

(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
2018年6月28日(28.06.2018)



(10) 国際公開番号

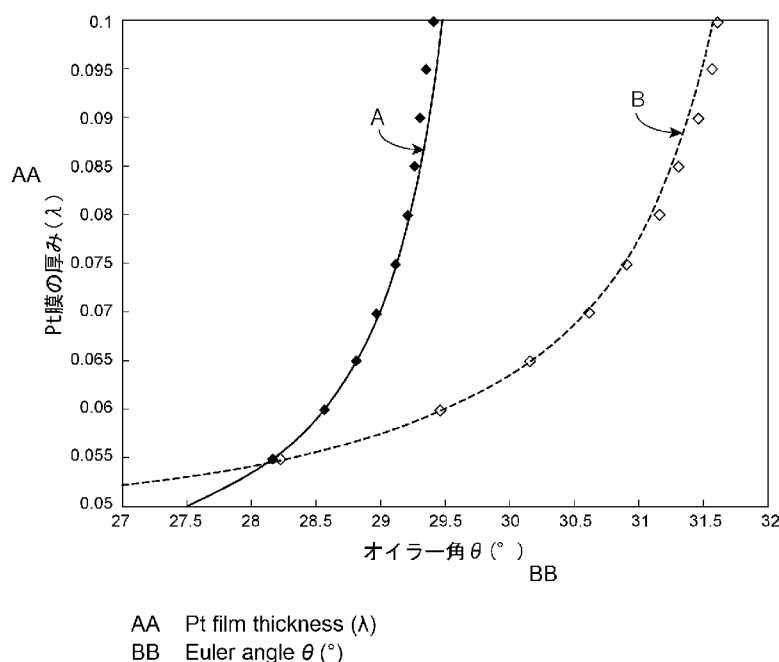
WO 2018/116602 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/25 (2006.01) H03H 9/64 (2006.01)
H03H 9/145 (2006.01) H04B 1/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/037558
- (22) 国際出願日: 2017年10月17日(17.10.2017)
- (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 2016-246267 2016年12月20日(20.12.2016) 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: 三村 昌和 (MIMURA, Masakazu);
〒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,

(54) Title: ELASTIC 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23】



(57) Abstract: Provided is an elastic wave device which allows a spurious due to an SH wave to be suppressed while achieving miniaturization, and has steep filter characteristics and a wide pass band. This elastic wave device 1 is provided with: a first elastic wave resonator having a LiNbO_3 substrate 2, a first IDT electrode, and a first dielectric film; and a second elastic wave resonator having a second IDT electrode and a second dielectric film. In this elastic wave device 1, a Rayleigh wave is used; the thicknesses of the first and second dielectric



HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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))

films are different; the propagation directions of the elastic waves in the first and second elastic wave resonators are identical; the Euler angles of the LiNbO_3 substrate 2 are within the ranges of $(0^\circ \pm 5^\circ, \theta, 0^\circ \pm 10^\circ)$; and when a main electrode thickness normalized by a wavelength λ determined by electrode finger pitches of the first and second IDT electrodes is T , and the density ratio (ρ/ρ_{Pt}) of a main electrode density (ρ) to Pt density (ρ_{Pt}) is r , θ satisfies the following equation (1) in the range of $0.055\lambda \leq T \times r \leq 0.10\lambda$, $-0.033/(T \times r - 0.037) + 29.99 \leq \theta \leq -0.050/(T \times r - 0.043) + 32.45 \dots (1)$

(57) 要約: 小型化を図りつつ、SH波によるスプリアスを抑制することを可能とし、さらに、急峻なフィルタ特性を有するとともに通過帯域が広い弾性波装置を提供する。 LiNbO_3 基板2と、第1のIDT電極及び第1の誘電体膜を有する第1の弾性波共振子と、第2のIDT電極及び第2の誘電体膜を有する第2の弾性波共振子とを備え、レイリー波を利用しており、第1の誘電体膜及び第2の誘電体膜の厚みが異なっており、第1の弾性波共振子及び第2の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向が一致しており、 LiNbO_3 基板2のオイラー角が、 $(0^\circ \pm 5^\circ, \theta, 0^\circ \pm 10^\circ)$ の範囲内であり、第1のIDT電極及び第2のIDT電極の電極指ピッチで定まる波長 λ により規格化してなる主電極の厚みを T とし、主電極の密度(ρ)とPtの密度(ρ_{Pt})との密度比(ρ/ρ_{Pt})を r としたときに、 θ が、 $0.055\lambda \leq T \times r \leq 0.10\lambda$ の範囲において、下記式(1)を満たしている、弾性波装置1。 $-0.033/(T \times r - 0.037) + 29.99 \leq \theta \leq -0.050/(T \times r - 0.043) + 32.45 \dots (1)$

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、レイリー波を利用した弾性波装置、該弾性波装置を用いた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 1，2 には、レイリー波を利用した弾性波装置が開示されている。

[0003] 特許文献 1 の弾性波装置は、弾性波共振子からなる直列腕共振子及び並列腕共振子を備える。急峻なフィルタ特性を有し、かつ通過帯域が広いフィルタ装置を得るために、上記直列腕共振子と上記並列腕共振子では、弾性波共振子を構成する酸化ケイ素膜の厚みが異なっている。また、通過帯域内におけるスプリアスを抑圧するために、上記直列腕共振子を構成する弾性波共振子と、上記並列腕共振子を構成する弾性波共振子とでは、弾性波の伝搬方向が異なっている。

[0004] また、下記の特許文献 2 の弾性波装置は、 LiNbO_3 基板と、 Au を主体とする IDT 電極を含む電極とを備える。特許文献 2 では、 LiNbO_3 基板のオイラー角 (ϕ , θ , ψ) における θ と、電極の厚みが、特定の関係にあることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献 1：国際公開第 2012/098816 号

特許文献 2：国際公開第 2007/125734 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献 1 のように、複数の弾性波共振子において弾性波

の伝搬方向を異ならせる場合、チップ上における弾性波共振子の配置の効率が悪化し、弾性波装置の小型化を図ることが困難であった。

[0007] また、酸化ケイ素膜の厚みが異なる複数の弾性波共振子において弾性波の伝搬方向を異ならせる場合、抑圧しようとしているスプリアスとは別のスプリアスが、通過帯域内又は通過帯域近傍に発生することがあった。

[0008] 特許文献2においては、オイラー角の θ と電極の厚みとの上記特定の関係が広い範囲であるため、複数の弾性波共振子において酸化ケイ素の厚みを異ならせる場合は、SH波によるスプリアスが発生してしまう可能性があった。

[0009] 本発明の目的は、小型化を図りつつ、SH波によるスプリアスを抑制することを可能とし、さらに、急峻なフィルタ特性を有するとともに通過帯域が広い弾性波装置、該弾性波装置を用いた高周波フロントエンド回路及び通信装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明に係る弾性波装置は、 LiNbO_3 基板と、前記 LiNbO_3 基板上に設けられた第1のIDT電極と、前記第1のIDT電極を覆うように設けられた第1の誘電体膜とを有する、第1の弾性波共振子と、前記 LiNbO_3 基板上に設けられた第2のIDT電極と、前記第2のIDT電極を覆うように設けられた第2の誘電体膜とを有する、第2の弾性波共振子と、を備え、レイリー波を利用しており、前記第1の誘電体膜の厚みが、前記第2の誘電体膜の厚みと異なっており、前記第1の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向が、前記第2の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向と一致しており、前記 LiNbO_3 基板のオイラー角(ϕ , θ , ψ)が、($0^\circ \pm 5^\circ$, θ , $0^\circ \pm 10^\circ$)の範囲内であり、前記第1のIDT電極及び前記第2のIDT電極は、主電極を有し、前記第1のIDT電極及び前記第2のIDT電極のうち少なくとも一方の電極指ピッチで定まる波長 λ により規格化してなる前記主電極の厚みを T とし、前記主電極の密度(ρ)とPtの密度(ρ_{Pt})との密度比(ρ/ρ_{Pt})を r としたときに、前記 LiNbO_3 基板のオイラー

角 (ϕ , θ , ψ) における θ が、 $0.055\lambda \leq T \times r \leq 0.10\lambda$ の範囲において、下記式 (1) を満たしている。

$$[0011] \quad -0.033 / (T \times r - 0.037) + 29.99 \leq \theta \leq -0.050 / (T \times r - 0.043) + 32.45 \quad \dots (1)$$

[0012] 本発明に係る弾性波装置のある特定の局面では、前記第1のIDT電極及び前記第2のIDT電極が、同じ電極材料、かつ同じ厚みで構成されている。

[0013] 本発明に係る弾性波装置の別の特定の局面では、前記 LiNbO_3 基板のオイラー角 (ϕ , θ , ψ) における ψ が、 -2° 以上、 2° 以下の範囲内にある。この場合、SH波によるスプリアスとは異なるスプリアスを抑制することができる。

[0014] 本発明に係る弾性波装置の他の特定の局面では、前記第1の誘電体膜及び前記第2の誘電体膜は、それぞれ酸化ケイ素を主成分とする。この場合、周波数温度特性をより一層改善することができる。

[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の弾性波共振子は、直列腕共振子であり、前記第2の弾性波共振子は、並列腕共振子であり、少なくとも前記第1の弾性波共振子と前記第2の弾性波共振子とにより、ラダー型フィルタを形成する。

[0016] 本発明の弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記弾性波装置は、前記第1の弾性波共振子を有する送信フィルタと、前記第2の弾性波共振子を有する受信フィルタと、を備える、デュプレクサである。

[0017] 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る弾性波装置と、パワーアンプとを備える。

[0018] 本発明に係る通信装置は、本発明に従って構成される高周波フロントエンド回路と、RF信号処理回路とを備える。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、小型化を図りつつ、SH波によるスプリアスを抑制することを可能とし、さらに、急峻なフィルタ特性を有するとともに通過帯域が

広い弾性波装置、高周波フロントエンド回路、及び、通信装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図 1 は、本発明の一実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。

[図2]図 2 (a) は、本発明の一実施形態に係る弾性波装置の回路図であり、図 2 (b) は、1 ポート型の弾性波共振子の電極構造を示す模式的平面図である。

[図3]図 3 は、本発明の一実施形態に係る弾性波装置において、直列腕共振子を構成している第 1 の弾性波共振子を示す模式的断面図である。

[図4]図 4 は、本発明の一実施形態に係る弾性波装置において、並列腕共振子を構成している第 2 の弾性波共振子を示す模式的断面図である。

[図5]図 5 は、第 2 の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向を、第 1 の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向に対して、 1° 傾けたときの模式的平面図である。

[図6]図 6 は、第 2 の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向を、第 1 の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向に対して、 2° 傾けたときの模式的平面図である。

[図7]図 7 (a) は、 SiO_2 膜の厚みが 0.2λ のときのインピーダンス特性を示す図であり、図 7 (b) は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図8]図 8 (a) は、 SiO_2 膜の厚みが 0.3λ のときのインピーダンス特性を示す図であり、図 8 (b) は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図9]図 9 (a) は、 SiO_2 膜の厚みが 0.4λ のときのインピーダンス特性を示す図であり、図 9 (b) は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図10]図 10 (a) は、 SiO_2 膜の厚みが 0.5λ のときのインピーダンス特性を示す図であり、図 10 (b) は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図11]図 11 (a) は、 SiO_2 膜の厚みが 0.6λ のときのインピーダンス特性を示す図であり、図 11 (b) は、そのリターンロス特性を示す図であ

る。

[図12]図12(a)は、オイラー角の θ が 27.5° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図12(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図13]図13(a)は、オイラー角の θ が 28.0° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図13(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図14]図14(a)は、オイラー角の θ が 28.5° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図14(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図15]図15(a)は、オイラー角の θ が 29.0° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図15(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図16]図16(a)は、オイラー角の θ が 29.5° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図16(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図17]図17(a)は、オイラー角の θ が 30.0° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図17(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図18]図18(a)は、オイラー角の θ が 30.5° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図18(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図19]図19(a)は、オイラー角の θ が 31.0° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図19(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図20]図20(a)は、オイラー角の θ が 31.5° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図20(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図21]図21は、オイラー角の θ とSH波の比帯域との関係を示す図である。

[図22]図22は、 SiO_2 膜の厚みを変化させたときのオイラー角の θ とSH波の比帯域との関係を示す図である。

[図23]図23は、オイラー角の θ とPt膜の厚みとの関係を示す図である。

[図24]図24(a)は、オイラー角の ϕ が 0° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図24(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図25]図25(a)は、オイラー角の ϕ が 2° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図25(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図26]図26(a)は、オイラー角の ϕ が 4° のときのインピーダンス特性を示す図であり、図26(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。

[図27]図27は、本発明に係る通信装置及び高周波フロントエンド回路の構成図である。

発明を実施するための形態

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] (弾性波装置)

図1は、本発明の一実施形態に係る弾性波装置の模式的平面図である。図2(a)は、本発明の一実施形態に係る弾性波装置の回路図である。図2(b)は、1ポート型の弾性波共振子の電極構造を示す模式的平面図である。

[0024] 図1に示すように、弾性波装置1は、圧電基板としての LiNbO_3 基板2を備える。 LiNbO_3 基板2上に、送信フィルタ3と受信フィルタ4とが構成されている。弾性波装置1は、送信フィルタ3と受信フィルタ4とを有するデュプレクサである。なお、弾性波装置1は、レイリー波を利用している。

[0025] 図2(a)に示すように、弾性波装置1は、アンテナ端子5を有する。アンテナ端子5に、共通端子6が接続されている。共通端子6と送信端子7との間に、送信フィルタ3が構成されている。また、共通端子6と受信端子8との間に、受信フィルタ4が構成されている。

[0026] 送信フィルタ3は、ラダー型回路構成を有する。具体的に、送信フィルタ3は、直列腕共振子S1～S4及び並列腕共振子P1～P4を有する。直列腕共振子S1～S4は、アンテナ端子5と送信端子7との間において、直列に接続されている。なお、図1においては、Xを矩形の枠で囲んだ記号により、直列腕共振子S1～S4及び並列腕共振子P1～P4を示している。

[0027] 図2に戻り、並列腕共振子P1は、送信端子7及び直列腕共振子S1の接続点とグラウンド電位との間に接続されている。並列腕共振子P2は、直列腕共振子S1及び直列腕共振子S2の接続点とグラウンド電位との間に接続されている。並列腕共振子P3は、直列腕共振子S2及び直列腕共振子S3の接続点とグラウンド電位との間に接続されている。また、並列腕共振子P4は、直列腕共振子S3及び直列腕共振子S4の接続点とグラウンド電位との間に接続されている。

[0028] 直列腕共振子S1～S4及び並列腕共振子P1～P4は、1ポート型の弾性波共振子からなる。

[0029] 1ポート型の弾性波共振子は、図2(b)に示す電極構造を有する。具体的には、IDT電極9と、IDT電極9の弾性波伝搬方向両側に配置された反射器10、11とが、LiNbO₃基板2上に形成されている。それによって、1ポート型弾性波共振子が構成されている。

[0030] なお、反射器10、11は、設けなくてもよい。

[0031] 他方、受信フィルタ4においては、共通端子6にトラップとしての1ポート型弾性波共振子12が接続されている。そして、1ポート型弾性波共振子12と、受信端子8との間に、3IDT型の縦結合共振子型弾性波フィルタ部13、14が設けられている。縦結合共振子型弾性波フィルタ部13、14は、互いに縦続接続されている。縦結合共振子型弾性波フィルタ部13、

14は、それぞれ、3つのIDT電極により構成されている。なお、縦結合共振子型弾性波フィルタ部13、14は、5つのIDT電極により構成される5IDT型であってもよいし、 n 個のIDT電極により構成される、 n IDT型であってもよい($n > 1$)。

[0032] さらに、送信フィルタ3をラダー型回路とし、受信フィルタ4を縦結合共振子型弾性波フィルタとしたが、送信フィルタ3は縦結合共振子型弾性波フィルタでもよく、受信フィルタ4はラダー型回路でもよい。

[0033] 次に、図3及び図4を参照して、直列腕共振子S1～S4及び並列腕共振子P1～P4を構成する弾性波共振子について説明する。

[0034] 図3は、本発明の一実施形態に係る弾性波装置において、直列腕共振子を構成している第1の弾性波共振子を示す模式的断面図である。また、図4は、本発明の一実施形態に係る弾性波装置において、並列腕共振子を構成している第2の弾性波共振子を示す模式的断面図である。

[0035] 図3に示すように、第1の弾性波共振子20は、LiNbO₃基板2、第1のIDT電極21、第1の誘電体膜22、及び第1の周波数調整膜23を有する。LiNbO₃基板2の主面2a上に、第1のIDT電極21が設けられている。第1のIDT電極21を覆うように、第1の誘電体膜22が設けられている。第1の誘電体膜22上に、第1の周波数調整膜23が設けられている。

[0036] また、図4に示すように、第2の弾性波共振子30は、LiNbO₃基板2、第2のIDT電極31、第2の誘電体膜32、及び第2の周波数調整膜33を有する。LiNbO₃基板2の主面2a上に、第2のIDT電極31が設けられている。第2のIDT電極31を覆うように、第2の誘電体膜32が設けられている。第2の誘電体膜32上に、第2の周波数調整膜33が設けられている。なお、第1の弾性波共振子20及び第2の弾性波共振子30は、LiNbO₃基板2を共有している。

[0037] 図3及び図4に示すように、第1の弾性波共振子20における第1の誘電体膜22の厚み t_1 は、第2の弾性波共振子30における第2の誘電体膜3

2の厚み t_2 よりも厚い($t_1 > t_2$)。もっとも、本発明においては、第2の誘電体膜32の厚み t_2 が、第1の誘電体膜22の厚み t_1 より厚くてもよい。すなわち、第1の誘電体膜22の厚み t_1 と、第2の誘電体膜32の厚み t_2 とが異なっていればよい。このように本実施形態においては、第1の誘電体膜22の厚み t_1 と、第2の誘電体膜32の厚み t_2 とが異なっているので、フィルタ特性において急峻性を高めることができ、かつ通過帯域幅を拡げることができる。

[0038] その理由は、以下である。

[0039] 例えば、ラダー型フィルタにおいて、通過帯域高域側の急峻性が高いフィルタ特性を実現するためには、直列腕共振子を構成している弾性波共振子の Δf （共振周波数と反共振周波数の差）を小さくすることが必要となる。圧電基板（LiNbO₃基板）の主面とIDT電極を覆う誘電体膜の膜厚を厚くすることにより Δf を小さくすることができるため、直列腕共振子上の誘電体膜の膜厚を厚くする。一方、 Δf が小さい弾性波共振子を用いるとフィルタの帯域幅が小さくなるため、並列腕共振子を構成している弾性波共振子の Δf を大きくすることが望ましい。そのためには、並列腕共振子上の誘電体膜の膜厚を薄くする。

[0040] 他方、通過帯域低域側の急峻性が高いフィルタ特性を実現するためには、並列腕共振子を構成している弾性波共振子の Δf を小さくすることが必要となる。そのために並列腕共振子上の誘電体膜の膜厚を厚くする。一方、フィルタの帯域幅を大きくするために、直列腕共振子上の誘電体膜の膜厚を薄くすることにより、直列腕共振子の Δf を大きくする。

[0041] そして、このようにして直列腕共振子と並列腕共振子とで誘電体膜の膜厚を異ならせることにより、フィルタ特性において急峻性を高めることができ、かつ通過帯域幅を拡げることができる。

[0042] なお、上記については、ラダー型フィルタに限らず、縦結合共振子型弾性波フィルタでも同様である。この場合は、例えば、図2(a)の1ポート型弾性波共振子12におけるIDT電極を覆う誘電体膜の膜厚を、縦結合共振

子型弾性波フィルタ部 13, 14 における I D T 電極を覆う誘電体膜の膜厚よりも厚くすることで、フィルタ特性において急峻性を高めることができ、かつ通過帯域幅を拡げることができる。

[0043] 以上より、本実施形態においては、第 1 の誘電体膜 22 の厚み t_1 と、第 2 の誘電体膜 32 の厚み t_2 とが異なっているので、フィルタ特性において急峻性を高めることができ、かつ通過帯域幅を拡げることができる。

[0044] なお、同一の LiNbO_3 基板 2 上において、第 1 の誘電体膜 22 の厚み t_1 と、第 2 の誘電体膜 32 の厚み t_2 とを異ならせる方法については特に限定されず、例えば、以下の方法が挙げられる。

[0045] まず、 LiNbO_3 基板 2 上に、第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 とを形成する。なお、第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 とを形成する際には、第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 の成膜を同時に行っている。そのため、第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 は、同じ電極材料、かつ同じ厚みで構成されている。

[0046] なお、ここで、第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 の電極材料が同じとは、第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 とが同時に成膜されていることを意味しているため、製造過程で不純物が混入されている場合等も含まれる。

[0047] また、第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 の厚みが同じとは、第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 とが同時に成膜されていることを意味しているため、製造過程や実装過程で生じる厚みの誤差も含まれる。

[0048] LiNbO_3 基板 2 上の第 1 の I D T 電極 21 と第 2 の I D T 電極 31 を覆うように誘電体膜を形成する。続いて、厚みを厚くしたい弾性波共振子の誘電体膜上にレジスト膜を形成する。次に、誘電体膜をエッチングすることにより、誘電体膜のうちレジスト膜が形成されていない部分の厚みを薄くする。最後に、レジスト膜を除去し、厚みの異なる誘電体膜を得る。

[0049] また、 LiNbO_3 基板 2 上に誘電体膜を形成した後、厚みを薄くしたい弾

性波共振子の誘電体膜上にレジスト膜を形成し、その上からさらに誘電体膜を成膜してもよい。その場合においても、レジストを除去することにより、厚みの異なる誘電体膜を得ることができる。

[0050] また、本実施形態においては、全ての直列腕共振子 S 1 ～ S 4 が、第 1 の弾性波共振子 2 0 により構成されている。また、全ての並列腕共振子 P 1 ～ P 4 が、第 2 の弾性波共振子 3 0 により構成されている。もっとも、本発明においては、直列腕共振子 S 1 ～ S 4 のうち少なくとも 1 つの直列腕共振子が、第 1 の弾性波共振子 2 0 により構成されていればよい。また、並列腕共振子 P 1 ～ P 4 のうち少なくとも 1 つの並列腕共振子が、第 2 の弾性波共振子 3 0 により構成されていればよい。また、送信フィルタ 3 を構成する少なくとも 1 つの共振子が第 1 の弾性波共振子 2 0 により構成され、かつ受信フィルタ 4 を構成する少なくとも 1 つの共振子が第 2 の弾性波共振子 3 0 により構成されていてもよい。いずれの場合においても、本発明の効果を得ることができる。

[0051] 第 1 の I D T 電極 2 1 及び第 2 の I D T 電極 3 1 は、同じ電極材料、かつ同じ厚みで構成されている。

[0052] 第 1 の I D T 電極 2 1 及び第 2 の I D T 電極 3 1 の材料は、特に限定されず、例えば、A u、P t、A g、T a、W、N i、R u、P d、C r、M o、Z n、T i、N i、C r、C u、A l 又はこれらの金属の合金などが挙げられる。第 1 の I D T 電極 2 1 及び第 2 の I D T 電極 3 1 は、単層の金属膜であってもよいし、2 種以上の金属膜が積層された積層金属膜であってもよい。

[0053] 本実施形態において、第 1 の I D T 電極 2 1 及び第 2 の I D T 電極 3 1 は、L i N b O₃ 基板 2 側から順に、密着層 4 1、主電極 4 2、密着層 4 3、導電補助膜 4 4 及び密着層 4 5 がこの順に積層された積層金属膜である。なお、主電極 4 2 とは、I D T 電極のなかで最も大きな質量を占める電極層である。

[0054] 密着層 4 1、4 3、4 5 の材料としては、例えば、T i、C r、又は N i

Crなどを用いることができる。

[0055] 主電極42の材料は、特に限定されず、比較的密度の高い金属、例えば、Au、Pt、Ag、Ta、W、Ni、Ru、Pd、Cr、Mo、Zn、Cu又はこれらの合金を用いることができる。

[0056] 導電補助膜44の材料は、特に限定されず、例えば、Al、Cu又はこれらの合金を用いることができる。

[0057] なお、密着層41、43、45、及び導電補助膜44は、設けなくてもよい。

[0058] 第1の誘電体膜22及び第2の誘電体膜32は、周波数温度特性を改善する機能を有している。第1の誘電体膜22及び第2の誘電体膜32の材料としては、特に限定されず、例えば酸化ケイ素や窒化ケイ素などを主成分とする材料を用いることができる。なお、本明細書において、主成分とは、50%以上含まれる成分である。本実施形態においては、第1の誘電体膜22及び第2の誘電体膜32がいずれも酸化ケイ素膜である。

[0059] 第1の周波数調整膜23及び第2の周波数調整膜33は、周波数を調整する機能を有している。第1の周波数調整膜23及び第2の周波数調整膜33の材料としては、特に限定されず、例えば窒化ケイ素や酸化アルミニウムなどを用いることができる。本実施形態においては、第1の周波数調整膜23及び第2の周波数調整膜33がいずれも窒化ケイ素膜である。

[0060] なお、第1の周波数調整膜23及び第2の周波数調整膜33は、設けなくてもよい。

[0061] 弾性波装置1においては、直列腕共振子S1～S4を構成する第1の弾性波共振子20における弾性波の伝搬方向と、並列腕共振子P1～P4を構成する第2の弾性波共振子30における弾性波の伝搬方向とが一致している。より具体的に、第1の弾性波共振子20における弾性波の伝搬方向は、図1に示す伝搬方向A1である。また、第2の弾性波共振子30における弾性波の伝搬方向は、図1に示す伝搬方向A2である。図1において、伝搬方向A1と伝搬方向A2とは一致している。なお、本明細書において一致とは、伝

搬方向 A 1 と、伝搬方向 A 2 とのなす角が、 2° より小さい範囲内にあることをいい、伝搬方向 A 1 と、伝搬方向 A 2 とのなす角が完全に一致していない場合も含まれるものとする。もっとも、本実施形態では、伝搬方向 A 1 が、伝搬方向 A 2 と完全に一致している。

[0062] このように弾性波装置 1 においては、第 1 の弾性波共振子 20 における弾性波の伝搬方向 A 1 が、第 2 の弾性波共振子 30 における弾性波の伝搬方向 A 2 と一致しているので、小型化を図ることができる。

[0063] また、本実施形態においては、 LiNbO_3 基板 2 のオイラー角 (ϕ, θ, ψ) が、 $(0^\circ \pm 5^\circ, \theta, 0^\circ \pm 10^\circ)$ の範囲内にある。特に、 LiNbO_3 基板 2 のオイラー角 (ϕ, θ, ψ) における θ が、 $0.055\lambda \leq T \times r \leq 0.10\lambda$ の範囲において、下記式 (1) を満たしている。なお、 T は、第 1 の IDT 電極 21 及び第 2 の IDT 電極 31 における主電極 42 の厚みである。

[0064] なお、第 1 の IDT 電極 21 及び第 2 の IDT 電極 31 は、同じ電極材料、かつ、同じ厚みで構成することを意図しているが、製造過程や実装過程において電極材料の成分が一部異なるものに変化したり、膜厚が異なるものになってしまう場合もある。その場合は、どちらの厚みを T としてもよいし、どちらの密度を r としてもよい。本明細書において、厚みは、IDT 電極の電極指ピッチで定まる波長 λ により規格化してなる厚みである。また、 r は、主電極 42 の密度 (ρ) と Pt の密度 (ρ_{Pt}) との密度比 (ρ / ρ_{Pt}) である。

[0065] $-0.033 / (T \times r - 0.037) + 29.99 \leq \theta \leq -0.050 / (T \times r - 0.043) + 32.45 \dots (1)$

[0066] 本実施形態においては、 LiNbO_3 基板 2 のオイラー角の θ が上記範囲内にあるので、SH 波によるスプリアスを抑制することができる。従って、弾性波装置 1 では、急峻なフィルタ特性を有するとともに通過帯域が広く、小型化を図りつつ SH 波によるスプリアスを抑制することができる。

[0067] また、本発明においては、 LiNbO_3 基板 2 のオイラー角 (ϕ, θ, ψ)

における ϕ が、 -2° 以上、 2° 以下の範囲内にあることが好ましい。オイラー角の ϕ が上記範囲内にある場合、SH波によるスプリアスとは異なるスプリアスをより一層抑制することができる。

[0068] 次に、図5及び図6を参照して、伝搬方向A1と伝搬方向A2とを一致させることにより、小型化を図れる理由について説明する。

[0069] 図5は、第2の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向を、第1の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向に対して、 1° 傾けたときの模式的平面図である。図6は、第2の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向を、第1の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向に対して、 2° 傾けたときの模式的平面図である。なお、図5及び図6において、LiNbO₃基板2における破線より外側の端部2bは、電極パターンを形成できない部分とする。

[0070] 図5及び図6に示すように、第2の弾性波共振子30における弾性波の伝搬方向A2を傾けると、第2の弾性波共振子30により構成される並列腕共振子P1～P4が同じ角度だけ傾けられることとなる。

[0071] 図5に示すように、並列腕共振子P1～P4が 1° 傾けられた場合には、並列腕共振子P1～P4が電極パターンを形成できない端部2bに至っていない。一方、図6に示すように、並列腕共振子P1～P4が 2° 傾けられた場合には、並列腕共振子P1～P4が電極パターンを形成できない端部2bにまで至っている。また、並列腕共振子P1～P4が 2° 傾けられた場合には、直列腕共振子S1～S4や引き回し配線15と重なり合ったりすることがある。そのため、並列腕共振子P1～P4が 2° 以上傾けられた場合には、共振子や引き回し配線15を設けるスペースを拵げざるを得ず、小型化を図ることが難しい。また、スペースを確保するために、引き回し配線15の幅を狭くすると、引き回し配線15の電気抵抗が大きくなり、弾性波装置1の特性が劣化することがある。

[0072] これに対して、本実施形態においては、第1の弾性波共振子20における弾性波の伝搬方向A1と、第2の弾性波共振子30における弾性波の伝搬方向A2とのなす角が、 2° より小さい範囲内にあり、一致している。そのた

め、弾性波装置 1 の小型化を図ることができ、特性の劣化も生じ難い。

[0073] 次に、図 7～図 23 を参照して、 LiNbO_3 基板 2 のオイラー角の θ を特定の範囲とすることで、SH 波によるスプリアスを抑制することができる理由について説明する。

[0074] まず、図 3 に示す構造において、以下の弾性波共振子を設計した。なお、設計した弾性波共振子において、密着層 41, 43, 45 は用いていない。

[0075] LiNbO_3 基板 2 …オイラー角 (0° , 30° , 0°)

第 1 の IDT 電極 21 …デューティ比 : 0.60

主電極 42 …Pt 膜、厚み : 0.075 λ

導電補助膜 44 …Al 膜、厚み : 0.08 λ

第 1 の誘電体膜 22 … SiO_2 膜、厚み : 0.2 λ ~ 0.6 λ の範囲で調整

第 1 の周波数調整膜 23 … SiN 膜、厚み : 0.01 λ

利用する弾性波 …レイリー波

[0076] この条件で設計した弾性波共振子において、オイラー角の θ を 30° に固定し、 SiO_2 膜の厚みを 0.2 λ ~ 0.6 λ の範囲内で変化させ、インピーダンス特性及びリターンロス特性を測定した。

[0077] 図 7～図 11 において、(a) は、 SiO_2 膜の厚みを図ごとに变化させたときのインピーダンス特性を示す図であり、(b) は、そのリターンロス特性を示す図である。なお、図 7～図 11 において、 SiO_2 膜の厚みは、それぞれ順に、0.2 λ 、0.3 λ 、0.4 λ 、0.5 λ 、0.6 λ である。

[0078] 図 7～図 11 から明らかなように、オイラー角の θ が 30° のとき、 SiO_2 膜の厚みに関わらず帯域近傍における SH 波によるスプリアスを抑制できていることがわかる。

[0079] 次に、設計した弾性波共振子において、 SiO_2 膜の厚みを 0.3 λ に固定し、オイラー角の θ を 27.5° ~ 31.5° の範囲内で変化させ、インピーダンス特性及びリターンロス特性を測定した。

[0080] 図 12～図 20 において、(a) は、オイラー角の θ を図ごとに变化させたときのインピーダンス特性を示す図であり、(b) は、そのリターンロス

特性を示す図である。なお、図12～図20において、オイラー角の θ は、それぞれ順に、 27.5° 、 28.0° 、 28.5° 、 29.0° 、 29.5° 、 30.0° 、 30.5° 、 31.0° 、 31.5° である。

[0081] 図16 ($\theta = 29.5^\circ$) 及び図17 ($\theta = 30.0^\circ$) から明らかなように、オイラー角の θ が、 29.5° 以上、 30.0° 以下のとき、SH波によるスプリアスがほぼ発生していないことがわかる。もっとも、1ポート型の弾性波共振子を用いて弾性波装置を作製する場合、SH波によるスプリアスの大きさが絶対値で 0.3 dB より大きいと問題になることがわかっている。従って、スプリアスの大きさを絶対値で 0.3 dB 以下にする必要がある。図12～図20より、SH波によるスプリアスの大きさが絶対値で 0.3 dB 以下となるオイラー角の θ は、 28.5° 以上、 31.0° 以下であることがわかる。

[0082] 図21は、オイラー角の θ とSH波の比帯域との関係を示す図である。なお、図21は、図12～図20における設計と同じ設計の弾性波共振子を用いたときの結果である。なお、SH波の比帯域は、SH波によるスプリアスの大きさを示す値である。図21より、オイラー角の θ は、 28.5° 以上、 31.0° 以下のとき、SH波の比帯域が、 0.005% 以下であることがわかる。このことから、SH波の比帯域が、 0.005% 以下であれば、SH波によるスプリアスを十分に小さくできることがわかる。従って、SH波の比帯域が 0.005% 以下となるオイラー角の θ の範囲が、SH波によるスプリアスを十分に小さくすることが可能なオイラー角の θ の範囲となる。

[0083] 特に、本実施形態においては、 SiO_2 膜の厚みが異なる弾性波共振子を用いているので、 SiO_2 膜の厚みに関わらずSH波の比帯域が 0.005% 以下となるオイラー角における θ の範囲を求めればよい。 SiO_2 膜の厚みに関わらずSH波の比帯域が 0.005% 以下となるオイラー角における θ の範囲が、 SiO_2 膜の厚みに関わらずSH波によるスプリアスを十分に小さくすることが可能なオイラー角における θ の範囲となる。

[0084] 図22は、 SiO_2 膜の厚みを変化させたときのオイラー角の θ とSH波の比帯域との関係を示す図である。なお、図22は、 SiO_2 膜の厚みを変化させた以外は、図21と同じ設計の弾性波共振子を用いたときの結果である。

[0085] SiO_2 膜の厚みによりSH波の電気機械結合係数は異なるものの、図22より、オイラー角の θ が、 29.1° 以上、 30.9° 以下のとき、 SiO_2 膜の厚みに関わらず、SH波によるスプリアスを十分に小さくできていることがわかる。

[0086] 同様にして、主電極42であるPt膜の厚みを変化させて求めたオイラー角における θ の下限值及び上限値を下記の表1に示す。上記オイラー角における θ の下限值及び上限値は、 SiO_2 膜の厚みに関わらず、SH波の比帯域が0.005%以下となる値である。

[0087] [表1]

【表1】

Pt膜の厚み (λ)	θ の下限值 ($^\circ$)	θ の上限値 ($^\circ$)
0.055	28.15	28.2
0.06	28.55	29.45
0.065	28.8	30.15
0.07	28.95	30.6
0.075	29.1	30.9
0.08	29.2	31.15
0.085	29.25	31.3
0.09	29.3	31.45
0.095	29.35	31.55
0.1	29.4	31.6

[0088] また、図23は、オイラー角の θ と、Pt膜の厚みとの関係を示す図である。なお、図23は、表1におけるPt膜の厚みとオイラー角における θ の下限值及び上限値をプロットしたものである。図23中の矢印Aで示す曲線は、オイラー角における θ の下限值をプロットすることにより得られた曲線である。矢印Aで示す曲線は、Pt膜の厚みを T_{Pt} とすると、式： $-0.033 / (T_{Pt} - 0.037) + 29.99$ で表される。図23中の矢印Bで示す曲線は、オイラー角における θ の上限値をプロットすることにより得られた曲線である。矢印Bで示す曲線は、Pt膜の厚みを T_{Pt} とすると、式： $-0.050 / (T_{Pt} - 0.043) + 32.45$ で表される。図23にお

いて、矢印Aで示す曲線と矢印Bで示す曲線とで囲まれる領域がSH波によるスプリアスを十分に抑えることができる領域である。このSH波によるスプリアスを十分に抑えることができる領域を式で表すと、下記式(2)のようになる。

$$[0089] \quad -0.033 / (T_{Pt} - 0.037) + 29.99 \leq \theta \leq -0.050 / (T_{Pt} - 0.043) + 32.45 \cdots \text{式}(2)$$

[0090] なお、Pt膜の厚みの下限値は、矢印Aで示す曲線と矢印Bで示す曲線の交点であり、 0.055λ である。また、主電極42であるPt膜の厚みが大きくなりすぎると、IDT電極のアスペクト比が大きくなり、IDT電極形成が困難となる。また、IDT電極上の誘電体膜中にボイドやクラックが生じる原因にもなるため、Pt膜の厚みの上限は、 0.10λ である。

[0091] また、Pt以外の金属を主電極42の材料に用いる場合は、その金属とPtとの密度比だけ主電極42の厚みを変化させればよい。具体的に密度 ρ の主電極42を用いる場合には、主電極42の厚みTを $T = T_{Pt} \times (\rho_{Pt} / \rho)$ とすればよい。なお、 ρ_{Pt} はPtの密度である。また、 $r = \rho / \rho_{Pt}$ とし、 $T_{Pt} = T / (\rho_{Pt} / \rho)$ を式(2)に代入すると、下記式(1)のように表される。

$$[0092] \quad -0.033 / (T \times r - 0.037) + 29.99 \leq \theta \leq -0.050 / (T \times r - 0.043) + 32.45 \cdots (1)$$

[0093] なお、 $T \times r$ は、 $0.055\lambda \leq T \times r \leq 0.10\lambda$ の範囲内とする。

[0094] 以上より、オイラー角における θ を上記式(1)の範囲内とすることで、SiO₂膜の厚みに関わらず、SH波によるスプリアスを抑制できることがわかる。SiO₂膜の厚みに関わらず、SH波によるスプリアスを抑制できるので、弾性波装置1のように、第1の誘電体膜22及び第2の誘電体膜32の厚みが異なる場合においても、確実にSH波によるスプリアスを抑制することができる。

[0095] なお、図7～図23では、オイラー角(ϕ, θ, ψ)が、($0^\circ, \theta, 0^\circ$)のときの結果を示しているが、($0^\circ \pm 5^\circ, \theta, 0^\circ \pm 10^\circ$)の範

囲においても同様の結果が得られることが確認されている。

[0096] 次に、図24～図26を参照して、オイラー角 (ϕ , θ , ψ) における ψ を特定の範囲にすることで、SH波によるスプリアスとは異なるスプリアスをより一層抑制することができる理由について説明する。

[0097] なお、図24～図26は、以下のようにして設計した弾性波共振子を用いた際の結果である。なお、設計した弾性波共振子において、密着層41, 43, 45は用いていない。

[0098] LiNbO₃基板2…オイラー角 (0° , 30° , ψ°)

第1のIDT電極21…デューティ比: 0.60

主電極42…Pt膜、厚み: 0.075 λ

導電補助膜44…Al膜、厚み: 0.08 λ

第1の誘電体膜22…SiO₂膜、厚み: 0.3 λ

第1の周波数調整膜23…SiN膜、厚み: 0.01 λ

[0099] 図24～図26において、(a)は、オイラー角の ψ を図ごとに変化させたときのインピーダンス特性を示す図であり、(b)は、そのリターンロス特性を示す図である。なお、図24～図26において、オイラー角の ψ は、それぞれ順に、 0° 、 2° 、 4° である。

[0100] 図24～図26より、オイラー角 ψ を 4° 変化させると規格化周波数1.16付近と1.23付近に大きなスプリアスが発生していることがわかる。一方、オイラー角 ψ の変化が 2° 以下のとき規格化周波数1.16付近と規格化周波数1.23付近におけるスプリアスが抑制できていることがわかる。

[0101] これらのスプリアスは、オイラー角 ψ を 0° からずらすことによって、弾性波の伝搬方向に対して、LiNbO₃基板の対称性が崩れることによって生じるスプリアスである。したがって、 ψ は 0° に近くすることが望ましい。

[0102] このことから、オイラー角 ψ を -2° 以上、 2° 以下の範囲内とすることで、SH波によるスプリアスとは異なるスプリアスをより一層抑制できることがわかる。

[0103] (高周波フロントエンド回路、通信装置)

上記実施形態の弾性波装置は、高周波フロントエンド回路のデュプレクサなどとして用いることができる。この例を下記において説明する。

[0104] 図27は、通信装置及び高周波フロントエンド回路の構成図である。なお、同図には、高周波フロントエンド回路230と接続される各構成要素、例えば、アンテナ素子202やRF信号処理回路(RFIC)203も併せて図示されている。高周波フロントエンド回路230及びRF信号処理回路203は、通信装置240を構成している。なお、通信装置240は、電源、CPUやディスプレイを含んでいてもよい。

[0105] 高周波フロントエンド回路230は、スイッチ225と、デュプレクサ201A、201Bと、フィルタ231、232と、ローノイズアンプ回路214、224と、パワーアンプ回路234a、234b、244a、244bとを備える。なお、図27の高周波フロントエンド回路230及び通信装置240は、高周波フロントエンド回路及び通信装置の一例であって、この構成に限定されるものではない。

[0106] デュプレクサ201Aは、フィルタ211、212を有する。デュプレクサ201Bは、フィルタ221、222を有する。デュプレクサ201A、201Bは、スイッチ225を介してアンテナ素子202に接続される。なお、上記弾性波装置は、デュプレクサ201A、201Bであってもよいし、フィルタ211、212、221、222であってもよい。

[0107] さらに、上記弾性波装置は、例えば、3つのフィルタのアンテナ端子が共通化されたトリプレクサや、6つのフィルタのアンテナ端子が共通化されたヘキサプレクサなど、3以上のフィルタを備えるマルチプレクサについても適用することができる。

[0108] すなわち、上記弾性波装置は、弾性波共振子、フィルタ、デュプレクサ、3以上のフィルタを備えるマルチプレクサを含む。そして、該マルチプレクサは、送信フィルタ及び受信フィルタの双方を備える構成に限らず、送信フィルタのみ、または、受信フィルタのみを備える構成であってもかまわない

- 。
- [0109] スイッチ 225 は、制御部（図示せず）からの制御信号に従って、アンテナ素子 202 と所定のバンドに対応する信号経路とを接続し、例えば、SPDT (Single Pole Double Throw) 型のスイッチによって構成される。なお、アンテナ素子 202 と接続される信号経路は 1 つに限らず、複数であってもよい。つまり、高周波フロントエンド回路 230 は、キャリアアグリゲーションに対応していてもよい。
- [0110] ローノイズアンプ回路 214 は、アンテナ素子 202、スイッチ 225 及びデュプレクサ 201 A を経由した高周波信号（ここでは高周波受信信号）を増幅し、RF 信号処理回路 203 へ出力する受信増幅回路である。ローノイズアンプ回路 224 は、アンテナ素子 202、スイッチ 225 及びデュプレクサ 201 B を経由した高周波信号（ここでは高周波受信信号）を増幅し、RF 信号処理回路 203 へ出力する受信増幅回路である。
- [0111] パワーアンプ回路 234 a, 234 b は、RF 信号処理回路 203 から出力された高周波信号（ここでは高周波送信信号）を増幅し、デュプレクサ 201 A 及びスイッチ 225 を経由してアンテナ素子 202 に出力する送信増幅回路である。パワーアンプ回路 244 a, 244 b は、RF 信号処理回路 203 から出力された高周波信号（ここでは高周波送信信号）を増幅し、デュプレクサ 201 B 及びスイッチ 225 を経由してアンテナ素子 202 に出力する送信増幅回路である。
- [0112] RF 信号処理回路 203 は、アンテナ素子 202 から受信信号経路を介して入力された高周波受信信号を、ダウンコンバートなどにより信号処理し、当該信号処理して生成された受信信号を出力する。また、RF 信号処理回路 203 は、入力された送信信号をアップコンバートなどにより信号処理し、当該信号処理して生成された高周波送信信号をローノイズアンプ回路 224 へ出力する。RF 信号処理回路 203 は、例えば、RF IC である。なお、通信装置は、BB（ベースバンド）IC を含んでいてもよい。この場合、BB IC は、RF IC で処理された受信信号を信号処理する。また、BB IC

は、送信信号を信号処理し、RFICに出力する。BBICで処理された受信信号や、BBICが信号処理する前の送信信号は、例えば、画像信号や音声信号等である。なお、高周波フロントエンド回路230は、上述した各構成要素の間に、他の回路素子を備えていてもよい。

[0113] なお、高周波フロントエンド回路230は、上記デュプレクサ201A、201Bに代わり、デュプレクサ201A、201Bの変形例に係るデュプレクサを備えていてもよい。

[0114] 他方、通信装置240におけるフィルタ231、232は、ローノイズアンプ回路214、224及びパワーアンプ回路234a、234b、244a、244bを介さず、RF信号処理回路203とスイッチ225との間に接続されている。フィルタ231、232も、デュプレクサ201A、201Bと同様に、スイッチ225を介してアンテナ素子202に接続される。

[0115] 以上のように構成された高周波フロントエンド回路230及び通信装置240によれば、本発明の弾性波装置である、弾性波共振子、フィルタ、デュプレクサ、3以上のフィルタを備えるマルチプレクサ等を備えることにより、小型化を図りつつ、SH波によるスプリアスを抑制することを可能とし、さらに、フィルタ特性において急峻性を高めることができるとともに、通過帯域を広くすることができる。

[0116] 以上、本発明の実施形態に係る弾性波装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置について、実施形態を挙げて説明したが、本発明は、上記実施形態における任意の構成要素を組み合わせる別の実施形態や、上記実施形態に対して本発明の主旨を逸脱しない範囲で当業者が思いつく各種変形を施して得られる変形例や、本発明に係る高周波フロントエンド回路及び通信装置を内蔵した各種機器も本発明に含まれる。

[0117] 本発明は、弾性波共振子、フィルタ、デュプレクサ、マルチバンドシステムに適用できるマルチプレクサ、フロントエンド回路及び通信装置として、携帯電話などの通信機器に広く利用できる。

符号の説明

[0118] 1…弾性波装置

2…LiNbO₃基板

2a…主面

2b…端部

3…送信フィルタ

4…受信フィルタ

5…アンテナ端子

6…共通端子

7…送信端子

8…受信端子

9…IDT電極

10, 11…反射器

12…1ポート型弾性波共振子

13, 14…縦結合共振子型弾性波フィルタ部

15…引き回し配線

20, 30…第1, 第2の弾性波共振子

21, 31…第1, 第2のIDT電極

22, 32…第1, 第2の誘電体膜

23, 33…第1, 第2の周波数調整膜

41, 43, 45…密着層

42…主電極

44…導電補助膜

201A, 201B…デュプレクサ

202…アンテナ素子

203…RF信号処理回路

211, 212…フィルタ

214…ローノイズアンプ回路

221, 222…フィルタ

2 2 4 …ローノイズアンプ回路

2 2 5 …スイッチ

2 3 0 …高周波フロントエンド回路

2 3 1, 2 3 2 …フィルタ

2 3 4 a, 2 3 4 b …パワーアンプ回路

2 4 0 …通信装置

2 4 4 a, 2 4 4 b …パワーアンプ回路

A 1, A 2 …伝搬方向

P 1 ～ P 4 …並列腕共振子

S 1 ～ S 4 …直列腕共振子

請求の範囲

[請求項1]

LiNbO₃基板と、

前記LiNbO₃基板上に設けられた第1のIDT電極と、前記第1のIDT電極を覆うように設けられた第1の誘電体膜とを有する、第1の弾性波共振子と、

前記LiNbO₃基板上に設けられた第2のIDT電極と、前記第2のIDT電極を覆うように設けられた第2の誘電体膜とを有する、第2の弾性波共振子と、

を備え、

レイリー波を利用しており、

前記第1の誘電体膜の厚みが、前記第2の誘電体膜の厚みと異なっており、

前記第1の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向が、前記第2の弾性波共振子における弾性波の伝搬方向と一致しており、

前記LiNbO₃基板のオイラー角(ϕ , θ , ψ)が、($0^\circ \pm 5^\circ$, θ , $0^\circ \pm 10^\circ$)の範囲内であり、

前記第1のIDT電極及び前記第2のIDT電極は、主電極を有し、

前記第1のIDT電極及び前記第2のIDT電極のうち少なくとも一方の電極指ピッチで定まる波長 λ により規格化してなる前記主電極の厚みを T とし、前記主電極の密度(ρ)とPtの密度(ρ_{Pt})との密度比(ρ/ρ_{Pt})を r としたときに、

前記LiNbO₃基板のオイラー角(ϕ , θ , ψ)における θ が、 $0.055\lambda \leq T \times r \leq 0.10\lambda$ の範囲において、下記式(1)を満たしている、弾性波装置。

$$-0.033 / (T \times r - 0.037) + 29.99 \leq \theta \leq -0.050 / (T \times r - 0.043) + 32.45 \quad \dots (1)$$

[請求項2]

前記第1のIDT電極及び前記第2のIDT電極が、同じ電極材料

、かつ同じ厚みで構成されている、請求項 1 に記載の弾性波装置。

[請求項3] 前記 LiNbO_3 基板のオイラー角 (ϕ , θ , ψ) における ψ が、 -2° 以上、 2° 以下の範囲内にある、請求項 1 又は 2 に記載の弾性波装置。

[請求項4] 前記第 1 の誘電体膜及び前記第 2 の誘電体膜は、それぞれ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 の弾性波共振子は、直列腕共振子であり、
前記第 2 の弾性波共振子は、並列腕共振子であり、
少なくとも前記第 1 の弾性波共振子と前記第 2 の弾性波共振子とにより、ラダー型フィルタを形成する、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

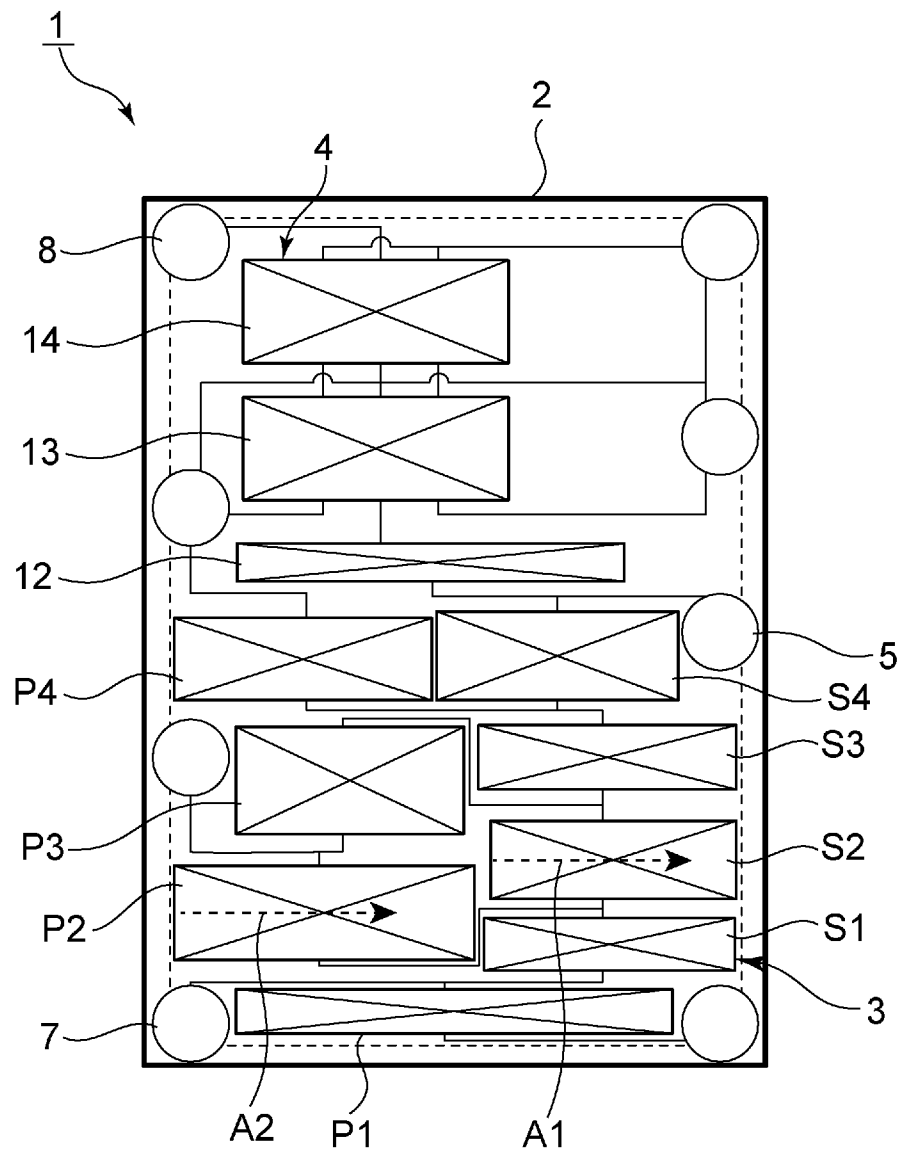
[請求項6] 前記弾性波装置は、
前記第 1 の弾性波共振子を有する送信フィルタと、
前記第 2 の弾性波共振子を有する受信フィルタと、
を備える、デュプレクサである、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項7] 請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置と、
パワーアンプと、
を備える、高周波フロントエンド回路。

[請求項8] 請求項 7 に記載の高周波フロントエンド回路と、
RF 信号処理回路と、
を備える、通信装置。

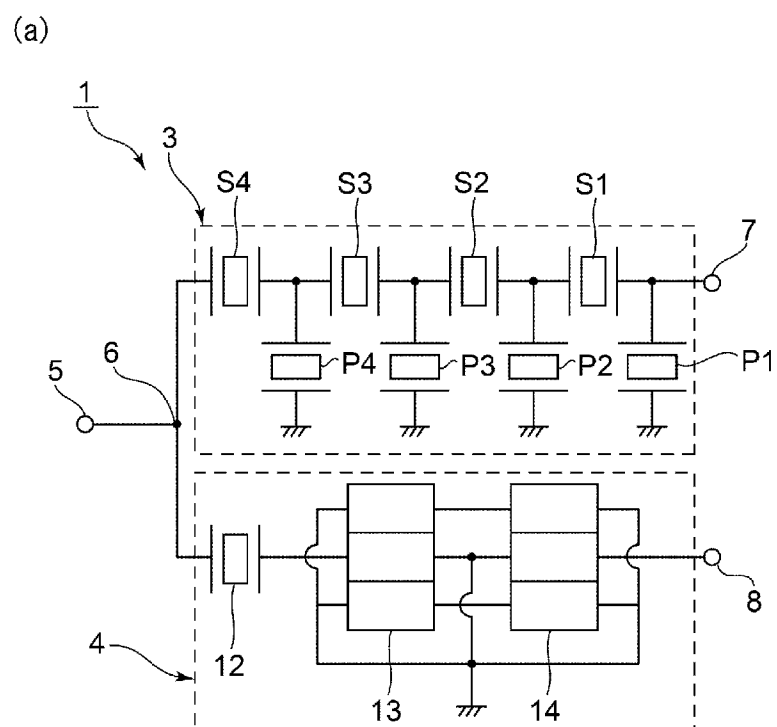
[図1]

図1



[図2]

図2



(b)

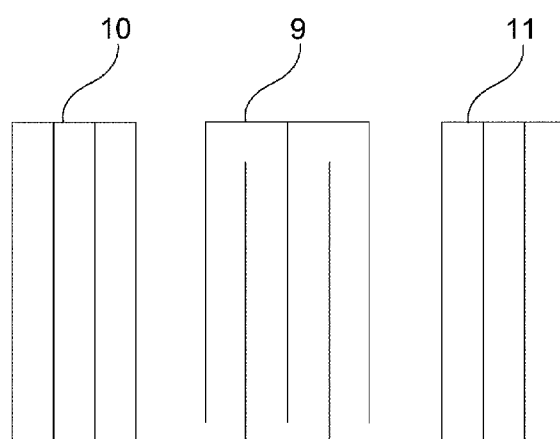
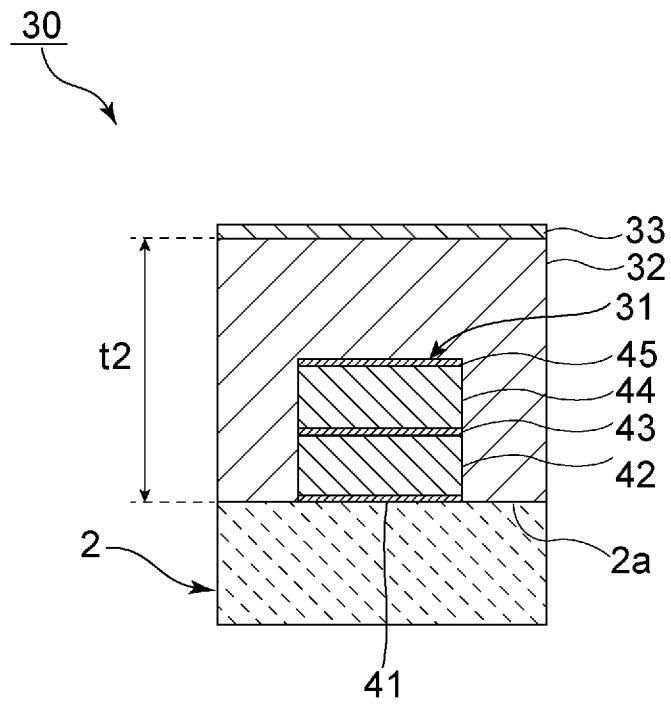
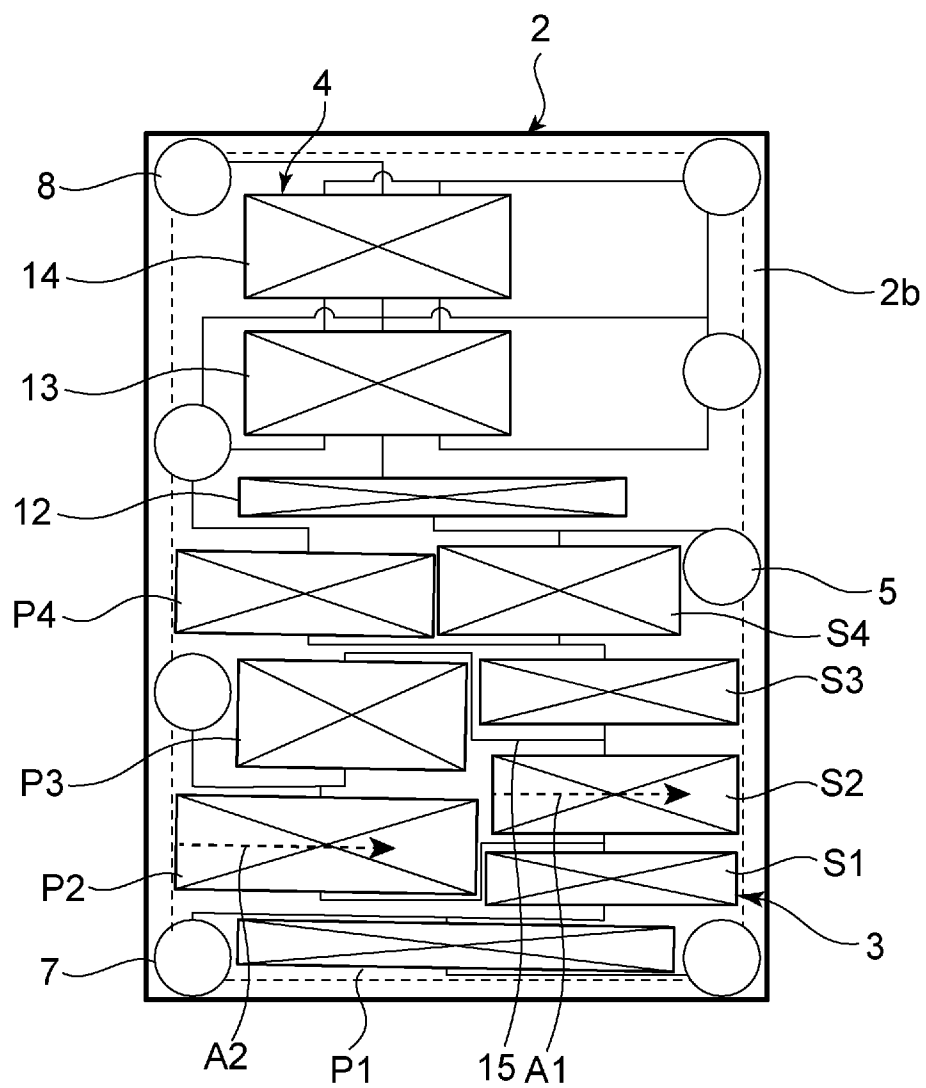


图3



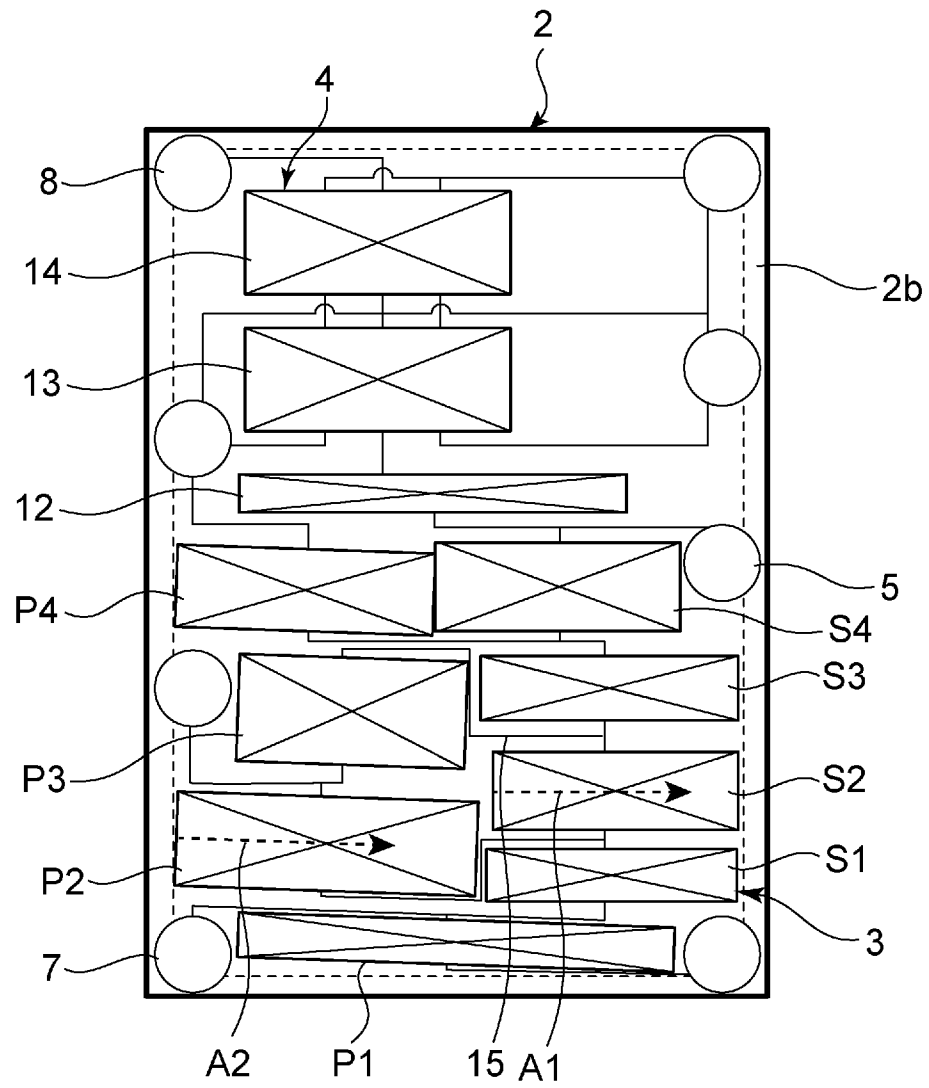
[図5]

図5



[図6]

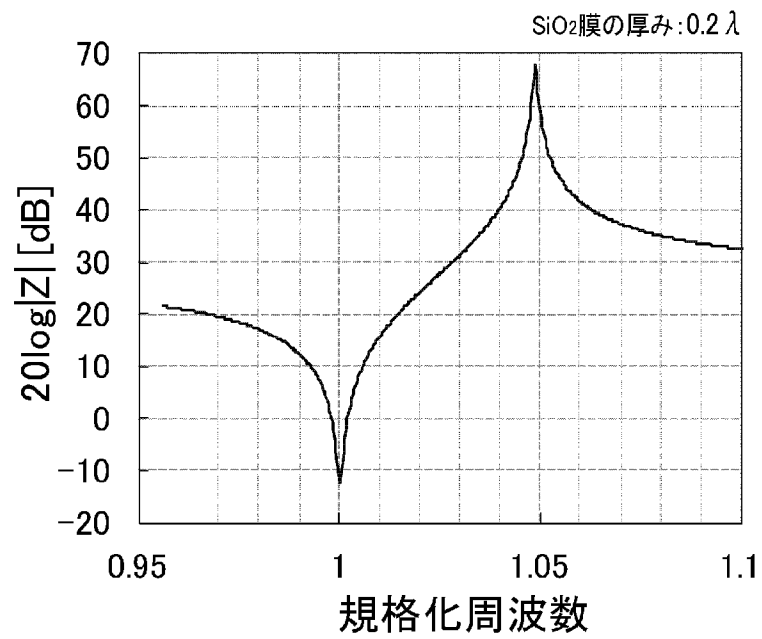
図6



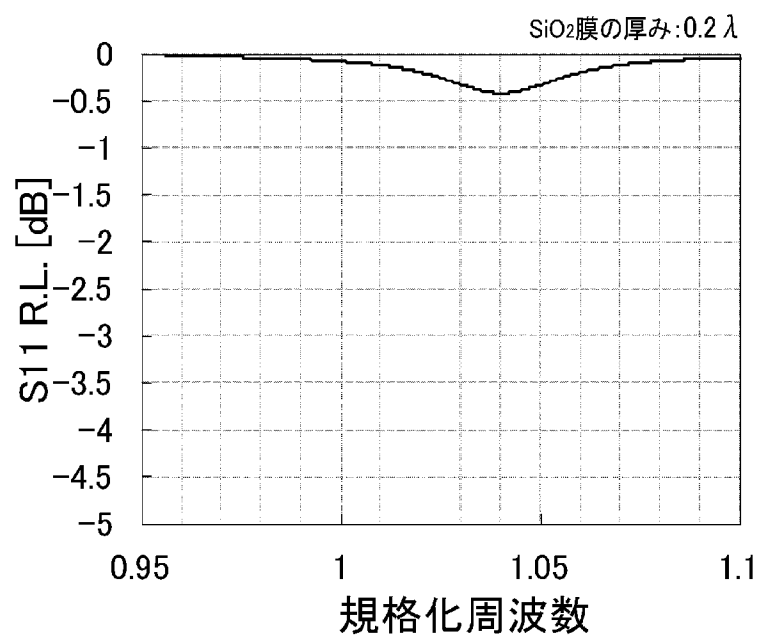
[図7]

図7

(a)



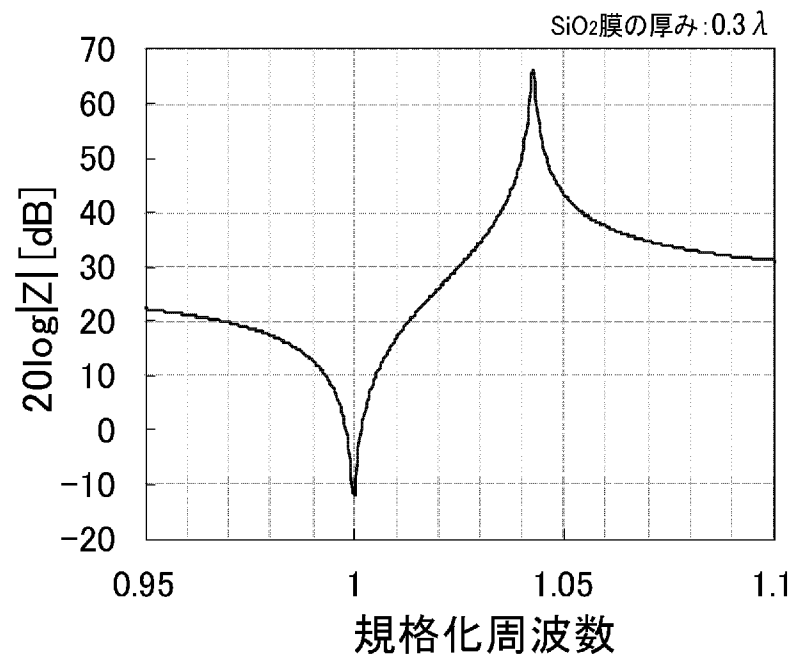
(b)



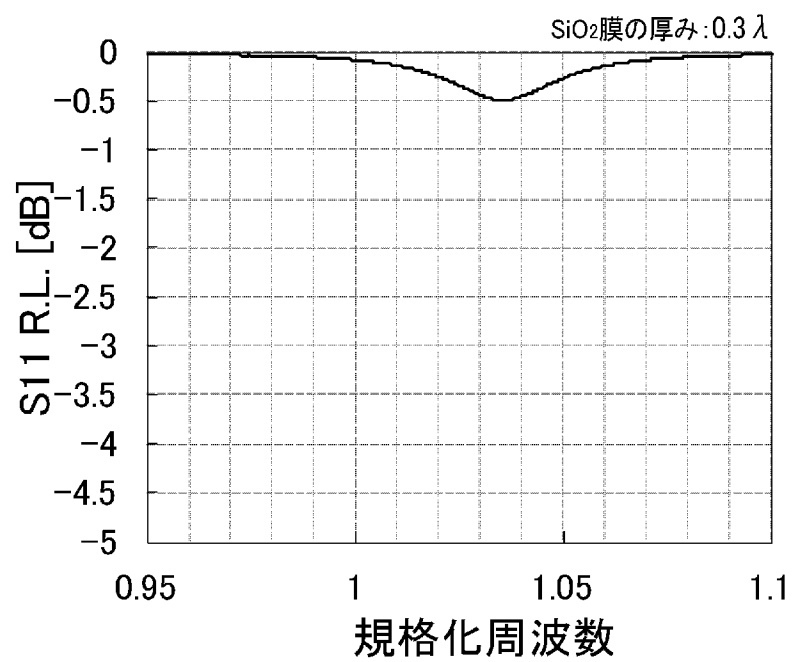
[図8]

図8

(a)



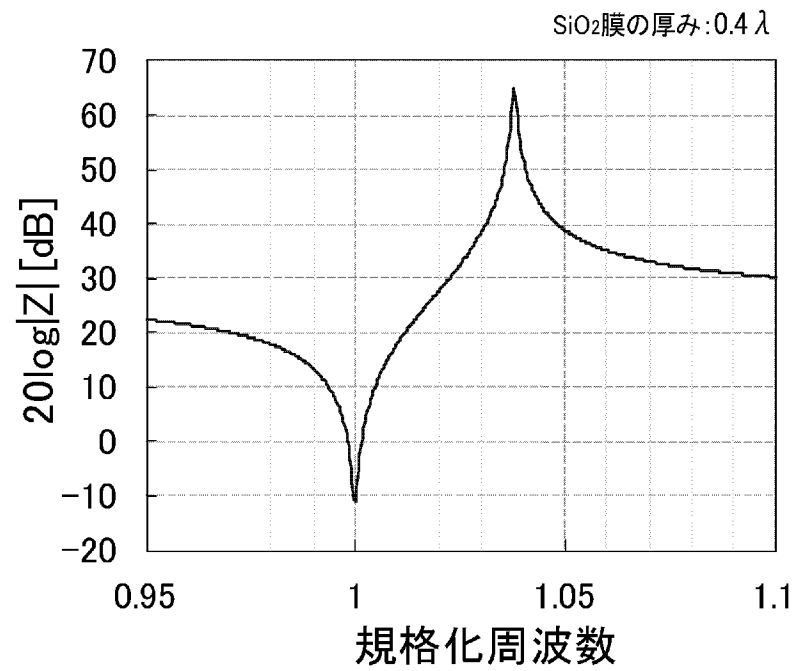
(b)



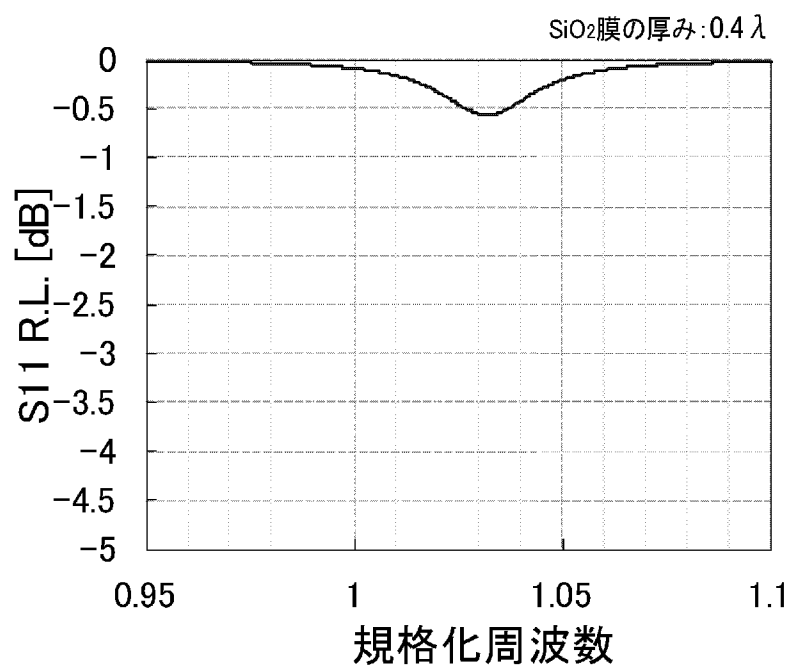
[図9]

図9

(a)



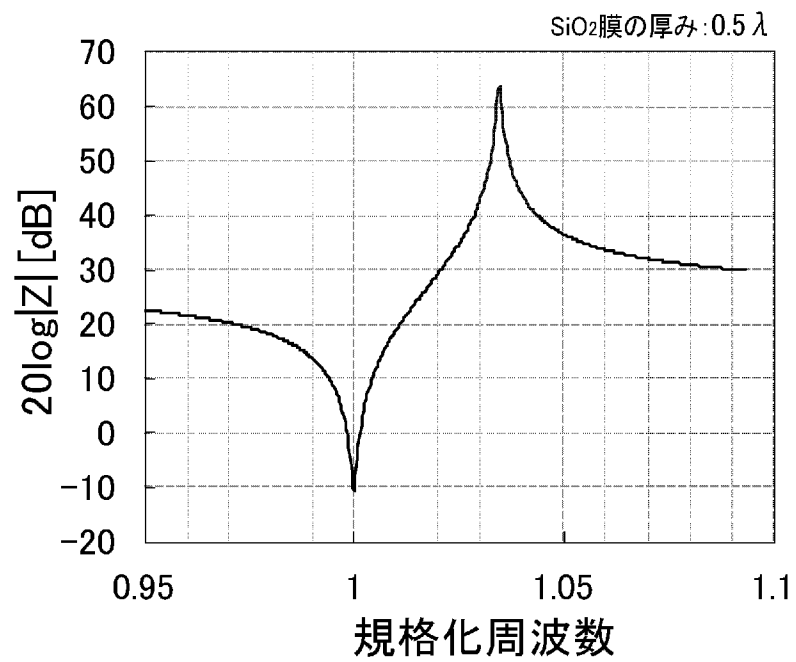
(b)



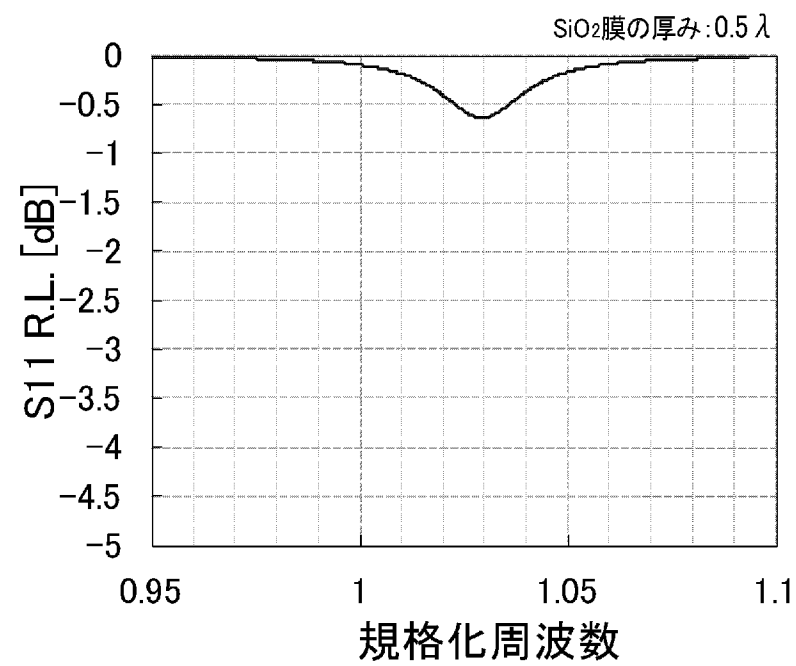
[図10]

図10

(a)



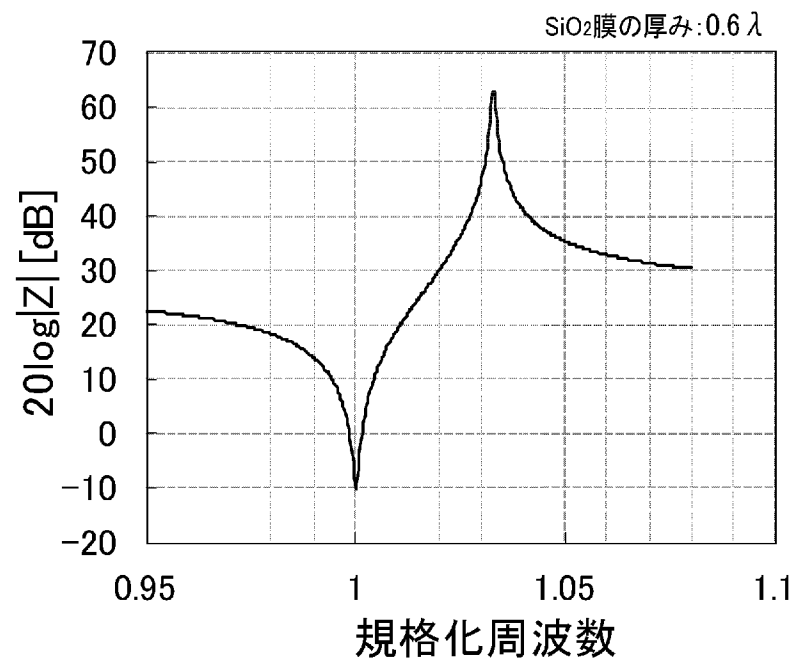
(b)



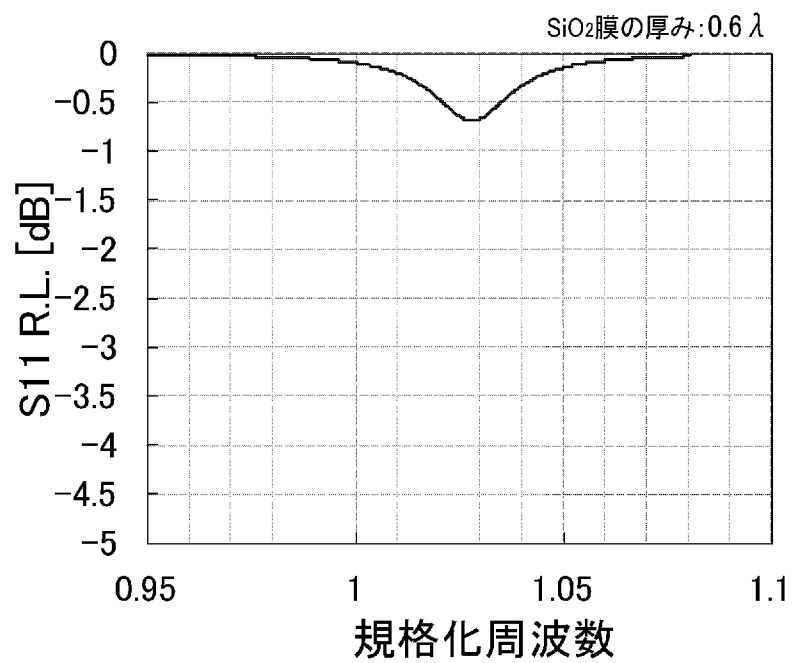
[図11]

図11

(a)



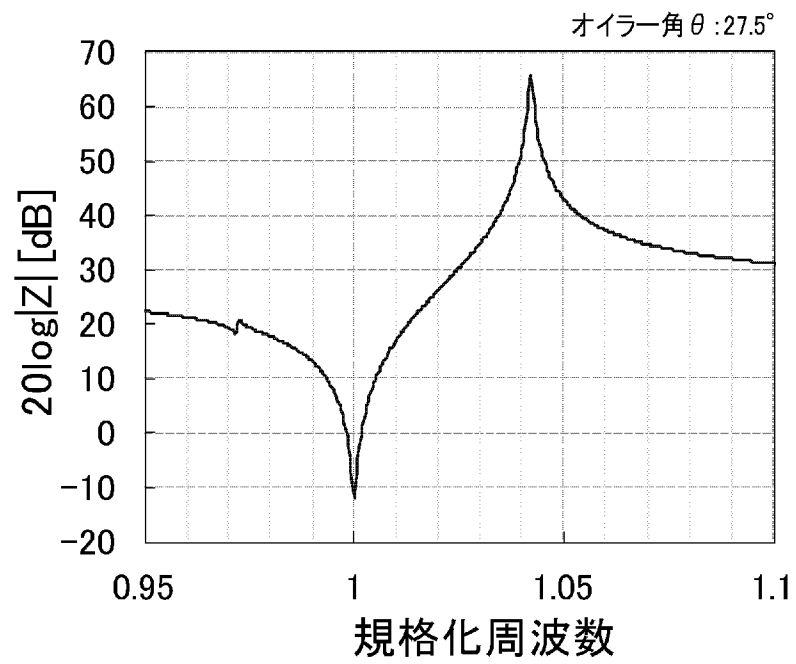
(b)



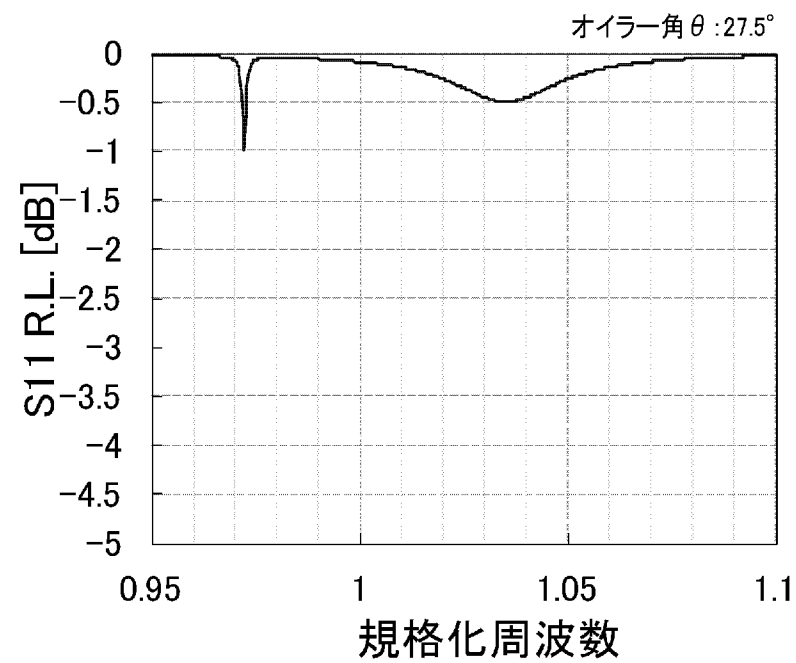
[図12]

図12

(a)



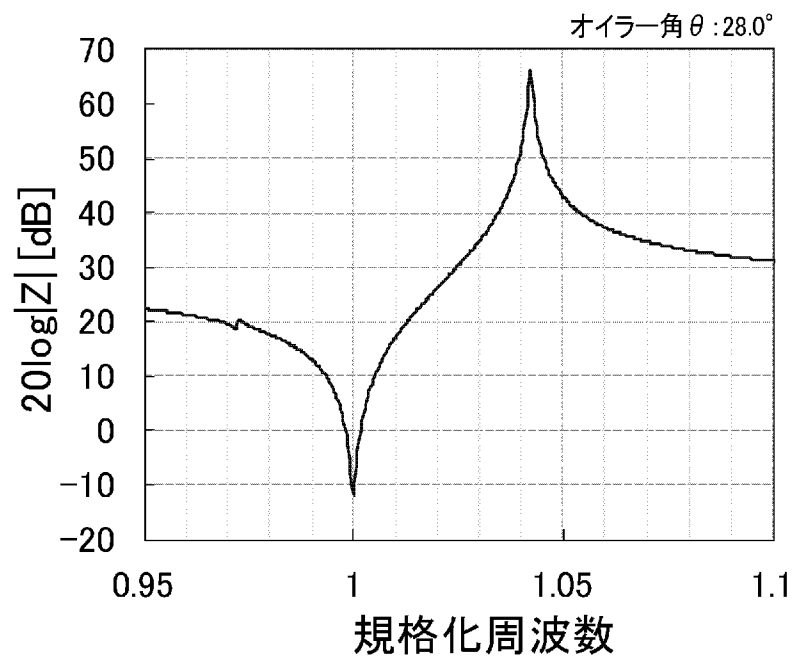
(b)



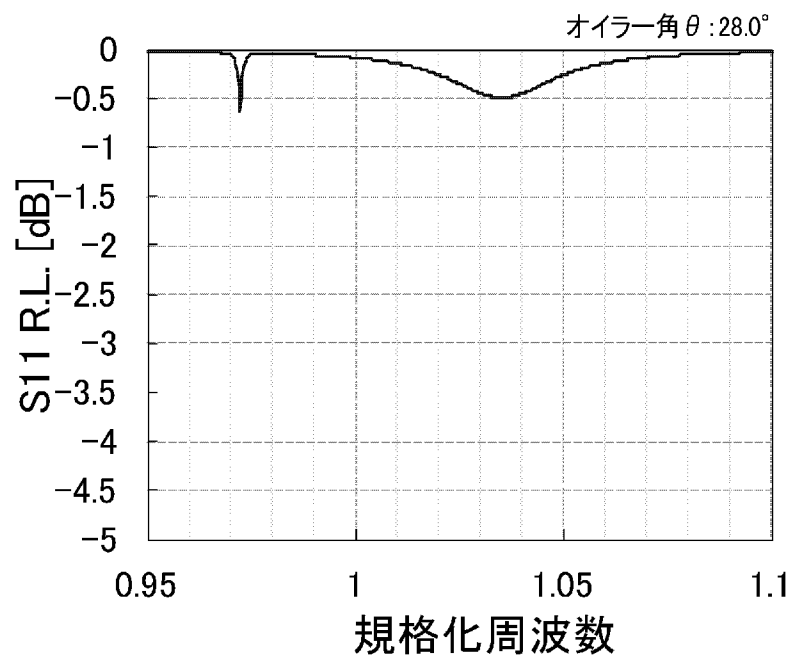
[図13]

図13

(a)



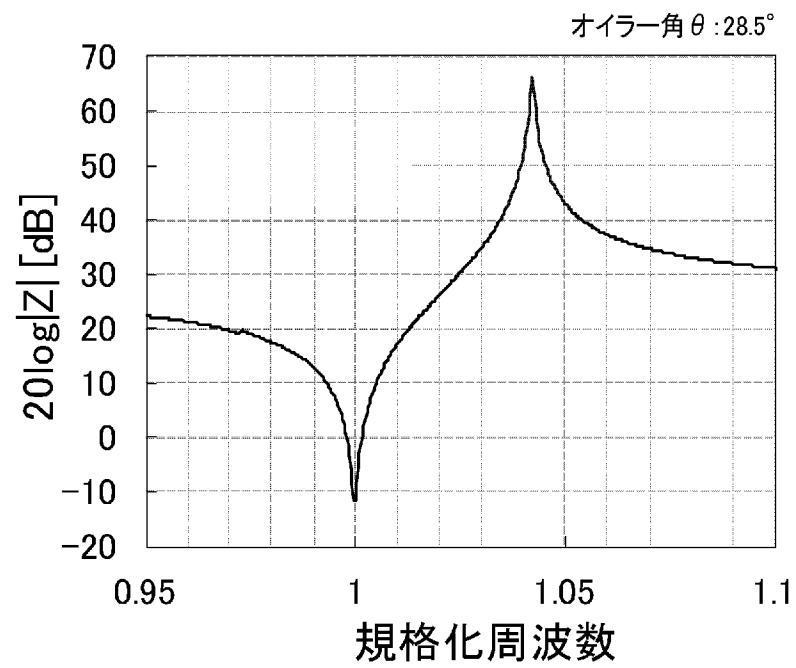
(b)



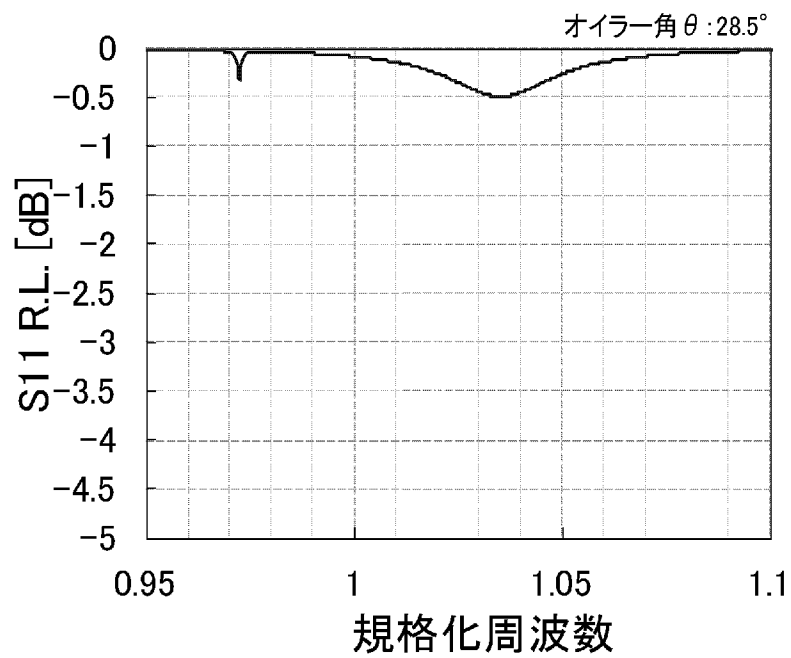
[図14]

図14

(a)



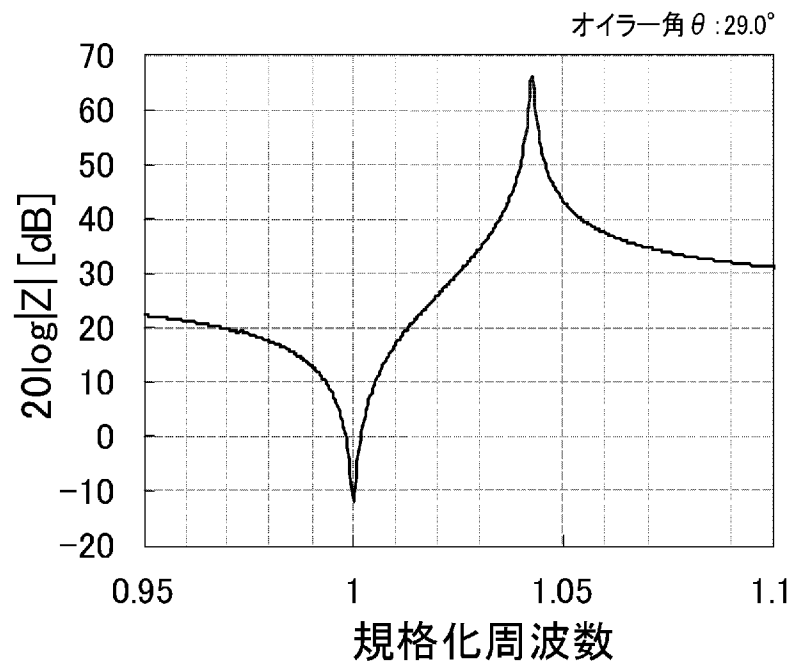
(b)



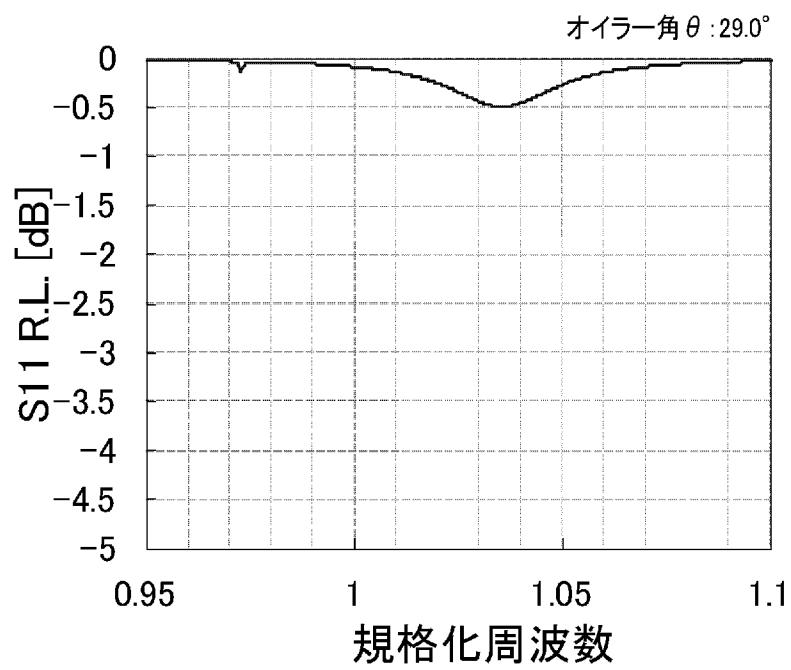
[図15]

図15

(a)



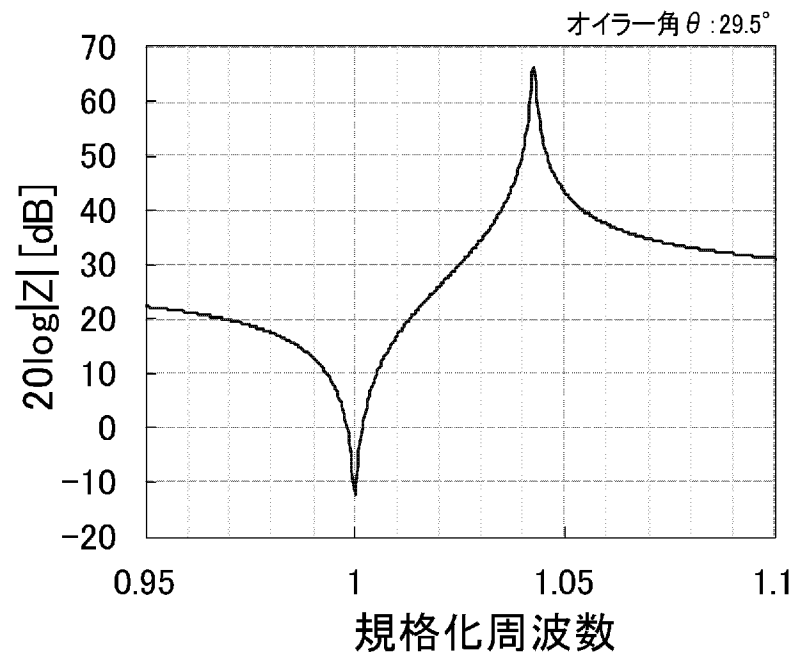
(b)



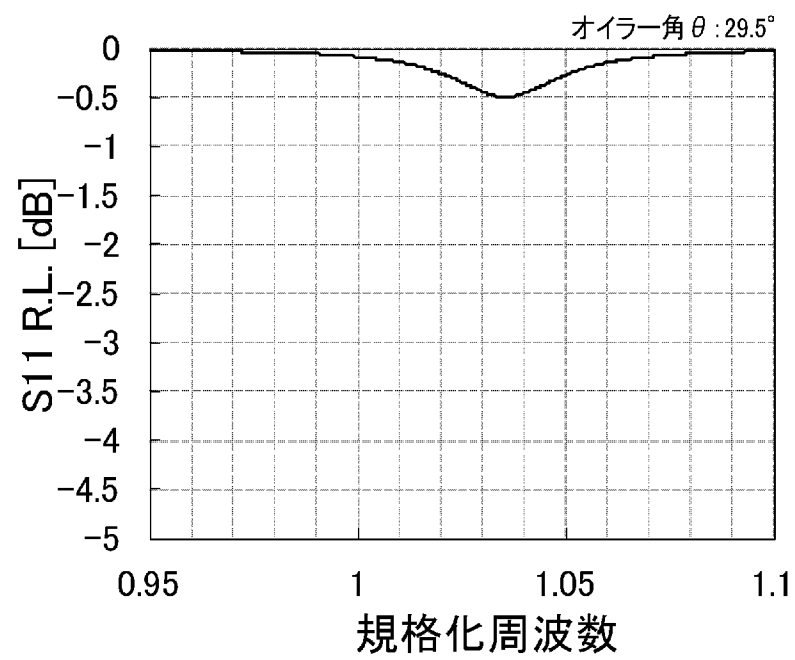
[図16]

図16

(a)



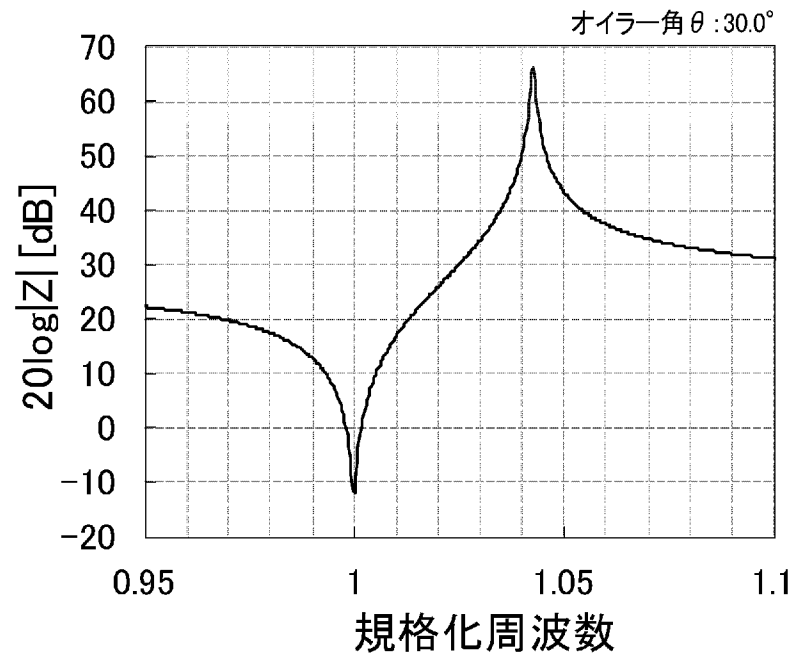
(b)



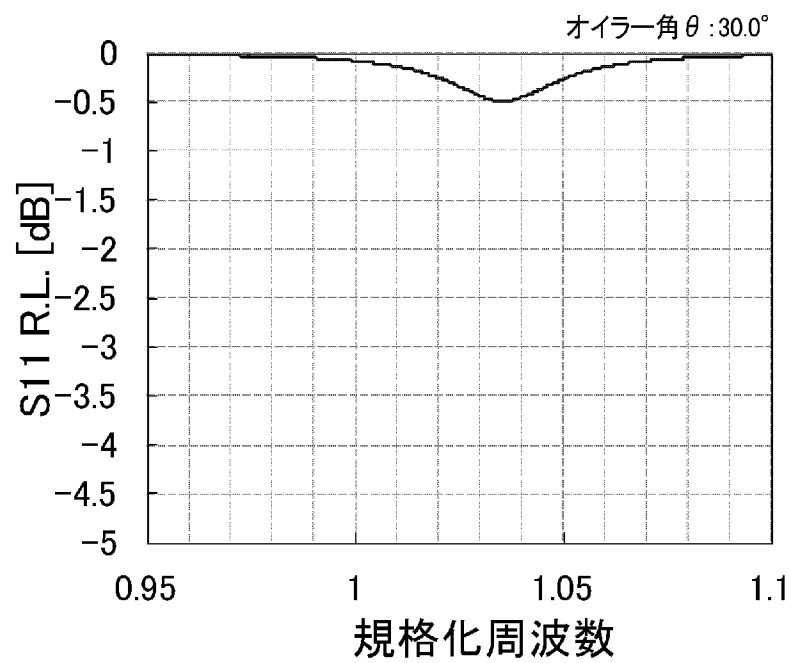
[図17]

図17

(a)



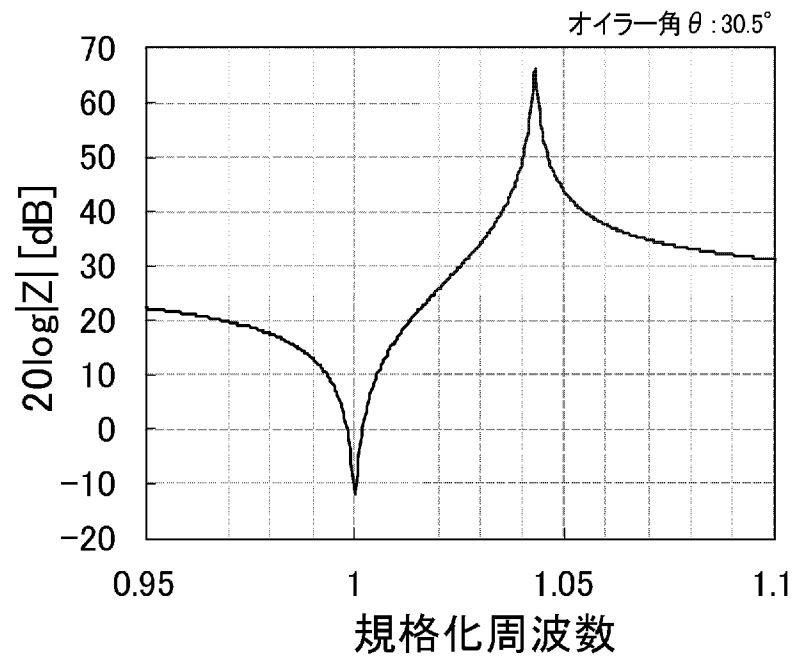
(b)



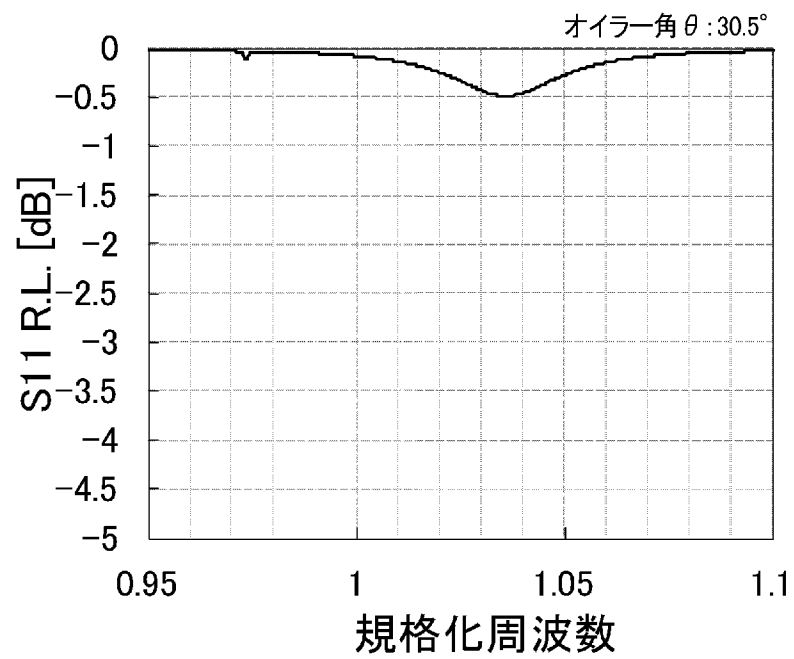
[図18]

図18

(a)



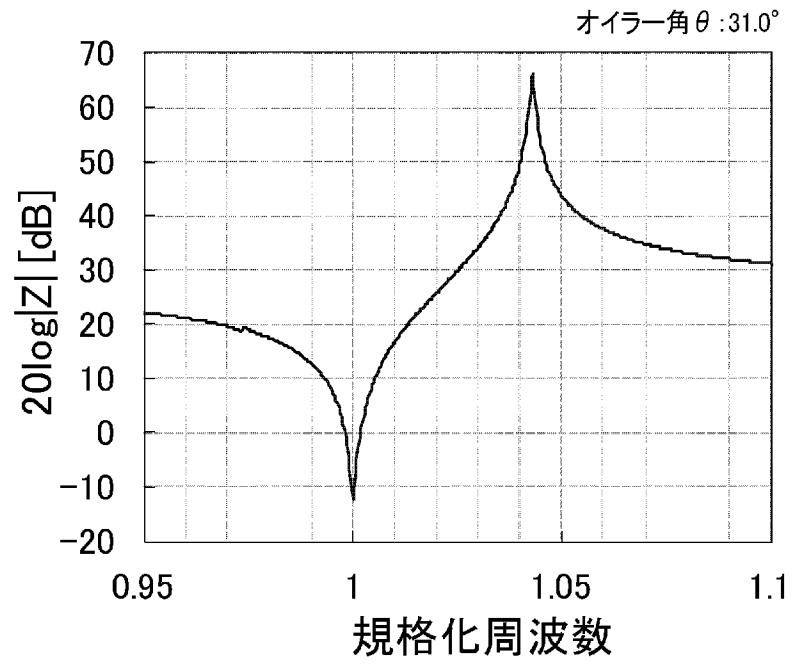
(b)



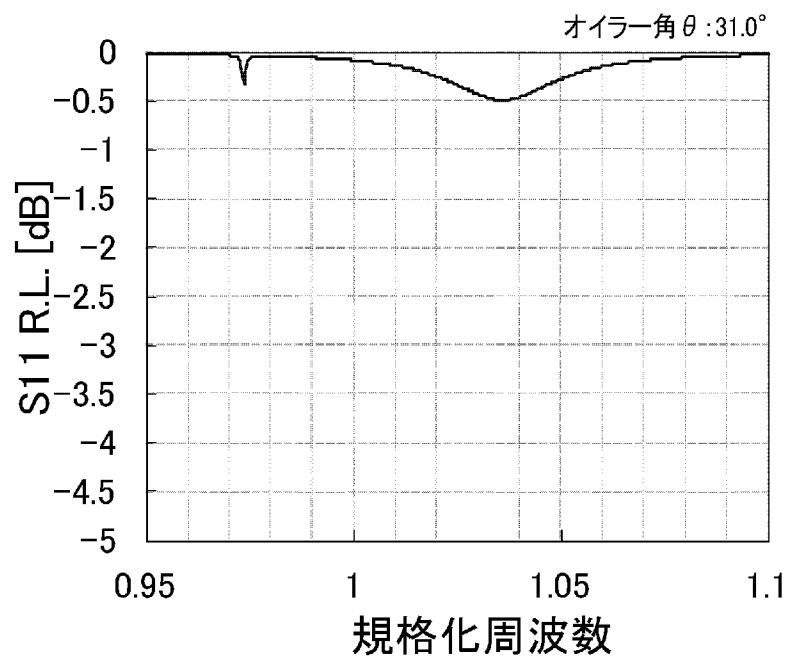
[図19]

図19

(a)



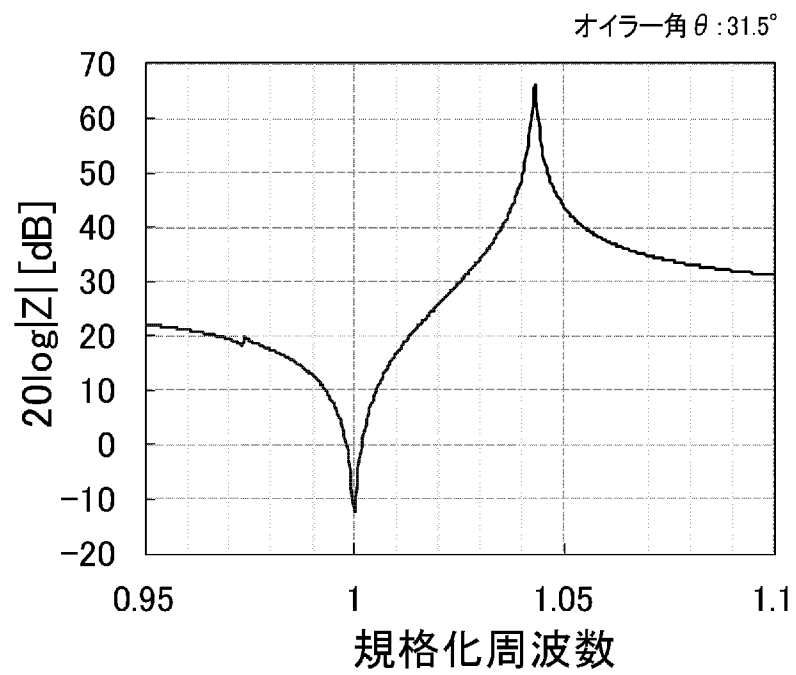
(b)



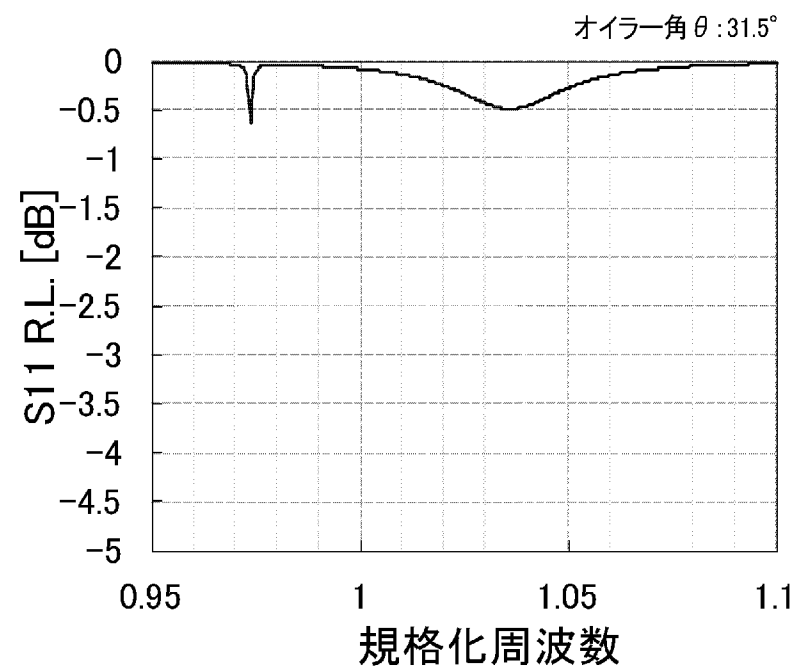
[図20]

図20

(a)

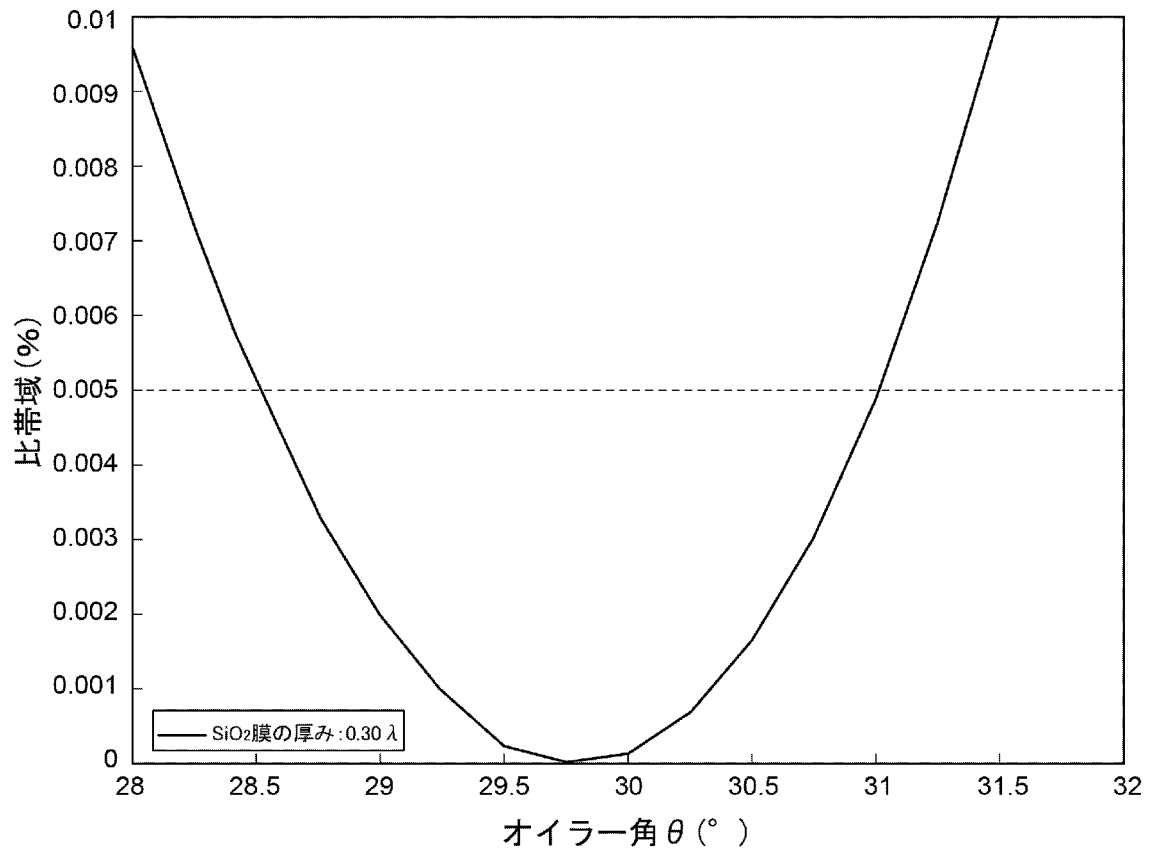


(b)



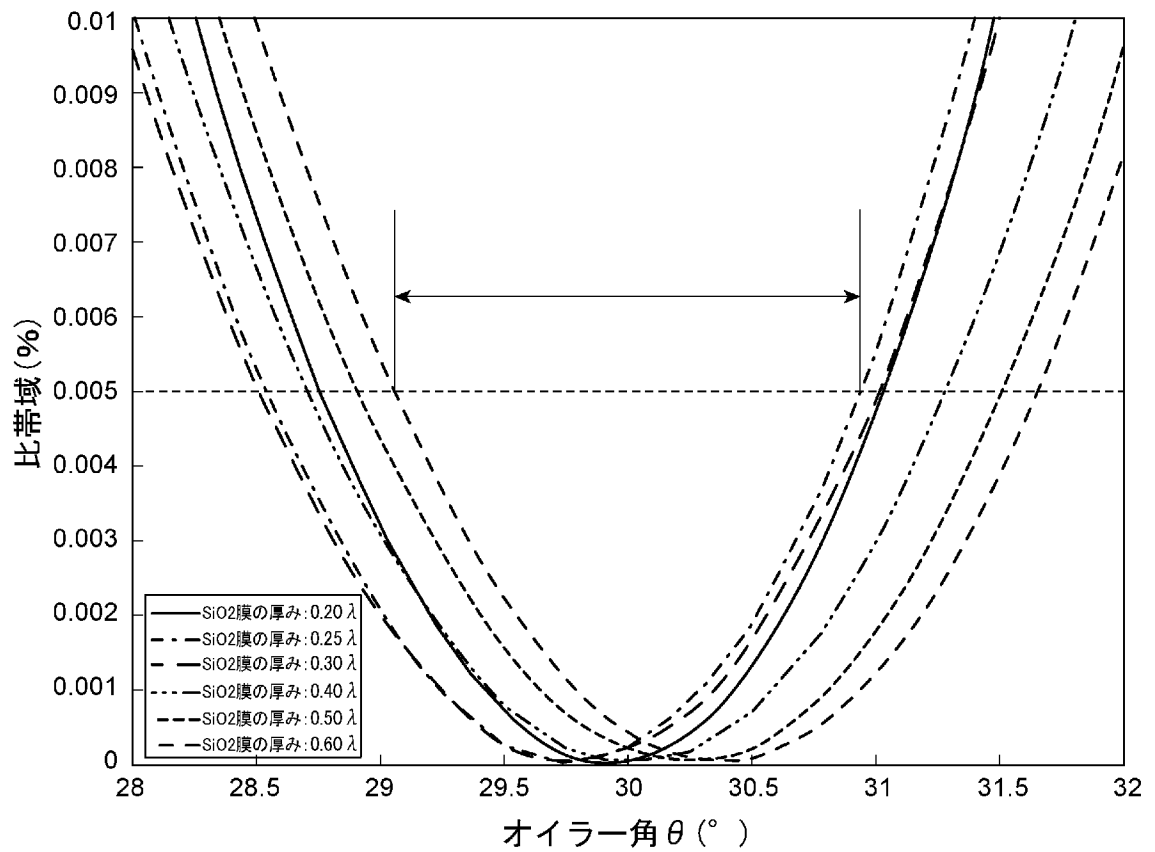
[図21]

図21



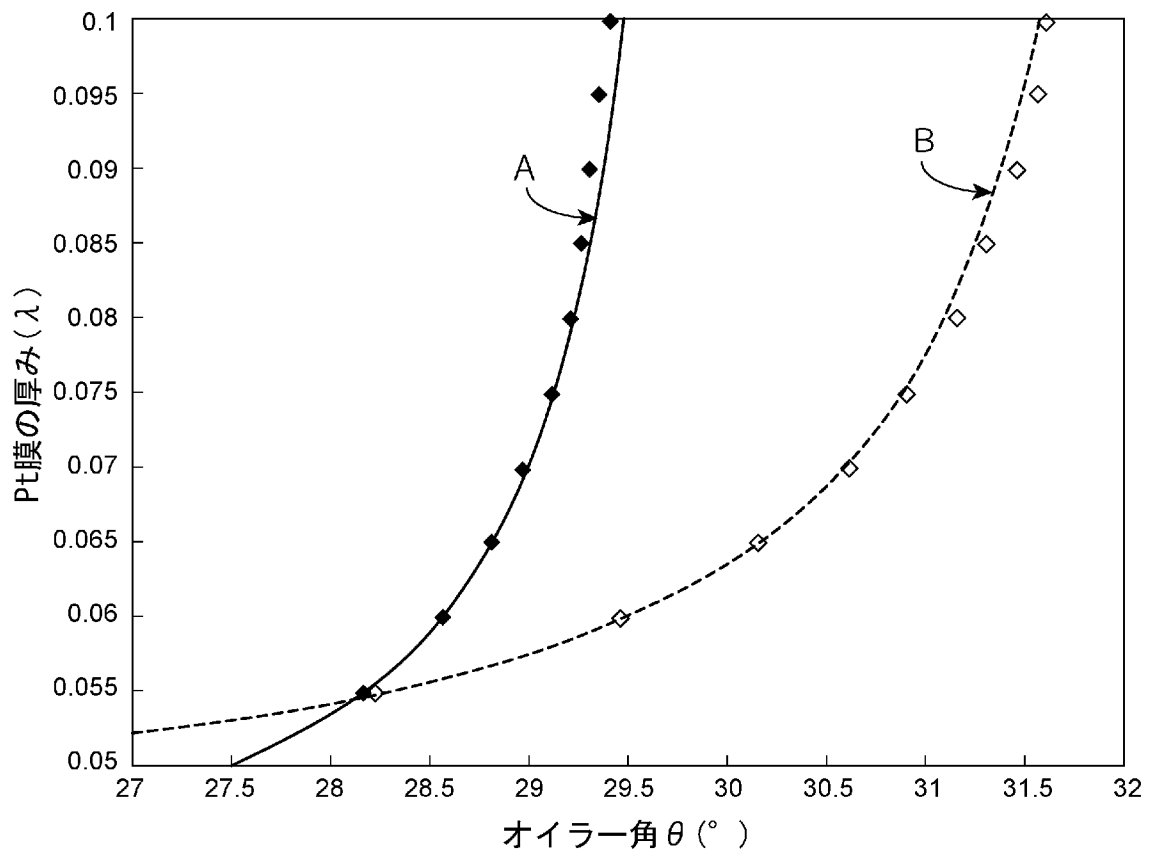
[図22]

図22



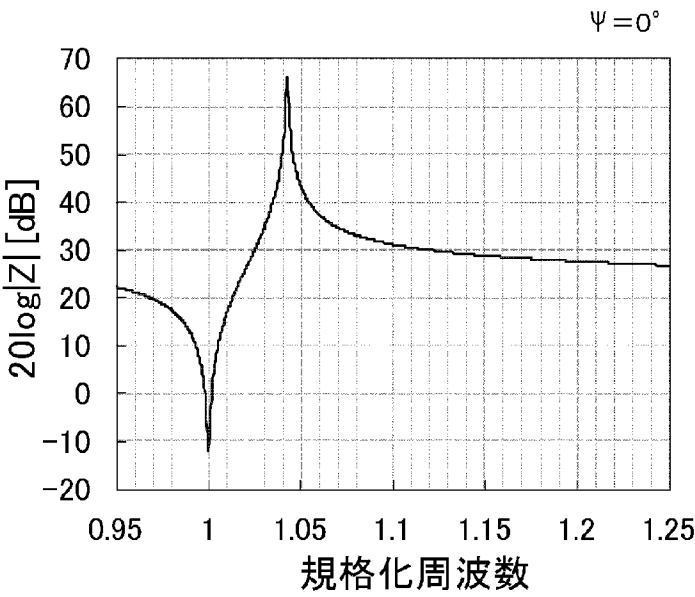
[図23]

図23

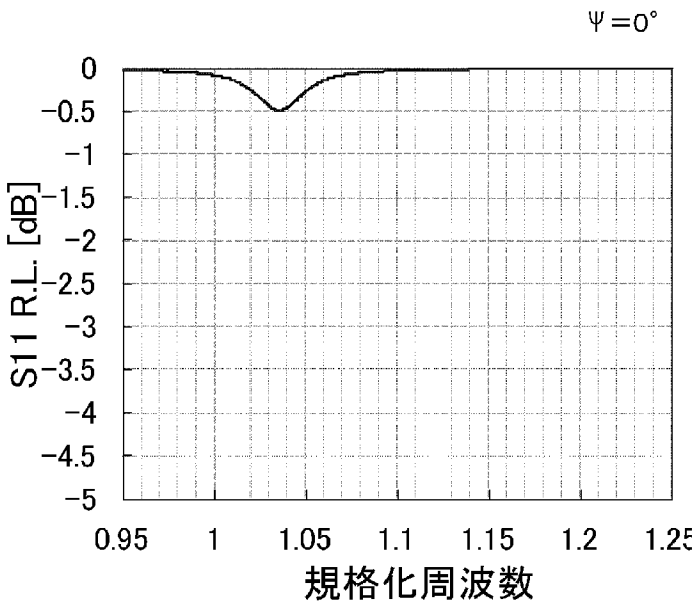


[図24]
図24

(a)



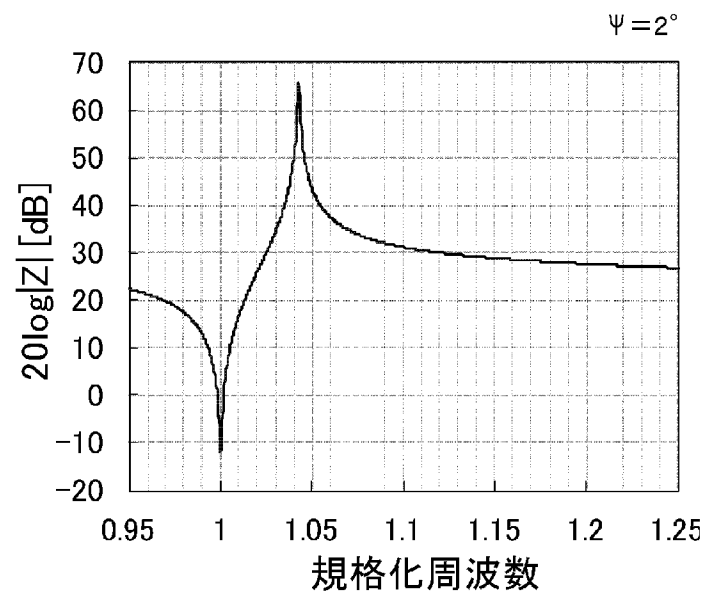
(b)



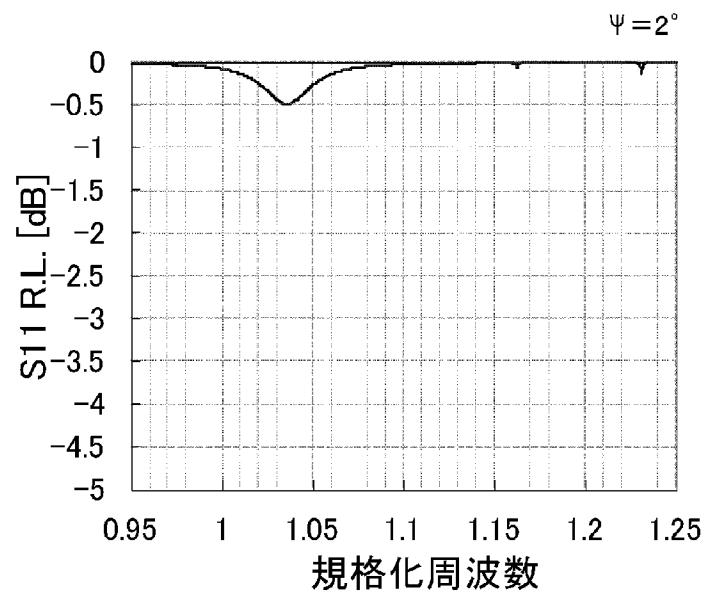
[図25]

図25

(a)



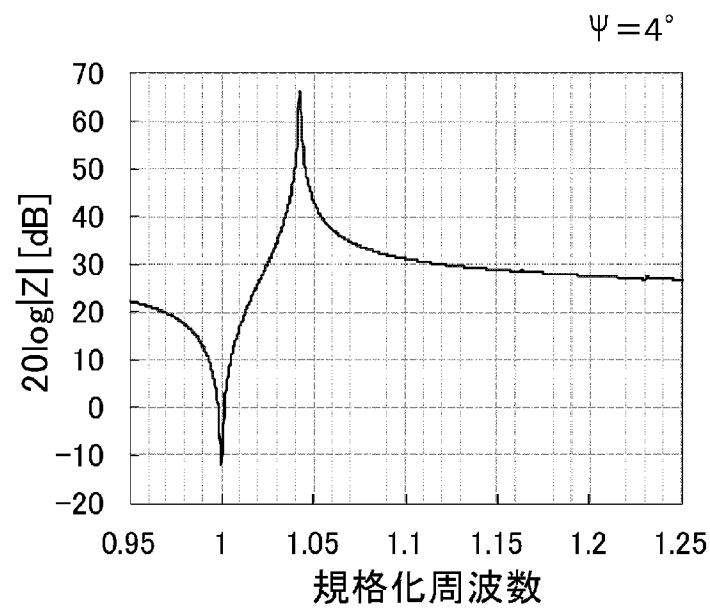
(b)



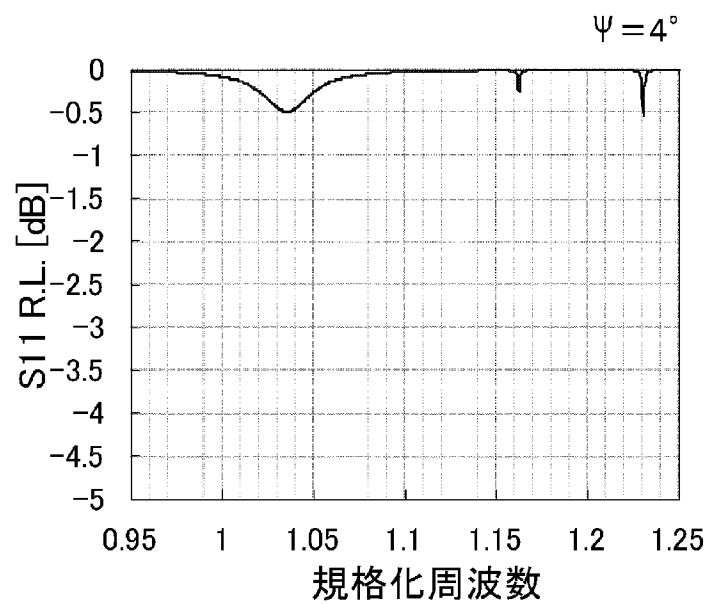
[図26]

図26

(a)

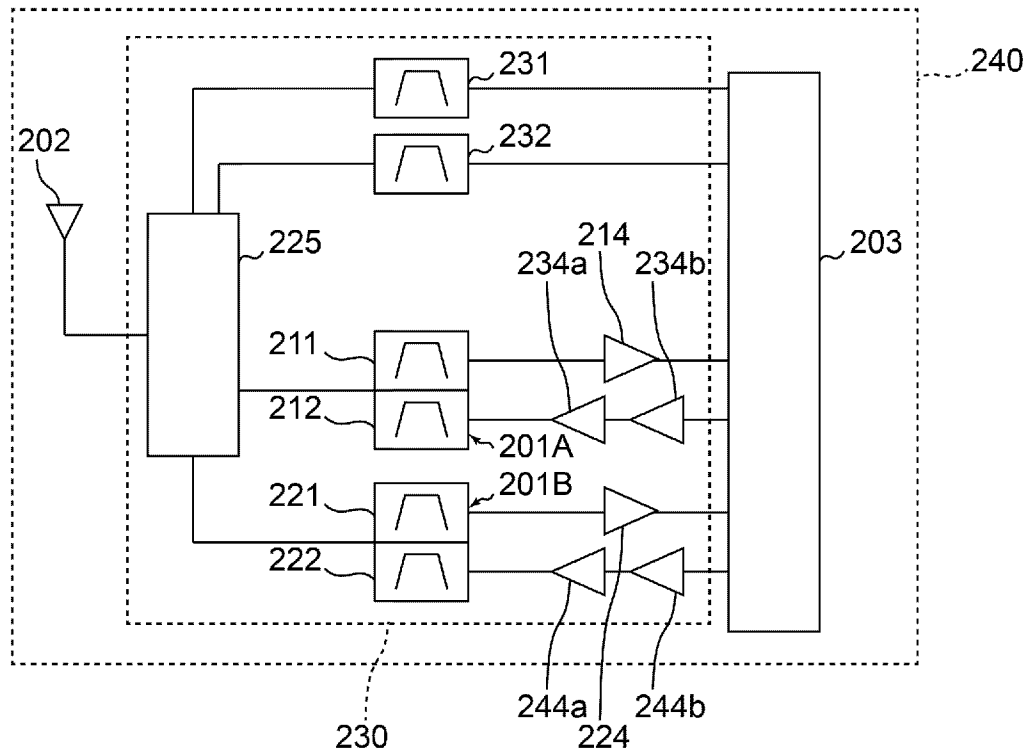


(b)



[図27]

図27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/037558

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H03H9/25 (2006.01) i, H03H9/145 (2006.01) i, H03H9/64 (2006.01) i, H04B1/50 (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)

Int.Cl. H03H9/25, H03H9/145, H03H9/64, H04B1/50

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	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	JP 2008-079227 A (FUJITSU MEDIA DEVICES LTD.) 03 April 2008, paragraphs [0019], [0026]-[0030], [0038]-[0043], fig. 6, 7, 10 & US 2008/0074212 A1, paragraphs [0027], [0034]-[0038], [0046]-[0051], fig. 6, 7, 10 & CN 101154936 A & KR 10-2008-0027752 A	1-8
Y	JP 2015-012324 A (MURATA MANUFACTURING CO.) 19 January 2015, paragraphs [0013]-[0039], fig. 2, 7 (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
21 December 2017

Date of mailing of the international search report
09 January 2018

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（I P C））

Int.Cl. H03H9/25(2006.01)i, H03H9/145(2006.01)i, H03H9/64(2006.01)i, H04B1/50(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（I P C））

Int.Cl. H03H9/25, H03H9/145, H03H9/64, H04B1/50

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 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	JP 2008-079227 A（富士通メディアデバイス株式会社）2008.04.03, 段落[0019], [0026]-[0030], [0038]-[0043], [図6]-[図7], [図10] & US 2008/0074212 A1, 段落 [0027], [0034]-[0038], [0046]-[0051], [図6]-[図7], [図10] & CN 101154936 A & KR 10-2008-0027752 A	1-8
Y	JP 2015-012324 A（株式会社村田製作所）2015.01.19, 段落 [0013]-[0039], [図2], [図7]（ファミリーなし）	1-8

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

2 1 . 1 2 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 1 . 2 0 1 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

石田 昌敏

5 W

4 1 8 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6