

(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2019-68309

(P2019-68309A)

(43) 公開日 平成31年4月25日(2019.4.25)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)
H03H	9/145	(2006.01)	H03H	9/145	C	5J097
H03H	9/25	(2006.01)	H03H	9/25	C	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2017-193098 (P2017-193098)	(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29年10月2日 (2017.10.2)	(74) 代理人	100087480 弁理士 片山 修平
		(72) 発明者	中村 健太郎 東京都中央区京橋二丁目7番19号 太陽誘電株式会社内
		(72) 発明者	松田 隆志 東京都中央区京橋二丁目7番19号 太陽誘電株式会社内
		Fターム(参考)	5J097 AA20 AA24 DD28 DD29 FF01 FF03 FF05 GG04 GG07 KK01 KK02 KK03 KK05 KK09 KK10

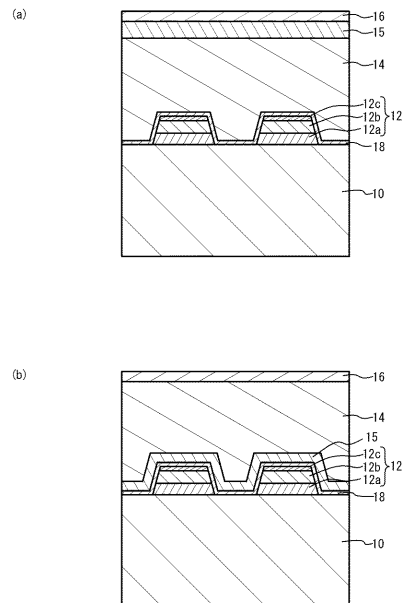
(54) 【発明の名称】 弾性波デバイス、フィルタおよびマルチプレクサ

(57) 【要約】

【課題】 スプリアスおよび特性劣化を抑制すること。

【解決手段】 カット角が120°以上140°以下の範囲にある回転YカットX伝搬ニオブ酸リチウム基板である圧電基板10と、前記圧電基板上に設けられ、弾性波を励振するIDTと、前記IDTを覆うように前記圧電基板上に設けられた弗素元素を含む酸化シリコン膜14と、前記IDTと前記酸化シリコン膜との間、前記酸化シリコン膜内、および前記酸化シリコン膜上の少なくとも一か所に、平面視において前記IDTの少なくとも一部に重なり設けられ、前記酸化シリコン膜の音響インピーダンスより高い音響インピーダンスおよび前記酸化シリコン膜の音速より速い音速を有する1または複数の誘電体膜15と、を備える弾性波デバイス。

【選択図】 図12



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カット角が 120° 以上 140° 以下の範囲にある回転 Y カット X 伝搬ニオブ酸リチウム基板である圧電基板と、

前記圧電基板上に設けられ、弾性波を励振する IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に設けられた弗素元素を含む酸化シリコン膜と

、
前記 IDT と前記酸化シリコン膜との間、前記酸化シリコン膜内、および前記酸化シリコン膜上の少なくとも一か所に、平面視において前記 IDT の少なくとも一部に重なり設けられ、前記酸化シリコン膜の音響インピーダンスより高い音響インピーダンスおよび前記酸化シリコン膜の音速より速い音速を有する 1 または複数の誘電体膜と、
を備える弾性波デバイス。

10

【請求項 2】

前記酸化シリコン膜の弗素元素の濃度は 3 原子% 以上である請求項 1 に記載の弾性波デバイス。

【請求項 3】

前記酸化シリコン膜の弗素元素の濃度は 4 . 9 原子% 以上である請求項 1 に記載の弾性波デバイス。

【請求項 4】

圧電基板と、

前記圧電基板上に設けられ、弾性波としてレイリー波を励振する IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に設けられた弗素元素を含む酸化シリコン膜と

20

、
前記 IDT と前記酸化シリコン膜との間、前記酸化シリコン膜内、および前記酸化シリコン膜上の少なくとも一か所に、平面視において前記 IDT の少なくとも一部に重なり設けられ、前記酸化シリコン膜の音響インピーダンスより高い音響インピーダンスおよび前記酸化シリコン膜の音速より速い音速を有する 1 または複数の絶縁膜と、
を備える弾性波デバイス。

【請求項 5】

前記誘電体膜は、炭化シリコン膜、窒化アルミニウム膜または酸化アルミニウム膜である請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の弾性波デバイス。

30

【請求項 6】

前記誘電体膜の膜厚は前記酸化シリコン膜の膜厚より小さい請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の弾性波デバイス。

【請求項 7】

前記誘電体膜は、複数設けられている請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の弾性波デバイス。

【請求項 8】

前記酸化シリコン膜上に設けられ、前記酸化シリコン膜の音速より遅い音速を有する質量負荷膜を備える請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の弾性波デバイス。

40

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の弾性波デバイスを含むフィルタ。

【請求項 10】

請求項 9 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、弾性波デバイス、フィルタおよびマルチプレクサに関し、例えば IDT を有する弾性波デバイス、フィルタおよびマルチプレクサに関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

高周波フィルタに用いられるレイリー波を用いた弾性波デバイスとして、カット角が128°近傍の回転YカットX伝搬ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)基板上にIDT(Interdigital Transducer)を有する弾性表面波共振器が知られている。IDTを覆うように圧電基板上に酸化シリコン(SiO₂)膜を設けることが知られている。圧電基板の弾性率の温度係数は負であるのに対し、酸化シリコンの弾性率の温度係数は正である。このため、IDTを覆うように酸化シリコン膜を設けることにより、温度特性が向上する。IDTを覆う酸化シリコン膜に弗素元素を添加することが知られている(例えば特許文献1から3)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献1】特開2013-55371号公報

【特許文献2】特開2013-85189号公報

【特許文献3】特開2005-260296号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

レイリー波を用いた弾性表面波共振器のIDTを覆うように弗素元素を添加した酸化シリコン膜を設けたときに、弗素元素の濃度を高くすると、周波数温度特性(TCF: Temperature Coefficient of Frequency)は0に近くなる。しかし、SH波(リーキー波)に起因した不要波(スプリアス)が生じる。酸化シリコン膜内の弗素元素の濃度を高くしかつスプリアスを低減しようとする、弾性表面波共振器およびこれを用いたフィルタの特性が劣化してしまう。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、スプリアスおよび特性劣化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】

【 0 0 0 6 】

本発明は、カット角が120°以上140°以下の範囲にある回転YカットX伝搬ニオブ酸リチウム基板である圧電基板と、前記圧電基板上に設けられ、弾性波を励振するIDTと、前記IDTを覆うように前記圧電基板上に設けられた弗素元素を含む酸化シリコン膜と、前記IDTと前記酸化シリコン膜との間、前記酸化シリコン膜内、および前記酸化シリコン膜上の少なくとも一か所に、平面視において前記IDTの少なくとも一部に重なり設けられ、前記酸化シリコン膜の音響インピーダンスより高い音響インピーダンスおよび前記酸化シリコン膜の音速より速い音速を有する1または複数の誘電体膜と、を備える弾性波デバイスである。

【 0 0 0 7 】

上記構成において、前記酸化シリコン膜の弗素元素の濃度は3原子%以上である構成とすることができる。

【 0 0 0 8 】

上記構成において、前記酸化シリコン膜の弗素元素の濃度は4.9原子%以上である構成とすることができる。

【 0 0 0 9 】

本発明は、圧電基板と、前記圧電基板上に設けられ、弾性波としてレイリー波を励振するIDTと、前記IDTを覆うように前記圧電基板上に設けられた弗素元素を含む酸化シリコン膜と、前記IDTと前記酸化シリコン膜との間、前記酸化シリコン膜内、および前記酸化シリコン膜上の少なくとも一か所に、平面視において前記IDTの少なくとも一部に重なり設けられ、前記酸化シリコン膜の音響インピーダンスより高い音響インピーダンスおよび前記酸化シリコン膜の音速より速い音速を有する1または複数の絶縁膜と、を備

10

20

30

40

50

える弾性波デバイスである。

【0010】

上記構成において、前記誘電体膜は、炭化シリコン膜、窒化アルミニウム膜または酸化アルミニウム膜である構成とすることができる。

【0011】

上記構成において、前記誘電体膜の膜厚は前記酸化シリコン膜の膜厚より小さい構成とすることができる。

【0012】

上記構成において、前記誘電体膜は、複数設けられている構成とすることができる。

【0013】

上記構成において、前記酸化シリコン膜上に設けられ、前記酸化シリコン膜の音速より遅い音速を有する質量負荷膜を備える構成とすることができる。

【0014】

本発明は、上記弾性波デバイス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、スプリアスおよび特性劣化を抑制することができる。

【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)および図1(c)は、図1(a)のB-B断面図およびC-C断面図である。

【図2】図2は、比較例における弾性表面波共振器の断面図である。

【図3】図3は、実験1の各特性を示す図である。

【図4】図4(a)および図4(b)は、実験1における反射特性のスミスチャートおよび周波数に対するQ値を示す図である。

【図5】図5は、酸化シリコン膜の弗素濃度に対する音響インピーダンスおよび横波音速を示す図である。

【図6】図6は、実験2の各特性を示す図である。

【図7】図7(a)および図7(b)は、実験2における反射特性のスミスチャートおよび周波数に対するQ値を示す図である。

【図8】図8は、実験3の各特性を示す図である。

【図9】図9(a)および図9(b)は、実験3における反射特性のスミスチャートおよび周波数に対するQ値を示す図である。

【図10】図10(a)および図10(b)は、シミュレーション1におけるRu膜の膜厚に対するTCVおよびレイリー波の k^2 を示す図である。

【図11】図11(a)および図11(b)は、シミュレーション1におけるRu膜の膜厚に対するSBW(ストップバンド幅)およびSH波の k^2 を示す図である。

【図12】図12(a)および図12(b)は、実施例1およびその変形例1に係る弾性波共振器の断面図であり、

【図13】図13(a)および図13(b)は、シミュレーション2における誘電体膜の膜厚に対するTCVおよびレイリー波の k^2 を示す図である。

【図14】図14(a)および図14(b)は、シミュレーション2における誘電体膜の膜厚に対するSBWおよびSH波の k^2 を示す図である。

【図15】図15(a)および図15(b)は、シミュレーション3における誘電体膜の膜厚に対するTCVおよびレイリー波の k^2 を示す図である。

【図16】図16(a)および図16(b)は、シミュレーション3における誘電体膜の膜厚に対するSBWおよびSH波の k^2 を示す図である。

【図17】図17(a)および図17(b)は、実施例1の変形例2および3に係る弾性

10

20

30

40

50

表面波共振器の断面図である。

【図 18】図 18 (a) および図 18 (b) は、実施例 1 の変形例 4 および 5 に係る弾性表面波共振器の断面図である。

【図 19】図 19 (a) は、実施例 2 に係るフィルタの平面図、図 19 (b) は、図 19 (a) の A - A 断面図である。

【図 20】図 20 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】

【 0 0 1 8 】

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) および図 1 (c) は、図 1 (a) の B - B 断面図および C - C 断面図である。図 1 (a) において、酸化シリコン膜、誘電体膜および質量負荷膜は図示を省略している。図 1 (c) において、誘電体膜の図示を省略している。弾性波の伝搬方向（すなわち電極指の配列方向）を X 方向、電極指の延伸方向を Y 方向、圧電基板の上面の法線方向を Z 方向とする。X 方向、Y 方向および Z 方向は、圧電基板 10 の結晶方位の X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸方向とは必ずしも対応しない。

10

【 0 0 1 9 】

図 1 (a) から図 1 (c) に示すように、圧電基板 10 上に IDT 24 および反射器 26 が形成されている。IDT 24 および反射器 26 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 24 は、対向する一対の櫛歯電極 20 を備える。櫛歯電極 20 は、複数の電極指 21（櫛歯）と、複数の電極指 21 が接続されたバスバー 22 を備える。一対の櫛歯電極 20 は、少なくとも一部において電極指 21 がほぼ互い違いとなるように、対向して設けられている。

20

【 0 0 2 0 】

一対の櫛歯電極 20 の電極指 21 が交差する領域が交差領域 50 である。交差領域 50 において電極指 21 が励振する弾性波は、主に電極指 21 の配列方向（X 方向）に伝搬する。同じ櫛歯電極 20 における電極指 21 のピッチ がほぼ弾性波の波長となる。交差領域 50 のうち電極指 21 が延伸する Y 方向の中央が中央領域 52 である。中央領域 52 の両端に設けられた領域がエッジ領域 54 である。一方の櫛歯電極 20 の電極指 21 の先端と他方の櫛歯電極 20 のバスバー 22 との間の領域がギャップ領域 56 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。バスバー 22 の領域がバスバー領域 58 である。

30

【 0 0 2 1 】

圧電基板 10 上に電極指 21 を覆うように酸化シリコン膜 14 が設けられている。酸化シリコン膜 14 の上面は、特性向上のためエッチバックまたは CMP（Chemical Mechanical Polishing）法を用い平坦化されている。

【 0 0 2 2 】

酸化シリコン膜 14 上に質量負荷膜 16 が設けられている。エッジ領域 54 に設けられた質量負荷膜 16 は中央領域 52 に設けられた質量負荷膜 16 より厚い。これにより、ピストンモード特性を実現でき、横モードスプリアスを抑制できる。バスバー領域 58 の少なくとも一部の質量負荷膜 16 を中央領域 52 の質量負荷膜 16 より厚くすることで、横モードスプリアスをより抑制できる。

40

【 0 0 2 3 】

圧電基板 10 は、回転 Y カット X 伝搬ニオブ酸リチウム基板である。ニオブ酸リチウム基板は、回転 Y カット角が 127.86° においてレイリー波の電気機械結合係数が最大となる。Campbell & Jones 法を用いシミュレーションすると、回転 Y カット角が 120° から 140° の範囲ではレイリー波の電気機械結合係数は SH 波（リーキー波）の電気機械結合係数より大きくなる。よって、レイリー波が主モードとなり、SH 波は不要波となる。レイリー波を主モードとする場合、回転 Y カット角は 120° 以上かつ 140° 以下が好ましい。また、 127.86° に対し製造上のばらつきを考慮し、回転 Y カット角は 126° 以上かつ 130° 以下が好ましい。

50

【 0 0 2 4 】

金属膜 1 2 は、例えば銅を主成分とする膜である。酸化シリコン膜 1 4 は、温度補償膜であり、弗素等の元素が添加されている。酸化シリコン膜 1 4 の弾性率の温度係数は正であり、圧電基板 1 0 の弾性率の温度係数と逆符号である。これにより、共振周波数等の T C F の絶対値を小さくできる。

【 0 0 2 5 】

質量負荷膜 1 6 は、例えば弾性表面波の音速より横波音速が遅い材料からなる。質量負荷膜 1 6 は、例えば酸化タンタル (Ta_2O_5 または TaO_x) 膜または酸化ニオブ (Nb_2O_5 または NbO_x) 膜、酸化テルル、酸化タングステン膜、酸化チタン膜または弗素元素を添加した酸化シリコン等の絶縁膜または金属膜を用いることができる。質量負荷膜 1 6 の密度は誘電体膜 1 5 より大きいことが好ましい。これにより、質量負荷膜 1 6 を薄くできる。

10

【 0 0 2 6 】

[実験 1]

酸化シリコン膜 1 4 に弗素元素を添加すると、酸化シリコン膜 1 4 の弾性率の温度係数をより大きくできる。これにより、温度補償性能を向上させることができる。このため、弗素元素を添加した酸化シリコン膜 1 4 を用いると、無添加の酸化シリコン膜 1 4 に比べ薄くても同等の T C F を実現できる。酸化シリコン膜 1 4 をスパッタリング法、C V D (Chemical Vapor Deposition) または真空蒸着法を用い形成すると、粘性損失が大きくなる。このため、酸化シリコン膜 1 4 が厚くなると、弾性波の損失が大きくなり、フィルタの損失が大きくなる。弗素元素を添加した酸化シリコン膜 1 4 を用いると、小さい膜厚で同程度の温度特性を実現できるため、弾性波の損失を抑制できる。

20

【 0 0 2 7 】

レイリー波を主モードとする弾性表面波共振器に弗素元素を添加した酸化シリコン膜 1 4 を用いたサンプルを作製した。図 2 は、比較例における弾性表面波共振器の断面図であり、図 1 (a) の A - A 断面図である。図 2 に示すように、圧電基板 1 0 上に電極指 2 1 が設けられている。電極指 2 1 は、圧電基板 1 0 側から Ru (ルテニウム) 膜 1 2 a、Cu (銅) 膜 1 2 b および Cr (クロム) 膜 1 2 c が積層された金属膜 1 2 より形成されている。金属膜 1 2 を覆うように保護膜 1 8 が設けられている。保護膜 1 8 は銅の酸化シリコン膜 1 4 への拡散を抑制するための膜である。保護膜 1 8 を覆うように酸化シリコン膜 1 4 が設けられている。酸化シリコン膜 1 4 上に質量負荷膜 1 6 が設けられている。

30

【 0 0 2 8 】

その他の作製条件は以下である。

I D T 2 4 : アポタイズ型

ピッチ : 2 μ m

電極指 2 1 対数 : 5 5 対

開口長 : 3 4

圧電基板 1 0 : 1 2 7 ° 回転 Y カット X 伝搬ニオブ酸リチウム基板

Ru 膜 1 2 a の膜厚 : 0 . 0 0 5 (1 0 n m)

Cu 膜 1 2 b の膜厚 : 0 . 0 6 5 5 (1 3 1 n m)

Cr 膜 1 2 c の膜厚 : 0 . 0 0 4 5 (9 n m)

保護膜 1 8 : 膜厚が 0 . 0 1 (2 0 n m) の窒化シリコン膜

酸化シリコン膜 1 4 : 電極指 2 1 上の膜厚は 0 . 2 2 5 (4 5 0 n m)

質量負荷膜 1 6 : 膜厚が 0 . 0 0 3 5 (7 n m) の酸化ニオブ

ピストンモード構造でなく、質量負荷膜 1 6 の膜厚は一様である。

40

【 0 0 2 9 】

酸化シリコン膜 1 4 の弗素濃度 (弗素元素の濃度) は以下とした。

比較例 1 : 0 . 0 原子%

比較例 2 : 1 . 7 原子%

比較例 3 : 3 . 0 原子%

50

比較例 4 : 4 . 9 原子%

比較例 1 の酸化シリコン膜 1 4 は弗素元素を添加していない。比較例 1 では、SH 不要波が抑制されるように、圧電基板 1 0 の Y カット角および電極指 2 1 の構造を最適化している。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、実験 1 の各特性を示す図である。F 濃度は酸化シリコン膜 1 4 内の弗素濃度、 f_r は共振周波数、 k^2 は電気機械結合係数、SBW はストップバンド幅、 Q_{ave} は共振周波数 f_r と反共振周波数 f_a との間の Q 値の平均値、 Q_{ave} は比較例 1 との差、 $TCF(f_a)$ は反共振周波数 f_a の周波数温度係数の比較例 1 との差である。弗素濃度は、XPS (X ray Photoelectron Spectroscopy) の Si - F ピークにより同定した。比較例 4 の Q_{ave} はスプリアスが大きいいため算出しなかった。

10

【 0 0 3 1 】

図 3 に示すように、弗素濃度を高くすると、 $TCF(f_a)$ が大きくなる。比較例 1 の $TCF(f_a)$ は約 -2.0 ppm/ であり、弗素濃度を 4 . 9 原子% とすると酸化シリコン膜 1 4 を薄くしても $TCF(f_a)$ をほぼ 0 にできる。Q 値は弗素濃度が高くなると若干高くなる。弗素濃度を高くすると酸化シリコン膜 1 4 を薄くできるため、粘性損失による損失を低下できる。よって、より低損失が可能となる。しかしながら、電気機械結合係数 k^2 およびストップバンド幅 SBW が小さくなる。 k^2 および SBW が小さくなると広帯域のフィルタの設計が難しくなる。

【 0 0 3 2 】

図 4 (a) および図 4 (b) は、実験 1 における反射特性のスミスチャートおよび周波数に対する Q 値を示す図である。図 4 (a) に示すように、酸化シリコン膜 1 4 に弗素元素を添加していない比較例 1 ではスプリアスがほとんど観察されない。これは、SH 波起因のスプリアスを抑制できるように圧電基板 1 0 の Y カット角および電極指 2 1 の構造を最適化しているためである。弗素濃度が 3 . 0 原子% の比較例 3 では小さなスプリアス 6 0 が生じる。弗素濃度が 4 . 9 原子% の比較例 4 では、大きなスプリアス 6 0 が生じる。アポタイズ型では、ピストンモード構造としなくとも横モードスプリアスは抑制される。図 4 (a) のスプリアス 6 0 は SH 波によるものである。

20

【 0 0 3 3 】

図 4 (b) に示すように、比較例 1 から 3 の Q 値は同程度である。なお、比較例 4 はスプリアスが大きいいため図示していない。

30

【 0 0 3 4 】

実験 1 では、酸化シリコン膜 1 4 に弗素元素を添加することにより、薄い酸化シリコン膜 1 4 により温度補償効果が得られる。また、Q 値が同等もしくは向上する。しかしながら、電気機械結合係数 k^2 およびストップバンド幅 SBW が小さくなる。また、SH 波に起因したスプリアスが大きくなる。

【 0 0 3 5 】

SH 波に起因したスプリアスは、酸化シリコン膜 1 4 の膜厚、電極指 2 1 の構造および圧電基板 1 0 の Y カット角に依存する。よって、これらを最適化することで SH 波スプリアスを小さくできる。実験 1 では、比較例 1 において SH 波スプリアスが小さくなるように最適化されている。酸化シリコン膜 1 4 に弗素元素を添加すると、酸化シリコン膜 1 4 のヤング率および密度等の音響特性が変化する。これにより、比較例 2 から 4 では、SH 波を小さくする最適条件が比較例 1 からシフトしたと考えられる。特に、弗素濃度が 3 原子% 以上となると SH 波のスプリアスが大きくなる。

40

【 0 0 3 6 】

表 1 は、酸化シリコン膜 1 4 の弗素濃度が 0 . 0 原子%、1 . 7 原子%、3 . 0 原子% および 4 . 9 原子% のときのヤング率、密度、音響インピーダンスおよび横波音速を示す表である。

【表 1】

F濃度 [原子%]	ヤング率 [Gpa]	密度 [kg/m ³]	音響インピーダンス [MPa・s/m ³]	横波音速 [m/s]
0.0	69	2250	12.46	3620.1
1.7	61.5	2222	11.69	3439.2
3.0	55	2155	10.89	3302.6
4.9	50	2158	10.39	3146.7

【0037】

10

図5は、酸化シリコン膜の弗素濃度に対する音響インピーダンスおよび横波音速を示す図である。表1および図5に示すように、酸化シリコン膜14内の弗素濃度が高くなると、ヤング率、密度、音響インピーダンスおよび横波音速が小さくなる。

【0038】

そこで、酸化シリコン膜14に弗素元素を3原子%以上添加した場合にSH波に起因したスプリアスを抑制するように電極指21の電極構造および圧電基板10のYカット角を最適化した。

【0039】

[実験2]

実験2では、酸化シリコン膜14の弗素濃度を3原子%とし、SH波に起因したスプリアスが小さくなるように、圧電基板10のYカット角および電極構造を最適化した。

20

【0040】

作製条件は以下である。

IDT24：正規型

ピッチ：2 μm

電極指21対数：100対

開口長：20

圧電基板10：回転YカットX伝搬ニオブ酸リチウム基板

Ru膜12aの膜厚：0.005 (10 nm)

Cu膜12bの膜厚：図6

30

Cr膜12cの膜厚：0.0045 (9 nm)

保護膜18：膜厚が0.01 (20 nm)の窒化シリコン膜

酸化シリコン膜14：電極指21上の膜厚は0.225 (450 nm)

質量負荷膜16：酸化タンタル、中央領域52の膜厚が0.0015 (3 nm)、エッジ領域54の膜厚が0.0135 (27 nm)のピストンモード構造

エッジ領域54幅：0.7 (1.4 μm)

【0041】

無添加の酸化シリコン膜14を比較例5とした。比較例6から8は酸化シリコン膜14の弗素濃度を3原子%とした。比較例5から8のYカット角を以下とし、Cu膜12bの膜厚をSH不要波が発生しないように薄くした。

40

比較例5：Yカット角：127°、Cu膜厚：0.0655 (131 nm)

比較例6：Yカット角：127.86°、Cu膜厚：0.055 (110 nm)

比較例7：Yカット角：129°、Cu膜厚：0.06 (120 nm)

比較例8：Yカット角：130°、Cu膜厚：0.0655 (131 nm)

【0042】

図6は、実験2の各特性を示す図である。Qaveは比較例5との差、TCF(fa)は反共振周波数faの周波数温度係数の比較例5との差である。その他の項目は図3と同じである。

【0043】

図7(a)および図7(b)は、実験2における反射特性のスミスチャートおよび周波

50

数に対するQ値を示す図である。図7(a)に示すように、比較例6から8では、範囲61のようにSH波スプリアスおよび範囲62のように横モードスプリアスが抑制されている。SH波スプリアスが抑制されているのは、Yカット角およびCu膜厚をSH不要波が抑制できるように最適化したためである。横モードスプリアスが抑制されているのは、ピストンモード構造としたためである。このように、比較例6-8では、比較例5と同様にスプリアスが抑制されている。図7(b)に示すように、比較例8は比較例5に比べQ値は同程度である。

【0044】

図6のように、比較例6から8では、TCF(fa)は10.7ppm/ から12.7ppm/ であり、比較例5に比べTCFが改善する。比較例5のTCFは-20ppm/ であり、比較例6-8ではTCFを半分以下にできる。比較例6は比較例5に比べQ値およびストップバンド幅SBWが小さい。これは、Cu膜厚が小さくなったためと考えられる。比較例7は比較例5と比べQ値が同程度であるがストップバンド幅SBWは小さい。

10

【0045】

図6および図7(b)のように、比較例8は比較例5に比べ、電気機械結合係数 k^2 、Q値、ストップバンド幅SBWおよびスプリアスを同程度とできる。これは、比較例8のCu膜12bの膜厚が比較例5と同程度のためと考えられる。

【0046】

実験2によれば、酸化シリコン膜14に弗素濃度を3原子%として、Yカット角およびCu膜厚をSH不要波が抑制できるように最適化する。これにより、電気機械結合係数 k^2 、Q値、ストップバンド幅SBWおよびスプリアスを、比較例5と同程度にでき、かつTCFを改善できる。

20

【0047】

[実験3]

実験2よりさらに酸化シリコン膜14の弗素濃度が4.9原子%のときに、実験2と同様に、特性が弗素を添加しない比較例5と同等でTCFを小さくできないか検討した。

【0048】

作製条件は以下である。

IDT24：正規型

30

ピッチ：2μm

電極指21対数：100対

開口長：20

圧電基板10：回転YカットX伝搬ニオブ酸リチウム基板

Ru膜12aの膜厚：0.005 (10nm)

Cu膜12bの膜厚：図8

Cr膜12cの膜厚：0.0045 (9nm)

保護膜18：膜厚が0.01 (20nm)の窒化シリコン膜

酸化シリコン膜14：電極指21上の膜厚は図8

質量負荷膜16：酸化タンタル、中央領域52の膜厚が0.0015 (3nm)、エッジ領域54の膜厚が0.0135 (27nm)のピストンモード構造

40

エッジ領域54幅：0.7 (1.4μm)

【0049】

比較例9では、TCFをより小さくするため、酸化シリコン膜14の弗素濃度を4.9原子%とした。SH不要波を抑制するためYカット角を130°、Cu膜12bを0.045とした。さらに、酸化シリコン膜14による粘性損失を抑制するため、酸化シリコン膜14の膜厚を0.15とした。

【0050】

図8は、実験3の各特性を示す図である。各項目は図6と同じである。図9(a)および図9(b)は、実験3における反射特性のスミスチャートおよび周波数に対するQ値を

50

示す図である。図9(a)に示すように、比較例9では、酸化シリコン膜14に弗素元素を4.9原子%添加しても比較例5と同様に、範囲61のようにSH波に起因したスプリアスは抑制され、範囲62のように横モードスプリアスは抑制されている。SH波スプリアスが抑制されているのは、Yカット角およびCu膜厚をSH不要波が抑制できるように最適化したためである。図9(b)に示すように、比較例9は比較例5に比べ矢印63aのようにQ値が低下し、矢印63bのようにストップバンド幅は60MHz狭くなっている。

【0051】

図8のように、比較例9では、酸化シリコン膜14を33%薄くしてもTCF(fa)が14.1ppm/と大きい。これにより、比較例9では比較例6から8よりTCFをより改善できる。電気機械結合係数 k^2 も比較例5より約1%大きくなった。一方、Q値は比較例5より約30%低下した。これは、Cu膜12bが薄くなり電極指21の直列抵抗が増加したためと考えられる。さらに、電極指21が薄くなり弾性表面波の反射率が低下したため、ストップバンド幅SBWが約60MHz狭くなっている。SBWが狭くなったことにより、反射器26からの弾性波の漏れが増加しQ値がより低下したと考えられる。

【0052】

実験3では、よりTCFを改善するため、酸化シリコン膜14の弗素濃度を高くし、SH不要波を抑制するため、Yカット角を130°およびCu膜12bの膜厚を0.045(90nm)とした。その結果、TCFは改善し、SH波スプリアスは抑制された。しかし、Cu膜12bが薄くなったためQ値およびストップバンド幅SBWが劣化した。

【0053】

[シミュレーション1]

実験3の比較例9からCu膜12bの膜厚を比較例5と同程度の0.065(130nm)とし、Ru膜12aの膜厚および酸化シリコン膜14の膜厚を変化させた。Ru膜12aは音響インピーダンスが高いため、厚くすることでストップバンド幅SBWが大きくなることが期待できる。反共振周波数における音速の温度依存係数(TCV: Temperature Coefficient of Velocity)TCV(fa)、レイリー波の電気機械結合係数 k^2 、ストップバンド幅SBWおよびSH波の電気機械結合係数 k^2 を有限要素法を用いシミュレーションした。TCV(fa)は、比較例5との差であり、TCF(fa)に相当する。ストップバンド幅SBW[%]は、SBW[MHz]を共振周波数 f_r [MHz]と反共振周波数 f_a [MHz]の平均値で規格化し百分率(%)で表したものであり、以下の式で算出した。

$$SBW[\%] = SBW[MHz] / ((f_r + f_a) / 2) \times 100 [\%]$$

【0054】

シミュレーション条件は以下である。

ピッチ : 2 μ m

圧電基板10 : 130°回転YカットX伝搬ニオブ酸リチウム基板

Cu膜12bの膜厚 : 0.065 (130nm)

Cr膜12cの膜厚 : 0.0045 (9nm)

保護膜18 : 膜厚が0.01 (20nm)の窒化シリコン膜

酸化シリコン膜14の弗素濃度 : 4.9原子%

質量負荷膜16 : 無

【0055】

図10(a)から図11(b)は、シミュレーション1におけるRu膜の膜厚に対するTCV(fa)、レイリー波の k^2 、SBWおよびSH波の k^2 を示す図である。各図の破線64は、目標を示している。

【0056】

図10(a)に示すように、Ru膜12aの膜厚(Ru膜厚)が小さくなるとTCV(fa)は大きくなる。酸化シリコン膜14の膜厚(SiOF膜厚)が大きくなるとT

10

20

30

40

50

CV (fa) は大きくなる。破線 64 のように、比較例 5 より TC V (fa) を 10 ppm / 以上改善することが目標である。酸化シリコン膜 14 の膜厚を 350 nm (0.175) 以上とすると、TC V (fa) を 10 ppm / 以上にできる。

【0057】

図 10 (b) に示すように、Ru 膜厚が大きくなるとレイリー波の k^2 は大きくなる。SiO₂ 膜厚が小さくなるとレイリー波の k^2 は大きくなる。Ru 膜厚が 10 nm (0.005) 以上、SiO₂ 膜厚が 300 nm (0.15) 以上でレイリー波の k^2 は目標の 8.9% 以上となる。

【0058】

図 11 (a) に示すように、Ru 膜厚が大きくなると SBW (ストップバンド幅) は大きくなる。Ru 膜厚が約 25 nm (0.0125) 以上で SBW は目標の 8.7% 以上となる。

10

【0059】

図 11 (b) に示すように、Ru 膜厚が大きくなると SH 波の k^2 は大きくなる。SiO₂ 膜厚が小さくなると SH 波の k^2 は大きくなる。SH 波スプリアスを抑制するためには、SH 波の k^2 の目標は 0.1% 以下、好ましくは 0.006% 以下である。SH 波の k^2 の目標を 0.006% 以下とすると、全ての条件で満足していない。

【0060】

シミュレーション 1 のように、TCF を改善するため酸化シリコン膜 14 の弗素濃度を 4.9% とし、Q 値および SBW を低下させないため Cu 膜 12 b の膜厚を 130 nm (0.065) とし、SH 不要波を抑制しやすいように Y カット角を 130° とした。Ru 膜 12 a の膜厚および酸化シリコン膜 14 の膜厚を変化させた。しかし、Ru 膜 12 a の膜厚を大きくすると、ストップバンド幅 SBW は大きくなるが、SH 波の k^2 が大きくなり SH 波スプリアスを抑制できない。酸化シリコン膜 14 の膜厚を小さくすると、SH 波の k^2 を小さくできるが、TCV (fa) は小さくなる。また、レイリー波の k^2 が小さくなる。このように、全てを満足することはできない。

20

【実施例 1】

【0061】

図 12 (a) および図 12 (b) は、実施例 1 およびその変形例 1 に係る弾性波共振器の断面図であり、図 1 (a) の A-A 断面図に相当する。図 12 (a) に示すように、酸化シリコン膜 14 と質量負荷膜 16 との間に誘電体膜 15 が設けられている。図 12 (b) に示すように、保護膜 18 と酸化シリコン膜 14 との間に誘電体膜 15 が設けられている。その他の構成は図 1 (a) から図 2 と同じであり説明を省略する。

30

【0062】

実験 3 およびシミュレーション 1 において、酸化シリコン膜 14 の弗素濃度を 4.9 原子% とすると、SH 波スプリアスの抑制と特性とを満足できない理由は、表 1 および図 5 のように、酸化シリコン膜 14 に弗素元素を添加すると、音響インピーダンスが低くなり、かつ横波音速が遅くなるためと考えられる。そこで、図 12 (a) の実施例 1 のように、弗素元素を添加した酸化シリコン膜 14 上に音響インピーダンスが高くかつ音速の速い誘電体膜 15 を設ける。図 12 (b) の実施例 1 の変形例 1 のように、保護膜 18 と弗素元素を添加した酸化シリコン膜 14 との間に誘電体膜 15 を設ける。これにより、弗素元素を添加していない酸化シリコン膜 14 と同程度に SH 波スプリアスの抑制と特性との両方を満足できるのではないかと考えた。

40

【0063】

表 2 は、各種誘電体材料のヤング率、密度、音響インピーダンスおよび横波音速を示す表である。

【表 2】

材料	ヤング率 [Gpa]	密度 [kg/m ³]	音響インピーダンス [MPa・s/m ³]	横波音速 [m/s]
SiC	450	3210	38.01	7707.2
AlN	278.5	3260	30.13	5808.7
Al ₂ O ₃	179.1	3170	23.83	4773.0
SiN	96.56	2382	15.17	4026.8
SiO ₂	69	2250	12.46	3620.1
NbO _x	160.9	5660	30.18	3399.4
TaO _x	171.3	8100	37.25	2932.0
WO _x	119.4	7056.3	29.03	2622.7

【0064】

表 2 に示すように、炭化シリコン (SiC)、窒化アルミニウム (AlN)、酸化アルミニウム (Al₂O₃)、窒化シリコン (SiN)、酸化ニオブ (NbO_x)、酸化タンタル (TaO_x) および酸化タングステン (WO_x) は、酸化シリコン (SiO₂) より音響インピーダンスが大きい。SiC、AlN、Al₂O₃ および SiN は SiO₂ より横波音速が速い。NbO_x、TaO_x および WO_x は、酸化シリコン SiO₂ より横波音速が遅い。

20

【0065】

表 3 は、弗素濃度が 4.9 原子% の酸化シリコン膜 14 の膜厚を 0.225 とし、誘電体膜 15 の膜厚を表 3 としたときの等価音響インピーダンスおよび等価横波音速を示す図である。

【表 3】

材料	膜厚 [λ]	SiOF膜厚 [λ]	等価音響インピーダンス [MPa・s/m ³]	等価横波音速 [m/s]
SiC	0.0160	0.225	12.221	3449.4
AlN	0.0225	0.225	12.182	3388.7
Al ₂ O ₃	0.0250	0.225	11.731	3309.3
SiN	0.0475	0.225	11.220	3300.1
SiO ₂	-	0.225	12.460	3620.1
NbO _x	0.0263	0.225	12.455	3173.1
TaO _x	0.0188	0.225	12.459	3130.1
WO _x	0.0283	0.225	12.467	3088.2

【0066】

等価音響インピーダンス Z_{EQ} および等価横波音速 V_{EQ} は、弗素元素を添加した酸化シリコン膜 14 の音響インピーダンス、横波音速および膜厚をそれぞれ Z_F 、 V_F および t_F とし、誘電体膜 15 の音響インピーダンス、横波音速および膜厚を Z_H 、 V_H および t_H としたとき、それぞれ以下の式で表される。

$$Z_{EQ} = \{ (t_F \times Z_F) + (t_H \times Z_H) \} / (t_F + t_H)$$

$$V_{EQ} = \{ (t_F \times V_F) + (t_H \times V_H) \} / (t_F + t_H)$$

【0067】

表 3 に示すように、SiC、AlN、Al₂O₃ および SiN では等価音響インピーダンス Z_{EQ} を SiO₂ の音響インピーダンスと同程度とする。このとき、等価横波音速 V_{EQ} と SiO₂ の横波音速との差は、10% 以下である。一方、NbO_x、TaO_x およ

40

50

び $W O_x$ では、等価音響インピーダンス Z_{EQ} を $S i O_2$ と同程度とすると、等価横波音速 V_{EQ} は $S i O_2$ の横波音速より10%以上遅くなる。このように、誘電体膜15としては、 $S i C$ 、 $A l N$ 、 $A l_2 O_3$ および $S i N$ が好ましい。 $S i O_2$ より音響インピーダンスが高く音速が速い材料として、ダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンまたは酸化亜鉛($Z n O$)を用いてもよい。

【0068】

[シミュレーション2]

そこで、実施例1の図12(a)の構造において、誘電体膜15を $S i C$ 、 $A l N$ 、 $A l_2 O_3$ および $S i N$ とし、誘電体膜15の膜厚を変え、有限要素法を用いシミュレーションを行った。

【0069】

シミュレーション条件は以下である。

ピッチ : 2 μm

圧電基板10 : 130°回転YカットX伝搬ニオブ酸リチウム基板

Ru膜12aの膜厚 : 0.00125 (25 nm)

Cu膜12bの膜厚 : 0.065 (130 nm)

Cr膜12cの膜厚 : 0.0045 (9 nm)

保護膜18 : 膜厚が0.01 (20 nm)の窒化シリコン膜

酸化シリコン膜14の弗素濃度 : 4.9原子%

酸化シリコン膜14の膜厚 : 0.225 (450 nm)

誘電体膜15 : 表3の膜厚

質量負荷膜16 : 無

誘電体膜15の膜厚は酸化シリコン膜14の膜厚より十分小さいため、シミュレーション2では誘電体膜15の弾性率の温度係数は考慮していない。

【0070】

図13(a)から図14(b)は、シミュレーション2における誘電体膜の膜厚に対するTCV(fa)、レイリー波の k^2 、SBWおよびSH波の k^2 を示す図である。各図の破線64は、目標を示している。破線65aから65cは、図14(b)において、SH波の k^2 が最も小さくなる誘電体膜15の膜厚である。破線65aは $S i C$ 、破線65bは $A l N$ および $A l_2 O_3$ 、破線65cは $S i N$ に対応する。

【0071】

図13(a)に示すように、いずれの誘電体膜15においてもTCV(fa)は目標である10ppm/より大きい。図13(b)に示すように、誘電体膜15の膜厚が大きくなるとレイリー波の k^2 は小さくなる。誘電体膜15の膜厚が約40nm以下のとき、レイリー波の k^2 は目標である8.9%以上となる。図14(a)に示すように、誘電体膜15の膜厚が約80nm以下では、ストップバンド幅SBWは目標である8.7%以上となる。

【0072】

図14(b)に示すように、誘電体膜15が $S i C$ 膜では、誘電体膜15の膜厚が約32nmのときにSH波の k^2 は目標より小さくなる。誘電体膜15が $A l N$ 膜または $A l_2 O_3$ 膜では、誘電体膜15の膜厚が約48nmのときにSH波の k^2 は目標より小さくなる。誘電体膜15が $S i N$ 膜では、誘電体膜15の膜厚が約95nmのときにSH波の k^2 は目標より小さくなる。

【0073】

図13(a)から図14(b)のように、誘電体膜15が $S i C$ 膜のとき、誘電体膜15の膜厚を約32nmとすると、TCV(fa)、レイリー波の k^2 、ストップバンド幅SBWおよびSH波の k^2 は目標より改善する。誘電体膜15が $A l N$ 膜または $A l_2 O_3$ 膜のとき、誘電体膜15の膜厚を約48nmとすると、TCV(fa)、ストップバンド幅SBWおよびSH波の k^2 は目標より改善する。レイリー波の k^2 は目標程度である。誘電体膜15が $S i N$ 膜のとき、誘電体膜15の膜厚を約95nmとすると、T

10

20

30

40

50

CV (f a) およびSH波の k^2 は目標より改善する。レイリー波の k^2 およびストップバンド幅SBWは目標よりやや悪くなる。

【0074】

[シミュレーション3]

実施例1の変形例1の図12(b)の構造において、誘電体膜15をSiC、AlN、Al₂O₃およびSiNとし、誘電体膜15の膜厚を変え、有限要素法を用いシミュレーションを行った。

【0075】

シミュレーション条件は誘電体膜15が保護膜18と酸化シリコン膜14との間に設けられている以外はシミュレーション2と同じである。

【0076】

図15(a)から図16(b)は、シミュレーション3における誘電体膜の膜厚に対するTCV (f a)、レイリー波の k^2 、SBWおよびSH波の k^2 を示す図である。各図の破線64は、目標を示している。破線65aから65cは、図16(b)において、SH波の k^2 が最も小さくなる誘電体膜15の膜厚である。破線65aはSiC、破線65bはAlNおよびAl₂O₃、破線65cはSiNに対応する。

【0077】

図15(a)に示すように、いずれの誘電体膜15においてもTCV (f a) は目標である10ppm/より大きい。図15(b)に示すように、誘電体膜15の膜厚が大きくなるとレイリー波の k^2 は小さくなる。誘電体膜15の膜厚が約80nm以下のとき、レイリー波の k^2 は目標である8.9%以上となる。図16(a)に示すように、誘電体膜15の膜厚が約60nm以下では、ストップバンド幅SBWは目標である8.7%以上となる。

【0078】

図16(b)に示すように、誘電体膜15がSiC膜では、誘電体膜15の膜厚が約10nmのときにSH波の k^2 は目標より小さくなる。誘電体膜15がAlN膜またはAl₂O₃膜では、誘電体膜15の膜厚が約28nmのときにSH波の k^2 は目標より小さくなる。誘電体膜15がSiN膜では、誘電体膜15の膜厚が約90nmのときにSH波の k^2 は目標より小さくなる。

【0079】

図15(a)から図16(b)のように、誘電体膜15がSiC膜のとき、誘電体膜15の膜厚を約10nmとすると、TCV (f a)、レイリー波の k^2 およびSH波の k^2 は目標より改善する。ストップバンド幅SBWは目標程度である。誘電体膜15がAlN膜またはAl₂O₃膜のとき、誘電体膜15の膜厚を約28nmとすると、TCV (f a)、レイリー波の k^2 およびSH波の k^2 は目標より改善する。ストップバンド幅SBWは目標程度である。誘電体膜15がSiN膜のとき、誘電体膜15の膜厚を約90nmとすると、TCV (f a) およびSH波の k^2 は目標より改善する。レイリー波の k^2 はほぼ目標であり、ストップバンド幅SBWは目標よりやや悪くなる。

【0080】

シミュレーション2および3のように、実施例1およびその変形例1では、誘電体膜15を設けることで、周波数温度係数を0の絶対値を小さくし、SH波スプリアスを抑制し、かつ特性の劣化を抑制できる。

【0081】

[実施例1の変形例]

図17(a)から図18(b)は、実施例1の変形例2から5に係る弾性表面波共振器の断面図である。図17(a)に示すように、誘電体膜15は酸化シリコン膜14内に挿入されていてもよい。図17(b)に示すように、誘電体膜15は、酸化シリコン膜14内に複数層挿入されていてもよい。すなわち、誘電体膜15と酸化シリコン膜14とが交互に設けられていてもよい。図18(a)に示すように、誘電体膜15は、電極指21に対応する凹凸を有してもよい。図18(b)に示すように、誘電体膜15は、電極指21

10

20

30

40

50

と酸化シリコン膜 14 の間、酸化シリコン膜 14 内および酸化シリコン膜 14 上に設けられていてもよい。

【0082】

図 17 (b) から図 18 (b) のように、誘電体膜 15 を複数層設けると、酸化シリコン膜 14 内の音響特性の偏りが小さくなる。これにより、酸化シリコン膜 14 内を伝搬する弾性波の損失を抑制できる。

【0083】

実施例 1 およびその変形例によれば、圧電基板 10 は、カット角が 120° 以上 140° 以下の範囲にある回転 Y カット X 伝搬ニオブ酸リチウム基板である。これにより、圧電基板 10 上に設けられた IDT 24 は、弾性波としてレイリー波を励振する。酸化シリコン膜 14 は、弗素元素を含み、IDT 24 を覆うように圧電基板 10 上に設けられている。これにより、TCF を 0 に近づけることができる。しかし、酸化シリコン膜 14 に弗素元素を添加すると、SH 波スプリアスが発生しかつ特性が劣化する。

10

【0084】

そこで、酸化シリコン膜 14 の音響インピーダンスより高い音響インピーダンスおよび酸化シリコン膜 14 の音速より速い音速を有する 1 または複数の誘電体膜 15 を、IDT 24 と酸化シリコン膜 14 との間、酸化シリコン膜 14 内、および酸化シリコン膜 14 上の少なくとも一か所に、平面視において IDT 24 の少なくとも一部に重なるように設ける。これにより、TCF を 0 に近づけることができ、かつ SH 波スプリアスおよび特性の劣化を抑制できる。

20

【0085】

実験 1 から 3 およびシミュレーション 1 のように、酸化シリコン膜 14 の弗素元素の濃度が 3 原子% 以上となると、Y カット角および電極指構造の調整では、SH 波スプリアスおよび特性の劣化を抑制することが難しい。よって、誘電体膜 15 を設けることが好ましい。酸化シリコン膜 14 の弗素元素の濃度は 4.9 原子% 以上であることが好ましく、7 原子% 以上がより好ましい。酸化シリコン膜 14 の弗素元素の濃度は 20 原子% 以下が好ましく、15 原子% 以下がより好ましい。

【0086】

圧電基板 10 として、カット角が 120° 以上 140° 以下の範囲にある回転 Y カット X 伝搬ニオブ酸リチウム基板を例に説明したが、IDT 24 が弾性波としてレイリー波を励振するような圧電基板 10 であればよい。

30

【0087】

誘電体膜 15 の音響インピーダンスは、弗素等の元素を添加していない酸化シリコン (SiO_2) の音響インピーダンスより高く、かつ誘電体膜 15 の音速は、弗素等の元素を添加していない酸化シリコン (SiO_2) の音速より速いことが好ましい。

【0088】

シミュレーション 2 および 3 のように、誘電体膜 15 としては、窒化シリコン膜より、炭化シリコン膜、窒化アルミニウム膜または酸化アルミニウム膜が好ましい。表 2 を参照すると、SiN が含まれず、SiC、AlN および Al_2O_3 が含まれる、誘電体膜 15 の音響インピーダンスの範囲としては、弗素等の元素を添加していない酸化シリコン (SiO_2) の音響インピーダンスの 1.5 倍以上が好ましく、2 倍以上がより好ましい。また、誘電体膜 15 の音速は、弗素等の元素を添加していない酸化シリコン (SiO_2) の音速インピーダンスの 1.2 倍以上が好ましく、1.5 倍以上がより好ましい。

40

【0089】

誘電体膜 15 が厚くなると、誘電体膜 15 の弾性率の温度係数の影響が大きくなる。よって、誘電体膜 15 の膜厚は酸化シリコン膜 14 の膜厚より小さいことが好ましく、酸化シリコン膜 14 の膜厚の $1/3$ 以下がより好ましく、 $1/5$ 以下がさらに好ましい。

【0090】

酸化シリコン膜 14 および誘電体膜 15 の等価音響インピーダンス Z_{EQ} を無添加の酸化シリコン膜の音響インピーダンスと同程度とする。これにより、無添加の酸化シリコン

50

膜において、SH波スプリアスと特性とを最適化した構造を用いTCFをより小さくできる。

【0091】

図17(b)から図18(b)のように、誘電体膜15を複数設けることにより、酸化シリコン膜14内の音響特性の偏りを小さくできる。

【0092】

酸化シリコン膜14上に、酸化シリコン膜14の音速より遅い音速を有する質量負荷膜16を設ける。例えば、図1(c)のように、エッジ領域54の質量負荷膜16を中央領域52の質量負荷膜16より厚くする。これにより、ピストンモードを実現できる。

【実施例2】

【0093】

実施例2は、実施例1およびその変形例の弾性波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19(a)は、実施例2に係るフィルタの平面図、図19(b)は、図19(a)のA-A断面図である。図19(a)および図19(b)に示すように、圧電基板10上に、弾性表面波共振器30、配線32およびパッド34が設けられている。弾性表面波共振器30は、IDT24および反射器26を有する。配線32は、弾性表面波共振器同士を電氣的に接続し、弾性表面波共振器30とパッド34とを電氣的に接続する。パッド34にはバンプ36が設けられている。弾性表面波共振器30上には酸化シリコン膜14、誘電体膜15および質量負荷膜16が設けられている。

【0094】

弾性表面波共振器30は、直列共振器S1からS3並びに並列共振器P1およびP2を含む。パッド34は信号端子T1およびT2並びにグランド端子Tgを含む。信号端子T1とT2との間に直列共振器S1からS3が直列に、並列共振器P1およびP2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S3および1または複数の並列共振器P1およびP2の少なくとも1つに実施例1およびその変形例の弾性表面波共振器30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。また、多重モードフィルタに実施例1およびその変形例の弾性表面波共振器を用いてもよい。

【0095】

酸化シリコン膜14の膜厚が同じ場合、通過帯域の低周波側の肩は高周波側の肩とで温度特性が異なる。レイリー波を用いたラダー型フィルタでは、低周波側の肩のTCFは高周波側の肩のTCFより5~10ppm/マイナとなる。このため、高周波側の肩のTCFを0付近としても低周波側の肩のTCFは-10ppm/となってしまう。そこで、図19(b)のように、並列共振器P1およびP2の酸化シリコン膜14を直列共振器S1からS3の酸化シリコン膜14より厚くする。これにより、高周波側および低周波側の肩のTCFをとともに0付近とする。さらに、並列共振器P1およびP2の誘電体膜15を直列共振器S1からS3の誘電体膜15より薄くする。これにより、並列共振器P1およびP2並びに直列共振器S1からS3とともにSH波スプリアスを抑制できる。

【0096】

図20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20に示すように、共通端子Ant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Ant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。送信フィルタ40は、送信端子Tx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Ant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Ant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Rxに通過させ、他の周波数の信号を抑圧する。送信フィルタ40および受信フィルタ42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。

【0097】

フィルタは実施例1およびその変形例の弾性波共振器を含む。これにより、TCFが小さく、SH波スプリアスに起因したリップルを抑制でき、かつフィルタ特性の劣化を抑制できる。また、送信フィルタ40および受信フィルタ42の少なくとも一方を実施例1お

10

20

30

40

50

よびその変形例の弾性波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。

【0098】

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】

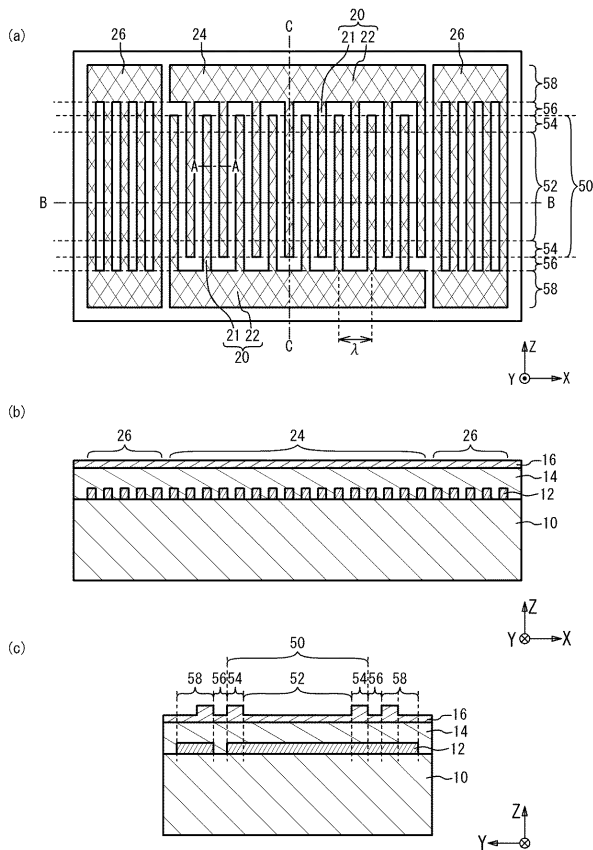
【0099】

- 10 圧電基板
- 12 金属膜
- 14 酸化シリコン膜
- 15 誘電体膜
- 16 質量負荷膜
- 18 保護膜
- 21 電極指
- 24 IDT
- 26 反射器
- 30 弾性表面波共振器
- 40 送信フィルタ
- 42 受信フィルタ

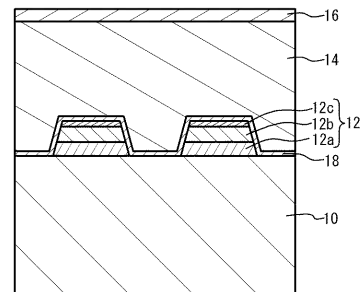
10

20

【図1】



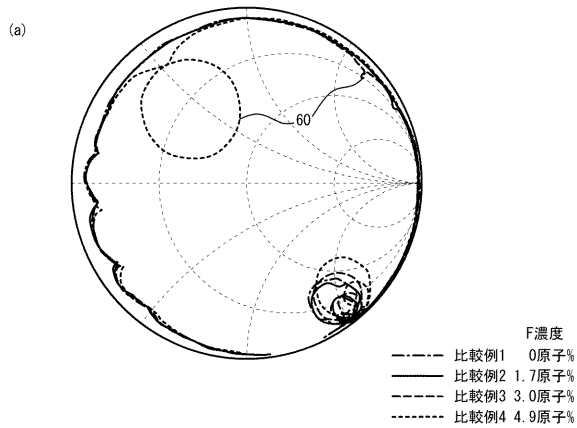
【図2】



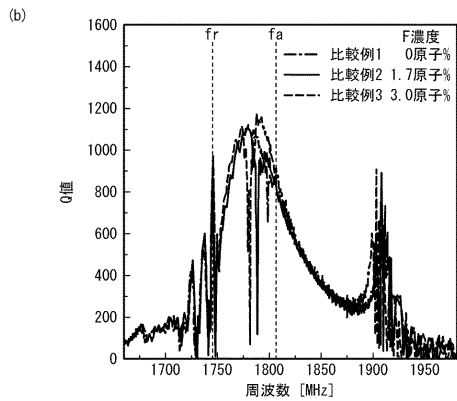
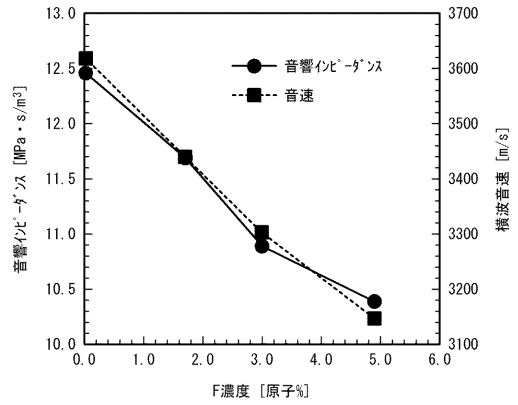
【図3】

	F濃度 [原子%]	f _r [MHz]	k ² [%]	SBW [MHz]	Q _{ave}	ΔQ _{ave}	ΔTCF (fa) [ppm/°C]
比較例1	0.0	1748.06	8.04	163.80	853	0.0	0.0
比較例2	1.7	1719.28	7.94	159.10	854	1.6	6.6
比較例3	3.0	1699.98	7.87	154.71	865	12.3	13.0
比較例4	4.9	1665.20	7.50	135.10	-	-	37.2

【図4】



【図5】

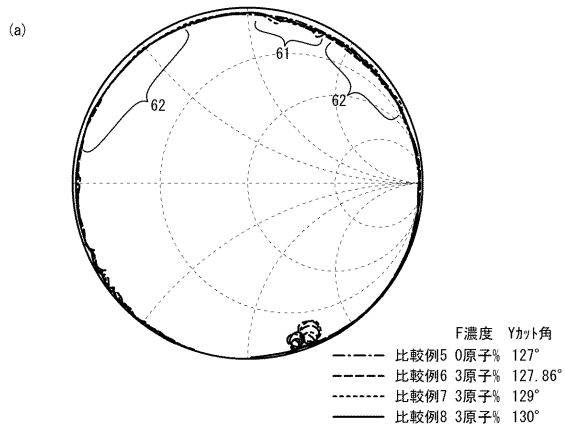


【図6】

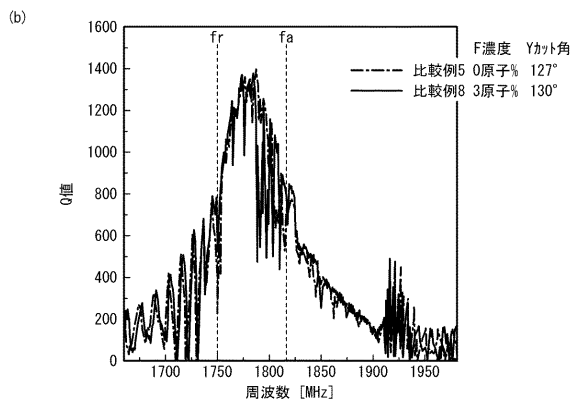
	F濃度 [原子%]	Yカット角 [°]	Cu膜厚 [Å]
比較例5	0.00	127	0.0655
比較例6	3.00	127.86	0.0550
比較例7	3.00	129	0.0600
比較例8	3.00	130	0.0655

	fr [MHz]	k ² [%]	Qave	SBW [MHz]	ΔQave	ΔTCF (fa) [ppm/°C]
比較例5	1749.98	8.58	1588	175	0.0	0.0
比較例6	1714.55	8.38	1270	148	-318.1	11.0
比較例7	1716.99	8.72	1556	151	-31.7	12.7
比較例8	1700.86	8.75	1525	165	-62.9	10.7

【図7】



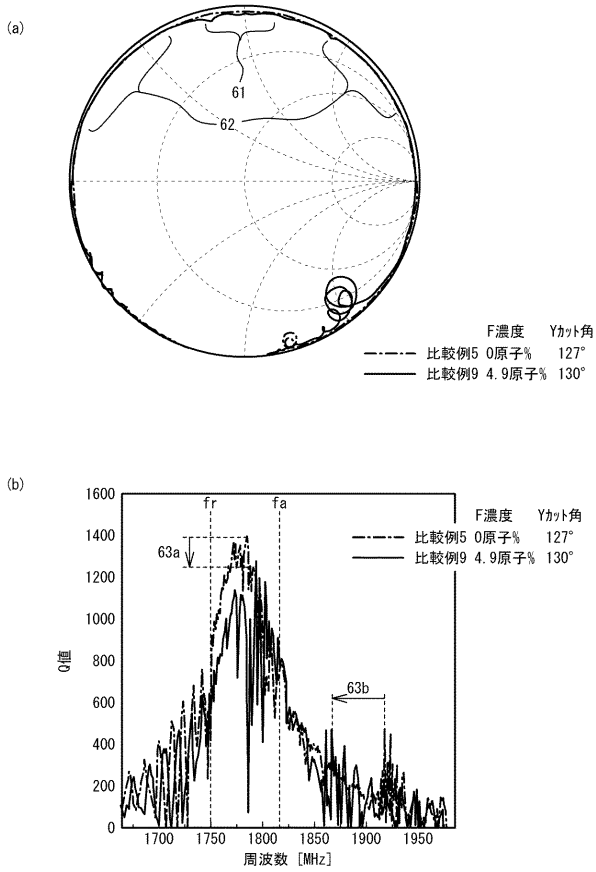
【図8】



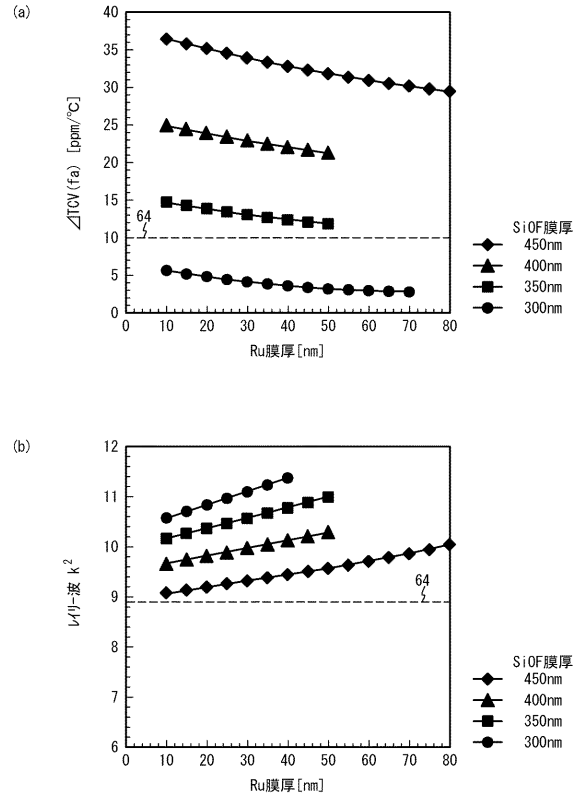
	F濃度 [原子%]	Yカット角 [°]	Cu膜厚 [Å]	SiO ₂ 膜厚 [Å]
比較例5	0.00	127	0.0655	0.225
比較例9	4.90	130	0.0450	0.150

	fr [MHz]	k ² [%]	Qave	SBW [MHz]	ΔQave	ΔTCF (fa) [ppm/°C]
比較例5	1749.98	8.58	1588	175	0.0	0.0
比較例9	1756.05	9.55	1314	115	-273.3	14.1

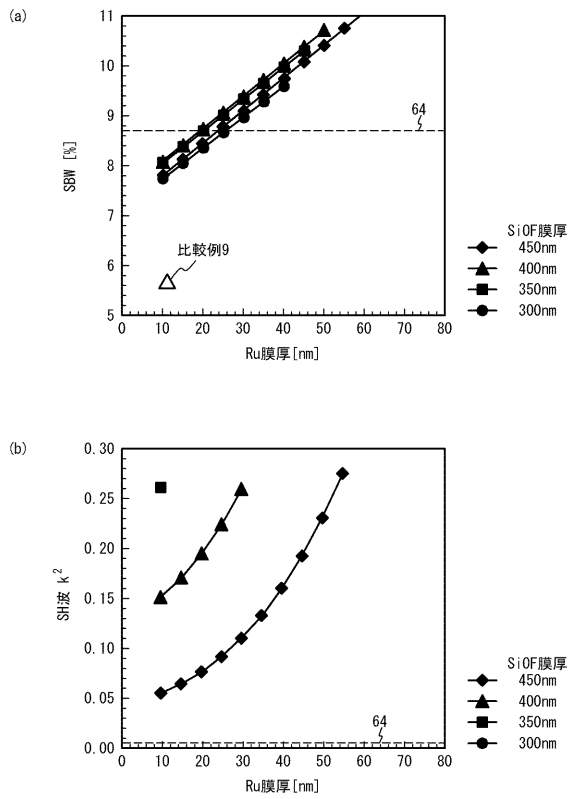
【 図 9 】



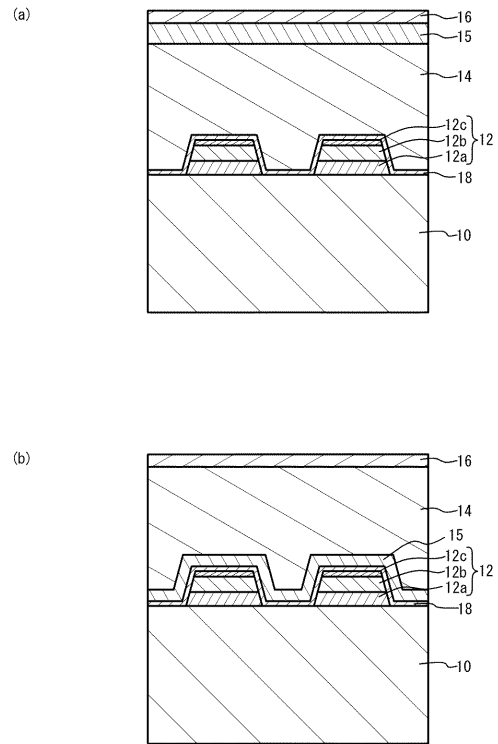
【 図 10 】



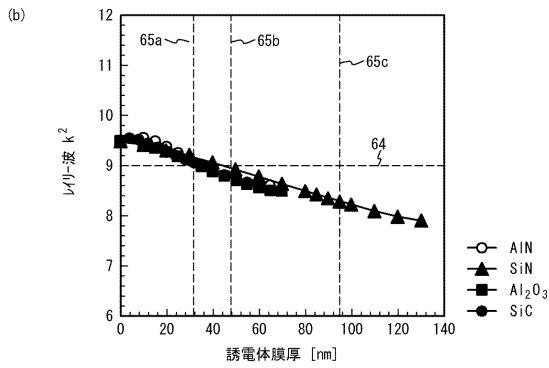
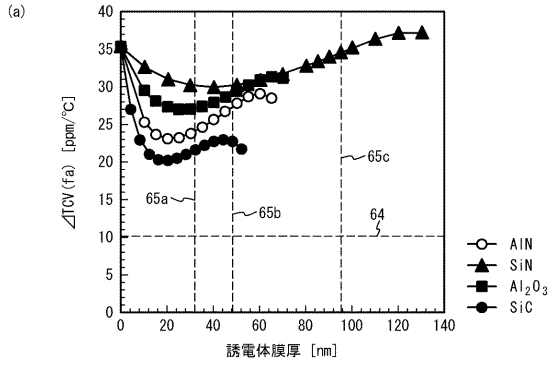
【 図 11 】



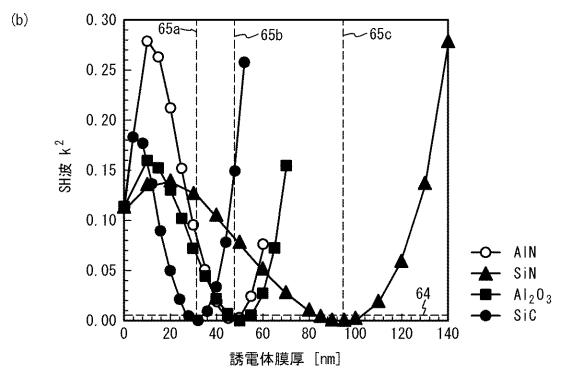
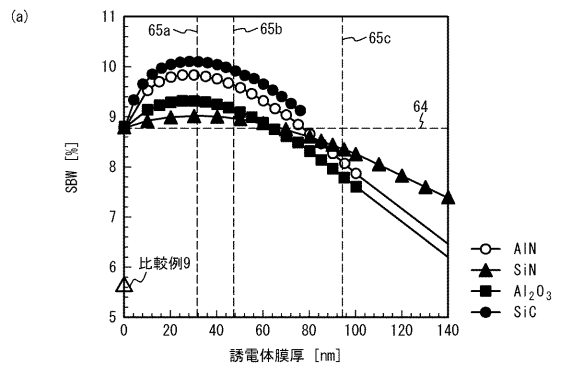
【 図 12 】



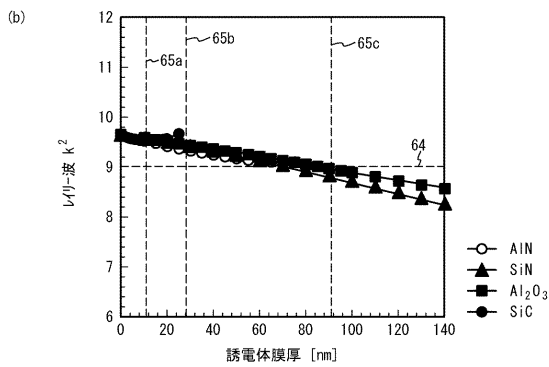
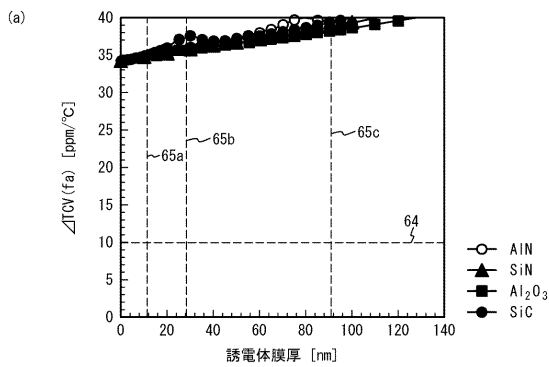
【図13】



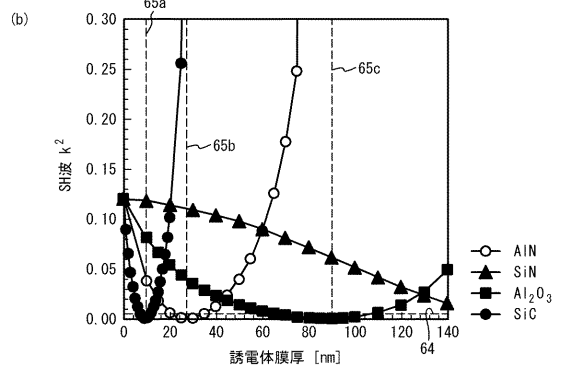
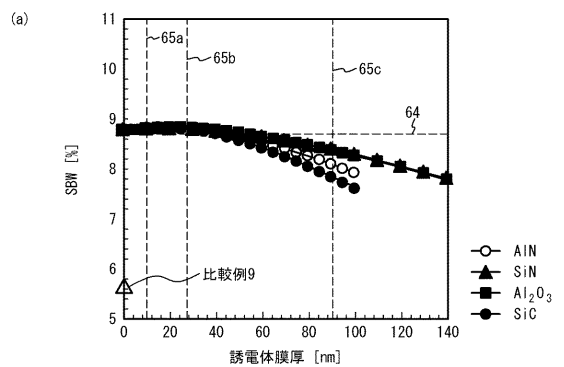
【図14】



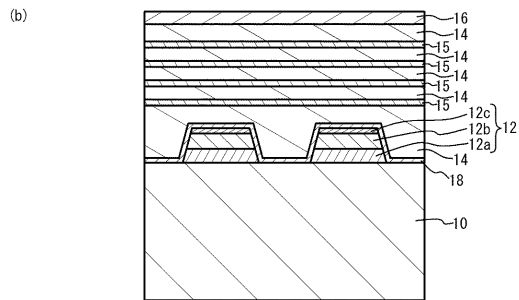
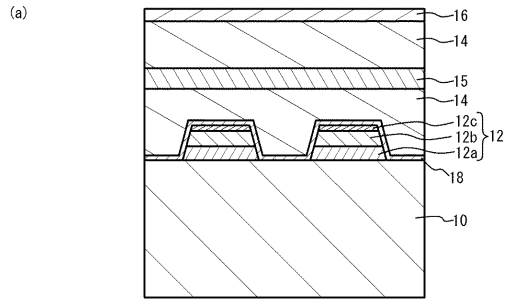
【図15】



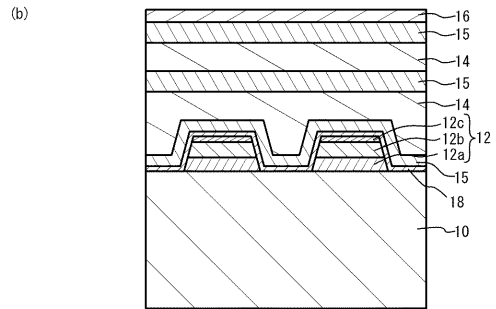
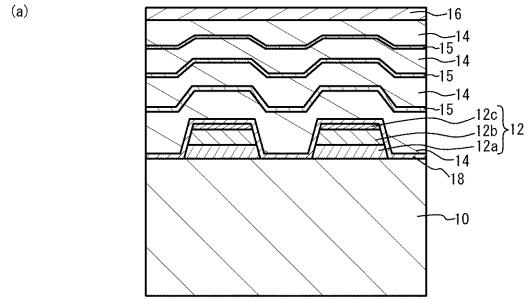
【図16】



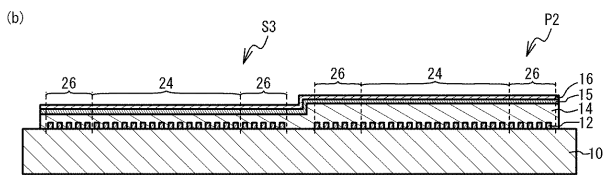
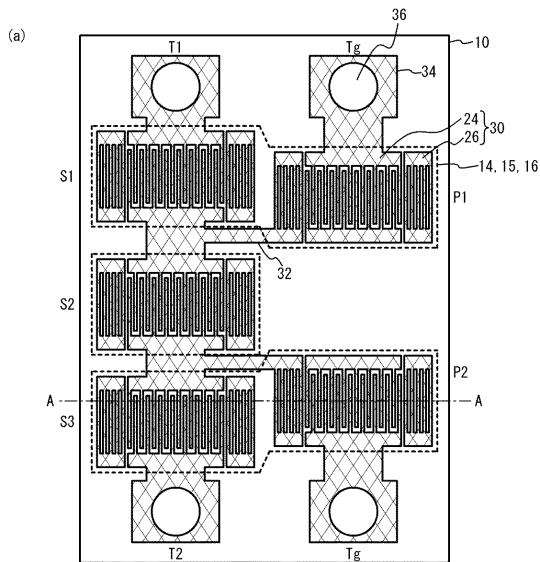
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【図 20】

