

(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
2023年5月25日(25.05.2023)



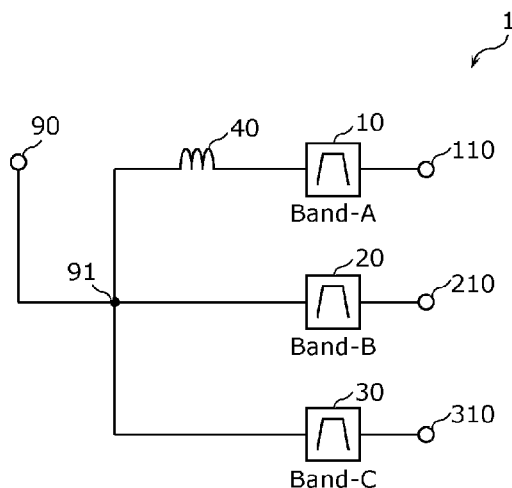
(10) 国際公開番号
WO 2023/090238 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/72 (2006.01) *H03H 9/25* (2006.01)
H03H 9/145 (2006.01) *H03H 9/70* (2006.01)
H03H 9/17 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/041836
- (22) 国際出願日: 2022年11月10日(10.11.2022)
- (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 2021-187021 2021年11月17日(17.11.2021) 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 1 0 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 小笹 茂生(OZASA, Motoki); 〒6178555
京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 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 1 0 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,
KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,

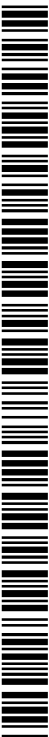
(54) Title: MULTIPLEXER

(54) 発明の名称: マルチプレクサ

図1



(57) Abstract: This multiplexer (1) comprises a shared terminal (91), an inductor (40) having one end connected to the shared terminal (91), a filter (10) connected to the other end of the inductor (40), and filters (20 and 30) connected to the shared terminal (91) without passing through the inductor (40). The impedance in the passband when the filter (10) to which the inductor (40) is connected is viewed from the shared terminal (91) while the filters (20 and 30) are not connected to the shared terminal (91) exhibits inductivity. The average value of the conductance in the passband when the filter (20) positioned on the low frequency side of the filters (20 and 30) is viewed from the shared terminal (91) while the filters (10 and 30) are not connected to the shared terminal (91) is larger than the average value of the conductance in the passband when the filter (30) alone is viewed from the shared terminal (91).



WO 2023/090238 A1

PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：マルチプレクサ (1) は、共通端子 (91) と、一端が共通端子 (91) に接続されたインダクタ (40) と、インダクタ (40) の他端に接続されたフィルタ (10) と、インダクタ (40) を介さずに共通端子 (91) に接続されたフィルタ (20および30) と、を備え、フィルタ (20および30) が共通端子 (91) に接続されていない状態でインダクタ (40) が接続されたフィルタ (10) を共通端子 (91) から見た場合の通過帯域におけるインピーダンスは誘導性を示し、フィルタ (20および30) のうちで低周波側に位置するフィルタ (20) を、フィルタ (10および30) が共通端子 (91) に接続されていない状態で共通端子 (91) から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値は、フィルタ (30) 単体を共通端子 (91) から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きい。

明 細 書

発明の名称：マルチプレクサ

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に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、一端が第1共通端子に接続され他端が第2共通端子に接続されたインダクタンス素子と、第1共通端子にインダクタンス素子を介さずに接続された第1弾性波フィルタと、第2共通端子に接続された複数の弾性波フィルタとを備えたマルチプレクサが開示されている。これによれば、共通端子に接続された各弾性波フィルタの通過帯域内の挿入損失を低減できるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2019/220877号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に記載のマルチプレクサでは、複数の弾性波フィルタを第2共通端子に共通接続したことによる弾性波フィルタの損失（以下、束ね損失と記す）が問題となる。例えば、第2共通端子に接続された複数の弾性波フィルタの一つをフィルタA（通過帯域A）とし、他の1つをフィルタB（通過帯域B）とした場合、フィルタAの束ね損失は、フィルタBの通過帯域Aにおけるコンダクタンスが大きいほど大きくなる。このため、第2共通端子に接続される弾性波フィルタの数が増加するほど、並列接続された弾性波フィルタの通過帯域Aにおけるコンダクタンスが大きくなることで、フィルタAの束ね損失が増大し、フィルタAの挿入損失が大きくなる。

[0005] 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、共通接続された弾性波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

[0006] 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、共通端子と、第一端および第二端を有し、第一端が共通端子に接続された第1インダクタンス素子と、第二端に接続された1以上の弾性波フィルタと、それぞれが第1インダクタンス素子を介さずに共通端子に接続された2以上の弾性波フィルタと、を備え、当該2以上の弾性波フィルタが共通端子に接続されていない状態で、第1インダクタンス素子が接続された上記1以上の弾性波フィルタを共通端子から見た場合の当該1以上の弾性波フィルタの通過帯域におけるインピーダンスは誘導性を示し、上記2以上の弾性波フィルタのうちで通過帯域が最も低周波側に位置する第1弾性波フィルタを、第1弾性波フィルタ以外のフィルタが共通端子に接続されていない状態で共通端子から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値は、第1弾性波フィルタを除いた上記2以上の弾性波フィルタのそれぞれを単体で共通端子から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きい。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、共通接続された弾性波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を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、実施の形態に係るマルチプレクサの回路構成図である。

[図2A]図2Aは、実施の形態に係るマルチプレクサを構成する弾性波フィルタの回路構成の第1例を示す図である。

[図2B]図2Bは、実施の形態に係るマルチプレクサを構成する弾性波フィルタの回路構成の第2例を示す図である。

[図3A]図3Aは、実施の形態に係る弾性波フィルタを構成する弾性波共振子の第1例を模式的に表す平面図および断面図である。

[図3B]図3Bは、実施の形態に係る弾性波フィルタを構成する弾性波共振子の第2例を模式的に表す断面図である。

[図3C]図3Cは、実施の形態に係る弾性波フィルタを構成する弾性波共振子の第3例を模式的に表す断面図である。

[図4]図4は、実施例に係るマルチプレクサの回路構成図である。

[図5]図5は、実施例に係る第1インダクタ素子が接続された弾性波フィルタの共通端子から見たインピーダンス特性を示すスミスチャートである。

[図6A]図6Aは、実施例および比較例に係る第1弾性波フィルタ（フィルタ22）単体の共通端子から見たインピーダンス特性を示すスミスチャートである。

[図6B]図6Bは、実施例および比較例に係る弾性波フィルタ（フィルタ31）単体の共通端子から見たインピーダンス特性を示すスミスチャートである。

[図6C]図6Cは、実施例および比較例に係る弾性波フィルタ（フィルタ32）単体の共通端子から見たインピーダンス特性を示すスミスチャートである。

[図7A]図7Aは、実施例および比較例に係るマルチプレクサの弾性波フィルタ（フィルタ11）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マルチプレクサの弾性波フィルタ（フィルタ12）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マルチプレクサの弾性波フィルタ（フィルタ21）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マルチプレクサの弾性波フィルタ（フィルタ22）の通過特性を比較したグラフである。

[図7E]図7Eは、実施例および比較例に係るマルチプレクサの弾性波フィルタ（フィルタ31）の通過特性を比較したグラフである。

[図7F]図7Fは、実施例および比較例に係るマルチプレクサの弾性波フィルタ（フィルタ32）の通過特性を比較したグラフである。

[図8]図8は、変形例に係るマルチプレクサの回路構成図である。

[図9]図9は、変形例に係る第2インダクタンス素子および第1弾性波フィル

タを共通端子から見たインピーダンス（アドミタンス）を示すスミスチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施の形態について、実施例、変形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および変形例は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施例および変形例で示される数値、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。以下の実施例および変形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。

[0010] また、以下の実施の形態において、フィルタの通過帯域は、当該通過帯域内における挿入損失の最小値から3 dB大きい2つの周波数間の周波数帯域と定義される。

[0011] （実施の形態）

[1 マルチプレクサ1の回路構成]

図1は、実施の形態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、フィルタ10、20および30と、インダクタ40と、アンテナ接続端子90と、共通端子91と、入出力端子110、210および310と、を備える。

[0012] アンテナ接続端子90は、例えば、アンテナ素子に接続される。共通端子91は、インダクタ40の一端（第一端）、フィルタ20の一端、およびフィルタ30の一端と接続されている。

[0013] インダクタ40は、第1インダクタンス素子の一例であり、一端（第一端）および他端（第二端）を有する。インダクタ40の一端（第一端）は共通端子91に接続され、他端（第二端）はフィルタ10の一端に接続されている。

[0014] フィルタ10は、インダクタ40の他端（第二端）に接続された1以上の

弾性波フィルタの一つであり、バンドAの少なくとも一部を含む通過帯域を有する。フィルタ10の一端はインダクタ40の他端（第二端）に接続され、フィルタ10の他端は入出力端子110に接続されている。フィルタ10は、1以上の弾性波共振子を有する。

[0015] フィルタ20は、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続された2以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドBの少なくとも一部を含む通過帯域を有する。フィルタ20の一端は共通端子91に接続され、フィルタ20の他端は入出力端子210に接続されている。フィルタ20は、1以上の弾性波共振子を有する。また、フィルタ20は、第1弾性波フィルタの一例であり、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続された2以上の弾性波フィルタのうちで、通過帯域が最も低周波側に位置するフィルタである。

[0016] フィルタ30は、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続された2以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドCの少なくとも一部を含む通過帯域を有する。フィルタ30の一端は共通端子91に接続され、フィルタ30の他端は入出力端子310に接続されている。フィルタ30は、1以上の弾性波共振子を有する。

[0017] なお、バンドBはバンドCよりも低周波側に位置している。つまり、フィルタ20の通過帯域は、フィルタ30の通過帯域よりも低周波側に位置している。

[0018] また、バンドAの通過帯域は、バンドBの通過帯域よりも低周波側に位置してもよく、また、高周波側に位置してもよい。また、バンドAの通過帯域は、バンドCの通過帯域よりも低周波側に位置してもよく、また、高周波側に位置してもよい。

[0019] フィルタ20および30が共通端子91に接続されていない状態で、インダクタ40が接続されたフィルタ10を共通端子91から見た場合のフィルタ10の通過帯域におけるインピーダンスは誘導性を示している。

[0020] このとき、フィルタ20および30のうちで通過帯域が低周波側に位置するフィルタ20を、フィルタ30が共通端子91に接続されていない状態で

共通端子91から見た場合のフィルタ20の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値は、フィルタ30を単体で共通端子91側から見た場合のフィルタ30の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きい。

[0021] インダクタ40を介して共通端子91に接続されたフィルタ10を共通端子91から見た場合、フィルタ20および30の通過帯域におけるコンダクタンスのうちフィルタ20のコンダクタンスが最も大きくなり、フィルタ20の共通接続による伝送損失が大きくなる可能性がある。これに対して上記構成によれば、フィルタ20および30のそれぞれを共通端子91から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスのうち、フィルタ20のコンダクタンスを最も大きくするので、フィルタ20の共通接続による伝送損失を低減できる。よって、挿入損失が低減されたマルチプレクサ1を提供できる。

[0022] なお、バンドAとしては、例えば、LTE(Long Term Evolution)のBand 3（アップリンク動作バンド：1710-1785MHz、ダウンリンク動作バンド：1805-1880MHz）が適用される。また、バンドBとしては、例えば、LTEのBand 1（アップリンク動作バンド：1920-1980MHz、ダウンリンク動作バンド：2110-2170MHz）が適用される。また、バンドCとしては、例えば、LTEのBand 7（アップリンク動作バンド：2500-2570MHz、ダウンリンク動作バンド：2620-2690MHz）が適用される。

[0023] なお、本実施の形態に係るマルチプレクサ1において、インダクタ40の他端（第二端）に接続されるフィルタの数は2以上であってもよい。また、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続されるフィルタの数は3以上であってもよい。

[0024] また、アンテナ接続端子90、入出力端子110、210および310は、マルチプレクサ1が備えていなくてもよい。

[0025] [2 弾性波フィルタの構造]

ここで、マルチプレクサ1を構成するフィルタ10、20および30の回路構成、および、各フィルタを構成する弾性波共振子の構造について例示す

る。

[0026] 図2Aは、実施の形態に係るフィルタ20の回路構成の第1例を示す図である。また、図2Bは、実施の形態に係るフィルタ20の回路構成の第2例を示す図である。

[0027] 本実施の形態に係るフィルタ20は、例えば、図2Aに示された弾性波フィルタ20A、または、図2Bに示された弾性波フィルタ20Bの回路構成を有する。なお、フィルタ10および30も、図2Aに示された弾性波フィルタ20A、または、図2Bに示された弾性波フィルタ20Bの回路構成を有してもよい。

[0028] 図2Aに示された弾性波フィルタ20Aは、直列腕共振子101～105と、並列腕共振子151～154と、インダクタ161と、を備える。

[0029] 直列腕共振子101～105は、入出力端子210と共通端子91とを結ぶ直列腕経路上に配置されている。また、並列腕共振子151～154のそれぞれは、直列腕共振子101～105、および入出力端子210の各接続点とグラウンドとの間に接続されている。上記接続構成により、弾性波フィルタ20A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161は、並列腕共振子151、152および153の接続点とグラウンドとの間に接続され、フィルタ通過特性における減衰極を調整する。なお、フィルタ20の第1例として示された弾性波フィルタ20Aにおいて、直列腕共振子および並列腕共振子の数は任意であり、また、インダクタ161はなくてもよい。

[0030] 図2Bに示された弾性波フィルタ20Bは、縦結合型フィルタ部203と、直列腕共振子201および202と、並列腕共振子251および253と、を備える。

[0031] 縦結合型フィルタ部203は、例えば、9個のIDTを有し、当該9個のIDTのそれぞれは、互いに対向する一対のIDT電極で構成されている。直列腕共振子201および202、ならびに、並列腕共振子251は、ラダー型フィルタ部を構成している。上記接続構成により、弾性波フィルタ20

Bは、バンドパスフィルタを構成する。なお、フィルタ20の第2例として示された弾性波フィルタ20Bにおいて、直列腕共振子および並列腕共振子の数、および、縦結合型フィルタ部203を構成するIDTの数は任意である。

[0032] 図3Aは、実施の形態に係るフィルタ10、20および30の弾性波共振子の第1例を模式的に表す平面図および断面図である。同図には、フィルタ10、20および30を構成する弾性波共振子の基本構造が例示されている。なお、図3Aに示された弾性波共振子60は、弾性波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および長さなどは、これに限定されない。

[0033] 弾性波共振子60は、圧電性を有する基板50と、楕形電極60aおよび60bとで構成されている。

[0034] 図3Aの(a)に示すように、基板50の上には、互いに対向する一対の楕形電極60aおよび60bが形成されている。楕形電極60aは、互いに平行な複数の電極指61aと、複数の電極指61aを接続するバスバー電極62aとで構成されている。また、楕形電極60bは、互いに平行な複数の電極指61bと、複数の電極指61bを接続するバスバー電極62bとで構成されている。複数の電極指61aおよび61bは、弾性波伝搬方向(X軸方向)と直交する方向に沿って形成されている。

[0035] また、複数の電極指61aおよび61b、ならびに、バスバー電極62aおよび62bで構成されるIDT電極54は、図3Aの(b)に示すように、密着層540と主電極層542との積層構造となっている。

[0036] 密着層540は、基板50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。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。保護層55は、楕形電極60aおよび60b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

主成分とする誘電体膜である。

- [0037] なお、密着層540、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などの金属または合金から構成されてもよく、また、上記の金属また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。
- [0038] 次に、基板50の積層構造について説明する。
- [0039] 図3Aの(c)に示すように、基板50は、高音速支持基板51と、低音速膜52と、圧電膜53とを備え、高音速支持基板51、低音速膜52および圧電膜53がこの順で積層された構造を有している。
- [0040] 圧電膜53は、例えば θ° 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 θ° 回転した軸を法線とする面で切断したリチウムタンタレート単結晶、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。なお、各フィルタの要求仕様により、圧電膜53として使用される圧電単結晶の材料およびカット角 θ が適宜選択される。
- [0041] 高音速支持基板51は、低音速膜52、圧電膜53ならびにIDT電極54を支持する基板である。高音速支持基板51は、さらに、圧電膜53を伝搬する表面波および境界波などの弾性波よりも、高音速支持基板51中のバルク波の音速が高速となる基板であり、弾性表面波を圧電膜53および低音速膜52が積層されている部分に閉じ込め、高音速支持基板51より下方に漏れないように機能する。高音速支持基板51は、例えば、シリコン基板である。
- [0042] 低音速膜52は、圧電膜53を伝搬するバルク波よりも、低音速膜52中のバルク波の音速が低速となる膜であり、圧電膜53と高音速支持基板51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IDT電極外

への漏れが抑制される。低音速膜52は、例えば、二酸化ケイ素を主成分とする膜である。

[0043] なお、基板50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値が高い弾性波共振子を構成し得るので、当該弾性波共振子を用いて、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。

[0044] なお、高音速支持基板51は、支持基板と、圧電膜53を伝搬する表面波および境界波などの弾性波よりも、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、支持基板には、サファイア、リチウムタンタレート、リチウムニオブ、および水晶等の圧電体、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、および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、シリコンおよび窒化ガリウム等の半導体、ならびに樹脂基板等を用いることができる。また、高音速膜には、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、ダイヤモンド、これらの材料を主成分とする媒質、これらの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。

[0045] また、図3Bは、実施の形態に係るフィルタ10、20および30の弾性波共振子の第2例を模式的に表す断面図である。図3Aに示した弾性波共振子60では、IDT電極54が、圧電膜53を有する基板50上に形成された例を示したが、当該IDT電極54が形成される基板は、図3Bに示すように、圧電体層の単層からなる圧電単結晶基板57であってもよい。圧電単結晶基板57は、例えば、 LiNbO_3 の圧電単結晶で構成されている。本例に係る弾性波共振子は、 LiNbO_3 の圧電単結晶基板57と、IDT電極54と、圧電単結晶基板57上およびIDT電極54上に形成された保護層58と、で構成されている。

- [0046] 上述した圧電膜53および圧電単結晶基板57は、弾性波フィルタ装置の要求通過特性などに応じて、適宜、積層構造、材料、カット角、および、厚みを変更してもよい。上述したカット角以外のカット角を有するLiTaO₃圧電基板などを用いた弾性波共振子であっても、上述した圧電膜53を用いた弾性波共振子60と同様の効果を奏することができる。
- [0047] また、IDT電極54が形成される基板は、支持基板と、エネルギー閉じ込め層と、圧電膜がこの順で積層された構造を有していてもよい。圧電膜上にIDT電極54が形成される。圧電膜は、例えば、LiTaO₃圧電単結晶または圧電セラミックスが用いられる。支持基板は、圧電膜、エネルギー閉じ込め層、およびIDT電極54を支持する基板である。
- [0048] エネルギー閉じ込め層は1層または複数の層からなり、その少なくとも1つの層を伝搬するバルク弾性波の速度は、圧電膜近傍を伝搬する弾性波の速度よりも大きい。例えば、エネルギー閉じ込め層は、低音速層と、高音速層との積層構造となってもよい。低音速層は、圧電膜を伝搬する弾性波の音速よりも、低音速層中のバルク波の音速が低速となる膜である。高音速層は、圧電膜を伝搬する弾性波の音速よりも、高音速層中のバルク波の音速が高速となる膜である。なお、支持基板を高音速層としてもよい。
- [0049] また、エネルギー閉じ込め層は、音響インピーダンスが相対的に低い低音響インピーダンス層と、音響インピーダンスが相対的に高い高音響インピーダンス層とが、交互に積層された構成を有する音響インピーダンス層であってもよい。
- [0050] ここで、弾性波共振子60を構成するIDT電極の電極パラメータの一例（実施例）について説明する。
- [0051] 弾性波共振子の波長とは、図3Aの(b)に示すIDT電極54を構成する複数の電極指61aまたは61bの繰り返し周期である波長 λ で規定される。また、電極指ピッチは、波長 λ の $1/2$ であり、楕形電極60aおよび60bをそれぞれ構成する電極指61aおよび61bのライン幅をWとし、隣り合う電極指61aと電極指61bとの間のスペース幅をSとした場合、

($W+S$) で定義される。また、一对の楕形電極 60 a および 60 b の交叉幅 L は、図 3 A の (a) に示すように、電極指 61 a と電極指 61 b との弾性波伝搬方向 (X 軸方向) から見た場合の重複する電極指の長さである。また、各弾性波共振子の電極デューティーは、複数の電極指 61 a および 61 b のライン幅占有率であり、複数の電極指 61 a および 61 b 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り、 $W/(W+S)$ で定義される。また、楕形電極 60 a および 60 b の高さを h としている。以降では、波長 λ 、電極指ピッチ、交叉幅 L 、電極デューティー、IDT 電極 54 の高さ h 等、弾性波共振子の IDT 電極の形状に関するパラメータは、電極パラメータと定義される。

[0052] なお、IDT 電極 54 において、隣り合う電極指間の間隔が一定でない場合には、IDT 電極 54 の電極指ピッチは、IDT 電極 54 の平均電極指ピッチで定義される。IDT 電極 54 の平均電極指ピッチは、IDT 電極 54 に含まれる電極指 61 a、61 b の総本数を N_i 本とし、IDT 電極 54 の、弾性波伝搬方向における一方端に位置する電極指と他方端に位置する電極指との中心間距離を D_i とすると、 $D_i/(N_i-1)$ と定義される。

[0053] 例えば、IDT 電極の膜厚、保護層の膜厚、および電極デューティーが一定である場合、IDT 電極の電極指ピッチが大きいほど、弾性表面波共振子の共振周波数および反共振周波数は低周波側へシフトする。

[0054] また、図 3 C は、実施の形態に係るフィルタ 10、20 および 30 の弾性波共振子の第 3 例を模式的に表す断面図である。図 3 C には、フィルタ 10、20 および 30 の弾性波共振子として、バルク弾性波共振子が示されている。同図に示すように、バルク弾性波共振子は、例えば、支持基板 65 と、下部電極 66 と、圧電体層 67 と、上部電極 68 と、を有しており、支持基板 65、下部電極 66、圧電体層 67、および上部電極 68 がこの順で積層された構成となっている。

[0055] 支持基板 65 は、下部電極 66、圧電体層 67、および上部電極 68 を支持するための基板であり、例えば、シリコン基板である。なお、支持基板 6

5は、下部電極66と接触する領域に、空洞が設けられている。これにより、圧電体層67を自由に振動させることが可能となる。

[0056] 下部電極66は、第1電極の一例であり、支持基板65の一面上に形成されている。上部電極68は、第2電極の一例であり、支持基板65の一面上に形成されている。下部電極66および上部電極68は、材料として、例えば、Cuを1%含有したAlが用いられる。

[0057] 圧電体層67は、下部電極66と上部電極68との間に形成されている。圧電体層67は、例えば、ZnO（酸化亜鉛）、AlN（窒化アルミニウム）、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）、KN（ニオブ酸カリウム）、LN（リチウムニオブ）、LT（リチウムタンタレート）、水晶、およびLiBO（ホウ酸リチウム）の少なくとも1つを主成分とする。

[0058] 上記積層構成を有するバルク弾性波共振子は、下部電極66と上部電極68との間に電氣的なエネルギーを印加することで圧電体層67内にてバルク弾性波を誘発して共振を発生させるものである。このバルク弾性波共振子により生成されるバルク弾性波は、下部電極66と上部電極68の間を、圧電体層67の膜面に垂直な方向に伝搬する。つまり、バルク弾性波共振子は、バルク弾性波を利用した共振子である。

[0059] 例えば、圧電体層67の膜厚が大きいほど、バルク弾性波共振子の共振周波数および反共振周波数は低周波側へシフトする。

[0060] なお、本実施の形態に係るマルチプレクサ1において、フィルタ20および30のそれぞれが、IDT電極54を有する1以上の弾性表面波共振子で構成され、フィルタ20および30のそれぞれは、共通端子91と入出力端子210および310とを結ぶ直列腕経路上に配置された直列腕共振子を含んでもよい。この場合、フィルタ20に含まれる直列腕共振子を構成するIDT電極54の電極指ピッチは、フィルタ20および30のそれぞれに含まれる直列腕共振子を構成するIDT電極54の電極指ピッチのなかで最も大きくてもよい。

[0061] これによれば、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続されるフィ

ルタ20および30のうち、フィルタ20の通過帯域が最も低周波側に位置することとなる。

[0062] また、本実施の形態に係るマルチプレクサ1において、フィルタ20および30のそれぞれが、支持基板65と、支持基板65の一方向上に形成された下部電極66および上部電極68と、下部電極66と上部電極68との間に形成された圧電体層67と、を有する1以上のバルク弾性波共振子で構成され、フィルタ20および30のそれぞれは、共通端子91と入出力端子210および310とを結ぶ直列腕経路上に配置された直列腕共振子を含んでもよい。この場合、フィルタ20に含まれる直列腕共振子を構成する圧電体層67は、フィルタ20および30のそれぞれに含まれる直列腕共振子を構成する圧電体層67のなかで最も厚くてもよい。

[0063] これによれば、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続されるフィルタ20および30のうち、フィルタ20の通過帯域が最も低周波側に位置することとなる。

[0064] [3 実施例に係るマルチプレクサ2の回路構成および通過特性]

図4は、実施例に係るマルチプレクサ2の回路構成図である。本実施例に係るマルチプレクサ2は、実施の形態に係るマルチプレクサ1の一実施例であり、バンドA、バンドBおよびバンドCのそれぞれに、周波数分割複信（FDD：Frequency Division Duplex）用のバンドを適用した構成を有している。

[0065] 同図に示すように、マルチプレクサ2は、フィルタ11、12、21、22、31および32と、インダクタ40と、アンテナ接続端子90と、共通端子91と、入力端子111、211および311と、出力端子112、212および312と、を備える。本実施例に係るマルチプレクサ2は、実施の形態に係るマルチプレクサ1と比較して、インダクタ40に接続されるフィルタが3つであり、インダクタ40を介さず共通端子91に接続されるフィルタが3つである点が異なる。以下、本実施例に係るマルチプレクサ2について、実施の形態に係るマルチプレクサ1と同じ構成については説明を省

略し、異なる構成を中心に説明する。

- [0066] アンテナ接続端子90は、例えば、アンテナ素子に接続される。共通端子91は、インダクタ40の一端（第一端）、フィルタ22の一端、フィルタ31の一端、およびフィルタ32の一端と接続されている。
- [0067] インダクタ40は、第1インダクタンス素子の一例であり、一端（第一端）および他端（第二端）を有する。インダクタ40の一端（第一端）は共通端子91に接続され、他端（第二端）はフィルタ11の一端、フィルタ12の一端、およびフィルタ21の一端に接続されている。
- [0068] フィルタ11は、インダクタ40の他端（第二端）に接続された1以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドAのアップリンク動作バンドを含む通過帯域を有する。フィルタ11の一端はインダクタ40の他端（第二端）に接続され、フィルタ11の他端は入力端子111に接続されている。フィルタ11は、1以上の弾性波共振子を有する。
- [0069] フィルタ12は、インダクタ40の他端（第二端）に接続された1以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドAのダウンリンク動作バンドを含む通過帯域を有する。フィルタ12の一端はインダクタ40の他端（第二端）に接続され、フィルタ12の他端は出力端子112に接続されている。フィルタ12は、1以上の弾性波共振子を有する。
- [0070] フィルタ21は、インダクタ40の他端（第二端）に接続された1以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドBのアップリンク動作バンドを含む通過帯域を有する。フィルタ21の一端はインダクタ40の他端（第二端）に接続され、フィルタ21の他端は入力端子211に接続されている。フィルタ21は、1以上の弾性波共振子を有する。
- [0071] フィルタ22は、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続された2以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドBのダウンリンク動作バンドを含む通過帯域を有する。フィルタ22の一端は共通端子91に接続され、フィルタ22の他端は出力端子212に接続されている。フィルタ22は、1以上の弾性波共振子を有する。また、フィルタ22は、第1弾性波フィルタ

の一例であり、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続された2以上の弾性波フィルタのうちで、通過帯域が最も低周波側に位置するフィルタである。

[0072] フィルタ31は、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続された2以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドCのアップリンク動作バンドを含む通過帯域を有する。フィルタ31の一端は共通端子91に接続され、フィルタ31の他端は入力端子311に接続されている。フィルタ31は、1以上の弾性波共振子を有する。

[0073] フィルタ32は、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続された2以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドCのダウンリンク動作バンドを含む通過帯域を有する。フィルタ32の一端は共通端子91に接続され、フィルタ32の他端は出力端子312に接続されている。フィルタ32は、1以上の弾性波共振子を有する。

[0074] なお、アップリンク動作バンドとは、上記バンドのうちのアップリンク用に指定された周波数範囲を意味する。また、ダウンリンク動作バンドとは、上記バンドのうちのダウンリンク用に指定された周波数範囲を意味する。

[0075] バンドBのダウンリンク動作バンドは、バンドCのアップリンク動作バンドおよびダウンリンク動作バンドよりも低周波側に位置している。つまり、フィルタ22の通過帯域は、フィルタ31および32の通過帯域よりも低周波側に位置している。

[0076] なお、本実施例では、バンドAとしてLTEのBand 3を適用し、バンドBとしてLTEのBand 1を適用し、バンドCとしてLTEのBand 7を適用する。

[0077] 図5は、実施例に係るインダクタ40が接続されたフィルタ11、12および21の共通端子91から見たインピーダンス特性を示すスミスチャートである。より具体的には、図5には、フィルタ22、31および32が共通端子91に接続されていない状態で、インダクタ40が接続されたフィルタ11、12および21を共通端子91から見たインピーダンスが示されてい

る。同図に示すように、フィルタ 1 1、1 2 および 2 1 の各通過帯域におけるインピーダンス（図 5 における B 3 - T × 通過帯域、B 3 - R × 通過帯域および B 1 - T × 通過帯域）は誘導性を示している。フィルタ 1 1、1 2 および 2 1 のそれぞれは弾性波フィルタであるため、フィルタ 1 1、1 2 および 2 1 のそれぞれの単体のインピーダンスは容量性を示す。よって、インダクタ 4 0 が接続されない状態でフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 側から見たインピーダンスは、容量性を示す。これに対して、共通端子 9 1 とフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 との間にインダクタ 4 0 が直列配置されると、フィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 側から見たインピーダンスは、スミスチャートの等レジスタンス円上を時計回りにシフトする。これにより、インダクタ 4 0 が接続されたフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 から見た場合の各通過帯域におけるインピーダンスは容量性領域から誘導性領域にシフトする。

[0078] また、インダクタ 4 0 が接続されたフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 の通過帯域におけるインピーダンス（図 5 における B 1 - R × 減衰帯域および B 7 減衰帯域）は、誘導性領域の外縁部に位置する。これは、以下の作用に起因するものである。インダクタ 4 0 が接続されないフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 の通過帯域におけるインピーダンスは容量性領域の外縁部に位置する。これに対して、インダクタ 4 0 が直列配置されたことによりフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 の通過帯域におけるインピーダンスがスミスチャートの等レジスタンス円上を時計回りにシフトした当該インピーダンスが、誘導性領域の外縁部にシフトする。

[0079] ここで、インダクタ 4 0 が接続されたフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 の通過帯域におけるインピーダンスは、周波数が高い（図 5 における B 7 減衰帯域）ほどオープン側に位置し、周波数が低い（図 5 における B 1 - R × 減衰帯域）ほどショート側に位置する。言い換えると、インダクタ 4 0 が接続されたフィルタ

1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 の通過帯域におけるコンダクタンスは、周波数が高い（図 5 における B 7 減衰帯域）ほど小さく、周波数が低い（図 5 における B 1 - R x 減衰帯域）ほど大きくなる。

[0080] 共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 の減衰帯域におけるインピーダンスが、等レジスタンス円上の、よりオープン側に位置することは、フィルタ 1 1、1 2 および 2 1 の減衰帯域におけるコンダクタンスを、より小さくすることと等価である。フィルタ 1 1、1 2 および 2 1 の減衰帯域におけるコンダクタンスが小さいほど、共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 を通過すべき信号が、フィルタ 1 1、1 2 および 2 1 へ漏洩してしまうことを抑制でき、フィルタ 2 2、3 1 および 3 2 の伝送損失を低減できる。

[0081] これに対して、本実施例に係るマルチプレクサ 2 では、図 5 に示すように、インダクタ 4 0 が接続されたフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 2 2 の通過帯域におけるコンダクタンス（図 5 における B 1 - R x 減衰帯域）は、フィルタ 3 1 および 3 2 の通過帯域におけるコンダクタンス（図 5 における B 7 減衰帯域）と比較して大きくなっている。このため、フィルタ 2 2 を通過すべき B a n d 1 の受信信号が、フィルタ 1 1、1 2 および 2 1 へ漏洩し易くなり、フィルタ 2 2 の伝送損失を増加させてしまう懸念がある。

[0082] これに対して、本実施例に係るマルチプレクサ 2 では、フィルタ 3 1 および 3 2 が共通端子 9 1 に接続されていない状態で、フィルタ 2 2 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 2 2 の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値を、フィルタ 3 1 単体およびフィルタ 3 2 単体を共通端子 9 1 から見た場合の、それぞれの通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きくしている。

[0083] 図 6 A は、実施例および比較例に係るフィルタ 2 2 単体の共通端子 9 1 から見たインピーダンス特性を示すスミスチャートである。また、図 6 B は、

実施例および比較例に係るフィルタ 3 1 の共通端子 9 1 から見たインピーダンス特性を示すスミスチャートである。また、図 6 C は、実施例および比較例に係るフィルタ 3 2 の共通端子 9 1 から見たインピーダンス特性を示すスミスチャートである。より具体的には、図 6 A には、実施例および比較例において、フィルタ 2 2 単体を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 2 2 の通過帯域におけるアドミタンスが示されており、図 6 B には、実施例および比較例において、共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 3 1 および 3 2 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 3 1 の通過帯域におけるアドミタンスが示されており、図 6 C には、実施例および比較例において、共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 3 1 および 3 2 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 3 2 の通過帯域におけるアドミタンスが示されている。

[0084] なお、図 6 B および図 6 C には、フィルタ 3 1 および 3 2 が共通接続された場合のアドミタンスが示されているが、フィルタ 3 1 単体を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 3 1 の通過帯域におけるアドミタンスは、図 6 B に示されたアドミタンスよりも外側のコンダクタンス円に位置する。また、フィルタ 3 2 単体を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 3 2 の通過帯域におけるアドミタンスは、図 6 C に示されたアドミタンスよりも外側のコンダクタンス円に位置している。

[0085] また、比較例に係るフィルタ 1 1、1 2、2 1、2 2、3 1 および 3 2 のそれぞれは、各フィルタ単体の通過帯域における挿入損失が最小となるような電極パラメータを有するフィルタである。

[0086] つまり、フィルタ 2 2、3 1 および 3 2 のうちで通過帯域が最も低周波側に位置するフィルタ 2 2 単体を共通端子 9 1 側から見た場合のフィルタ 2 2 の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値は、フィルタ 3 1 単体を共通端子 9 1 側から見た場合のフィルタ 3 1 の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きく、かつ、フィルタ 3 2 単体を共通端子 9 1 側から見た場合のフィルタ 3 2 の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きい。言い換えると、フィルタ 2 2 を単体で共通端子 9 1 側から見た場合の通過

帯域におけるコンダクタンスの平均値は、フィルタ 2 2、3 1 および 3 2 のそれぞれを単体で共通端子 9 1 側から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値のなかで最も大きい。

[0087] 上述したように、インダクタ 4 0 を介して共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 から見た場合、フィルタ 2 2、3 1 および 3 2 の通過帯域におけるコンダクタンスのうちフィルタ 2 2 のコンダクタンスが最も大きくなり、フィルタ 2 2 の共通接続による伝送損失が大きくなる可能性がある。これに対して上記構成によれば、フィルタ 2 2、3 1 および 3 2 のそれぞれ単体を共通端子 9 1 から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスのうち、フィルタ 2 2 のコンダクタンスを最も大きくしている。これにより、Band 1 の受信信号がフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 へ漏洩することを抑制でき、フィルタ 2 2 の共通接続による伝送損失を低減できる。よって、挿入損失が低減されたマルチプレクサ 2 を提供できる。

[0088] なお、本実施例に係るマルチプレクサ 2 において、インダクタ 4 0 を介して共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 を共通端子 9 1 から見た場合の各フィルタの通過帯域におけるインピーダンスは、図 5 に示すように誘導性領域に位置する。一方、インダクタ 4 0 を介さず共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 を共通端子 9 1 から見た場合の各フィルタの通過帯域におけるインピーダンスは、容量性領域に位置する（図 6 A、図 6 B および図 6 C を参照）。つまり、共通端子 9 1 から見たフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 のインピーダンスとフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 のインピーダンスとは、複素共役の関係を有するので、共通端子 9 1 から各フィルタを見たインピーダンスは、基準インピーダンス（例えば 50Ω ）に整合される。

[0089] 図 7 A は、実施例および比較例に係るマルチプレクサのフィルタ 1 1 の通過特性を比較したグラフである。また、図 7 B は、実施例および比較例に係るマルチプレクサのフィルタ 1 2 の通過特性を比較したグラフである。また、図 7 C は、実施例および比較例に係るマルチプレクサのフィルタ 2 1 の通

過特性を比較したグラフである。また、図7Dは、実施例および比較例に係るマルチプレクサのフィルタ22の通過特性を比較したグラフである。また、図7Eは、実施例および比較例に係るマルチプレクサのフィルタ31の通過特性を比較したグラフである。また、図7Fは、実施例および比較例に係るマルチプレクサのフィルタ32の通過特性を比較したグラフである。

[0090] 図7A、図7B、図7C、図7Eおよび図7Fに示すように、マルチプレクサにおけるフィルタ11、12、21、31および32の通過特性は、実施例および比較例で差異は見られない。これに対して、図7Dに示すように、マルチプレクサにおけるフィルタ22では、比較例に対して実施例の方が通過帯域内の挿入損失が大幅に低減されている。つまり、実施例に係るマルチプレクサ2は、比較例に係るマルチプレクサと比べて、挿入損失が低減されている。

[0091] なお、本実施例に係るマルチプレクサ2では、フィルタ11、12および21の通過帯域は、フィルタ22、31および32の通過帯域よりも低周波側に位置している。

[0092] これによれば、フィルタ11、12および21を共通端子91から見た場合のフィルタ22、31および32の通過帯域におけるアドミタンスが、インダクタ40によりコンダクタンスが小さくなる方向へシフトする量が大きくなる。よって、フィルタ22、31および32の共通接続による損失を、より低減できる。

[0093] また、本実施例に係るマルチプレクサ2では、インダクタ40に接続されるフィルタを複数有している。

[0094] これによれば、フィルタ11、12および21の通過帯域におけるインピーダンスは、インダクタ40に接続されるフィルタが1つである場合と比較して、より容量性側に位置することとなる。このため、インダクタ40を直列接続したことによるフィルタ11、12および21の、フィルタ22、31および32の通過帯域におけるアドミタンスのコンダクタンスがより小さくなる方向へシフトする量が大きくなる。よって、フィルタ22、31およ

び32の共通接続による損失を、より低減できる。

[0095] [4 変形例に係るマルチプレクサ3の回路構成]

図8は、変形例に係るマルチプレクサ3の回路構成図である。同図に示すように、マルチプレクサ3は、フィルタ10、23および30と、インダクタ40および41と、アンテナ接続端子90と、共通端子91と、入出力端子110、210および310と、を備える。本変形例に係るマルチプレクサ3は、実施の形態に係るマルチプレクサ1と比較して、フィルタ20に代わってフィルタ23およびインダクタ41が配置されている点が異なる。以下、本変形例に係るマルチプレクサ3について、実施の形態に係るマルチプレクサ1と同じ構成については説明を省略し、異なる構成を中心に説明する。

[0096] 共通端子91は、インダクタ40の一端（第一端）、インダクタ41の一端、およびフィルタ30の一端と接続されている。

[0097] インダクタ40は、第1インダクタンス素子の一例であり、一端（第一端）および他端（第二端）を有する。インダクタ40の一端（第一端）は共通端子91に接続され、他端（第二端）はフィルタ10の一端に接続されている。

[0098] インダクタ41は、第2インダクタンス素子の一例であり、共通端子91とフィルタ23との間であってフィルタ23と直列接続されている。つまり、インダクタ41の一端は共通端子91に接続され、他端はフィルタ23に接続されている。インダクタ41のインダクタンス値は、インダクタ40のインダクタンス値よりも小さい。

[0099] フィルタ23は、インダクタ41を介して共通端子91に接続された2以上の弾性波フィルタの一つであり、バンドBの少なくとも一部を含む通過帯域を有する。フィルタ23の一端はインダクタ41の他端に接続され、フィルタ23の他端は入出力端子210に接続されている。フィルタ23は、1以上の弾性波共振子を有する。また、フィルタ23は、第1弾性波フィルタの一例であり、インダクタ40を介さずに共通端子91に接続された2以上

の弾性波フィルタのうちで、通過帯域が最も低周波側に位置するフィルタである。

[0100] なお、バンドBはバンドCよりも低周波側に位置している。つまり、フィルタ23の通過帯域は、フィルタ30の通過帯域よりも低周波側に位置している。

[0101] フィルタ23および30が共通端子91に接続されていない状態で、インダクタ40が接続されたフィルタ10を共通端子91から見た場合のフィルタ10の通過帯域におけるインピーダンスは誘導性を示している。

[0102] このとき、フィルタ30が共通端子91に接続されていない状態でフィルタ23を共通端子91から見た場合のフィルタ23の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値は、フィルタ30を単体で共通端子91側から見た場合のフィルタ30の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きい。

[0103] 図9は、変形例に係るインダクタ41およびフィルタ23を共通端子91から見たインピーダンス（アドミタンス）を示すスミスチャートである。同図に示すように、インダクタ41が接続されていないフィルタ23単体を共通端子91側（図9におけるX）から見たフィルタ23の通過帯域におけるアドミタンスは容量性領域に位置している。これに対して、インダクタ41が直列接続されたフィルタ23を共通端子91（図9におけるY）から見たフィルタ23の通過帯域におけるアドミタンスは、等レジスタンス円を時計回りにシフトするため、コンダクタンスがより大きい容量性領域にシフトしている。つまり、インダクタ41をフィルタ23に直列接続することにより、フィルタ30が共通端子91に接続されていない状態でフィルタ23を共通端子91から見た場合のフィルタ23の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値は、フィルタ30を単体で共通端子91側から見た場合のフィルタ30の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きくなっている。

[0104] なお、インダクタ41のインダクタンス値がインダクタ40のインダクタンス値よりも小さいことで、インダクタ41が接続されたフィルタ23の共通端子91から見た場合の通過帯域におけるアドミタンスを誘導性領域まで

シフトさせず、容量性領域に留めておくことが可能となる。これにより、共通端子 9 1 から見たフィルタ 1 1、1 2 および 2 1 のインピーダンスとフィルタ 2 2、3 1 および 3 2 のインピーダンスとを、複素共役の関係とすることが可能となる。

[0105] これによれば、インダクタ 4 1 により、フィルタ 2 3 を共通端子 9 1 から見た場合の通過帯域におけるインピーダンスを容量性に維持しつつ、フィルタ 2 3 を共通端子 9 1 から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスを、フィルタ 2 3 を構成する弾性波共振子の電極パラメータなどの設計調整では実現できないレベルの高コンダクタンス値にすることが可能となる。

[0106] [5 効果など]

以上のように、実施の形態 1 に係るマルチプレクサ 1 は、共通端子 9 1 と、一端が共通端子 9 1 に接続されたインダクタ 4 0 と、インダクタ 4 0 の他端に接続されたフィルタ 1 0 と、それぞれがインダクタ 4 0 を介さずに共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 2 0 および 3 0 と、を備え、フィルタ 2 0 および 3 0 が共通端子 9 1 に接続されていない状態で、インダクタ 4 0 が接続されたフィルタ 1 0 を共通端子 9 1 から見た場合のフィルタ 1 0 の通過帯域におけるインピーダンスは誘導性を示し、フィルタ 2 0 および 3 0 のうちで通過帯域が最も低周波側に位置するフィルタ 2 0 を、フィルタ 1 0 および 3 0 が共通端子 9 1 に接続されていない状態で、共通端子 9 1 から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値は、フィルタ 3 0 単体を共通端子 9 1 から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きい。

[0107] インダクタ 4 0 を介して共通端子 9 1 に接続されたフィルタ 1 0 を共通端子 9 1 から見た場合、フィルタ 2 0 および 3 0 の通過帯域におけるコンダクタンスのうちフィルタ 2 0 のコンダクタンスが最も大きくなり、フィルタ 2 0 の共通接続による伝送損失が大きくなる可能性がある。これに対して上記構成によれば、フィルタ 2 0 および 3 0 のそれぞれを共通端子 9 1 から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスのうち、フィルタ 2 0 のコンダクタ

ンスを最も大きくするので、フィルタ20の共通接続による伝送損失を低減できる。よって、挿入損失が低減されたマルチプレクサ1を提供できる。

[0108] また例えば、実施例に係るマルチプレクサ2において、フィルタ11、12および21の各通過帯域は、フィルタ22、31および32の各通過帯域よりも低周波側に位置してもよい。

[0109] これによれば、フィルタ11、12および21を共通端子91から見た場合のフィルタ22、31および32の通過帯域におけるアドミタンスが、インダクタ40によりコンダクタンスが小さくなる方向へシフトする量が大きくなる。よって、フィルタ22、31および32の共通接続による損失を、より低減できる。

[0110] また、実施例に係るマルチプレクサ2において、インダクタ40に接続されるフィルタを複数有してもよい。

[0111] これによれば、フィルタ11、12および21の通過帯域におけるインピーダンスは、インダクタ40に接続されるフィルタが1つである場合と比較して、より容量性側に位置することとなる。このため、インダクタ40を直列接続したことによるフィルタ22、31および32の通過帯域におけるアドミタンスのコンダクタンスがより小さくなる方向へシフトする量が大きくなる。よって、フィルタ22、31および32の共通接続による損失を、より低減できる。

[0112] また、変形例に係るマルチプレクサ3は、さらに、共通端子91とフィルタ23との間であってフィルタ23と直列接続されたインダクタ41を備え、インダクタ41のインダクタンス値はインダクタ40のインダクタンス値よりも小さくてもよい。

[0113] これによれば、インダクタ41により、フィルタ23を共通端子91から見た場合の通過帯域におけるインピーダンスを容量性に維持しつつ、フィルタ23を共通端子91から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスを、フィルタ23を構成する弾性波共振子の設計調整では実現できないレベルの高コンダクタンス値にすることが可能となる。

[0114] また、実施の形態 1 に係るマルチプレクサ 1 において、フィルタ 20 および 30 のそれぞれが、IDT 電極 54 を有する 1 以上の弾性表面波共振子で構成され、フィルタ 20 および 30 のそれぞれは、共通端子 91 と入出力端子 210 および 310 とを結ぶ直列腕経路上に配置された直列腕共振子を含んでもよい。この場合、フィルタ 20 に含まれる直列腕共振子を構成する IDT 電極 54 の電極指ピッチは、フィルタ 20 および 30 のそれぞれに含まれる直列腕共振子を構成する IDT 電極 54 の電極指ピッチのなかで最も大きくてもよい。

[0115] これによれば、インダクタ 40 を介さずに共通端子 91 に接続されるフィルタ 20 および 30 のうち、フィルタ 20 の通過帯域を最も低周波側に位置させることが可能となる。

[0116] また、実施の形態 1 に係るマルチプレクサ 1 において、フィルタ 20 および 30 のそれぞれが、支持基板 65 と、支持基板 65 の一方面上に形成された下部電極 66 および上部電極 68 と、下部電極 66 と上部電極 68 との間に形成された圧電体層 67 と、を有する 1 以上のバルク弾性波共振子で構成され、フィルタ 20 および 30 のそれぞれは、共通端子 91 と入出力端子 210 および 310 とを結ぶ直列腕経路上に配置された直列腕共振子を含んでもよい。この場合、フィルタ 20 に含まれる直列腕共振子を構成する圧電体層 67 は、フィルタ 20 および 30 のそれぞれに含まれる直列腕共振子を構成する圧電体層 67 のなかで最も厚くてもよい。

[0117] これによれば、インダクタ 40 を介さずに共通端子 91 に接続されるフィルタ 20 および 30 のうち、フィルタ 20 の通過帯域を最も低周波側に位置させることが可能となる。

[0118] (その他の実施の形態)

以上、本発明に係るマルチプレクサについて、実施の形態、実施例および変形例を挙げて説明したが、本発明は、上記実施の形態、実施例および変形例に限定されるものではない。上記実施の形態、実施例および変形例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、本発明に係るマルチプレクサを内蔵した各種機器も本発明に含まれる。

[0119] また、例えば、上記実施の形態、実施例および変形例に係るマルチプレクサにおいて、各構成要素の間に、インダクタおよびキャパシタなどの整合素子、ならびにスイッチ回路が接続されていてもかまわない。なお、インダクタには、各構成要素間を繋ぐ配線による配線インダクタが含まれてもよい。

産業上の利用可能性

[0120] 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

[0121] 1、2、3 マルチプレクサ
10、11、12、20、21、22、23、30、31、32 フィルタ
ルタ
20A、20B 弾性波フィルタ
40、41、161 インダクタ
50 基板
51 高音速支持基板
52 低音速膜
53 圧電膜
54 IDT電極
55、58 保護層
57 圧電単結晶基板
60 弾性波共振子
60a、60b 楕形電極
61a、61b 電極指
62a、62b バスバー電極
65 支持基板

66	下部電極	
67	圧電体層	
68	上部電極	
90	アンテナ接続端子	
91	共通端子	
101、102、103、104、105、201、202		直列腕共 振子
110、210、310		入出力端子
111、211、311		入力端子
112、212、312		出力端子
151、152、153、154、251、253		並列腕共振子
203	縦結合型フィルタ部	
540	密着層	
542	主電極層	

請求の範囲

- [請求項1] 共通端子と、
第一端および第二端を有し、前記第一端が前記共通端子に接続された第1 インダクタンス素子と、
前記第二端に接続された1以上の弾性波フィルタと、
それぞれが前記第1 インダクタンス素子を介さずに前記共通端子に接続された2以上の弾性波フィルタと、を備え、
前記2以上の弾性波フィルタが前記共通端子に接続されていない状態で、前記第1 インダクタンス素子が接続された前記1以上の弾性波フィルタを前記共通端子から見た場合の前記1以上の弾性波フィルタの通過帯域におけるインピーダンスは誘導性を示し、
前記2以上の弾性波フィルタのうちで通過帯域が最も低周波側に位置する第1弾性波フィルタを、前記第1弾性波フィルタ以外のフィルタが前記共通端子に接続されていない状態で前記共通端子から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値は、前記第1弾性波フィルタを除いた前記2以上の弾性波フィルタのそれぞれを単体で前記共通端子から見た場合の通過帯域におけるコンダクタンスの平均値よりも大きい、
マルチプレクサ。
- [請求項2] 前記1以上の弾性波フィルタの通過帯域は、前記2以上の弾性波フィルタのそれぞれの通過帯域よりも低周波側に位置する、
請求項1に記載のマルチプレクサ。
- [請求項3] 前記1以上の弾性波フィルタは、複数の弾性波フィルタを含む、
請求項1または2に記載のマルチプレクサ。
- [請求項4] さらに、前記共通端子と前記第1弾性波フィルタとの間であって前記第1弾性波フィルタと直列接続された第2インダクタンス素子を備え、
前記第2インダクタンス素子のインダクタンス値は、前記第1イン

ダクタンス素子のインダクタンス値よりも小さい、

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]

前記 2 以上の弾性波フィルタのそれぞれは、IDT (Inter Digital Transducer) 電極を有する 1 以上の弾性表面波共振子で構成され、

前記 1 以上の弾性表面波共振子は、前記 2 以上の弾性波フィルタのそれぞれの一端と他端とを結ぶ直列腕経路上に配置された直列腕共振子を含み、

前記第 1 弾性波フィルタに含まれる前記直列腕共振子を構成する前記 IDT 電極の電極指ピッチは、前記 2 以上の弾性波フィルタのそれぞれに含まれる前記直列腕共振子を構成する前記 IDT 電極の電極指ピッチのなかで最も大きい、

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]

前記 2 以上の弾性波フィルタのそれぞれは、支持基板と、前記支持基板の一方向上に形成された第 1 電極および第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に形成された圧電体層と、を有する 1 以上のバルク弾性波共振子で構成され、

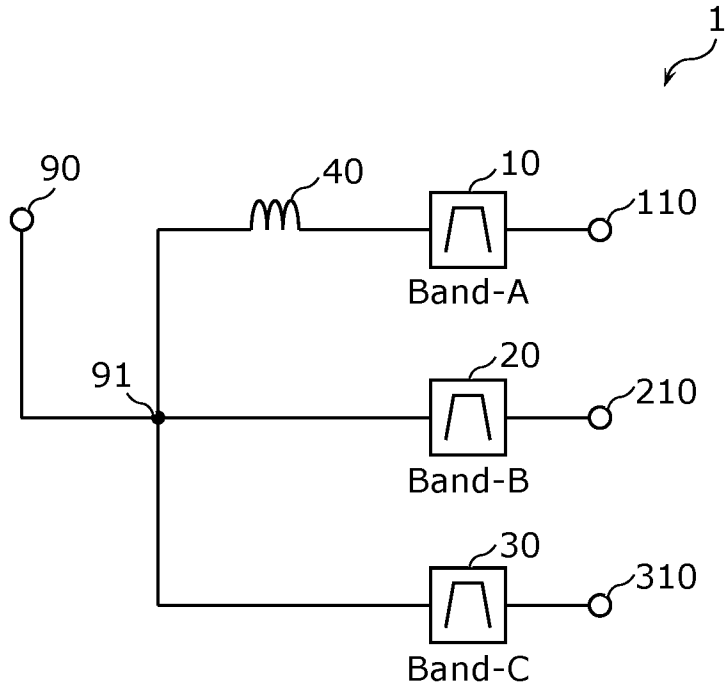
前記 1 以上のバルク弾性波共振子は、前記 2 以上の弾性波フィルタのそれぞれの一端と他端とを結ぶ直列腕経路上に配置された直列腕共振子を含み、

前記第 1 弾性波フィルタに含まれる前記直列腕共振子を構成する前記圧電体層は、前記 2 以上の弾性波フィルタのそれぞれに含まれる前記直列腕共振子を構成する前記圧電体層のなかで最も厚い、

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のマルチプレクサ。

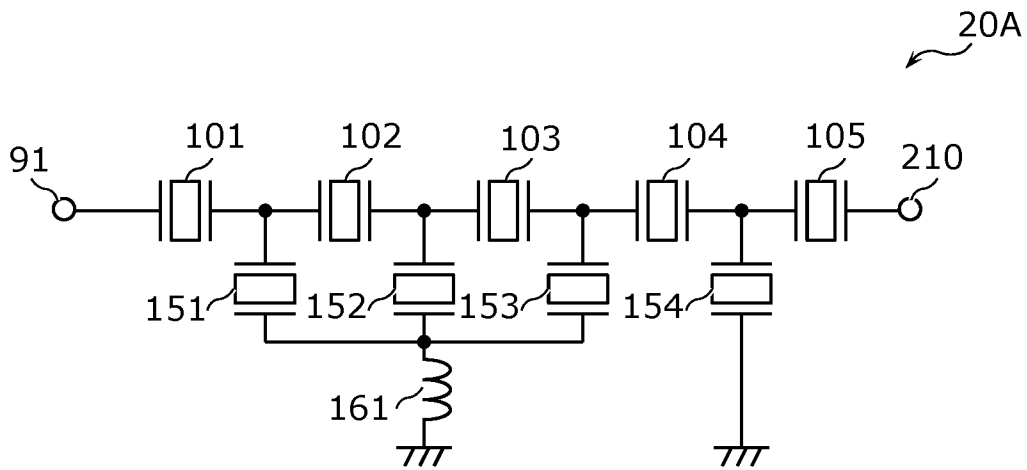
[図1]

図1



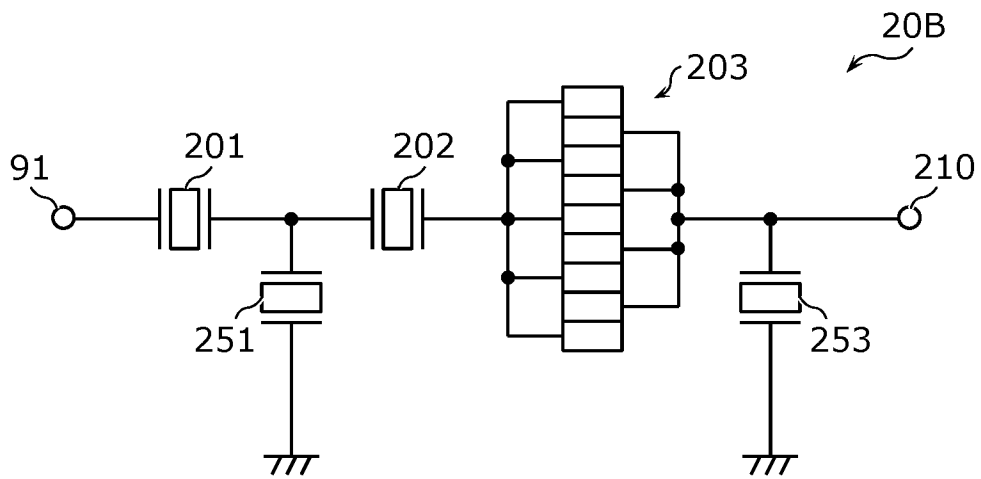
[図2A]

図2A



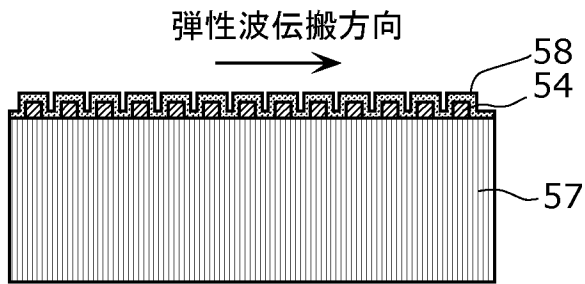
[図2B]

図2B



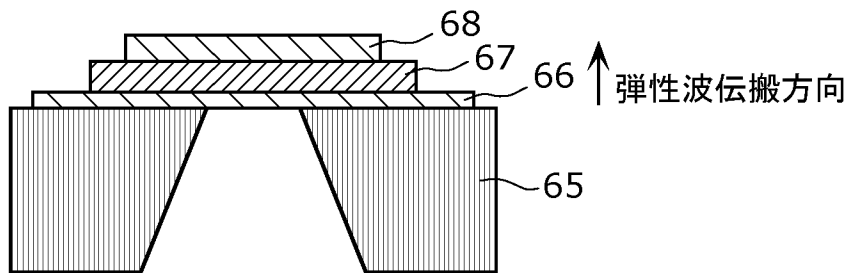
[図3B]

図3B



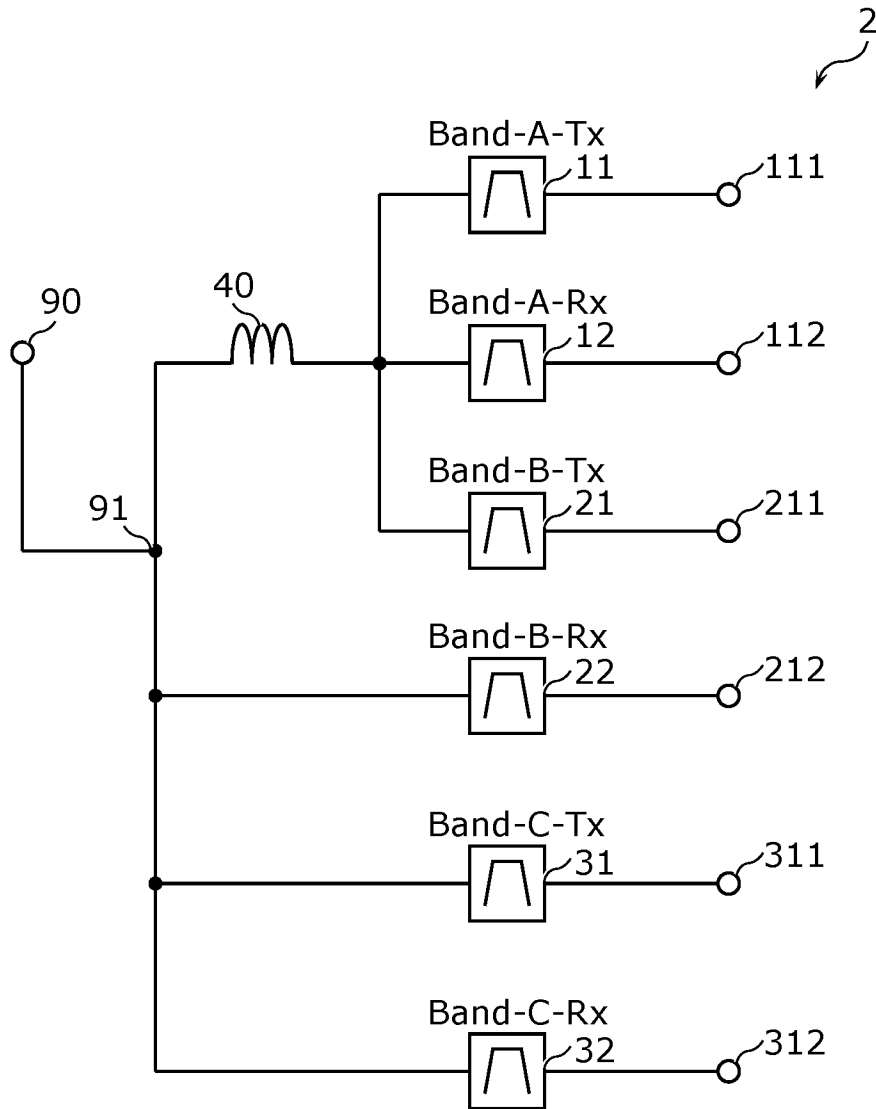
[図3C]

図3C



[図4]

図4



[圖5]

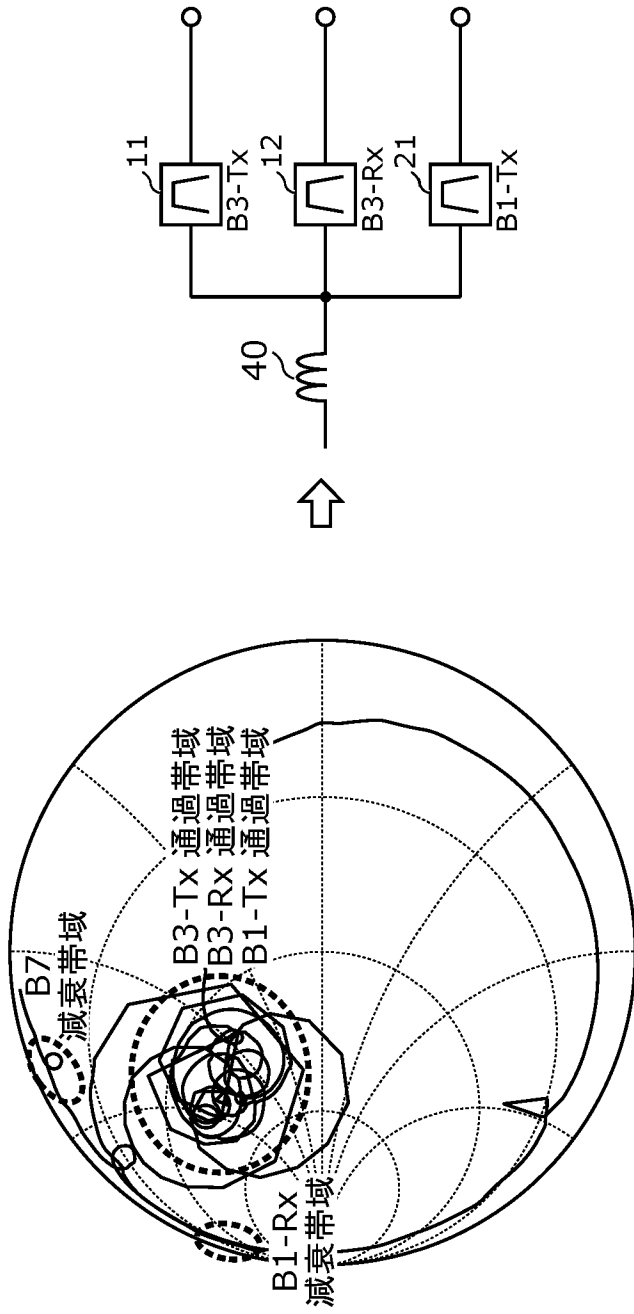
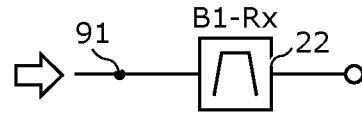
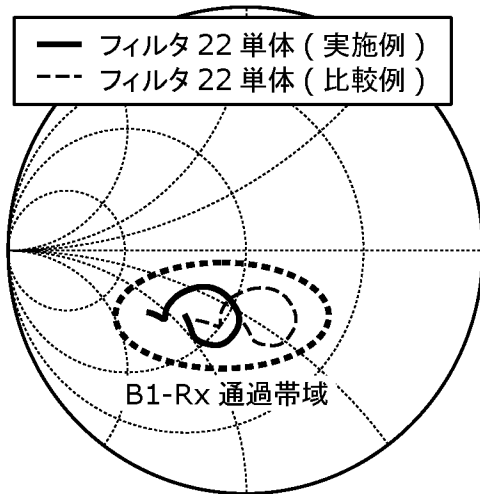


圖5

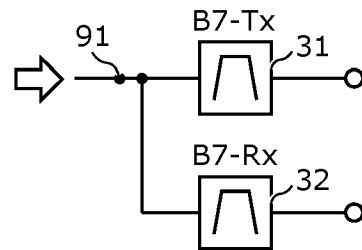
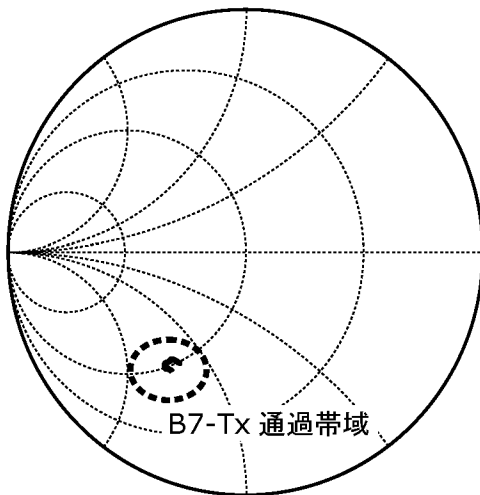
[図6A]

図6A



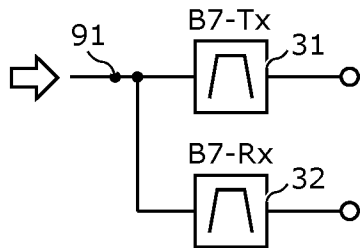
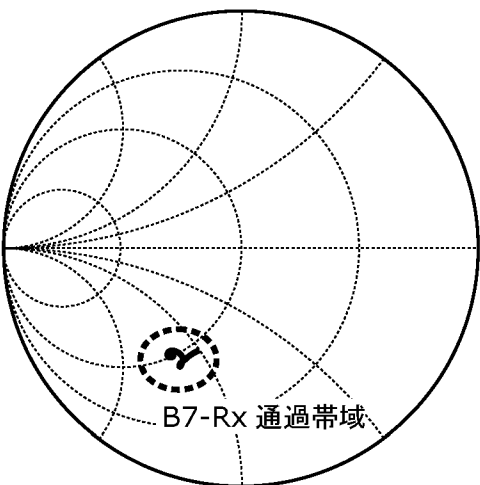
[図6B]

図6B



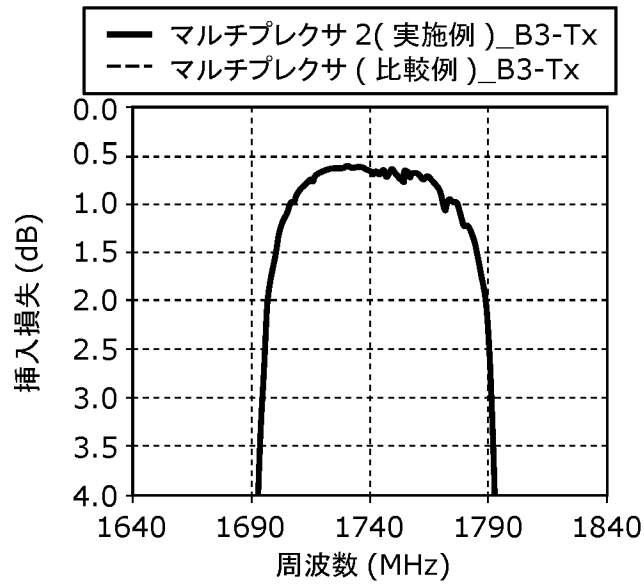
[図6C]

図6C



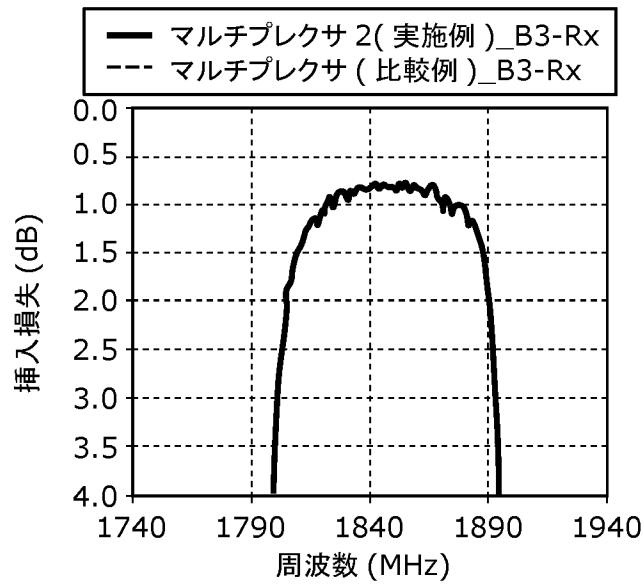
[図7A]

図7A



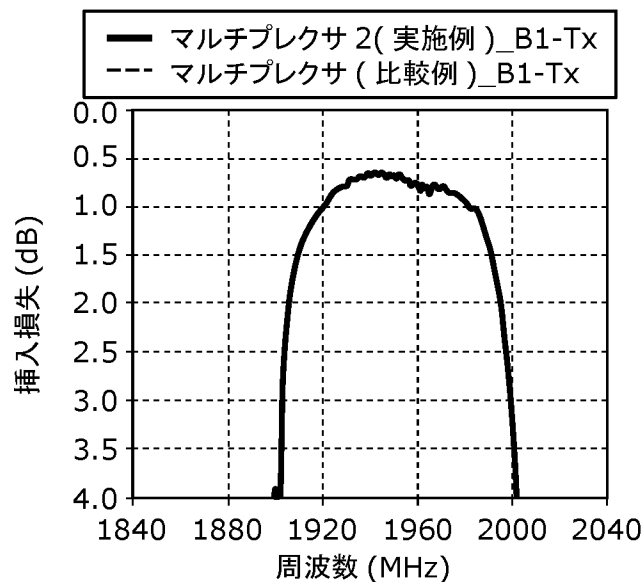
[図7B]

図7B



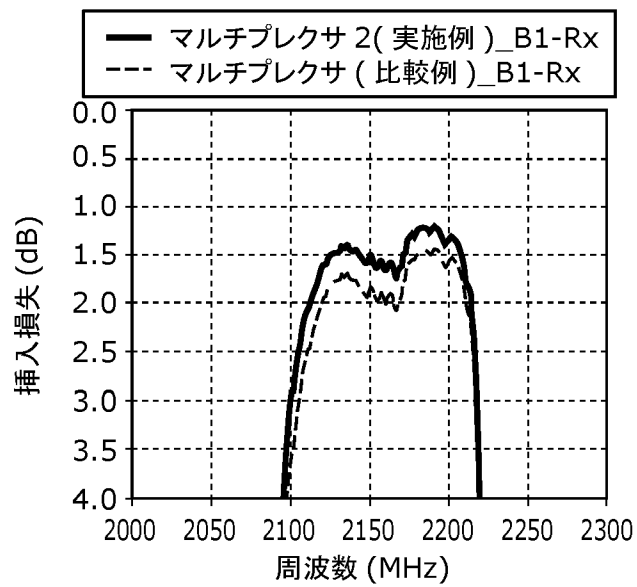
[図7C]

図7C



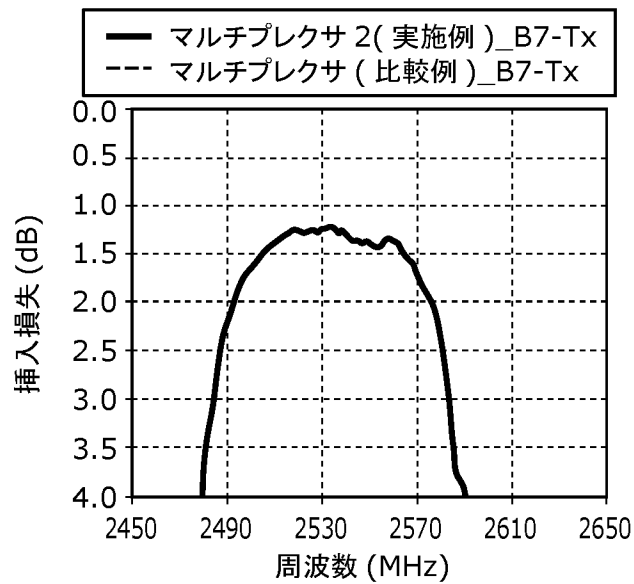
[図7D]

図7D



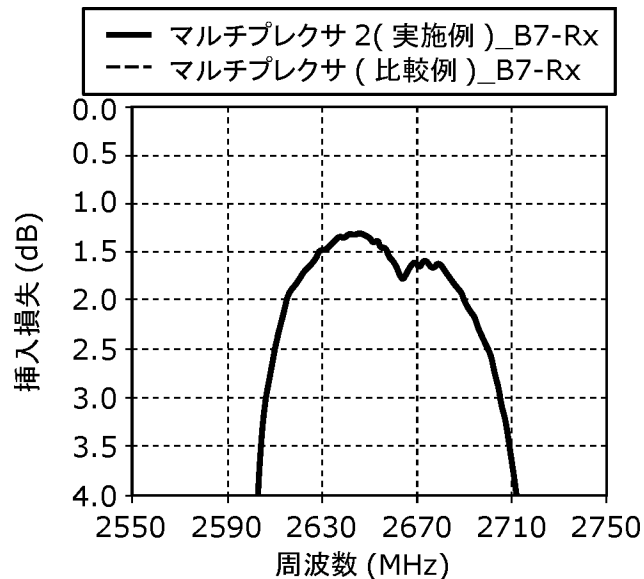
[図7E]

図7E



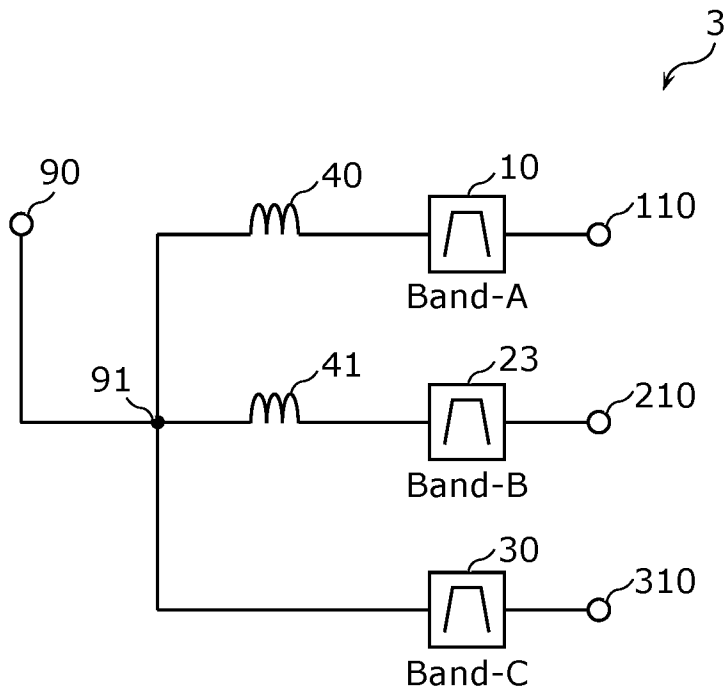
[図7F]

図7F



[圖8]

圖8



[圖9]

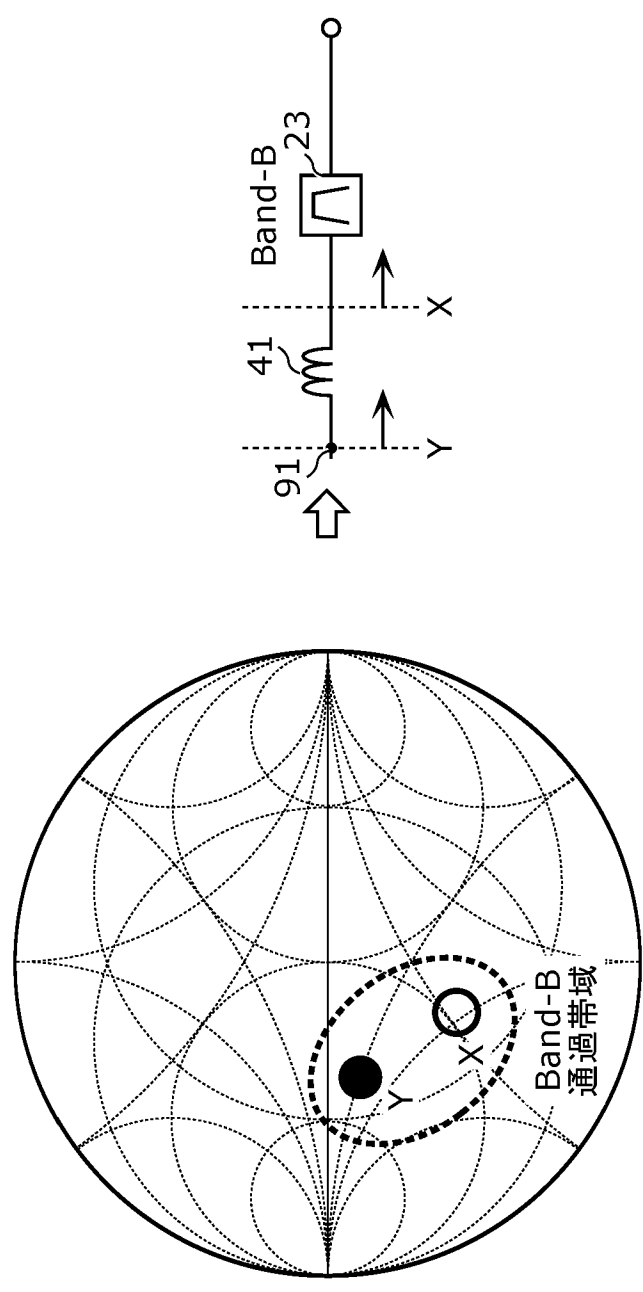


圖9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/041836

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H03H 9/72</i> (2006.01)i; <i>H03H 9/145</i> (2006.01)i; <i>H03H 9/17</i> (2006.01)i; <i>H03H 9/25</i> (2006.01)i; <i>H03H 9/70</i> (2006.01)i FI: H03H9/72; H03H9/145 Z; H03H9/70; H03H9/17 F; H03H9/25 C		
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; H03H9/145; H03H9/17; H03H9/25; H03H9/70		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2020/137263 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 02 July 2020 (2020-07-02) paragraphs [0015]-[0018], [0026], [0029]-[0031], [0069]-[0074], [0100], fig. 1, 14, 22	1-3, 5
A		4, 6
Y	JP 2019-220877 A (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 26 December 2019 (2019-12-26) paragraphs [0003], [0005], [0016]-[0020], [0090]-[0093], fig. 12	1-3, 5
Y	WO 2016/111262 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 14 July 2016 (2016-07-14) paragraphs [0051], [0052]	1-3, 5
A	JP 11-68511 A (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 09 March 1999 (1999-03-09) paragraphs [0036]-[0039], [0050]-[0052]	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 25 January 2023		Date of mailing of the international search report 07 February 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/041836

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/137263	A1	02 July 2020	US 2021/0273633 A1 paragraphs [0037]-[0041], [0048], [0051]-[0053], [0093]- [0098], [0127], fig. 1, 14, 22 KR 10-2021-0072090 A CN 113228509 A	
JP	2019-220877	A	26 December 2019	US 2019/0393862 A1 paragraphs [0004], [0005], [0039]-[0043], [0109]-[0112], fig. 12 CN 110635779 A KR 10-2019-0143805 A	
WO	2016/111262	A1	14 July 2016	US 2017/0294897 A1 paragraphs [0062], [0063] DE 112016000289 T5 KR 10-2017-0091733 A CN 107210732 A	
JP	11-68511	A	09 March 1999	US 5936483 A column 7, lines 23-54, column 9, lines 14-41 KR 10-1999-0023708 A CN 1219003 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H03H 9/72(2006.01)i; H03H 9/145(2006.01)i; H03H 9/17(2006.01)i; H03H 9/25(2006.01)i; H03H 9/70(2006.01)i FI: H03H9/72; H03H9/145 Z; H03H9/70; H03H9/17 F; H03H9/25 C		
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）） H03H9/72; H03H9/145; H03H9/17; H03H9/25; H03H9/70 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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 A	WO 2020/137263 A1 (株式会社村田製作所) 02.07.2020 (2020-07-02) 段落[0015]-[0018], [0026], [0029]-[0031], [0069]-[0074], [0100], 図1, 14, 22	1-3, 5 4, 6
Y	JP 2019-220877 A (株式会社村田製作所) 26.12.2019 (2019-12-26) 段落[0003], [0005], [0016]-[0020], [0090]-[0093], 図12	1-3, 5
Y	WO 2016/111262 A1 (株式会社村田製作所) 14.07.2016 (2016-07-14) 段落[0051]-[0052]	1-3, 5
A	JP 11-68511 A (株式会社村田製作所) 09.03.1999 (1999-03-09) 段落[0036]-[0039], [0050]-[0052]	1-6
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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 25.01.2023		国際調査報告の発送日 07.02.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 志津木 康 5W 1787 電話番号 03-3581-1101 内線 3576

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/041836

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2020/137263	A1	02.07.2020	US	2021/0273633	A1	段落[0037]-[0041], [0048], [0051]-[0053], [0093]- [0098], [0127], 図1, 14, 22
				KR	10-2021-0072090	A	
				CN	113228509	A	
JP	2019-220877	A	26.12.2019	US	2019/0393862	A1	段落[0004]-[0005], [0039]- [0043], [0109]-[0112], 図12
				CN	110635779	A	
				KR	10-2019-0143805	A	
WO	2016/111262	A1	14.07.2016	US	2017/0294897	A1	段落[0062]-[0063]
				DE	112016000289	T5	
				KR	10-2017-0091733	A	
				CN	107210732	A	
JP	11-68511	A	09.03.1999	US	5936483	A	第7欄第23行-第54行, 第9欄 第14行-第41行
				KR	10-1999-0023708	A	
				CN	1219003	A	