

(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
2016年12月29日(29.12.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号

WO 2016/208670 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/72 (2006.01) H04B 1/04 (2006.01)
H03H 7/38 (2006.01) H04B 1/18 (2006.01)
H03H 9/145 (2006.01) H04B 1/52 (2015.01)
H03H 9/64 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/068656
- (22) 国際出願日: 2016年6月23日(23.06.2016)
- (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 2015-127039 2015年6月24日(24.06.2015) 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: 高峰 裕一 (TAKAMINE, Yuichi); 〒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: 吉川 修一, 外 (YOSHIKAWA, Shuichi et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目

3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6階
新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

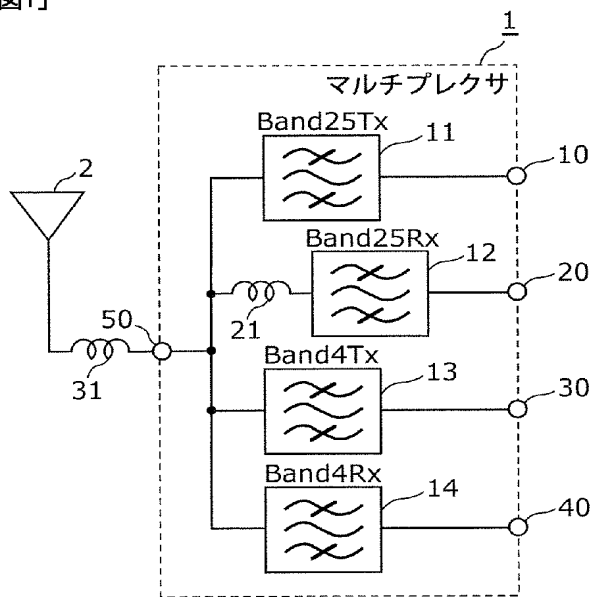
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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).

[続葉有]

(54) Title: MULTIPLEXER, TRANSMISSION DEVICE, RECEPTION DEVICE, HIGH-FREQUENCY FRONT-END CIRCUIT, COMMUNICATION DEVICE, AND IMPEDANCE MATCHING METHOD FOR MULTIPLEXER

(54) 発明の名称: マルチプレクサ、送信装置、受信装置、高周波フロントエンド回路、通信装置、およびマルチプレクサのインピーダンス整合方法

[図1]



1 Multiplexer

れ、並列共振子と接続されていない。

(57) Abstract: A multiplexer (1) that is provided with: a plurality of elastic wave filters that have different passbands; a common terminal (50) to which an inductance element (31) is series connected along a connection path with an antenna element (2); and an inductance element (21). Among the plurality of elastic wave filters, a reception-input terminal (62) of a reception-side filter (12) is connected to the common terminal (50) via the inductance element (21) and is also connected to a parallel resonator (251), and transmission-output terminals (61 and 63) of transmission-side filters (11 and 13) and a reception-input terminal (64) of a reception-side filter (14) are connected to the common terminal (50), are respectively connected to series resonators (105, 304, and 401), and are not connected to a parallel resonator.

(57) 要約: マルチプレクサ (1) は、互いに異なる通過帯域を有する複数の弾性波フィルタと、アンテナ素子 (2) との接続経路にインダクタンス素子 (31) が直列接続される共通端子 (50) と、インダクタンス素子 (21) とを備え、複数の弾性波フィルタのうち、受信側フィルタ (12) の受信入力端子 (62) は、インダクタンス素子 (21) を介して共通端子 (50) に接続され、かつ、並列共振子 (251) と接続され、送信側フィルタ (11 および 13) ならびに受信側フィルタ (14) の送信出力端子 (61 および 63) ならびに受信入力端子 (64) は、それぞれ、共通端子 (50) に接続され、かつ、直列共振子 (105、304 および 401) と接続さ



WO 2016/208670 A1

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

マルチプレクサ、送信装置、受信装置、高周波フロントエンド回路、通信装置、およびマルチプレクサのインピーダンス整合方法

技術分野

[0001] 本発明は、弾性波フィルタを備えるマルチプレクサ、送信装置、受信装置、高周波フロントエンド回路、通信装置、およびマルチプレクサのインピーダンス整合方法に関する。

背景技術

[0002] 近年の携帯電話には、一端末で複数の周波数帯域および複数の無線方式、いわゆるマルチバンド化およびマルチモード化に対応することが要求されている。これに対応すべく、1つのアンテナの直下には、複数の無線搬送周波数を有する高周波信号を分波するマルチプレクサが配置される。マルチプレクサを構成する複数の帯域通過フィルタとしては、通過帯域内における低損失性および通過帯域周辺における通過特性の急峻性を特徴とする弾性波フィルタが用いられる。

[0003] 特許文献1には、複数の弾性表面波フィルタが接続された構成を有する弾性表面波装置（SAWデュプレクサ）が開示されている。具体的には、受信側弾性表面波フィルタおよび送信側弾性表面波フィルタとアンテナ端子との接続ノードと基準端子との間に、アンテナ素子とアンテナ端子とのインピーダンス整合をとるため、インダクタンス素子が接続（接続ノードに並列接続）されている。この並列接続されたインダクタンス素子により、容量性を有する複数の弾性表面波フィルタが接続されたアンテナ端子から弾性表面波フィルタを見た複素インピーダンスを、特性インピーダンスに近づけることができる。これにより、挿入損失の劣化を防止できるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2003-347898号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、アンテナ端子にインダクタンス素子を並列接続するという従来のインピーダンス整合手法では、全ての弾性波フィルタのアンテナ端子から見た複素インピーダンスを特性インピーダンスに合わせることは困難であり、また挿入損失が大きくなることが想定される。

[0006] 特に、昨今のマルチバンド化およびマルチモード化に対応する場合には、トリプレクサおよびクワッドプレクサのように、アンテナ端子に接続される弾性波フィルタの数が増加する。弾性波フィルタの数が増えれば増えるほど、アンテナ端子から見た複素インピーダンスの容量性は高くなり、特性インピーダンスからのずれ量が大きくなる。アンテナ端子にインダクタンス素子を並列接続する場合、このずれが大きいほど、当該インダクタンス素子のインダクタンス値がより小さい領域でインピーダンス整合がとられる。しかし、並列接続されたインダクタンス素子のインダクタンス値が小さくなるとほど、弾性波フィルタからの信号は当該インダクタンス素子を介して基準端子側へ漏れてしまう。

[0007] つまり、分波すべき周波数帯域の数が多いほど、言い換えると、アンテナ端子に接続される弾性波フィルタが多いほど、アンテナ端子にインダクタンス素子が並列接続された構成では、弾性波フィルタの挿入損失が悪化してしまうという課題がある。

[0008] そこで、本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、各フィルタの通過帯域内の挿入損失が低減されたマルチプレクサ、送信装置、受信装置、高周波フロントエンド回路、通信装置、およびマルチプレクサのインピーダンス整合方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係るマルチプレクサは、アンテナ素子を介して複数の高周波信号を送受信するマルチプレクサであって

、互いに異なる通過帯域を有する複数の弾性波フィルタと、前記アンテナ素子との接続経路に第1インダクタンス素子が直列接続される共通端子と、第2インダクタンス素子とを備え、前記複数の弾性波フィルタのそれぞれは、入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、前記入力端子と前記出力端子とを接続する接続経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備え、前記複数の弾性波フィルタのうち、一の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうち前記アンテナ素子側の端子は、当該端子および前記共通端子に接続された前記第2インダクタンス素子を介して前記共通端子に接続され、かつ、前記並列共振子と接続され、前記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうち前記アンテナ素子側の端子は、前記共通端子に接続され、かつ、前記直列共振子および前記並列共振子のうち前記直列共振子と接続されている。

[0010] 上記構成によれば、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、マルチプレクサを構成する各弾性波フィルタの通過帯域内の挿入損失を低減することが可能となる。

[0011] また、前記第2インダクタンス素子と前記一の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうち前記アンテナ素子に近い方の端子とが直列接続された状態で、前記第2インダクタンス素子を介して前記一の弾性波フィルタ単体を見た場合の、所定の通過帯域における複素インピーダンスと、前記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうち前記アンテナ素子に近い方の端子が前記共通端子と接続された状態で、前記共通端子と接続された前記端子側から前記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタを見た場合の、前記所定の通過帯域における複素インピーダンスとは、複素共役の関係にあってもよい。

[0012] これにより、第2インダクタンス素子と一の弾性波フィルタとが直列接続された回路と、当該一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタが共通端子で並列接続された回路とが合成された回路を有するマルチプレクサの共通端子から見た複素インピーダンスを、通過帯域内の低損失性を確保しつつ特性イ

ンピーダンスと整合させることが可能となる。また、共通端子とアンテナ素子との間に、小さなインダクタンス値を有する第1インダクタンス素子を直列接続することにより、共通端子から見たマルチプレクサの複素インピーダンスを、誘導側方向へと微調整することが可能となる。

[0013] また、前記直列共振子および前記並列共振子は、IDT電極を有し、前記IDT電極が一方向上に形成された圧電体層と、前記圧電体層を伝搬する弾性波音速よりも、伝搬するバルク波音速が高速である高音速支持基板と、前記高音速支持基板と前記圧電体層との間に配置され、前記圧電体層を伝搬する弾性波音速よりも、伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜とを備えてもよい。

[0014] 一の弾性波フィルタの共通端子側に第2インダクタンス素子が直列接続された場合など、複数の弾性波フィルタ間でのインピーダンス整合をとるため、インダクタンス素子やキャパシタンス素子などの回路素子が付加される。この場合、各共振子のQ値が等価的に小さくなる場合が想定される。しかしながら、本圧電基板の積層構造によれば、各共振子のQ値を高い値に維持できる。よって、帯域内の低損失性を有する弾性波フィルタを形成することが可能となる。

[0015] また、前記マルチプレクサは、前記複数の弾性波フィルタとして、第1の通過帯域を有し、前記アンテナ素子へ送信信号を出力する第1の前記弾性波フィルタと、前記第1の通過帯域に隣接する第2の通過帯域を有し、前記アンテナ素子から受信信号を入力する第2の前記弾性波フィルタと、前記第1の通過帯域および前記第2の通過帯域より低周波側にある第3の通過帯域を有し、前記アンテナ素子へ送信信号を出力する第3の前記弾性波フィルタと、前記第1の通過帯域および前記第2の通過帯域より高周波側にある第4の通過帯域を有し、前記アンテナ素子から受信信号を入力する第4の前記弾性波フィルタとを備え、前記第2インダクタンス素子が接続された前記一の弾性波フィルタは、前記第2の前記弾性波フィルタおよび前記第4の前記弾性波フィルタの少なくとも一方であってもよい。

- [0016] また、さらに、前記第1インダクタンス素子を備えてもよい。
- [0017] これにより、本マルチプレクサにアンテナ素子を接続するだけで低損失性を有するアンテナフロントエンド部を構成できるので、回路実装が容易となる。
- [0018] また、本発明の一態様に係る送信装置は、互いに異なる搬送周波数帯域を有する複数の高周波信号を入力し、当該複数の高周波信号をフィルタリングして共通のアンテナ素子から無線送信させる送信装置であって、送信回路から前記複数の高周波信号を入力し、所定の周波数帯域のみを通過させる複数の送信用弾性波フィルタと、前記アンテナ素子との接続経路に第1インダクタンス素子が直列接続される共通端子とを備え、前記複数の送信用弾性波フィルタのそれぞれは、入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、前記入力端子と前記出力端子とを接続する接続経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備え、前記複数の送信用弾性波フィルタのうち、一の送信用弾性波フィルタの出力端子は、当該出力端子および前記共通端子に接続された第2インダクタンス素子を介して前記共通端子に接続され、かつ、前記並列共振子と接続され、前記一の送信用弾性波フィルタ以外の送信用弾性波フィルタの出力端子は、前記共通端子に接続され、かつ、前記直列共振子および前記並列共振子のうち前記直列共振子と接続されている。
- [0019] また、本発明の一態様に係る受信装置は、互いに異なる搬送周波数帯域を有する複数の高周波信号を、アンテナ素子を介して入力し、当該複数の高周波信号を分波して受信回路へ出力する受信装置であって、前記アンテナ素子から前記複数の高周波信号を入力し、所定の周波数帯域のみを通過させる複数の受信用弾性波フィルタと、前記アンテナ素子との接続経路に第1インダクタンス素子が直列接続される共通端子とを備え、前記複数の受信用弾性波フィルタのそれぞれは、入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、前記入力端子と前記出力端子とを接続する電気経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備え、前記複数の受信用弾

性波フィルタのうち、一の受信用弾性波フィルタの入力端子は、当該入力端子および前記共通端子に接続された第2インダクタンス素子を介して前記共通端子に接続され、かつ、前記並列共振子と接続され、前記一の受信用弾性波フィルタ以外の受信用弾性波フィルタの入力端子は、前記共通端子に接続され、かつ、前記直列共振子および前記並列共振子のうち前記直列共振子と接続されている。

[0020] また、本発明の一態様に係るマルチプレクサのインピーダンス整合方法は、アンテナ素子を介して複数の高周波信号を送受信するマルチプレクサのインピーダンス整合方法であって、互いに異なる通過帯域を有する複数の弾性波フィルタのうち、一の弾性波フィルタの入力端子および出力端子の一方から、当該一の弾性波フィルタ単体を見た場合の、他の弾性波フィルタの通過帯域における複素インピーダンスがショート状態となり、前記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタの入力端子および出力端子の一方から、当該弾性波フィルタ単体を見た場合の、他の弾性波フィルタの通過帯域における複素インピーダンスがオープン状態となるよう、前記複数の弾性波フィルタを調整するステップと、前記一の弾性波フィルタにフィルタ整合用インダクタンス素子が直列接続された場合の、前記フィルタ整合用インダクタンス素子側から前記一の弾性波フィルタを見た場合の複素インピーダンスと、前記一の弾性波フィルタ以外の他の弾性波フィルタが共通端子に並列接続された場合の、前記共通端子側から前記他の弾性波フィルタを見た場合の複素インピーダンスとが、複素共役の関係となるように、フィルタ整合用インダクタンス素子のインダクタンス値を調整するステップと、前記フィルタ整合用インダクタンス素子を介して前記一の弾性波フィルタが前記共通端子と接続され、かつ、前記共通端子に前記他の弾性波フィルタが並列接続された合成回路の、前記共通端子から見た複素インピーダンスが特性インピーダンスと一致するよう、前記アンテナ素子と前記共通端子との間に直列接続されるアンテナ整合用インダクタンス素子のインダクタンス値を調整するステップとを含み、前記複数の弾性波フィルタを調整するステップでは、入力端子と出力端

子との間に接続された直列共振子、および、前記入力端子と前記出力端子とを接続する電気経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを有する前記複数の弾性波フィルタのうち、前記一の弾性波フィルタにおいて、前記並列共振子が前記フィルタ整合用インダクタンス素子と接続されるよう前記並列共振子および前記直列共振子を配置し、前記他の弾性波フィルタにおいて、前記並列共振子および前記直列共振子のうち前記直列共振子が前記共通端子と接続されるよう、前記並列共振子および前記直列共振子を配置する。

[0021] これにより、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、低損失のマルチプレクサを提供することが可能となる。

[0022] また、本発明の一態様に係る高周波フロントエンド回路は、上記記載の弾性波フィルタ、上記記載のマルチプレクサ、または上記記載のデュプレクサと、前記弾性波フィルタ、前記マルチプレクサまたは前記デュプレクサに接続された増幅回路と、を備える。

[0023] これにより、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、各バンドの信号経路を構成する各フィルタの通過帯域内の挿入損失が低減された高周波フロントエンド回路を提供することが可能となる。

[0024] また、本発明の一態様に係る通信装置は、アンテナ素子で送受信される高周波信号を処理するRF信号処理回路と、前記アンテナ素子と前記RF信号処理回路との間で前記高周波信号を伝達する上記記載の高周波フロントエンド回路と、を備える。

[0025] これにより、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、各バンドの信号経路を構成する各フィルタの通過帯域内の挿入損失が低減された通信装置を提供することが可能となる。

発明の効果

[0026] 本発明に係るマルチプレクサ、送信装置、受信装置、高周波フロントエンド回路、および通信装置によれば、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、それらを構成する各フィルタの通過帯域内の挿入損失を低減する

ことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]図1は、実施例に係るマルチプレクサの回路構成図である。

[図2]図2は、実施例に係る弾性表面波フィルタの共振子を模式的に表す平面図および断面図である。

[図3A]図3Aは、実施例に係るマルチプレクサを構成するBand 25の送信側フィルタの回路構成図である。

[図3B]図3Bは、実施例に係るマルチプレクサを構成するBand 25の受信側フィルタの回路構成図である。

[図3C]図3Cは、実施例に係るマルチプレクサを構成するBand 4の送信側フィルタの回路構成図である。

[図3D]図3Dは、実施例に係るマルチプレクサを構成するBand 4の受信側フィルタの回路構成図である。

[図4]図4は、実施例に係る縦結合型の弾性表面波フィルタの電極構成を示す概略平面図である。

[図5]図5は、比較例に係るマルチプレクサの回路構成図である。

[図6A]図6Aは、比較例に係るマルチプレクサを構成するBand 25の送信側フィルタの回路構成図である。

[図6B]図6Bは、比較例に係るマルチプレクサを構成するBand 25の受信側フィルタの回路構成図である。

[図6C]図6Cは、比較例に係るマルチプレクサを構成するBand 4の送信側フィルタの回路構成図である。

[図6D]図6Dは、比較例に係るマルチプレクサを構成するBand 4の受信側フィルタの回路構成図である。

[図7A]図7Aは、実施例および比較例に係るBand 25の送信側フィルタの通過特性を比較したグラフである。

[図7B]図7Bは、実施例および比較例に係るBand 25の受信側フィルタの通過特性を比較したグラフである。

[図7C]図7Cは、実施例および比較例に係るBand 4の送信側フィルタの通過特性を比較したグラフである。

[図7D]図7Dは、実施例および比較例に係るBand 4の受信側フィルタの通過特性を比較したグラフである。

[図8A]図8Aは、比較例に係るBand 25の送信側フィルタ単体の送信出力端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図8B]図8Bは、比較例に係るBand 25の受信側フィルタ単体の受信入力端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図8C]図8Cは、比較例に係るBand 4の送信側フィルタ単体の送信出力端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図8D]図8Dは、比較例に係るBand 4の受信側フィルタ単体の受信入力端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図9]図9は、比較例に係る4つのフィルタを共通端子で並列接続した回路の共通端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャート、および、共通端子にインダクタ素子を並列接続した場合の複素インピーダンスの動きを説明するスミスチャートである。

[図10A]図10Aは、実施例に係るBand 25の送信側フィルタ単体の送信出力端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図10B]図10Bは、実施例に係るBand 25の受信側フィルタ単体の受信入力端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図10C]図10Cは、実施例に係るBand 4の送信側フィルタ単体の送信出力端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図10D]図10Dは、実施例に係るBand 4の受信側フィルタ単体の受信入力端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図11]図11は、実施例に係るBand 25の受信側フィルタとインダクタンス素子とが直列接続された回路単体のインダクタンス素子側から見た複素インピーダンスを表すスミスチャート、および、実施例に係るBand 25の受信側フィルタ以外の全てのフィルタを共通端子で並列接続した回路単体

の共通端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図12A]図12Aは、実施例に係るマルチプレクサを共通端子から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図12B]図12Bは、実施例に係るマルチプレクサの共通端子とアンテナ素子との間にインダクタンス素子を直列接続した場合の、アンテナ素子側から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[図13]図13は、実施例に係るマルチプレクサを備える高周波フロントエンド回路および通信装置の回路構成図である。

[図14A]図14Aは、実施の形態の変形例1に係るマルチプレクサの構成を示す図である。

[図14B]図14Bは、実施の形態の変形例2に係るマルチプレクサの構成を示す図である。

[図15]図15は、実施の形態に係るマルチプレクサのインピーダンス整合方法を説明する動作フローチャートである。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明の実施の形態について、実施例および図面を用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施例は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施例で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置および接続形態などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。以下の実施例における構成要素のうち、独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また、図面に示される構成要素の大きさまたは大きさの比は、必ずしも厳密ではない。

[0029] (実施例)

[1. マルチプレクサの基本構成]

本実施例では、LTE (Long Term Evolution) 規格のBand 25 (送信通過帯域: 1850-1915 MHz、受信通過帯域: 1930-1995 MHz) およびBand 4 (送信通過帯域: 1710-1755 MHz、受信通過帯域: 2110-2155 MHz) に適用され

るクワッドプレクサについて例示する。

- [0030] 本実施例に係るマルチプレクサ1は、Band 25用デュプレクサとBand 4用デュプレクサとが共通端子50で接続されたクワッドプレクサである。
- [0031] 図1は、実施例に係るマルチプレクサ1の回路構成図である。同図に示すように、マルチプレクサ1は、送信側フィルタ11および13と、受信側フィルタ12および14と、インダクタンス素子21（第2インダクタンス素子）と、共通端子50と、送信入力端子10および30と、受信出力端子20および40とを備える。また、マルチプレクサ1は、共通端子50およびアンテナ素子2に直列接続されたインダクタンス素子31（第1インダクタンス素子）を介して、アンテナ素子2に接続されている。
- [0032] 送信側フィルタ11は、送信回路（RFICなど）で生成された送信波を、送信入力端子10を経由して入力し、当該送信波をBand 25の送信通過帯域（1850-1915MHz：第1の通過帯域）でフィルタリングして共通端子50へ出力する非平衡入力-非平衡出力型の帯域通過フィルタ（第1の弾性波フィルタ）である。
- [0033] 受信側フィルタ12は、共通端子50から入力された受信波を入力し、当該受信波をBand 25の受信通過帯域（1930-1995MHz：第2の通過帯域）でフィルタリングして受信出力端子20へ出力する非平衡入力-非平衡出力型の帯域通過フィルタ（第2の弾性波フィルタ）である。また、受信側フィルタ12と共通端子50との間には、インダクタンス素子21が直列接続されている。
- [0034] 送信側フィルタ13は、送信回路（RFICなど）で生成された送信波を、送信入力端子30を経由して入力し、当該送信波をBand 4の送信通過帯域（1710-1755MHz：第3の通過帯域）でフィルタリングして共通端子50へ出力する非平衡入力-非平衡出力型の帯域通過フィルタ（第3の弾性波フィルタ）である。
- [0035] 受信側フィルタ14は、共通端子50から入力された受信波を入力し、当

該受信波をBand 4の受信通過帯域（2110－2155MHz：第4の通過帯域）でフィルタリングして受信出力端子40へ出力する非平衡入力－非平衡出力型の帯域通過フィルタ（第4の弾性波フィルタ）である。

[0036] 送信側フィルタ11および13、ならびに、受信側フィルタ14は、共通端子50に直接接続されている。

[0037] [2. 弾性表面波共振子の構造]

ここで、送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ12および14を構成する弾性表面波共振子の構造について説明する。

[0038] 図2は、実施例に係る弾性表面波フィルタの共振子を模式的に表す平面図および断面図である。同図には、送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ12および14を構成する複数の共振子のうち、送信側フィルタ11の直列共振子の構造を表す平面模式図および断面模式図が例示されている。なお、図2に示された直列共振子は、上記複数の共振子の典型的な構造を説明するためのものであって、電極を構成する電極指の本数や長さなどは、これに限定されない。

[0039] 送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ12および14の各共振子は、圧電体層53を有する基板5と、楕円形状を有するIDT（Inter Digital Transducer）電極11aおよび11bとで構成されている。

[0040] 図2の平面図に示すように、基板5の上には、互いに対向する一対のIDT電極11aおよび11bが形成されている。IDT電極11aは、互いに平行な複数の電極指110aと、複数の電極指110aを接続するバスバー電極111aとで構成されている。また、IDT電極11bは、互いに平行な複数の電極指110bと、複数の電極指110bを接続するバスバー電極111bとで構成されている。複数の電極指110aおよび110bは、X軸方向と直交する方向に沿って形成されている。

[0041] また、複数の電極指110aおよび110b、ならびに、バスバー電極111aおよび111bで構成されるIDT電極54は、図2の断面図に示す

ように、密着層541と主電極層542との積層構造となっている。

[0042] 密着層541は、基板5と主電極層542との密着性を向上させるための層であり、材料として、例えば、Tiが用いられる。密着層541の膜厚は、例えば、12nmである。

[0043] 主電極層542は、材料として、例えば、Cuを1%含有したAlが用いられる。主電極層542の膜厚は、例えば162nmである。

[0044] 保護層55は、IDT電極11aおよび11bを覆うように形成されている。保護層55は、主電極層542を外部環境から保護する、周波数温度特性を調整する、および、耐湿性を高めるなどを目的とする層であり、例えば、二酸化ケイ素を主成分とする膜である。

[0045] なお、密着層541、主電極層542および保護層55を構成する材料は、上述した材料に限定されない。さらに、IDT電極54は、上記積層構造でなくてもよい。IDT電極54は、例えば、Ti、Al、Cu、Pt、Au、Ag、Pdなどの金属又は合金から構成されてもよく、また、上記の金属又は合金から構成される複数の積層体から構成されてもよい。また、保護層55は、形成されていなくてもよい。

[0046] 次に、基板5の積層構造について説明する。

[0047] 図2の下段に示すように、基板5は、高音速支持基板51と、低音速膜52と、圧電体層53とを備え、高音速支持基板51、低音速膜52および圧電体層53がこの順で積層された構造を有している。

[0048] 圧電体層53は、50° YカットX伝搬LiTaO₃圧電単結晶または圧電セラミックス(X軸を中心軸としてY軸から50°回転した軸を法線とする面で切断したタンタル酸リチウム単結晶、またはセラミックスであって、X軸方向に弾性表面波が伝搬する単結晶またはセラミックス)からなる。圧電体層53は、例えば、厚みが600nmである。なお、送信側フィルタ13および受信側フィルタ14については、42~45° YカットX伝搬LiTaO₃圧電単結晶、または圧電セラミックスからなる圧電体層53が用いられる。

- [0049] 高音速支持基板 5 1 は、低音速膜 5 2、圧電体層 5 3 ならびに I D T 電極 5 4 を支持する基板である。高音速支持基板 5 1 は、さらに、圧電体層 5 3 を伝搬する表面波や境界波の弾性波よりも、高音速支持基板 5 1 中のバルク波の音速が高速となる基板であり、弾性表面波を圧電体層 5 3 および低音速膜 5 2 が積層されている部分に閉じ込め、高音速支持基板 5 1 より下方に漏れないように機能する。高音速支持基板 5 1 は、例えば、シリコン基板であり、厚みは、例えば 200 μm である。
- [0050] 低音速膜 5 2 は、圧電体層 5 3 を伝搬する弾性波の音速よりも、低音速膜 5 2 中のバルク波の音速が低速となる膜であり、圧電体層 5 3 と高音速支持基板 5 1 との間に配置される。この構造と、弾性波が本質的に低音速な媒質にエネルギーが集中するという性質とにより、弾性表面波エネルギーの I D T 電極外への漏れが抑制される。低音速膜 5 2 は、例えば、二酸化ケイ素を主成分とする膜であり、厚みは、例えば 670 nm である。
- [0051] 基板 5 の上記積層構造によれば、圧電基板を単層で使用している従来の構造と比較して、共振周波数および反共振周波数における Q 値を大幅に高めることが可能となる。すなわち、Q 値が高い弾性表面波共振子を構成し得るので、当該弾性表面波共振子を用いて、挿入損失が小さいフィルタを構成することが可能となる。
- [0052] また、受信側フィルタ 1 2 の共通端子 5 0 側にインピーダンス整合用のインダクタンス素子 2 1 が直列接続された場合など、複数の弾性表面波フィルタ間でのインピーダンス整合をとるため、インダクタンス素子やキャパシタンス素子などの回路素子が付加される。これにより、各共振子の Q 値が等価的に小さくなる場合が想定される。しかしながら、このような場合であっても、基板 5 の上記積層構造によれば、各共振子の Q 値を高い値に維持できる。よって、帯域内の低損失性を有する弾性表面波フィルタを形成することが可能となる。
- [0053] なお、高音速支持基板 5 1 は、支持基板と、圧電体層 5 3 を伝搬する表面波や境界波の弾性波よりも、伝搬するバルク波の音速が高速となる高音速膜

とが積層された構造を有していてもよい。この場合、支持基板は、サファイア、リチウムタンタレート、リチウムニオブ、水晶等の圧電体、アルミナ、マグネシア、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、炭化ケイ素、ジルコニア、コージライト、ムライト、ステアタイト、フォルステライト等の各種セラミック、ガラス等の誘電体またはシリコン、窒化ガリウム等の半導体及び樹脂基板等を用いることができる。また、高音速膜は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、炭化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、DLC膜またはダイヤモンド、上記材料を主成分とする媒質、上記材料の混合物を主成分とする媒質等、様々な高音速材料を用いることができる。

[0054] ここで、IDT電極の設計パラメータについて説明する。弾性表面波共振子の波長とは、図2の中段に示すIDT電極11aおよび11bを構成する複数の電極指110aおよび110bの繰り返しピッチ λ で規定される。また、IDT電極の交叉幅Lは、図2の上段に示すように、IDT電極11aの電極指110aとIDT電極11bの電極指110bとのX軸方向から見た場合の重複する電極指長さである。また、デューティー比は、複数の電極指110aおよび110bのライン幅占有率であり、複数の電極指110aおよび110bのライン幅とスペース幅との加算値に対する当該ライン幅の割合である。より具体的には、デューティー比は、IDT電極11aおよび11bを構成する電極指110aおよび110bのライン幅をWとし、隣り合う電極指110aと電極指110bとの間のスペース幅をSとした場合、 $W/(W+S)$ で定義される。

[0055] [3. 各フィルタの回路構成]

図3Aは、実施例に係るマルチプレクサ1を構成するBand 25の送信側フィルタ11の回路構成図である。図3Aに示すように、送信側フィルタ11は、直列共振子101～105と、並列共振子151～154と、整合用のインダクタンス素子141および161とを備える。

[0056] 直列共振子101～105は、送信入力端子10と送信出力端子61との間に互いに直列に接続されている。また、並列共振子151～154は、送

信入力端子 10、送信出力端子 61 および直列共振子 101～105 の各接続点と基準端子（グラウンド）との間に互いに並列に接続されている。直列共振子 101～105 および並列共振子 151～154 の上記接続構成により、送信側フィルタ 11 は、ラダー型のバンドパスフィルタを構成している。また、インダクタンス素子 141 は、送信入力端子 10 と直列共振子 101 との間に接続され、インダクタンス素子 161 は、並列共振子 152、153 および 154 の接続点と基準端子との間に接続されている。

[0057] 送信出力端子 61 は、共通端子 50 に接続されている。また、送信出力端子 61 は、直列共振子 105 に接続されており、並列共振子 151～154 のいずれにも直接接続されていない。

[0058] 図 3C は、実施例に係るマルチプレクサ 1 を構成する Band 4 の送信側フィルタ 13 の回路構成図である。図 3C に示すように、送信側フィルタ 13 は、直列共振子 301～304 と、並列共振子 351～354 と、整合用のインダクタンス素子 361～363 とを備える。

[0059] 直列共振子 301～304 は、送信入力端子 30 と送信出力端子 63 との間に互いに直列に接続されている。また、並列共振子 351～354 は、送信入力端子 30、送信出力端子 63 および直列共振子 301～304 の各接続点と基準端子（グラウンド）との間に互いに並列に接続されている。直列共振子 301～304 および並列共振子 351～354 の上記接続構成により、送信側フィルタ 13 は、ラダー型のバンドパスフィルタを構成している。

[0060] 送信出力端子 63 は、共通端子 50 に接続されている。また、送信出力端子 63 は、直列共振子 304 に接続されており、並列共振子 351～354 のいずれにも直接接続されていない。

[0061] [4. 受信側フィルタの回路構成]

図 3B は、実施例に係るマルチプレクサ 1 を構成する Band 25 の受信側フィルタ 12 の回路構成図である。図 3B に示すように、受信側フィルタ 12 は、例えば、縦結合型の弾性表面波フィルタ部を含む。より具体的には、受信側フィルタ 12 は、縦結合型フィルタ部 203 と、直列共振子 201

および202と、並列共振子251～253とを備える。

[0062] 図4は、実施例に係る縦結合型フィルタ部203の電極構成を示す概略平面図である。同図に示すように、縦結合型フィルタ部203は、IDT211～219と、反射器220および221と、入力ポート230および出力ポート240とを備える。

[0063] IDT211～219は、それぞれ、互いに対向する一对のIDT電極で構成されている。IDT214および216は、IDT215をX軸方向に挟み込むように配置され、IDT213および217は、IDT214～216をX軸方向に挟み込むように配置されている。また、IDT212および218は、IDT213～217をX軸方向に挟み込むように配置され、IDT211および219は、IDT212～218をX軸方向に挟み込むように配置されている。反射器220および221は、IDT211～219をX軸方向に挟み込むように配置されている。また、IDT211、213、215、217および219は、入力ポート230と基準端子（グラウンド）との間に並列接続され、IDT212、214、216および218は、出力ポート240と基準端子との間に並列接続されている。

[0064] また、図3Bに示すように、直列共振子201および202、ならびに、並列共振子251および252は、ラダー型フィルタ部を構成している。

[0065] 受信入力端子62は、インダクタンス素子21を介して共通端子50に接続されている。また、図3Bに示すように、受信入力端子62は、並列共振子251に接続されている。

[0066] 図3Dは、実施例に係るマルチプレクサ1を構成するBand4の受信側フィルタ14の回路構成図である。図3Dに示すように、受信側フィルタ14は、例えば、縦結合型の弾性表面波フィルタ部を含む。より具体的には、受信側フィルタ14は、縦結合型フィルタ部402と、直列共振子401と、並列共振子451とを備える。

[0067] 縦結合型フィルタ部402の電極構成は、受信側フィルタ12を構成する縦結合型フィルタ部203と比較して、IDTの配置数以外の電極構成は同

様であるので、説明を省略する。

[0068] 受信入力端子64は、共通端子50に接続されている。また、図3Dに示すように、受信入力端子64は、直列共振子401に接続されており、並列共振子451には直接接続されていない。

[0069] なお、本実施の形態に係るマルチプレクサ1が備える弾性表面波フィルタにおける共振子および回路素子の配置構成は、上記実施例に係る送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ12および14で例示した配置構成に限定されない。上記弾性表面波フィルタにおける共振子および回路素子の配置構成は、各周波数帯域(Band)における通過特性の要求仕様により異なる。上記配置構成とは、例えば、直列共振子および並列共振子の配置数であり、また、ラダー型および縦結合型などのフィルタ構成の選択である。

[0070] 本実施の形態に係るマルチプレクサ1が備える弾性波フィルタにおける共振子および回路素子の配置構成のうち、本発明の要部特徴は、(1)送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ12および14のそれぞれは、直列共振子および並列共振子の少なくとも1つを備え、(2)一の弾性波フィルタである受信側フィルタ12の受信入力端子62は、インダクタンス素子21を介して共通端子50に接続され、かつ、並列共振子251と接続され、(3)受信側フィルタ12以外の弾性波フィルタである送信側フィルタ11、13の送信出力端子61および63ならびに受信側フィルタ14の受信入力端子64は、それぞれ、共通端子50に接続され、かつ、直列共振子および並列共振子のうち直列共振子105、304および401と接続されている、ことである。

[0071] つまり、実施例に係るマルチプレクサ1は、互いに異なる通過帯域を有する複数の弾性表面波フィルタと、アンテナ素子2との接続経路にインダクタンス素子31が直列接続される共通端子50と、インダクタンス素子21とを備える。ここで、複数の弾性表面波フィルタのそれぞれは、基板5上に形成されたIDT電極を有し入力端子と出力端子との間に接続された直列共振

子、および、基板5上に形成されたIDT電極を有し入力端子と出力端子とを接続する電気経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備える。また、複数の弾性表面波フィルタのうち、受信側フィルタ12の受信入力端子62は、インダクタンス素子21を介して共通端子50に接続され、かつ、並列共振子251と接続される。一方、送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ14の送信出力端子61および63ならびに受信入力端子64は、それぞれ、共通端子50に接続され、かつ、直列共振子105、304および401と接続され、並列共振子と接続されていない。

[0072] 上記要部特徴を有するマルチプレクサ1によれば、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、それらを構成する各フィルタの通過帯域内の挿入損失を低減することが可能となる。

[0073] [5. 弾性表面波フィルタの動作原理]

ここで、本実施例に係るラダー型の弾性表面波フィルタの動作原理について説明しておく。

[0074] 例えば、図3Aに示された並列共振子151～154は、それぞれ、共振特性において共振周波数 f_{rp} および反共振周波数 f_{ap} ($> f_{rp}$)を有している。また、直列共振子101～105は、それぞれ、共振特性において共振周波数 f_{rs} および反共振周波数 f_{as} ($> f_{rs} > f_{rp}$)を有している。なお、直列共振子101～105の共振周波数 f_{rs} は、略一致するように設計されるが、必ずしも一致していない。また、直列共振子101～105の反共振周波数 f_{as} 、並列共振子151～154の共振周波数 f_{rp} 、および、並列共振子151～154の反共振周波数 f_{ap} についても同様であり、必ずしも一致していない。

[0075] ラダー型の共振子によりバンドパスフィルタを構成するにあたり、並列共振子151～154の反共振周波数 f_{ap} と直列共振子101～105の共振周波数 f_{rs} とを近接させる。これにより、並列共振子151～154のインピーダンスが0に近づく共振周波数 f_{rp} 近傍は、低域側阻止域となる

。また、これより周波数が増加すると、反共振周波数 f_{ap} 近傍で並列共振子 151～154 のインピーダンスが高くなり、かつ、共振周波数 f_{rs} 近傍で直列共振子 101～105 のインピーダンスが 0 に近づく。これにより、反共振周波数 f_{ap} ～共振周波数 f_{rs} の近傍では、送信入力端子 10 から送信出力端子 61 への信号経路において信号通過域となる。さらに、周波数が高くなり、反共振周波数 f_{as} 近傍になると、直列共振子 101～105 のインピーダンスが高くなり、高周波側阻止域となる。つまり、直列共振子 101～105 の反共振周波数 f_{as} を、信号通過域外のどこに設定するかにより、高周波側阻止域における減衰特性の急峻性が大きく影響する。

[0076] 送信側フィルタ 11 において、送信入力端子 10 から高周波信号が入力されると、送信入力端子 10 と基準端子との間で電位差が生じ、これにより、基板 5 が歪むことで X 方向に伝搬する弾性表面波が発生する。ここで、IDT 電極 11a および 11b のピッチ λ と、通過帯域の波長とを略一致させておくことにより、通過させたい周波数成分を有する高周波信号のみが送信側フィルタ 11 を通過する。

[0077] 以下、本実施例に係るマルチプレクサ 1 の周波数特性およびインピーダンス特性について、比較例に係るマルチプレクサと比較しながら説明する。

[0078] [6. 比較例に係るマルチプレクサの構成]

図 5 は、比較例に係るマルチプレクサ 600 の回路構成図である。また、図 6A は、比較例に係るマルチプレクサ 600 を構成する Band 25 の送信側フィルタ 66 の回路構成図である。図 6B は、比較例に係るマルチプレクサ 600 を構成する Band 25 の受信側フィルタ 67 の回路構成図である。図 6C は、比較例に係るマルチプレクサ 600 を構成する Band 4 の送信側フィルタ 68 の回路構成図である。図 6D は、比較例に係るマルチプレクサ 600 を構成する Band 4 の受信側フィルタ 69 の回路構成図である。

[0079] 図 5 に示すように、マルチプレクサ 600 は、送信側フィルタ 66 および 68 と、受信側フィルタ 67 および 69 と、共通端子 650 と、送信入力端

子 6 6 0 および 6 8 0 と、受信出力端子 6 7 0 および 6 9 0 とを備える。また、共通端子 6 5 0 とアンテナ素子 2 との接続ノードに、インダクタンス素子 7 1 が並列接続されている。

[0080] 以下、比較例に係るマルチプレクサ 6 0 0 の具体的構成について、実施例に係るマルチプレクサ 1 と異なる点を中心に説明する。

[0081] 送信側フィルタ 6 6 は、図 6 A に示すように、送信側フィルタ 1 1 と同じ回路構成である。送信側フィルタ 6 8 は、図 6 C に示すように、送信側フィルタ 1 3 と同じ回路構成である。受信側フィルタ 6 9 は、図 6 D に示すように、受信側フィルタ 1 4 と同じ回路構成である。

[0082] 受信側フィルタ 6 7 は、図 6 B に示すように、受信側フィルタ 1 2 と比較して、受信入力端子 6 7 5 には直列共振子 7 0 1 が接続されており、並列共振子が接続されていない点のみが構成として異なる。

[0083] 以上のように、比較例に係るマルチプレクサ 6 0 0 は、実施例に係るマルチプレクサ 1 と比較して、(1) 受信側フィルタ 6 7 と共通端子 6 5 0 との間にインダクタンス素子が直列接続されていない点、(2) 共通端子 6 5 0 とアンテナ素子 2 との間に配置されたインダクタンス素子 7 1 は直列接続ではなく並列接続である点、および(3) 受信側フィルタ 6 7 の受信入力端子 6 7 5 には直列共振子 7 0 1 が接続されており並列共振子が接続されていない点、が構成として異なる。

[0084] [7 . 実施例と比較例との特性比較]

図 7 A は、実施例および比較例に係る B a n d 2 5 の送信側フィルタ 1 1 および 6 6 の通過特性を比較したグラフである。図 7 B は、実施例および比較例に係る B a n d 2 5 の受信側フィルタ 1 2 および 6 7 の通過特性を比較したグラフである。図 7 C は、実施例および比較例に係る B a n d 4 の送信側フィルタ 1 3 および 6 8 の通過特性を比較したグラフである。図 7 D は、実施例および比較例に係る B a n d 4 の受信側フィルタ 1 4 および 6 9 の通過特性を比較したグラフである。

[0085] 図 7 A ~ 図 7 D より、B a n d 2 5 の送信側および受信側、ならびに、B

a n d 4 の送信側において、実施例の通過帯域内の挿入損失が比較例の通過帯域内の挿入損失よりも優れていることが解る。さらに、実施例に係るマルチプレクサ 1 では、B a n d 2 5 の送信側および受信側、ならびに、B a n d 4 の送信側および受信側の全ての周波数帯域において、通過帯域内の要求仕様（送信側挿入損失 2. 0 d B 以下、および、受信側挿入損失 3. 0 d B 以下）を満足していることが解る。

[0086] 一方、比較例に係るマルチプレクサ 6 0 0 では、B a n d 2 5 の送信側および受信側において、通過帯域内の要求仕様を満足していないことが解る。

[0087] 以上のように、本実施例に係るマルチプレクサ 1 によれば、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、それらを構成する各フィルタの通過帯域内の挿入損失を低減することが可能となる。

[0088] 以下では、本実施の形態に係るマルチプレクサ 1 が通過帯域内の低損失性を実現できる理由を説明する。

[0089] [8. 比較例におけるインピーダンス整合]

図 8 A および図 8 B は、それぞれ、比較例に係る B a n d 2 5 の送信側フィルタ 6 6 単体の送信出力端子 6 6 5 から見た複素インピーダンス、および、受信側フィルタ 6 7 単体の受信入力端子 6 7 5 から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。また、図 8 C および図 8 D は、それぞれ、比較例に係る B a n d 4 の送信側フィルタ 6 8 単体の送信出力端子 6 8 5 から見た複素インピーダンス、および受信側フィルタ 6 9 単体の受信入力端子 6 9 5 から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[0090] 比較例に係るマルチプレクサ 6 0 0 では、各フィルタを共通端子 6 5 0 に接続した後、並列接続されたインダクタンス素子 7 1 により最終的なインピーダンス整合をとる。このため、各フィルタ単体でのインピーダンス特性においては、通過帯域外の周波数領域における複素インピーダンスがオープン側に来るように設計する。具体的には、図 8 A における送信側フィルタ 6 6 の通過帯域外領域 B_{OUT66} 、図 8 B における受信側フィルタ 6 7 の通過帯域外領域 B_{OUT67} 、図 8 C における送信側フィルタ 6 8 の通過帯域外領域 B_{OUT68} 、および

、図8Dにおける受信側フィルタ69の通過帯域外領域 B_{OUT69} 、の複素インピーダンスを、全て略オープン側に配置している。これらの複素インピーダンス配置を実現するため、全てのフィルタの、共通端子650に接続される共振子を、並列共振子ではなく直列共振子としている。

[0091] 図9は、比較例に係る4つのフィルタを共通端子650で並列接続した回路の、共通端子650から見た複素インピーダンスを表すスミスチャート（左側）であり、共通端子650にインダクタンス素子71を並列接続した場合の複素インピーダンスの動きを説明するスミスチャート（右側）である。

[0092] 図9の左側に示されるように、4つのフィルタを共通端子650で並列接続した回路の通過帯域における複素インピーダンスは、高い容量性（スミスチャートの下半円の外周領域）を示している。また、マルチモード化およびマルチバンド化が加速することで対応すべきフィルタの数が増加するほど、上記回路の複素インピーダンスの容量性は強くなる。

[0093] ここで、上記通過帯域における複素インピーダンスを特性インピーダンスへと整合させるためには、図9の右側に示されるように、並列接続されたインダクタンス素子71のインダクタンス値を小さくする方向へ調整する必要がある。つまり、フィルタの数が増加するほど、より小さいインダクタンス値を有するインダクタンス素子71を並列接続する必要がある。本比較例では、インダクタンス素子71のインダクタンス値は、例えば、1.5nHであった。

[0094] しかしながら、このような小さなインダクタンス値をもつインダクタンス素子71を並列接続すると、インダクタンス素子71のインピーダンスが小さくなり、基準（接地）端子へ向けて電流が流れ易くなる。これにより、通過させたい高周波信号が基準（接地）端子へ漏洩し、各フィルタの通過帯域における挿入損失が大きくなってしまう。

[0095] [9. 実施例におけるインピーダンス整合]

図10Aおよび図10Bは、それぞれ、実施例に係るBand25の送信側フィルタ11単体の送信出力端子61から見た複素インピーダンス、およ

び、受信側フィルタ12単体の受信入力端子62から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。また、図10Cおよび図10Dは、それぞれ、実施例に係るBand4の送信側フィルタ13単体の送信出力端子63から見た複素インピーダンス、および、受信側フィルタ14単体の受信入力端子64から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[0096] 実施例に係るマルチプレクサ1では、送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ14単体でのインピーダンス特性においては、比較例と同様に、通過帯域外の周波数領域における複素インピーダンスがオープン側に来るように設計される。具体的には、図10Aにおける、第2インダクタ21が接続されていない送信側フィルタ11の通過帯域外領域 B_{OUT11} 、図10Cにおける、第2インダクタ21が接続されていない送信側フィルタ13の通過帯域外領域 B_{OUT13} 、および、図10Dにおける、第2インダクタ21が接続されていない受信側フィルタ14の通過帯域外領域 B_{OUT14} の複素インピーダンスを、略オープン側に配置している。これらの複素インピーダンス配置を実現するため、上記3つのフィルタの、共通端子50に接続される共振子を、並列共振子ではなく直列共振子としている。

[0097] 一方、第2インダクタ21が接続されている受信側フィルタ12では、共通端子50に接続される共振子を、並列共振子としている。このため、図10Bに示すように、受信側フィルタ14の通過帯域外領域 B_{OUT12} の複素インピーダンスを、略ショート側に配置している。この通過帯域外領域 B_{OUT12} をショート側に配置した目的については後述する。

[0098] 図11は、実施例に係るBand25の受信側フィルタ12とインダクタンス素子21とが直列接続された回路単体の共通端子50から見た複素インピーダンスを表すスミスチャート（左側）、および、実施例に係るBand25の受信側フィルタ12以外の全てのフィルタを共通端子50で並列接続した回路単体の共通端子50から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。

[0099] 図11に示すように、インダクタンス素子21と受信側フィルタ12の入

力端子とが直列接続された状態で、インダクタンス素子21を介して受信側フィルタ12単体を見た場合の、所定の通過帯域における複素インピーダンスと、送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ14の入力端子および出力端子のうちアンテナ素子2に近い方の端子が共通端子50と接続された状態で、共通端子50と接続された上記端子側から送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ14を見た場合の、上記所定の通過帯域における複素インピーダンスとは、概ね複素共役に近い関係にあることが解る。つまり、上記2つの複素インピーダンスを合成すれば、インピーダンス整合がとれて、合成された回路の複素インピーダンスが特性インピーダンス付近に来ることとなる。なお、2つの回路の複素インピーダンスが複素共役の関係にあるとは、互いの複素インピーダンスの複素成分の正負が反転している関係を含み、複素成分の絶対値が等しい場合に限定されない。つまり、本実施の形態における複素共役の関係とは、一方の回路の複素インピーダンスが容量性（スミスチャートの下半円）に位置し、他方の回路の複素インピーダンスが誘導性（スミスチャートの上半円）に位置するような関係も含まれる。

[0100] ここで、図10Bに示すように、受信側フィルタ12の通過帯域外領域 B_{OUT12} の複素インピーダンスを略ショート側に配置した目的は、通過帯域外領域 B_{OUT12} （送信側フィルタ11および13ならびに受信側フィルタ14の通過帯域）の複素インピーダンスを、より小さなインダクタンス値を有するインダクタンス素子21により、上記複素共役の関係を有する位置にシフトさせるためである。なお、このときのインダクタンス素子21のインダクタンス値は、例えば、5.9 nHである。仮に、受信側フィルタ12の通過帯域外領域 B_{OUT12} が、比較例のようにオープン側に位置する場合には、より大きなインダクタンス値を有するインダクタンス素子21により、通過帯域外領域 B_{OUT12} を上記複素共役の関係を有する位置にシフトさせなければならない。インダクタンス素子21は、直列接続されているので、インダクタンス値が大きければ大きいほど受信側フィルタ12の通過帯域内の挿入損失が悪化してしまう

。つまり、実施例に係る受信側フィルタ 12 のように、並列共振子 251 を利用して通過帯域外領域 B_{OUT12} の複素インピーダンスをショート側に配置させることによりインダクタンス素子 21 のインダクタンス値を小さくできるので、通過帯域内の挿入損失を低減することが可能となる。

[0101] 図 12A は、実施例に係るマルチプレクサ 1 を共通端子 50 から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。つまり、図 12A に示された複素インピーダンスは、図 11 に示された 2 つの回路を合成したマルチプレクサの共通端子 50 から見た複素インピーダンスを表している。図 11 に示された 2 つの回路の複素インピーダンスを、互いに複素共役となる関係に配置したことにより、合成された回路の複素インピーダンスは、4 つの通過帯域において特性インピーダンスに接近したものとなっており、インピーダンス整合が実現されている。

[0102] 図 12B は、実施例に係るマルチプレクサ 1 の共通端子 50 とアンテナ素子 2 との間にインダクタンス素子 31 を直列接続した場合の、アンテナ素子 2 側から見た複素インピーダンスを表すスミスチャートである。図 12A に示されたように、互いに複素共役となる関係に配置された 2 つの回路を合成した回路では、わずかながら、複素インピーダンスが特性インピーダンスから外れている（わずかに容量性側へずれている）。これに対して、共通端子 50 とアンテナ素子 2 との間にインダクタンス素子 31 を直列接続することにより、共通端子 50 から見たマルチプレクサ 1 の複素インピーダンスを、誘導側方向へと微調整している。なお、このときのインダクタンス素子 31 のインダクタンス値は、例えば、2.3 nH である。これにより、マルチプレクサ 1 を構成する各フィルタの挿入損失を損なうことなく、各フィルタの通過帯域における複素インピーダンスを特性インピーダンスに一致させることが可能となる。

[0103] [10. 実施例および比較例のまとめ]

以上、実施例に係るマルチプレクサ 1 は、比較例に係るマルチプレクサ 600 と比較して、(1) 受信側フィルタ 12 と共通端子 50 との間にインダ

クタンス素子 21 が直列接続されており、(2) 共通端子 50 とアンテナ素子 2 との間に配置されたインダクタンス素子 31 は並列接続ではなく直列接続されており、(3) 受信側フィルタ 12 の受信入力端子 62 には並列共振子 251 が接続されている点が構成として異なる。

[0104] これによれば、小さなインダクタンス値を有するインダクタンス素子 21 と受信側フィルタ 12 とが直列接続された回路単体の共通端子 50 から見た複素インピーダンスと、受信側フィルタ 12 以外の全てのフィルタを共通端子 50 で並列接続した回路単体の共通端子 50 から見た複素インピーダンスとを、複素共役の関係にすることができる。これにより、上記 2 つの回路が合成された回路を有するマルチプレクサ 1 の共通端子 50 から見た複素インピーダンスを、通過帯域内の低損失性を確保しつつ特性インピーダンスと整合させることが可能となる。また、共通端子 50 とアンテナ素子 2 との間に、小さなインダクタンス値を有するインダクタンス素子 31 を直列接続することにより、共通端子 50 から見たマルチプレクサ 1 の複素インピーダンスを、誘導側方向へと微調整することが可能となる。

[0105] [11. 高周波フロントエンド回路および通信装置の構成]

ここで、上記実施例に係るマルチプレクサ 1 を備える高周波フロントエンド回路 70 および通信装置 80 について説明する。

[0106] 図 13 は、実施例に係るマルチプレクサ 1 を備える高周波フロントエンド回路 70 および通信装置 80 の回路構成図である。同図には、高周波フロントエンド回路 70 と、アンテナ素子 2 と、RF 信号処理回路 (RFIC) 3 と、ベースバンド信号処理回路 (BBIC) 4 と、インダクタンス素子 31 とが示されている。高周波フロントエンド回路 70 と RF 信号処理回路 3 と、ベースバンド信号処理回路 4 とは、通信装置 80 を構成している。

[0107] 高周波フロントエンド回路 70 は、実施例に係るマルチプレクサ 1 と、送信側スイッチ 26 および受信側スイッチ 27 と、パワーアンプ回路 28 と、ローノイズアンプ回路 29 と、を備える。

[0108] 送信側スイッチ 26 は、マルチプレクサ 1 の送信入力端子 10 および 30

に個別に接続された2つの選択端子、ならびに、パワーアンプ回路28に接続された共通端子を有するスイッチ回路である。

[0109] 受信側スイッチ27は、マルチプレクサ1の受信出力端子20および40に個別に接続された2つの選択端子、ならびに、ローノイズアンプ回路29に接続された共通端子を有するスイッチ回路である。

[0110] これら送信側スイッチ26および受信側スイッチ27は、それぞれ、制御部（図示せず）からの制御信号にしたがって、共通端子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、共通端子と接続される選択端子は1つに限らず、複数であってもかまわない。つまり、高周波フロントエンド回路70は、キャリアアグリゲーションに対応してもかまわない。

[0111] パワーアンプ回路28は、RF信号処理回路3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、送信側スイッチ26およびマルチプレクサ1を経由してアンテナ素子2に出力する送信増幅回路である。

[0112] ローノイズアンプ回路29は、アンテナ素子2、マルチプレクサ1および受信側スイッチ27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3へ出力する受信増幅回路である。

[0113] RF信号処理回路3は、アンテナ素子2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ベースバンド信号処理回路4へ出力する。また、RF信号処理回路3は、ベースバンド信号処理回路4から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パワーアンプ回路24へ出力する。RF信号処理回路3は、例えば、RFICである。

[0114] ベースバンド信号処理回路4で処理された信号は、例えば、画像信号として画像表示のために、または、音声信号として通話のために使用される。

[0115] なお、高周波フロントエンド回路70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。

[0116] 以上のように構成された高周波フロントエンド回路70および通信装置80によれば、上記実施例に係るマルチプレクサ1を備えることにより、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、各バンドの信号経路を構成する各フィルタの通過帯域内の挿入損失を低減することが可能となる。

[0117] また、通信装置80は、高周波信号の処理方式に応じて、ベースバンド信号処理回路4を備えていなくてもよい。

[0118] (その他の変形例など)

以上、本発明の実施の形態に係るマルチプレクサについて、クワッドプレクサの実施例を挙げて説明したが、本発明は、上記実施例には限定されない。例えば、上記実施例に次のような変形を施した態様も、本発明に含まれ得る。

[0119] 例えば、実施例に係る基板5の圧電体層53は、 50° YカットX伝搬LiTaO₃単結晶を使用したものであるが、単結晶材料のカット角はこれに限定されない。つまり、LiTaO₃単結晶を圧電体層として用いて、実施例に係るマルチプレクサを構成する弾性表面波フィルタの圧電体層のカット角は、 50° Yであることに限定されない。上記以外のカット角を有するLiTaO₃圧電体層を用いた弾性表面波フィルタであっても、同様の効果を奏することが可能となる。また、上記圧電体層は、LiNbO₃などの他の圧電単結晶からなるものであってもよい。また、本発明において、基板5としては、圧電体層53を有する限り、全体が圧電体層からなるものの他、支持基板上に圧電体層が積層されている構造を用いてもよい。

[0120] また、本発明に係るマルチプレクサ1は、さらに、アンテナ素子2と共通端子50との間に直列接続されたインダクタンス素子31を備えてもよい。例えば、本発明に係るマルチプレクサ1は、高周波基板上に、上述した特徴を有する複数の弾性波フィルタと、チップ上のインダクタンス素子21および31とが実装された構成を有していてもよい。

[0121] また、インダクタンス素子21および31は、例えば、チップインダクタ

であってもよく、また、高周波基板の導体パターンにより形成されたものであってもよい。

[0122] また、本発明に係るマルチプレクサは、実施例のような Band 25 + Band 4 のクワッドプレクサに限られない。

[0123] 図 14 A は、実施の形態の変形例 1 に係るマルチプレクサの構成を示す図である。例えば、本発明に係るマルチプレクサは、図 14 A に示すように、送信帯域および受信帯域を有する Band 25、Band 4 および Band 30 を組み合わせたシステム構成に適用される、6 つの周波数帯域を有するヘキサプレクサであってもよい。この場合、例えば、Band 25 の受信側フィルタに、インダクタンス素子 21 が直列接続され、Band 25 の受信側フィルタの受信入力端子には並列共振子が接続される。さらに、Band 25 の受信側フィルタ以外の 5 つのフィルタの共通端子と接続される端子には、直列共振子が接続され並列共振子は接続されない。

[0124] 図 14 B は、実施の形態の変形例 2 に係るマルチプレクサの構成を示す図である。例えば、本発明に係るマルチプレクサは、図 14 B に示すように、送信帯域および受信帯域を有する Band 1、Band 3 および Band 7 を組み合わせたシステム構成に適用される、6 つの周波数帯域を有するヘキサプレクサであってもよい。この場合、例えば、Band 1 の受信側フィルタに、インダクタンス素子 21 が直列接続され、Band 1 の受信側フィルタの受信入力端子には並列共振子が接続される。さらに、Band 1 の受信側フィルタ以外の 5 つのフィルタの共通端子と接続される端子には、直列共振子が接続され並列共振子は接続されない。

[0125] 前述したように、本発明に係るマルチプレクサでは、構成要素である弾性波フィルタの数が多いほど、従来の整合手法により構成されたマルチプレクサと比較して、通過帯域内の挿入損失を低減できる。

[0126] さらに、本発明に係るマルチプレクサは、送受信を行うデュプレクサを複数有する構成でなくてもよい。例えば、複数の送信周波数帯域を有する送信装置として適用できる。つまり、互いに異なる搬送周波数帯域を有する複数

の高周波信号を入力し、当該複数の高周波信号をフィルタリングして共通のアンテナ素子から無線送信させる送信装置であって、送信回路から複数の高周波信号を入力し、所定の周波数帯域のみを通過させる複数の送信用弾性波フィルタと、アンテナ素子との接続経路に第1インダクタンス素子が直列接続される共通端子とを備えていてもよい。ここで、複数の送信用弾性波フィルタのそれぞれは、圧電体層上に形成されたIDT電極を有し入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、圧電体層上に形成されたIDT電極を有し入力端子と出力端子とを接続する電気経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備える。また、複数の送信用弾性波フィルタのうち、一の送信用弾性波フィルタの出力端子は、当該出力端子および共通端子に接続された第2インダクタンス素子を介して共通端子に接続され、かつ、並列共振子と接続される。一方、上記一の送信用弾性波フィルタ以外の送信用弾性波フィルタの出力端子は、共通端子に接続され、かつ、直列共振子および並列共振子のうち直列共振子と接続されている。

[0127] さらに、本発明に係るマルチプレクサは、例えば、複数の受信周波数帯域を有する受信装置として適用できる。つまり、互いに異なる搬送周波数帯域を有する複数の高周波信号を、アンテナ素子を介して入力し、当該複数の高周波信号を分波して受信回路へ出力する受信装置であって、アンテナ素子から複数の高周波信号を入力し、所定の周波数帯域のみを通過させる複数の受信用弾性波フィルタと、アンテナ素子との接続経路に第1インダクタンス素子が直列接続される共通端子とを備えてもよい。ここで、複数の受信用弾性波フィルタのそれぞれは、圧電体層上に形成されたIDT電極を有し入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、圧電体層上に形成されたIDT電極を有し入力端子と出力端子とを接続する電気経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備える。また、複数の受信用弾性波フィルタのうち、一の受信用弾性波フィルタの入力端子は、当該入力端子および共通端子に接続された第2インダクタンス素子を介して共通端子に接続され、かつ、並列共振子と接続される。一方、上記一の受信用弾

性波フィルタ以外の受信用弾性波フィルタの入力端子は、共通端子に接続され、かつ、直列共振子および並列共振子のうち直列共振子と接続されている。

[0128] 上記のような構成を有する送信装置または受信装置であっても、本実施の形態に係るマルチプレクサ1と同様の効果が奏される。

[0129] また、本発明は、上記のような特徴的な弾性波フィルタおよびインダクタンス素子を備えるマルチプレクサ、送信装置および受信装置だけではなく、このような特徴的な構成要素をステップとしたマルチプレクサのインピーダンス整合方法としても成立する。

[0130] 図15は、実施の形態に係るマルチプレクサのインピーダンス整合方法を説明する動作フローチャートである。

[0131] 本発明に係るマルチプレクサのインピーダンス整合方法は、(1)互いに異なる通過帯域を有する複数の弾性波フィルタのうち、一の弾性波フィルタ(弾性波フィルタA)の入力端子および出力端子の一方から、当該一の弾性波フィルタ単体を見た場合の、他の弾性波フィルタの通過帯域における複素インピーダンスがショート状態となり、上記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタ(弾性波フィルタB)の入力端子および出力端子の一方から、当該弾性波フィルタ単体を見た場合の、他の弾性波フィルタの通過帯域における複素インピーダンスがオープン状態となるよう、複数の弾性波フィルタを調整するステップ(S10)と、(2)上記一の弾性波フィルタ(弾性波フィルタA)にフィルタ整合用インダクタンス素子が直列接続された場合の、フィルタ整合用インダクタンス素子側から上記一の弾性波フィルタを見た場合の複素インピーダンスと、上記一の弾性波フィルタ以外の他の弾性波フィルタ(複数の弾性波フィルタB)が共通端子に並列接続された場合の、共通端子側から他の弾性波フィルタを見た場合の複素インピーダンスとが、複素共役の関係となるように、フィルタ整合用インダクタンス素子のインダクタンス値を調整するステップ(S20)と、(3)フィルタ整合用インダクタンス素子を介して上記一の弾性波フィルタ(弾性波フィルタA)が共通端子

と接続され、かつ、共通端子に上記他の弾性波フィルタ（複数の弾性波フィルタ B）が並列接続された合成回路の、共通端子から見た複素インピーダンスが、特性インピーダンスと一致するようアンテナ素子と共通端子との間に直列接続されるアンテナ整合用インダクタンス素子のインダクタンス値を調整するステップ（S30）とを含み、（4）複数の弾性波フィルタを調整するステップでは、圧電体層上に形成された I D T 電極を有し入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、圧電体層上に形成された I D T 電極を有し入力端子と出力端子とを接続する電気経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも 1 つを有する上記複数の弾性波フィルタのうち、上記一の弾性波フィルタにおいて、並列共振子がフィルタ整合用インダクタンス素子と接続されるよう並列共振子および直列共振子を配置し、上記他の弾性波フィルタにおいて、並列共振子および直列共振子のうち直列共振子が共通端子と接続されるよう、並列共振子および直列共振子を配置する、ことを特徴とする。

[0132] これにより、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、低損失のマルチプレクサを提供することが可能となる。

[0133] また、上記実施の形態では、マルチプレクサ、クワッドプレクサ、送信装置、受信装置、高周波フロントエンド回路、および通信装置を構成する送信側フィルタおよび受信側フィルタとして、I D T 電極を有する弾性表面波フィルタを例示した。しかしながら、本発明に係るマルチプレクサ、クワッドプレクサ、送信装置、受信装置、高周波フロントエンド回路、および通信装置を構成する各フィルタは、直列共振子および並列共振子で構成される弾性境界波や B A W (B u l k A c o u s t i c W a v e) を用いた弾性波フィルタであってもよい。これによっても、上記実施の形態に係るマルチプレクサ、クワッドプレクサ、送信装置、受信装置、高周波フロントエンド回路、および通信装置、が有する効果と同様の効果が奏される。

[0134] また、上記実施例に係るマルチプレクサ 1 では、受信側フィルタ 20 にインダクタ素子 21 が直列接続された構成を例示したが、送信側フィルタにイ

ンダクタ素子 21 が直列接続された構成も本発明に含まれる。つまり、本発明に係るマルチプレクサは、互いに異なる通過帯域を有する複数の弾性波フィルタと、アンテナ素子 2 との接続経路に第 1 インダクタンス素子が直列接続される共通端子と、第 2 インダクタンス素子とを備え、複数の弾性波フィルタのうち、送信側フィルタの出力端子は、当該出力端子および共通端子に接続された第 2 インダクタンス素子を介して共通端子に接続され、かつ、並列共振子と接続され、上記送信側フィルタ以外の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうちアンテナ素子側の端子は、共通端子に接続され、かつ、直列共振子および並列共振子のうち直列共振子と接続されている、構成を有していてもよい。これによっても、対応すべきバンド数およびモード数が増加しても、低損失のマルチプレクサを提供することが可能となる。

産業上の利用可能性

[0135] 本発明は、マルチバンド化およびマルチモード化された周波数規格に適用できる低損失のマルチプレクサ、送信装置、および受信装置として、携帯電話などの通信機器に広く利用できる。

符号の説明

[0136] 1、600 マルチプレクサ
2 アンテナ素子
3 RF 信号処理回路 (RFIC)
4 ベースバンド信号処理回路 (BBIC)
5 基板
10、30、660、680 送信入力端子
11、13、66、68 送信側フィルタ
11a、11b、54 IDT 電極
12、14、67、69 受信側フィルタ
20、40、670、680 受信出力端子
21、31、71、141、161、361、362、363、641、661、861、862、863 インダクタンス素子

- 26 送信側スイッチ
- 27 受信側スイッチ
- 28 パワーアンプ回路
- 29 ローノイズアンプ回路
- 50、650 共通端子
- 51 高音速支持基板
- 52 低音速膜
- 53 圧電体層
- 55 保護層
- 61、63、665、685 送信出力端子
- 62、64、675、695 受信入力端子
- 70 高周波フロントエンド回路
- 80 通信装置
- 101、102、103、104、105、201、202、301、302、303、304、401、601、602、603、604、605、701、702、801、802、803、804、901 直列共振子
- 110a、110b 電極指
- 111a、111b バスバー電極
- 151、152、153、154、251、252、253、351、352、353、354、451、651、652、653、654、751、752、851、852、853、854、951 並列共振子
- 203、402 縦結合型フィルタ部
- 211、212、213、214、215、216、217、218、219 IDT
- 220、221 反射器
- 230 入力ポート
- 240 出力ポート

- 5 4 1 密着層
- 5 4 2 主電極層

請求の範囲

[請求項1] アンテナ素子を介して複数の高周波信号を送受信するマルチプレクサであって、

互いに異なる通過帯域を有する複数の弾性波フィルタと、

前記アンテナ素子との接続経路に第1インダクタンス素子が直列接続される共通端子と、

第2インダクタンス素子とを備え、

前記複数の弾性波フィルタのそれぞれは、入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、前記入力端子と前記出力端子とを接続する接続経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備え、

前記複数の弾性波フィルタのうち、一の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうち前記アンテナ素子側の端子は、当該端子および前記共通端子に接続された前記第2インダクタンス素子を介して前記共通端子に接続され、かつ、前記並列共振子と接続され、

前記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうち前記アンテナ素子側の端子は、前記共通端子に接続され、かつ、前記直列共振子および前記並列共振子のうち前記直列共振子と接続されている

マルチプレクサ。

[請求項2] 前記第2インダクタンス素子と前記一の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうち前記アンテナ素子に近い方の端子とが直列接続された状態で、前記第2インダクタンス素子を介して前記一の弾性波フィルタ単体を見た場合の、所定の通過帯域における複素インピーダンスと、前記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタの入力端子および出力端子のうち前記アンテナ素子に近い方の端子が前記共通端子と接続された状態で、前記共通端子と接続された前記端子側から前記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタを見た場合の、前記所定の

通過帯域における複素インピーダンスとは、複素共役の関係にある請求項 1 に記載のマルチプレクサ。

[請求項3]

前記直列共振子および前記並列共振子は、IDT電極を有し、

前記IDT電極が一方面上に形成された圧電体層と、

前記圧電体層を伝搬する弾性波音速よりも、伝搬するバルク波音速が高速である高音速支持基板と、

前記高音速支持基板と前記圧電体層との間に配置され、前記圧電体層を伝搬する弾性波音速よりも、伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜とを備える

請求項 1 または 2 に記載のマルチプレクサ。

[請求項4]

前記マルチプレクサは、前記複数の弾性波フィルタとして、

第 1 の通過帯域を有し、前記アンテナ素子へ送信信号を出力する第 1 の前記弾性波フィルタと、

前記第 1 の通過帯域に隣接する第 2 の通過帯域を有し、前記アンテナ素子から受信信号を入力する第 2 の前記弾性波フィルタと、

前記第 1 の通過帯域および前記第 2 の通過帯域より低周波側にある第 3 の通過帯域を有し、前記アンテナ素子へ送信信号を出力する第 3 の前記弾性波フィルタと、

前記第 1 の通過帯域および前記第 2 の通過帯域より高周波側にある第 4 の通過帯域を有し、前記アンテナ素子から受信信号を入力する第 4 の前記弾性波フィルタとを備え、

前記第 2 インダクタンス素子が接続された前記一の弾性波フィルタは、前記第 2 の前記弾性波フィルタおよび前記第 4 の前記弾性波フィルタの少なくとも一方である

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のマルチプレクサ。

[請求項5]

さらに、

前記第 1 インダクタンス素子を備える

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のマルチプレクサ。

[請求項6]

互いに異なる搬送周波数帯域を有する複数の高周波信号を入力し、当該複数の高周波信号をフィルタリングして共通のアンテナ素子から無線送信させる送信装置であって、

送信回路から前記複数の高周波信号を入力し、所定の周波数帯域のみを通過させる複数の送信用弾性波フィルタと、

前記アンテナ素子との接続経路に第1インダクタンス素子が直列接続される共通端子とを備え、

前記複数の送信用弾性波フィルタのそれぞれは、入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、前記入力端子と前記出力端子とを接続する接続経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備え、

前記複数の送信用弾性波フィルタのうち、一の送信用弾性波フィルタの出力端子は、当該出力端子および前記共通端子に接続された第2インダクタンス素子を介して前記共通端子に接続され、かつ、前記並列共振子と接続され、

前記一の送信用弾性波フィルタ以外の送信用弾性波フィルタの出力端子は、前記共通端子に接続され、かつ、前記直列共振子および前記並列共振子のうち前記直列共振子と接続されている

送信装置。

[請求項7]

互いに異なる搬送周波数帯域を有する複数の高周波信号を、アンテナ素子を介して入力し、当該複数の高周波信号を分波して受信回路へ出力する受信装置であって、

前記アンテナ素子から前記複数の高周波信号を入力し、所定の周波数帯域のみを通過させる複数の受信用弾性波フィルタと、

前記アンテナ素子との接続経路に第1インダクタンス素子が直列接続される共通端子とを備え、

前記複数の受信用弾性波フィルタのそれぞれは、入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、前記入力端子と前記出力

端子とを接続する電気経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを備え、

前記複数の受信用弾性波フィルタのうち、一の受信用弾性波フィルタの入力端子は、当該入力端子および前記共通端子に接続された第2インダクタンス素子を介して前記共通端子に接続され、かつ、前記並列共振子と接続され、

前記一の受信用弾性波フィルタ以外の受信用弾性波フィルタの入力端子は、前記共通端子に接続され、かつ、前記直列共振子および前記並列共振子のうち前記直列共振子と接続されている

受信装置。

[請求項8]

アンテナ素子を介して複数の高周波信号を送受信するマルチプレクサのインピーダンス整合方法であって、

互いに異なる通過帯域を有する複数の弾性波フィルタのうち、一の弾性波フィルタの入力端子および出力端子の一方から、当該一の弾性波フィルタ単体を見た場合の、他の弾性波フィルタの通過帯域における複素インピーダンスがショート状態となり、前記一の弾性波フィルタ以外の弾性波フィルタの入力端子および出力端子の一方から、当該弾性波フィルタ単体を見た場合の、他の弾性波フィルタの通過帯域における複素インピーダンスがオープン状態となるよう、前記複数の弾性波フィルタを調整するステップと、

前記一の弾性波フィルタにフィルタ整合用インダクタンス素子が直列接続された場合の、前記フィルタ整合用インダクタンス素子側から前記一の弾性波フィルタを見た場合の複素インピーダンスと、前記一の弾性波フィルタ以外の他の弾性波フィルタが共通端子に並列接続された場合の、前記共通端子側から前記他の弾性波フィルタを見た場合の複素インピーダンスとが、複素共役の関係となるように、フィルタ整合用インダクタンス素子のインダクタンス値を調整するステップと、

、

前記フィルタ整合用インダクタンス素子を介して前記一の弾性波フィルタが前記共通端子と接続され、かつ、前記共通端子に前記他の弾性波フィルタが並列接続された合成回路の、前記共通端子から見た複素インピーダンスが特性インピーダンスと一致するように、前記アンテナ素子と前記共通端子との間に直列接続されるアンテナ整合用インダクタンス素子のインダクタンス値を調整するステップとを含み、

前記複数の弾性波フィルタを調整するステップでは、

入力端子と出力端子との間に接続された直列共振子、および、前記入力端子と前記出力端子とを接続する電気経路と基準端子との間に接続された並列共振子の少なくとも1つを有する前記複数の弾性波フィルタのうち、前記一の弾性波フィルタにおいて、前記並列共振子が前記フィルタ整合用インダクタンス素子と接続されるよう前記並列共振子および前記直列共振子を配置し、前記他の弾性波フィルタにおいて、前記並列共振子および前記直列共振子のうち前記直列共振子が前記共通端子と接続されるよう、前記並列共振子および前記直列共振子を配置する

マルチプレクサのインピーダンス整合方法。

[請求項9]

請求項1～5のいずれか1項に記載のマルチプレクサと、前記マルチプレクサに接続された増幅回路と、を備える高周波フロントエンド回路。

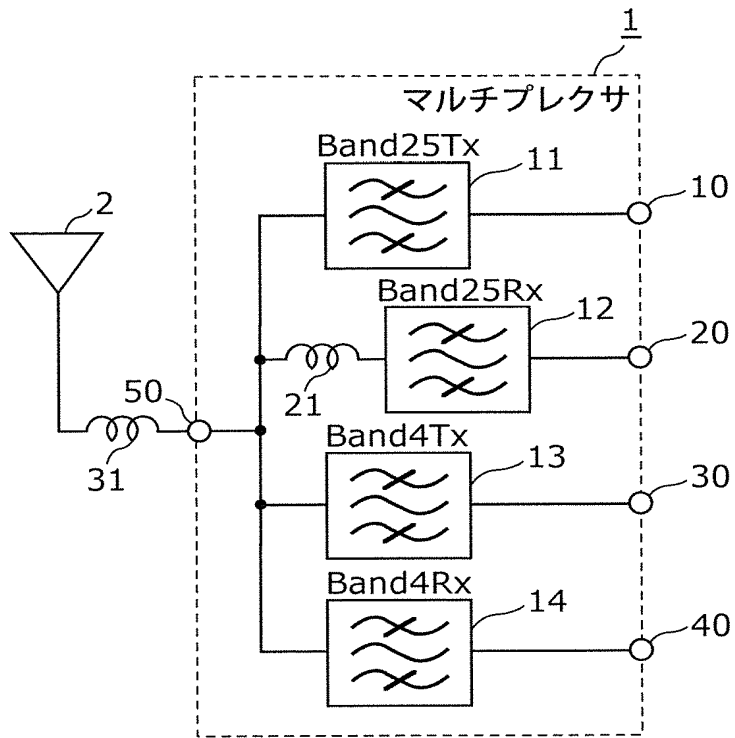
[請求項10]

アンテナ素子で送受信される高周波信号を処理するRF信号処理回路と、

前記アンテナ素子と前記RF信号処理回路との間で前記高周波信号を伝達する請求項9に記載の高周波フロントエンド回路と、を備える通信装置。

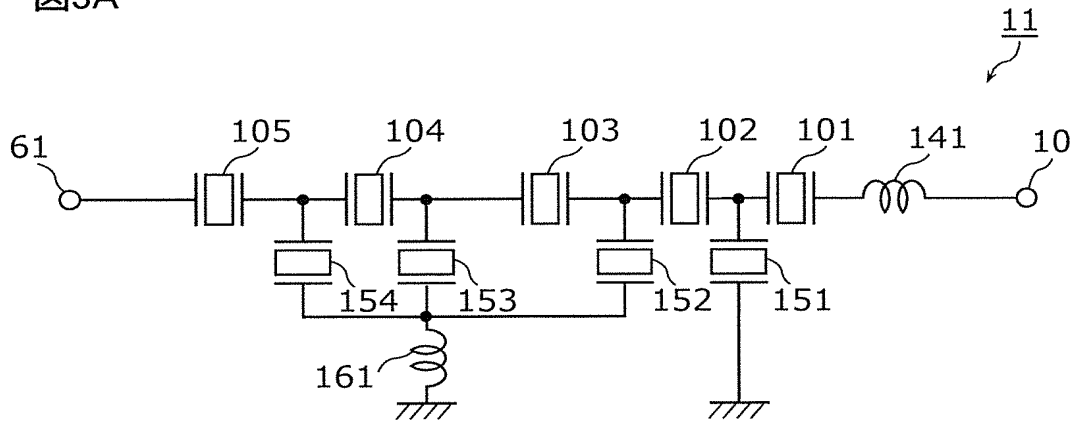
[図1]

図1



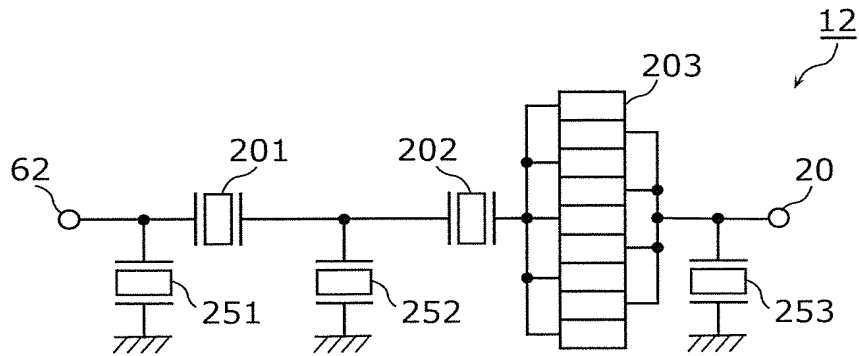
[図3A]

図3A



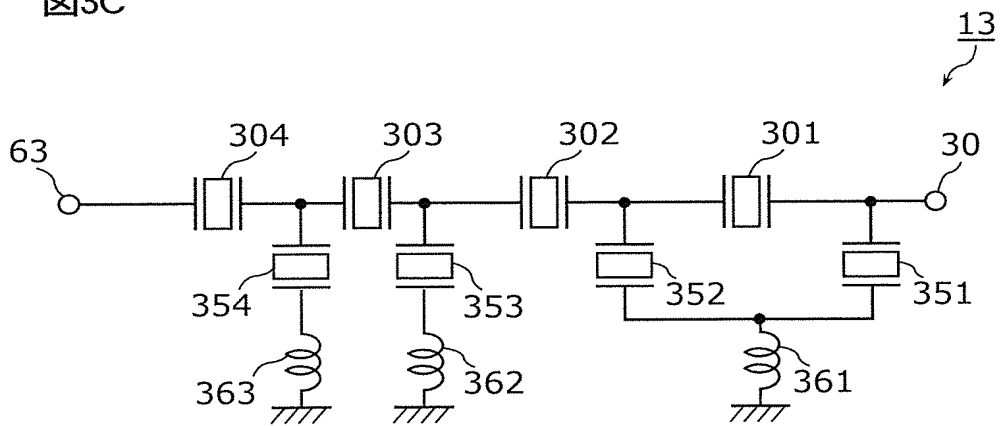
[図3B]

図3B



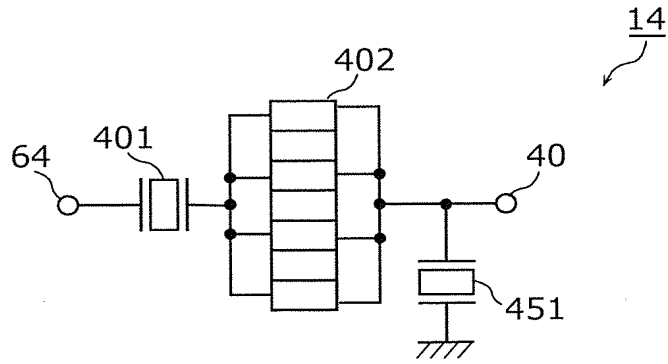
[図3C]

図3C



[図3D]

図3D



[圖4]

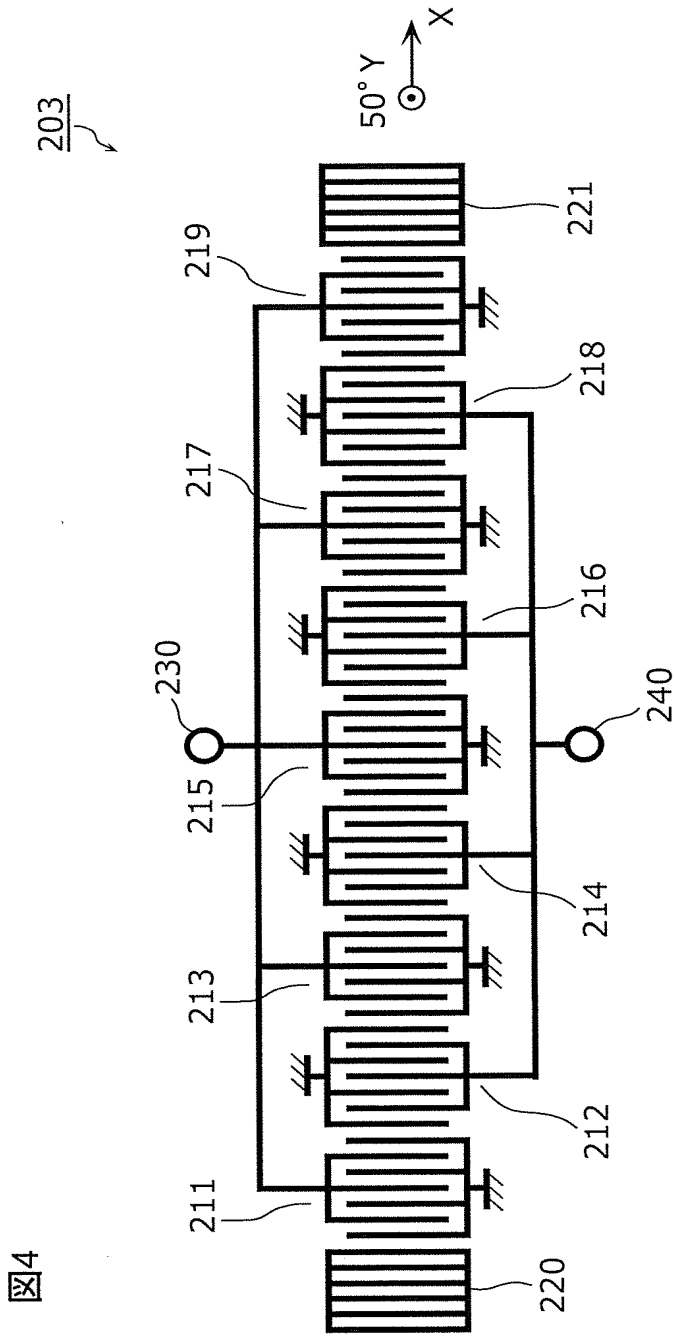
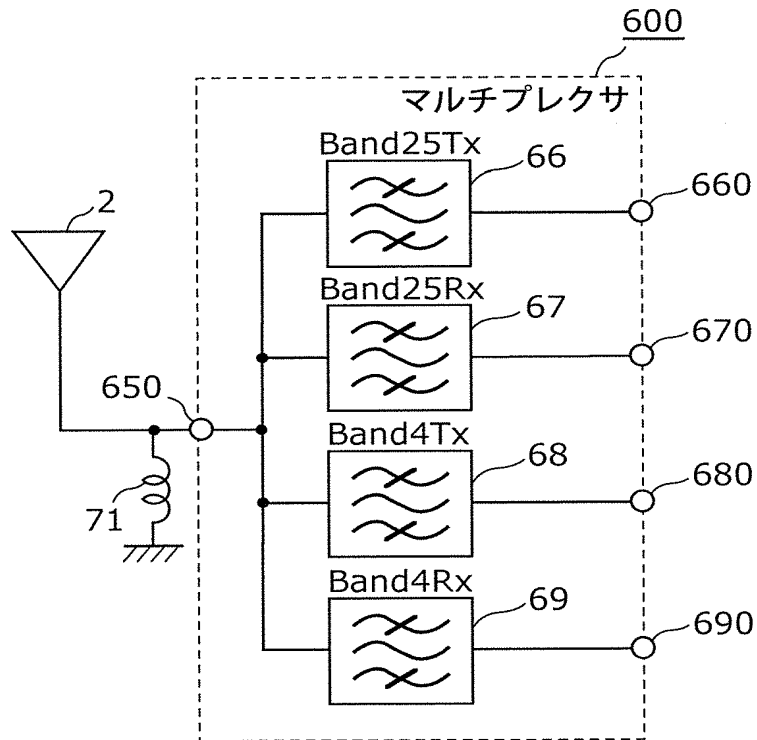


圖4

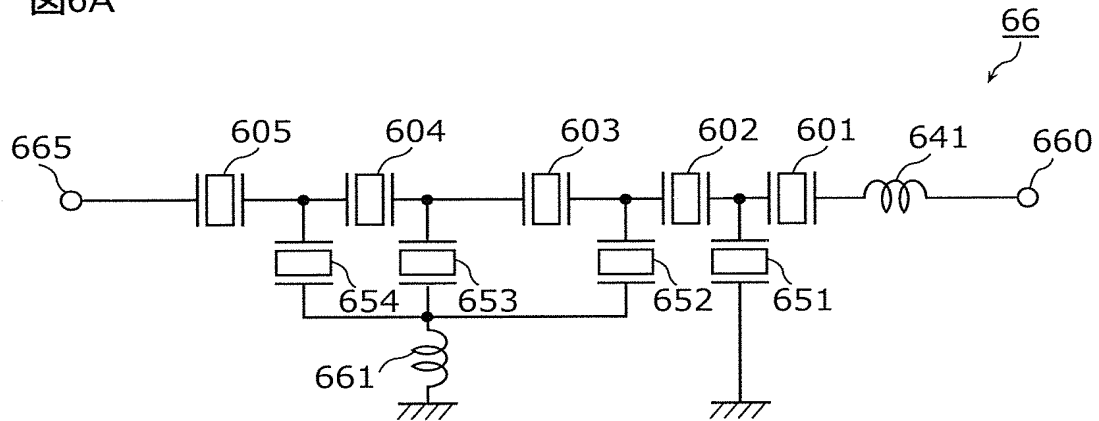
[図5]

図5



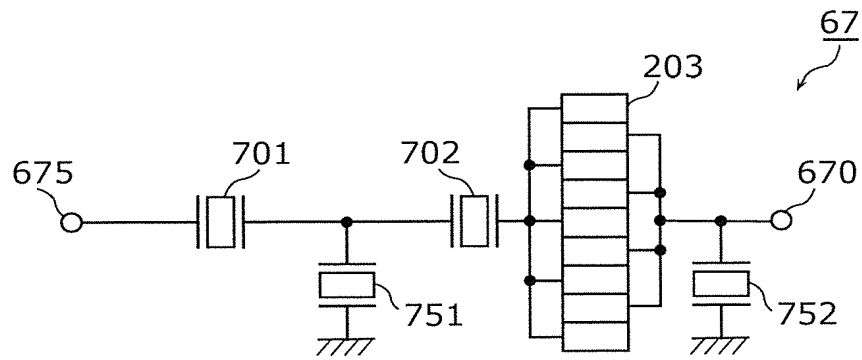
[図6A]

図6A



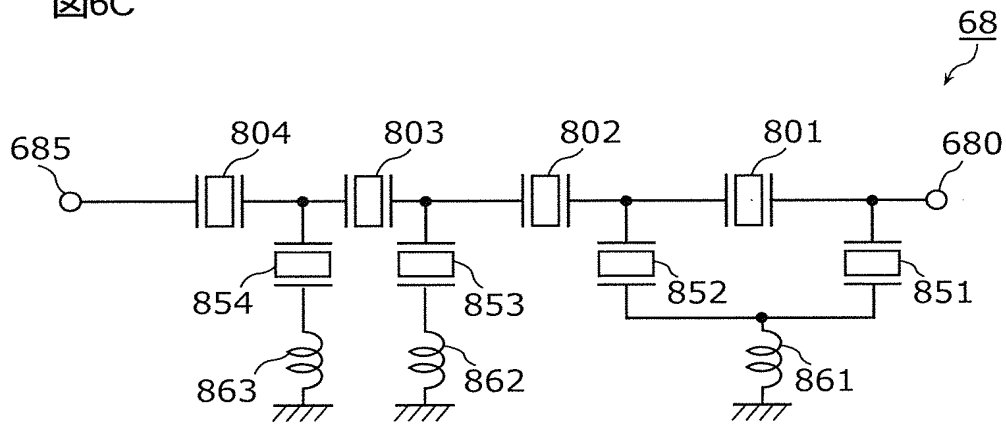
[図6B]

図6B



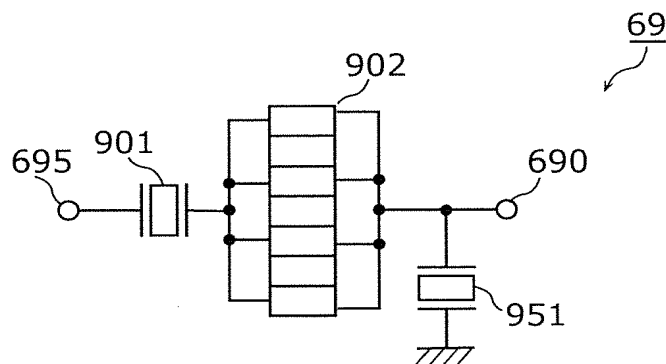
[図6C]

図6C



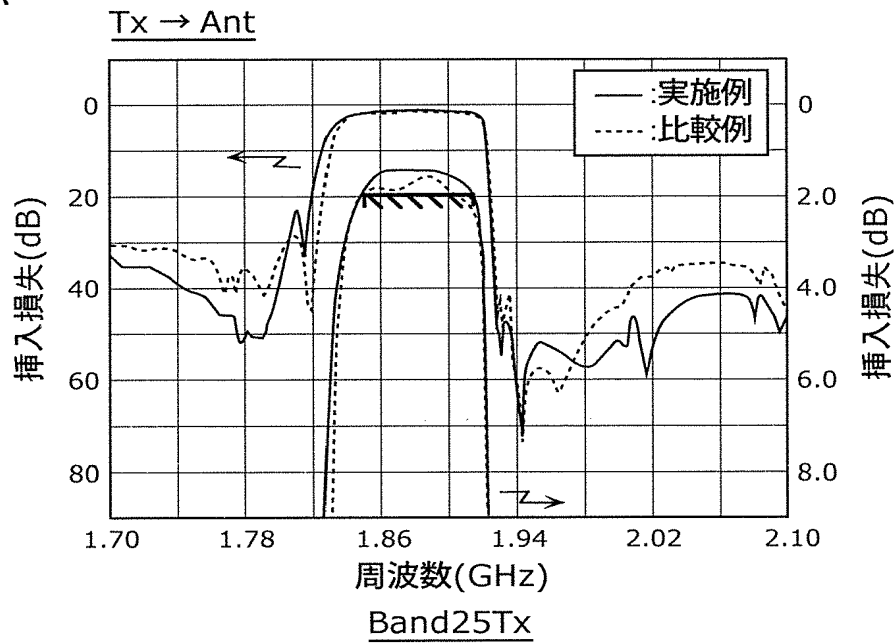
[図6D]

図6D



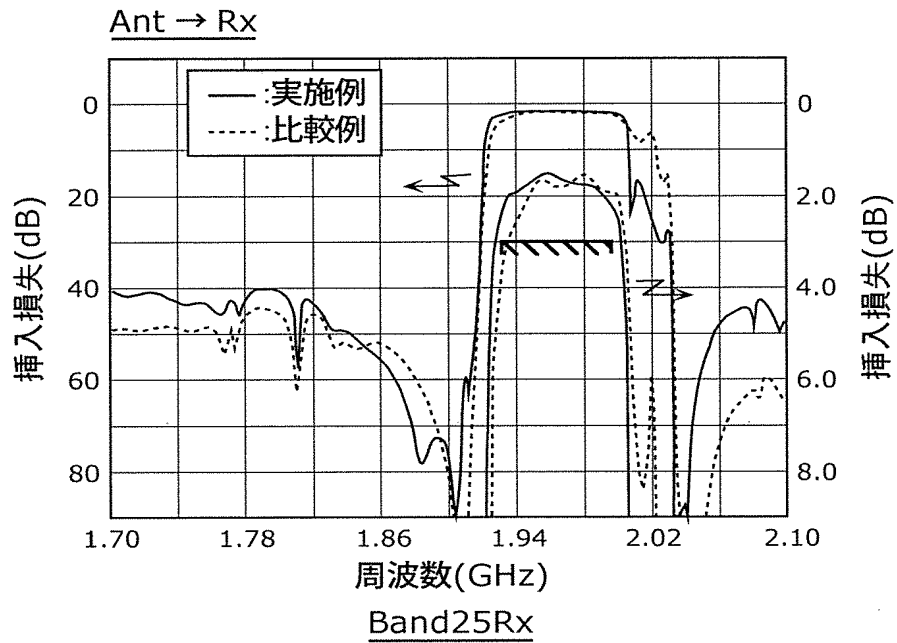
[図7A]

図7A



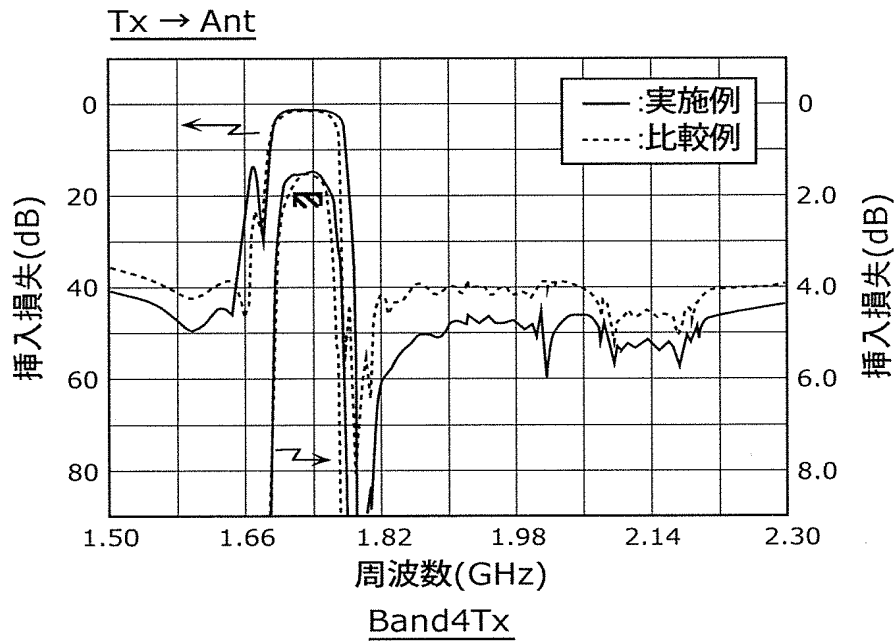
[図7B]

図7B



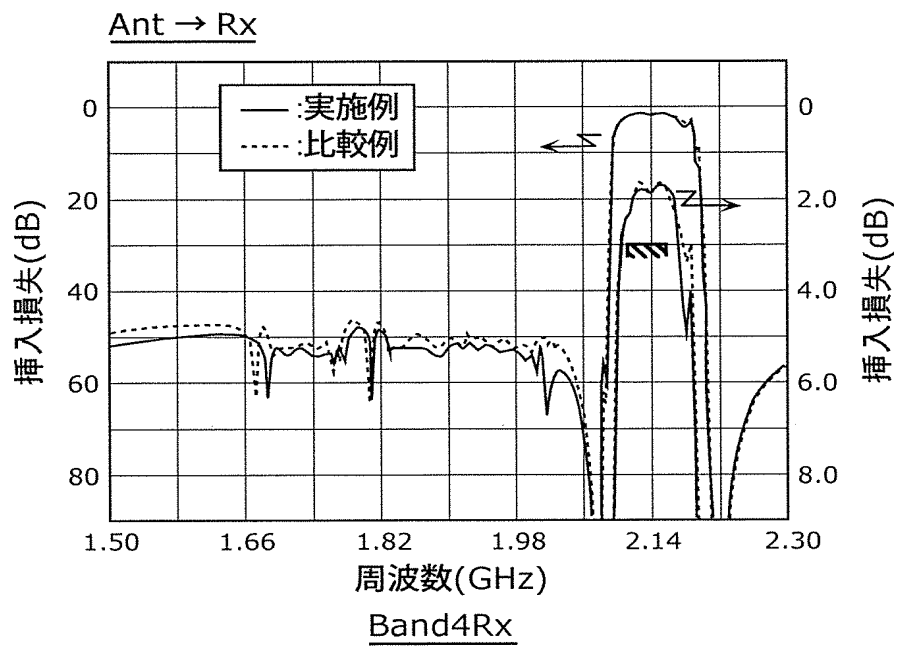
[図7C]

図7C



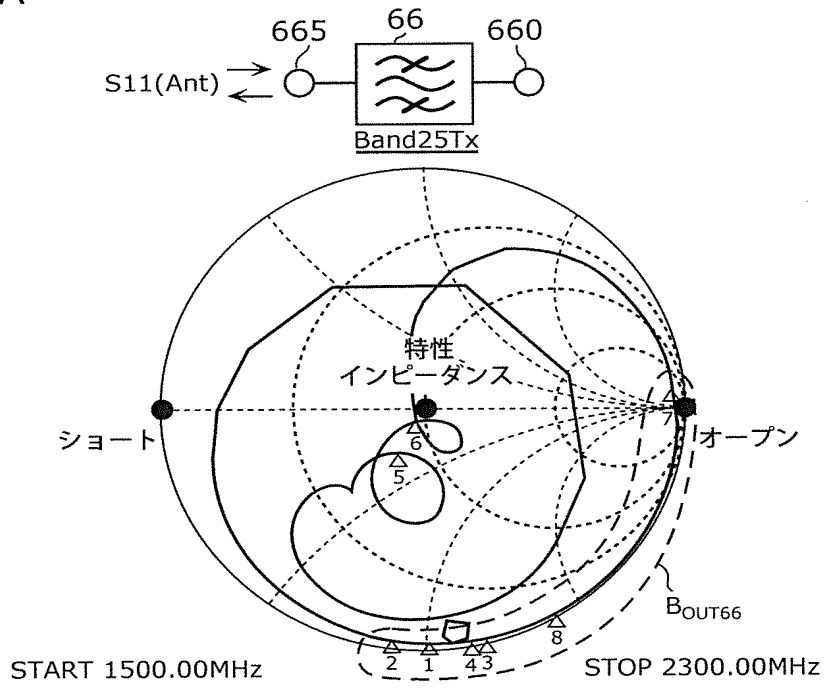
[図7D]

図7D



[図8A]

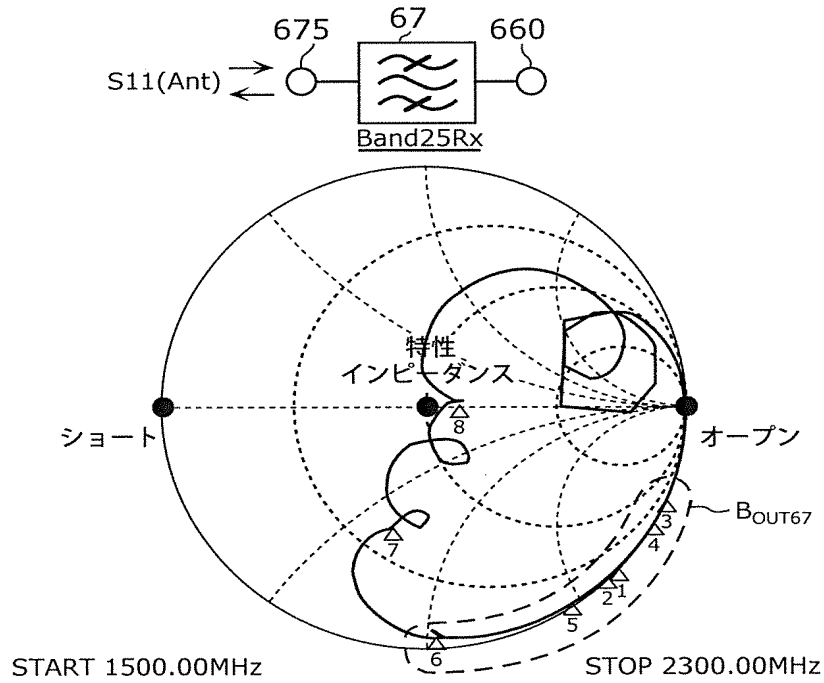
図8A



マーカ1:Band4Tx(1710MHz)
マーカ2:Band4Tx(1755MHz)
マーカ3:Band4Rx(2110MHz)
マーカ4:Band4Rx(2155MHz)
マーカ5:Band25Tx(1850MHz)
マーカ6:Band25Tx(1915MHz)
マーカ7:Band25Rx(1930MHz)
マーカ8:Band25Rx(1995MHz)

[図8B]

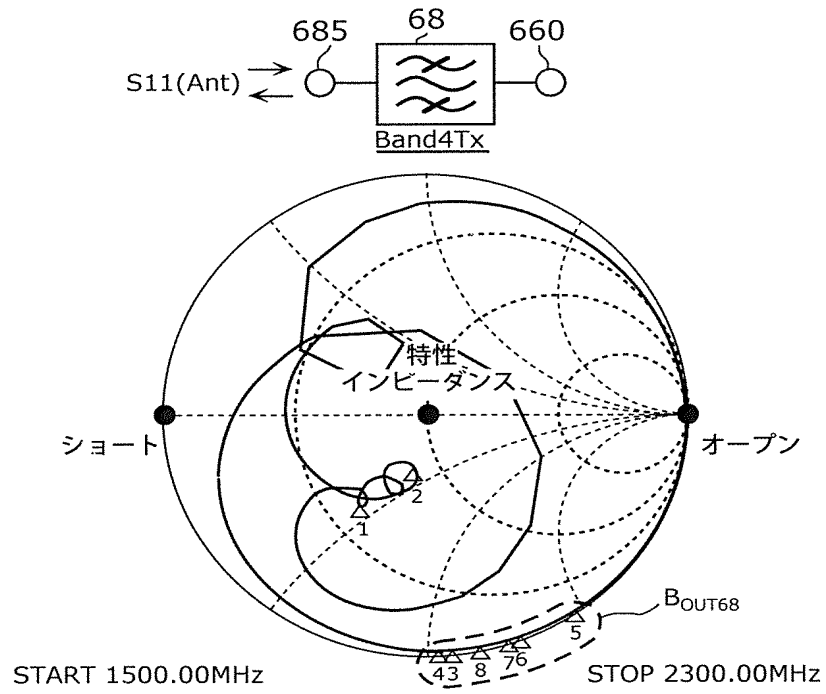
図8B



マーカ1:Band4Tx(1710MHz)
マーカ2:Band4Tx(1755MHz)
マーカ3:Band4Rx(2110MHz)
マーカ4:Band4Rx(2155MHz)
マーカ5:Band25Tx(1850MHz)
マーカ6:Band25Tx(1915MHz)
マーカ7:Band25Rx(1930MHz)
マーカ8:Band25Rx(1995MHz)

[図8C]

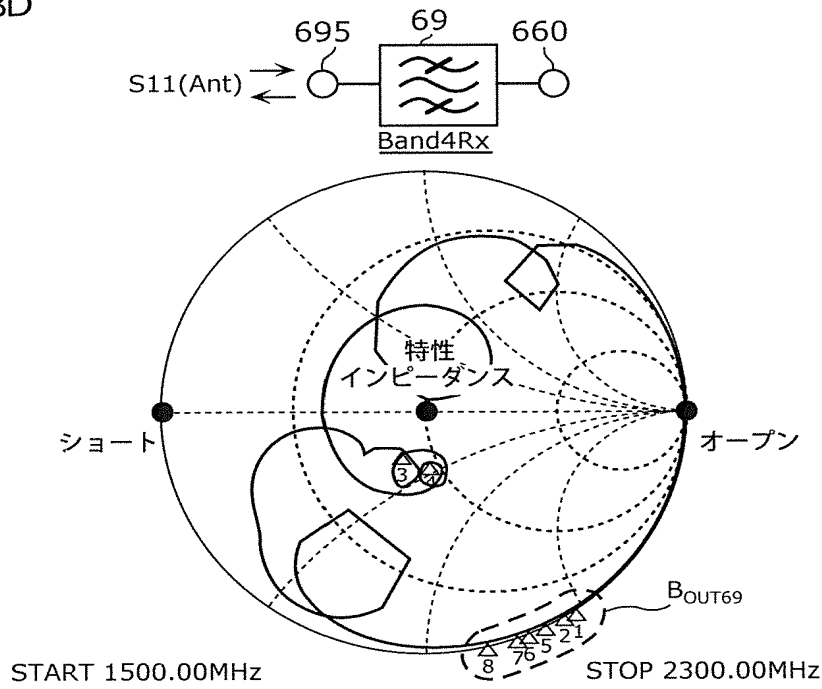
図8C



マーカ1:Band4Tx(1710MHz)
マーカ2:Band4Tx(1755MHz)
マーカ3:Band4Rx(2110MHz)
マーカ4:Band4Rx(2155MHz)
マーカ5:Band25Tx(1850MHz)
マーカ6:Band25Tx(1915MHz)
マーカ7:Band25Rx(1930MHz)
マーカ8:Band25Rx(1995MHz)

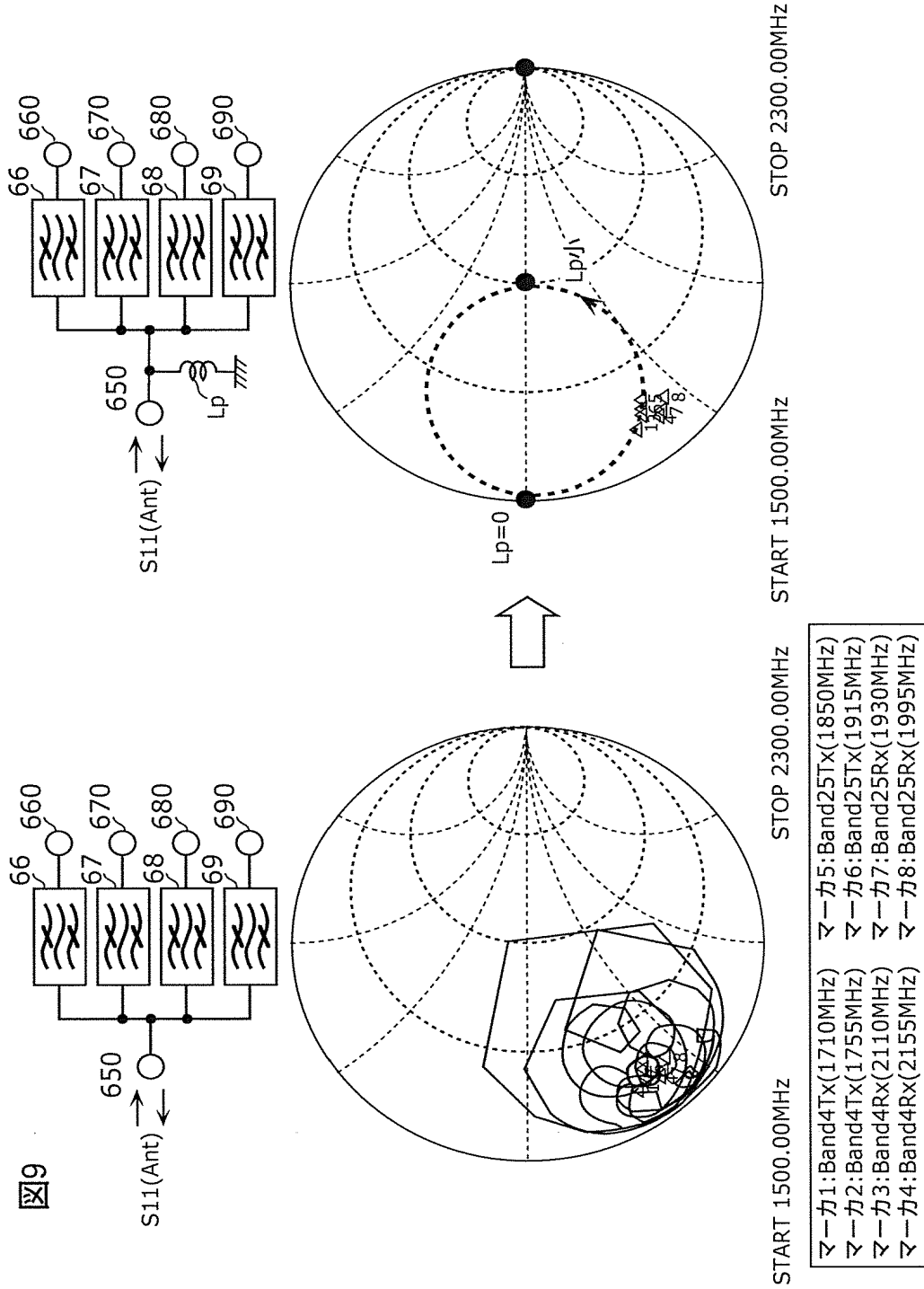
[図8D]

図8D



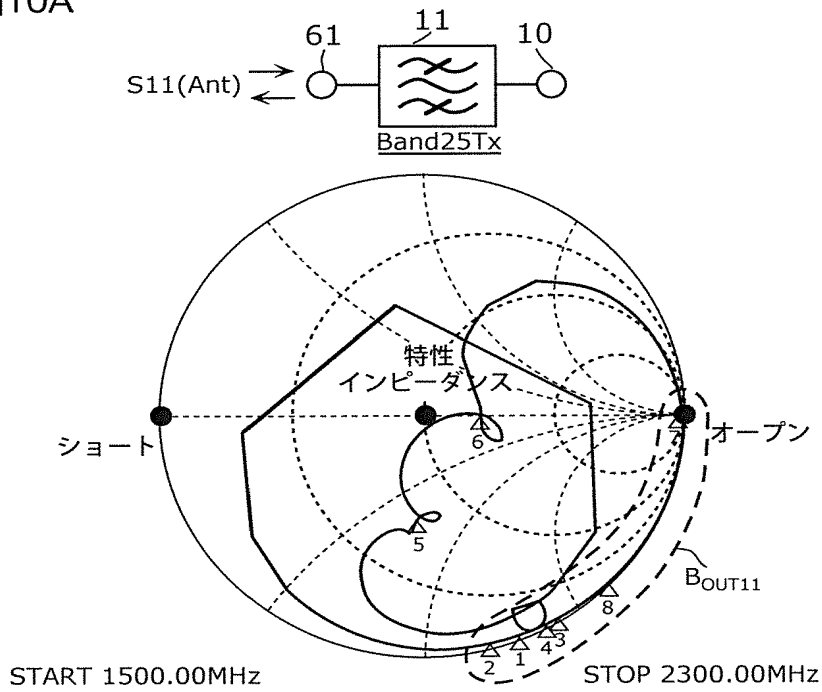
マーカ1: Band4Tx(1710MHz)
マーカ2: Band4Tx(1755MHz)
マーカ3: Band4Rx(2110MHz)
マーカ4: Band4Rx(2155MHz)
マーカ5: Band25Tx(1850MHz)
マーカ6: Band25Tx(1915MHz)
マーカ7: Band25Rx(1930MHz)
マーカ8: Band25Rx(1995MHz)

[図9]



[図10A]

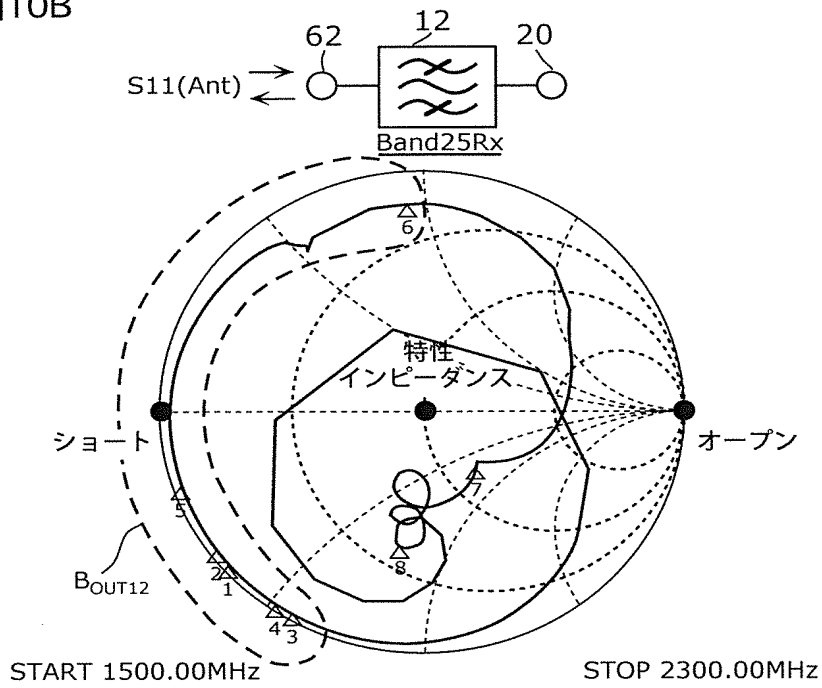
図10A



- マーカ1: Band4Tx(1710MHz)
- マーカ2: Band4Tx(1755MHz)
- マーカ3: Band4Rx(2110MHz)
- マーカ4: Band4Rx(2155MHz)
- マーカ5: Band25Tx(1850MHz)
- マーカ6: Band25Tx(1915MHz)
- マーカ7: Band25Rx(1930MHz)
- マーカ8: Band25Rx(1995MHz)

[図10B]

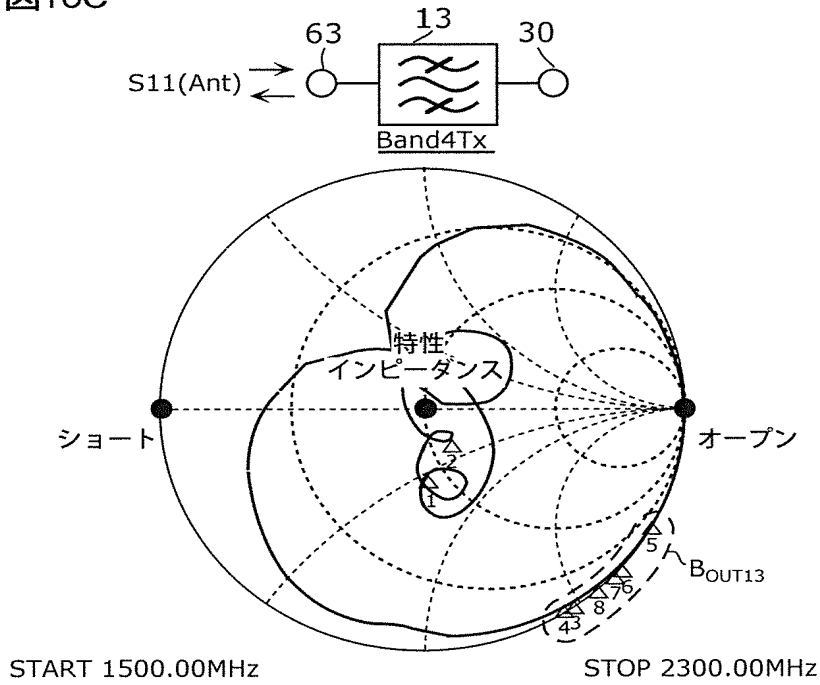
図10B



- マーカ1:Band4Tx(1710MHz)
- マーカ2:Band4Tx(1755MHz)
- マーカ3:Band4Rx(2110MHz)
- マーカ4:Band4Rx(2155MHz)
- マーカ5:Band25Tx(1850MHz)
- マーカ6:Band25Tx(1915MHz)
- マーカ7:Band25Rx(1930MHz)
- マーカ8:Band25Rx(1995MHz)

[図10C]

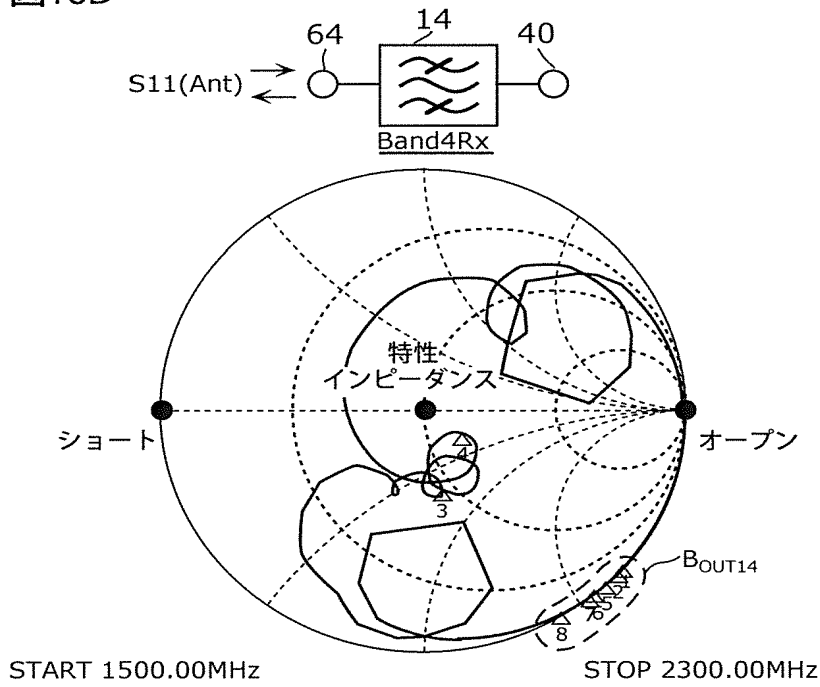
図10C



マーカ1:Band4Tx(1710MHz)
マーカ2:Band4Tx(1755MHz)
マーカ3:Band4Rx(2110MHz)
マーカ4:Band4Rx(2155MHz)
マーカ5:Band25Tx(1850MHz)
マーカ6:Band25Tx(1915MHz)
マーカ7:Band25Rx(1930MHz)
マーカ8:Band25Rx(1995MHz)

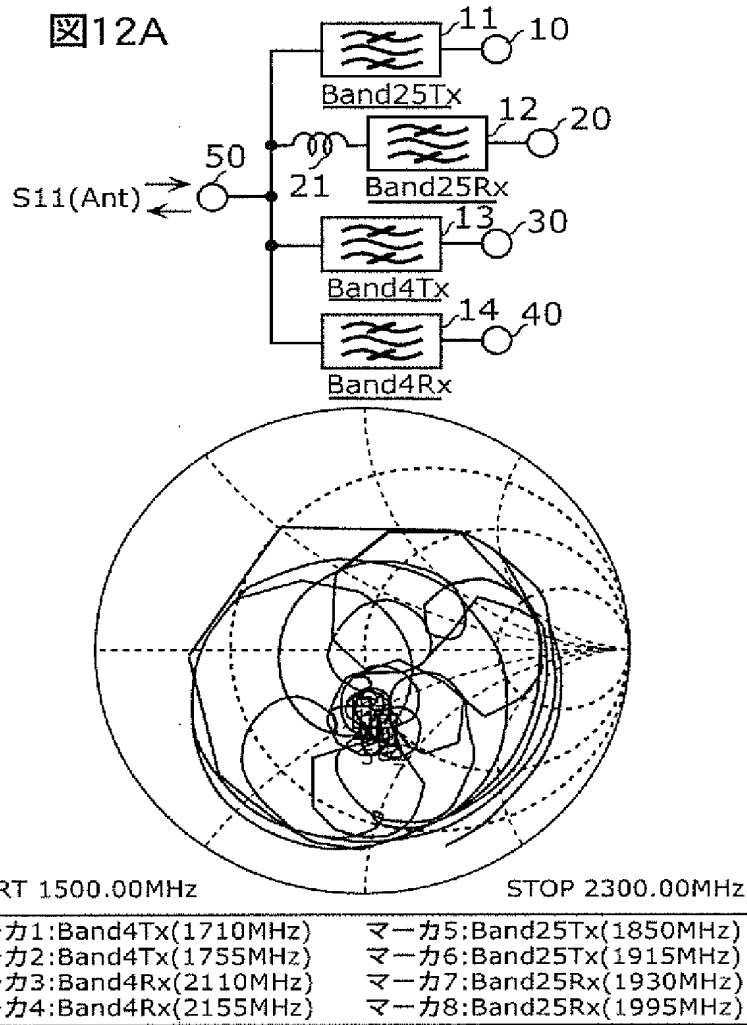
[図10D]

図10D

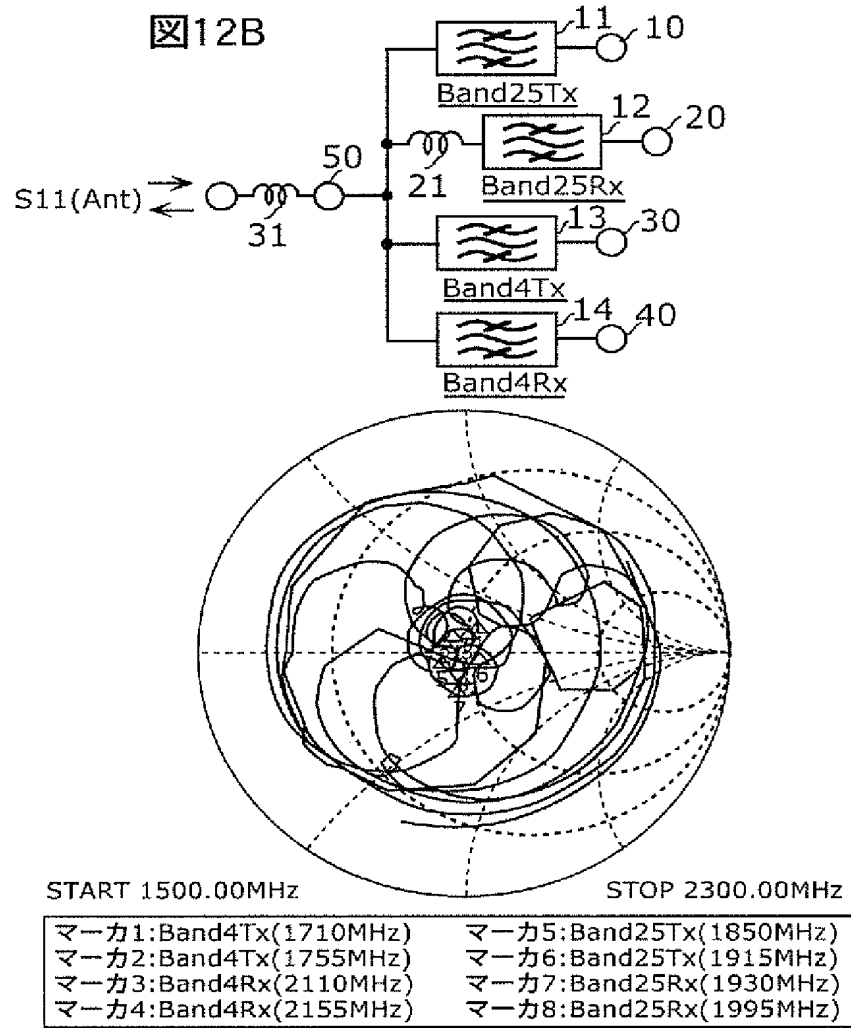


- マーカ1: Band4Tx(1710MHz)
- マーカ2: Band4Tx(1755MHz)
- マーカ3: Band4Rx(2110MHz)
- マーカ4: Band4Rx(2155MHz)
- マーカ5: Band25Tx(1850MHz)
- マーカ6: Band25Tx(1915MHz)
- マーカ7: Band25Rx(1930MHz)
- マーカ8: Band25Rx(1995MHz)

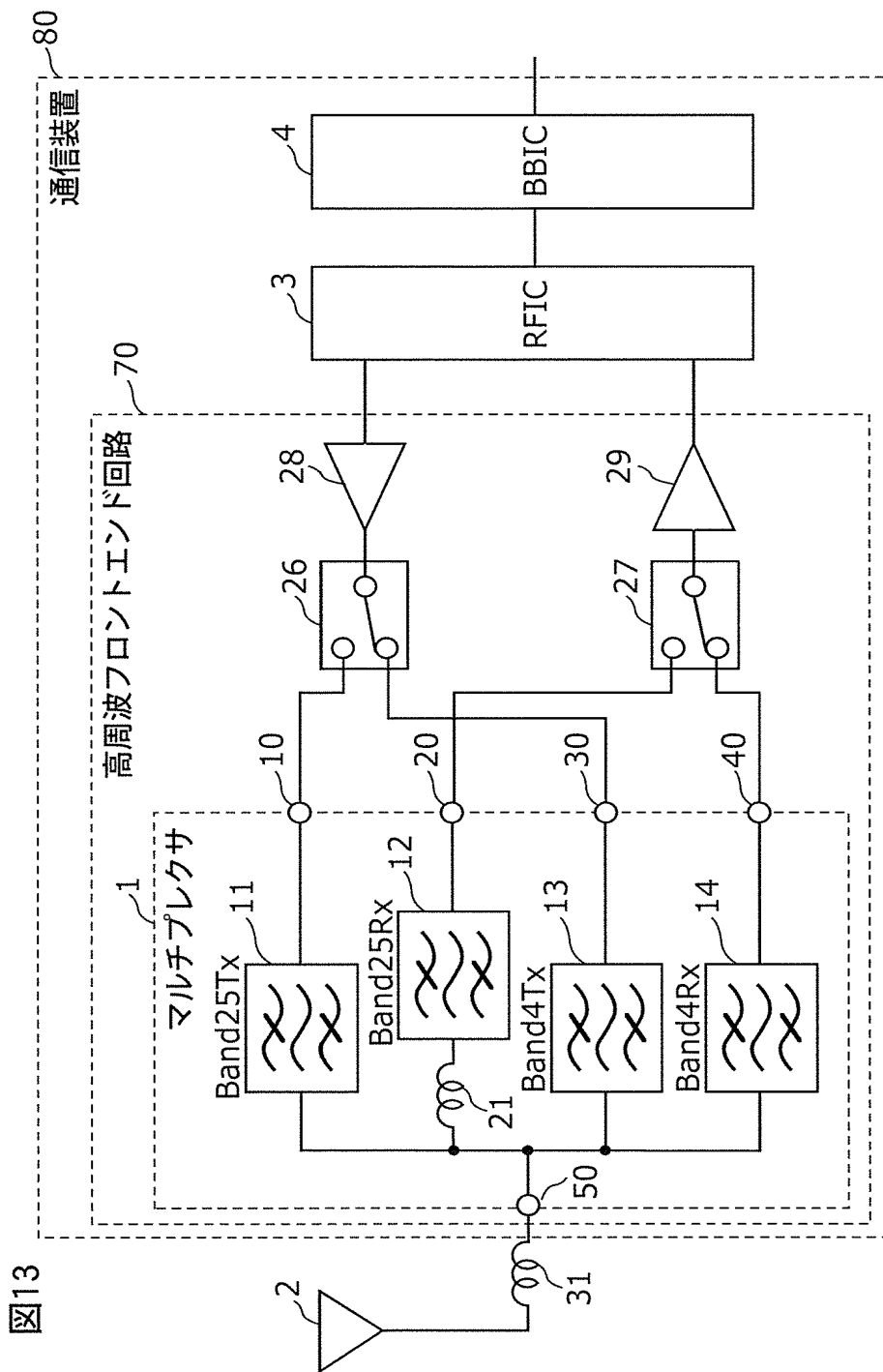
[図12A]



[図12B]

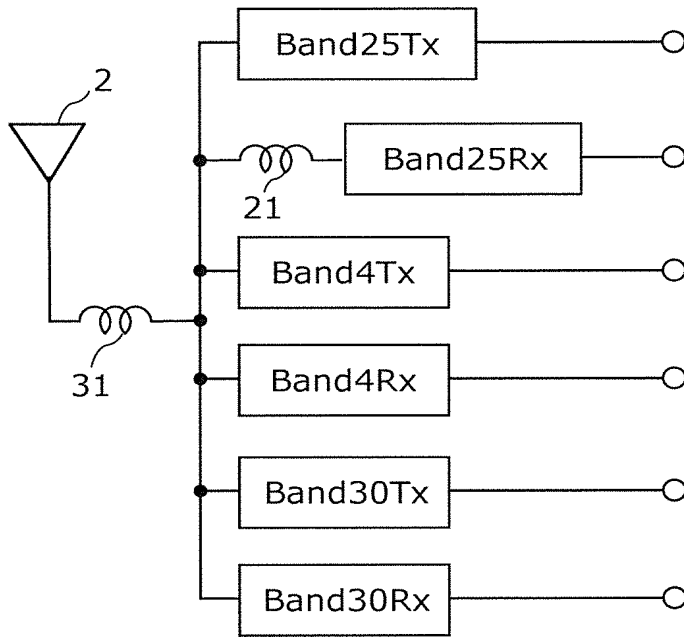


[図13]



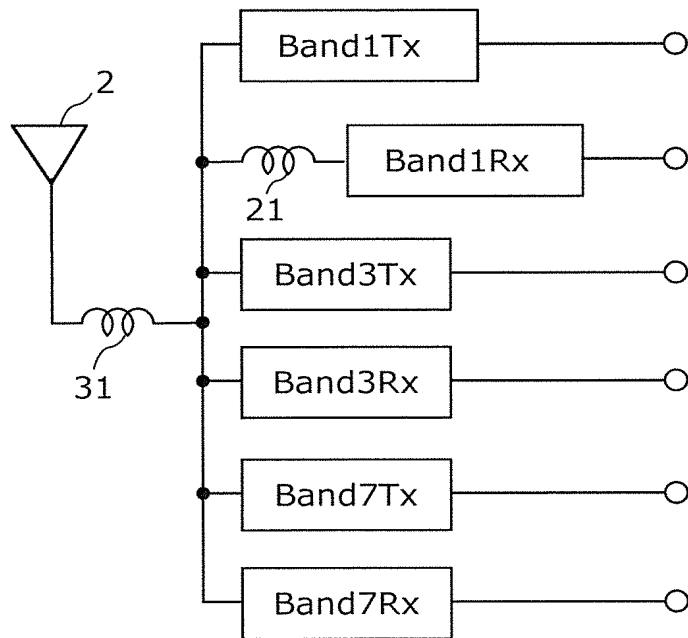
[図14A]

図14A

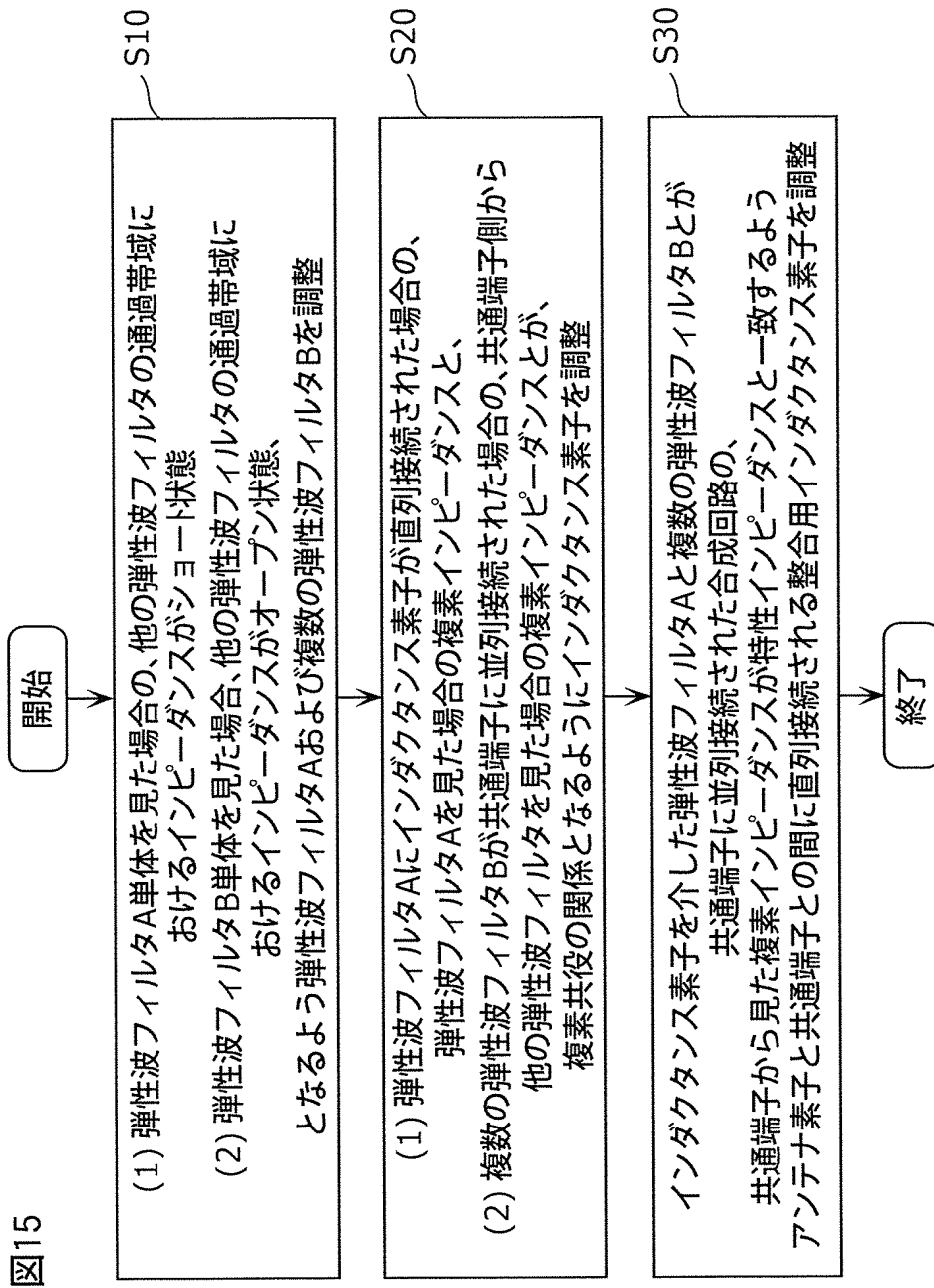


[図14B]

図14B



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/068656

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/72(2006.01)i, H03H7/38(2006.01)i, H03H9/145(2006.01)i, H03H9/64(2006.01)i, H04B1/04(2006.01)i, H04B1/18(2006.01)i, H04B1/52(2015.01)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)

H03H9/72, H03H7/38, H03H9/145, H03H9/64, H04B1/04, H04B1/18, H04B1/52

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 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

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.
A	WO 2012/011310 A1 (Taiyo Yuden Co., Ltd.), 26 January 2012 (26.01.2012), paragraph [0017]; fig. 1 to 5 & JP 2012-28895 A	1-10
A	JP 2005-79884 A (Kyocera Corp.), 24 March 2005 (24.03.2005), paragraph [0009]; fig. 1 (Family: none)	1-10
A	JP 2000-349586 A (Fujitsu Ltd.), 15 December 2000 (15.12.2000), fig. 18 & US 6380823 B1 fig. 18 & DE 10024956 A	1-10

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
01 September 2016 (01.09.16)

Date of mailing of the international search report
13 September 2016 (13.09.16)

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/JP2016/068656

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/080045 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 04 June 2015 (04.06.2015), paragraphs [0029] to [0037]; fig. 1 to 2 & CN 105723615 A	3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H03H9/72(2006.01)i, H03H7/38(2006.01)i, H03H9/145(2006.01)i, H03H9/64(2006.01)i, H04B1/04(2006.01)i, H04B1/18(2006.01)i, H04B1/52(2015.01)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. H03H9/72, H03H7/38, H03H9/145, H03H9/64, H04B1/04, H04B1/18, H04B1/52

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 1971-2016年
 日本国実用新案登録公報 1996-2016年
 日本国登録実用新案公報 1994-2016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
A	WO 2012/011310 A1（太陽誘電株式会社）2012.01.26, [0017], 図1-5 & JP 2012-28895 A	1-10
A	JP 2005-79884 A（京セラ株式会社）2005.03.24, [0009], 図1（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2000-349586 A（富士通株式会社）2000.12.15, 図18 & US 6380823 B1, FIG. 18 & DE 10024956 A	1-10

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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 01.09.2016	国際調査報告の発送日 13.09.2016
--------------------------	--------------------------

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		

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
A	WO 2015/080045 A1 (株式会社村田製作所) 2015.06.04, [0029]-[0037], 図 1-2 & CN 105723615 A	3