

(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2019-22093

(P2019-22093A)

(43) 公開日 平成31年2月7日(2019.2.7)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
H03H	9/145	(2006.01)	H03H	9/145	C	5J097		
H03H	9/64	(2006.01)	H03H	9/64	Z			
H03H	9/72	(2006.01)	H03H	9/72				
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 18 頁)

(21) 出願番号 特願2017-139260 (P2017-139260)
 (22) 出願日 平成29年7月18日 (2017.7.18)

(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
 (74) 代理人 100087480
 弁理士 片山 修平
 (72) 発明者 松倉 史弥
 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 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

最終頁に続く

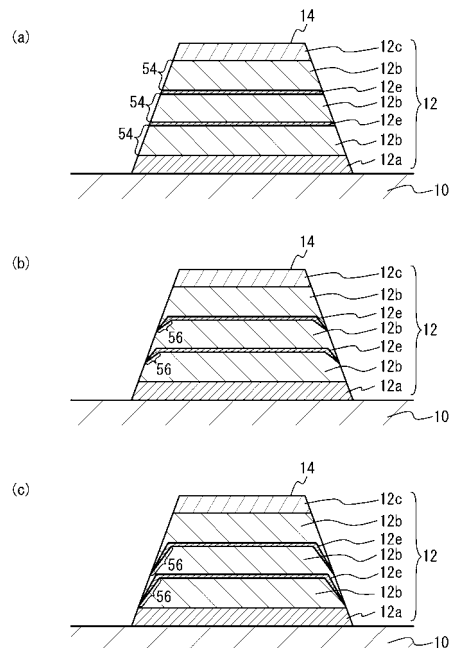
(54) 【発明の名称】 弾性波デバイス

(57) 【要約】

【課題】耐電力性を向上させること。

【解決手段】圧電基板10と、前記圧電基板10上に設けられ前記圧電基板10に向かって幅が広がるような傾斜面を有し第1金属を主成分とする第1金属膜12bと、前記第1金属膜12bの前記傾斜面の少なくとも一部を覆うように前記第1金属膜12b上に接して設けられ前記第1金属より融点および抵抗率が高い第2金属を主成分とする第2金属膜12eと、前記第2金属膜12eの傾斜面を覆うように前記第2金属膜12e上に接して設けられ前記第1金属を主成分とする第3金属膜12bと、を有する弾性波を励振する複数の電極指14と、を具備する弾性波デバイス。

【選択図】図13



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

圧電基板と、

前記圧電基板上に設けられ前記圧電基板に向かって幅が広くなるような傾斜面を有し第 1 金属を主成分とする第 1 金属膜と、前記第 1 金属膜の前記傾斜面の少なくとも一部を覆うように前記第 1 金属膜上に接して設けられ前記第 1 金属より融点および抵抗率が高い第 2 金属を主成分とする第 2 金属膜と、前記第 2 金属膜の傾斜面を覆うように前記第 2 金属膜上に接して設けられ前記第 1 金属を主成分とする第 3 金属膜と、を有する弾性波を励振する複数の電極指と、
を具備する弾性波デバイス。

10

【請求項 2】

前記第 2 金属は Cr または Cr より融点の高い金属である請求項 1 記載の弾性波デバイス。

【請求項 3】

前記第 1 金属は Cu である請求項 2 記載の弾性波デバイス。

【請求項 4】

前記第 1 金属は Al である請求項 1 または 2 記載の弾性波デバイス。

【請求項 5】

前記複数の電極指は、前記第 3 金属膜上に設けられ、前記第 1 金属より融点および抵抗率が高い第 3 金属を主成分とする第 4 金属膜を有する請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の弾性波デバイス。

20

【請求項 6】

前記複数の電極指は、前記圧電基板と前記第 1 金属膜との間に設けられ前記第 1 金属より融点および抵抗率が高い第 4 金属を主成分とする第 5 金属膜を具備する請求項 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】

前記複数の電極指の側面と接する誘電体膜を具備する請求項 1 から 6 のいずれか一項記載の弾性波デバイス。

【請求項 8】

前記圧電基板は、タンタル酸リチウム基板またはニオブ酸リチウム基板である請求項 1 から 7 のいずれか一項記載の弾性波デバイス。

30

【請求項 9】

前記複数の電極指を含むフィルタを具備する請求項 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】

前記フィルタを含むマルチプレクサを具備する請求項 9 記載の弾性波デバイス。

【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、例えば電極指を有する弾性波デバイスに関する。

40

【背景技術】**【0002】**

携帯電話を代表とする高周波通信用システムにおいて、通信に使用する周波数帯以外の不要な信号を除去するために高周波フィルタ等が用いられている。高周波フィルタ等には、弾性表面波 (SAW: Surface Acoustic Wave) 共振器等の弾性波共振器が用いられている。弾性表面波共振器においては、ニオブ酸リチウム基板またはタンタル酸リチウム基板等の圧電基板上に複数の電極指を有する IDT (Interdigital Transducer) が設けられている。

【0003】

50

耐久性および耐電圧性が高く、抵抗の小さいCu（銅）を電極指の材料として用いることが知られている（例えば特許文献1）。タンタル酸リチウム基板上に複数の電極指をエッチング法を用い形成するときに、タンタル酸リチウム基板がエッチングされないように、Ru（ルテニウム）またはRuO（酸化ルテニウム）膜を用いることが知られている（例えば特許文献2）。

【0004】

TiまたはCrとAlまたはCuとを交互に積層した積層膜を電極指とすることが知られている（例えば特許文献3）。CuとAlとを交互に積層した積層膜を電極指として用いることが知られている（例えば特許文献4）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平9-199976号公報

【特許文献2】特開2003-188673号公報

【特許文献3】国際公開第2006/046545号

【特許文献4】特開平7-122961号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

IDTに大電力の高周波信号が入力すると、弾性表面波が励振され電極指が発熱する。熱膨張により電極指に応力が加わる。また、圧電基板の変形にともなう弾性応力が電極指に加わる。これにより、ストレスマイグレーションが生じ、弾性波デバイスの耐電力性能が劣化する。特許文献3では、電極指にTiまたはCrとAlまたはCuとを交互に積層した積層膜を用いることにより、耐電力性能を向上させている。しかしながら、耐電力性の向上は十分でない。

【0007】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、耐電力性を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、圧電基板と、前記圧電基板上に設けられ前記圧電基板に向かって幅が広くなるような傾斜面を有し第1金属を主成分とする第1金属膜と、前記第1金属膜の前記傾斜面の少なくとも一部を覆うように前記第1金属膜上に接して設けられ前記第1金属より融点および抵抗率が高い第2金属を主成分とする第2金属膜と、前記第2金属膜の傾斜面を覆うように前記第2金属膜上に接して設けられ前記第1金属を主成分とする第3金属膜と、を有する弾性波を励振する複数の電極指と、を具備する弾性波デバイスである。

【0009】

上記構成において、前記第2金属はCrまたはCrより融点の高い金属である構成とすることができる。

【0010】

上記構成において、前記第1金属はCuである構成とすることができる。

【0011】

上記構成において、前記第1金属はAlである構成とすることができる。

【0012】

上記構成において、前記複数の電極指は、前記第3金属膜上に設けられ、前記第1金属より融点および抵抗率が高い第3金属を主成分とする第4金属膜を有する構成とすることができる。

【0013】

上記構成において、前記複数の電極指は、前記圧電基板と前記第1金属膜との間に設けられ前記第1金属より融点および抵抗率が高い第4金属を主成分とする第5金属膜を具備

10

20

30

40

50

する構成とすることができる。

【0014】

上記構成において、前記複数の電極指の側面と接する誘電体膜を具備する構成とすることができる。

【0015】

上記構成において、前記圧電基板は、タンタル酸リチウム基板またはニオブ酸リチウム基板である構成とすることができる。

【0016】

上記構成において、前記複数の電極指を含むフィルタを具備する構成とすることができる。

10

【0017】

上記構成において、前記フィルタを含むマルチプレクサを具備する構成とすることができる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、耐電力性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1(a)は弾性表面波共振器の平面図、図1(b)は図1(a)のA-A断面図である。

20

【図2】図2は、比較例1および2における電極指付近の断面図である。

【図3】図3は、比較例1および2における深さに対する歪エネルギーを示す図である。

【図4】図4(a)および図4(b)は、それぞれ比較例1および比較例2における電極指と圧電基板との界面の模式図である。

【図5】図5は、比較例3および4における電極指付近の断面図である。

【図6】図6は、比較例2から4における耐電力寿命を示す図である。

【図7】図7(a)および図7(b)は、サンプルAおよびBにおける電極指付近の断面図である。

【図8】図8(a)から図8(d)は、実施例1に係る弾性波デバイスの製造方法を示す断面図(その1)である。

30

【図9】図9(a)から図9(c)は、実施例1に係る弾性波デバイスの製造方法を示す断面図(その2)である。

【図10】図10は、サンプルBにおける電極指の断面SEM画像である。

【図11】図11は、サンプルA、Bおよび比較例2における周波数に対するQ値を示す図である。

【図12】図12は、サンプルA、B、比較例2および3における入力パワーに対する耐電力寿命を示す図である。

【図13】図13(a)から図13(c)は、サンプルBの電極指の断面図である。

【図14】図14(a)は、実施例2に係るフィルタの平面図、図14(b)は、図14(a)のA-A断面図である。

40

【図15】図15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】

【0020】

図1(a)は弾性表面波共振器の平面図、図1(b)は図1(a)のA-A断面図である。図1(a)および図1(b)に示すように、弾性表面波共振器24は、IDT20と反射器22を有する。IDT20および反射器22は、圧電基板10上に形成された金属膜12により形成される。IDT20は、対向する一对の櫛型電極18を備える。櫛型電極18は、複数の電極指14と、複数の電極指14が接続されたバスバー16と、を備える。一对の櫛型電極18は、電極指14がほぼ互い違いとなるように、対向して設けられている。圧電基板10上に電極指14を覆うように誘電体膜15が設けられている。

50

【 0 0 2 1 】

I D T 2 0 が励振する弾性波は、主に電極指 1 4 の配列方向に伝搬する。電極指 1 4 のピッチがほぼ弾性波の波長 となる。弾性波の伝搬方向を X 方向、伝搬方向に直交する方向を Y 方向とする。X 方向および Y 方向は、圧電基板 1 0 の結晶方位の X 軸方向および Y 軸方向とは必ずしも対応しない。圧電基板 1 0 は、タンタル酸リチウム基板またはニオブ酸リチウム基板である。誘電体膜 1 5 は、弾性表面波共振器の周波数温度特性を抑制するための温度補償膜であり、例えば酸化シリコン膜または弗素等の元素が添加された酸化シリコン膜である。

【 0 0 2 2 】

金属膜 1 2 としては、A l 膜または C u 膜が用いられている。例えば、誘電体膜 1 5 を設けない弾性表面波共振器では、金属膜 1 2 として A l 膜が用いられている。誘電体膜 1 5 を設けた弾性表面波共振器では、金属膜 1 2 として C u 膜が用いられている。

10

【 0 0 2 3 】

A l は音響インピーダンスが小さい。このため、誘電体膜 1 5 を設けると、誘電体膜 1 5 と電極指 1 4 との音響インピーダンスの差が小さくなる。これにより、電極指 1 4 における弾性波の反射係数が小さくなってしまふ。一方、C u は音響インピーダンスが A l より大きい。このため、誘電体膜 1 5 と電極指 1 4 との音響インピーダンスの差が大きくなり、電極指における弾性波の反射係数が大きくなる。これにより広帯域な弾性波デバイスを実現できる。

【 0 0 2 4 】

また、C u は A l に比べ低抵抗であることから C u 膜を用いることで電極指 1 4 を低抵抗化できる。さらに、C u は A l に比べマイグレーション耐性が高い。さらに、C u は A l より密度が高いため、電極指 1 4 を薄くでき電極指 1 4 の弾性的な損失を低減できる。

20

【 0 0 2 5 】

低抵抗の A l 膜または C u 膜を圧電基板 1 0 上に直接設けると、大電力の高周波信号が入力する動作時に A l 膜または C u 膜に応力が加わるおよび / または A l 膜または C u 膜が発熱する。このため、A l または C u のマイグレーションが生じる。これにより、弾性波デバイスの耐電力性能が低下する。耐電力性能を向上させるため、A l 膜または C u 膜と圧電基板 1 0 との間に A l または C u より耐熱性のある金属膜を設ける。これにより、弾性波デバイスの耐電力性能を向上できる。

30

【 0 0 2 6 】

[比較例 1、2]

図 2 は、比較例 1 および 2 における電極指付近の断面図である。図 2 に示すように、圧電基板 1 0 上に金属膜 1 2 が設けられている。金属膜 1 2 を覆うように誘電体膜 1 5 が設けられている。金属膜 1 2 は、積層された金属膜 1 2 a、1 2 b および 1 2 c を含む。金属膜 1 2 a は、圧電基板 1 0 上に設けられている。金属膜 1 2 b は金属膜 1 2 a 上に設けられている。金属膜 1 2 c は、金属膜 1 2 b 上に設けられている。金属膜 1 2 a は、耐電力性能を向上させるための膜である。金属膜 1 2 b は C u 膜である。金属膜 1 2 c は、電極指 1 4 以外において誘電体膜 1 5 にウェットエッチングで開口を設けるときのエッチングストップパである。誘電体膜 1 5 の上面は平坦である。

40

【 0 0 2 7 】

比較例 1 および 2 では、C u 膜と圧電基板 1 0 との間の膜としてそれぞれ T i (チタン) 膜および R u 膜を用いた。図 2 の A - A 線における反共振周波数の歪エネルギーを比較例 1 および 2 についてシミュレーションした。シミュレーション条件は以下である。

比較例 1 および 2 の共通の条件

圧電基板 1 0 : 1 2 7 . 8 6 ° 回転 Y カット X 伝搬ニオブ酸リチウム基板

電極指 1 4 のピッチ : 2 . 0 0 μ m

比較例 1

金属膜 1 2 a : 膜厚が 1 0 n m の T i 膜

金属膜 1 2 b : 膜厚が 1 3 6 n m の C u 膜

50

金属膜 1 2 c : 膜厚が 9 nm の Cr 膜

誘電体膜 1 5 : 電極指 1 4 間における膜厚が 6 1 0 nm の酸化シリコン膜

比較例 2

金属膜 1 2 a : 膜厚が 2 0 nm の Ru 膜

金属膜 1 2 b : 膜厚が 1 2 5 nm の Cu 膜

金属膜 1 2 c : 膜厚が 9 nm の Cr 膜

誘電体膜 1 5 : 電極指 1 4 間における膜厚が 5 9 3 nm の酸化シリコン膜

Ru および Ti のバルクでのヤング率はそれぞれ約 4 2 0 GPa および 1 2 0 GPa である。Ru のヤング率は Ti より大きい。比較例 1 と 2 とで音速を合わせるため、比較例 2 の Ru 膜を比較例 1 の Ti 膜より厚くした。

10

【 0 0 2 8 】

図 3 は、比較例 1 および 2 における深さに対する歪エネルギーを示す図である。歪エネルギーの単位は J (ジュール) である。深さが 0 μ m は、圧電基板 1 0 と金属膜 1 2 との界面を示している。深さが負は圧電基板 1 0 内を示し、正は電極指 1 4 内を示す。図の上の Ti、Cu、Cr (クロム) および SiO₂ は、比較例 1 における Ti 膜、Cu 膜、Cr 膜および誘電体膜 1 5 を示す。図の下の Ru、Cu、Cr および SiO₂ は、比較例 2 における Ru 膜、Cu 膜、Cr 膜および誘電体膜 1 5 を示す。LN はニオブ酸リチウム基板を示す。

【 0 0 2 9 】

図 3 に示すように、比較例 2 では比較例 1 より電極指 1 4 内 (特に圧電基板 1 0 との界面付近) の歪エネルギーが小さい。これは、Ru が Ti よりヤング率が大きいためと考えられる。歪エネルギーが大きいと弾性波のエネルギーが歪みエネルギーとなり弾性波の損失が大きくなる。比較例 2 では、電極指 1 4 内の歪エネルギーが小さく、弾性波の損失を小さくできる。電極指 1 4 内の歪エネルギーを小さくするためには、金属膜 1 2 a のヤング率は 3 0 0 GPa 以上が好ましい。

20

【 0 0 3 0 】

次に比較例 1 および 2 の弾性表面波共振器を作製した。作製条件は以下である。

電極指 1 4 の対数 : 1 0 0 対

開口長 : 2 0

反射器 2 2 の対数 : 1 0 対

共振器 : 正規型

その他の条件はシミュレーションと同じであり説明を省略する。

30

【 0 0 3 1 】

比較例 1 および 2 について Q 値を測定した。共振周波数 f_r と反共振周波数 f_a との間の Q 値を平均すると以下となった。

比較例 1 の Q 値の平均 : 1 0 2 7

比較例 2 の Q 値の平均 : 1 2 7 1

以上のように、比較例 2 では比較例 1 に比べ、約 2 0 % Q 値を向上できる。これは、図 3 のシミュレーションのように、比較例 2 は比較例 1 に比べ歪エネルギーが小さいためと考えられる。

40

【 0 0 3 2 】

電極指 1 4 は、誘電体膜 1 5 の成膜工程およびパッケージへ実装するときのリフロー工程において数 1 0 0 の高温となる。また、弾性表面波共振器の動作時の発熱に曝される。このような高温により、金属膜 1 2 a と圧電基板 1 0 との間の拡散が問題となる。

【 0 0 3 3 】

図 4 (a) および図 4 (b) は、それぞれ比較例 1 および比較例 2 における電極指と圧電基板との界面の模式図である。図 4 (a) に示すように、比較例 1 では、金属膜 1 2 a 内に圧電基板 1 0 の原子が熱拡散した領域 5 0 と圧電基板 1 0 内に Ti 原子が熱拡散した領域 5 2 が形成される。領域 5 0 および 5 2 の全体の厚さは例えば数 nm である。領域 5 0 および 5 2 が形成されると、電極指 1 4 が実質的に圧電基板 1 0 に埋め込まれることな

50

る。領域 50 および 52 により、圧電基板 10 の表面における絶縁抵抗が実質的に低下する。これにより、弾性波デバイスが動作するとき、電極指 14 間で絶縁破壊が生じ動作不良の原因となる場合がある。

【0034】

図 4 (b) に示すように、比較例 2 では膜厚が 1 nm 以上の拡散領域はほとんど観察されない。電極指 14 と圧電基板 10 との界面と、電極指 14 間の誘電体膜 15 と圧電基板 10 との界面は実質的に (例えば 1 nm 程度の範囲では) 同一平面である。よって、比較例 1 のような絶縁不良による動作不良は抑制される。なお、図 4 (a) および図 4 (b) のような界面は TEM (Transmission Electron Microscope) を用い観察できる。

【0035】

絶縁不良の影響を調査するため、比較例 1 および 2 の弾性表面波共振器に周波数が 1780 MHz の高周波信号を印加し、瞬時に破壊される瞬時破壊電力を測定した。比較例 1 では瞬時破壊電力は約 0.44 W であるのに対し、比較例 2 では約 1.10 W であった。比較例 2 では比較例 1 に比べ瞬時破壊電力が約 2.5 倍に向上している。このように、比較例 2 では、比較例 1 に比べ耐電力性能を向上できる。比較例 2 において耐電力性能を向上できる一因は図 4 (b) のように、Ru 原子の圧電基板 10 への拡散がほとんどないためと考えられる。

【0036】

[比較例 3、4]

このように、比較例 2 では、比較例 1 に比べ瞬時破壊電力等の耐電力性が向上している。しかしながら、比較例 2 の耐電力性は十分ではない。以下に比較例 2 より耐電力性を向上させるため、金属膜 12b と 12c との間に金属膜 12d を設けた比較例 3 について説明する。

【0037】

図 5 は、比較例 3 および 4 における電極指付近の断面図である。図 5 に示すように、金属膜 12b と 12c との間に金属膜 12d が設けられている。金属膜 12d は、耐電力性を向上させるための膜である。その他の構成は比較例 2 と同じであり説明を省略する。

【0038】

比較例 3 および 4 の弾性表面波共振器を作製した。作製条件は以下である。

金属膜 12a : 膜厚が 10 nm の Ru 膜

金属膜 12b : 膜厚が 125 nm の Cu 膜

金属膜 12d : 膜厚が 10 nm の Ru 膜 (比較例 3)、Ti 膜 (比較例 4)

金属膜 12c : 膜厚が 9 nm の Cr 膜

誘電体膜 15 : 電極指 14 間における膜厚が 593 nm の酸化シリコン膜

その他の条件は比較例 2 と同じである。

【0039】

作製した比較例 2 および 3 の Q 値を測定した。共振周波数 f_r と反共振周波数 f_a との間の Q 値を平均すると以下となった。

比較例 2 の Q 値の平均 : 1271

比較例 3 の Q 値の平均 : 1255

以上のように、比較例 3 は比較例 2 と同程度の Q 値である。これは、比較例 2 と 3 とで歪エネルギーが同程度のためと考えられる。

【0040】

次に、弾性表面波共振器に周波数が 1780 MHz の高周波信号を印加し、破壊される時間を耐電力寿命とした。印加する高周波信号のパワー (入力パワー) は 29 dBm である。

【0041】

図 6 は、比較例 2 から 4 における耐電力寿命を示す図である。図 6 に示すように、Ru 膜の金属膜 12d を設けた比較例 3 は金属膜 12d を設けない比較例 2 より耐電力寿命が長い。しかし、金属膜 12d を Ti 膜とした比較例 4 は比較例 2 より耐電力寿命が短い。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

以上のように、金属膜 1 2 b 上に R u 膜である金属膜 1 2 d を設けることで耐電力性が向上する理由は明確ではないが、例えば以下のように考えられる。

【 0 0 4 3 】

耐電力性が低い原因は、例えばストレスマイグレーション等により金属膜 1 2 b 内の C u 原子が移動し隣接する電極指同士が短絡するためと考えられる。表 1 は、T i、C r、R u、R h（ロジウム）、R e（レニウム）、I r（イリジウム）における融点、C u との格子不整合、標準電極電位およびヤング率を示す表である。格子不整合は、C u の格子定数と対象となる金属の格子定数との差を C u の格子定数で除したものである。

【表 1】

元素	融点	格子不整合	標準電極電位	ヤング率
Ti	1668°C	16 %	-1.63 V	120 Gpa
Cr	1863°C	10 %	-0.74 V	280 Gpa
Ru	2334°C	5.8 %	0.68 V	420 Gpa
Rh	1964°C	5.2 %	0.76 V	380 Gpa
Re	3816°C	2.6 %	0.22 V	460 Gpa
Ir	2466°C	6.2 %	0.86 V	530 Gpa

10

20

【 0 0 4 4 】

表 1 のように、T i、C r および R u で比較すると、融点は、T i が最も低く、C r および R u の順である。これは図 6 の耐電力性の比較例 4、比較例 2 および比較例 3 の順と同じである。融点が高いほど原子同士の結合エネルギーが高く原子の拡散が抑制され熱力学的に安定になると考えられる。これにより、異種元素間の相互拡散を抑制する拡散防性（バリア性）が高い。このため、金属膜 1 2 b 上に高融点金属を主成分とする金属膜 1 2 d を設けると、C u のマイグレーションが抑制され耐電力性が向上すると考えられる。これにより、図 6 のように、比較例 3 の耐電力性が向上したと考えられる。

【 0 0 4 5 】

また、イオン化傾向を示す標準電極電位が高いと金属膜 1 2 d を成膜するときに金属膜 1 2 d 内に酸素等の不純物を取り込みにくい。これにより、金属膜 1 2 d 内に欠陥が生じにくい。さらに、格子不整合が小さいと、金属膜 1 2 b と 1 2 d との界面の密着性が向上する。これにより、金属膜 1 2 b と 1 2 d との界面における原子の拡散が抑制される。これらにより、C u のマイグレーションが抑制される。

30

【 0 0 4 6 】

表 1 のように、格子不整合は T i が最も大きく、C r および R u の順である。また、標準電極電位は T i が最も小さく、C r および R u の順である。これにより、金属膜 1 2 d を R u 膜とすると、C u のマイグレーションが抑制され、耐電力性が向上すると考えられる。

40

【 0 0 4 7 】

C r より融点が高く、格子不整合が小さくかつ標準電極電位が高い金属として、表 1 のように R u 以外に R h、R e および I r がある。これらの金属はヤング率が 3 0 0 G P a 以上であり、歪エネルギーが小さく、Q 値も高くなると考えられる。

【 0 0 4 8 】

しかし、比較例 3 の耐電力性能が十分ではない。以下に耐電力性能をより向上させた実施例について説明する。

【実施例 1】

【 0 0 4 9 】

実施例 1 としてサンプル A および B を作製した。図 7 (a) および図 7 (b) は、サン

50

プル A および B における電極指付近の断面図である。図 7 (a) に示すように、サンプル A では、金属膜 1 2 b 内に 1 層の金属膜 1 2 e が挿入されている。サンプル B では、金属膜 1 2 b 内に 2 層の金属膜 1 2 e が挿入されている。金属膜 1 2 e は、耐電力性を向上させるための膜である。その他の構成は比較例 2 と同じであり説明を省略する。

【 0 0 5 0 】

サンプル A および B の作製条件は以下である。

サンプル A

金属膜 1 2 a : 膜厚が 1 0 n m の R u 膜
 金属膜 1 2 b : 膜厚が 6 3 n m の C u 膜
 金属膜 1 2 e : 膜厚が 1 0 n m の R u 膜
 金属膜 1 2 b : 膜厚が 6 3 n m の C u 膜
 金属膜 1 2 c : 膜厚が 9 n m の C r 膜
 誘電体膜 1 5 : 電極指 1 4 間における膜厚が 5 9 3 n m の酸化シリコン膜
 その他の条件は比較例 2 と同じである。

10

【 0 0 5 1 】

サンプル B

金属膜 1 2 a : 膜厚が 1 0 n m の R u 膜
 金属膜 1 2 b : 膜厚が 4 2 n m の C u 膜
 金属膜 1 2 e : 膜厚が 5 n m の R u 膜
 金属膜 1 2 b : 膜厚が 4 2 n m の C u 膜
 金属膜 1 2 e : 膜厚が 5 n m の R u 膜
 金属膜 1 2 b : 膜厚が 4 2 n m の C u 膜
 金属膜 1 2 c : 膜厚が 9 n m の C r 膜
 誘電体膜 1 5 : 電極指 1 4 間における膜厚が 5 9 3 n m の酸化シリコン膜
 その他の条件は比較例 2 と同じである。

20

【 0 0 5 2 】

[実施例 1 の製造方法]

図 8 (a) から図 9 (c) は、実施例 1 に係る弾性波デバイスの製造方法を示す断面図である。図 8 (a) に示すように、圧電基板 1 0 上にフォトレジスト 4 0 を塗布する。その後バークする。フォトレジスト 4 0 は例えばポジ型である。図 8 (b) に示すように、フォトマスク 4 2 を介しフォトレジスト 4 0 に露光光 4 3 を照射する。フォトレジスト 4 0 内の領域 4 0 a が感光する。図 8 (c) に示すように、フォトレジスト 4 0 を現像することで領域 4 0 a が除去され開口 4 1 が形成される。図 8 (d) に示すように、真空蒸着法を用い、開口 4 1 内の圧電基板 1 0 上およびフォトレジスト 4 0 上に金属膜 1 2 を形成する。

30

【 0 0 5 3 】

図 9 (a) に示すように、フォトレジスト 4 0 を除去することでフォトレジスト 4 0 上の金属膜 1 2 をリフトオフする。これにより、圧電基板 1 0 上に金属膜 1 2 が形成される。図 9 (b) に示すように、圧電基板 1 0 上に金属膜 1 2 を覆うように誘電体膜 1 5 を形成する。誘電体膜 1 5 は例えば C V D (Chemical Vapor Deposition) 法またはスパッタリング法を用いる。図 9 (c) に示すように、誘電体膜 1 5 の上面を平坦化する。平坦化には例えば C M P (Chemical Mechanical Polishing) 法を用いる。

40

【 0 0 5 4 】

図 1 0 は、サンプル B における電極指の断面 S E M (Scanning Electron Microscope) 画像である。図 1 0 に示すように、圧電基板 1 0 側から電極指 1 4 として金属膜 1 2 a 、 1 2 b 、 1 2 e 、 1 2 b 、 1 2 e 、 1 2 b および 1 2 c が積層されている。電極指 1 4 は誘電体膜 1 5 に覆われている。

【 0 0 5 5 】

最も圧電基板 1 0 側の 1 層目の金属膜 1 2 b の側面は傾斜している。1 層目の金属膜 1 2 e は 1 層目の金属膜 1 2 b の側面を覆うように設けられている。2 層目の金属膜 1 2 b

50

は1層目の金属膜12eを覆うように設けられている。2層目の金属膜12eは2層目の金属膜12bの側面を覆うように設けられている。3層目の金属膜12bは2層目の金属膜12eを覆うように設けられている。

【0056】

金属膜12a、1層目から3層目の金属膜12bの側面の圧電基板10の上面に対する角度は、それぞれ13°、55°、65°および70°である。このように、金属膜12bの側面の内角は、上の層に行くに従い大きくなる。これにより、金属膜12eは下の金属膜12bの側面を覆うことができる。

【0057】

図8(d)における金属膜12の蒸着条件を適切に選択することで、図10のような構造を実現できる。真空蒸着法では原理的には金属原子の飛来方向は蒸着ソースの方向である。このような条件では下の金属膜12bの側面を金属膜12eが覆うことは難しい。例えば、蒸着レートを高くすると真空蒸着装置のチャンパ内の蒸着用ソース付近の真空度が悪くなる。これにより、金属原子が散乱されやすくなり、図8(d)の矢印44のように原子は複数の方向から飛来する。よって、金属膜12bの側面は傾斜面となり、金属膜12eは金属膜12bの側面を覆いやすくなる。

10

【0058】

作製したサンプルAおよびBのQ値を測定した。図11は、サンプルA、Bおよび比較例2における周波数に対するQ値を示す図である。図11に示すように、サンプルAおよびBは比較例2と同程度のQ値である。共振周波数 f_r と反共振周波数 f_a との間のQ値を平均すると以下となった。

20

サンプルAのQ値の平均：1291

サンプルBのQ値の平均：1373

比較例2のQ値の平均：1282

以上のように、サンプルAおよびBは比較例2と同程度のQ値である。これは、サンプルAおよびBと比較例2とで歪エネルギーが同程度のためと考えられる。

【0059】

サンプルAおよびBの耐電力寿命を測定した。弾性表面波共振器に周波数が1780MHzの高周波信号を印加し、破壊される時間を耐電力寿命とした。印加する高周波信号のパワーに対する耐電力寿命を測定した。なお、耐電力寿命を測定した弾性表面波共振器の開口長は30である。

30

【0060】

図12は、サンプルA、B、比較例2および3における入力パワーに対する耐電力寿命を示す図である。ドットは測定点、直線は近似直線である。図12に示すように、比較例3は比較例2より耐電力寿命が長い。サンプルAは比較例3よりさらに耐電力寿命が長い。サンプルBはサンプルAよりさらに耐電力寿命が長い。

【0061】

以上のように、金属膜12bにRu膜である金属膜12eを挿入することで耐電力性が向上する理由は明確ではないが、例えば以下のように考えられる。

【0062】

金属膜12eは、金属膜12bより融点が高い。例えばCuの融点は1085であり、Ruの融点は表1のように2334である。融点の高い金属は相互拡散のバリア性が高い。図10のように、下層の金属膜12bの側面および上面を金属膜12eが覆っている。これにより、金属膜12bの原子Cuのマイグレーションが抑制され耐電力性能が向上したと考えられる。金属膜12eの層数を増やすと、金属膜12eが覆う金属膜12bが薄くなる。よって、Cuのマイグレーションをより抑制できるものと考えられる。

40

【0063】

金属膜12eの材料としては、表1のように、標準電極電位が高い金属、および/または金属膜12bと格子不整合が小さい金属であることが好ましい。これにより、Cuのマイグレーションが抑制されると考えられる。また、金属膜12eの材料は、ヤング率が

50

きい金属が好ましい。例えばヤング率が300 GPa以上であることが好ましい。これにより、電極指14の歪エネルギーが小さくなり、Q値が高くなると考えられる。

【0064】

図13(a)から図13(c)は、サンプルBの電極指の断面図である。図13(a)に示すように、金属膜12eは下層の金属膜12bの側面54を覆っていない。このような構造では、金属膜12bの原子の横方向(例えば誘電体膜15内)へのマイグレーションを抑制できない。よって、耐電力性能の向上は小さいと考えられる。

【0065】

図13(b)に示すように、金属膜12eは下層の金属膜12bの側面の一部の領域56を覆っている。これにより、金属膜12bの原子の横方向のマイグレーションを抑制できる。よって、耐電力性能が向上する。図13(c)に示すように、金属膜12eは下層の金属膜12bの側面の少なくとも一部の領域56を覆っている。最も下の金属膜12bの側面の全ての領域56は金属膜12eに覆われている。これにより、金属膜12bの原子の横方向のマイグレーションをより抑制できる。よって、耐電力性能がより向上する。

10

【0066】

金属膜12eが金属膜12bの側面の少なくとも一部を覆う構造は、真空蒸着の条件を適正に選択することにより実現できる。また、この構造はスパッタリング法を用いて実現してもよい。

【0067】

金属膜12aは、金属膜12bの主成分の金属より融点が高い金属を主成分とすればよい。比較例1と比較例2との比較のように、Ti膜よりRu膜が好ましい。表1の考察より、金属膜12aはCrを主成分とする、またはCrより融点が高く、標準電極電位がCrより高く、金属膜12bとの格子不整合がCrより小さく、および/またはヤング率が300 GPa以上の金属を主成分とすることが好ましい。

20

【0068】

金属膜12bは、主に電流の流れる層であり、金属膜12a、12cおよび12eより電気抵抗率が低いことが好ましい。このため、金属膜12bはCuまたはAlを主成分とすることが好ましい。金属膜12bは、AlおよびCu以外にマイグレーションを抑制する元素を含んでもよい。金属膜12bがCuを主成分とする場合、金属膜12bは、Ag、Al、Mg(マグネシウム)、Mn(マンガン)、Sn(錫)、Zr(ジルコニウム)、In(インジウム)、Ta(タンタル)、TiおよびMoの少なくとも1つを含有してもよい。金属膜12bの膜厚は、金属膜12a、12cおよび12eの各々の膜厚より厚いことが好ましく、2倍以上厚いことがより好ましく、3倍以上厚いことがさらに好ましい。

30

【0069】

金属膜12eは、金属膜12bの主成分の金属より融点が高い金属を主成分とすればよい。表1の考察より、金属膜12eはCrを主成分とする、またはCrより融点が高く、標準電極電位がCrより高く、金属膜12bとの格子不整合がCrより小さく、および/またはヤング率が300 GPa以上の金属を主成分とすることが好ましい。以上の観点から、金属膜12eとしては、Cr、Ru、Rh、Re、W、MoおよびIrの少なくとも1つを主成分とすることが好ましい。

40

【0070】

金属膜12cは、金属膜12bの主成分の金属より融点が高い金属を主成分とすればよい。表1の考察より、金属膜12eはCrを主成分とする、またはCrより融点が高く、標準電極電位がCrより高く、金属膜12bとの格子不整合がCrより小さく、および/またはヤング率が300 GPa以上の金属を主成分とすることが好ましい。

【0071】

さらに、金属膜12cは、電極指14以外の領域において、誘電体膜15をエッチングするときのエッチングストップパである。この観点から金属膜12cはバッファード弗酸等の酸性のエッチング液に対し不溶であればよい。金属膜12cは、例えばRu膜、Pt(

50

白金)膜、Rh膜、Au(金)膜、Ag(銀)膜およびMo(モリブデン)膜等でもよい。また、抵抗値が低ければ、これらの膜の一部が酸化していてもよい。金属膜12cは設けられてなくてもよい。

【0072】

金属膜12aと圧電基板10との密着性を向上させるため、金属膜12aと圧電基板10との間に、Cr膜、NiCr膜またはTi膜等の密着膜が設けられていてもよい。図5(a)のような拡散を抑制するため、密着膜は金属膜12aより薄いことが好ましい。金属膜12aは設けられていなくてもよい。

【0073】

実施例1によれば、金属膜12b(第1金属膜)は、圧電基板10上に設けられ圧電基板10に向かって幅が広がるような傾斜面を有している。金属膜12e(第2金属膜)は、金属膜12bの傾斜面の少なくとも一部を覆うように金属膜12b上に接して設けられている。金属膜12b(第3金属膜)は、金属膜12eの傾斜面を覆うように金属膜12e上に接して設けられている。金属膜12eの主成分の金属(第2金属)は、金属膜12bの主成分の金属(第1金属)より融点および抵抗率が高い。これにより、弾性波デバイスの耐電力を向上できる。

10

【0074】

金属膜12eの主成分の金属はCrまたはCrより融点の高い金属である。これにより、弾性波デバイスの耐電力をより向上できる。金属膜12bの主成分の金属はCuまたはAlである。これにより、電極指の抵抗を低くできる。なお、ある元素を主成分とすると、実施例1の効果が得られる程度にある元素を含む意味である。例えばある元素が50原子%以上(または例えば90原子%以上)含まれることである。

20

【0075】

電極指14は、最も上の金属膜12b上に設けられた金属膜12c(第4金属膜)を有する。金属膜12cの主成分の金属(第3金属)は、金属膜12bの主成分の金属より融点および抵抗率が高い。これにより、弾性波デバイスの耐電力をより向上できる。

【0076】

電極指14は、圧電基板10と最も下の金属膜12bとの間に設けられた金属膜12a(第5金属膜)を有する。金属膜12aの主成分の金属(第4金属)は、金属膜12bの主成分の金属より融点および抵抗率が高い。これにより、弾性波デバイスの耐電力をより向上できる。

30

【0077】

誘電体膜15は、複数の電極指14の側面と接する。このように、誘電体膜15を設けられている場合、電極指14から誘電体膜15への金属膜12bの金属のマイグレーションが生じやすい。よって、金属膜12eを設けることで、金属膜12bから誘電体膜15への金属のマイグレーションを抑制できる。また、誘電体膜15は、圧電基板10上に複数の電極指14を覆い複数の電極指14より厚い。このように、電極指14が誘電体膜15に埋め込まれている場合、電極指14の音響インピーダンスを高くするため、金属膜12bをCuを主成分とすることが好ましい。誘電体膜15としては、酸化シリコンおよび窒化シリコンの少なくとも1つを主成分とする。酸化シリコンまたは窒化シリコンは弗素等の元素を含んでもよい。

40

【0078】

圧電基板10がニオブ酸リチウム基板またはタンタル酸リチウム基板のときに、誘電体膜15を酸化シリコン膜または弗素を添加した酸化シリコン膜とする。これにより、弾性波デバイスの周波数温度係数を0に近づけることができる。

【0079】

回転YカットX伝搬ニオブ酸リチウム基板では、回転Yカット角が 127.86° のとき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が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

50

ー波を主モードとし、リーキー波を不要波とする場合、回転Yカット角は 120° 以上かつ 140° 以下が好ましい。電気機械結合係数が最大となる回転Yカット角 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° 以下がより好ましい。

【0080】

また、回転Yカット角が 0° のときリーキー波の電気機械結合係数が最大となる。回転Yカット角が -10° から 10° の範囲では、リーキー波の電気機械結合係数がレイリー波の電気機械結合係数より大きくなる。よって、リーキー波を主モードとし、レイリー波を不要波とする場合、回転Yカット角は -10° 以上かつ 10° 以下が好ましい。製造上のばらつきを考慮し、回転Yカット角は -3° 以上かつ 3° 以下がより好ましい。

10

【0081】

回転YカットX伝搬タンタル酸リチウム基板では、回転Yカット角が 20° より小さいと電気機械結合係数が小さくなる。回転Yカット角が 48° より大きいと、周波数の温度係数が大きくなる。よって、回転Yカット角は 20° 以上かつ 48° 以下が好ましい。

【0082】

圧電基板10はニオブ酸リチウム基板であり、誘電体膜15は酸化シリコン膜であることが好ましい。これにより、電極指14内の歪エネルギーを小さくでき、損失を抑制できる。

【実施例2】

【0083】

実施例2は、実施例1に係る弾性表面波共振器を有するフィルタの例である。図14(a)は、実施例2に係るフィルタの平面図、図14(b)は、図14(a)のA-A断面図である。図14(a)および図14(b)に示すように、圧電基板10上に弾性表面波共振器24、配線26、パッド27が設けられている。弾性表面波共振器24および配線26を覆うように誘電体膜15が設けられている。パッド27上の誘電体膜15に開口(不図示)が形成され、開口内にパンプ28が設けられている。弾性表面波共振器24は、IDT20および反射器22を備えている。

20

【0084】

複数の弾性表面波共振器24は、直列共振器S1からS3および並列共振器P1およびP2を含む。パンプ28は、端子T1、T2およびTgを含む。端子T1は、高周波信号が入力する入力端子に対応する。端子T2は、高周波信号が出力する出力端子に対応する。端子Tgはグラウンド電位が供給されるグラウンド端子に対応する。端子T1とT2との間に、直列共振器S1からS3が直列に接続され、並列共振器P1およびP2が並列に接続されている。

30

【0085】

実施例2のように、実施例1の弾性表面波共振器をフィルタの少なくとも1つの共振器に用いる。これにより、フィルタの特性を向上できる。ラダー型フィルタの直列共振器および並列共振器の個数は任意に設定できる。実施例1の弾性表面波共振器は多重モードフィルタに用いてもよい。

【0086】

図15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15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60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62が接続されている。送信フィルタ60は送信端子Txから入力した高周波信号のうち送信帯域の信号を共通端子Antに通過させ、他の信号を抑圧する。受信フィルタ62は、共通端子Antに入力した高周波信号のうち受信帯域の信号を通過させ、他の信号を抑圧する。

40

【0087】

送信フィルタ60および受信フィルタ62の少なくとも一方に実施例2のフィルタを用いることができる。マルチプレクサとしてデュプレクサの例を説明したが、トリプレクサまたはクワッドプレクサでもよい。

50

【0088】

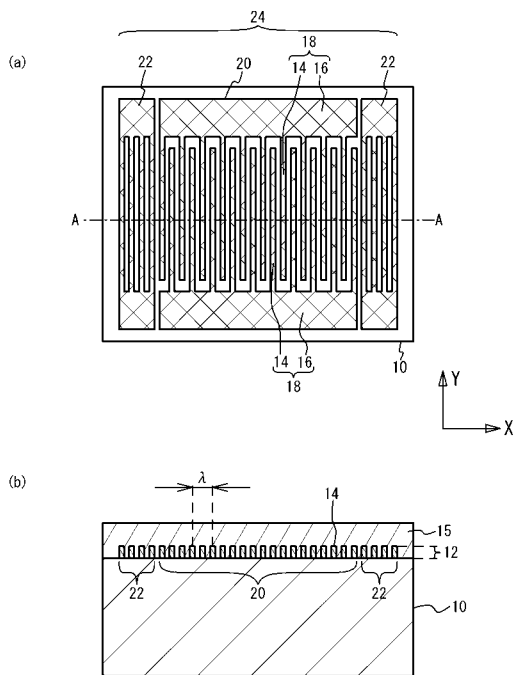
以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【符号の説明】

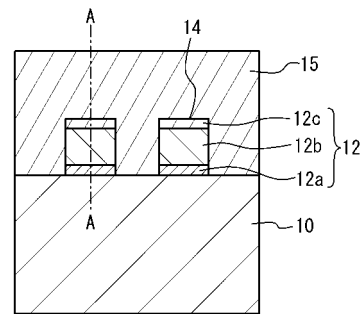
【0089】

- 10 圧電基板
- 12、12a - 12e 金属膜
- 14 電極指
- 15 誘電体膜
- 20 IDT
- 22 反射器
- 24 弾性表面波共振器
- 60 送信フィルタ
- 62 受信フィルタ

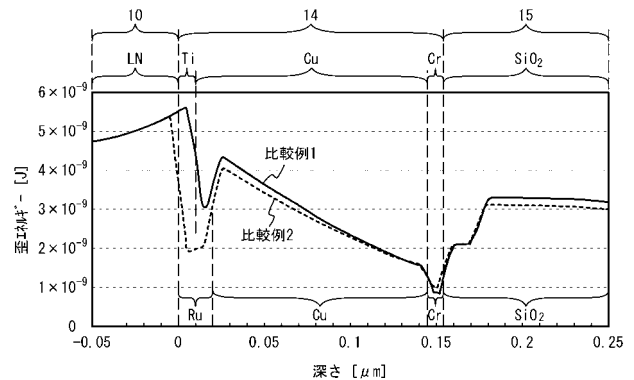
【図1】



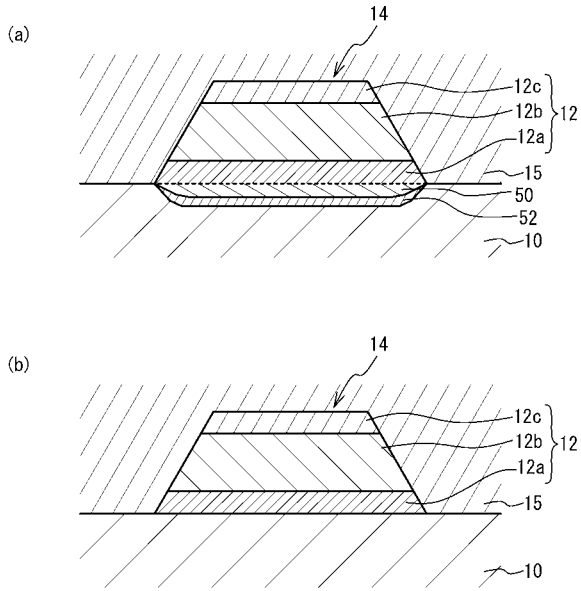
【図2】



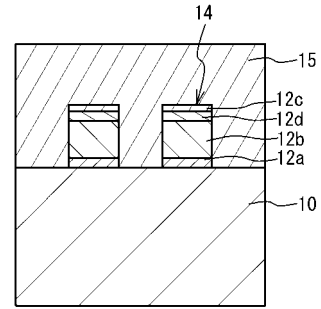
【図3】



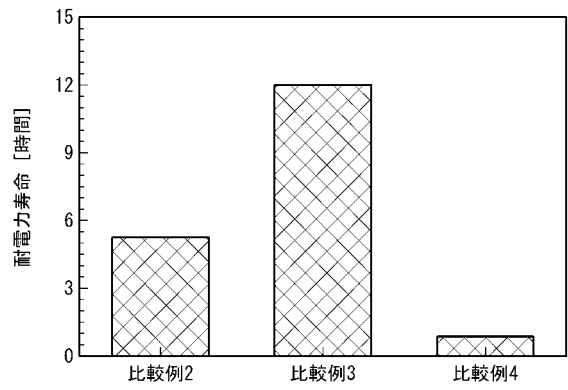
【 図 4 】



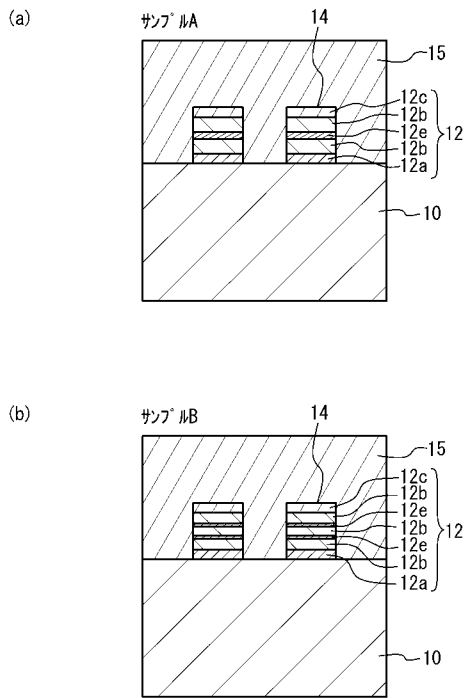
【 図 5 】



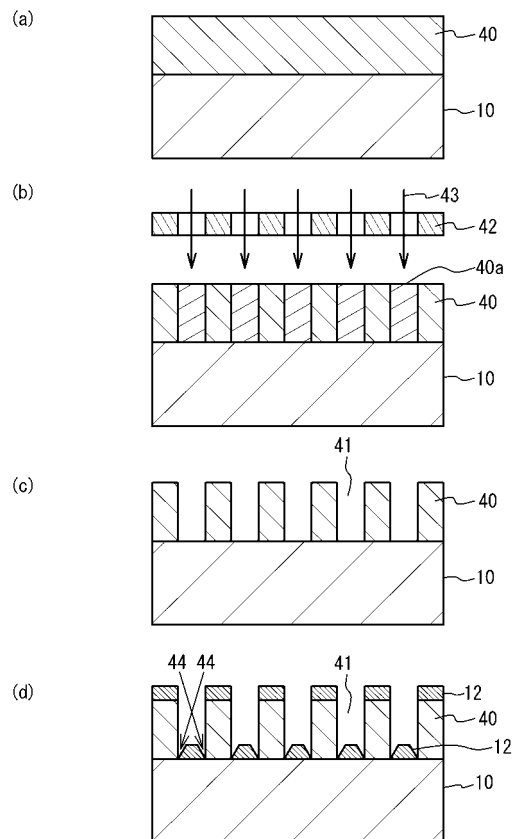
【 図 6 】



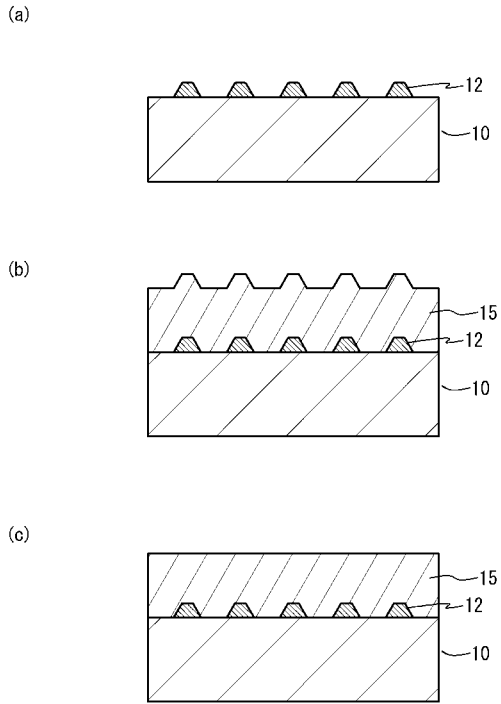
【 図 7 】



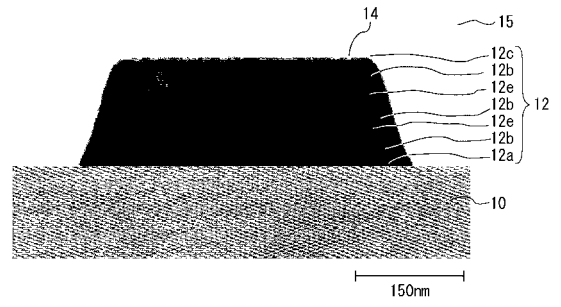
【 図 8 】



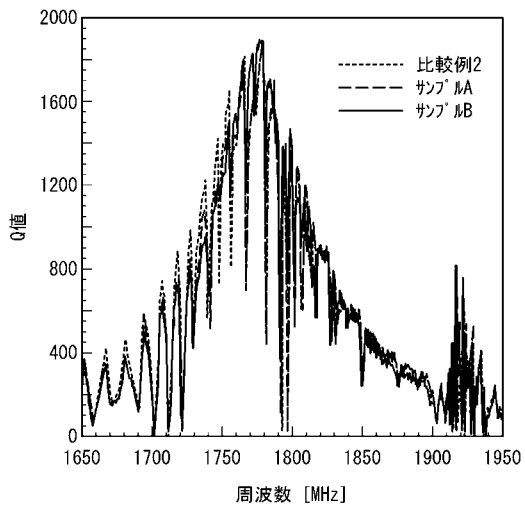
【図9】



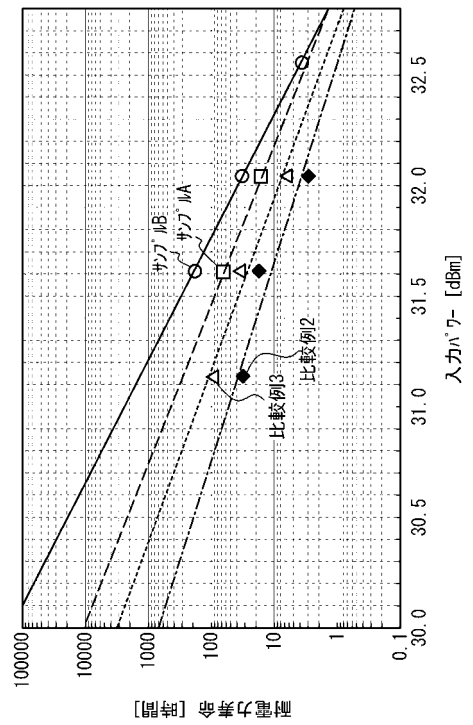
【図10】



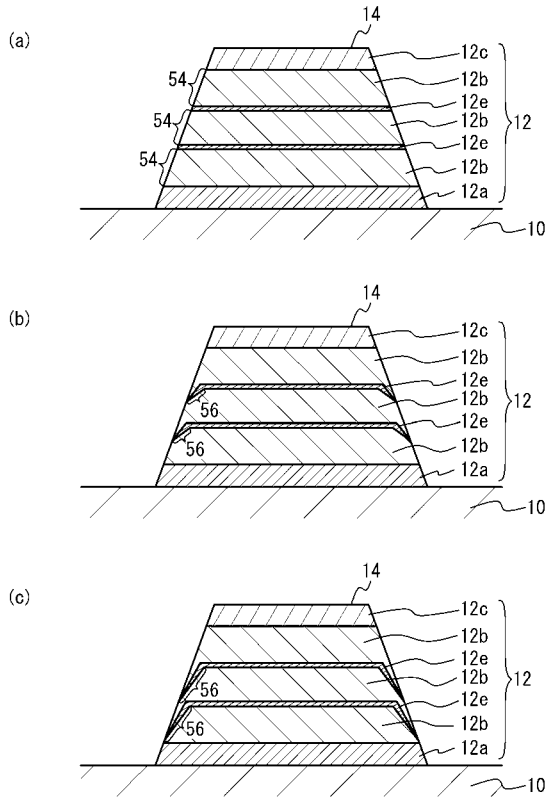
【図11】



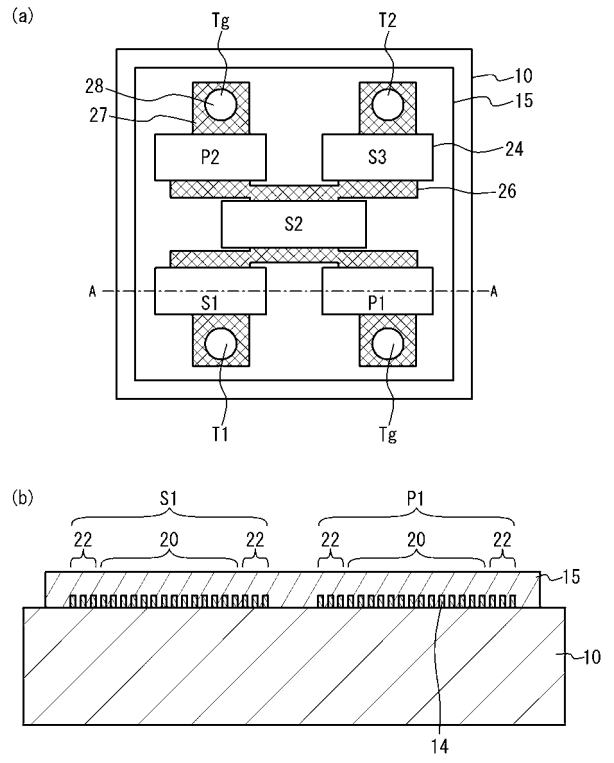
【図12】



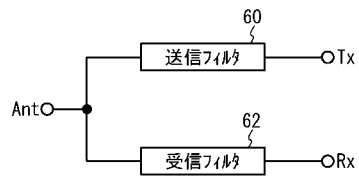
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 今須 誠士

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 AA26 BB02 BB11 BB14 BB15 DD29 FF03 FF05 GG04 HA02
KK09