシタ  $C_0$  の減少は  $0.2 \text{ pF}$  である。これにより、電気機械結合係数が増加し反共振周波数  $f_{a2}$  が  $f_{a0}$  より高くなる。

30

## 【 0 0 3 4 】

実施例 1 およびその変形例 1 における厚さ  $T_2$  を一定とし領域 5 4 の面積を変えた場合、領域 5 4 の面積を一定とし厚さ  $T_2$  を変えた場合についてシミュレーションした。共振領域 5 0 の面積  $S_{50}$  に対する領域 5 4 の面積  $S_{54}$  である  $S_{54} / S_{50} \times 100$  [%] を  $S$  [%] とした。領域 5 2 の圧電膜 1 4 の厚さ  $T_1$  に対する領域 5 4 の厚さ  $T_2$  の変化量  $|T_2 - T_1| / T_1 \times 100$  [%] を  $T$  [%] とした。領域 5 4 を設けない比較例 4 の  $C_0$  ( $C_{00}$ ) に対する実施例 1 または実施例 1 の変形例 1 の  $C_0$  ( $C_{01}$ ) の変化量  $|C_{01} - C_{00}|$  を  $C$  [pF] とした。

## 【 0 0 3 5 】

図 7 (a) および図 7 (b) は、それぞれ  $S$  および  $T$  に対する  $C$  を示す図である。領域 5 4 を設けない比較例 4 の  $C_{00}$  は  $1.15 \text{ pF}$  である。図 7 (a) に示すように、 $S$  が大きくなると、 $C$  は大きくなる。図 7 (b) に示すように、 $T$  が大きくなると、 $C$  は大きくなる。 $S$  および  $T$  が 33% 以下であれば、 $C$  は  $0.2 \text{ pF}$  以下であり、比較例 4 の  $C_{00}$  である  $1.15 \text{ pF}$  の約 20% 以下である。

40

## 【 0 0 3 6 】

$S$  および  $T$  が大きすぎると、図 6 の等価回路のインダクタ  $L_1$  およびキャパシタ  $C_1$  にも影響してしまう。これにより、例えば共振周波数が変化するおよび / またはスプリアスが発生するなど反共振周波数特性以外にも影響してしまう。 $C$  が  $C_{00}$  の 20% 程度以下であれば、 $C_0$  以外への影響は小さいと考えられる。

50

## 【 0 0 3 7 】

そこで、実施例 1 およびその変形例 1 では、共振領域 5 0 内に領域 5 2 (第 1 領域) および領域 5 4 (第 2 領域) を有し、領域 5 2 の圧電膜 1 4 の厚さ  $T_1$  (第 1 厚さ) は領域 5 4 の圧電膜 1 4 の厚さ  $T_2$  (第 2 厚さ) と異なり、厚さ  $T_2$  は厚さ  $T_1$  の  $2/3$  倍以上かつ  $4/3$  倍以下である。領域 5 4 の平面視の面積は共振領域 5 0 の平面視の面積の  $1/3$  倍以下である。これにより、反共振周波数以外の共振器特性の変化を抑制し、かつ反共振周波数を変更できる。また、比較例 2 および 3 のように、共振器に並列にキャパシタまたは共振器を接続しないため、小型化が可能となる。

## 【 0 0 3 8 】

反共振周波数以外の特性の変化を抑制するため、 $T_2$  は  $T_1$  の  $3/4$  倍以上かつ  $5/4$  倍以下が好ましく、 $4/5$  倍以上かつ  $6/5$  倍以下がより好ましく。 $9/10$  倍以上かつ  $11/10$  倍以下がより好ましい。反共振周波数を変更するため、 $T_2$  は、 $T_1$  の  $99/100$  倍以下および  $101/100$  倍以上が好ましく、 $19/20$  倍以下および  $21/20$  倍以上がより好ましく、 $9/10$  倍以下および  $11/10$  倍以上がさらに好ましい。実施例 1 のように、 $T_2$  は  $T_1$  より小さくてもよいし、実施例 1 の変形例 1 のように、 $T_2$  は  $T_1$  より大きくてもよい。

10

## 【 0 0 3 9 】

反共振周波数以外の特性の変化を抑制するため、領域 5 4 の面積  $S_{54}$  は、共振領域 5 0 の面積  $S_{50}$  の  $1/4$  以下がより好ましく、 $1/5$  以下がさらに好ましい。 $C_0$  を実質的に変化させるため、面積  $S_{54}$  は、面積  $S_{50}$  の  $1/100$  以上が好ましく、 $1/50$  以上がより好ましい。

20

## 【 0 0 4 0 】

領域 5 2 と 5 4 とで圧電膜 1 4 の厚さ以外の積層膜 1 8 の各層の厚さが異なると、反共振周波数特性以外の共振器特性が変化してしまう。そこで、積層膜 1 8 の下面は、下部電極 1 2 以下に位置し、空隙 3 0 に露出し、圧電膜 1 4 を伝搬する弾性波を反射する下部反射面として機能する。積層膜 1 8 の上面は、上部電極 1 6 以上に位置し、大気に露出し、弾性波を反射する上部反射面として機能する。領域 5 2 における下部反射面と上部反射面との間の第 1 距離 (すなわち積層膜 1 8 厚さ  $T_3$ ) と、領域 5 4 における下部反射面と上部反射面との間の第 2 距離 (すなわち厚さ  $T_4$ ) と、の差は、厚さ  $T_1$  と  $T_2$  の差と略等しい。これにより、反共振周波数以外の共振器特性の変化を抑制できる。

30

## 【 0 0 4 1 】

## [ 実施例 1 の変形例 2 ]

図 8 ( a ) は、実施例 1 の変形例 2 に係る圧電薄膜共振器の断面図である。図 8 ( a ) に示すように、実施例 1 の変形例 2 では、圧電膜 1 4 の下面に凹部が設けられている。これにより、領域 5 4 の圧電膜 1 4 の厚さ  $T_2$  が領域 5 2 の圧電膜 1 4 の厚さ  $T_1$  より小さくなっている。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。圧電膜 1 4 の下面に凸部が設けられることにより  $T_2$  を  $T_1$  より大きくしてもよい。

## 【 0 0 4 2 】

## [ 実施例 1 の変形例 3 ]

図 8 ( b ) は、実施例 1 の変形例 3 に係る圧電薄膜共振器の断面図である。図 8 ( b ) に示すように、実施例 1 の変形例 3 では、圧電膜 1 4 内に挿入膜 2 8 が設けられている。挿入膜 2 8 は、共振領域 5 0 の中央領域には設けられておらず。中央領域を囲むように共振領域 5 0 の外周に沿って設けられている。挿入膜 2 8 のヤング率および/または音響インピーダンスは圧電膜 1 4 より小さいことが好ましい。例えば圧電膜 1 4 が窒化アルミニウム膜のとき挿入膜 2 8 は酸化シリコン膜である。これにより、共振領域 5 0 から弾性波エネルギーが外部に漏洩することを抑制できる。よって、圧電薄膜共振器の  $Q$  値が向上する。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。実施例 1 およびその変形例 1 および 2 に挿入膜 2 8 を設けてもよい。

40

## 【 0 0 4 3 】

## [ 実施例 1 の変形例 4 ]

50

図9は、実施例1の変形例4に係る圧電薄膜共振器の断面図である。図9に示すように、実施例1の変形例4では、共振領域50の下部電極12下に音響反射膜31が形成されている。音響反射膜31は、音響インピーダンスの低い膜31aと音響インピーダンスの高い膜31bとが交互に設けられている。膜31aおよび31bの膜厚は例えばそれぞれ $\lambda/4$  ( $\lambda$ は弾性波の波長)である。膜31aと膜31bの積層数は任意に設定できる。音響反射膜31は、音響特性の異なる少なくとも2種類の層が間隔をあけて積層されていけばよい。また、基板10が音響反射膜31の音響特性の異なる少なくとも2種類の層のうちの1層であってもよい。例えば、音響反射膜31は、基板10中に音響インピーダンスの異なる膜が一層設けられている構成でもよい。その他の構成は、実施例1と同じであり説明を省略する。

#### 【0044】

実施例1およびその変形例1から3において、実施例1の変形例4と同様に空隙30の代わりに音響反射膜31を形成してもよい。また、空隙30はドーム状でもよい。基板10の上面に窪みが形成され、窪みにより空隙30が形成されていてもよい。

#### 【0045】

実施例1およびその変形例1から3のように、圧電薄膜共振器は、共振領域50において空隙30が基板10と下部電極12との間に形成されているFBAR (Film Bulk Acoustic Resonator)でもよい。また、実施例1の変形例4のように、圧電薄膜共振器は、共振領域50において下部電極12下に圧電膜14を伝搬する弾性波を反射する音響反射膜31を備えるSMR (Solidly Mounted Resonator)でもよい。共振領域50を含む音響反射層は、空隙30または音響反射膜31を含めばよい。

#### 【0046】

図10(a)から図10(c)は、実施例1およびその変形例における共振領域の例を示す平面図である。図10(a)に示すように、共振領域50の平面形状は楕円形状であり、領域54の平面形状は五角形状である。領域54は共振領域50の中心56 (例えば重心)を含む。図10(b)に示すように、共振領域50の平面形状は四角形状であり、領域54の平面形状は楕円形状である。領域54は共振領域50の中心56を含まない。図10(c)に示すように、共振領域50の平面形状は五角形状であり、領域54の平面形状は四角形状である。領域54は共振領域50の中心56を含まない。

#### 【0047】

共振領域50および領域54の平面形状は楕円形状または多角形状でもよい。領域54は平面視において共振領域50の中心56を含んでもよいし含まなくてもよい。

#### 【実施例2】

#### 【0048】

図11は、実施例2に係るラダー型フィルタの平面図である。図11に示すように、基板10上に圧電薄膜共振器および配線22が設けられている。圧電薄膜共振器は、直列共振器S1からS6および並列共振器P1からP3を含む。配線22は、圧電薄膜共振器を接続する。また、配線22は入力パッドPin、出力パッドPoutおよびグランドパッドPgn dを含む。入力パッドPin、出力パッドPoutおよびグランドパッドPgn dは、それぞれ入力端子、出力端子およびグランド端子に電氣的に接続されている。直列共振器S1からS6は、入力パッドPinと出力パッドPoutとの間の経路に直列に接続されている。並列共振器P1からP3は、一端が入力パッドPinと出力パッドPoutとの間の経路に配線22を介し電氣的に接続され、他端がグランドパッドPgn dと配線22を介し電氣的に接続されている。

#### 【0049】

直列共振器S4以外の共振器の共振領域50には領域54は設けられておらず、比較例4の圧電薄膜共振器である。直列共振器S4の共振領域50には領域54が設けられた実施例1または実施例1の変形例1の圧電薄膜共振器である。なお、直列共振器および並列共振器の個数は適宜設定できる。

#### 【0050】

10

20

30

40

50



## [ シミュレーション 2 ]

シミュレーション 1 と同様の条件を用い実施例 2 のラダー型フィルタの通過特性をシミュレーションした。図 1 2 は、実施例 2 におけるラダー型フィルタの通過特性を示す図である。太い実線は実施例 2 のフィルタの通過特性である。細かい実線は直列共振器 S 4 の通過特性であり、その他の線は S 4 以外の直列共振器 S 1 から S 3、S 5 および S 6 の通過特性である。図 1 2 に示すように、直列共振器 S 1 から S 6 の中で直列共振器 S 4 の反共振周波数が最も低い。フィルタの通過帯域の高周波側のスカートは直列共振器 S 4 の共振周波数と反共振周波数との間の通過特性に主に依存する。そこで、直列共振器 S 4 に領域 5 4 を設けることで、高周波側のスカート特性を所望の特性とすることができる。直列共振器 S 4 以外の共振器はスカート特性に寄与しない。そこで、直列共振器 S 4 以外の共振器には領域 5 4 を設けない。これにより、共振領域 5 0 の面積が小さくなりフィルタを小型化できる。

10

## 【 0 0 5 1 】

実施例 2 によれば、1 または複数の直列共振器 S 1 から S 3、S 5 および S 6 (第 1 直列共振器) は、入力端子 (第 1 端子) と出力端子 (第 2 端子) との間の経路に直列に接続され、圧電膜 1 4 の少なくとも一部を挟み下部電極 1 2 と上部電極 1 6 (一对の電極) が対向する共振領域 5 0 内の圧電膜 1 4 の厚さ T 1 が略均一である。1 または複数の直列共振器 S 4 (第 2 直列共振器) は、直列共振器 S 1 から S 3、S 5 および S 6 と直列に接続され、実施例 1 およびその変形例の圧電薄膜共振器である。これにより、領域 5 4 の面積および / または圧電膜 1 4 の厚さを適宜選択することによりフィルタ特性を所望の特性とすることができる。

20

## 【 0 0 5 2 】

1 または複数の直列共振器 S 4 の少なくとも 1 つの反共振周波数は直列共振器 S 1 から S 6 の反共振周波数のなかで最も低い。これにより、通過帯域の高周波側のスカートの急峻性を所望の特性とすることができる。

## 【 0 0 5 3 】

実施例 2 では、ラダー型フィルタを例に説明したが、実施例 1 およびその変形例を用いるフィルタは他のタイプのフィルタでもよい。

## 【 0 0 5 4 】

## [ 実施例 2 の変形例 1 ]

図 1 3 は、実施例 2 の変形例 1 に係るデュプレクサの回路図である。図 1 3 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 0 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 2 が接続されている。送信フィルタ 4 0 は、送信端子 T x から入力された高周波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 2 は、共通端子 A n t から入力された高周波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 0 および受信フィルタ 4 2 の少なくとも一方を実施例 2 のフィルタとすることができる。

30

## 【 0 0 5 5 】

送信フィルタ 4 0 および受信フィルタ 4 2 のうち通過帯域の低い方のフィルタに実施例 2 のフィルタを用いることが好ましい。これにより、ガードバンド側のスカート特性を急峻にできる。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。

40

## 【 0 0 5 6 】

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 】

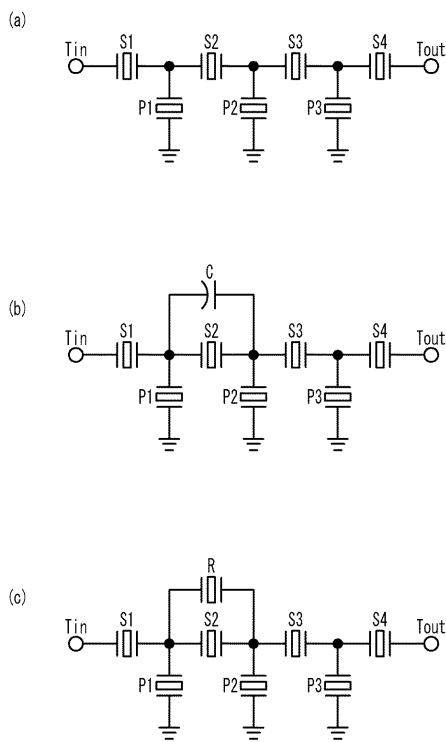
## 【 0 0 5 7 】

1 0 基板

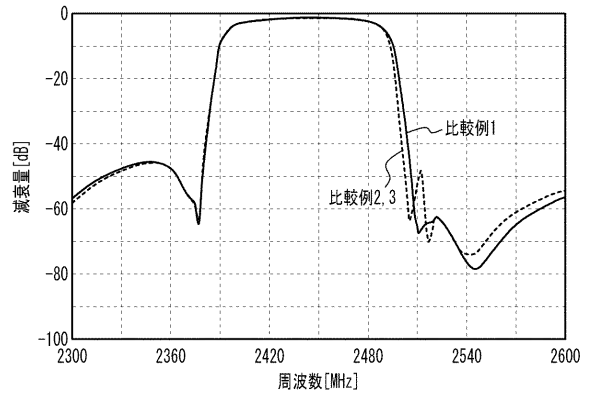
50

- 1 2 下部電極
- 1 4 圧電膜
- 1 6 上部電極
- 1 8 積層膜
- 2 0 周波数調整膜
- 2 2 配線
- 2 4 保護膜
- 2 8 挿入膜
- 3 0 空隙
- 4 0 送信フィルタ
- 4 2 受信フィルタ
- 5 0 共振領域
- 5 2、5 4 領域

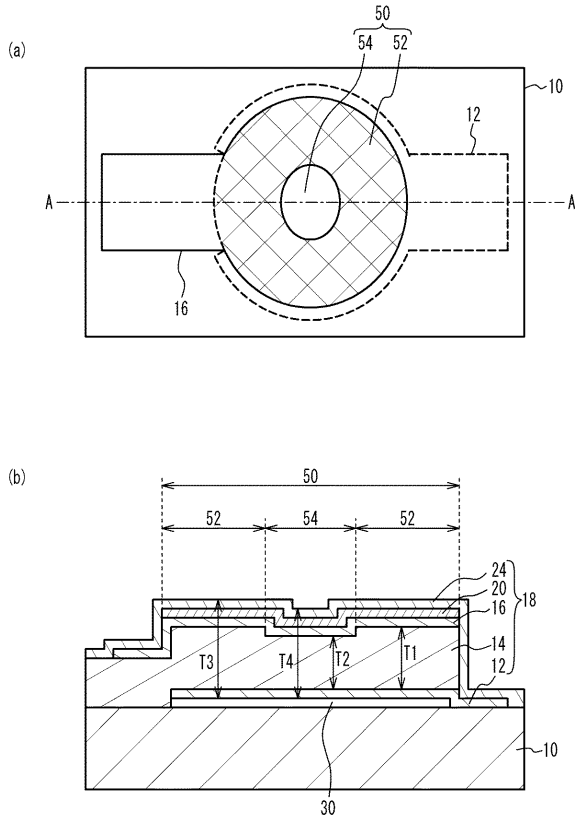
【 図 1 】



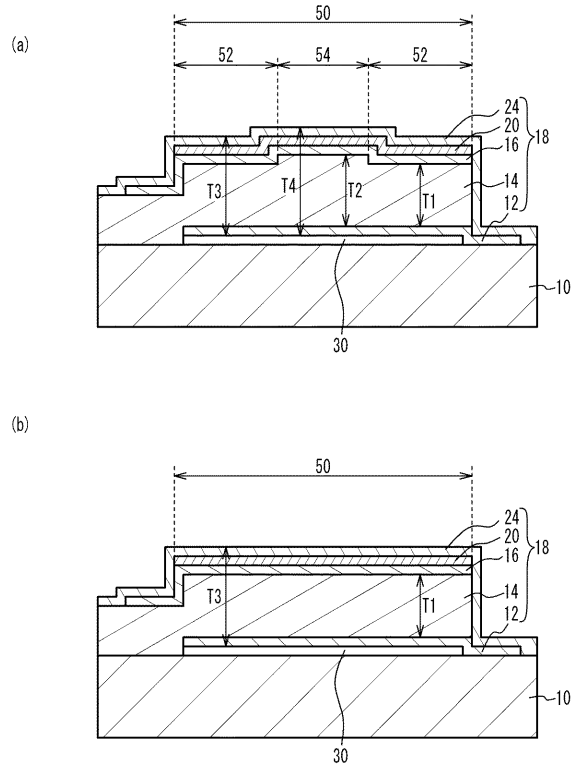
【 図 2 】



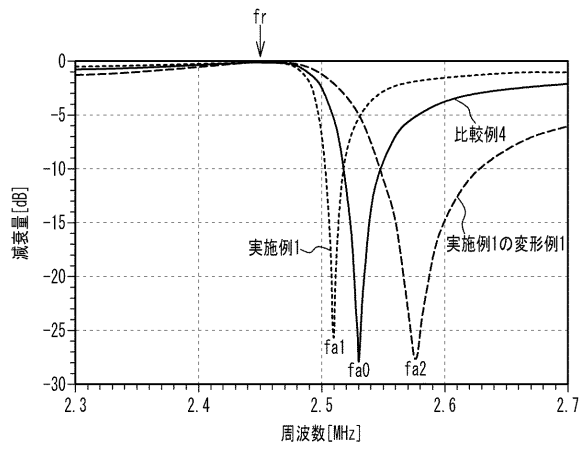
【図3】



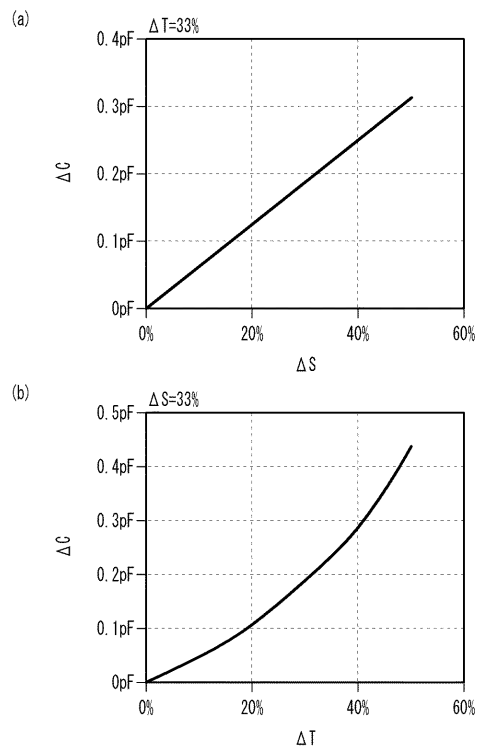
【図4】



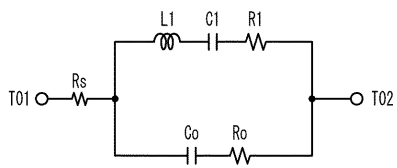
【図5】



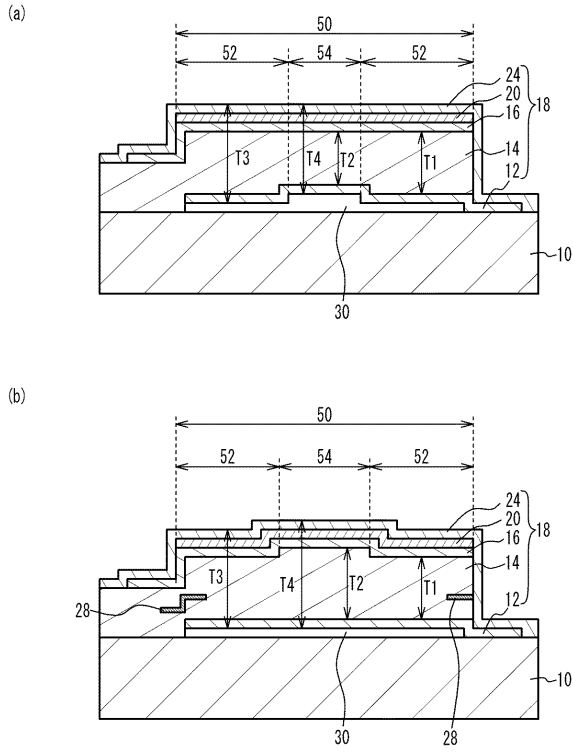
【図7】



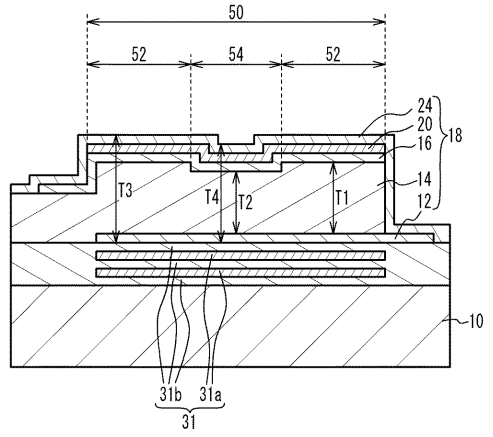
【図6】



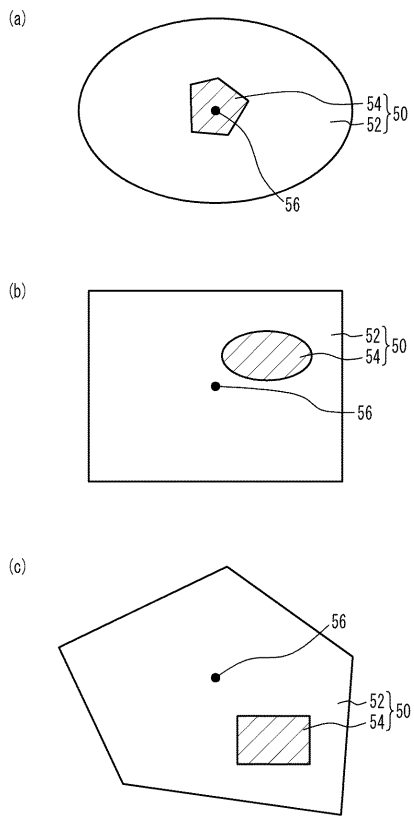
【 図 8 】



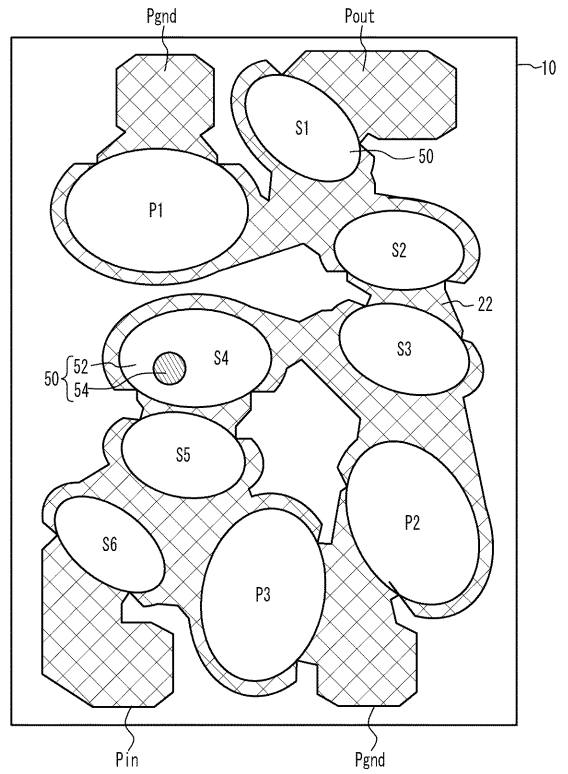
【 図 9 】



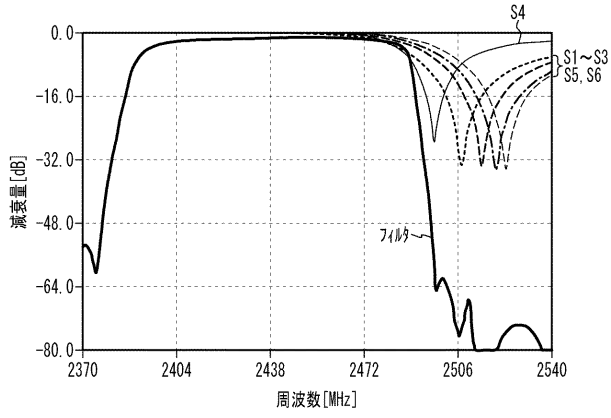
【 図 10 】



【 図 11 】



【図 1 2】



【図 1 3】

