

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月16日(16.11.2017)



(10) 国際公開番号

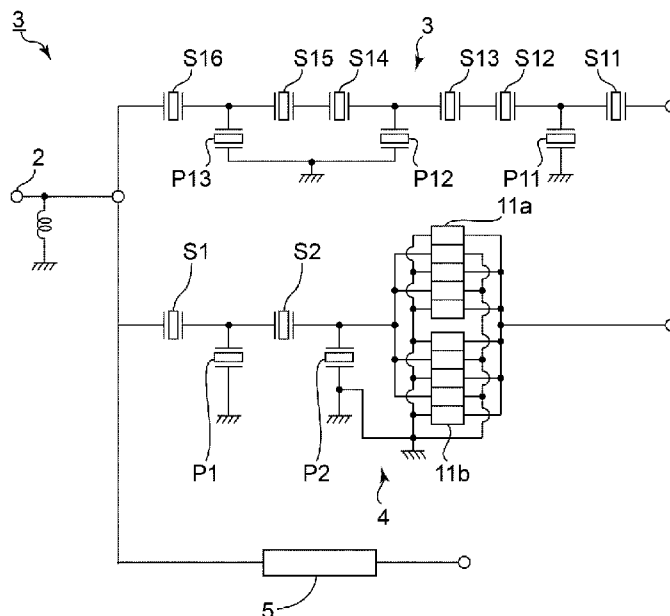
WO 2017/195446 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/145 (2006.01) *H03H 9/72* (2006.01)
H03H 9/64 (2006.01) *H04B 1/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/008839
- (22) 国際出願日: 2017年3月6日(06.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-097006 2016年5月13日(13.05.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
- JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 佐治 真理(SAJI, Mari); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 安田 潤平(YASUDA, Junpei); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 宮▲崎▼・目次特許事務所(MIYAZAKI & METSUGI); 〒5400028 大阪府大阪市中央区常盤町 1 丁目 3 番 8 号 中央大通 F Nビル Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: ACOUSTIC WAVE DEVICE, HIGH-FREQUENCY FRONT END CIRCUIT, AND COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: 弾性波装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置

図2



(57) Abstract: Provided is an acoustic wave device with which it is possible to obtain satisfactory filter characteristics using Rayleigh waves in a filter having a passband on a relatively low side, while suppressing degradation of the filter characteristics of a filter having a passband on the high side. A first filter 3 and a second filter 4 each including an acoustic wave resonator are connected to an antenna common terminal 2 via a common connecting point 6. $F1 < F2$, where $F1$ and $F2$ are first and second passbands of the first and second filters 3, 4 respectively. The first filter 3 includes at least one acoustic wave resonator. The acoustic wave resonator employs Rayleigh waves propagating through LiNbO_3 , includes an IDT electrode which contains a Pt film and is



WO 2017/195446 A1

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

disposed on a piezoelectric layer comprising LiNbO_3 , and is provided with a silicon oxide film covering the IDT electrode. The thickness of the silicon oxide film is at most equal to 33% of the wavelength λ of the IDT electrode.

(57) 要約: 通過帯域が高い側のフィルタのフィルタ特性の劣化を抑制しつつ、通過帯域が相対的に低い側のフィルタにおいてレイリー波を利用した良好なフィルタ特性を得ることができる、弾性波装置を提供する。弾性波共振子を含む第1のフィルタ3と、第2のフィルタ4とがアンテナ共通端子2に共通接続点6を介して接続されており、第1、第2のフィルタ3、4の第1、第2の通過帯域を、それぞれF1、F2としたときに、 $F1 < F2$ であり、第1のフィルタ3が、少なくとも1つの弾性波共振子を有し、該弾性波共振子が、 LiNbO_3 を伝搬するレイリー波を利用しており、 LiNbO_3 からなる圧電体層上に、Pt膜を含むIDT電極を有し、IDT電極を覆っている酸化ケイ素膜が設けられている。酸化ケイ素膜の厚みは、IDT電極の波長 λ の33%以下とされている。

明 細 書

発明の名称：

弾性波装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置

技術分野

[0001] 本発明は、 LiNbO_3 からなる圧電体層を伝搬するレイリー波を利用した弾性波共振子を有する弾性波装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置に関する。

背景技術

[0002] 下記の特許文献1には、 LiNbO_3 基板を伝搬するレイリー波を利用している帯域通過型フィルタが開示されている。特許文献1に記載の帯域通過型フィルタでは、 LiNbO_3 基板上にIDT電極が設けられている。IDT電極を覆うように、温度補償用の酸化ケイ素膜が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2007/097186号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 近年、携帯電話機では、通信の高速化を果たすために、キャリアアグリゲーション（CA）が用いられてきている。すなわち、複数の周波数帯域を同時に用いることにより、通信の高速化が図られている。

[0005] キャリアアグリゲーションなどでは、複数の帯域通過型フィルタが、アンテナ共通端子に接続されている。この場合、従来のデュプレクサなどとは異なり、1つのフィルタの通過帯域と、他のフィルタの通過帯域とがかなり離れていることがある。このような場合、例えば特許文献1に記載のレイリー波を利用した帯域通過型フィルタが、通過帯域が低い周波数側のフィルタとして用いられたとする。そのような場合、レイリー波だけでなく、セザワ波などの高次モードも励振される。この高次モードの周波数が共通接続されて

いる通過帯域の高い側のフィルタの通過帯域に重なると、通過帯域の高い側のフィルタのフィルタ特性が劣化する。

課題を解決するための手段

- [0006] 本願発明者らは、上記の問題を種々検討した結果、 LiNbO_3 基板のレイリー波を利用したフィルタのIDT電極がPt膜を有する場合、Pt膜の膜厚によって、セザワ波などの高次モードの比帯域が影響を受けることを見出した。そのため、セザワ波などの高次モードの比帯域が、酸化ケイ素膜だけでなく、Pt膜の膜厚の影響を受けることを初めて見出した。
- [0007] LiNbO_3 のレイリー波を利用する場合、レイリー波によるフィルタ特性が良好となるように、Pt膜の膜厚を設計する必要がある。しかしながら、セザワ波の比帯域もまた、Pt膜の膜厚により影響される。従って、周波数が相対的に低い帯域通過型フィルタにおいて、レイリー波によるフィルタ特性を良好としつつ、セザワ波の比帯域を小さくすることが困難であった。
- [0008] 本発明は、上記のように、本願発明者らが新たに見出した課題を解決するものである。本発明の目的は、通過帯域が高い側のフィルタのフィルタ特性の劣化を抑制しつつ、通過帯域が相対的に低い側のフィルタにおいてレイリー波を利用した良好なフィルタ特性を得ることができる、弾性波装置を提供することにある。
- [0009] 本発明によれば、アンテナに接続される、アンテナ共通端子と、前記アンテナ共通端子に接続されており、第1の通過帯域を有する帯域通過型の第1のフィルタと、前記アンテナ共通端子に接続されており、前記第1の通過帯域よりも高周波域に位置している第2の通過帯域を有する、帯域通過型の第2のフィルタとを備え、前記第1のフィルタが、少なくとも1つの弾性波共振子を有し、該弾性波共振子が、 LiNbO_3 からなる圧電体層を有する基板と、前記圧電体層上に設けられており、Pt膜を含むIDT電極と、前記IDT電極を覆っている酸化ケイ素膜とを有し、前記酸化ケイ素膜の膜厚Dが、前記IDT電極の電極指ピッチで定まる波長を λ としたときに、 λ の33%以下とされている、弾性波装置が提供される。

- [0010] 本発明に係る弾性波装置のある特定の局面では、前記酸化ケイ素膜の膜厚 D が、前記波長 λ の 21% 以上である。この場合には、音速の温度係数 $TCVa$ を $-50 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以上と、その絶対値を小さくすることができる。
- [0011] 本発明に係る弾性波装置の他の特定の局面では、前記酸化ケイ素膜の膜厚 D が、前記波長 λ の 31% 以下である。この場合には、セザワ波の比帯域を 0.05% 以下とすることができる。
- [0012] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記 IDT 電極が、前記 Pt 膜よりも電気抵抗が低い低電気抵抗層を有する。この場合には、挿入損失を小さくすることができる。
- [0013] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記 IDT 電極が、前記 LiNbO_3 からなる圧電体層に接触する密着層と、前記密着層上に設けられた前記 Pt 膜と、前記 Pt 膜上に設けられた拡散防止層と、前記拡散防止層上に設けられた前記低電気抵抗層とを有する。この場合には、フィルタ特性の向上と、挿入損失の低減をより効果的に図ることができる。
- [0014] 本発明に係る弾性波装置の別の特定の局面では、前記密着層が、NiCr、Cr 及び Ti のうち少なくとも 1 種の金属からなり、前記拡散防止層が、Cr または Ti からなり、前記低電気抵抗層が Al または Al を主体とする合金からなる。
- [0015] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記第 1 のフィルタが、ラダー型フィルタ、縦結合共振子型弾性波フィルタ及びラダー型フィルタと縦結合共振子型弾性波フィルタとが接続されているフィルタのうちの 1 種である。
- [0016] 本発明に係る弾性波装置のさらに別の特定の局面では、前記第 1 のフィルタが、ラダー型フィルタまたはラダー型フィルタに縦結合共振子型弾性波フィルタが接続されているフィルタの場合に、前記ラダー型フィルタが直列腕共振子を有し、前記 LiNbO_3 からなる圧電体層を有する前記弾性波共振子が、前記直列腕共振子のうちの少なくとも 1 つである。
- [0017] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記ラダー型フィ

ルタの前記直列腕共振子の全てが、前記 LiNbO_3 からなる圧電体層を有する前記弾性波共振子である。この場合には、セザワ波の比帯域をより一層小さくすることができ、第2のフィルタのフィルタ特性をより一層改善することができる。

[0018] 本発明に係る弾性波装置の別の特定の局面では、前記 LiNbO_3 からなる圧電体層を有する少なくとも1つの前記弾性波共振子が、前記アンテナ共通端子に最も近い位置にある直列腕共振子である。この場合には、アンテナ共通端子に最も近い直列腕共振子において、高次モードの比帯域を効果的に小さくすることができる。従って、第2のフィルタのフィルタ特性をより効果的に高めることができる。

[0019] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記第1のフィルタが、Band 1またはBand 7の受信フィルタであり、前記第2のフィルタが、Band 25またはBand 41の受信フィルタである。

[0020] 本発明に係る高周波フロントエンド回路は、本発明に従って構成されている弾性波装置を含む。

[0021] 本発明に係る通信装置は、本発明に従って構成されている弾性波装置を含む。

発明の効果

[0022] 本発明に係る弾性波装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置によれば、第1のフィルタにおけるセザワ波などの高次モードの比帯域を小さくすることができる。従って、第2のフィルタのフィルタ特性を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態に係る弾性波装置の略図的回路図である。

[図2]図2は、本発明の第1の実施形態に係る弾性波装置の回路図である。

[図3]図3は、第1の実施形態の弾性波装置において、第1のフィルタで用いられている弾性波共振子の電極構造を示す平面図である。

[図4]図4は、第1の実施形態の弾性波装置の第1のフィルタで用いられている弾性波共振子の部分拡大正面断面図である。

[図5]図5は、 SiO_2 膜の膜厚と、Pt膜の膜厚と、セザワ波の比帯域との関係を示す図である。

[図6]図6は、 SiO_2 膜の膜厚と、音速の温度係数 TCVa との関係を示す図である。

[図7]図7は、第1の実施形態の実施例1～3と比較例の弾性波装置における第1のフィルタの反射特性を示す図である。

[図8]図8は、セザワ波の比帯域と、反射特性との関係を示す図である。

[図9]図9は、本発明の第2の実施形態としての通信装置を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。

[0025] なお、本明細書に記載の各実施形態は、例示的なものであり、異なる実施形態間において、構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることを指摘しておく。

[0026] 図1は、本発明の第1の実施形態に係る弾性波装置の略図的回路図であり、図2はそのより詳細な回路図である。

[0027] 図1に示すように、弾性波装置1は、アンテナに接続されるアンテナ共通端子2を有する。アンテナ共通端子2に、第1～第3のフィルタ3～5の一端が接続されている。すなわち、第1～第3のフィルタ3～5は、一端側において束ねられている。第1～第3のフィルタ3～5は、帯域通過型フィルタである。

[0028] 本実施形態では、第1のフィルタ3は、Band3の受信フィルタであり、第2のフィルタ4はBand40の受信フィルタであり、第3のフィルタ5は、Band39の受信フィルタである。

[0029] 図2に示すように、第1のフィルタ3は、複数の直列腕共振子 $S_{11} \sim S$

16と、複数の並列腕共振子P11～P13とを有するラダー型フィルタである。第1のフィルタ3において、アンテナ共通端子2に最も近い素子は、直列腕共振子S16である。

[0030] 直列腕共振子S11～S16及び並列腕共振子P11～P13は、いずれも、弾性波共振子からなる。この弾性波共振子の電極構造を、図3に平面図で示す。IDT電極12の弾性波伝搬方向両側に反射器13, 14が配置されている。

[0031] 図4は、上記弾性波共振子の電極指が設けられている部分を拡大して示す部分拡大正面断面図である。弾性波共振子21は、基板としてのLiNbO₃基板22を有する。LiNbO₃基板22上に、IDT電極23が設けられている。本発明において基板は、LiNbO₃基板22のように、その全体が圧電体層からなるものであってもよい。また、本発明における基板は、圧電体層が絶縁性材料などからなる支持基板により支持されている構造を有していてもよい。圧電体層に接するようにIDT電極が設けられておればよい。

[0032] IDT電極23は、LiNbO₃基板22側から、密着層23a、Pt膜23b、拡散防止層23c及び低電気抵抗層23dを有する。

[0033] 密着層23aは、Pt膜23bよりもLiNbO₃基板22に対する密着性が高い金属からなる。このような金属としては、NiCr、Cr、Tiなどを挙げることができる。

[0034] Pt膜23bとしては、Ptからなるものであってもよく、Ptに他の金属元素を含むPtを主体とする合金からなるものであってもよい。ここで、主体とする合金とは、50重量%を越えて、Ptが含有されている合金であることを意味する。

[0035] 拡散防止層23cは、Pt膜23bと、低電気抵抗層23dとの間の金属の拡散を防止するために設けられている。このような拡散防止層23cは、TiやCrなどにより形成することができる。

[0036] 低電気抵抗層23dは、Ptに比べて電気抵抗が低い金属からなる。このような金属としては、AlやAlを主体とする合金などを挙げることができ

る。

[0037] また、低電気抵抗層 23 d の上に、Ti などの電極保護膜があってもよい。

[0038] なお、本発明において、IDT 電極は、Pt 膜を含む限り、特に限定されるものではなく、上記のような積層膜でなく、単層の Pt 膜からなるものであってもよい。

[0039] IDT 電極 23 を覆うように、酸化ケイ素膜 24 が設けられている。酸化ケイ素膜 24 は、 SiO_x (x は整数) からなるが、本実施形態では、 SiO_2 膜が用いられている。酸化ケイ素膜 24 は、 LiNbO_3 基板 22 上に積層されて、音速の温度係数 TCVa の絶対値を小さくする機能を果たしている。すなわち、酸化ケイ素膜 24 が積層されているため、音速の温度係数 TCVa の絶対値を小さくすることが可能とされている。

[0040] さらに、酸化ケイ素膜 24 上に、窒化ケイ素膜 25 が積層されている。窒化ケイ素膜 25 は、保護膜としての機能を有する。保護膜の材料については、窒化ケイ素に限らず、他の誘電体を用いてもよい。また、保護膜に代えて、周波数調整膜が積層されていてもよい。

[0041] なお、酸化ケイ素膜 24 の膜厚 D とは、図 4 に示すように、 LiNbO_3 基板 22 の上面から酸化ケイ素膜 24 の上面までの距離をいうものとする。

[0042] 図 2 に戻り、第 1 のフィルタ 3 の第 1 の通過帯域 $F1$ は $1805 \sim 1880 \text{ MHz}$ である。

[0043] 他方、第 2 のフィルタ 4 は、縦結合共振子型弾性波フィルタ 11 a, 11 b を並列接続した構造を有する。縦結合共振子型弾性波フィルタ 11 a, 11 b は、それぞれ、5 IDT 型の縦結合共振子型弾性波フィルタである。第 2 のフィルタ 4 は、縦結合共振子型弾性波フィルタ 11 a, 11 b のアンテナ共通端子 2 側に、直列腕共振子 $S1$, $S2$ 及び並列腕共振子 $P1$, $P2$ を有する。直列腕共振子 $S1$, $S2$ 及び並列腕共振子 $P1$, $P2$ は、それぞれ、直列トラップ及び並列トラップを形成するために設けられている。

[0044] 直列腕共振子 $S1$, $S2$ 及び並列腕共振子 $P1$, $P2$ もまた、 LiNbO_3

基板を用いて構成されている。なお、本発明において、第2のフィルタ4の回路構成は特に限定されるものではない。

[0045] 第2のフィルタは、第2の通過帯域F2を有する。本実施形態では、第2の通過帯域F2は、2300～2400MHzである。従って第2の通過帯域F2＞第1の通過帯域F1である。

[0046] なお、第3のフィルタ5は、第3の通過帯域F3を有する。第3のフィルタ5の回路構成は特に限定されるものではない。また、F3はF1より高い周波数であっても低い周波数であってもよい。

[0047] 第2のフィルタ4及び第3のフィルタ5は、特にその回路構成は限定されるものではなく、弾性波フィルタ以外の帯域通過型フィルタにより構成されていてもよい。

[0048] 本実施形態の特徴は、 $F2 > F1$ の関係にある第1及び第2のフィルタ3, 4において、第1のフィルタ3が、少なくとも1つの弾性波共振子21を有することにある。この弾性波共振子21が、前述のように、LiNbO₃基板22を有している。そして、IDT電極23は、Pt膜23bを有している。また、酸化ケイ素膜24がIDT電極23を覆うように設けられている。弾性波共振子21を励振した場合、レイリー波による主応答が現れる。このレイリー波を利用して、第1のフィルタ3では、フィルタ特性が得られている。他方、弾性波共振子21を励振させた場合に、レイリー波だけでなく、セザワ波のような高次モードも発生する。このセザワ波の応答は、第2の通過帯域F2の近くまたは第2の通過帯域F2内に現れる。

[0049] 本実施形態では、酸化ケイ素膜24の膜厚Dが、IDT電極23の電極指ピッチで定まる波長を λ としたときに、 λ の33%以下とされている。それによって、Pt膜23bの膜厚による高次モードとしてのセザワ波の比帯域のばらつきを小さくすることができ、かつセザワ波の比帯域を小さくすることができる。従って、第2のフィルタ4の通過帯域におけるフィルタ特性を改善することができる。これを、図5～図9を参照してより詳細に説明する。

[0050] 図5は、上記弾性波共振子21において、酸化ケイ素膜24としてのSiO₂膜の膜厚を変化させ、かつPt膜23bの膜厚を、0.5%、1%、1.5%、2%、2.5%、3%、3.5%、4%または4.5%とした場合の、SiO₂膜の膜厚と、セザワ波の比帯域との関係を示す図である。

[0051] なお、Pt膜23bの膜厚もまた、上記波長λに対する割合であり、上記セザワ波の比帯域(%)は、それぞれの構造におけるセザワ波のシミュレーション結果から算出した値(%)である。

[0052] 図5に示すように、SiO₂膜の膜厚が、λの33%以下では、Pt膜の膜厚の如何に関わらず、比帯域を小さくすることができる。しかも、Pt膜の膜厚により比帯域のばらつきも非常に小さいことがわかる。従って、SiO₂膜の膜厚を、λの33%以下とすることにより、セザワ波の応答によるフィルタ特性の劣化が生じ難くなる。しかも、Pt膜の膜厚によるセザワ波の比帯域の変化がほとんど生じないため、Pt膜の膜厚について、第1のフィルタ3の第1の通過帯域におけるフィルタ特性を最適化するように選択することができる。よって、第1のフィルタのフィルタ特性の向上と、第2のフィルタのフィルタ特性の劣化の防止を果たすことができる。

[0053] 図6は、SiO₂膜の膜厚と、音速の温度係数TCVaとの関係を示す。

[0054] 図6から明らかなように、SiO₂膜の膜厚をλの21%以上とすれば、音速の温度係数TCVaを、-35ppm/°C以上とすることができ、従って、音速の温度係数TCVaの絶対値を小さくし得ることがわかる。

[0055] よって、好ましくは、酸化ケイ素膜の膜厚Dは、波長λの21%以上とすることが望ましい。

[0056] より好ましくは、図5より、SiO₂膜の膜厚をλの31%以下とすることが望ましい。その場合には、Pt膜の膜厚によるセザワ波の比帯域のばらつきをほぼ無くすことができる。すなわち、セザワ波の比帯域のPt膜の膜厚依存性をより一層小さくすることができる。

[0057] 図7は、実施例1～3及び比較例の第1のフィルタ3の反射特性S11を示す図である。図7において、実線が比較例の結果を示す。また、破線が実

施例 1 の結果を、一点鎖線が実施例 2 の結果を、二点鎖線が実施例 3 の結果を示す。

[0058] 実施例 1 ～ 3 の SiO_2 膜の膜厚 (nm) 及び波長規格化膜厚 (%) を下記の表 1 に示す。

[0059] また、下記の表 1 に、図 7 に示されている反射特性 S_{11} におけるセザワ波の応答の大きさとセザワ波の比帯域を併せて示す。

[0060] [表1]

	SiO_2 膜厚 [nm]	SiO_2 波長規格化膜厚 [%] $\lambda = 1.85 \mu\text{m}$	反射特性 S_{11} における セザワ波の応答の大きさ [dB]	セザワ波 比帯域 [%]
比較例	670	36.2	12.56	0.169
実施例1	570	30.8	2.87	0.039
実施例2	470	25.4	0.85	0.007
実施例3	370	20	0.91	0.004

[0061] また、図 7 において、第 1 のフィルタの通過帯域 F_1 と第 2 のフィルタの第 2 の通過帯域 F_2 を併せて示す。

[0062] 図 7 から明らかなように、比較例では、セザワ波の応答が比較的大きく、第 2 の通過帯域内に位置していることがわかる。これに対して、実施例 1 ～ 3 では、セザワ波の比帯域が非常に小さくなっていることがわかる。従って、第 2 のフィルタのフィルタ特性が劣化し難い。

[0063] 他方、第 1 のフィルタ自体の第 1 の通過帯域 F_1 では、実施例 1 ～ 3 では、十分応答が得られている。従って、第 2 のフィルタのフィルタ特性の向上と、第 1 のフィルタ 3 におけるフィルタ特性の向上の両立が図られている。

[0064] 図 8 は、セザワ波の比帯域と第 1 のフィルタにおけるアンテナ共通端子側からみた反射特性 S_{11} を、セザワ波の比帯域をより広い範囲で変化させた場合の結果を示す図である。

[0065] 図 8 から明らかなように、セザワ波の比帯域を小さくするほど、反射特性 S_{11} の応答を小さくし得ることがわかる。また、図 8 より、好ましくは、セザワ波の比帯域を 0.05% 以下とすれば、セザワ波を効果的に抑制でき、反射特性 S_{11} を 2.0 dB 以下とし得ることがわかる。

- [0066] なお、上記第1の実施形態の弾性波装置1では、第1のフィルタ3と第2のフィルタ4とが、それぞれ、Band3のフィルタ及びBand40の受信フィルタであったが、 $F_2 > F_1$ であり、第1のフィルタ3におけるセザワ波の応答が、第2の通過帯域 F_2 の近くか第2の通過帯域 F_2 内に現れる適宜のフィルタに適用することができる。このような組み合わせとしては、例えば、Band1またはBand7の受信フィルタと、Band25またはBand41の受信フィルタとが挙げられる。
- [0067] また、第1のフィルタ3は、前述したように、ラダー型フィルタであったが、第2のフィルタ4のように、縦結合共振子型弾性波フィルタと、ラダー型フィルタとを接続した構造を有していてもよい。すなわち、少なくとも1つの弾性波共振子を有し、少なくとも1つの弾性波共振子が、 LiNbO_3 からなる圧電体層と、上記圧電体層上に設けられており、Pt膜を含むIDT電極とを有し、IDT電極を覆うように酸化ケイ素膜が設けられておればよい。
- [0068] 従って、例えば第1のフィルタ3において、上記少なくとも1つの弾性波共振子は、直列腕共振子 $S_{11} \sim S_{16}$ 及び並列腕共振子 $P_{11} \sim P_{13}$ のいずれであってもよい。もっとも、直列腕共振子 $S_{11} \sim S_{16}$ の全てが、上記特定の弾性波共振子により構成されていることも望ましい。さらに、全ての直列腕共振子 $S_{11} \sim S_{16}$ が、上記特定の弾性波共振子からなるものでない場合には、好ましくは、アンテナ共通端子2に回路構成上最も近くに位置している直列腕共振子 S_{16} 、すなわちアンテナ共通端子2側の直列腕共振子 S_{16} が、上記特定の弾性波共振子で構成されていることが望ましい。
- [0069] より好ましくは、全ての直列腕共振子 $S_{11} \sim S_{16}$ 及び並列腕共振子 $P_{11} \sim P_{13}$ が、酸化ケイ素膜の膜厚 D が λ の33%以下である上記特定の弾性波共振子により構成されていることが望ましい。
- [0070] 縦結合共振子型弾性波フィルタのアンテナ共通端子側にラダー型フィルタを接続したフィルタ回路においても上記と同様である。すなわち、アンテナ

共通端子 2 側に接続されている直列腕共振子が、少なくとも上記特定の弾性波共振子からなることが望ましく、より好ましくは、全ての直列腕共振子が、上記特定の弾性波共振子からなることが望ましい。さらに好ましくは、ラダー型フィルタを構成している全ての共振子が、上記特定の弾性波共振子からなることが望ましい。

[0071] なお、上記実施形態では、高次モードとしてのセザワ波の応答によるフィルタ特性の劣化を抑制していたが、セザワ波以外の他の高次モードが第 2 の通過帯域 F 2 に隣接していたり、第 2 の通過帯域 F 2 内に位置している場合にも、本発明に従って高次モードの影響を抑制することができる。すなわち、上記高次モードとしては、セザワ波に限定されない。

[0072] 図 9 は、本発明の第 2 の実施形態としての通信装置を示すブロック図である。通信装置 31 では、アンテナ共通端子 2 に、第 1 ～ 第 3 のフィルタ 3 ～ 5 の一端が共通接続点 6 を介して共通接続されている。他方、第 1 ～ 第 3 のフィルタ 3 ～ 5 の他端に、LNA 36 (Low Noise Amplifier) が接続されている。アンテナ共通端子 2 には、スイッチ 37 が接続されている。このスイッチ 37 から LNA 36 までの部分が、高周波フロントエンド回路 32 を構成している。高周波フロントエンド回路 32 の LNA 36 が、RFIC 34 に接続されている。RFIC 34 は、BBIC 38 (Base Band IC)、CPU 39 及びディスプレイ 35 に接続されている。通信装置 31 は、上記高周波フロントエンド回路 32 と、RFIC 34、BBIC 38、CPU 39 及びディスプレイ 35 を備える。

[0073] 上記高周波フロントエンド回路 32 及び通信装置 31 は、本発明に従って構成された弾性波装置 1 を有する。従って、第 1 のフィルタ 3 におけるセザワ波の応答によって、第 2 のフィルタのフィルタ特性の劣化が生じ難い。また、第 1 のフィルタ 3 においては、前述したように、Pt 膜の膜厚によるセザワ波の応答のばらつきが小さいため、第 1 のフィルタ 3 のフィルタ特性の向上も、Pt 膜の膜厚を選択することにより改善することが可能とされている。従って、高周波フロントエンド回路 32 及び通信装置 31 においては、

第1, 第2のフィルタ特性3, 4のフィルタ特性の向上を図ることができる。

[0074] なお、本発明の弾性波装置は、弾性表面波装置や弾性境界波装置などの様々な弾性波を利用した弾性波装置に広く適用することができる。

符号の説明

- [0075] 1…弾性波装置
- 2…アンテナ共通端子
- 3～5…第1～第3のフィルタ
- 6…共通接続点
- 11a, 11b…縦結合共振子型弾性波フィルタ
- 12…IDT電極
- 13, 14…反射器
- 21…弾性波共振子
- 22…LiNbO₃基板
- 23…IDT電極
- 23a…密着層
- 23b…Pt膜
- 23c…拡散防止層
- 23d…低電気抵抗層
- 24…酸化ケイ素膜
- 25…窒化ケイ素膜
- 31…通信装置
- 32…高周波フロントエンド回路
- 34…RFIC
- 35…ディスプレイ
- 36…LNA
- 37…スイッチ
- 38…BBC

39...CPU

P1, P2, P11~P13...並列腕共振子

S1, S2, S11~S16...直列腕共振子

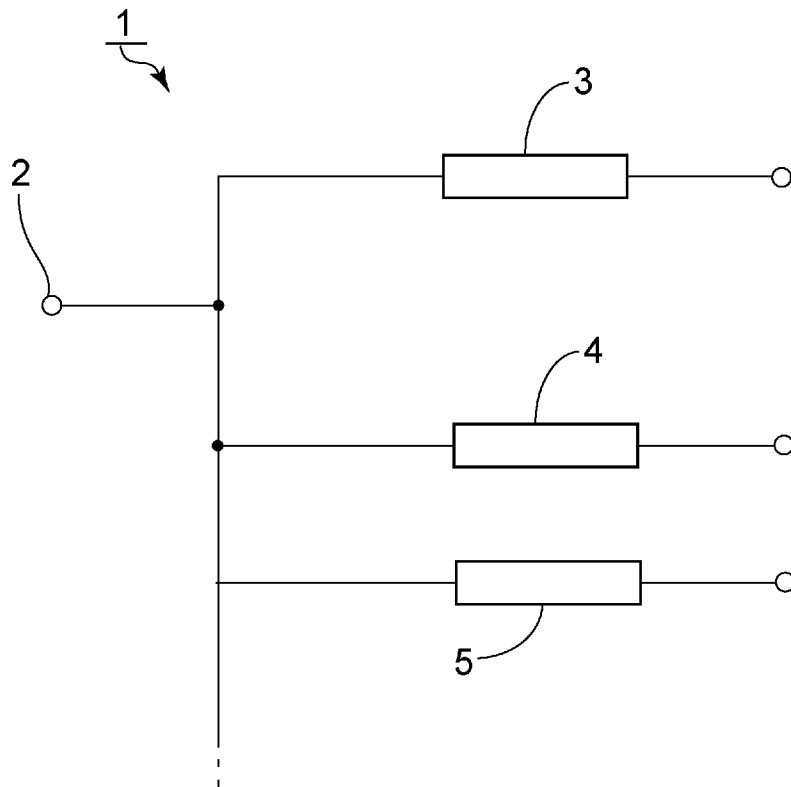
請求の範囲

- [請求項1] アンテナに接続される、アンテナ共通端子と、
 前記アンテナ共通端子に接続されており、第1の通過帯域を有する
 帯域通過型の第1のフィルタと、
 前記アンテナ共通端子に接続されており、前記第1の通過帯域より
 も高周波域に位置している第2の通過帯域を有する、帯域通過型の第
 2のフィルタとを備え、
 前記第1のフィルタが、少なくとも1つの弾性波共振子を有し、
 該弾性波共振子が、 LiNbO_3 からなる圧電体層を有する基板と
 、前記圧電体層上に設けられており、Pt膜を含むIDT電極と、前
 記IDT電極を覆っている酸化ケイ素膜とを有し、
 前記酸化ケイ素膜の膜厚Dが、前記IDT電極の電極指ピッチで定
 まる波長を λ としたときに、 λ の33%以下とされている、弾性波装
 置。
- [請求項2] 前記酸化ケイ素膜の膜厚Dが、前記波長 λ の21%以上である、請
 求項1に記載の弾性波装置。
- [請求項3] 前記酸化ケイ素膜の膜厚Dが、前記波長 λ の31%以下である、請
 求項1または2に記載の弾性波装置。
- [請求項4] 前記IDT電極が、前記Pt膜よりも電気抵抗が低い低電気抵抗層
 を有する、請求項1～3のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項5] 前記IDT電極が、前記 LiNbO_3 からなる圧電体層に接触する
 密着層と、前記密着層上に設けられた前記Pt膜と、前記Pt膜上に
 設けられた拡散防止層と、前記拡散防止層上に設けられた前記低電気
 抵抗層とを有する、請求項4に記載の弾性波装置。
- [請求項6] 前記密着層が、NiCr、Cr及びTiのうち少なくとも1種の金
 属からなり、前記拡散防止層が、CrまたはTiからなり、前記低電
 気抵抗層がAlまたはAlを主体とする合金からなる、請求項5に記
 載の弾性波装置。

- [請求項7] 前記第1のフィルタが、ラダー型フィルタ、縦結合共振子型弾性波フィルタ、及びラダー型フィルタと縦結合共振子型弾性波フィルタとが接続されているフィルタのうちの1種である、請求項1～6のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項8] 前記第1のフィルタが、ラダー型フィルタまたはラダー型フィルタに縦結合共振子型弾性波フィルタが接続されているフィルタの場合に、前記ラダー型フィルタが直列腕共振子を有し、前記 LiNbO_3 からなる圧電体層を有する前記弾性波共振子が、前記直列腕共振子のうちの少なくとも1つである、請求項7に記載の弾性波装置。
- [請求項9] 前記ラダー型フィルタの前記直列腕共振子の全てが、前記 LiNbO_3 からなる圧電体層を有する前記弾性波共振子である、請求項8に記載の弾性波装置。
- [請求項10] 前記 LiNbO_3 からなる圧電体層を有する少なくとも1つの前記弾性波共振子が、前記アンテナ共通端子に最も近い位置にある直列腕共振子である、請求項8または9に記載の弾性波装置。
- [請求項11] 前記第1のフィルタが、Band 1またはBand 7の受信フィルタであり、
前記第2のフィルタが、Band 25またはBand 41の受信フィルタである、請求項1～10のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項12] 請求項1～11のいずれか1項に記載の弾性波装置を含む、高周波フロントエンド回路。
- [請求項13] 請求項1～11のいずれか1項に記載の弾性波装置を含む、通信装置。

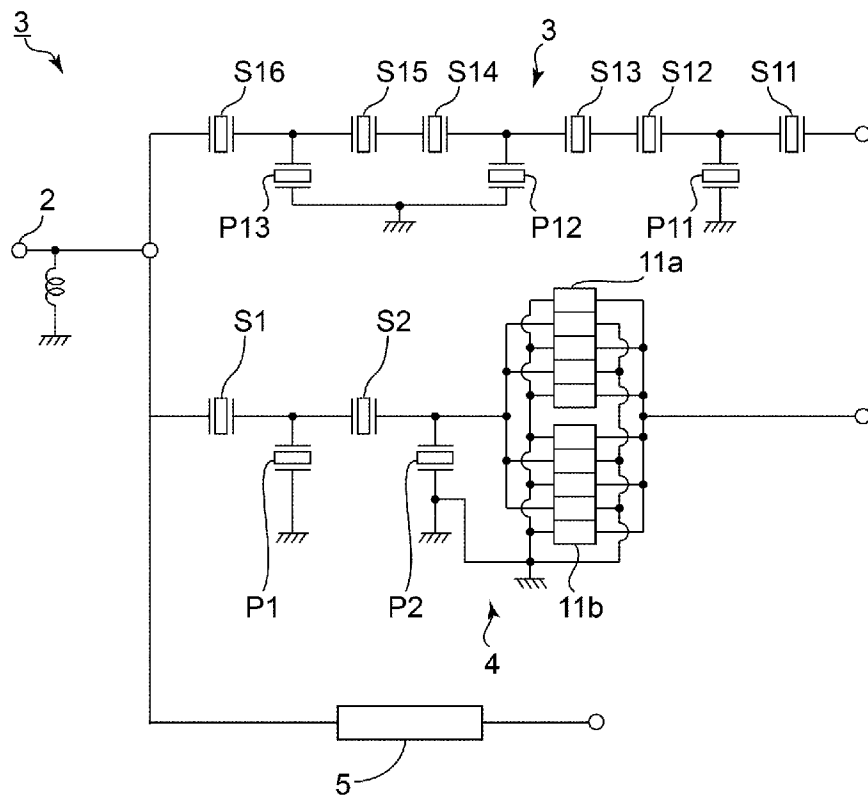
[図1]

図1



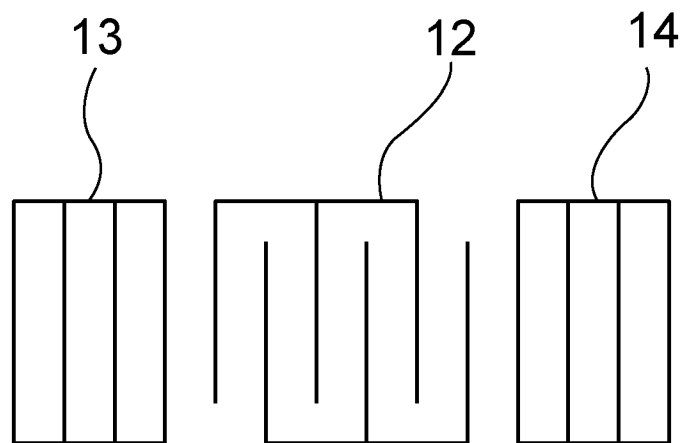
[図2]

図2



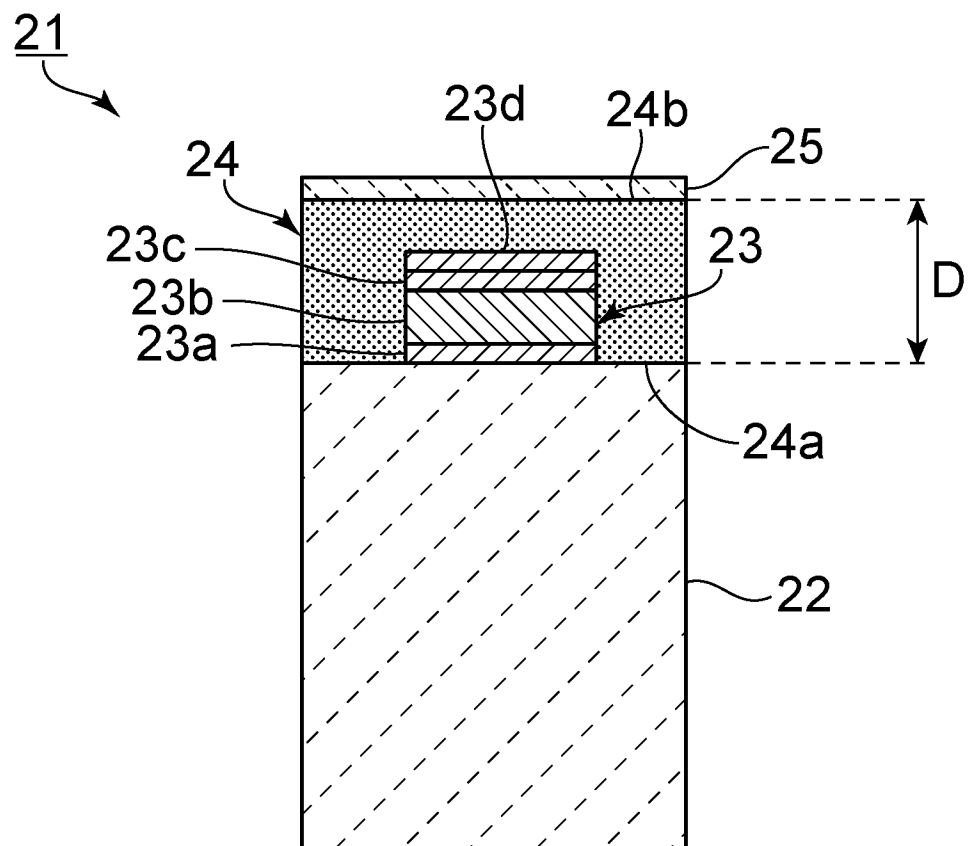
[図3]

図3



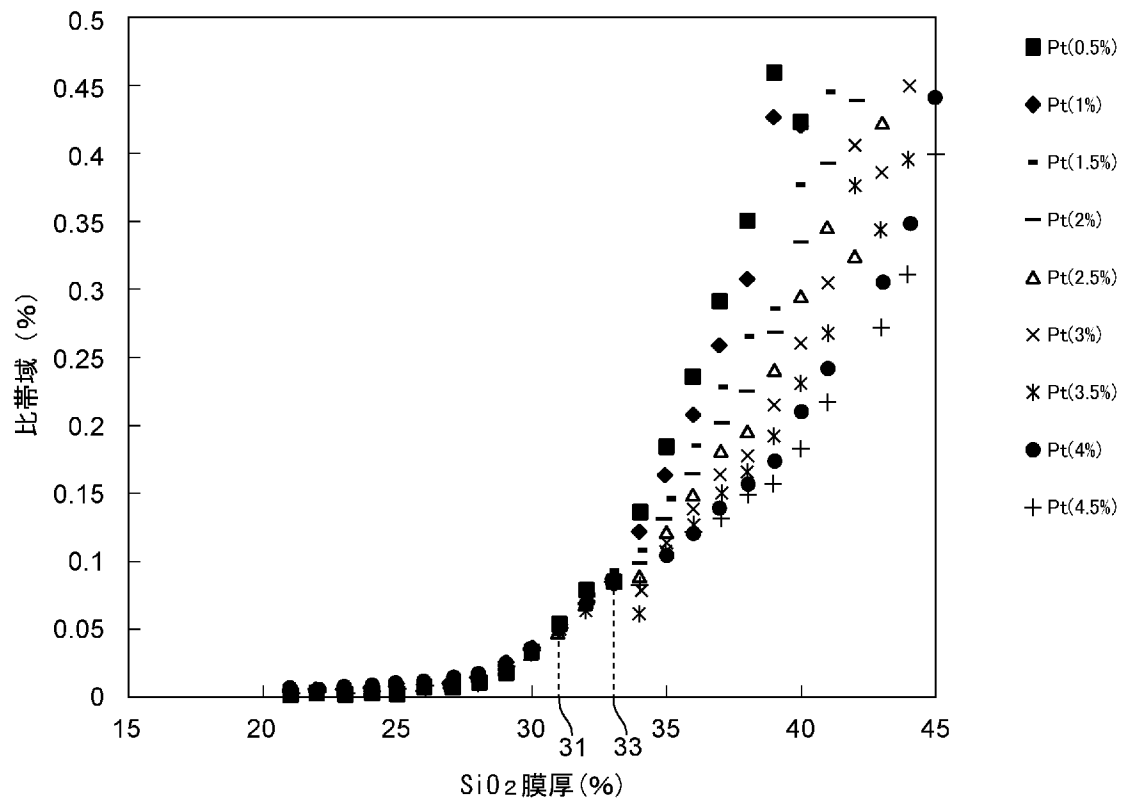
[図4]

図4



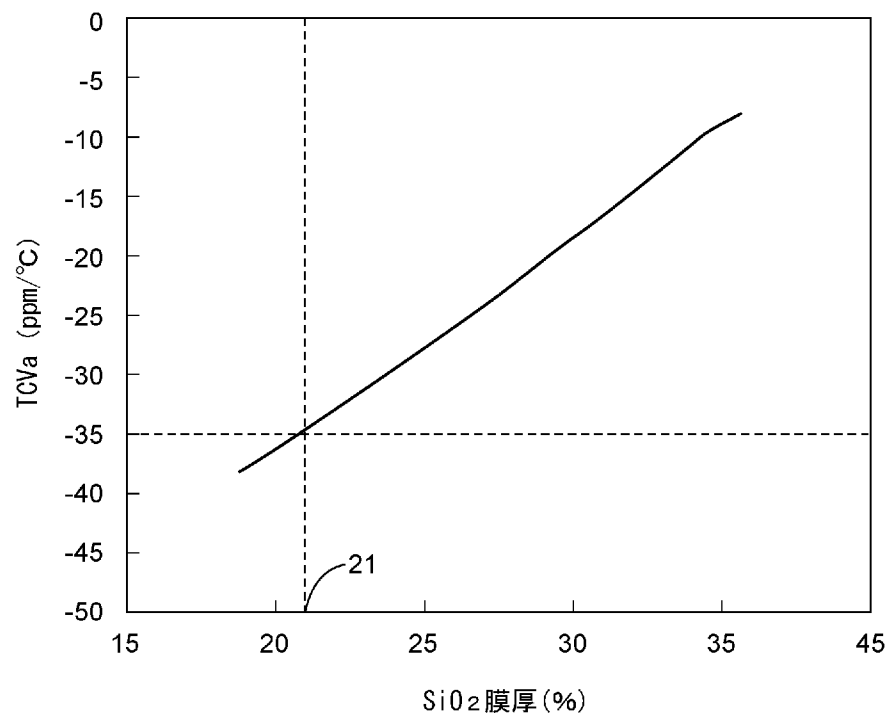
[図5]

図5



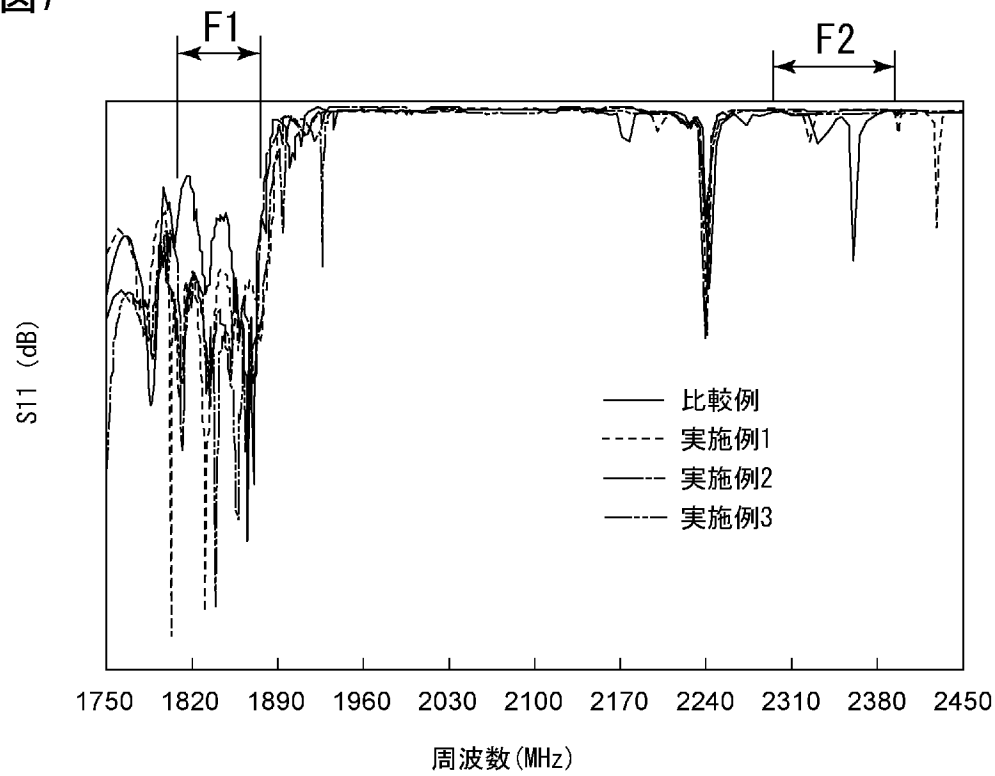
[図6]

図6



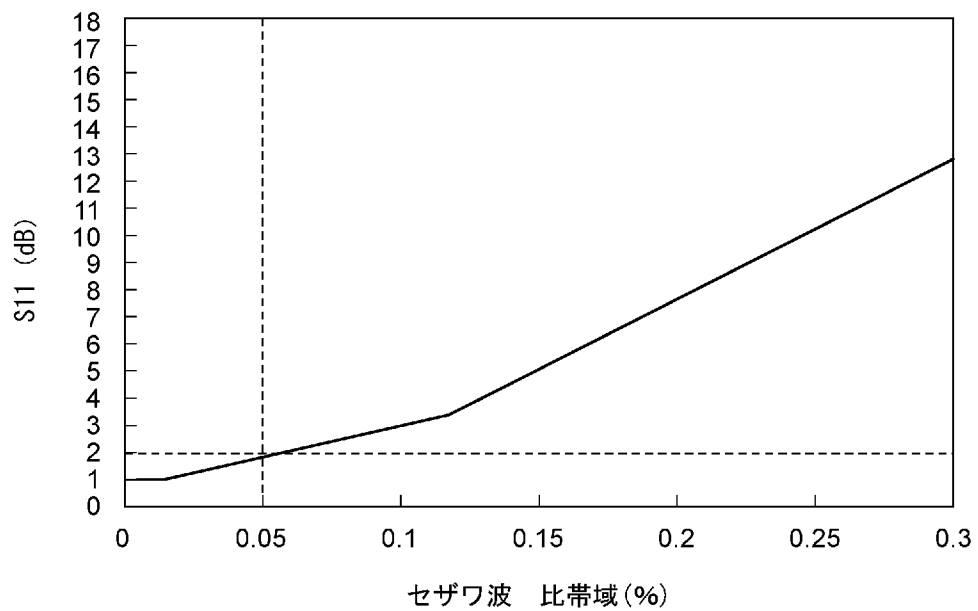
[図7]

図7



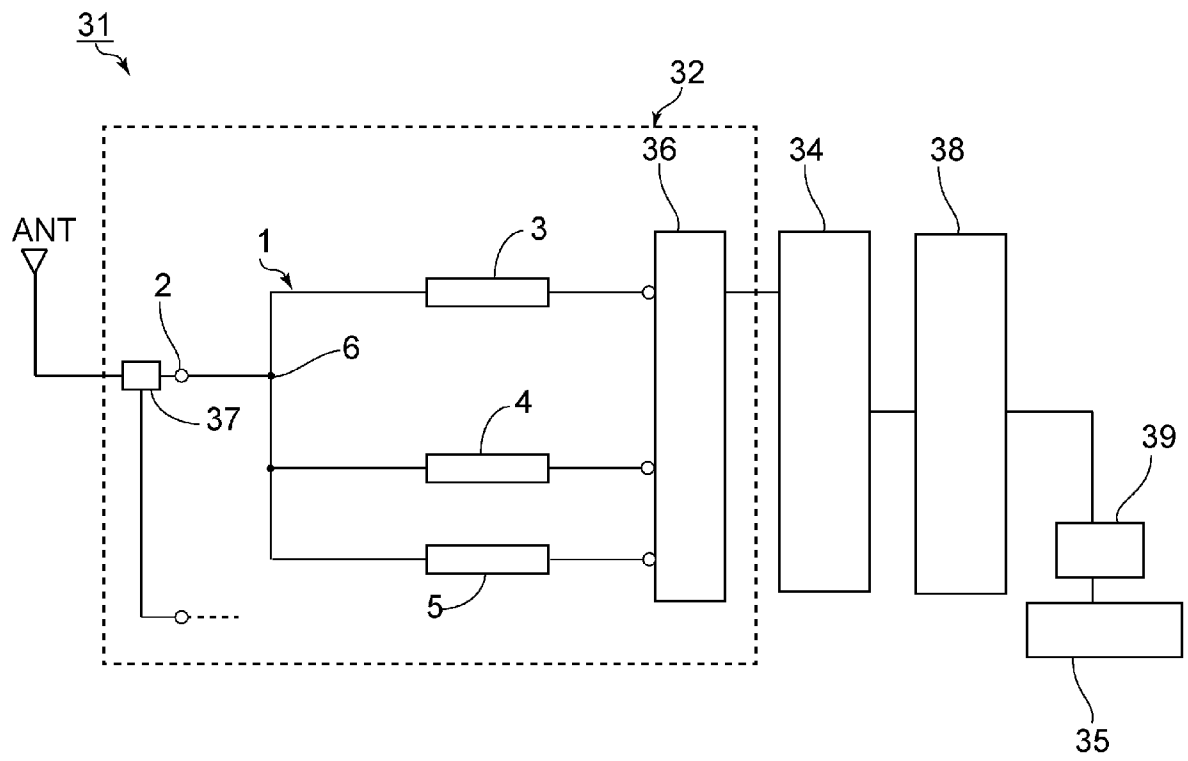
[図8]

図8



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/008839

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/145(2006.01)i, H03H9/64(2006.01)i, H03H9/72(2006.01)i, H04B1/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03H9/145, H03H9/64, H03H9/72, H04B1/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2012/098816 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 26 July 2012 (26.07.2012), paragraphs [0016] to [0065]; fig. 1 to 3, 22 & US 2013/0300519 A1 paragraphs [0043] to [0090]; fig. 1 to 3, 22 & CN 103329437 A & KR 10-2013-0103607 A	1-13
Y	WO 2012/176455 A1 (Panasonic Corp.), 27 December 2012 (27.12.2012), paragraphs [0011] to [0035] & US 2013/0162368 A1 paragraphs [0025] to [0047] & CN 103004085 A	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 May 2017 (11.05.17)

Date of mailing of the international search report
23 May 2017 (23.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/008839

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-207540 A (Panasonic Corp.), 30 October 2014 (30.10.2014), paragraphs [0013] to [0027] (Family: none)	1-13
Y	JP 2015-023474 A (Taiyo Yuden Co., Ltd.), 02 February 2015 (02.02.2015), paragraphs [0018] to [0037]; fig. 1 (Family: none)	11
Y	WO 2014/125980 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 21 August 2014 (21.08.2014), paragraphs [0021] to [0045], [0058] to [0073]; fig. 1, 4 & US 2015/0341076 A1 paragraphs [0027] to [0051], [0064] to [0079]; fig. 1, 4 & CN 104995845 A	12
Y	WO 2015/041125 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 26 March 2015 (26.03.2015), paragraphs [0130] to [0138]; fig. 6 & US 2016/0197643 A1 paragraphs [0136] to [0144]; fig. 6 & CN 105556741 A & KR 10-2016-0044547 A	12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03H9/145(2006.01)i, H03H9/64(2006.01)i, H03H9/72(2006.01)i, H04B1/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03H9/145, H03H9/64, H03H9/72, H04B1/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2012/098816 A1（株式会社村田製作所）2012.07.26, [0016]－[0065]段落, 図1-3, 22 & US 2013/0300519 A1, [0043]－[0090]段落, 図1-3, 22 & CN 103329437 A & KR 10-2013-0103607 A	1-13
Y	WO 2012/176455 A1（パナソニック株式会社）2012.12.27, [0011]－[0035]段落 & US 2013/0162368 A1, [0025]－[0047]段落 & CN 103004085 A	1-13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

11.05.2017

国際調査報告の発送日

23.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

角張 亜希子

5W

3860

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-207540 A (パナソニック株式会社) 2014. 10. 30, [0013]－[0027]段落 (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 2015-023474 A (太陽誘電株式会社) 2015. 02. 02, [0018]－[0037]段落, 図 1 (ファミリーなし)	11
Y	WO 2014/125980 A1 (株式会社村田製作所) 2014. 08. 21, [0021]－[0045], [0058]－[0073]段落, 図 1, 4 & US 2015/0341076 A1, [0027]－[0051], [0064]－[0079]段落, 図 1, 4 & CN 104995845 A	12
Y	WO 2015/041125 A1 (株式会社村田製作所) 2015. 03. 26, [0130]－[0138]段落, 図 6 & US 2016/0197643 A1, [0136]－[0144]段落, 図 6 & CN 105556741 A & KR 10-2016-0044547 A	12