

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6668201号
(P6668201)

(45) 発行日 令和2年3月18日 (2020.3.18)

(24) 登録日 令和2年2月28日 (2020.2.28)

(51) Int.Cl.

F I

H03H 9/17 (2006.01)

H03H 9/17 F

H03H 9/54 (2006.01)

H03H 9/54 Z

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-170315 (P2016-170315)
 (22) 出願日 平成28年8月31日 (2016.8.31)
 (65) 公開番号 特開2018-37906 (P2018-37906A)
 (43) 公開日 平成30年3月8日 (2018.3.8)
 審査請求日 平成30年3月5日 (2018.3.5)

(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 矢神 義之
 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 岡村 龍一
 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 高岡 良知
 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

最終頁に続く

(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) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、

前記基板上に設けられ、窒化アルミニウム膜である圧電膜と、

前記圧電膜の少なくとも一部を挟んで対向した下部電極および上部電極と、

前記上部電極上に $0.8\mu\text{m}$ 以上かつ $3.0\mu\text{m}$ 以下の厚さで設けられ、前記圧電膜を挟み前記下部電極と前記上部電極とが対向する共振領域と平面視において少なくとも一部が重なり、前記共振領域の輪郭と、前記共振領域内に位置し前記輪郭から最も離れた下面の端部と、の距離は $0\mu\text{m}$ より大きくかつ $2\mu\text{m}$ より小さい配線層と、を具備し、

前記配線層は、前記上部電極上に設けられた密着層と、前記密着層上に設けられ、前記密着層より抵抗率の小さく、金属からなる低抵抗層と、を備え、

前記低抵抗層の厚さは $0.8\mu\text{m}$ 以上かつ $2.5\mu\text{m}$ 以下であり、

前記配線層は、前記上部電極が前記共振領域から引き出される引き出し領域から前記共振領域にかけて設けられ、

前記配線層は、前記輪郭と前記下面の端部との距離が略均一になるように前記共振領域と重なる領域を有し、

前記共振領域のうち前記配線層が設けられていない領域の大きさは、前記圧電膜に励振される弾性波の波長以上である圧電薄膜共振器。

【請求項2】

前記低抵抗層の厚さは $1.0\ \mu\text{m}$ 以上かつ $2.5\ \mu\text{m}$ 以下であり、前記距離は $0.5\ \mu\text{m}$ 以上かつ $2.0\ \mu\text{m}$ より小さい請求項 1 記載の圧電薄膜共振器。

【請求項 3】

前記共振領域の平面形状は楕円形状または多角形状である請求項 1 または 2 に記載の圧電薄膜共振器。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項記載の圧電薄膜共振器を含むフィルタ。

【請求項 5】

請求項 4 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】

10

【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し、例えば上部電極上に配線が設けられた圧電薄膜共振器、フィルタおよびマルチプレクサに関する。

【背景技術】

【0002】

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デュプ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。上部電極の引き出し領域上に付加膜を設けることで、Q 値を向上させることが知られている（例えば特許文献 1）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 128993 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 では、配線層等の付加膜を設けることで、共振領域から横方向に漏えいする弾性波を抑制し、Q 値を向上させることができる。しかしながら、配線層の好ましい形状については考慮されていない。

30

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、適切な配線層の形状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】

【0006】

本発明は、基板と、前記基板上に設けられ、窒化アルミニウム膜である圧電膜と、前記圧電膜の少なくとも一部を挟んで対向した下部電極および上部電極と、前記上部電極上に $0.8\ \mu\text{m}$ 以上かつ $3.0\ \mu\text{m}$ 以下の厚さで設けられ、前記圧電膜を挟み前記下部電極と前記上部電極とが対向する共振領域と平面視において少なくとも一部が重なり、前記共振領域の輪郭と、前記共振領域内に位置し前記輪郭から最も離れた下面の端部と、の距離は $0\ \mu\text{m}$ より大きくかつ $2\ \mu\text{m}$ より小さい配線層と、を具備し、前記配線層は、前記上部電極上に設けられた密着層と、前記密着層上に設けられ、前記密着層より抵抗率の小さく、金属からなる低抵抗層と、を備え、前記低抵抗層の厚さは $0.8\ \mu\text{m}$ 以上かつ $2.5\ \mu\text{m}$ 以下であり、前記配線層は、前記上部電極が前記共振領域から引き出される引き出し領域から前記共振領域にかけて設けられ、前記配線層は、前記輪郭と前記下面の端部との距離が略均一になるように前記共振領域と重なる領域を有し、前記共振領域のうち前記配線層が設けられていない領域の大きさは、前記圧電膜に励振される弾性波の波長以上である圧電薄膜共振器である。

40

【0009】

50

上記構成において、前記低抵抗層の厚さは $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 以上かつ $2.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記距離は $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以上かつ $2.0\text{ }\mu\text{m}$ より小さい構成とすることができる。

【0011】

上記構成において、前記共振領域の平面形状は楕円形状または多角形状である構成とすることができる。

【0012】

上記構成において、前記圧電膜は窒化アルミニウム膜である構成とすることができる。

【0013】

本発明は、上記圧電薄膜共振器を含むフィルタである。

【0014】

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】

【0015】

本発明によれば、適切な配線層の形状を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1(a)は、実施例1に係る圧電薄膜共振器の平面図、図1(b)は、図1(a)のA-A断面図である。

【図2】図2は、実施例1における拡大断面図である。

【図3】図3は、実施例1におけるシミュレーションを行った構造を示す断面図である。

【図4】図4は、距離 L_1 に対するFOMを示す図である。

【図5】図5(a)および図5(b)は、変位の大きい領域を示す断面図(その1)である。

【図6】図6(a)および図6(b)は、変位の大きい領域を示す断面図(その2)である。

【図7】図7は、 T_1 に対するFOMを示す図である。

【図8】図8は、 L_1 に対するFOMを示す図である。

【図9】図9(a)から図9(c)は、それぞれ実施例1の変形例1から3に係る圧電薄膜共振器の断面図である。

【図10】図10(a)は、実施例2に係るフィルタの回路図、図10(b)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】

【0017】

以下図面を参照し、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】

【0018】

図1(a)は、実施例1に係る圧電薄膜共振器の平面図、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、基板10上に、下部電極12が設けられている。基板10の平坦主面と下部電極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。

【0019】

下部電極12上に、(002)方向を主軸とする窒化アルミニウム(A1N)を主成分とする圧電膜14が設けられている。共振領域50は、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と同じ大きさまたは小さく、空隙30に重なる。

【0020】

下部電極12は共振領域50から引き出し領域57に引き出されている。上部電極16は共振領域50から引き出し領域58に引き出されている。引き出し領域58において、

10

20

30

40

50

上部電極 16 上に配線層 20 が形成されている。配線層 20 は、圧電薄膜共振器間を電氣的に接続および/または圧電薄膜共振器とパッドとを電氣的に接続する。配線層 20 は上部電極 16 より低抵抗であるため、配線層 20 を共振領域 50 まで設けることで損失等を抑制できる。配線層 20 の厚さは T1 である。平面視において配線層 20 は共振領域 50 の一部と重なっており、配線層 20 と共振領域 50 との重なり距離はオーバーラップ長 L1 である。共振領域 50 における上部電極 16 上に保護膜 24 が形成されている。共振領域 50 において弾性波が共振する積層膜 18 は、下部電極 12、圧電膜 14、上部電極 16 および保護膜 24 を含む。

【0021】

図 1 (a) のように、下部電極 12 には犠牲層をエッチングするための導入路 33 が形成されている。犠牲層は空隙 30 を形成するための層である。導入路 33 の先端付近は圧電膜 14 で覆われておらず、下部電極 12 は導入路 33 の先端に孔部 35 を有する。

【0022】

基板 10 は、例えばシリコン (Si) 基板である。下部電極 12 は、例えば基板 10 側から Cr (クロム) 膜および (ルテニウム) 膜である。圧電膜 14 は、例えば (002) 方向を主軸とする AlN (窒化アルミニウム) 膜である。上部電極 16 は、例えば圧電膜 14 側から Ru 膜および Cr 膜である。保護膜 24 は、例えば酸化シリコン膜である。配線層 20 は、Au (金) 層である。各層の材料および膜厚は、所望の共振特性を得るため適宜設定することができる。

【0023】

基板 10 としては、シリコン基板以外に、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 (アルミニウム)、Ti (チタン)、Cu (銅)、Mo (モリブデン)、W (タングステン)、Ta (タンタル)、Pt (白金)、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。保護膜 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。

【0024】

圧電膜 14 は、窒化アルミニウム以外にも、ZnO (酸化亜鉛)、PZT (チタン酸ジルコン酸鉛)、PbTiO₃ (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 族の元素と 4 族の元素との 2 つの元素、または 2 族と 5 族との 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を向上できる。2 族の元素は、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 族の元素は、例えば Ti、Zr (ジルコニウム) または Hf (ハフニウム) である。5 族の元素は、例えば Ta、Nb (ニオブ) または V (バナジウム) である。

【0025】

配線層 20 は、Au 層以外に、Cu 層等の低抵抗層を用いることができる。低抵抗層と上部電極 16 との間に、Ti 層等の密着層が設けられていてもよい。低抵抗層は密着層より抵抗が低い。

【0026】

配線層 20 が共振領域 50 と重なっている場合の効果について説明する。図 2 は、実施例 1 における拡大断面図である。図 2 に示すように、共振領域 50 の上部電極 16 の引き出し領域 58 側においては、圧電膜 14 は、下部電極 12 の端部を覆うように形成される。このため、下部電極 12 の端部上の圧電膜 14 にクラック 60 が形成されることがある。これにより、共振領域 50 の積層膜 18 が剥離する可能性がある。また、上部電極 16 にクラック 60 が導入されると、上部電極 16 の導通が遮断される可能性がある。

【0027】

10

20

30

40

50

実施例 1 では、配線層 20 が引き出し領域 58 から共振領域 50 まで延伸している。これにより、配線層 20 が積層膜 18 を押さえるため、共振領域 50 の積層膜 18 の剥離を抑制できる。また、上部電極 16 にクラックが入った場合でも、配線層 20 を介し上部電極 16 の導通を確保することができる。このように、配線層 20 は共振領域 50 の一部に重なっていることが好ましい。

【0028】

次に、配線層 20 の形状を変え圧電薄膜共振器の特性をシミュレーションした。シミュレーションは 2 次元の有限要素法を用いた。図 3 は、実施例 1 におけるシミュレーションを行った構造を示す断面図である。図 3 に示すように、基板 10 に空隙 30 が形成されている。下部電極 12 として、下層 12a および上層 12b が設けられている。上部電極 16 として、下層 16a および上層 16b が設けられている。配線層 20 として、密着層 20a と低抵抗層 20b が設けられている。

10

【0029】

下部電極 12 の端面は基板 10 の上面に対し角度 1 傾斜している。これにより、圧電膜 14 に入るクラックを小さくできる。低抵抗層 20b の端面は、基板 10 の上面に対し角度 2 傾斜している。低抵抗層 20b の厚さを T_1 、共振領域 50 と配線層 20 とが重なる距離をオーバーラップ長 L_1 とする。密着層 20a の端面は基板 10 の上面に対し垂直である。共振領域 50 の長さを L_2 、引き出し領域 58 の長さを L_3 とする。引き出し領域 58 の端部および基板 10 の下面は理想的な減衰材 64 に接している。圧電薄膜共振器を作製したときには、配線層 20 と保護膜 24 との間には隙間が生じることもあるが、この隙間は非常に小さいため、シミュレーション結果にほとんど影響しない。

20

【0030】

以下に、各層の材料および寸法を示す。

配線層 20 の低抵抗層 20b : 膜厚が T_1 の Au

配線層 20 の密着層 20a : 膜厚が 100 nm の Ti

保護膜 24 : 膜厚が 70 nm の SiO_2

上部電極 16 の上層 16b : 膜厚が 40 nm の Cr

上部電極 16 の下層 16a : 膜厚が 300 nm の Ru

圧電膜 14 : 膜厚が 1100 nm の AlN

下部電極 12 の上層 12b : 膜厚が 200 nm の Ru

下部電極 12 の下層 12a : 膜厚が 100 nm の Cr

共振領域 50 の長さ L_2 : 110 μm

引き出し領域 58 の長さ L_3 : 30 μm

下部電極 12 端面の角度 1 : 35°

低抵抗層 20b 端面の角度 2 : 37°

30

【0031】

低抵抗層 20b の厚さ T_1 を 0.6 μm および 3 μm とし、配線層 20 と共振領域 50 との重なる長さ L_1 を 0.5 μm および 2.5 μm とし、FOM をシミュレーションした。シミュレーションした周波数範囲は 1930 MHz から 1995 MHz である。FOM は、電気機械結合係数 $k^2 \times$ (共振周波数における Q 値 \times 反共振周波数における Q 値) である。FOM が高くなると圧電薄膜共振器を用いたフィルタの損失が小さくなる。

40

【0032】

図 4 は、距離 L_1 に対する FOM を示す図である。ドットはシミュレーションした値を示し、直線はドットを結ぶ直線である。図 4 に示すように、 $T_1 = 0.6 \mu m$ では、 L_1 が大きくなると FOM が大きくなるのに対し、 $T_1 = 3 \mu m$ では、 L_1 が大きくなると FOM が小さくなる。

【0033】

このように、 T_1 により L_1 に対する FOM の振る舞いが異なる。この原因を調べるため、各層内の弾性波の変位の大きさをシミュレーションした。

【0034】

50

図5(a)から図6(b)は、変位の大きい領域を示す断面図であり、それぞれ $T1 = 0.6 \mu\text{m}$ および $L1 = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $T1 = 0.6 \mu\text{m}$ および $L1 = 2.5 \mu\text{m}$ 、 $T1 = 1.0 \mu\text{m}$ および $L1 = 0.5 \mu\text{m}$ 、並びに $T1 = 1.0 \mu\text{m}$ および $L1 = 2.5 \mu\text{m}$ である。図5(a)から図6(b)において、クロスの領域62は、弾性波の変位が $7.6923 \times 10^{-6} \mu\text{m}$ 以上の領域である。

【0035】

図5(a)および図5(b)に示すように、 $T1 = 0.6 \mu\text{m}$ のとき、 $L1 = 0.5 \mu\text{m}$ に比べ $L1 = 2.5 \mu\text{m}$ では引き出し領域58における配線層20付近の領域62の面積が小さい。これは、 $L1 = 2.5 \mu\text{m}$ とすることで、共振領域50から引き出し領域58への弾性波の漏れが抑制されることを示している。これにより、 $L1$ を長くすると弾性波の漏れに起因する損失が抑制できる。

10

【0036】

一方、図6(a)および図6(b)に示すように、 $T1 = 1.0 \mu\text{m}$ のとき、 $L1 = 0.5 \mu\text{m}$ に比べ $L1 = 2.5 \mu\text{m}$ では引き出し領域58における配線層20付近の領域62の面積が大きい。これは、 $L1 = 2.5 \mu\text{m}$ とすることで、共振領域50から引き出し領域58へ配線層20を伝搬した弾性波の漏れが生じることを示している。これにより、 $L1$ を長くすると弾性波の漏れに起因する損失が生じる。

【0037】

以上のように、 $T1$ が小さいと、 $L1$ を大きくすることで、共振領域50から引き出し領域58への弾性波の漏れが抑制でき、FOMが向上する。一方、 $T1$ が大きいと、 $L1$ を大きくすることで、共振領域50から引き出し領域58へ配線層20を介し弾性波が漏れ、FOMが低下する。

20

【0038】

$T1$ および $L1$ を変えた圧電薄膜共振器を作製しFOMを測定した。各層の条件はシミュレーションで用いた材料および寸法と同じである。共振領域50は、短軸長が $120 \mu\text{m}$ および長軸長が $200 \mu\text{m}$ の楕円形とした。空隙30は平坦な基板10の上面上に形成されたドーム状とした。

【0039】

図7は、 $T1$ に対するFOMを示す図である。 $L1 = 3 \mu\text{m}$ である。ドットは測定した値を示し、直線はドットを結ぶ直線である。図7に示すように、 $T1 = 0.6 \mu\text{m}$ および $1.0 \mu\text{m}$ ではFOMはほぼ同じであるが、 $T1 = 1.5 \mu\text{m}$ および $2.5 \mu\text{m}$ ではFOMが小さくなる。

30

【0040】

図8は、 $L1$ に対するFOMを示す図である。 $T1 = 0.6 \mu\text{m}$ 、 $1.0 \mu\text{m}$ および $2.5 \mu\text{m}$ とし、 $L1$ を $-1 \mu\text{m}$ から $3 \mu\text{m}$ まで $0.5 \mu\text{m}$ ステップで変化させている。ドットは測定した値を示し、直線はドットを結ぶ直線である。図8に示すように、 $T1 = 0.6 \mu\text{m}$ では、 $L1$ が大きくなるとFOMが大きくなる。 $T1 = 1.0 \mu\text{m}$ および $2.5 \mu\text{m}$ では、 $L1 < 1.5 \mu\text{m}$ では $L1$ が大きくなるとFOMは大きくなるが、 $L1 > 1.5 \mu\text{m}$ では $L1$ が大きくなるとFOMは小さくなる。以上により、 $T1 = 0.6 \mu\text{m}$ では、配線層20を介した弾性波の漏れは小さいが、 $T1 = 1.0 \mu\text{m}$ では配線層20を介した弾性波の漏れが大きくなると考えられる。これは、図5(a)から図5(b)で示したシミュレーション結果と一致する。

40

【0041】

低抵抗層20bの膜厚 $T1$ が大きくなると配線層20の抵抗が低くなる。これにより、配線による損失が小さくなる。例えば配線層20の幅を $5 \mu\text{m}$ とし、周波数が 1950 MHz の高周波信号について長さが $1 \mu\text{m}$ 当たりの配線による損失を測定した。以下、結果を示す。

$T1 = 0.6 \mu\text{m}$: $-0.00132 \text{ dB} / \mu\text{m}$

$T1 = 1.0 \mu\text{m}$: $-0.00112 \text{ dB} / \mu\text{m}$

$T1 = 2.5 \mu\text{m}$: $-0.00088 \text{ dB} / \mu\text{m}$

50

T 1 が大きくなると損失が小さくなる。

【 0 0 4 2 】

図 2 のように、 $L 1 > 0$ とすることにより、クラック 6 0 による積層膜 1 8 の剥離および / または上部電極 1 6 の導通不良を抑制できる。しかしながら、損失を抑制するため、配線層 2 0 の厚さ T 1 を大きくすると、図 7 のように、F O M が小さくなってしまう。そこで、オーバーラップ長 $L 1$ を小さくする。これにより、F O M を大きくできる。配線による損失を小さくするため、T 1 は、 $0.8 \mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上がより好ましく、 $1.5 \mu\text{m}$ 以上がさらに好ましい。F O M の劣化を抑制するため、T 1 は、 $3.0 \mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $2.5 \mu\text{m}$ 以下がより好ましい。クラック 6 0 による積層膜 1 8 の剥離および / または上部電極 1 6 の導通不良を抑制するため、 $L 1$ は $0 \mu\text{m}$ より大きいことが好ましく、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上がより好ましく、 $1 \mu\text{m}$ 以上がさらに好ましい。F O M の劣化を抑制するため、 $L 1$ は $2.0 \mu\text{m}$ より小さいことが好ましく、 $1.5 \mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

10

【 0 0 4 3 】

以上のように、実施例 1 によれば、図 1 (a) および図 1 (b) のように、オーバーラップ長 $L 1$ は、共振領域 5 0 の輪郭と、共振領域 5 0 の内に位置し輪郭から最も離れた配線層 2 0 の下面の端部と、の距離である。そして、オーバーラップ長 $L 1$ は $0 \mu\text{m}$ より大きくかつ $2 \mu\text{m}$ より小さい。配線層 2 0 の厚さ T 1 は $0.8 \mu\text{m}$ 以上かつ $3.0 \mu\text{m}$ 以下である。これにより、配線層 2 0 による損失を小さくし、かつ F O M を大きくできる。このように、配線層 2 0 の形状を最適化できる。

20

【 0 0 4 4 】

配線層 2 0 は、上部電極 1 6 上に設けられた密着層 2 0 a と、密着層 2 0 a 上に設けられ、密着層 2 0 a より抵抗率の小さい材料からなる低抵抗層 2 0 b と、を備えている。このとき、低抵抗層 2 0 b の厚さ T 1 は $0.8 \mu\text{m}$ 以上かつ $3.0 \mu\text{m}$ 以下である。これにより、配線層 2 0 による損失を小さくし、かつ F O M を大きくできる。シミュレーションおよび測定したサンプルでは、低抵抗層 2 0 b の厚さを T 1 とした。しかし、配線層 2 0 においては、密着層 2 0 a は低抵抗層 2 0 b に対す十分薄い。よって、配線層 2 0 の厚さと低抵抗層 2 0 b の厚さとはほぼ等しい。

【 0 0 4 5 】

低抵抗層 2 0 b が金属の場合について説明したが、低抵抗層 2 0 b としては、Au 以外にも抵抗率の低い材料として、Cu、Al 等を用いることができる。このような材料では、弾性波の配線層 2 0 を介した漏れの観点では、Au と同様の振る舞いを示すと考えられる。また、弾性波の配線層 2 0 を介した漏れの観点では、下部電極 1 2、圧電膜 1 4 および上部電極 1 6 の材料はあまり影響しないと考えられる。

30

【 0 0 4 6 】

低抵抗層 2 0 b を金属とした場合、図 8 のように、T 1 は $1.0 \mu\text{m}$ 以上かつ $2.5 \mu\text{m}$ 以下であり、 $L 1$ は $0.5 \mu\text{m}$ 以上かつ $2.0 \mu\text{m}$ より小さいことが好ましい。これにより、配線層 2 0 による損失を小さくし、かつ F O M を大きくできる。

【 0 0 4 7 】

図 1 (a) および図 1 (b) のように、配線層 2 0 は、上部電極 1 6 が共振領域 5 0 から引き出される引き出し領域 5 8 から共振領域 5 0 にかけて設けられている。これにより、共振領域 5 0 から引き出し領域 5 8 への弾性波の漏れを抑制できる。

40

【 0 0 4 8 】

図 1 (a) のように、平面視において、配線層 2 0 は、共振領域 5 0 の輪郭と配線層 2 0 の下面の端部との距離 (オーバーラップ長 $L 1$) が略均一になるように共振領域と重なる領域を有することが好ましい。これにより、共振領域 5 0 からの弾性波の漏れをより抑制できる。オーバーラップ長 $L 1$ が略均一となる領域は、引き出し領域 5 8 側であることが好ましい。共振領域 5 0 から引き出し領域 5 8 への弾性波の漏れを抑制できる。

【 0 0 4 9 】

配線層 2 0 は上部電極 1 6 上に加え、下部電極 1 2 上に設けられていてもよい。

50

【 0 0 5 0 】

[実施例 1 の変形例 1]

図 9 (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 9 (a) に示すように、圧電膜 1 4 は、下部圧電膜 1 4 a と下部圧電膜 1 4 a 上に設けられた上部圧電膜 1 4 b とを備える。下部圧電膜 1 4 a と上部圧電膜 1 4 b との間に挿入膜 2 8 が挿入されている。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。

【 0 0 5 1 】

挿入膜 2 8 は、共振領域 5 0 内の外周領域 5 2 に設けられ中央領域 5 4 に設けられていない。外周領域 5 2 は、共振領域 5 0 内の領域であって、共振領域 5 0 の外周を含み外周に沿った領域である。中央領域 5 4 は、共振領域 5 0 内の領域であって、共振領域 5 0 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。

10

【 0 0 5 2 】

挿入膜 2 8 を圧電膜 1 4 よりヤング率の小さい材料または音響インピーダンスの小さい材料とする。これにより、共振領域 5 0 から横方向に漏洩する弾性波を抑制できる。挿入膜 2 8 としては、例えば酸化シリコン膜またはアルミニウム膜を用いることができる。

【 0 0 5 3 】

挿入膜 2 8 は、下部電極 1 2 と圧電膜 1 4 との間に設けられていてもよい。また、挿入膜 2 8 は、圧電膜 1 4 と上部電極 1 6 との間に設けられていてもよい。

【 0 0 5 4 】

下部圧電膜 1 4 a と上部圧電膜 1 4 b との間、下部電極 1 2 と圧電膜 1 4 との間、または圧電膜 1 4 と上部電極 1 6 との間に温度補償膜が挿入されていてもよい。温度補償膜は、圧電膜 1 4 の弾性定数の温度係数とは逆符号の弾性定数の温度係数を有する。これにより、圧電薄膜共振器の周波数温度依存性を抑制できる。温度補償膜としては、例えば酸化シリコン膜を用いることができる。

20

【 0 0 5 5 】

[実施例 1 の変形例 2]

実施例 1 の変形例 2 は、空隙の構成を変えた例である。図 9 (b) 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 9 (b) に示すように、基板 1 0 の上面に窪みが形成されている。下部電極 1 2 は、基板 1 0 上に平坦に形成されている。これにより、空隙 3 0 が、基板 1 0 の窪みに形成されている。空隙 3 0 は共振領域 5 0 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。なお、下部電極 1 2 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 3 0 は、基板 1 0 と下部電極 1 2 に接する絶縁膜との間に形成されていてもよい。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。

30

【 0 0 5 6 】

[実施例 1 の変形例 3]

実施例 1 の変形例 3 は空隙の代わりに音響反射膜を用いる例である。図 9 (c) 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 9 (c) に示すように、共振領域 5 0 の下部電極 1 2 下に音響反射膜 3 1 が形成されている。音響反射膜 3 1 は、音響インピーダンスの低い膜 3 1 a と音響インピーダンスの高い膜 3 1 b とが交互に設けられている。膜 3 1 a および 3 1 b の膜厚は例えばそれぞれ略 $\lambda/4$ (λ は弾性波の波長) である。膜 3 1 a と膜 3 1 b の積層数は任意に設定できる。例えば、音響反射膜 3 1 は、基板 1 0 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。

40

【 0 0 5 7 】

実施例 1 およびその変形例 1 において、実施例 1 の変形例 2 と同様に空隙 3 0 を形成してもよく、実施例 1 の変形例 3 と同様に空隙 3 0 の代わりに音響反射膜 3 1 を形成してもよい。

【 0 0 5 8 】

実施例 1 およびその変形例 1 および 2 のように、圧電薄膜共振器は、共振領域 5 0 にお

50

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 3 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。

【0059】

実施例 1 およびその変形例において、共振領域 50 は楕円形状を例に説明したが、共振領域 50 は四角形または五角形等の多角形でもよい。

【実施例 2】

10

【0060】

実施例 2 は、実施例 1 およびその変形例の圧電薄膜共振器を用いたフィルタおよびデュプレクサの例である。図 10 (a) は、実施例 2 に係るフィルタの回路図である。図 10 (a) に示すように、入力端子 T1 と出力端子 T2 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。入力端子 T1 と出力端子 T2 との間に、1 または複数の並列共振器 P1 から P4 が並列に接続されている。1 または複数の直列共振器 S1 から S4 および 1 または複数の並列共振器 P1 から P4 の少なくとも 1 に実施例 1 およびその変形例の圧電薄膜共振器を用いることができる。ラダー型フィルタの共振器の個数等は適宜設定できる。実施例 1 およびその変形例の圧電薄膜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。

20

【0061】

[実施例 2 の変形例 1]

図 10 (b) 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 10 (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 44 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 46 が接続されている。送信フィルタ 44 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 46 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 44 および受信フィルタ 46 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

【0062】

フィルタは実施例 1 およびその変形例の圧電薄膜共振器を含む。これにより、損失を抑制できる。また、送信フィルタ 44 および受信フィルタ 46 の少なくとも一方を実施例 1 およびその変形例の圧電薄膜共振器を含むフィルタとすることができる。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。

【0063】

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】

40

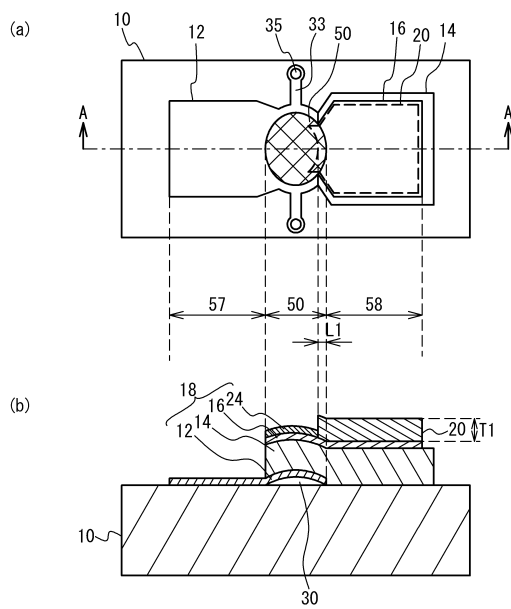
【0064】

- | | |
|----|-------|
| 10 | 基板 |
| 12 | 下部電極 |
| 14 | 圧電膜 |
| 16 | 上部電極 |
| 18 | 積層膜 |
| 20 | 配線層 |
| 28 | 挿入膜 |
| 30 | 空隙 |
| 31 | 音響反射膜 |

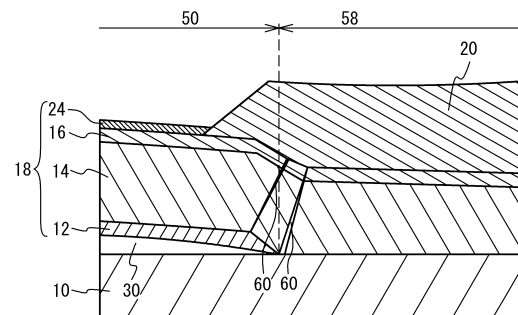
50

- 5 0 共振領域
- 5 2 外周領域
- 5 4 中央領域
- 5 7、5 8 引き出し領域

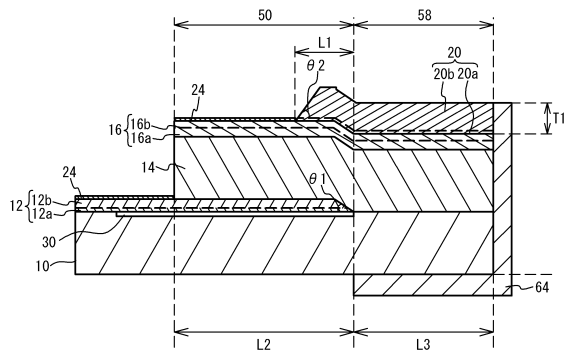
【図 1】



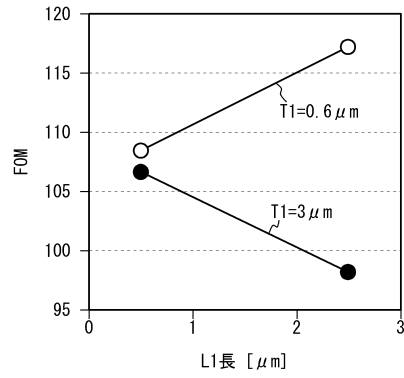
【図 2】



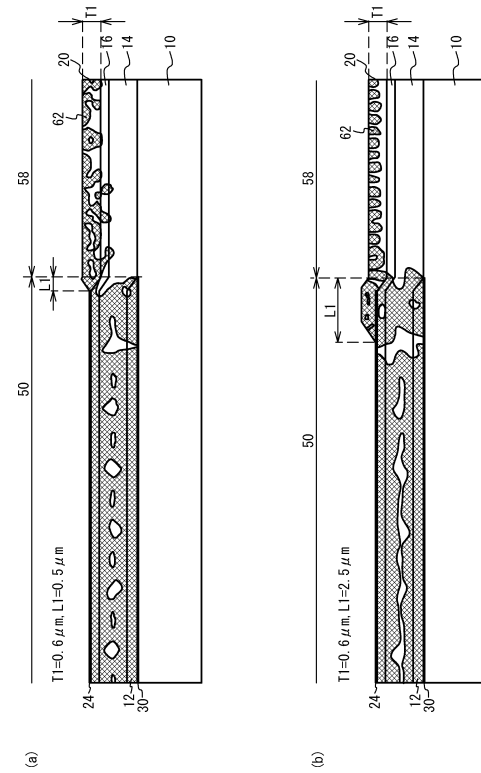
【図 3】



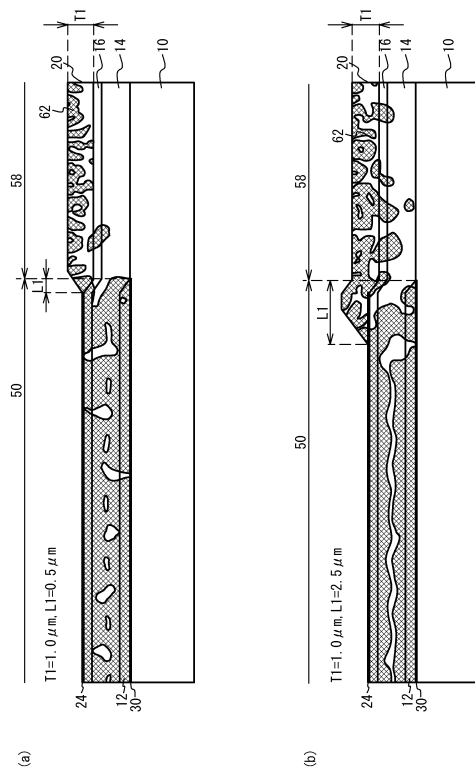
【図 4】



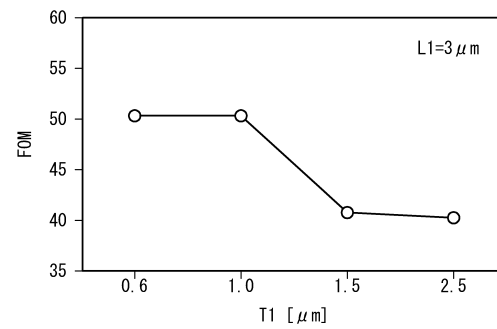
【図 5】



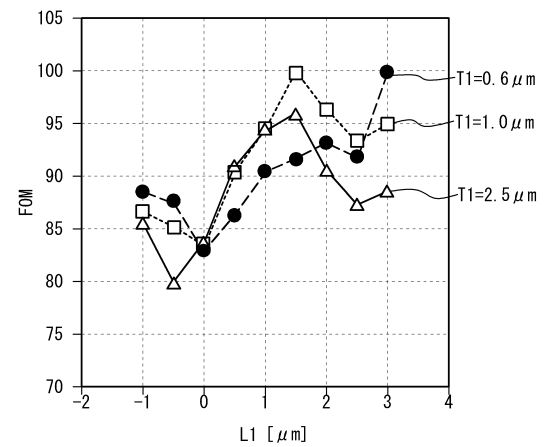
【図 6】



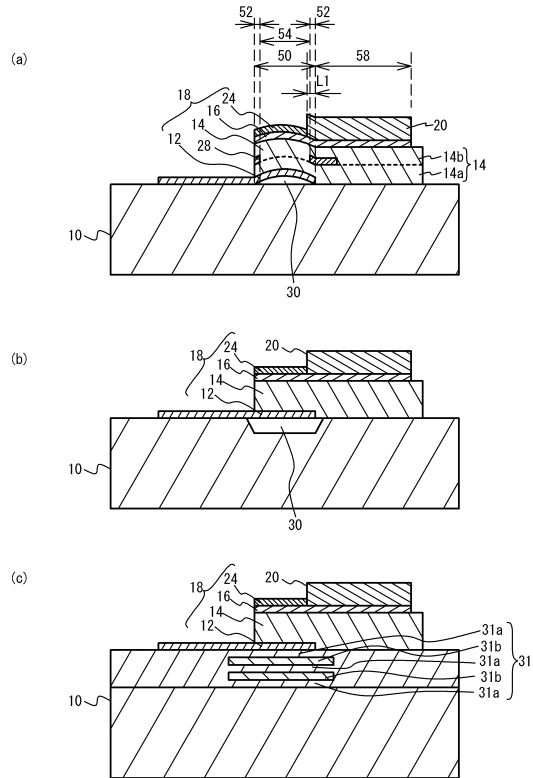
【図 7】



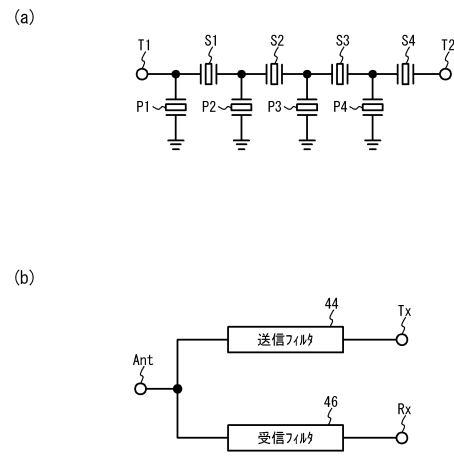
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 竹内 亨

- (56)参考文献 特開2013-123184(JP,A)
国際公開第2009/011148(WO,A1)
特開2006-332730(JP,A)
国際公開第2010/095640(WO,A1)
国際公開第2009/013938(WO,A1)
特開2012-156907(JP,A)
国際公開第2008/090651(WO,A1)
特開2008-182543(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H 9/00-9/76
H03H 3/00-3/10