

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6538007号  
(P6538007)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int.Cl.

F 1

H03H 9/17 (2006.01)  
H03H 9/54 (2006.01)H03H 9/17  
H03H 9/54F  
Z

請求項の数 12 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2016-129230 (P2016-129230)  
 (22) 出願日 平成28年6月29日 (2016.6.29)  
 (65) 公開番号 特開2018-6919 (P2018-6919A)  
 (43) 公開日 平成30年1月11日 (2018.1.11)  
 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 木田 真澄  
 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 西原 時弘  
 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 佐藤 良夫  
 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】弾性波デバイス

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、

前記基板内または上に設けられた空隙である音響反射層と、

前記基板および前記音響反射層上に設けられた圧電膜と、

複数の共振領域が平面視において前記音響反射層内に共通に設けられるように、下部電極および上部電極のいずれか一方が分断され前記下部電極および前記上部電極の他方は分断されず、前記基板および前記音響反射層上に前記圧電膜を挟むように設けられた下部電極および上部電極と、

前記下部電極と前記上部電極との間に設けられ、平面視において前記複数の共振領域の各々の外周領域において少なくとも一部に設けられ、前記複数の共振領域の各々の中央領域には設けられていない挿入膜と、

を具備し、

前記複数の共振領域は各々前記圧電膜の少なくとも一部を挟み前記下部電極と前記上部電極とが対向する領域であり、

前記挿入膜は平面視において前記下部電極および前記上部電極のいずれか一方が分断された分断領域に重なり、前記分断領域は平面視において前記音響反射層と重なる弾性波デバイス。

## 【請求項 2】

前記挿入膜は、前記複数の共振領域の各々の中央領域を囲む閉ループ状に設けられてい

10

20

る請求項 1 記載の弾性波デバイス。

**【請求項 3】**

前記複数の共振領域の各々に設けられた挿入膜は一体として設けられた单一の挿入膜である請求項 2 記載の弾性波デバイス。

**【請求項 4】**

前記挿入膜は、前記分断領域の全てに重なり、前記分断領域に接する前記外周領域に設けられている請求項 1 記載の弾性波デバイス。

**【請求項 5】**

前記挿入膜は、平面視において前記空隙の平面形状の重心と重なる請求項 1 記載の弾性波デバイス。

10

**【請求項 6】**

前記分断領域において、前記下部電極が分断されている請求項 1 から 5 のいずれか一項記載の弾性波デバイス。

**【請求項 7】**

前記分断領域において、前記上部電極が分断されている請求項 1 から 5 のいずれか一項記載の弾性波デバイス。

**【請求項 8】**

前記圧電膜は、下部圧電膜と前記下部圧電膜上に設けられた上部圧電膜とを備え、前記挿入膜は前記下部圧電膜と前記上部圧電膜との間に設けられ、

前記分断領域において、前記上部電極および前記上部圧電膜が分断されている請求項 7 記載の弾性波デバイス。

20

**【請求項 9】**

前記複数の共振領域の各々において平面視において共振領域に重なる前記挿入膜の幅は略等しい請求項 1 から 8 のいずれか一項記載の弾性波デバイス。

**【請求項 10】**

前記複数の共振領域にそれぞれ対応する複数の圧電薄膜共振器を含むフィルタを具備する請求項 1 から 9 のいずれか一項記載の弾性波デバイス。

**【請求項 11】**

入力端子と出力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、

前記入力端子と前記出力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、を具備し、

30

前記 1 または複数の直列共振器および前記 1 または複数の並列共振器の少なくとも 1 つは複数の分割共振器に分割されており、

前記複数の共振領域はそれぞれ前記複数の分割共振器に対応する請求項 10 記載の弾性波デバイス。

**【請求項 12】**

入力端子と出力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、

前記入力端子と前記出力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、を具備し、

前記複数の共振領域は、前記 1 または複数の直列共振器の少なくとも 1 つと前記 1 または複数の並列共振器の少なくとも 1 つを含む請求項 10 記載の弾性波デバイス。

40

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、弾性波デバイスに関し、例えば圧電薄膜共振器を有する弾性波デバイス関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

圧電薄膜共振器を用いた弾性波デバイスは、例えば携帯電話等の無線機器のフィルタおよびマルチブレクサとして用いられている。圧電薄膜共振器は、圧電膜を挟み下部電極と

50

上部電極が対向する構造を有している（特許文献1）。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。共振領域の下には振動を制限しないように空隙または音響反射膜が設けられる。空隙または音響反射膜は平面視において共振領域を含むように設けられる。

### 【0003】

平面視において、単一の空隙に複数の圧電薄膜共振器が含まれるように配置することが知られている（例えば特許文献1）。空隙を共有しない隣接する圧電薄膜共振器同士で下部電極を共有することが知られている（例えば特許文献2）。圧電膜内の外周領域に挿入膜を設けることが知られている（例えば特許文献3）圧電膜の分極方向が2次歪を抑制するように共振器を分割することが知られている（例えば特許文献4、5）。

10

### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0004】

【特許文献1】特開2001-24476号公報

【特許文献2】特開2013-38658号公報

【特許文献3】特開2014-161001号公報

【特許文献4】特開2008-85989号公報

【特許文献5】特開2009-10932号公報

### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

20

#### 【0005】

例えば特許文献4、5のように2次歪を抑制するように共振器を分割する場合、特許文献2のように隣接する圧電薄膜共振器の下部電極を共有することが考えられる。しかし、隣接する圧電薄膜共振器を接続する下部電極等が長くなると分割した共振器間で2次歪みが完全にキャンセルされない。特許文献1のように、単一の空隙に複数の圧電薄膜共振器を設けると圧電薄膜共振器間を短くできる。しかし、単一の空隙に複雑な構造を設けるため、積層膜等にクラック等の破壊が生じることがある。

#### 【0006】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、積層膜等の破壊等を抑制することを目的とする。

30

### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

本発明は、基板と、前記基板内または上に設けられた空隙である音響反射層と、前記基板および前記音響反射層上に設けられた圧電膜と、複数の共振領域が平面視において前記音響反射層内に共通に設けられるように、下部電極および上部電極のいずれか一方が分断され前記下部電極および前記上部電極の他方は分断されず、前記基板および前記音響反射層上に前記圧電膜を挟むように設けられた下部電極および上部電極と、前記下部電極と前記上部電極との間に設けられ、平面視において前記複数の共振領域の各々の外周領域において少なくとも一部に設けられ、前記複数の共振領域の各々の中央領域には設けられていない挿入膜と、を具備し、前記複数の共振領域は各々前記圧電膜の少なくとも一部を挟み前記下部電極と前記上部電極とが対向する領域であり、前記挿入膜は平面視において前記下部電極および前記上部電極のいずれか一方が分断された分断領域に重なり、前記分断領域は平面視において前記音響反射層と重なる弾性波デバイスである。

40

#### 【0008】

上記構成において、前記挿入膜は、前記複数の共振領域の各々の中央領域を囲む閉ループ状に設けられている構成とすることができる。

#### 【0009】

上記構成において、前記複数の共振領域の各々に設けられた挿入膜は一体として設けられた单一の挿入膜である構成とすることができる。

#### 【0010】

50

上記構成において、前記挿入膜は、前記分断領域の全てに重なり、前記分断領域に接する前記外周領域に設けられている構成とすることができる。

**【0011】**

上記構成において、前記挿入膜は、平面視において前記空隙の平面形状の重心と重なる構成とすることができる。

**【0012】**

上記構成において、前記分断領域において、前記下部電極が分断されている構成とすることができる。

**【0013】**

上記構成において、前記分断領域において、前記上部電極が分断されている構成とすることができる。 10

**【0014】**

上記構成において、前記圧電膜は、下部圧電膜と前記下部圧電膜上に設けられた上部圧電膜とを備え、前記挿入膜は前記下部圧電膜と前記上部圧電膜との間に設けられ、前記分断領域において、前記上部電極および前記上部圧電膜が分断されている構成とすることができる。

**【0015】**

上記構成において、前記複数の共振領域の各々において平面視において共振領域に重なる前記挿入膜の幅は略等しい構成とすることができる。

**【0017】**

上記構成において、前記複数の共振領域にそれぞれ対応する複数の圧電薄膜共振器を含むフィルタを具備する構成とすることができる。 20

**【0018】**

上記構成において、入力端子と出力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、前記入力端子と前記出力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、を具備し、前記1または複数の直列共振器および前記1または複数の並列共振器の少なくとも1つは複数の分割共振器に分割されており、前記複数の共振領域はそれぞれ前記複数の分割共振器に対応する構成とすることができる。

**【0019】**

上記構成において、入力端子と出力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、前記入力端子と前記出力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、を具備し、前記複数の共振領域は、前記1または複数の直列共振器の少なくとも1つと前記1または複数の並列共振器の少なくとも1つを含む構成とすることができる。 30

**【発明の効果】**

**【0020】**

本発明によれば、積層膜等の破壊等を抑制することができます。

**【図面の簡単な説明】**

**【0021】**

**【図1】**図1(a)および図1(b)は、は圧電薄膜共振器の断面図を示す図である。

**【図2】**図2(a)および図2(b)は、圧電薄膜共振器を並列に分割した図、図2(c)は直列分割した図である。 40

**【図3】**図3(a)は、比較例1に係る弾性波デバイスの平面図、図3(b)および図3(c)は、のA-A断面図である。

**【図4】**図4は、周波数に対する2次歪電圧を示す図である。

**【図5】**図5(a)は、実施例1に係る弾性波デバイスの平面図、図5(b)は、共振領域付近の平面図、図5(c)および図5(d)は、図5(a)のA-A断面図である。

**【図6】**図6(a)から図6(c)は、実施例1において共振領域付近を拡大した平面図である。

**【図7】**図7は、実施例1の効果を説明するための断面図である。

**【図8】**図8(a)は、実施例1の変形例1に係る弾性波デバイスの平面図、図8(b) 50

は、共振領域付近の平面図、図 8 ( c ) および図 8 ( d ) は、図 8 ( a ) の A - A 断面図である。

【図 9】図 9 ( a ) は、実施例 1 の変形例 2 に係る弹性波デバイスの平面図、図 9 ( b ) は、共振領域付近の平面図、図 9 ( c ) および図 9 ( d ) は、図 9 ( a ) の A - A 断面図である。

【図 10】図 10 ( a ) は、実施例 1 の変形例 3 に係る弹性波デバイスの平面図、図 10 ( b ) は、共振領域付近の平面図、図 10 ( c ) および図 10 ( d ) は、図 10 ( a ) の A - A 断面図である。

【図 11】図 11 ( a ) は、実施例 1 の変形例 4 に係る弹性波デバイスの平面図、図 11 ( b ) は、共振領域付近の平面図、図 11 ( c ) および図 11 ( d ) は、図 11 ( a ) の A - A 断面図である。  
10

【図 12】図 12 ( a ) は、実施例 1 の変形例 5 に係る弹性波デバイスの平面図、図 12 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。

【図 13】図 13 ( a ) は、実施例 1 の変形例 6 に係る弹性波デバイスの平面図、図 13 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。

【図 14】図 14 ( a ) は、実施例 1 の変形例 7 に係る弹性波デバイスの平面図、図 14 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。

【図 15】図 15 ( a ) は、実施例 1 の変形例 8 に係る弹性波デバイスの平面図、図 15 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。

【図 16】図 16 ( a ) は、実施例 1 の変形例 9 に係る弹性波デバイスの平面図、図 16 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。  
20

【図 17】図 17 ( a ) は、実施例 1 の変形例 10 に係る弹性波デバイスの平面図、図 17 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。

【図 18】図 18 ( a ) は、実施例 1 の変形例 11 に係る弹性波デバイスの平面図、図 18 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。

【図 19】図 19 ( a ) および図 19 ( b ) は、実施例 1 の変形例 12 および 13 における共振領域近傍の断面図である。

【図 20】図 20 は、実施例 2 に係るデュプレクサの回路図である。

【図 21】図 21 ( a ) は、実施例 2 における送信フィルタの平面図、図 21 ( b ) は、空隙の平面図である。  
30

【図 22】図 22 ( a ) は、実施例 3 および比較例 2 に係るフィルタの回路図、図 22 ( b ) は、比較例 2 に係るフィルタの平面図である。

【図 23】図 23 は、実施例 3 に係るフィルタの平面図である。

【図 24】図 24 ( a ) は、実施例 3 の変形例 1 に係るフィルタの平面図、図 24 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。

【図 25】図 25 ( a ) は、実施例 3 の変形例 2 に係るフィルタの回路図、図 25 ( b ) は、平面図、図 25 ( c ) は、共振領域付近の平面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0022】

まず、圧電薄膜共振器の 2 次歪みを抑制する例について説明する。図 1 ( a ) および図 1 ( b ) は、圧電薄膜共振器の断面図を示す図である。図 1 ( a ) に示すように、圧電膜 14 は下部電極 12 と上部電極 16 との間に挟まれている。圧電薄膜共振器 80 では、共振周波数の波長 の  $1 / 2$  がほぼ圧電膜 14 の厚さに相当する。つまり、圧電薄膜共振器 80 は、 $1 / 2$  厚み共振を用いている。このため、例えば下部電極 12 が - のとき、上部電極 16 は + となる。圧電膜 14 内の上下の面はそれぞれ + および - のいずれかとなる。  
40

##### 【0023】

図 1 ( b ) に示すように、2 次歪の周波数の波長はほぼ圧電膜 14 の厚さに相当する。このため、圧電膜 14 の上下の面が + または - となり、圧電膜 14 の中心が - または + となるように弹性波が励振する。圧電膜 14 が上下に対称であれば、2 次歪は上部電極 16  
50

と下部電極 12 とで同電位となる。このため、2次歪成分は生じない。しかしながら、圧電膜 14 として例えれば窒化アルミニウム (AlN) または酸化亜鉛 (ZnO) 等を用いる場合、良好な特性を得るために、c 軸に配向させる。矢印は c 軸配向方向 34 を示している。このとき、圧電膜 14 内で c 軸方向の対称性が崩れ、電界の分布に偏りが生じる。このため、上部電極 16 と下部電極 12 とに電位差が生じる。このように 2 次歪により発生する電圧を 2 次歪電圧という。下部電極 12 から上部電極 16 の方向が c 軸配向方向 34 のとき、c 軸配向方向 34 の同じ方向に 2 次歪電圧 36 が発生する。

#### 【0024】

図 2 (a) および図 2 (b) は、圧電薄膜共振器を並列に分割した図、図 2 (c) は直列分割した図である。図 2 (a) および図 2 (b) では、圧電薄膜共振器 80 は端子 T1 と T2 との間で並列に圧電薄膜共振器 80a および 80b に分割されている。圧電薄膜共振器 80a および 80b は同じ静電容量を有するように分割されている。

#### 【0025】

図 2 (a) では、圧電薄膜共振器 80a と 80b とで上部電極 16 が端子 T1 に接続され、下部電極 12 が端子 T2 に接続されている。これにより、端子 T1 および T2 に加わる 2 次歪電圧 36 の方向が同じとなる。このため、端子 T1 と T2 の間には、圧電薄膜共振器 80a と 80b との 2 次歪電圧 36 の和の 2 次歪電圧が加わる。図 2 (b) では、圧電薄膜共振器 80a の上部電極 16 と圧電薄膜共振器 80b の下部電極 12 とが端子 T1 に接続され、圧電薄膜共振器 80a の下部電極 12 と圧電薄膜共振器 80b の上部電極 16 が端子 T2 に接続されている。つまり、c 軸配向方向 34 の逆方向の電極同士が接続されている。これにより、圧電薄膜共振器 80a と 80b とで 2 次歪電圧 36 の方向が逆方向で端子 T1 および T2 に接続される。このため、圧電薄膜共振器 80a と 80b との 2 次歪電圧 36 が相殺される。よって、端子 T1 および T2 に加わる 2 次歪電圧を抑制できる。

#### 【0026】

図 2 (c) に示すように、圧電薄膜共振器 80 は端子 T1 と T2 との間で直列に圧電薄膜共振器 80a および 80b に分割されている。圧電薄膜共振器 80a および 80b の上部電極 16 がそれぞれ端子 T1 および T2 に接続され、圧電薄膜共振器 80a および 80b の下部電極 12 が接続されている。つまり、c 軸配向方向 34 の同じ方向の電極が接続されている。このため、圧電薄膜共振器 80a と 80b との 2 次歪電圧 36 が相殺される。よって、端子 T1 および T2 に加わる 2 次歪電圧を抑制できる。なお、圧電膜 14 の c 軸配向方向 34 は圧電膜 14 の分極方向でもよい。

#### 【0027】

図 2 (b) および図 2 (c) のように、2 次歪電圧 36 を相殺する比較例 1 を説明する。

#### 【0028】

##### (比較例 1)

図 3 (a) は、比較例 1 に係る弾性波デバイスの平面図、図 3 (b) および図 3 (c) は、図 3 (a) の A-A 断面図である。図 3 (b) は、例えばラダー型フィルタの直列共振器を、図 3 (c) は例えばラダー型フィルタの並列共振器を示している。

#### 【0029】

図 3 (a) から図 3 (c) に示すように、基板 10 上に下部電極 12、圧電膜 14、上部電極 16 および周波数調整膜 24 が積層されている。下部電極 12 は下層 12a および上層 12b を含む。上部電極 16 は下層 16a および上層 16b を含む。圧電膜 14 は下部圧電膜 14a および上部圧電膜 14b を含む。下部圧電膜 14a と上部圧電膜 14b との間に挿入膜 28 が設けられている。挿入膜 28 は、共振領域 50 の外周領域に設けられている。基板 10 と下部電極との間には空隙 30 が形成されている。図 3 (c) の並列共振器では、上部電極 16 の下層 16a と上層 16b との間に質量負荷膜 20 が設けられている。直列共振器 S では、積層膜 18 は、主に下部電極 12、圧電膜 14、上部電極 16 および周波数調整膜 24 から形成される。並列共振器 P の積層膜 18 は直列共振器 S の積

10

20

30

40

50

層膜 18 に加え、質量負荷膜 20 を有する。

【0030】

2つの圧電薄膜共振器 80a および 80b が下部電極 12 を介し接続されている。2つの圧電薄膜共振器 80a および 80b は各々空隙 30 を有している。1つの空隙 30 内に 1つの共振領域 50 が設けられている、共振領域 50 間の上部電極 16、圧電膜 14 および挿入膜 28 は分断され、分断領域 62 が形成されている。

【0031】

比較例 1 では、圧電薄膜共振器 80a の共振領域 50 と圧電薄膜共振器 80b の共振領域 50 との間の下部電極 12 が空隙 30 を介さずに基板 10 上に設けられている。このため、下部電極 12 とグランドパターン（例えば、圧電薄膜共振器 80a および 80b が形成されたチップに形成されているグランド端子およびグランド配線等のグランドパターン、チップの側面または裏面に形成された半田等の金属層、並びにチップが実装されたパッケージのグランドパターン）との間に寄生容量 C0 が生じる。10

【0032】

図 2 (c) のように、圧電薄膜共振器を直列に分割した場合の 2 次歪電圧をシミュレーションした。2 次歪電圧は、圧電薄膜共振器 80a および 80b の圧電膜 14 に加わる「電界強度の 2 乗」、「電界強度と歪みの積」および「歪みの 2 乗」に比例した非線形電流を元に算出した。圧電膜 14 を c 軸に配向した窒化アルミニウム膜とし、圧電薄膜共振器 80a および 80b の同じ静電容量および同じ積層膜 18 の構造を有するとした。端子 T1 および T2 のうち一端に 28 dBm の高周波信号を入力し、他端から出力される 2 次歪の大きさを算出した。20

【0033】

図 4 は、周波数に対する 2 次歪電圧を示す図である。図 4において「分割なし」は分割していない圧電薄膜共振器の 2 次歪を示している。「分割」は圧電薄膜共振器 80a および 80b に分割した圧電薄膜共振器の 2 次歪みを示している。「分割」では、圧電薄膜共振器 80a および 80b の間の下部電極 12 とグランドとの寄生容量 C0 を 0 pF から 0.01 pF まで変化させた。

【0034】

図 4 に示すように、分割していない圧電薄膜共振器では、共振周波数  $f_r$  である 1895 MHz における 2 次歪みは -21.45 dBm、反共振周波数  $f_a$  である 1953 MHz における 2 次歪は -27.83 dBm、1913 MHz のとき、2 次歪は -18.29 dBm と最も大きい。分割した圧電薄膜共振器では、寄生容量 C0 が 0 pF のとき、2 次歪は -65.37 dB と非常に小さい。寄生容量 C0 を 0.001 pF、0.005 pF および 0.01 pF とすると、2 次歪は反共振周波数付近で最大となり、それぞれ -54.52 dB、-41.4 dB および -35.4 dB となる。このように、寄生容量 C0 が大きくなると、反共振周波数付近に発生する 2 次歪電圧のピークが大きくなる。30

【0035】

比較例 1 では、共振領域 50 の間の下部電極 12 が基板 10 上に接している。このため、下部電極 12 とグランドとの間の寄生容量 C0 が大きくなる。寄生容量 C0 が大きくなると、圧電薄膜共振器 80a と 80b とで反共振周波数が異なってしまう。このように、圧電薄膜共振器 80a と 80b とで反共振周波数  $f_a$  が異なると、2 次歪は完全にはキャンセルされず、反共振周波数  $f_a$  付近に 2 次歪のピークが生じる。よって、2 次歪を抑制することが難しい。40

【0036】

さらに、2 次歪を抑制するためには、圧電薄膜共振器 80a と 80b の特性は同じであることが好ましい。しかし、比較例 1 では、圧電薄膜共振器 80a と 80b との間の距離が長くなる。このため、圧電薄膜共振器 80a と 80b とで積層膜 18 内の各層の膜厚が異なることが生じる。これにより、2 次歪が劣化する。

【0037】

以下、実施例 1 について説明する。

**【実施例 1】****【0038】**

図5(a)は、実施例1に係る弾性波デバイスの平面図、図5(b)は、共振領域付近の平面図、図5(c)および図5(d)は、図5(a)のA-A断面図である。図5(c)は、例えばラダー型フィルタの直列共振器を、図5(d)は例えばラダー型フィルタの並列共振器を示している。

**【0039】**

図5(a)、図5(b)および図5(d)に示すように、直列共振器Sの構造について説明する。シリコン(Si)基板である基板10および空隙30上に、下部電極12が設けられている。下部電極12はCr(クロム)膜である下層12aおよびRu(ルテニウム)膜である上層12bを含む。基板10の平坦正面と下部電極12との間にドーム状の膨らみを有する空隙30(空気層)が形成されている。ドーム状の膨らみとは、例えば空隙30の周辺では空隙30の高さが小さく、空隙30の内部ほど空隙30の高さが大きくなるような形状の膨らみである。

10

**【0040】**

下部電極12上に、(002)方向を主軸とする窒化アルミニウム(AlN)を主成分とする圧電膜14が設けられている。圧電膜14は下部圧電膜14aおよび上部圧電膜14bを含む。下部圧電膜14aと上部圧電膜14bとの間に挿入膜28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16が分断された分断領域62が設けられている。上部電極16はRu膜である下層12aとCr膜である上層12bとを含む。

20

**【0041】**

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が対向する領域が共振領域50である。上部電極16が分断されている領域が分断領域62である。分断領域62のため、単一の空隙30内に2つの共振領域50が形成されている。共振領域50は、半楕円形状を有し、厚み縦振動モードの弾性波が共振する領域である。共振領域50は、平面視において空隙30と同じまたは空隙30より小さくかつ空隙30と重なるように設けられている。

**【0042】**

上部電極16上には周波数調整膜24として酸化シリコン膜が形成されている。共振領域50内の積層膜18は、下部電極12、圧電膜14、上部電極16および周波数調整膜24を含む。周波数調整膜24はパッシベーション膜として機能してもよい。

30

**【0043】**

図5(a)のように、圧電膜14および下部電極12には孔部35が設けられている。孔部35は、下部電極12下の導入路33を介し空隙30に通じている。孔部35および導入路33は、空隙30を形成するときに用いる犠牲層をエッチングするときに、犠牲層にエッチング液を導入するためのものである。

**【0044】**

図5(d)を参照し、並列共振器Pの構造について説明する。並列共振器Pは直列共振器Sと比較し、上部電極16の下層16aと上層16bとの間に、Ti(チタン)層からなる質量負荷膜20が設けられている。よって、積層膜18は直列共振器Sの積層膜に加え、共振領域50内の全面に形成された質量負荷膜20を含む。その他の構成は直列共振器Sの図5(c)と同じであり説明を省略する。

40

**【0045】**

直列共振器Sと並列共振器Pとの共振周波数の差は、質量負荷膜20の膜厚を用い調整する。直列共振器Sと並列共振器Pとの両方の共振周波数の調整は、周波数調整膜の膜厚を調整することにより行なう。

**【0046】**

図6(a)から図6(c)は、実施例1において共振領域付近を拡大した平面図である。図6(a)は、上部電極16、共振領域50および空隙30の位置関係を示す平面図で

50

あり、上部電極 16 をクロスで示している。図 6 ( b ) は、下部電極 12 、共振領域 50 および空隙 30 の位置関係を示す平面図であり、下部電極 12 をクロスで示している。図 6 ( c ) は、挿入膜 28 、共振領域 50 および空隙 30 の位置関係を示す平面図である。

#### 【 0 0 4 7 】

図 6 ( a ) に示すように、空隙 30 は橜円形状であり、上部電極 16 は短軸方向に引き出し領域 64 を有する。引き出し領域 64 は上部電極 16 が共振領域 50 から引き出される領域である。空隙 30 の橜円形状の長軸に沿って上部電極 16 が分割されている。上部電極 16 が設けられていない領域が分断領域 62 である。分断領域 62 は橜円形状の中心 60 を含む。引き出し領域 64 以外では、上部電極 16 が共振領域 50 を規定する

#### 【 0 0 4 8 】

図 6 ( b ) に示すように、下部電極 12 は引き出し領域を有していない。下部電極 12 は空隙 30 の長軸方向に幅広部 66 を有する。幅広部 66 は空隙 30 の外側まで設けられている。下部電極 12 は分断領域 62 にも設けられている。幅広部 66 および分断領域 62 以外では、下部電極 12 が共振領域 50 を規定する。

#### 【 0 0 4 9 】

共振領域 50 は、分断領域 62 の両側に設けられ、共振領域 50 と分断領域 62 を合わせた平面形状は空隙 30 と相似する形状であり、空隙 30 に含まれる。平面視において、共振領域 50 と分断領域 62 を合わせた平面形状は空隙 30 と合同であり、重なっていてもよい。

#### 【 0 0 5 0 】

図 6 ( c ) に示すように、挿入膜 28 は、共振領域 50 内の外周領域 52 に設けられ中央領域 54 に設けられていない。分断領域 62 は挿入膜 28 に含まれる。外周領域 52 は、共振領域 50 内の領域であって、共振領域 50 の外周を含み外周に沿った領域である。外周領域 52 は、例えば帯状である。中央領域 54 は、共振領域 50 内の領域であって、共振領域 50 の中央を含む領域である。中央は幾何学的な中心でなくてもよい。挿入膜 28 は、外周領域 52 から共振領域 50 外まで連続して設けられている。図 6 ( c ) のように挿入膜 28 の外周は空隙 30 の外周の外側でもよいし、図 5 ( b ) のように内側でもよい。

#### 【 0 0 5 1 】

2 GHz 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 の下層 12a は膜厚が 100 nm の Cr 膜、上層 12b は膜厚が 250 nm の Ru 膜である。圧電膜 14 、膜厚が 1100 nm の AlN 膜である。挿入膜 28 は膜厚が 150 nm の酸化シリコン ( SiO<sub>2</sub> ) 膜である。上部電極 16 の下層 16a は、膜厚が 250 nm の Ru 膜、上層 16b は膜厚が 50 nm の Cr 膜である。周波数調整膜 24 は、膜厚が 50 nm の酸化シリコン膜である。質量負荷膜 20 は膜厚が 120 nm の Ti 膜である。各層の膜厚は、所望の共振特性を得るために適宜設定することができる。

#### 【 0 0 5 2 】

基板 10 としては、Si 基板以外に、サファイア基板、スピネル基板、アルミナ基板、石英基板、ガラス基板、セラミック基板または GaAs 基板等を用いることができる。下部電極 12 および上部電極 16 としては、Ru および Cr 以外にも Al 、 Ti 、 Cu 、 Mo ( モリブデン ) 、 W ( タングステン ) 、 Ta 、 Pt 、 Rh ( ロジウム ) または Ir ( イリジウム ) 等の単層膜またはこれらの積層膜を用いることができる。例えば、上部電極 16 の下層 16a を Ru 、上層 16b を Mo としてもよい。

#### 【 0 0 5 3 】

圧電膜 14 は、窒化アルミニウム以外にも、ZnO ( 酸化亜鉛 ) 、 PZT ( チタン酸ジルコニア酸鉛 ) 、 PbTiO<sub>3</sub> ( チタン酸鉛 ) 等を用いることができる。また、例えば、圧電膜 14 は、窒化アルミニウムを主成分とし、共振特性の向上または圧電性の向上のため他の元素を含んでもよい。例えば、添加元素として、Sc ( スカンジウム ) 、 2 族元素と 4 族元素との 2 つの元素、または 2 族元素と 5 族元素との 2 つの元素を用いることにより、圧電膜 14 の圧電性が向上する。このため、圧電薄膜共振器の実効的電気機械結合係数

10

20

30

40

50

を向上できる。2族元素は、例えばCa(カルシウム)、Mg(マグネシウム)、Sr(ストロンチウム)またはZn(亜鉛)である。4族元素は、例えばTi、Zr(ジルコニウム)またはHf(ハフニウム)である。5族元素は、例えばTa、Nb(ニオブ)またはV(バナジウム)である。さらに、圧電膜14は、窒化アルミニウムを主成分とし、B(ボロン)を含んでもよい。

#### 【0054】

周波数調整膜24としては、酸化シリコン膜以外にも窒化シリコン膜または窒化アルミニウム等を用いることができる。質量負荷膜20としては、Ti以外にも、Ru、Cr、Al、Cu、Mo、W、Ta、Pt、RhもしくはIr等の単層膜を用いることができる。また、例えば窒化シリコンまたは酸化シリコン等の窒化金属または酸化金属からなる絶縁膜を用いることもできる。質量負荷膜20は、上部電極16の層間(Ru膜とCr膜との間)以外にも、下部電極12の下、下部電極12の層間、上部電極16の上、下部電極12と圧電膜14との間または圧電膜14と上部電極16との間に形成することができる。質量負荷膜20は、共振領域50を含むように形成されていれば、共振領域50より大きくてよい。

10

#### 【0055】

特許文献3に記載されているように、挿入膜28のヤング率は圧電膜14より小さいことが好ましい。密度がほぼ同じであれば、ヤング率は音響インピーダンスと相關することから、挿入膜28の音響インピーダンスは圧電膜14より小さいことが好ましい。これにより、Q値を向上できる。また、挿入膜28を金属膜とすることにより実効的電気機械結合係数を向上できる。さらに、挿入膜28の音響インピーダンスを圧電膜14より小さくするため、圧電膜14が窒化アルミニウムを主成分とする場合、挿入膜28は、Al膜、Au(金)膜、Cu(銅)膜、Ti膜、Pt(白金)膜、Ta(タンタル)膜、Cr膜または酸化シリコン膜であることが好ましい。特に、ヤング率の観点から挿入膜28は、Al膜または酸化シリコン膜であることが好ましい。

20

#### 【0056】

図7は、実施例1の効果を説明するための断面図である。図7に示すように、実施例1によれば、複数の共振領域50が平面視において空隙30内に共通に設けられるように、上部電極16が分断され下部電極12は分断されていない。これにより、共振領域50間を接続する下部電極12と基板10との間に空隙30が設けられ。よって、寄生容量C0を小さくできる。例えば、図2(b)および図2(c)のように分割した圧電薄膜共振器80aおよび80bに適用することで、2次歪を抑制できる。2次歪を抑制するため、共振領域50の面積は略等しいことが好ましい。

30

#### 【0057】

また、挿入膜28が下部電極12と上部電極16との間に設けられ、平面視において複数の共振領域50の各々の外周領域52において少なくとも一部に設けられ、複数の共振領域50の各々の中央領域54には設けられていない。これにより、共振領域50から外部への弾性波の漏洩70aを抑制できる。さらに、共振領域50間の弾性波の漏洩70bを抑制できる。よって、圧電薄膜共振器のQ値等の特性劣化を抑制できる。

40

#### 【0058】

挿入膜28は、分断領域62に重なり、複数の共振領域50の各々の中央領域54には設けられていない。これにより、共振領域50間の弾性波の漏洩70bを抑制し、Q値等の圧電薄膜共振器の特性の劣化を抑制できる。分断領域62では、積層膜18が薄くなつてあり、積層膜18にクラック72等が入りやすい。挿入膜28を分断領域62に重ねることにより、分断領域62における積層膜18の強度を大きくできる。挿入膜28は、分断領域62より大きく、分断領域62に重なるように設けることが好ましい。

#### 【0059】

空隙30の中心60は、積層膜18に大きな応力が加わる。例えばドーム型の空隙30を形成しようとすると、空隙30の中心60が最も積層膜18の変位74が大きくなる。このため、クラック72が入りやすい。そこで、平面視において積層膜18を空隙30の

50

中心 6 0 を含むように設ける。これにより、積層膜 1 8 のクラック 7 2 等の機械的破壊を抑制できる。なお、空隙 3 0 の中心 6 0 は、例えば空隙 3 0 の平面形状の重心である。

#### 【 0 0 6 0 】

挿入膜 2 8 は、外周領域 5 2 の一部に設けられていればよいが、挿入膜 2 8 は、複数の共振領域 5 0 の各々の中央領域 5 4 を囲む閉ループ状に設けられていることが好ましい。これにより、共振領域 5 0 から外部への弾性波の漏洩、および共振領域 5 0 間の弾性波の漏洩を抑制でき、圧電薄膜共振器の Q 値等の特性劣化をより抑制できる。

#### 【 0 0 6 1 】

共振領域 5 0 外への弾性波の漏洩を抑制するためには、共振領域 5 0 内における挿入膜 2 8 の幅は漏洩する弾性波の波長の 1 / 2 程度が好ましい。このように、共振領域 5 0 内の挿入膜 2 8 の幅には好ましい値がある。よって、共振領域 5 0 内における挿入膜 2 8 の幅は略等しいことが好ましい。

#### 【 0 0 6 2 】

さらに、複数の共振領域 5 0 に対応する挿入膜 2 8 は一体として設けられていることが好ましい。これにより、弾性波デバイスを小型化できる。

#### 【 0 0 6 3 】

挿入膜 2 8 が圧電膜 1 4 内に設けられる例を説明したが、挿入膜 2 8 は、圧電膜 1 4 内、圧電膜 1 4 と上部電極 1 6 との間、および圧電膜 1 4 と下部電極 1 2 との間、の少なくとも 1 つに設けられていればよい。

#### 【 0 0 6 4 】

図 6 ( a ) および図 6 ( b ) のように、平面視において下部電極および上部電極の少なくとも一方の電極が設けられた領域(図 6 ( a ) の上部電極 1 6 と図 6 ( b ) の下部電極 1 2 のいずれかがまたは両方が設けられた領域)は空隙 3 0 の略全てと重なる。これにより、積層膜 1 8 の強度を大きくできる。略全て重なるとは、製造ばらつきによる誤差、および/または、引き出し領域 6 4 と幅広部 6 6 の間の領域を除外した程度にほぼ全て重なることである。空隙 3 0 は、共振領域 5 0 と分断領域 6 2 とを合わせた領域と略同じでもよい。

#### 【 0 0 6 5 】

##### ( 実施例 1 の変形例 1 )

図 8 ( a ) は、実施例 1 の変形例 1 に係る弾性波デバイスの平面図、図 8 ( b ) は、共振領域付近の平面図、図 8 ( c ) および図 8 ( d ) は、図 8 ( a ) の A - A 断面図である。図 8 ( a ) から図 8 ( d ) に示すように、分断領域 6 2 において上部電極 1 6 および上部圧電膜 1 4 b が除去されていてもよい。その他の構造は実施例 1 と同じであり説明を省略する。

#### 【 0 0 6 6 】

分断領域 6 2 における圧電膜 1 4 を全て除去すると、共振領域 5 0 を下部電極 1 2 で支持することとなる。よって、下部電極 1 2 が破損されやすくなる。そこで、分断領域 6 2 の圧電膜 1 4 の一部を除去する。これにより、共振領域 5 0 間の弾性波の漏洩をより抑制できる。分断領域 6 2 に挿入膜 2 8 が設けられている。挿入膜 2 8 をストップに分断領域 6 2 の上部電極 1 6 および上部圧電膜 1 4 b を除去することができる。これにより、圧電膜 1 4 の一部を制御よく除去できる。

#### 【 0 0 6 7 】

##### ( 実施例 1 の変形例 2 )

図 9 ( a ) は、実施例 1 の変形例 2 に係る弾性波デバイスの平面図、図 9 ( b ) は、共振領域付近の平面図、図 9 ( c ) および図 9 ( d ) は、図 9 ( a ) の A - A 断面図である。図 9 ( a ) から図 9 ( d ) に示すように、分断領域 6 2 において下部電極 1 2 が分断され、圧電膜 1 4 および上部電極 1 6 は分断されていない。その他の構造は実施例 1 と同じであり説明を省略する。

#### 【 0 0 6 8 】

実施例 1 およびその変形例 2 のように、分断領域 6 2 では、下部電極 1 2 および上部電

10

20

30

40

50

極 1 6 のいずれか一方が分断され下部電極 1 2 および上部電極 1 6 の他方が分断されなければならない。

#### 【 0 0 6 9 】

##### ( 実施例 1 の変形例 3 )

図 1 0 ( a ) は、実施例 1 の変形例 3 に係る弾性波デバイスの平面図、図 1 0 ( b ) は、共振領域付近の平面図、図 1 0 ( c ) および図 1 0 ( d ) は、図 1 0 ( a ) の A - A 断面図である。図 1 0 ( a ) から図 1 0 ( d ) に示すように、挿入膜 2 8 が設けられていない。その他の構造は実施例 1 と同じであり説明を省略する。

#### 【 0 0 7 0 】

特許文献 1 のように、平面視において空隙内に複数の共振領域を設けるときに、空隙内に下部電極および上部電極のいずれも設けられていない領域が存在すると、圧電膜が機械的に破壊され易くなる。実施例 1 の変形例 3 によれば、平面視において下部電極 1 2 および上部電極 1 6 の少なくとも一方の電極が設けられた領域が空隙 3 0 の略全てと重なっている。これにより、下部電極 1 2 および上部電極 1 6 の少なくとも一方が圧電膜 1 4 を補強する。このため、積層膜 1 8 の機械的破損を抑制できる。10

#### 【 0 0 7 1 】

##### ( 実施例 1 の変形例 4 )

図 1 1 ( a ) は、実施例 1 の変形例 4 に係る弾性波デバイスの平面図、図 1 1 ( b ) は、共振領域付近の平面図、図 1 1 ( c ) および図 1 1 ( d ) は、図 1 1 ( a ) の A - A 断面図である。図 1 1 ( a ) から図 1 1 ( d ) に示すように、挿入膜 2 8 は分断領域 6 2 に設けられその他の領域には設けられていない。その他の構造は実施例 1 と同じであり説明を省略する。20

#### 【 0 0 7 2 】

実施例 1 の変形例 4 のように、挿入膜 2 8 は、分断領域 6 2 以外に設けられていなくてよい。挿入膜 2 8 が分断領域 6 2 に設けられていれば、共振領域 5 0 間の弾性波の漏洩 7 0 b を抑制することにより、Q 値等の圧電薄膜共振器の特性の劣化を抑制できる。また、分断領域 6 2 における積層膜 1 8 の強度を大きくできる。

#### 【 0 0 7 3 】

##### ( 実施例 1 の変形例 5 )

図 1 2 ( a ) は、実施例 1 の変形例 5 に係る弾性波デバイスの平面図、図 1 2 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。図 1 2 ( a ) および図 1 2 ( b ) に示すように、空隙 3 0 の平面形状は円形状であり、共振領域 5 0 と分断領域 6 2 を合成した領域の平面形状は円形状である。その他の構造は実施例 1 と同じであり説明を省略する。30

#### 【 0 0 7 4 】

##### ( 実施例 1 の変形例 6 )

図 1 3 ( a ) は、実施例 1 の変形例 6 に係る弾性波デバイスの平面図、図 1 3 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。図 1 3 ( a ) および図 1 3 ( b ) に示すように、空隙 3 0 の平面形状は四角形状であり、共振領域 5 0 と分断領域 6 2 を合成した領域の平面形状は四角形状である。その他の構造は実施例 1 と同じであり説明を省略する。40

#### 【 0 0 7 5 】

##### ( 実施例 1 の変形例 7 )

図 1 4 ( a ) は、実施例 1 の変形例 7 に係る弾性波デバイスの平面図、図 1 4 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。図 1 4 ( a ) および図 1 4 ( b ) に示すように、空隙 3 0 の平面形状は五角形状であり、共振領域 5 0 と分断領域 6 2 を合成した領域の平面形状は五角形状である。その他の構造は実施例 1 と同じであり説明を省略する。

#### 【 0 0 7 6 】

実施例 1 の変形例 5 から 7 のように、空隙 3 0 および共振領域 5 0 と分断領域 6 2 を合成した領域の平面形状は円形状または多角形状でもよい。実施例 1 の変形例 1 から 4 においても空隙 3 0 および共振領域 5 0 と分断領域 6 2 を合成した領域の平面形状は円形状または多角形状としてもよい。空隙 3 0 と、共振領域 5 0 と分断領域 6 2 を合成した50

領域と、が相似形である例を説明したが、相似形でなくてもよい。

#### 【0077】

##### (実施例1の変形例8)

図15(a)は、実施例1の変形例8に係る弹性波デバイスの平面図、図15(b)は、共振領域付近の平面図である。図15(a)および図15(b)に示すように、空隙30および共振領域50と分断領域62とを合成した領域の平面形状は橢円形状であり、分断領域62は短軸に沿って設けられていてもよい。その他の構造は実施例1と同じであり説明を省略する。橢円形状を2分割する場合、短軸で2分割すると、共振領域50の縦横比が1に近くなる。このため、スプリアスを抑制できる。

#### 【0078】

10

##### (実施例1の変形例9)

図16(a)は、実施例1の変形例9に係る弹性波デバイスの平面図、図16(b)は、共振領域付近の平面図である。図16(a)および図16(b)に示すように、分断領域62と共振領域50との境界は波状である。分断領域62における挿入膜28の輪郭は波状である。その他の構造は実施例1と同じであり説明を省略する。分断領域62と共振領域50との境界を波状とすることでスプリアスを抑制できる。

#### 【0079】

##### (実施例1の変形例10)

図17(a)は、実施例1の変形例10に係る弹性波デバイスの平面図、図17(b)は、共振領域付近の平面図である。図17(a)および図17(b)に示すように、分断領域62は曲線状である。分断領域62に沿った挿入膜28は曲線状である。その他の構造は実施例1と同じであり説明を省略する。分断領域62を曲線状とすることで、スプリアスを抑制できる。また、空隙30の中心60が分断領域62に含まれない場合、中心60は挿入膜28と重ならなくてもよい。

20

#### 【0080】

##### (実施例1の変形例11)

図18(a)は、実施例1の変形例11に係る弹性波デバイスの平面図、図18(b)は、共振領域付近の平面図である。図18(a)および図18(b)に示すように、分断領域62は長軸および短軸から傾いている。分断領域62に沿った挿入膜28は長軸および短軸から傾いている。その他の構造は実施例1と同じであり説明を省略する。分断領域62を曲線状とすることで、スプリアスを抑制できる。

30

#### 【0081】

実施例1の変形例8から11の分断領域62の形状を実施例1およびその変形例1から7に適用してもよい。

#### 【0082】

##### (実施例1の変形例12)

実施例1の変形例12および13は、空隙の構成を変えた例である。図19(a)および図19(b)は、実施例1の変形例12および13における共振領域近傍の断面図である。図19(a)に示すように、基板10の上面に窪みが形成されている。下部電極12は、基板10上に平坦に形成されている。これにより、空隙30が、基板10の窪みに形成されている。空隙30は共振領域50を含むように形成されている。その他の構成は、実施例1と同じであり説明を省略する。空隙30は、基板10を貫通するように形成されてもよい。なお、下部電極12の下面に絶縁膜が接して形成されていてもよい。すなわち、空隙30は、基板10と下部電極12に接する絶縁膜との間に形成されてもよい。絶縁膜としては、例えば窒化アルミニウム膜を用いることができる。

40

#### 【0083】

##### (実施例1の変形例13)

図19(b)に示すように、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

50

れ略 / 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。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。

#### 【0084】

実施例 1 およびその変形例 1 から 11 において、実施例 1 の変形例 12 と同様に空隙 30 を形成してもよく、実施例 1 の変形例 13 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。

#### 【0085】

実施例 1 およびその変形例 1 から 12 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 F B A R (Film Bulk Acoustic Resonator) でもよい。また、実施例 1 の変形例 13 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 S M R (Solidly Mounted Resonator) でもよい。このように、基板 10 内または上に設けられる音響反射層は、空隙 30 、または音響特性の異なる少なくとも 2 種類の層が積層された音響反射膜 31 を含めばよい。

#### 【実施例 2】

#### 【0086】

実施例 2 は、デュプレクサの例である。図 20 は、実施例 2 に係るデュプレクサの回路図である。図 20 に示すように、共通端子 A nt はアンテナ 44 に接続される。共通端子 A nt と送信端子 Tx との間に送信フィルタ 40 が接続されている。共通端子 A nt と受信端子 Rx との間に受信フィルタ 42 が接続されている。共通端子 A nt とグランドとの間に整合回路としてインダクタ L1 が接続されている。送信フィルタ 40 は、送信端子 Tx 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 nt 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 nt 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 Rx に通過させ、他の周波数の信号を抑圧する。インダクタ L1 は、送信フィルタ 40 を通過した送信信号が受信フィルタ 42 に漏れず共通端子 A nt から出力されるようにインピーダンスを整合させる。

#### 【0087】

送信フィルタ 40 は、ラダー型フィルタである。共通端子 A nt と送信端子 Tx との間に 1 または複数の直列共振器 S1 から S4 が直列に接続されている。共通端子 A nt と送信端子 Tx との間に 1 または複数の並列共振器 P1 から P3 が並列に接続されている。並列共振器 P1 から P3 の一端は共通にインダクタ L2 を介し接地されている。並列共振器 P1 は共振器 P1a および P1b に直列に分割されている。

#### 【0088】

図 21(a) は、実施例 2 における送信フィルタの平面図、図 21(b) は、空隙の平面図である。図 21(a) に示すように、基板 10 上に直列共振器 S1 から S4 、並列共振器 P1 から P3 、配線 45 および端子 46 が形成されている。直列共振器 S1 から S4 、および並列共振器 P1 から P3 は共振領域 50 を有する。配線 45 は共振領域 50 同士を接続、および共振領域 50 と端子 46 とを接続する、端子 46 は入力端子 Tin 、出力端子 Tout およびグランド端子 Tg を含む。配線 45 および端子 46 は、下部電極 12 または上部電極 16 により形成されている。

#### 【0089】

図 21(a) および図 21(b) に示すように、並列共振器 P1 以外の共振器は、単一の空隙 30 に单一の共振領域 50 が設けられている。共振器 P1a および P1b は実施例 1 およびその変形例に係る圧電薄膜共振器であり、単一の空隙 30a に 2 つの共振領域 50 と分断領域 62 が設けられている。共振器 P1a および P1b が設けられた空隙 30a と他の空隙 30 とは橿円形状を有している。このように、空隙 30a と 30 とが同様の形状であるため、空隙 30a および 30 上に積層膜 18 を形成する応力条件をほぼ同一にできる。よって、空隙 30a および 30 と積層膜 18 とを容易に形成することができる。

#### 【0090】

10

20

30

40

50

実施例 2 のように、送信フィルタ 4 0 は、実施例 1 およびその変形例の单一の空隙 3 0 に設けられた複数の共振領域 5 0 にそれぞれ対応する複数の圧電薄膜共振器を含む。これにより、共振器 P 1 a と P 1 b との間の配線の寄生容量 C 0 を小さくできる。よって、2 次歪を抑制できる。また、積層膜の機械的な破壊を抑制できる。

#### 【0091】

実施例 2 では、送信フィルタ 4 0 に実施例 1 およびその変形例を用いる例を説明したが、受信フィルタ 4 2 に実施例 1 およびその変形例を用いてもよい。また、ラダー型フィルタに実施例 1 およびその変形例を用いる例を説明したがラティス型フィルタまたは多重モードフィルタでもよい。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。

10

#### 【0092】

また、並列共振器 P 1 が複数の共振器 P 1 a および P 1 b ( 分割共振器 ) に分割されており、共振器 P 1 a および P 1 b に対応する複数の共振領域 5 0 は空隙 3 0 a に共通に設けられている。これにより、2 次歪を抑制できる。分割される共振器は、1 または複数の直列共振器および 1 または複数の並列共振器の少なくとも 1 つの共振器であればよい。2 次歪を抑制する観点から出力端子に最も近い直列共振器 S 1 および / または並列共振器 P 1 が分割されていることが好ましい。

分割は、図 2 ( b ) のような並列分割でもよい。直列共振器および並列共振器の数は任意に設定できる。

#### 【実施例 3】

20

#### 【0093】

実施例 3 は、ラダー型フィルタに実施例 1 およびその変形例を用いる例である。図 2 2 ( a ) は、実施例 3 および比較例 2 に係るフィルタの回路図、図 2 2 ( b ) は、比較例 2 に係るフィルタの平面図である。

#### 【0094】

図 2 2 ( a ) に示すように、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 および S 2 が接続され、並列に並列共振器 P 1 が接続されている。図 2 2 ( b ) に示すように、基板 1 0 上に共振領域 5 0 、配線 4 5 および端子 4 6 が設けられている。配線 4 5 および端子 4 6 は下部電極 1 2 または上部電極 1 6 により形成されている。比較例 2 においては、基板 1 0 上に共振器に対応する 3 つの共振領域 5 0 が形成されている。3 つの共振領域 5 0 はそれぞれ単一の空隙 3 0 上に設けられている。

30

#### 【0095】

図 2 3 は、実施例 3 に係るフィルタの平面図である。図 2 3 に示すように、実施例 3 では、直列共振器 S 1 および S 2 に対応する共振領域 5 0 は空隙 3 0 に共通に設けられている。直列共振器 S 1 および S 2 の上部電極 1 6 は分断領域 6 2 で分断されている。直列共振器 S 1 および S 2 の上部電極 1 6 は共通に並列共振器 P 1 に接続されている。

#### 【0096】

実施例 3 のように、複数の直列共振器 S 1 および S 2 は単一の空隙 3 0 を共有する実施例 1 およびその変形例でもよい。

#### 【0097】

40

図 2 4 ( a ) は、実施例 3 の変形例 1 に係るフィルタの平面図、図 2 4 ( b ) は、共振領域付近の平面図である。図 2 4 ( a ) および図 2 4 ( b ) に示すように、空隙 3 0 に共通に直列共振器 S 1 および S 2 並びに並列共振器 P 1 に対応する 3 つの共振領域 5 0 が設けられている。上部電極 1 6 は分断領域 6 2 で分断されている。下部電極 1 2 は分断領域 6 2 に設けられている。3 つの共振器は下部電極 1 2 により電気的に接続されている。その他の構成は実施例 3 と同じであり説明を省略する。

#### 【0098】

図 2 5 ( a ) は、実施例 3 の変形例 2 に係るフィルタの回路図、図 2 5 ( b ) は、平面図、図 2 5 ( c ) は、共振領域付近の平面図である。図 2 5 ( a ) に示すように、直列共振器 S 1 と S 2 との間のノードとグランドと間に 2 つの並列共振器 P 1 および P 2 が並列

50

に接続されている。図25(b)および図25(c)に示すように、空隙30に共通に直列共振器S1およびS2並びに並列共振器P1およびP2に対応する4つの共振領域50が設けられている。上部電極16は分断領域62で分断されている。下部電極12は分断領域62に設けられている。4つの共振器は下部電極12により電気的に接続されている。その他の構成は実施例3と同じであり説明を省略する。

#### 【0099】

実施例3の変形例1および2のように、複数の直列共振器S1およびS2並びに並列共振器P1、P2は単一の空隙30を共有する実施例1およびその変形例でもよい。

#### 【0100】

実施例3の変形例のように、1または複数の直列共振器の少なくとも1つと1または複数の並列共振器の少なくとも1つに対応する共振領域50が空隙30に共通に設けられている。これにより、直列共振器と並列共振器との間の配線の寄生容量を抑制できる。また、積層膜の機械的な破壊を抑制できる。

10

#### 【0101】

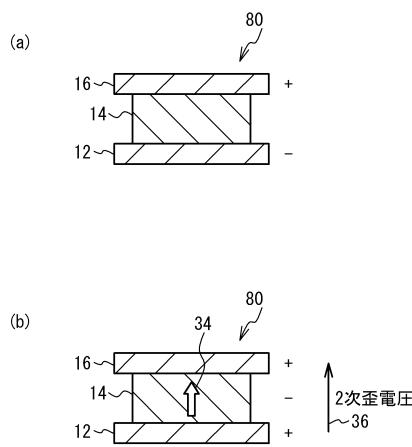
以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

#### 【符号の説明】

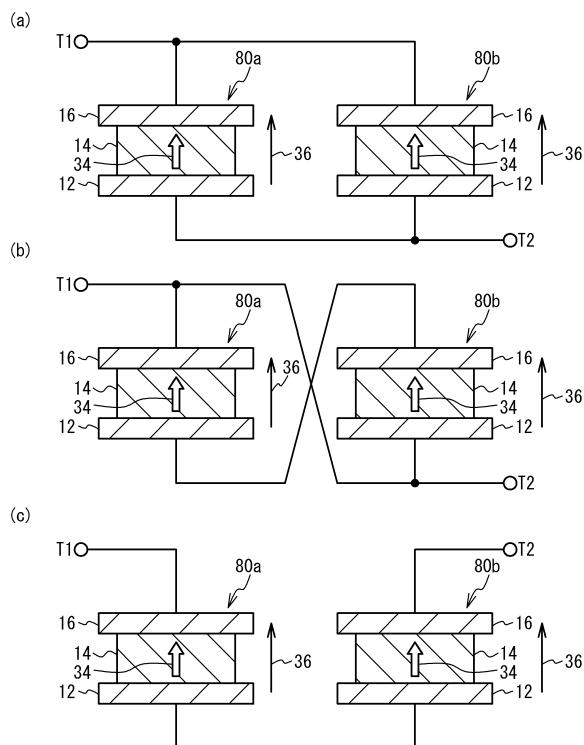
#### 【0102】

10	基板	20
12	下部電極	
14	圧電膜	
16	上部電極	
18	積層膜	
28	挿入膜	
30	空隙	
50	共振領域	
52	外周領域	
54	中央領域	
60	空隙の中心	30
62	分断領域	

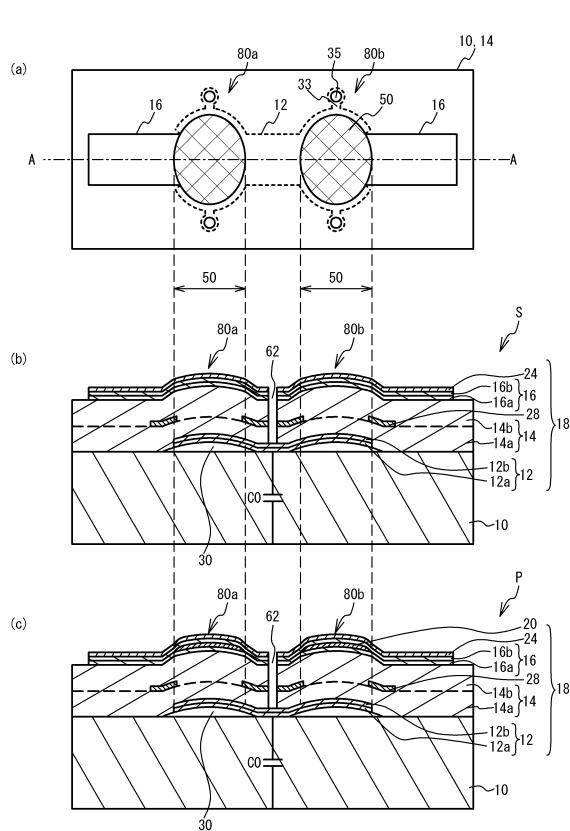
【図1】



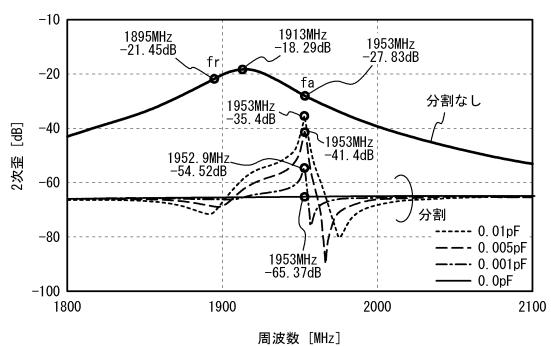
【図2】



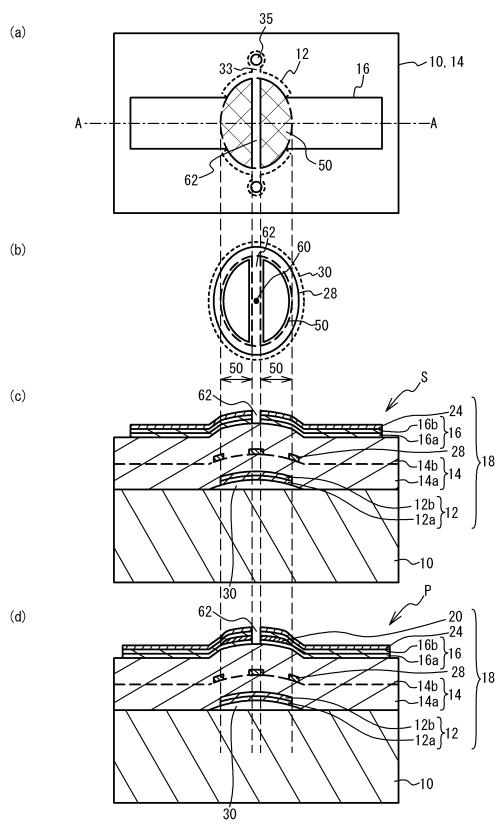
【図3】



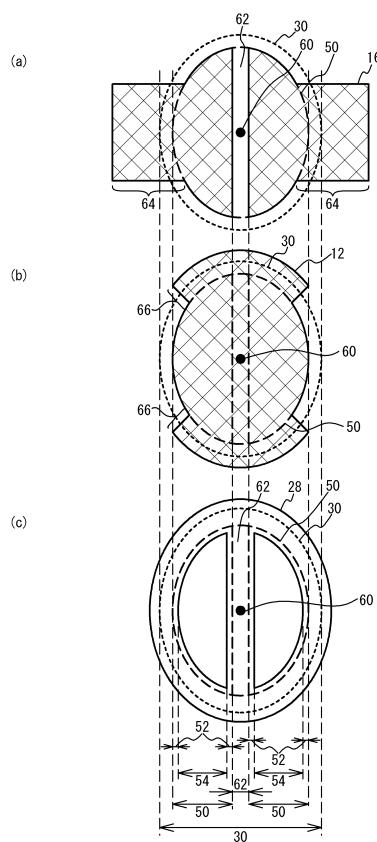
【図4】



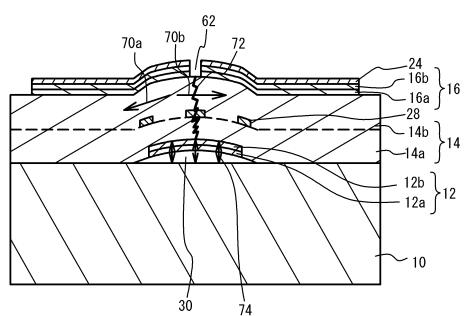
【図5】



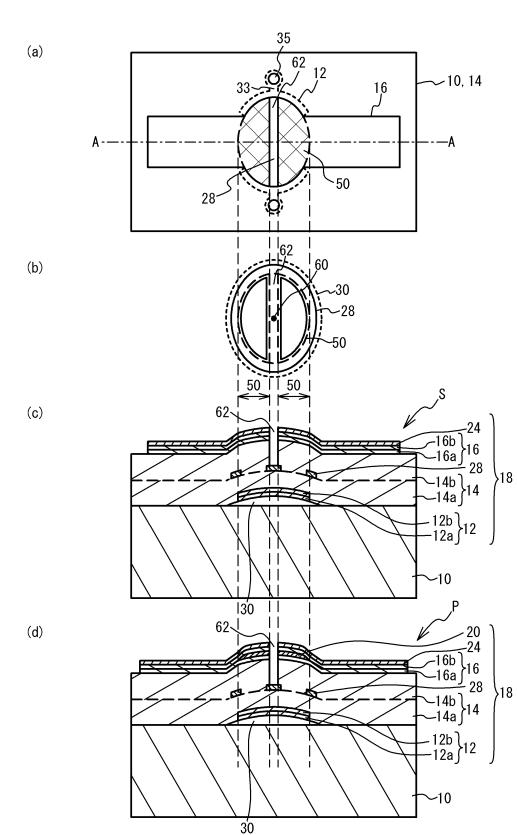
【図6】



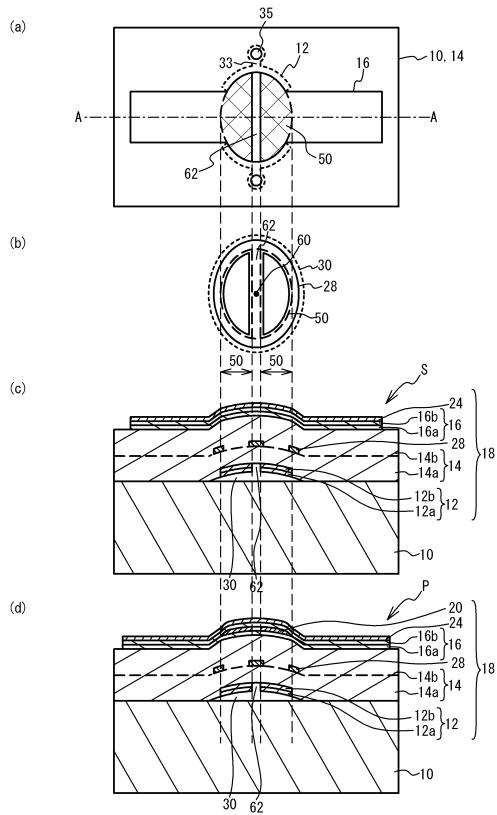
【図7】



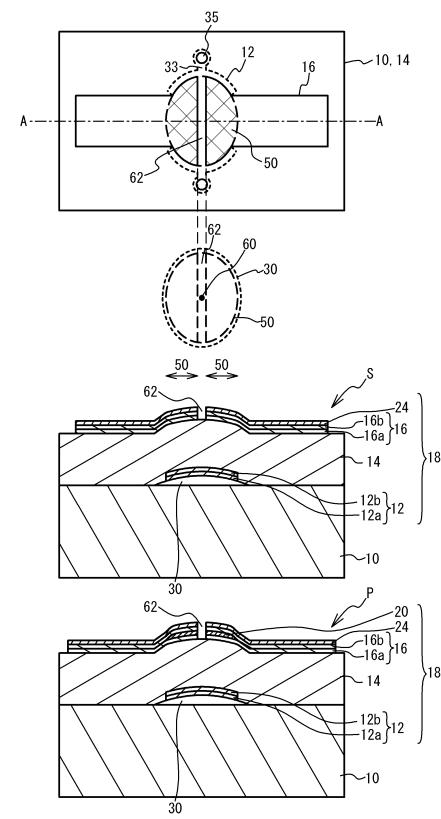
【図8】



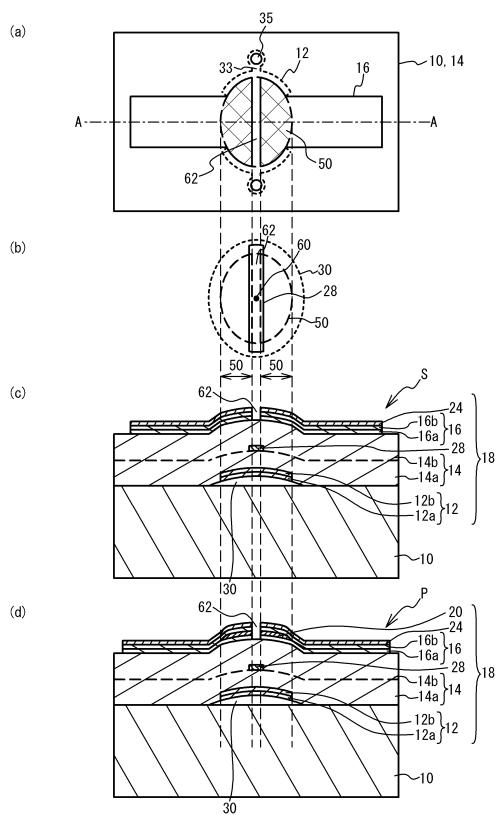
【図9】



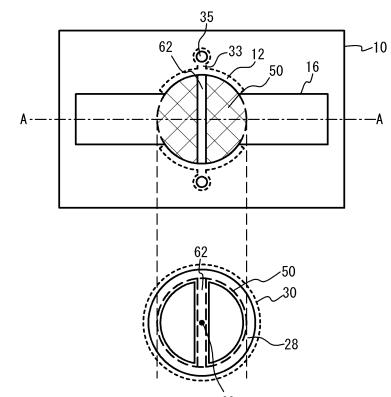
【図10】



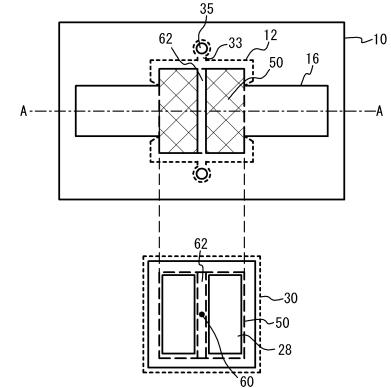
【図11】



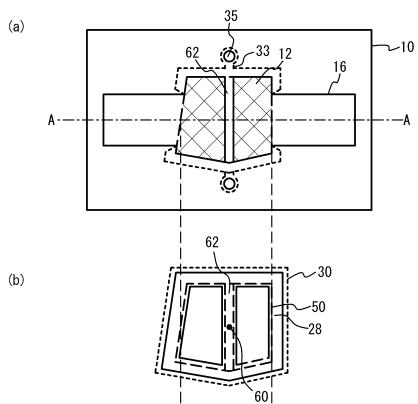
【図12】



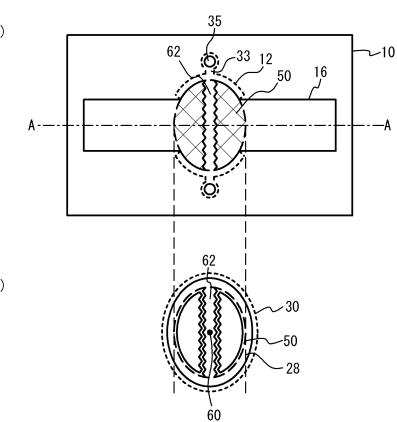
【図13】



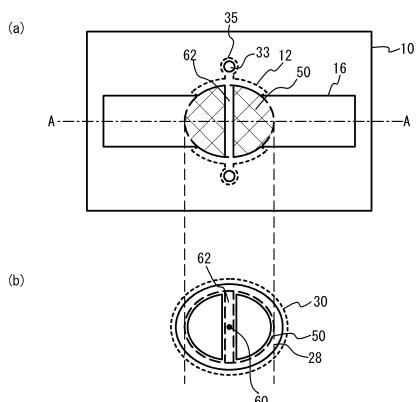
【図14】



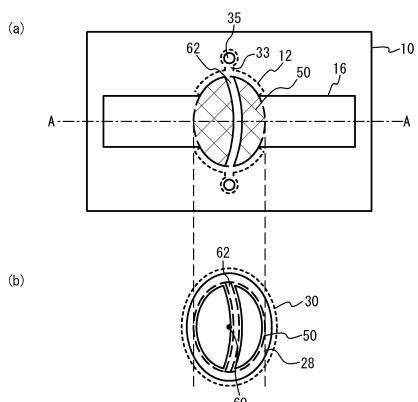
【図16】



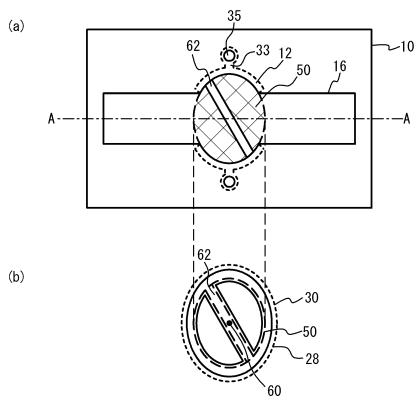
【図15】



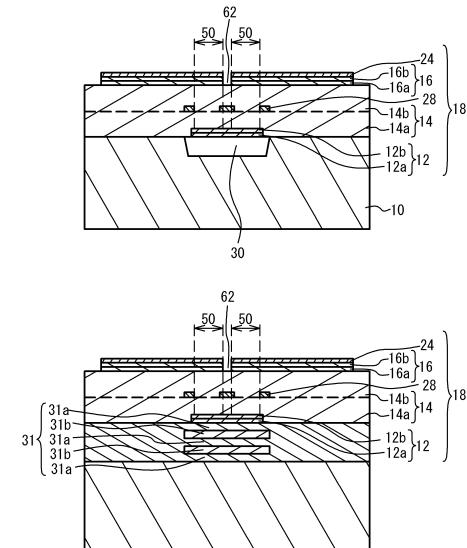
【図17】



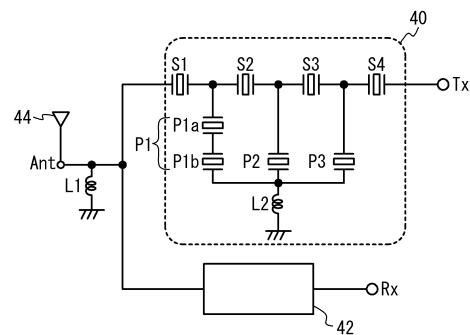
【図18】



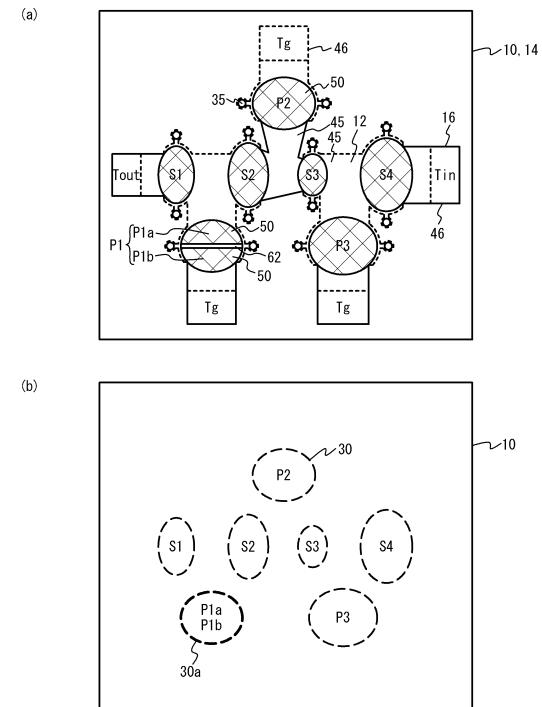
【図19】



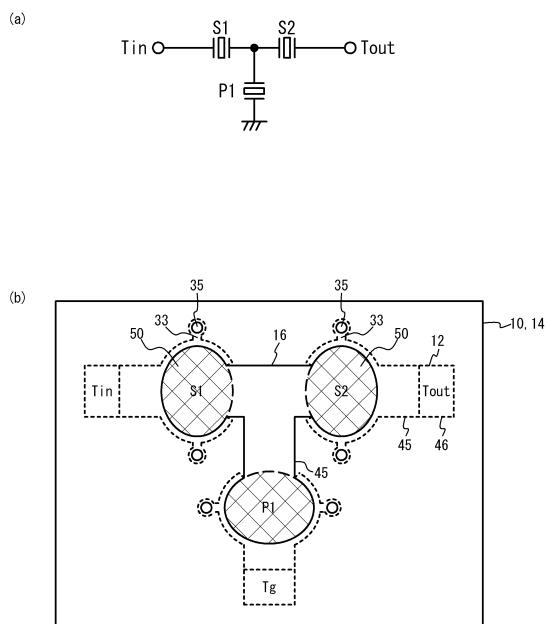
【図20】



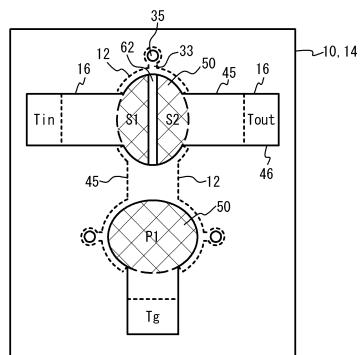
【図21】



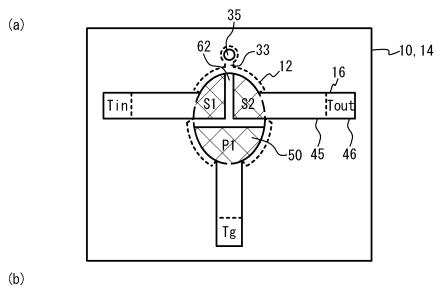
【図22】



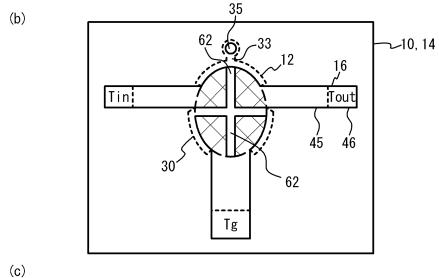
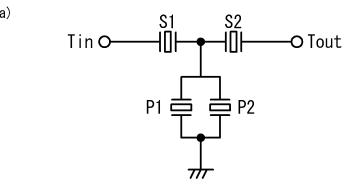
【図23】



【図24】



【図25】



---

フロントページの続き

(72)発明者 谷口 真司

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 入枝 泰成

東京都台東区上野 6 丁目 16 番 20 号 太陽誘電株式会社内

審査官 高 橋 徳浩

(56)参考文献 特開2008-211394 (JP, A)

特開2001-024476 (JP, A)

特開2006-229901 (JP, A)

特開2010-045437 (JP, A)

特開2015-119249 (JP, A)

特開2002-344279 (JP, A)

特開2006-060864 (JP, A)

特開2007-082218 (JP, A)

特開2008-131194 (JP, A)

特開2010-021914 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H3/007 - H03H3/10

H03H9/00 - H03H9/76