

(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9月21日(21.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/159408 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/145 (2006.01) *H03H 9/72* (2006.01)
H03H 9/64 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/008531
- (22) 国際出願日: 2017年3月3日(03.03.2017)
- (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 2016-052300 2016年3月16日(16.03.2016) 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).
- (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, 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).

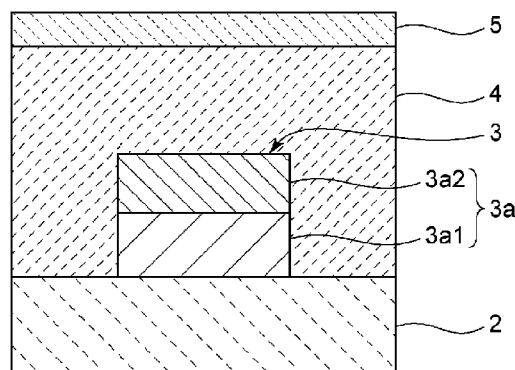
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ELASTIC WAVE DEVICE, BANDPASS FILTER, AND COMPOSITE FILTER DEVICE

(54) 発明の名称: 弾性波装置、帯域通過型フィルタ及び複合フィルタ装置

図3



(57) Abstract: Provided is an elastic wave device with which frequency-temperature characteristics can be effectively improved and a high-order mode suppressed even when using a Rayleigh wave that propagates through an LiNbO_3 substrate. A serial arm resonator S6 (elastic wave device) includes: an LiNbO_3 substrate 2 of which the Euler angles (φ , θ , ψ) are Euler angles ($-5^\circ \leq \varphi \leq 5^\circ$, $28^\circ \leq \theta \leq 48^\circ$, $-5^\circ \leq \psi \leq 5^\circ$); an IDT electrode 3 that is provided on the LiNbO_3 substrate 2, has a first electrode layer 3a1 having Mo as a principal component, and has a plurality of electrode fingers 3a; and a first dielectric film 4 that covers the IDT electrode 3 on the LiNbO_3 substrate 2. $T_1 \geq 31\%$ and formula (1): $T_1 \geq 0.8634 \times T_2 - 27.913$, where the normalized film thickness (%) is defined as the film thickness normalized by the wavelength as defined by the electrode finger pitch of the IDT electrode 3, T_1 is the normalized film thickness (%) of the first electrode layer 3a1, and T_2 is the normalized film thickness (%) of the first dielectric film 4.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/159408 A1



LiNbO₃基板を伝搬するレイリー波を利用する場合においても、周波数温度特性を効果的に改善することができ、かつ高次モードを抑制することができる、弾性波装置を提供する。直列腕共振子S6（弾性波装置）は、オイラー角（ φ , θ , ψ ）がオイラー角（ $-5^\circ \leq \varphi \leq 5^\circ$, $28^\circ \leq \theta \leq 48^\circ$, $-5^\circ \leq \psi \leq 5^\circ$ ）であるLiNbO₃基板2と、LiNbO₃基板2上に設けられており、Moを主成分とする第1の電極層3a1を有し、かつ複数本の電極指3aを有するIDT電極3と、LiNbO₃基板2上に、IDT電極3を覆っている第1の誘電体膜4とを備える。IDT電極3の電極指ピッチにより規定される波長により規格化された膜厚を規格化膜厚（%）とし、第1の電極層3a1の規格化膜厚（%）を T_1 、第1の誘電体膜4の規格化膜厚（%）を T_2 としたときに、 $T_2 \geq 31\%$ であり、かつ式（1） $\cdots T_1 \geq 0.8634 \times T_2 - 27.913$ を満たす。

明 細 書

発明の名称：

弾性波装置、帯域通過型フィルタ及び複合フィルタ装置

技術分野

[0001] 本発明は、弾性波装置、帯域通過型フィルタ及びこれらを用いた複合フィルタ装置に関する。

背景技術

[0002] 下記の特許文献1においては、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。この帯域通過型フィルタは、 LiNbO_3 基板上に形成されたIDT電極が、酸化ケイ素膜に覆われた構成を有する。レイリー波の高次モードを抑制するために、酸化ケイ素膜の膜厚が薄くされている。そして、IDT電極はCu（銅）を主成分とする。

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] 特許文献1の構成のように、 LiNbO_3 基板を伝搬するレイリー波を利用し、かつ、Cuを主成分としたIDT電極を用いる場合、Cuの膜厚は高次モードには影響せず、酸化ケイ素膜の膜厚のみ高次モードに影響する。

[0005] そのため、酸化ケイ素膜の膜厚を厚くすれば、周波数温度特性は向上するが、高次モードが発生してしまう。また、酸化ケイ素膜の膜厚を薄くすれば、周波数温度特性は低下するが、高次モードは抑制される。

[0006] そのため、 LiNbO_3 基板を伝搬するレイリー波を利用し、かつ、Cuを主成分としたIDT電極を用いる場合には、上記高次モードの抑制と周波数温度特性の改善とを両立することは困難であった。

[0007] 本発明の目的は、 LiNbO_3 基板を伝搬するレイリー波を利用する場合に

においても、周波数温度特性を効果的に改善することができ、かつ高次モードを抑制することができる、弾性波装置及び帯域通過型フィルタを提供することにある。また、本発明の他の目的は、高次モードの応答による影響が生じ難い、複合フィルタ装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、上記高次モードが酸化ケイ素膜の膜厚だけではなく、ＩＤＴ電極におけるＭｏ（モリブデン）膜の膜厚にも依存することを、本願発明者らが見出したことに基づくものである。

[0009] 本発明に係る弾性波装置は、オイラー角（ ϕ ， θ ， ψ ）がオイラー角（ $-5^\circ \leq \phi \leq 5^\circ$ ， $28^\circ \leq \theta \leq 48^\circ$ ， $-5^\circ \leq \psi \leq 5^\circ$ ）であるＬｉNbO₃基板と、前記ＬｉNbO₃基板上に設けられており、Ｍｏを主成分とする第１の電極層を有し、かつ複数本の電極指を有するＩＤＴ電極と、前記ＬｉNbO₃基板上に、前記ＩＤＴ電極を覆っている第１の誘電体膜とを備え、前記ＬｉNbO₃基板を伝搬するレイリー波を利用しており、前記ＩＤＴ電極の電極指ピッチにより規定される波長により規格化された膜厚を規格化膜厚（％）とし、前記第１の電極層の規格化膜厚（％）を T_1 、前記第１の誘電体膜の規格化膜厚（％）を T_2 としたときに、 $T_2 \geq 31\%$ であり、かつ下記の式（１）

式（１）

$$T_1 \geq 0.8634 \times T_2 - 27.913$$

を満たす。

[0010] 本発明に係る弾性波装置のある特定の局面では、下記の式（２）

式（２）

$$T_1 \geq 0.8106 \times T_2 - 25.089$$

が満たされている。この場合には、高次モードをより一層抑制することができる。

[0011] 本発明に係る弾性波装置の他の特定の局面では、 $T_1 \leq 15\%$ である。この場合には、ＬｉNbO₃基板が破損し難い。

- [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、前記第1の誘電体膜が酸化ケイ素を主成分とする。この場合には、周波数温度特性をより一層改善することができる。
- [0013] 本発明に係る弾性波装置の別の特定の局面では、前記第1の誘電体膜がSiO₂からなる。この場合には、周波数温度特性をより一層改善することができる。
- [0014] 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の誘電体膜上に、第2の誘電体膜が積層されている。この場合には、周波数の調整などを行うことができる。
- [0015] 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2の誘電体膜がSiNからなる。この場合には、周波数を調整することができる。
- [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IDT電極において、前記第1の電極層上に、Moよりも電気抵抗が低い金属からなる第2の電極層が積層されている。この場合には、IDT電極の電気抵抗を低くすることができる。
- [0017] 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2の電極層が、Alからなる。この場合には、IDT電極の電気抵抗を低くすることができる。
- [0018] 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Moを主成分とする第1の電極層はNbを含む合金である。
- [0019] 本発明に係る帯域通過型フィルタは、アンテナに接続されるアンテナ端子と、前記アンテナ端子に接続されている、本発明に従って構成された弾性波装置とを備える。
- [0020] 本発明に係る帯域通過型フィルタのある特定の局面では、直列腕共振子及び並列腕共振子を有するラダー型フィルタであり、前記直列腕共振子及び前記並列腕共振子のうちの少なくとも1つが前記弾性波装置からなる。
- [0021] 本発明に係る帯域通過型フィルタの他の特定の局面では、前記直列腕共振子を複数有し、前記複数の直列腕共振子のうちの少なくとも1つが前記弾性

波装置からなる。この場合には、高次モードを効果的に抑制することができる。

[0022] 本発明に係る帯域通過型フィルタのさらに他の特定の局面では、前記複数の直列腕共振子のうち、前記アンテナ端子に最も近い直列腕共振子が前記弾性波装置からなる。この場合には、高次モードをより一層抑制することができる。

[0023] 本発明に係る帯域通過型フィルタの他の特定の局面では、前記ラダー型フィルタに接続されている縦結合共振子型弾性波フィルタをさらに有する。

[0024] 本発明に係る帯域通過型フィルタのさらに他の特定の局面では、前記縦結合共振子型弾性波フィルタが、前記ラダー型フィルタの前記アンテナ端子とは逆の側に接続されている。

[0025] 本発明に係る帯域通過型フィルタの別の特定の局面では、前記弾性波装置としての縦結合共振子型弾性波フィルタを有する。

[0026] 本発明に係る複合フィルタ装置は、本発明に従って構成された帯域通過型フィルタからなる、第1の帯域通過型フィルタと、前記アンテナ端子に接続されており、前記第1の帯域通過型フィルタの通過帯域よりも高域側に通過帯域を有する少なくとも1つの第2の帯域通過型フィルタとを備える。

[0027] 前記複合フィルタ装置のさらに他の特定の局面では、本発明に従って構成された帯域通過型フィルタからなる、第1の帯域通過型フィルタと、前記アンテナ端子に接続されており、前記第1の帯域通過型フィルタの通過帯域よりも高域側に通過帯域を有する少なくとも1つの第2の帯域通過型フィルタとが、同一の圧電基板上に形成されている。

[0028] 本発明に係る複合フィルタ装置のある特定の局面では、前記第1の帯域通過型フィルタを含むデュプレクサを有し、該デュプレクサが、前記アンテナ端子に前記第1の帯域通過型フィルタと共通接続されている、縦結合共振子型弾性波フィルタを有する。

発明の効果

[0029] 本発明に係る弾性波装置及び帯域通過型フィルタによれば、 LiNbO_3 基

板を伝搬するレイリー波を利用する場合においても、周波数温度特性を効果的に改善することができ、かつ高次モードを抑制することができる。また、本発明に係る複合フィルタ装置によれば、高次モードの応答による影響が生じ難い。

図面の簡単な説明

[0030] [図1] 図1は、第1の実施形態に係る帯域通過型フィルタの回路図である。

[図2] 図2は、本発明の第1の実施形態における、最もアンテナ端子側に配置された直列腕共振子の模式的正面断面図である。

[図3] 図3は、図2の模式的拡大図である。

[図4] 図4は、 SiO_2 膜の規格化膜厚(%)と周波数温度特性との関係を示す図である。

[図5] 図5は、 SiO_2 膜の規格化膜厚(%)及びIDT電極におけるMo層の規格化膜厚(%)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、セザワ波の比帯域が0.1%になるときの、 SiO_2 膜の規格化膜厚(%)とIDT電極におけるMo層の規格化膜厚(%)との関係を示す図である。

[図7] 図7は、セザワ波の比帯域が0.05%になるときの、 SiO_2 膜の規格化膜厚(%)とIDT電極におけるMo層の規格化膜厚(%)との関係を示す図である。

[図8] 図8は、本発明に係る帯域通過型フィルタ及び比較例の帯域通過型フィルタの減衰量周波数特性を示す図である。

[図9] 図9は、本発明に係る帯域通過型フィルタ及び比較例の帯域通過型フィルタのアンテナ端子におけるリターンロスを示す図である。

[図10] 図10は、セザワ波の比帯域と、図9中の領域Bにおけるリターンロスとの関係を示す図である。

[図11] 図11は、本発明の第2の実施形態に係る複合フィルタ装置の模式図である。

[図12] 図12は、本発明の第3の実施形態に係る複合フィルタ装置の略図的

回路図である。

[図13]図 1 3 は、本発明の第 4 の実施形態に係る帯域通過型フィルタの略図的回路図である。

発明を実施するための形態

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] 図 1 は、第 1 の実施形態に係る帯域通過型フィルタの回路図である。

[0034] 図 1 に示すように、帯域通過型フィルタ 1 は、直列腕共振子 S 1 ～ S 6 及び並列腕共振子 P 1 ～ P 3 を有するラダー型フィルタである。複数の直列腕共振子 S 1 ～ S 6 及び複数の並列腕共振子 P 1 ～ P 3 は、いずれも、弾性波共振子からなる。

[0035] 帯域通過型フィルタ 1 は、入力端子 7 と、アンテナに接続されるアンテナ端子 6 とを有する。複数の直列腕共振子 S 1 ～ S 6 は、入力端子 7 とアンテナ端子 6 との間に互いに直列に接続されている。

[0036] 直列腕共振子 S 1 と直列腕共振子 S 2 との間の接続点とグラウンド電位との間には、並列腕共振子 P 1 が接続されている。直列腕共振子 S 3 と直列腕共振子 S 4 との間の接続点とグラウンド電位との間には、並列腕共振子 P 2 が接続されている。直列腕共振子 S 5 と直列腕共振子 S 6 との間の接続点とグラウンド電位との間には、並列腕共振子 P 3 が接続されている。なお、並列腕共振子 P 2, P 3 は、グラウンド電位に共通接続されている。アンテナ端子 6 とグラウンド電位との間には、インピーダンス調整用のインダクタ L が接続されている。なお、帯域通過型フィルタ 1 の回路構成は、特に限定されない。

[0037] 直列腕共振子 S 1 ～ S 6 及び並列腕共振子 P 1 ～ P 3 は、以下に述べる構成を有する本発明の一実施形態としての弾性波装置である。なお、下記の図

2 及び図 3 は、直列腕共振子 S 6 の構成を示す。

[0038] 図 2 は、第 1 の実施形態における、最もアンテナ端子側に配置された直列腕共振子の模式的正面断面図である。図 3 は、図 2 の模式的拡大図である。

[0039] 図 2 に示すように、直列腕共振子 S 6 は、 LiNbO_3 基板 2 を有する。本実施形態においては、 LiNbO_3 基板 2 は、オイラー角 (ϕ, θ, ψ) がオイラー角 $(0^\circ, 38^\circ, 0^\circ)$ である。なお、 LiNbO_3 基板 2 は、オイラー角 (ϕ, θ, ψ) がオイラー角 $(-5^\circ \leq \phi \leq 5^\circ, 28^\circ \leq \theta \leq 48^\circ, -5^\circ \leq \psi \leq 5^\circ)$ であればよい。

[0040] LiNbO_3 基板 2 上には、IDT 電極 3 が設けられている。IDT 電極 3 は、複数本の電極指 3 a を有する。IDT 電極 3 に交流電圧を印加することにより、弾性波が励振される。IDT 電極 3 の弾性波伝搬方向両側には、反射器 8 が設けられている。それによって、弾性波共振子としての直列腕共振子 S 6 が構成されている。なお、図 1 に示す直列腕共振子 S 1 ~ S 5 及び並列腕共振子 P 1 ~ P 3 も、直列腕共振子 S 6 と同様の構成を有する。

[0041] 本実施形態では、帯域通過型フィルタ 1 は、 LiNbO_3 基板 2 を伝搬するレイリー波を利用している。

[0042] 図 3 に示すように、IDT 電極 3 の電極指 3 a は、 LiNbO_3 基板 2 上に積層されている第 1 の電極層 3 a 1 を有する。第 1 の電極層 3 a 1 は Mo を主成分とする Mo 層である。なお、Mo を主成分とするとは、Mo のみからなるものに限らず、Mo を 50 重量%以上含む合金をも含むことを意味する。

[0043] 第 1 の電極層 3 a 1 上には、Al からなる第 2 の電極層 3 a 2 が積層されている。なお、第 2 の電極層 3 a 2 は、Mo よりも電気抵抗が低い、Al 以外の金属からなってもよい。あるいは、IDT 電極 3 は、第 2 の電極層 3 a 2 を有しなくともよい。もっとも、IDT 電極 3 が第 2 の電極層 3 a 2 を有することにより、IDT 電極 3 の電気抵抗を低くすることができる。

[0044] 図 2 に戻り、 LiNbO_3 基板 2 上には、IDT 電極 3 を覆うように、第 1 の誘電体膜 4 が設けられている。第 1 の誘電体膜 4 は、温度特性補償膜であ

る。帯域通過型フィルタ 1 は、第 1 の誘電体膜 4 を有することにより、周波数温度特性 (TCV) を改善することができる。

[0045] 本実施形態においては、第 1 の誘電体膜 4 は、 SiO_2 からなる SiO_2 膜である。なお、第 1 の誘電体膜 4 には、 SiO_2 膜以外の、酸化ケイ素を主成分とする誘電体膜を用いることもできる。酸化ケイ素を主成分とする誘電体膜とは、 SiO_2 に限らず、 SiO_x (x は整数) を 50 重量%以上含む誘電体材料からなる膜であってもよいことを意味する。

[0046] 第 1 の誘電体膜 4 上には、第 2 の誘電体膜 5 が設けられている。第 2 の誘電体膜 5 は周波数調整膜である。第 2 の誘電体膜 5 は、 SiN からなる。帯域通過型フィルタ 1 は、第 2 の誘電体膜 5 の膜厚を調整することにより、周波数を調整することができる。なお、第 2 の誘電体膜 5 は、 SiN 以外の適宜の誘電体からなっているてもよい。また、第 2 の誘電体膜 5 は、設けられていなくともよい。

[0047] なお、第 1 の誘電体膜 4 の膜厚とは、第 1 の誘電体膜 4 の LiNbO_3 基板 2 と接している面と、第 1 の誘電体膜 4 の上面すなわち第 2 の誘電体膜 5 と接している面までの距離を言うものとする。

[0048] ここで、IDT 電極 3 の電極指ピッチにより規定される波長により規格化された膜厚を規格化膜厚 (%) とする。図 3 に示した第 1 の電極層 3a1 の規格化膜厚 (%) を T_1 とし、第 1 の誘電体膜 4 の規格化膜厚 (%) を T_2 とする。

[0049] 本実施形態の特徴は、第 1 の電極層 3a1 が Mo を主成分とし、 $T_2 \geq 31\%$ であり、かつ下記の式 (1) を満たすことにある。

[0050] 式 (1)

$$T_1 \geq 0.8634 \times T_2 - 27.913$$

[0051] それによって、周波数温度特性を効果的に改善することができ、かつ高次モードを抑制することができる。これを以下において説明する。

[0052] 図 4 は、 SiO_2 膜の規格化膜厚 (%) と周波数温度特性との関係を示す図である。なお、図 4 における SiO_2 膜の規格化膜厚 (%) は、本実施形態に

おける第1の誘電体膜の規格化膜厚(%) T_2 に相当する。

[0053] 図4に示すように、 SiO_2 膜の規格化膜厚(%)が大きいほど、周波数温度特性の値が大きくなっていることがわかる。本実施形態においては、図4中の破線で示すように、第1の誘電体膜の規格化膜厚(%) T_2 が31%以上になると、周波数温度特性の値が $-30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以上となる。そして、圧電基板に LiTaO_3 を用い、該圧電基板上にAlからなるIDT電極を形成した一般的な弾性表面波素子では、周波数温度特性の値が $-30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下であるため、第1の誘電体膜の規格化膜厚(%) T_2 が31%以上になると、一般的な弾性表面波素子以上に、周波数温度特性を改善することができる。

[0054] ここで、本願発明者らは、高次モードは第1の誘電体膜の膜厚だけではなく、IDT電極における、Moである第1の電極層の膜厚にも依存することを見出した。第1の誘電体膜の規格化膜厚(%) T_2 を、周波数温度特性を効果的に改善し得る大きさとし、さらに、上記式(1)を満たすことにより、高次モードの抑制をも果たし得ることを見出した。これを、レイリー波の高次モードであるセザワ波を例として説明する。

[0055] なお、セザワ波が複数のレスポンスを有する場合、あるいは帯域を持って生じた場合には、セザワ波の周波数は、帯域通過型フィルタの入力端子側のリターンロスが最大になる周波数とする。

[0056] 図5は、 SiO_2 膜の規格化膜厚(%)及びIDT電極におけるMo層の規格化膜厚(%)と、セザワ波の比帯域との関係を示す図である。なお、図5並びに後述する図6及び図7における SiO_2 膜の規格化膜厚(%)は、本実施形態における第1の誘電体膜の規格化膜厚(%) T_2 に相当する。Mo層の規格化膜厚(%)は、IDT電極における第1の電極層の規格化膜厚(%) T_1 に相当する。

[0057] 図5に示すように、 SiO_2 膜の規格化膜厚(%)が大きいほど、セザワ波の比帯域が大きくなっていることがわかる。他方、Mo層の規格化膜厚(%)が大きいほど、セザワ波の比帯域が小さくなっていることがわかる。この

ように、 SiO_2 膜の規格化膜厚（％）を大きくしても、 Mo 層の規格化膜厚（％）を大きくすることにより、セザワ波の比帯域を小さくすることができる。

[0058] ここで、セザワ波の比帯域が0.1％以下、及び0.05％以下となる条件をそれぞれ求めた。

[0059] 図6は、セザワ波の比帯域が0.1％になるときの、 SiO_2 膜の規格化膜厚（％）とIDT電極における Mo 層の規格化膜厚（％）との関係を示す図である。図7は、セザワ波の比帯域が0.05％になるときの、 SiO_2 膜の規格化膜厚（％）とIDT電極における Mo 層の規格化膜厚（％）との関係を示す図である。

[0060] 上記の式（1）は、図6に示す関係から導き出される。式（1）を満たすことにより、セザワ波の比帯域を0.1％以下とすることができ、セザワ波を抑制することができる。

[0061] 図7に示すように、下記の式（2）を満たすことにより、セザワ波の比帯域を0.05％以下にすることができる。

[0062] 式（2）

$$T_1 \geq 0.8106 \times T_2 - 25.089$$

[0063] セザワ波の比帯域を小さくするほど、セザワ波をより一層抑制することができる。セザワ波の比帯域を0.1％以下とすることにより、帯域通過型フィルタの減衰特性を改善することができる。ここで、アンテナ端子をアンテナ共通端子として、該アンテナ共通端子に他の複数のフィルタを接続してもよい。このとき、セザワ波の比帯域を0.05％以下とすることで、本実施形態の帯域通過型フィルタによる、上記他のフィルタの通過帯域への影響を小さくすることができる。これを以下において説明する。

[0064] 本発明の構成を有する帯域通過型フィルタとして、セザワ波の比帯域が0.098％、0.012％及び0.005％である帯域通過型フィルタをそれぞれ作製した。比較例の帯域通過型フィルタとして、セザワ波の比帯域が0.3％である帯域通過型フィルタを作製した。上記各帯域通過型フィルタ

の減衰量周波数特性及びリターンロスと比較した。

[0065] 図8は、本発明に係る帯域通過型フィルタ及び比較例の帯域通過型フィルタの減衰量周波数特性を示す図である。図9は、本発明に係る帯域通過型フィルタ及び比較例の帯域通過型フィルタの、アンテナ端子におけるリターンロスを示す図である。図8及び図9において、実線は比帯域0.098%の結果を示す。一点鎖線は比帯域0.012%の結果を示す。二点鎖線は比帯域0.005%の結果を示す。破線は比較例である比帯域0.3%の結果を示す。

[0066] 図8に示すように、領域Aにはセザワ波によるスプリアスが生じているが、セザワ波の比帯域が0.098%以下のフィルタにおいては、そのスプリアスが著しく抑制されていることがわかる。

[0067] また、図9に示すように、リターンロスはセザワ波の比帯域が0.012%以下となっており、著しく抑制されていることがわかる。

[0068] 図10は、セザワ波の比帯域と、図9中の領域Bにおけるリターンロスとの関係を示す図である。

[0069] 図10に示すように、セザワ波の比帯域が0.1%以下において、領域Bにおける減衰特性を効果的に小さくすることができ、セザワ波を抑制し得ることがわかる。上述したように、上記式(1)を満たすことにより、セザワ波を0.1%以下とすることができる。

[0070] より好ましくは、上記の式(2)を満たすことが望ましい。それによって、セザワ波をより一層抑制することができ、アンテナ共通端子において他の通過帯域などを有するフィルタと接続したときの、他のフィルタへの影響を小さくし得る。

[0071] なお、直列腕共振子S1～S6及び並列腕共振子P1～P3のうちの少なくとも1つが、図2及び図3に示した上記構成を有する弾性波装置からなっていればよい。好ましくは、直列腕共振子S1～S6のうちの少なくとも1つが、上記構成を有する弾性波装置からなることが望ましい。それによって、セザワ波を効果的に抑制することができる。

- [0072] より好ましくは、アンテナ端子6に最も近い直列腕共振子S6が上記構成を有する弾性波共振子からなることが望ましい。それによって、セザワ波をより一層抑制することができる。
- [0073] ところで、図3に示したIDT電極3の第1の電極層3a1の膜厚は、600nm以下とすることが好ましい。あるいは、第1の電極層3a1の規格化膜厚(%) T_1 は、 $T_1 \leq 15\%$ であることが好ましい。第1の電極層3a1は、例えば、スパッタリング法により設けることができる。このとき、第1の電極層3a1の膜厚が厚くなるほど、LiNbO₃基板2に加わる応力が大きくなる。第1の電極層3a1の膜厚または規格化膜厚(%) T_1 を上記の範囲内とすることにより、LiNbO₃基板2が破損し難い。
- [0074] 図11は、本発明の第2の実施形態に係る複合フィルタ装置の模式図である。
- [0075] 複合フィルタ装置10は、キャリアアグリゲーションシステムに用いられるものである。複合フィルタ装置10は、アンテナに接続されるアンテナ共通端子16を有する。複合フィルタ装置10は、アンテナ共通端子16に共通接続されている第1～第3の帯域通過型フィルタ11a～11cを有する。第1～第3の帯域通過型フィルタ11a～11cは、複数のキャリア、すなわち通信方式に対応するために設けられている。
- [0076] 本実施形態では、第1、第2、第3の帯域通過型フィルタ11a、11b、11cは受信フィルタである。なお、複合フィルタ装置10において、送信フィルタ及び受信フィルタの組み合わせは、上記に限定されない。
- [0077] 第1の帯域通過型フィルタ11aは、第1の実施形態と同様の構成を有する。本実施形態においては、第1の帯域通過型フィルタ11aは、図9における、セザワ波の比帯域が0.098%の場合のリターンロスを有する帯域通過型フィルタである。
- [0078] 第2の帯域通過型フィルタ11bの通過帯域は、図9における領域Bの範囲内に位置する。なお、第2の帯域通過型フィルタ11bの通過帯域は、特に限定されず、第1の帯域通過型フィルタ11aの通過帯域よりも高域側に

位置していればよい。

[0079] 第1の帯域通過型フィルタ11aにおいては、上述したように、高次モードを抑制することができる。よって、第2の帯域通過型フィルタ11bにおいて、高次モードの応答による影響が生じ難い。

[0080] 加えて、第1の帯域通過型フィルタ11aの通過帯域は第2の帯域通過型フィルタ11bの通過帯域の低域側に位置する。よって、第2の帯域通過型フィルタ11bにおいて高次モードが発生していたとしても、第1の帯域通過型フィルタ11aにおいて、高次モードの応答による影響が生じ難い。

[0081] 第3の帯域通過型フィルタ11cの通過帯域は、特に限定されないが、第1の帯域通過型フィルタ11aの通過帯域よりも高域側に位置することが好ましい。それによって、第2の帯域通過型フィルタ11bと同様に、高次モードの応答による影響が生じ難い。

[0082] なお、複合フィルタ装置10は、第3の帯域通過型フィルタ11cを有していなくともよい。

[0083] なお、複合フィルタ装置10は、第1の帯域通過型フィルタ11aと第2の帯域通過型フィルタ11bとが同一の圧電基板上に形成されていても良い。

[0084] 本発明は、4つ以上の帯域通過型フィルタや、デュプレクサなどを有する複合フィルタ装置においても、好適に適用することができる。

[0085] 図12は、本発明の第3の実施形態に係る複合フィルタ装置の略図的回路図である。複合フィルタ装置20は、キャリアアグリゲーションシステムに用いることもできる。この複合フィルタ装置20は、共通端子としてのアンテナ共通端子26を有する。アンテナ共通端子26に、複数のデュプレクサ21A～21Eが接続されている。

[0086] 各デュプレクサ21A～21Eは、それぞれ、送信フィルタ21Aa～21Eaと、受信フィルタ21Ab～21Ebとを有する。このような複合フィルタ装置20においても、いずれかの送信フィルタ21Aa～21Eaを本発明に従って、第1の帯域通過型フィルタとし、残りの送信フィルタまた

は受信フィルタのうち少なくとも1つを本発明の第2の帯域通過型フィルタとしてもよい。すなわち、共通端子であるアンテナ共通端子26に接続されている複数の帯域通過型フィルタのいずれか1つを第1の帯域通過型フィルタとし、他の帯域通過型フィルタのうちの少なくとも1つを第2の帯域通過型フィルタとしてもよい。それによって第1の帯域通過型フィルタにおけるセザワ波による応答を抑制することができ、第1の帯域通過型フィルタと共通接続している第2の帯域通過型フィルタにおいても、セザワ波による応答の影響を効果的に抑制することができる。

[0087] 例えば、第1の帯域通過型フィルタを有するデュプレクサは、アンテナ共通端子26に第1の帯域通過型フィルタと共通接続されている、縦結合共振子型弾性波フィルタを有していてもよい。

[0088] 図13は、第4の実施形態に係る帯域通過型フィルタの略図的回路図である。本実施形態では、帯域通過型フィルタ30は、アンテナ共通端子36に縦結合共振子型弾性波フィルタ31aが接続されている。縦結合共振子型弾性波フィルタ31aとアンテナ共通端子36との間に、ラダー型フィルタ31bが接続されている。ラダー型フィルタ31bは、直列腕共振子S31、S32と並列腕共振子P31、P32とを有する。帯域通過型フィルタ30では、縦結合共振子型弾性波フィルタ31aと、ラダー型フィルタ31bとにより通過帯域が構成されている。アンテナ共通端子36とグラウンド電位との間には、インピーダンス調整用のインダクタLが接続されている。なお、帯域通過型フィルタ30の回路構成は、特に限定されない。

[0089] 本実施形態の特徴は、直列腕共振子S31、S32及び並列腕共振子P31、P32及び縦結合共振子型弾性波フィルタ31aのうちの少なくとも1つが、図2及び図3に示した上記構成を有する弾性波共振子からなっていることを特徴とする。好ましくは、直列腕共振子S32～S31のうちの少なくとも1つが、上記構成を有する弾性波共振子からなることが望ましい。それによって、セザワ波を効果的に抑制することができる。

[0090] より好ましくは、アンテナ共通端子36に最も近い直列腕共振子S32が

上記構成を有する弾性波共振子からなることが望ましい。それによって、セザワ波をより一層抑制することができる。

[0091] より好ましくは、前記M_oを主成分とする第1の電極層は、Nbを含む合金であることが望ましい。それによって、TCFをより一層改善することができる。

[0092] なお、本発明の複合フィルタ装置は、アンテナ共通端子に接続される第1、第2の帯域通過型フィルタを備える限り、その複合フィルタ装置の具体的な形態は特に限定されない。従って、本発明によれば、上記複合フィルタ装置を含む、デュプレクサ、マルチプレクサ、通信装置の高周波フロントエンド回路や高周波フロントエンドモジュールや携帯電話機のような通信装置等が提供される。

符号の説明

- [0093] 1…帯域通過型フィルタ
2…LiNbO₃基板
3…IDT電極
3a…電極指
3a1, 3a2…第1, 第2の電極層
4, 5…第1, 第2の誘電体膜
6…アンテナ端子
7…入力端子
8…反射器
10…複合フィルタ装置
11a～11c…第1～第3の帯域通過型フィルタ
16…アンテナ共通端子
20…複合フィルタ装置
21A～21E…デュプレクサ
21Aa～21Ea…送信フィルタ
21Ab～21Eb…受信フィルタ

26…アンテナ共通端子

30…帯域通過型フィルタ

31a…縦結合共振子型弾性波フィルタ

31b…ラダー型フィルタ

36…アンテナ共通端子

S1～S6、S31、S32…直列腕共振子

P1～P3、P31、P32…並列腕共振子

L…インダクタ

請求の範囲

- [請求項1] オイラー角 (ϕ , θ , ψ) がオイラー角 ($-5^\circ \leq \phi \leq 5^\circ$, $28^\circ \leq \theta \leq 48^\circ$, $-5^\circ \leq \psi \leq 5^\circ$) である LiNbO_3 基板と、
 前記 LiNbO_3 基板上に設けられており、 Mo を主成分とする第1の電極層を有し、かつ複数本の電極指を有する IDT 電極と、
 前記 LiNbO_3 基板上に、前記 IDT 電極を覆っている第1の誘電体膜と、
 を備え、
 前記 LiNbO_3 基板を伝搬するレイリー波を利用しており、
 前記 IDT 電極の電極指ピッチにより規定される波長により規格化された膜厚を規格化膜厚 (%) とし、前記第1の電極層の規格化膜厚 (%) を T_1 、前記第1の誘電体膜の規格化膜厚 (%) を T_2 としたときに、 $T_2 \geq 31\%$ であり、かつ下記の式 (1)
 式 (1)

$$T_1 \geq 0.8634 \times T_2 - 27.913$$
 を満たす、弾性波装置。
- [請求項2] 下記の式 (2)
 式 (2)

$$T_1 \geq 0.8106 \times T_2 - 25.089$$
 を満たす、請求項1に記載の弾性波装置。
- [請求項3] $T_1 \leq 15\%$ である、請求項1または2に記載の弾性波装置。
- [請求項4] 前記第1の誘電体膜が酸化ケイ素を主成分とする、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] 前記第1の誘電体膜が SiO_2 からなる、請求項4に記載の弾性波装置。
- [請求項6] 前記第1の誘電体膜上に、第2の誘電体膜が積層されている、請求項1～5のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項7] 前記第2の誘電体膜が SiN からなる、請求項6に記載の弾性波装置。

置。

- [請求項8] 前記 I D T 電極において、前記第 1 の電極層上に、Mo よりも電気抵抗が低い金属からなる第 2 の電極層が積層されている、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。
- [請求項9] 前記第 2 の電極層が、Al からなる、請求項 8 に記載の弾性波装置。
- [請求項10] 前記Moを主成分とする第 1 の電極層はNbを含む合金である、請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。
- [請求項11] アンテナに接続されるアンテナ端子と、
前記アンテナ端子に接続されている、請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置と、
を備える、帯域通過型フィルタ。
- [請求項12] 直列腕共振子及び並列腕共振子を有するラダー型フィルタであり、前記直列腕共振子及び前記並列腕共振子のうちの少なくとも 1 つが前記弾性波装置からなる、請求項 11 に記載の帯域通過型フィルタ。
- [請求項13] 前記直列腕共振子を複数有し、前記複数の直列腕共振子のうちの少なくとも 1 つが前記弾性波装置からなる、請求項 12 に記載の帯域通過型フィルタ。
- [請求項14] 前記複数の直列腕共振子のうち、前記アンテナ端子に最も近い直列腕共振子が前記弾性波装置からなる、請求項 13 に記載の帯域通過型フィルタ。
- [請求項15] 前記ラダー型フィルタに接続されている縦結合共振子型弾性波フィルタをさらに有する、請求項 12 ～ 14 のいずれか 1 項に記載の帯域通過型フィルタ。
- [請求項16] 前記縦結合共振子型弾性波フィルタが、前記ラダー型フィルタの前記アンテナ端子とは逆の側に接続されている、請求項 15 に記載の帯域通過型フィルタ。
- [請求項17] 前記弾性波装置としての縦結合共振子型弾性波フィルタを有する、

請求項 11 に記載の帯域通過型フィルタ。

[請求項18] 請求項 11 ～ 17 のいずれか 1 項に記載の帯域通過型フィルタからなる、第 1 の帯域通過型フィルタと、

前記アンテナ端子に接続されており、前記第 1 の帯域通過型フィルタの通過帯域よりも高域側に通過帯域を有する少なくとも 1 つの第 2 の帯域通過型フィルタと、

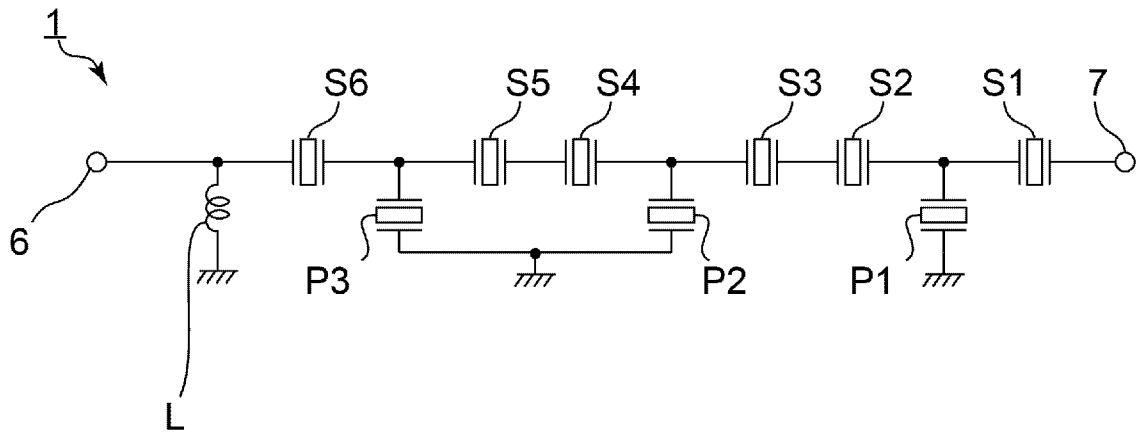
を備える、複合フィルタ装置。

[請求項19] 前記第 1 の帯域通過型フィルタと前記第 2 の帯域通過型フィルタとが同一の圧電基板上に形成されている、請求項 18 に記載の複合フィルタ装置。

[請求項20] 前記第 1 の帯域通過型フィルタを含むデュプレクサを有し、該デュプレクサが、前記アンテナ端子に前記第 1 の帯域通過型フィルタと共通接続されている、縦結合共振子型弾性波フィルタを有する、請求項 18 または 19 に記載の複合フィルタ装置。

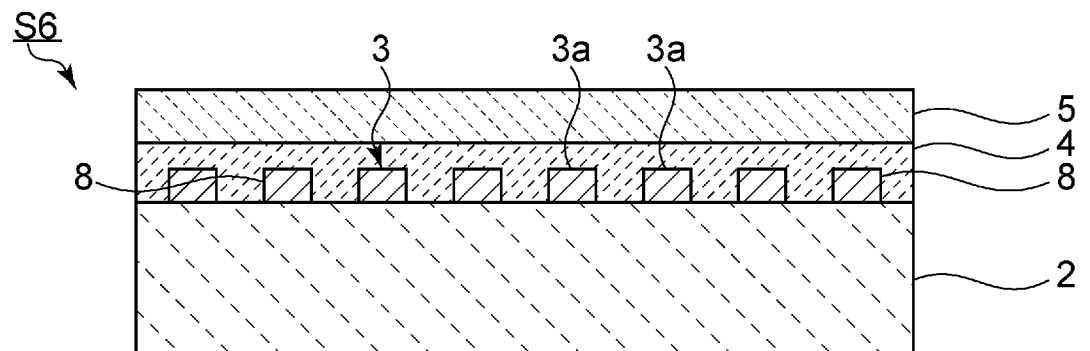
[図1]

図1



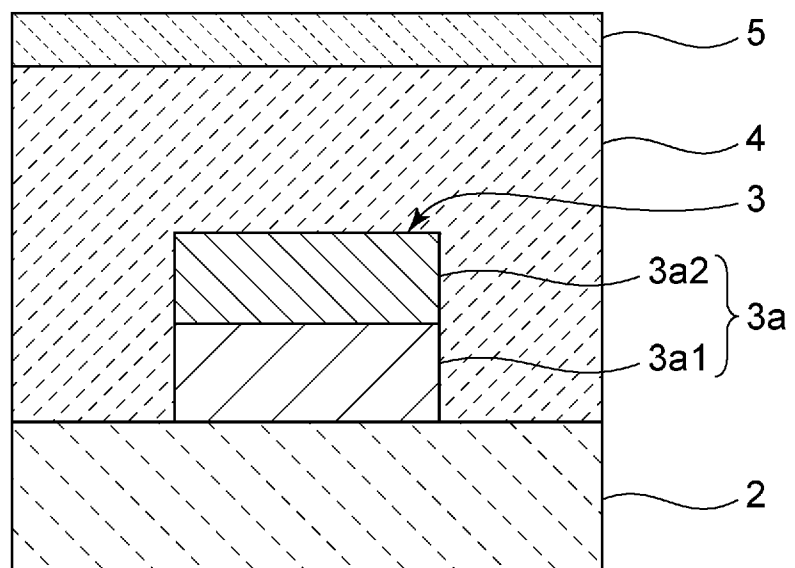
[図2]

図2



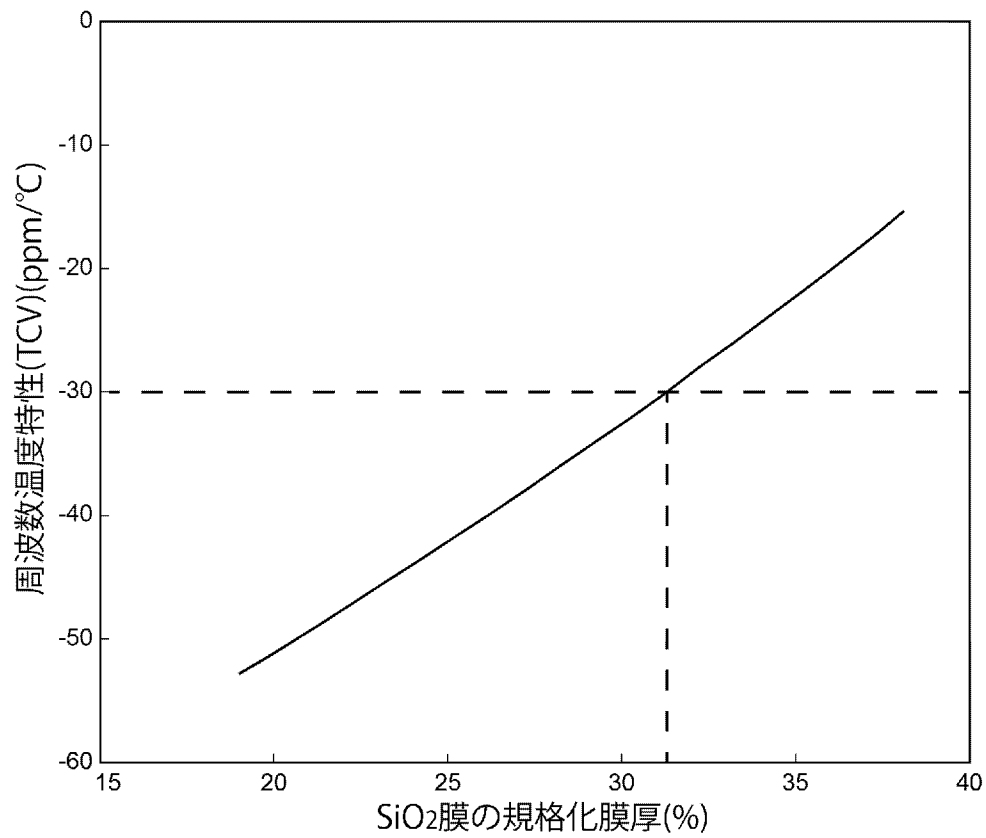
[図3]

図3



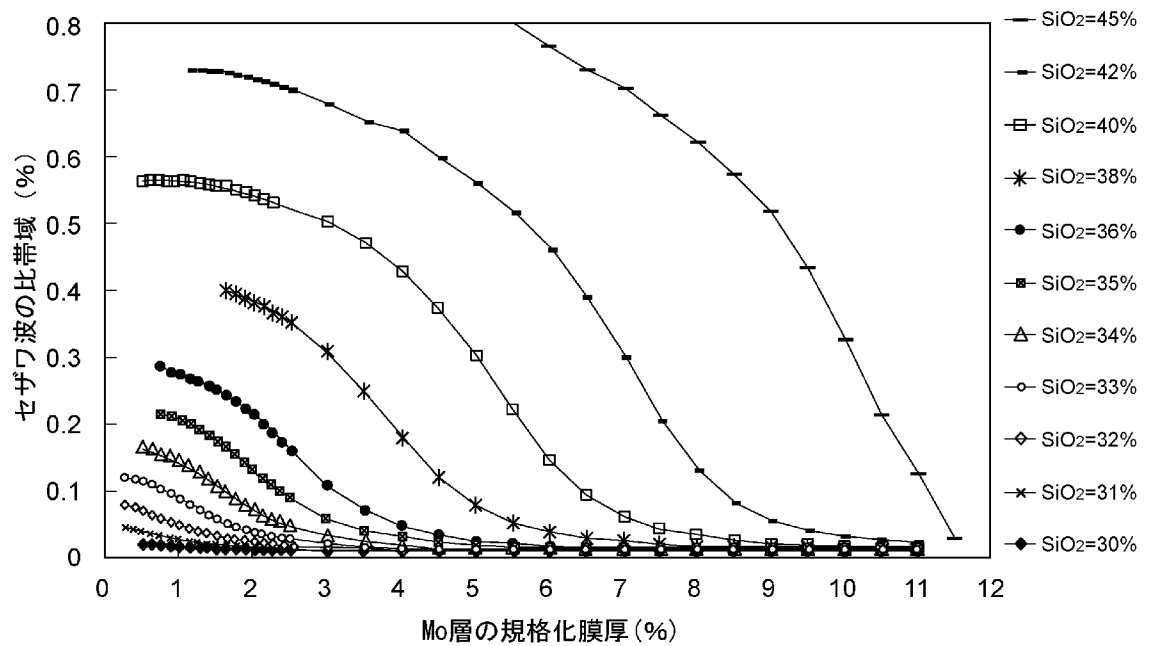
[図4]

図4



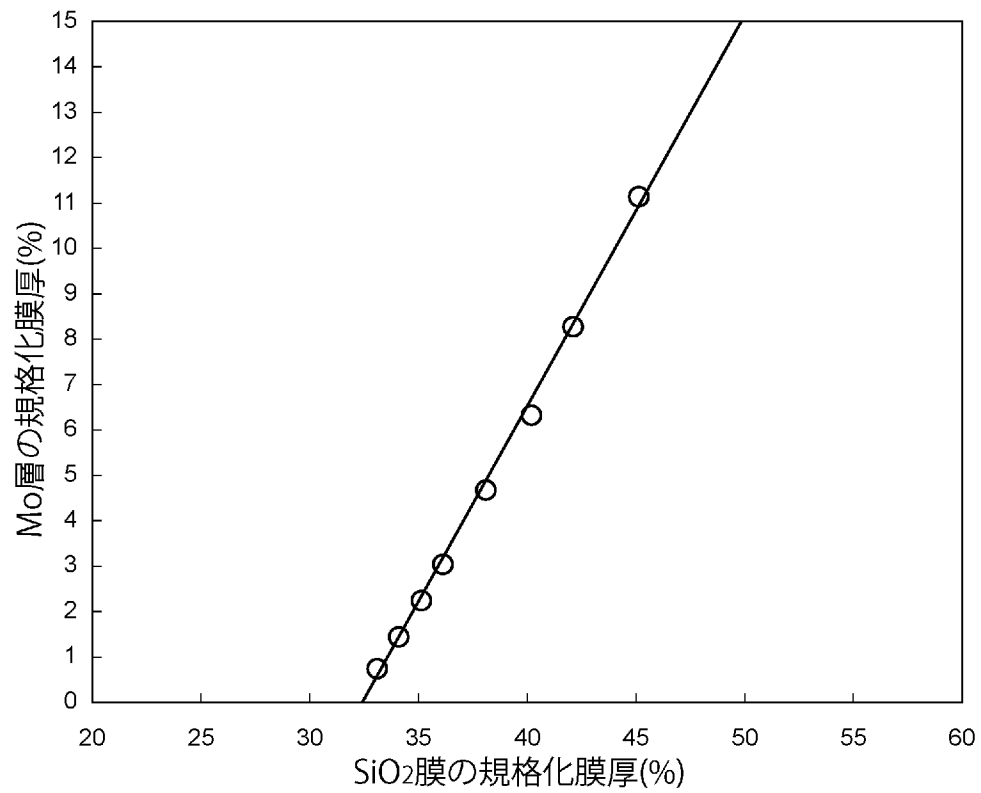
[図5]

図5



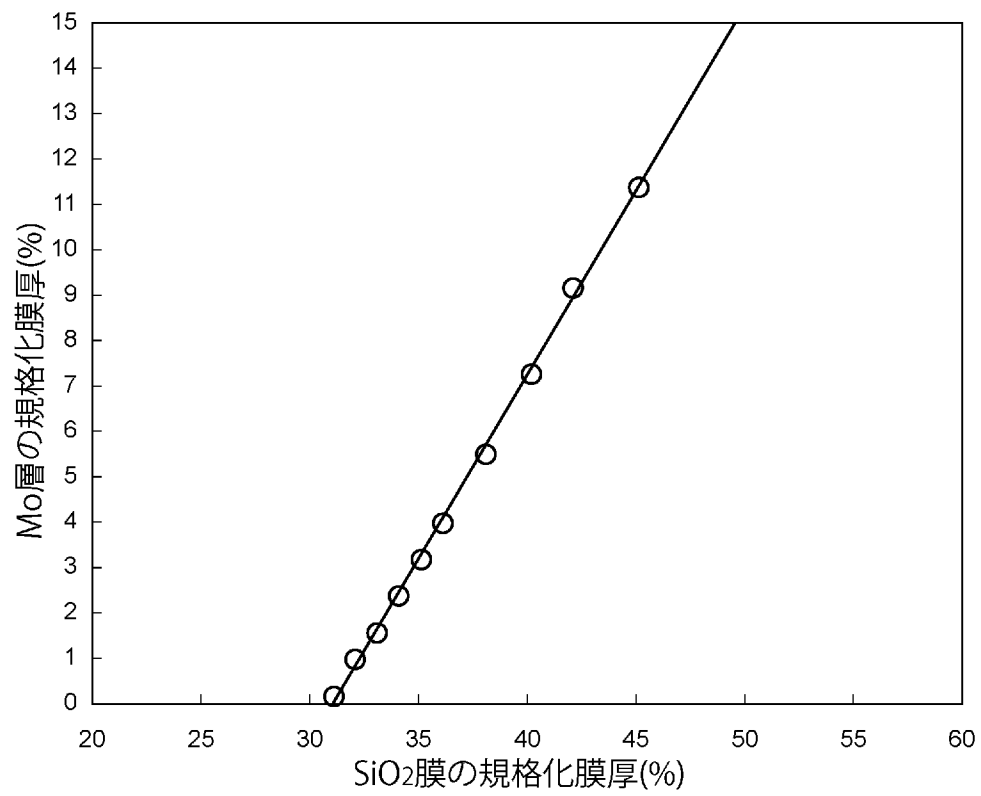
[図6]

図6



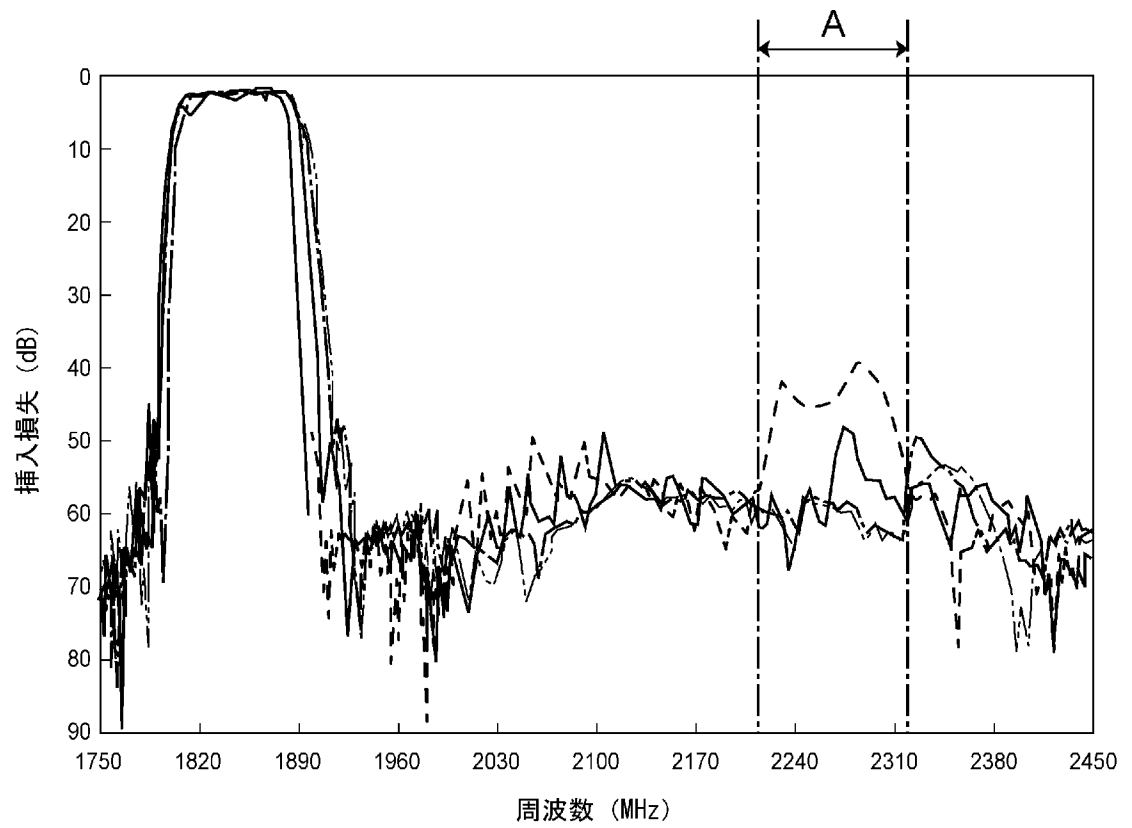
[図7]

図7



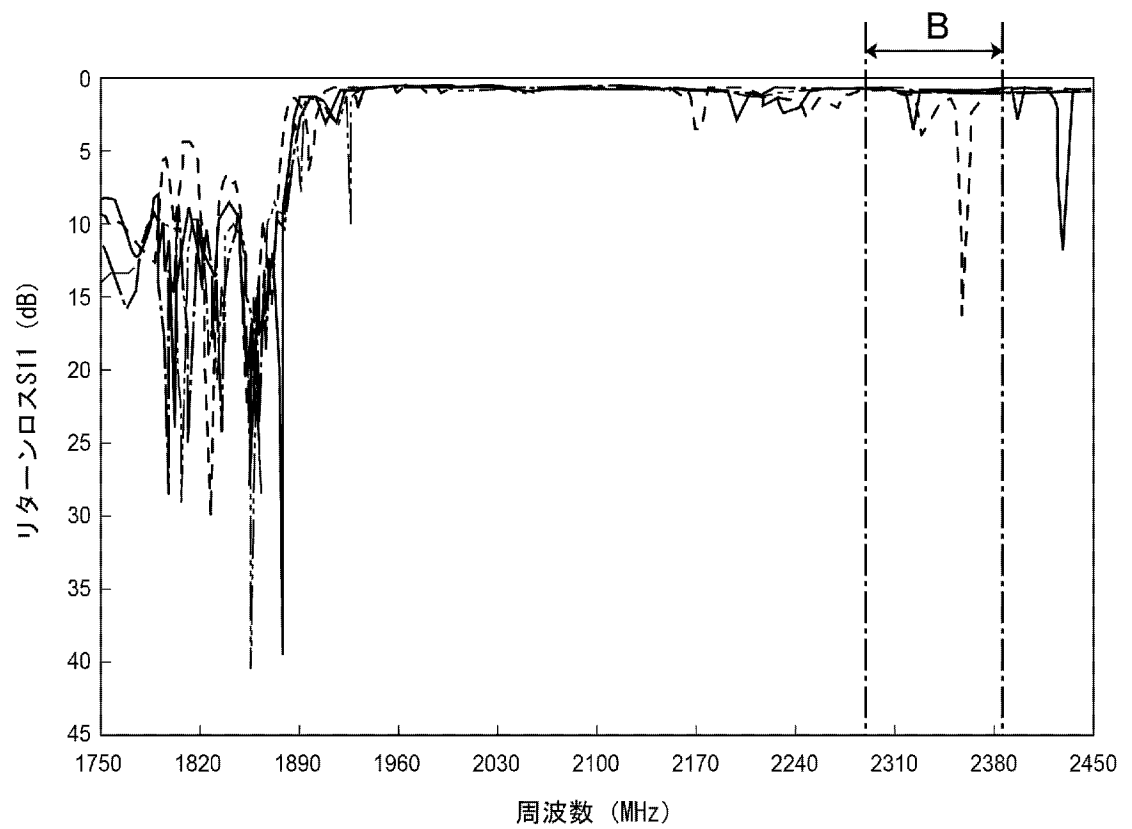
[図8]

図8



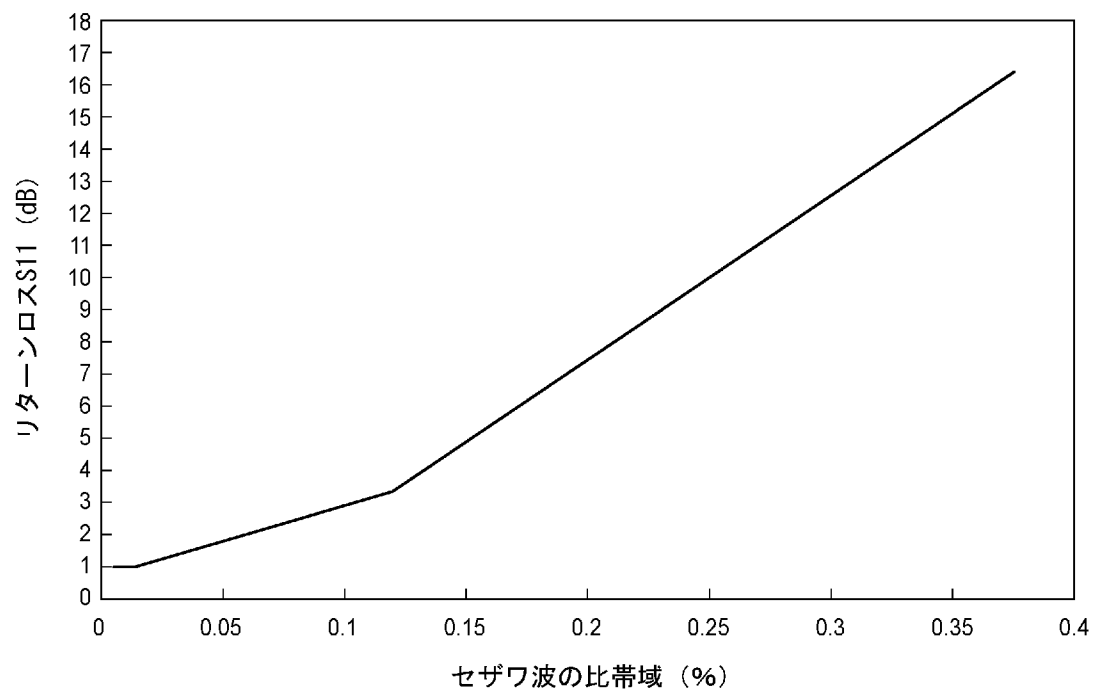
[図9]

図9



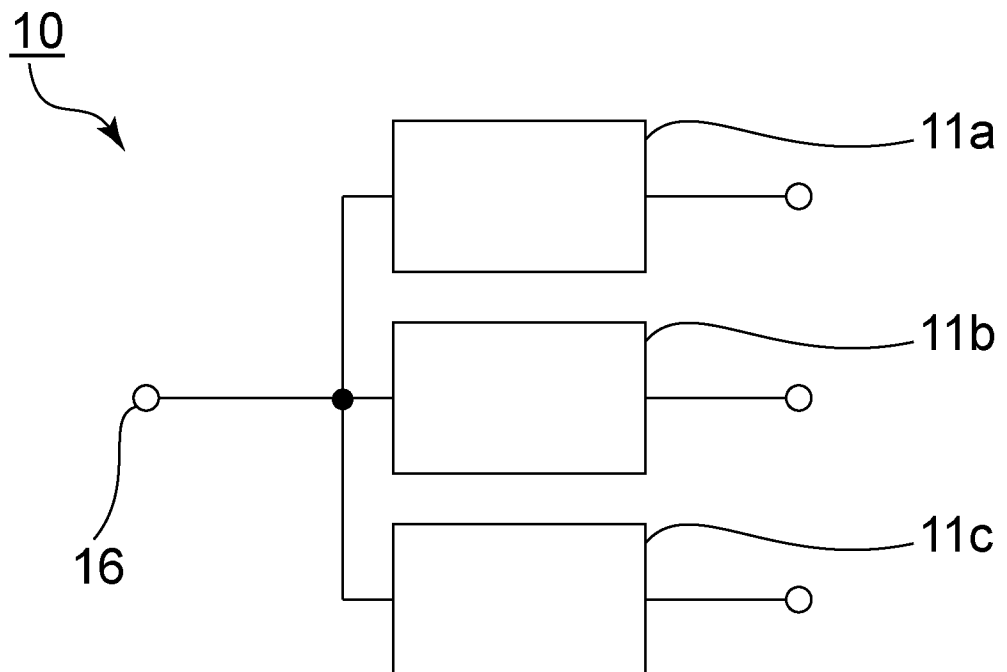
[図10]

図10



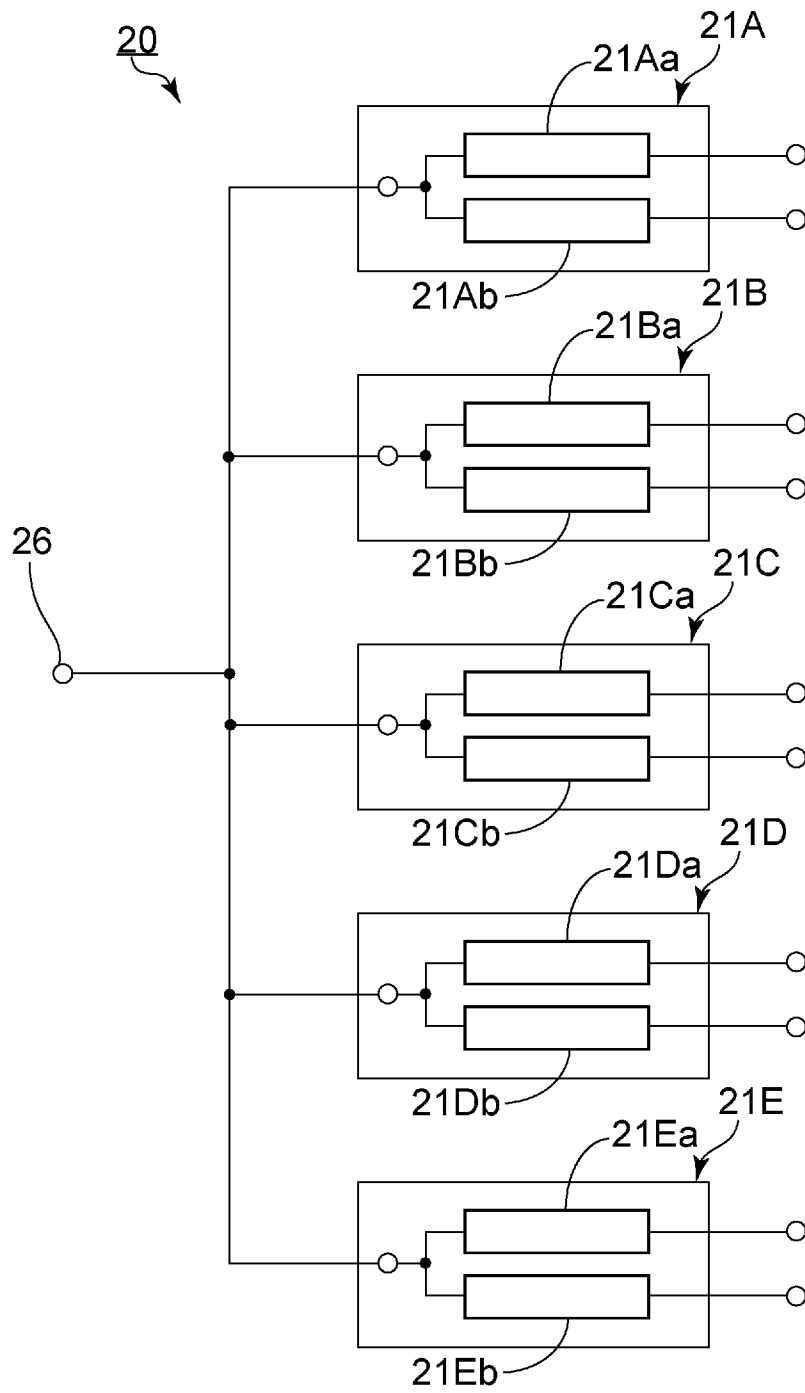
[図11]

図11

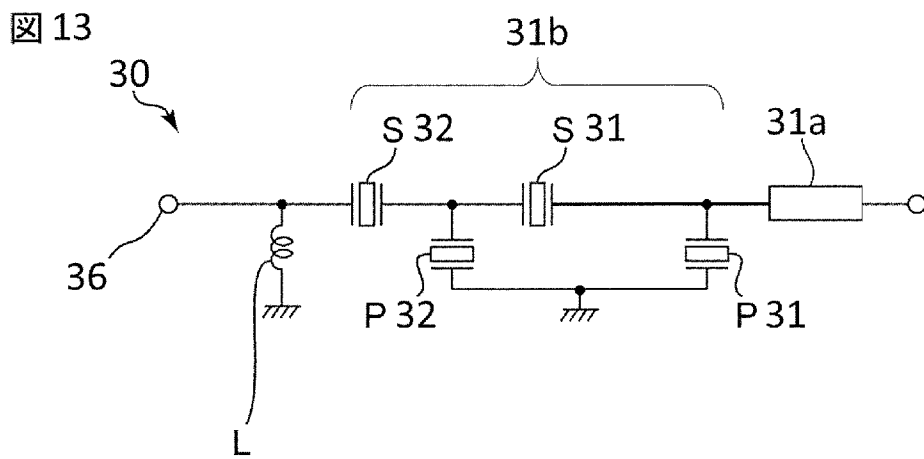


[図12]

図12



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/008531

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

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.
X	JP 2014-207540 A (Panasonic Corp.), 30 October 2014 (30.10.2014), paragraphs [0020] to [0027], [0039] to [0042]; fig. 6 (Family: none)	1-9, 11-15, 17-20 10, 16
Y	JP 2013-115826 A (Epcos AG.), 10 June 2013 (10.06.2013), paragraph [0026] & DE 102011119660 A1	10
Y	JP 2016-28505 A (Epcos AG.), 25 February 2016 (25.02.2016), fig. 1 & US 2011/0248794 A1 fig. 1 & DE 102008052222 A1	16

☐ 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
15 May 2017 (15.05.17)

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.

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

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

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
X	JP 2014-207540 A（パナソニック株式会社）2014.10.30, [0020]-[0027], [0039]-[0042], 図6（ファミリーなし）	1-9, 11-15, 17-20
Y		10, 16
Y	JP 2013-115826 A（エプコス アクチエンゲゼルシャフト） 2013.06.10, [0026] & DE 102011119660 A1	10
Y	JP 2016-28505 A（エプコス アクチエンゲゼルシャフト） 2016.02.25, 図1 & US 2011/0248794 A1, 図1 & DE 102008052222 A1	16

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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.05.2017

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）

橋本 和志

5W

4183

電話番号 03-3581-1101 内線 3576