

(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1月4日(04.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/003837 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/72 (2006.01) H03H 9/64 (2006.01)
H03H 3/02 (2006.01) H03H 9/70 (2006.01)
H03H 3/08 (2006.01) H04B 1/00 (2006.01)
H03H 9/17 (2006.01) H04B 1/40 (2015.01)
H03H 9/54 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/023701
- (22) 国際出願日: 2017年6月28日(28.06.2017)
- (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 2016-128990 2016年6月29日(29.06.2016) 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: 堀川 晴信 (HORIKAWA, Harunobu);
〒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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
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,

(54) Title: MULTIPLEXER AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: マルチプレクサ及びその製造方法

図1

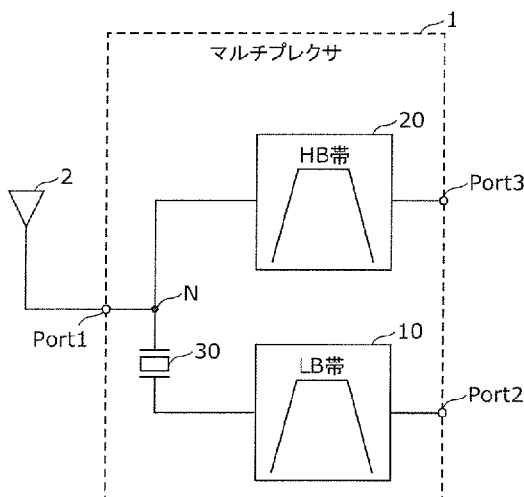


FIG. 1:
1 Multiplexer
10 LB band
20 HB band

(57) **Abstract:** A multiplexer (1) provided with: an LB band filter (10) disposed on a first path linking a common terminal (Port1) and an individual terminal (Port2); an HB band filter (20) disposed on a second path linking the common terminal (Port1) and an individual terminal (Port3), the HB band filter (20) having a different passband from that of the LB band filter (10); and a series trap (30) disposed on the first path between the LB band filter (10) and a common connection point (N) between the first path and the second path. The series trap (30) has a resonance frequency located in a band different from both the passband of the LB band filter (10) and the passband of the HB band filter (20), and has an anti-resonance frequency located in the passband of the HB band filter (20).

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：マルチプレクサ（1）は、共通端子（Port 1）と個別端子（Port 2）とを結ぶ第1経路上に配置されたLB帯フィルタ（10）と、共通端子（Port 1）と個別端子（Port 3）とを結ぶ第2経路上に配置され、LB帯フィルタ（10）と通過帯域が異なるHB帯フィルタ（20）と、第1経路と第2経路との共通接続点（N）とLB帯フィルタ（10）の間の第1経路上に配置された直列トラップ（30）と、を備え、直列トラップ（30）は、LB帯フィルタ（10）及びHB帯フィルタ（20）の通過帯域のいずれとも異なる帯域に位置する共振周波数を有し、かつ、HB帯フィルタ（20）の通過帯域内に位置する反共振周波数を有する。

明 細 書

発明の名称：マルチプレクサ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、複数のフィルタを有するマルチプレクサ及びその製造方法に関する。

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及び複数の無線方式、いわゆるマルチバンド化及びマルチモード化に対応することが要求されている。また、携帯電話の小型化に伴い、携帯電話に搭載されるモジュールにも、さらなる小型化が要求されている。そこで、このような要求に対応すべく、1つのアンテナに対し、スイッチを介さずに互いに通過帯域の異なる複数のフィルタを接続するマルチプレクサが用いられている。

[0003] しかし、このようなマルチプレクサでは、複数のフィルタを経由する複数の信号経路がスイッチを介さずに共通接続されることにより、複数の信号経路の分離性が悪いという問題があった。

[0004] そこで、分離性を改善する手法として、一のフィルタのアンテナ端子側（アンテナ共通端子側）の整合エレメントとして、複数のフィルタの通過帯域外に共振周波数を有する共振子を設ける構成が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5 1 9 9 8 8 9号公報

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、上記の構成では、一のフィルタの固有インピーダンスと他のフィルタの固有インピーダンスとの大小関係によっては、分離性の改善効果が十分に得られず、他のフィルタについて通過帯域内のロスが劣化し得る

という問題がある。具体的には、複数の信号経路が共通接続された後の一のフィルタでは、共通接続される前（すなわち単体時）に比べて、固有インピーダンスが理想的には無限大となるべき周波数領域において、他のフィルタの固有インピーダンスの影響によりインピーダンスが低下する場合がある。この場合、共通接続された後の一のフィルタに、自帯域（自身の通過帯域）とは別の通過帯域が形成される。このため、共通接続された後に、他のフィルタを通過する高周波信号が一のフィルタに漏れ出すことになり、他のフィルタについて通過帯域内のロスが悪化する。

[0007] そこで、本発明は、一のフィルタとともにマルチプレクサを構成する他のフィルタの通過帯域内のロスを低減できるマルチプレクサ及びその製造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

[0008] 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、アンテナ共通端子と第1端子とを結ぶ第1経路上に配置された第1フィルタと、前記アンテナ共通端子と第2端子とを結ぶ第2経路上に配置され、前記第1フィルタと通過帯域が異なる第2フィルタと、前記第1経路と前記第2経路との共通接続点と前記第1フィルタとの間の前記第1経路上に配置された直列トラップと、を備え、前記直列トラップは、前記第1及び前記第2フィルタの通過帯域のいずれとも異なる帯域に位置する共振周波数を有し、かつ、前記第2フィルタの通過帯域内に位置する反共振周波数を有する。

[0009] ここで、反共振周波数では直列トラップのインピーダンスが最大（理想的には無限大）となる。このため、第2フィルタの通過帯域では、共通接続点から見て、第1フィルタが高インピーダンスの疑似オープン状態となる。これにより、送信時及び受信時のいずれにおいても、メイン信号（第2フィルタを通過する高周波信号）が第1フィルタに漏れにくくなる。その結果、第2フィルタの通過帯域内のロスを抑制することができるので、第1フィルタと第2フィルタとが共通接続されたことによる第2フィルタのロスを低減することができる。このように、本態様によれば、一のフィルタ（第1フィルタ）

タ)とともにマルチプレクサを構成する他のフィルタ(第2フィルタ)の特性ロスを低減することができる。

[0010] また、前記第1フィルタは、前記第2フィルタより通過帯域の周波数が低く、前記直列トラップの前記共振周波数は、前記第1フィルタの通過帯域と前記第2フィルタの通過帯域との間の帯域に位置することにしてもよい。

[0011] これにより、第1フィルタの通過帯域では、直列トラップは、励振せずに容量として作用する。このため、第1フィルタのフィルタ特性の劣化を抑制することができる。このように、本態様によれば、一のフィルタ(第1フィルタ)の特性ロスを低減しつつ、他のフィルタ(第2フィルタ)のロスを低減することができる。

[0012] また、前記直列トラップの前記共振周波数は、前記第2フィルタの減衰極の周波数と略一致することにしてもよい。

[0013] ここで、共振周波数では直列トラップのインピーダンスが最小(理想的にはゼロ)となる。これにより、共通接続点から第1フィルタ及び第2フィルタを見ると、第2フィルタの通過帯域の端から減衰極までの周波数領域において第1フィルタのインピーダンスが急激に低下することになる。つまり、この周波数領域では、第2フィルタを通過する高周波信号が急激に減衰される。このため、第2フィルタのフィルタ特性について、減衰スロープの急峻性(いわゆる「フィルタ特性のキレ」)を向上することができる。

[0014] また、前記第1及び前記第2フィルタならびに前記直列トラップの少なくとも1つは、SAW(Surface Acoustic Wave)及びBAW(Bulk Acoustic Wave)を用いた弾性波共振子を含むことにしてもよい。

[0015] これにより、第1及び前記第2フィルタならびに直列トラップの少なくとも1つを小型化できるので、マルチプレクサの小型化及び低コスト化が可能となる。また、SAW及びBAWを用いた弾性波共振子は、一般的に高Qの特性を示すため、低ロス化が可能となる。

[0016] また、前記第1及び前記第2フィルタならびに前記直列トラップの前記少

なくとも1つは、前記SAWを用いた弾性波共振子を含み、IDT電極と、前記IDT電極が主面上に配置された圧電膜と、前記圧電膜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膜との間に配置され、前記圧電膜を伝搬するバルク波音速よりも、伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜と、を備えることにしてもよい。

[0017] これにより、弾性波共振子のQ値を高い値に維持できる。

[0018] また、前記直列トラップと前記第2フィルタとは、同一チップで形成されていることにしてもよい。

[0019] これにより、直列トラップと第2フィルタとで、加工条件等によるバラつきを同等とすることができる。つまり、当該バラつきによる影響をキャンセルすることができる。したがって、直列トラップの反共振周波数を第2フィルタの通過帯域内に容易に収めることができる。このため、第2フィルタの共通接続によるロスを低減できるマルチプレクサを容易に作製することができる。

[0020] また、前記マルチプレクサは、前記アンテナ共通端子に接続された、前記第1及び前記第2フィルタを含む互いに通過帯域が異なる3以上のフィルタを備え、前記直列トラップの前記共振周波数、前記3以上のフィルタの通過帯域のいずれとも異なる帯域に位置することにしてもよい。

[0021] これにより、3バンド以上のマルチバンド化に対応しつつ、第2フィルタの共通接続によるロスを低減することができる。

[0022] また、本発明は、このようなマルチプレクサを製造する製造方法としても実現できる。つまり、本発明の一態様に係るマルチプレクサの製造方法は、アンテナ共通端子と第1端子とを結ぶ第1経路上に配置される第1フィルタを、第1チップに形成する工程と、前記アンテナ共通端子と第2端子とを結ぶ第2経路上に配置され、かつ、前記第1フィルタと通過帯域が異なる第2フィルタ、ならびに、前記第1経路と前記第2経路との共通接続点と前記第1フィルタとの間の前記第1経路上に配置される直列トラップを、第2チッ

プに形成する工程と、を含み、前記直列トラップは、前記第 1 及び前記第 2 フィルタの通過帯域のいずれとも異なる帯域に位置する共振周波数を有し、かつ、前記第 2 フィルタの通過帯域内に位置する反共振周波数を有する。

発明の効果

[0023] 本発明に係るマルチプレクサ等によれば、一のフィルタとともにマルチプレクサを構成する他のフィルタの特性ロスを低減することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図 1 は、実施の形態に係るマルチプレクサの構成図である。

[図2]図 2 は、実施の形態における直列トラップのインピーダンス特性を模式的に示すグラフである。

[図3]図 3 は、実施の形態における L B 帯フィルタの回路構成図である。

[図4]図 4 は、実施の形態における共振子を模式的に表す平面図及び断面図である。

[図5A]図 5 A は、共通接続される前の、L B 帯フィルタ及び H B 帯フィルタのフィルタ特性を模式的に示す図である。

[図5B]図 5 B は、直列トラップを設けずに共通接続された後の、L B 帯フィルタ及び H B 帯フィルタのフィルタ特性を模式的に示す図である。

[図5C]図 5 C は、直列トラップを設けて共通接続された後の、L B 帯フィルタ及び H B 帯フィルタのフィルタ特性を模式的に示す図である。

[図6A]図 6 A は、直列トラップを備えないマルチプレクサに生じ得る問題を説明するための図である。

[図6B]図 6 B は、直列トラップを備える実施の形態に係るマルチプレクサによる効果を説明するための図である。

[図7A]図 7 A は、実施例及び比較例について、共通接続される前の L B 帯フィルタの特性を示す第 1 の図である。

[図7B]図 7 B は、実施例及び比較例について、共通接続される前の L B 帯フィルタの特性を示す第 2 の図である。

[図8]図 8 は、実施例及び比較例について、共通接続された後の L B 帯フィル

タ及びHB帯フィルタの特性を示す図である。

[図9A]図9Aは、実施の形態に係るマルチプレクサのチップ構成を模式的に示す構成図である。

[図9B]図9Bは、図9Aに示すマルチプレクサの外観斜視図である。

[図10A]図10Aは、直列トラップの共振周波数を振った場合のLB帯フィルタの通過特性を示す図である。

[図10B]図10Bは、直列トラップの共振周波数を振った場合のHB帯フィルタの通過特性を示す図である。

[図10C]図10Cは、図10Bに示す通過特性から不整合損を除去した通過特性を示す図である。

[図11]図11は、変形例に係る高周波フロントエンド回路の構成図である。

[図12A]図12Aは、その他の変形例に係るマルチプレクサの構成図である。

[図12B]図12Bは、その他の変形例における直列トラップのインピーダンス特性を模式的に示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施の形態について、実施例及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の形態は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置及び接続形態などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。以下の実施の形態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。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略または簡略化する場合がある。また、以下の実施の形態において、「接続される」とは、直接接続される場合だけでなく、他の素子等を介して電氣的に接続される場合も含まれる。

[0026] (実施の形態)

[1. マルチプレクサの回路構成]

図1は、本実施の形態に係るマルチプレクサ1の構成図である。なお、同図には、マルチプレクサ1の共通端子Port 1に接続されるアンテナ素子2も図示されている。

[0027] マルチプレクサ1は、通過帯域が互いに異なる複数のフィルタを備え、これら複数のフィルタのアンテナ側の端子が共通端子Port 1で共通接続された分波器である。本実施の形態では、図1に示すように、マルチプレクサ1は、共通端子Port 1と、複数の個別端子（ここでは、個別端子Port 2及び3からなる2つの個別端子）と、複数のフィルタ（ここでは、LB（Low Band）帯フィルタ10及びHB（High Band）帯フィルタ20からなる2つのフィルタ）と、を有する。

[0028] 共通端子Port 1は、複数のフィルタに共通に設けられ、マルチプレクサ1の内部でこれら複数のフィルタに接続されている。また、共通端子Port 1は、マルチプレクサ1の外部でアンテナ素子2に接続される。つまり、共通端子Port 1は、マルチプレクサ1のアンテナ共通端子である。

[0029] 2つの個別端子Port 2及び3は、この順に、LB帯フィルタ10及びHB帯フィルタ20に個別に対応して設けられ、マルチプレクサ1の内部で対応するフィルタに接続されている。また、個別端子Port 2及び3は、マルチプレクサ1の外部で、増幅回路等（図示せず）を介してRF信号処理回路（RFIC：Radio Frequency Integrated Circuit、図示せず）に接続される。

[0030] LB帯フィルタ10は、共通端子Port 1と個別端子Port 2（第1端子）とを結ぶ第1経路上に配置された第1フィルタである。本実施の形態では、LB帯フィルタ10には、通過帯域としてLB帯が割り当てられ、HB帯フィルタ（第2フィルタ）より通過帯域の周波数が低くなっている。

[0031] HB帯フィルタ20は、共通端子Port 1と個別端子Port 3（第2端子）とを結ぶ第2経路上に配置され、LB帯フィルタ10（第1フィルタ）と通過帯域が異なる第2フィルタである。ここで、「通過帯域が異なる」とは、通過帯域が完全に離間している場合だけでなく、通過帯域の少なくとも

も一部が重複する場合も含まれる。本実施の形態では、HB帯フィルタ20には、通過帯域として、LB帯と完全に離間するHB帯が割り当てられている。例えば、LB帯とHB帯との間の空き帯域は、LB帯及びHB帯それぞれの通過帯域幅よりも広域である。

[0032] これらLB帯フィルタ10を通過する第1経路とHB帯フィルタ20を通過する第2経路とは、共通接続点Nで接続されている。つまり、共通接続点Nは、第1経路と第2経路とを接続するノードである。

[0033] 直列トラップ30は、共通接続点NとLB帯フィルタ10（第1フィルタ）との間の第1経路上に配置されている。つまり、直列トラップ30は、共通接続点NとLB帯フィルタ10との間で、これらに直列接続されている。この直列トラップ30は、インピーダンスが最小（理想的にはゼロ）となる共振周波数と、インピーダンスが最大（理想的には無限大）となる反共振周波数と、を有する共振回路である。

[0034] 図2は、直列トラップ30のインピーダンス特性を模式的に示すグラフである。

[0035] 同図に示すように、直列トラップ30は、LB帯フィルタ10の通過帯域（第1フィルタの通過帯域、図中のLB帯）及びHB帯フィルタ20の通過帯域（第2フィルタの通過帯域、図中のHB帯）のいずれとも異なる帯域に位置する共振周波数 f_r を有し、かつ、HB帯フィルタ20の通過帯域内に位置する反共振周波数 f_a を有する。本実施の形態では、共振周波数 f_r と反共振周波数 f_a とは $f_r < f_a$ を満たし、共振周波数 f_r はLB帯とHB帯との間の空き帯域に位置する。また、本実施の形態では、共振周波数 f_r は、HB帯フィルタ20（第2フィルタ）の減衰極（ここでは、低域側の減衰極）の周波数と略一致する。例えば、HB帯フィルタ20の減衰極が複数存在する場合、共振周波数 f_r は、HB帯フィルタ20の通過帯域に周波数が最も近い減衰極と略一致する。なお、「略一致」とは、完全に一致する場合だけでなく、実質的に一致する場合も含まれる。つまり、「略」とは数パーセント程度の誤差を含む。

[0036] このような直列トラップ30は、共振子によって構成される。なお、直列トラップ30は、共振子に限らず、共振周波数及び反共振周波数を有する共振回路であればよく、例えば、インダクタ及びキャパシタによって構成されたLC並列共振回路（いわゆるタンク回路）であってもかまわない。このように構成された直列トラップ30では、共振周波数 f_r と反共振周波数 f_a とは、 $f_r < f_a$ に限らず $f_r > f_a$ を満たしてもかまわない。

[0037] [2. フィルタの回路構成]

次に、各フィルタ（LB帯フィルタ10及びHB帯フィルタ20）の回路構成について、LB帯フィルタ10を例に説明する。

[0038] 図3は、LB帯フィルタ10の回路構成図である。なお、同図には、LB帯フィルタ10と接続されている直列トラップ30についても、併せて図示されている。

[0039] 同図に示すように、LB帯フィルタ10は、7つの直列共振子111s、121s、122s、131s、141s、151s及び152sと、6つの並列共振子111p、121p、131p、141p、151p及び152pと、を備える。

[0040] 直列共振子111s、121s、122s、131s、141s、151s及び152sは、共通端子Port1と個別端子Port2とを結ぶ第1経路（直列腕）上に、共通端子Port1側からこの順に互いに直列に接続されている。直列共振子111sと直列共振子122s、ならびに、直列共振子151sと直列共振子152sは、いずれの並列共振子も接続されることなく互いに直列接続されている。

[0041] 並列共振子111p、121p、131p、141p及び151pは、直列トラップ30及び上記の直列共振子の各接続点と、基準端子（グラウンド）とを結ぶ経路（並列腕）上に、共通端子Port1側からこの順に互いに並列に接続されている。並列共振子152pは、並列共振子151pと直列接続されている。

[0042] このように構成されたLB帯フィルタ10は、複数段（本実施の形態では

５段）のラダー型のフィルタ構造を有する。

[0043] なお、ＬＢ帯フィルタ１０の直列共振子及び並列共振子の個数及び接続態様は特に限定されない。また、ＬＢ帯フィルタ１０は、直列共振子及び並列共振子を有するラダー型のフィルタ構造に限らず、縦結合型のフィルタ構造であってもかまわない。さらには、ＬＢ帯フィルタ１０は、共振子を有する構成に限らず、ＬＣ共振フィルタまたは誘電体フィルタであってもかまわない。つまり、ＬＢ帯フィルタ１０の構成は、実装レイアウトの制約または要求されるフィルタ特性等に応じて適宜選択され得る。また、これらの事項は、ＨＢ帯フィルタ２０についても同様である。

[0044] [３．共振子構造]

次に、ＬＢ帯フィルタ１０（第１フィルタ）、ＨＢ帯フィルタ２０（第２フィルタ）及び直列トラップ３０を構成する共振子の構造について、説明する。これらの共振子は、例えば弾性表面波（ＳＡＷ：Ｓｕｒｆａｃｅ Ａｃｏｕｓｔｉｃ Ｗａｖｅ）を用いた弾性波共振子である。なお、これらの共振子は、ＳＡＷを用いた共振子に限らず、例えば、弾性境界波やバルク波（ＢＡＷ：Ｂｕｌｋ Ａｃｏｕｓｔｉｃ Ｗａｖｅ）を用いた弾性波共振子であってもかまわない。

[0045] 図４は、本実施の形態における共振子を模式的に表す平面図及び断面図である。同図には、マルチプレクサ１を構成する複数の共振子のうち、直列トラップ３０の構造を表す平面模式図及び断面模式図が例示されている。なお、図４に示された直列トラップ３０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。

[0046] マルチプレクサ１の各共振子は、圧電体層４２７を有する基板４２０と、楕円形状を有するＩＤＴ（ＩｎｔｅｒＤｉｇｉｔａｌ Ｔｒａｎｓｄｕｃｅｒ）電極４２ａ及び４２ｂとで構成されている。

[0047] 図４の平面図（図中の上段の図）に示すように、圧電体層４２７の上には、互いに対向する一对のＩＤＴ電極４２ａ及び４２ｂが形成されている。Ｉ

D T電極4 2 aは、互いに平行な複数の電極指4 2 2 aと、複数の電極指4 2 2 aを接続するバスバー電極4 2 1 aとで構成されている。また、I D T電極4 2 bは、互いに平行な複数の電極指4 2 2 bと、複数の電極指4 2 2 bを接続するバスバー電極4 2 1 bとで構成されている。複数の電極指4 2 2 a及び4 2 2 bは、弾性波の伝搬方向と直交する方向に沿って形成されている。

[0048] また、複数の電極指4 2 2 a及び4 2 2 b、ならびに、バスバー電極4 2 1 a及び4 2 1 bで構成されるI D T電極4 2は、図4の断面図（図中の中段の図）に示すように、密着層4 2 3と主電極層4 2 4との積層構造となっている。つまり、I D T電極4 2は、2種以上（ここでは2種）の異種金属材料の積層構造を有する。

[0049] 密着層4 2 3は、圧電体層4 2 7と主電極層4 2 4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4 2 3の膜厚は、例えば、12 nmである。

[0050] 主電極層4 2 4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4 2 4の膜厚は、例えば131 nmである。

[0051] 保護層4 2 5は、I D T電極4 2 a及び4 2 bを覆うように形成されている。保護層4 2 5は、主電極層4 2 4を外部環境から保護する、周波数温度特性を調整する、及び、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。保護層4 2 5の膜厚は、例えば30 nmである。

[0052] なお、密着層4 2 3、主電極層4 2 4及び保護層4 2 5を構成する材料は、上述した材料に限定されない。さらに、I D T電極4 2は、上記積層構造でなくてもよい。I D T電極4 2は、例えば、Ti、Al、Cu、Pt、Au、Ag、Pd、Ni、Cr、W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4 2 5は、形成されていなくてもよい。

[0053] 基板4 2 0は、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム（LiTaO₃）、

水晶、シリコン、サファイア、酸化亜鉛、窒化アルミニウム等のいずれかの圧電材料を基にした基板である。本実施の形態では、基板420は、以下に説明する積層構造を有する。

[0054] 図4の下段に示すように、基板420は、高音速支持基板428と、低音速膜426と、圧電体層427とを備え、高音速支持基板428、低音速膜426及び圧電体層427がこの順で積層された構造を有している。

[0055] 圧電体層427は、例えば、 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（弾性波の伝搬方向（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）からなる圧電膜である。圧電体層427の厚みは、例えば125nmである。

[0056] 高音速支持基板428は、低音速膜426、圧電体層427ならびにIDT電極42を支持する基板である。高音速支持基板428は、さらに、圧電体層427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428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427及び低音速膜426が積層されている部分に閉じ込め、高音速支持基板428より下方に漏れないように機能する。高音速支持基板428は、例えば、シリコン基板であり、厚みは、例えば200 μ mである。

[0057] 低音速膜426は、圧電体層427を伝搬する弾性波の音速よりも、低音速膜426中のバルク波の音速が低速となる膜であり、圧電体層427と高音速支持基板428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426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505nmである。

[0058] 基板420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、共振周波数及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等を構成

することが可能となる。

- [0059] なお、高音速支持基板 4 2 8 は、支持基板と、圧電体層 4 2 7 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、リチウムニオブेट、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。
- [0060] なお、本実施の形態では、IDT 電極 4 2 は、積層構造を有する基板 4 2 0 上に形成された例を示したが、単層構造を有する基板上に形成されていてもかまわない。単層構造を有する基板としては、例えば、 LiTaO_3 の圧電単結晶、または、 LiNbO_3 などの他の圧電単結晶で構成される単層基板が用いられ得る。
- [0061] また、IDT 電極 4 2 が形成される基板は、圧電体層を有する限り、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。
- [0062] また、上記実施例に係る圧電体層 4 2 7 は、 50° Y カット X 伝搬 LiTaO_3 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、弾性波共振子の要求通過特性などに応じて、適宜、積層構造、材料、及び厚みを変更してもよく、上記以外のカット角を有する LiTaO_3 圧電基板または LiNbO_3 圧電基板などを用いた弾性波共振子であっても、同様の効果を奏することが可能となる。
- [0063] ここで、IDT 電極 4 2 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 4 の中段に示す IDT 電極 4 2 を構成する複数の電極

指4 2 2 a及び4 2 2 bの繰り返しピッチλで規定される。また、I D T電極の交叉幅Lは、図4の上段に示すように、I D T電極4 2 aの電極指4 2 2 aとI D T電極4 2 bの電極指4 2 2 b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、各共振子の電極デューティー比は、複数の電極指4 2 2 a及び4 2 2 bのライン幅占有率であり、複数の電極指4 2 2 a及び4 2 2 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る。より具体的には、電極デューティー比は、I D T電極4 2 a及び4 2 bを構成する電極指4 2 2 a及び4 2 2 bのライン幅をWとし、隣り合う電極指4 2 2 aと電極指4 2 2 b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。

[0064] [4. ロス低減のメカニズム]

以上のように構成されたマルチプレクサ1によれば、一のフィルタ（第1フィルタ、本実施の形態ではL B帯フィルタ10）とともにマルチプレクサ1を構成する他のフィルタ（第2フィルタ、本実施の形態ではH B帯フィルタ20）の帯域内ロスを低減することができる。以下、このロスを低減できるメカニズムについて、本発明に至った経緯を含めて、図5 A～図6 Bを用いて説明する。

[0065] 図5 A～図5 Cは、本実施の形態において、ロスを低減できるメカニズムを模式的に示す図である。具体的には、図5 Aは、共通接続される前の、L B帯フィルタ10及びH B帯フィルタ20のフィルタ特性（通過特性）を模式的に示す図である。図5 Bは、直列トラップ30を設けずに共通接続された後の、L B帯フィルタ10及びH B帯フィルタ20のフィルタ特性を模式的に示す図である。図5 Cは、直列トラップ30を設けて共通接続された後の、L B帯フィルタ10及びH B帯フィルタ20のフィルタ特性を模式的に示す図である。なお、これらの図及び以降の説明において、L B帯フィルタ10のフィルタ特性及びH B帯フィルタ20のフィルタ特性は、それぞれ、共通端子Port 1と個別端子Port 2との間の挿入損失、及び、共通端子Port 1と個別端子Port 3との間の挿入損失を指す。

[0066] 図6A及び図6Bは、直列トラップ30により漏れ信号が抑制される様子を模式的に示す図である。具体的には、図6Aは、直列トラップ30を備えないマルチプレクサ901に生じ得る問題を説明するための図である。図6Bは、直列トラップ30を備える本実施の形態に係るマルチプレクサ1による効果を説明するための図である。

[0067] ここで、直列トラップ30を備えないマルチプレクサ901では、実施の形態に係るマルチプレクサ1に比べて、LB帯フィルタ10とHB帯フィルタ20とが、直列トラップ30を介さずに互いに接続されている点異なる。

[0068] 図5A及び図5Bに示すように、マルチプレクサ901では、一のフィルタ（第1フィルタ、ここではLB帯フィルタ10）の影響により、共通接続される相手側フィルタ（第2フィルタ、ここではHB帯フィルタ20）のフィルタ特性等が劣化するロスが発生し得る。これに関し、本願発明者らは、一のフィルタ固有のインピーダンスとこれに共通接続される相手側フィルタ固有のインピーダンスとの大小関係により、共通接続される相手側フィルタの通過特性が劣化し得ることに気付いた。

[0069] 具体的には、共通接続後の一のフィルタでは、共通接続前（すなわち単体時）に比べて、固有インピーダンスが理想的には無限大となるべき周波数領域において、共通接続される相手側フィルタの固有インピーダンスの影響によりインピーダンスが低下する場合がある。例えば、マルチプレクサ901では、HB帯において、LB帯フィルタ10のインピーダンスが不足している場合（例えば、共通接続点Nから見て、HB帯フィルタ20に対してLB帯フィルタ10のインピーダンスが不足している場合）にインピーダンスが低下する。この場合、図6Aに示すように、送信時及び受信時のいずれにおいても、メイン信号（HB帯フィルタ20を通過する高周波信号）の一部が漏れ信号となってLB帯フィルタ10へと漏れ出す。これにより、マルチプレクサ901では、共通接続後のLB帯フィルタ10に、自帯域（自身の通過帯域、ここではLB帯）とは別の通過帯域が形成される。このため、共通

接続後に、HB帯フィルタ20を通過する高周波信号がLB帯フィルタ10に漏れ出すことになり、その結果、図5Bに示すように、HB帯フィルタ20の帯域内ロスが発生し得る。

[0070] これに対して、本実施の形態に係るマルチプレクサ1では、直列トラップ30を設けることにより、LB帯フィルタ10とともにマルチプレクサを構成するHB帯フィルタ20について通過帯域内ロスを低減することができる。

[0071] 具体的には、本実施の形態では、図5Cに示すように、直列トラップ30の反共振周波数 f_a は、HB帯フィルタ20（第2フィルタ）の通過帯域（HB帯）内に位置する。ここで、反共振周波数 f_a では直列トラップ30のインピーダンスが最大（理想的には無限大）となる。このため、図6Bに示すように、HB帯では、共通接続点Nから見て、LB帯フィルタ10が高インピーダンスの疑似オープン状態となる。これにより、送信時及び受信時のいずれにおいても、メイン信号（HB帯フィルタ20を通過する高周波信号）がLB帯フィルタ10に漏れにくくなる。その結果、図5Cに示すように、HB帯フィルタ20の通過帯域内のロスを抑制することができる。つまり、LB帯フィルタ10とHB帯フィルタ20とが共通接続されたことによるHB帯フィルタ20の通過帯域内ロスを低減することができる。このように、本実施の形態によれば、LB帯フィルタ10（一のフィルタ）とともにマルチプレクサ1を構成するHB帯フィルタ20（他のフィルタ）について、通過帯域内ロスを低減することができる。

[0072] また、本実施の形態では、図5Cに示すように、LB帯フィルタ10（第1フィルタ）はHB帯フィルタ20（第2フィルタ）より通過帯域の周波数が低く、直列トラップ30の共振周波数 f_r は、LB帯（第1フィルタの通過帯域）とHB帯（第2フィルタの通過帯域）との間に位置する。よって、LB帯では、直列トラップ30は、励振せずに容量として作用する。このため、LB帯フィルタ10のフィルタ特性の劣化を抑制することができる。このように、本実施の形態によれば、LB帯フィルタ10（一のフィルタ）の

特性ロスを低減しつつ、HB帯フィルタ20（他のフィルタ）について共通接続によるロスを低減することができる。

[0073] また、本実施の形態では、直列トラップ30の共振周波数 f_r がHB帯フィルタ20（第2フィルタ）の減衰極の周波数と略一致する。これにより、共通接続点NからLB帯フィルタ10及びHB帯フィルタ20を見ると、HB帯フィルタ20の通過帯域の端から減衰極までの周波数領域においてLB帯フィルタ10のインピーダンスが急激に低下することになる。つまり、この周波数領域では、HB帯フィルタ20を通過する高周波信号が急激に減衰される。このため、HB帯フィルタ20のフィルタ特性について、減衰スロープの急峻性（いわゆる「フィルタ特性のキレ」）を向上することができる。

[0074] <実施例と比較例との比較>

以下、本実施の形態に係るマルチプレクサ1による共通接続によるロスの低減効果について、実施例及び比較例に基づいて、詳細に説明する。なお、以下では、周波数帯域の範囲について、A以上B以下を示す数値範囲をA～Bのように簡略化して記載する。

[0075] 実施例のマルチプレクサは、上記実施の形態に係るマルチプレクサ1の構成を有する。具体的には、LB帯フィルタ10（第1フィルタ）には、通過帯域としてLTE（Long Term Evolution）のBand 34（2010～2025MHz）が割り当てられ、HB帯フィルタ20（第2フィルタ）には、通過帯域としてLTEのBand 40（2300～2400MHz）が割り当てられている。

[0076] また、比較例では、実施例に比べて直列トラップ30が設けられていない点異なる。具体的には、比較例のマルチプレクサは、直列トラップ30に代わりLB帯フィルタ10の初段の直列共振子を有する。つまり、比較例では、LB帯フィルタ10による通過帯域の形成（自帯域の形成）に寄与する初段の直列共振子が設けられているのに対し、実施例では、初段の直列共振子に代わり直列トラップ30が設けられている。言い換えると、実施例の直

列トラップ30は、比較例の初段の直列共振子について、反共振周波数 f_a がHB帯内に位置するようにIDT電極42の設計パラメータ等が調整された構造を有する。

[0077] 図7A及び図7Bは、実施例及び比較例について、共通接続前のLB帯フィルタ10の特性を示す図である。これらの図には、共通接続前のLB帯フィルタ10の特性について、比較例（直列トラップ30なし）の場合、及び、実施例（直列トラップ30あり）の場合それぞれの特性が示されている。具体的には、図7Aの上段には、共通接続前における実施例の構成が模式的に示されている。図7Aの中段には、このときのLB帯フィルタ10を経由する経路の通過特性が示されており、より具体的には、個別端子Port2に入力された信号に対する共通端子Port1から出力された信号の強度比である挿入損失が示されている。図7Aの下段には、このときの不整合損を除去した通過特性が示されており、より具体的には、図7Aの中段に示す挿入損失から例えば共通接続点NとLB帯フィルタ10との間の不整合損を除去した挿入損失が示されている。また、図7Bの上段には、このときの反射特性が示されており、より具体的には、共通端子Port1に入力された信号に対する共通端子Port1から出力された信号の強度比である反射損失が示されている。図7Bの下段には、このときの反射特性がスミスチャートで示されており、より具体的には、共通接続点Nにおける反射特性が示されている。

[0078] 図7Aの中段及び下段に示すように、実施例と比較例とを比べると、実施例では直列トラップ30を設けることにより、LB帯フィルタ10において、HB帯の挿入損失を増大しつつ（例えば、図中のマーカー箇所では0.6dB程度）、LB帯における挿入損失を維持することができる。

[0079] このことは、図7Bの上段に示すように、実施例では直列トラップ30を設けることにより、HB帯において、共通接続点NからLB帯フィルタ10を見たインピーダンスが良化（インピーダンス値が向上）することによる（例えば、図中のマーカー箇所では0.8dB程度）。具体的には、直列トラ

ップ30のインピーダンスが最大となる反共振周波数 f_a がHB帯に位置することにより、共通接続点NからLB帯フィルタ10を見たインピーダンスも最大となることによる。すなわち、図7Bの下段に示すように、直列トラップ30によって、HB帯における当該インピーダンスがスミスチャート上の外周（インピーダンス値のより大きな領域）に移動するためである。

[0080] 次に、LB帯フィルタ10とHB帯フィルタ20とが共通接続された後の特性について、説明する。

[0081] 図8は、実施例及び比較例について、共通接続された後のLB帯フィルタ10及びHB帯フィルタ20の特性を示す図である。同図には、共通接続された後の当該特性について、比較例（直列トラップ30なし）の場合、及び、実施例（直列トラップ30あり）の場合それぞれの特性が示されている。具体的には、図8の上段には、共通接続された後における実施例の構成が模式的に示されている。図8の中段には、このときのLB帯フィルタ10及びHB帯フィルタ20のそれぞれを経由する経路の通過特性が示されている。より具体的には、個別端子Port 2に入力された信号に対する共通端子Port 1から出力された信号の強度比である挿入損失、及び、個別端子Port 3に入力された信号に対する共通端子Port 1から出力された信号の強度比である挿入損失が示されている。図8の下段には、このときの不整合損を除去した通過特性が示されており、より具体的には、図8の中段に示す挿入損失から例えば共通接続点NとLB帯フィルタ10及びHB帯フィルタ20との間の不整合損を除去した挿入損失が示されている。

[0082] 図8の中段及び下段に示すように、実施例と比較例とを比べると、HB帯フィルタ20において、HB帯の挿入損失（共通接続によるロス）が低減されている（例えば0.20dB程度）。

[0083] このことは、図7A及び図7Bで示したように、HB帯においてLB帯フィルタ10のインピーダンスが良化する（挿入損失が増大する）ことによって、HB帯の高周波信号がLB帯フィルタ10に漏れ出しにくくなることによる。

[0084] このように、実施例と比較例とを比べると、実施例では、比較例のＬＢ帯フィルタの初段の直列共振子に代わり、反共振周波数 f_a がＨＢ帯内に位置するようにＩＤＴ電極４２の設計パラメータ等が調整された直列トラップ３０を有することにより、ＨＢ帯フィルタ２０について共通接続によるロスを低減することができる。

[0085] ここで、ＬＢ帯フィルタ１０では、自帯域（ＬＢ帯）において、容量として作用する直列トラップ３０の影響により、共通接続前に比べて挿入損失が増大する場合がある。しかし、この挿入損失については、ＬＢ帯フィルタ１０を構成する各共振子の設計パラメータを適宜調整することにより、十分に低減することができる。

[0086] [５．マルチプレクサの構造]

以上のような本実施の形態に係るマルチプレクサ１は、直列トラップ３０とＨＢ帯フィルタ２０とが同一チップで形成されていることが好ましい。

[0087] 図９Ａは、本実施の形態に係るマルチプレクサ１のチップ構成を模式的に示す構成図である。図９Ｂは、図９Ａに示すマルチプレクサ１の外観斜視図である。なお、図９Ａでは、封止部材５５を透過して、封止部材５５によって封止された部品を図示している。

[0088] これらの図に示すように、マルチプレクサ１は、モジュール基板５１、チップ部品５２Ａ及び５２Ｂ、ならびに、封止部材５５を備える。

[0089] モジュール基板５１は、ＬＢ帯フィルタ１０、ＨＢ帯フィルタ２０及び直列トラップ３０を接続することにより、マルチプレクサ１を構成する配線を内蔵する、例えばＬＴＣＣ（Low Temperature Co-fired Ceramics）基板である。なお、モジュール基板５１には、マルチプレクサ１とアンテナ素子２とのインピーダンス整合をとるための整合回路を構成するインダクタ及びキャパシタ等が内蔵されていてもかまわない。

[0090] チップ部品５２Ａは、ＬＢ帯フィルタ１０を内蔵する第１チップである。チップ部品５２Ｂは、ＨＢ帯フィルタ２０及び直列トラップ３０を内蔵する

第2チップである。本実施の形態では、共通接続点Nはチップ部品52Bに形成されている。なお、共通接続点Nが形成される部品はこれに限らず、例えば、モジュール基板51に形成されていてもかまわない。これらチップ部品52A及び52Bは、上述した基板420及びIDT電極42等で形成されており、モジュール基板51に実装されている。

[0091] 封止部材55は、モジュール基板51上に配置された部品（チップ部品52A及び52B）を封止する、例えば樹脂である。

[0092] このようなマルチプレクサ1は、例えば、次のような製造工程（製造方法）により作製される。すなわち、本実施の形態に係るマルチプレクサ1の製造方法は、チップ部品52A（第1チップ）を形成する第1工程と、チップ部品52B（第2チップ）を形成する第2工程と、を含む。ここで、第1工程では、共通端子Port1（アンテナ共通端子）と個別端子Port2（第1端子）とを結ぶ第1経路上に配置されるLB帯フィルタ10（第1フィルタ）を、チップ部品52Aに形成する。また、第2工程では、共通端子Port1と個別端子Port3（第2端子）とを結ぶ第2経路上に配置され、かつ、LB帯フィルタ10と通過帯域の周波数が異なるHB帯フィルタ20、ならびに、上記第1経路と上記第2経路との共通接続点NとLB帯フィルタ10との間の第1経路上に配置される直列トラップ30を、チップ部品52Bに形成する。

[0093] その後、第1工程及び第2工程で形成されたチップ部品52A及び52Bをモジュール基板51に実装することにより、マルチプレクサ1が作製される。

[0094] なお、第1工程と第2工程との順序は特に限定されず、第1工程の後に第2工程が行われてもかまわないし、その逆であってもかまわない。

[0095] このように作製されたマルチプレクサ1では、直列トラップ30がHB帯フィルタ20と同一の加工条件（製造条件）で作製される。よって、直列トラップ30の反共振周波数 f_a をHB帯フィルタ20の通過帯域に当てやすくなる。すなわち、反共振周波数 f_a がHB帯フィルタ20の通過帯域内に

収まりやすくなる。このため、HB帯フィルタ20について共通接続によるロス低減できるマルチプレクサ1を容易に作製することができる。

[0096] 具体的には、直列トラップ30とHB帯フィルタ20とが別の製造工程で作製されていると、素子ごとのバラつきにより、直列トラップ30の反共振周波数 f_a をHB帯フィルタ20の通過帯域に当てるのが非常に難しい。

[0097] 図10A～図10Cは、直列トラップ30の共振周波数 f_r を2100MHz～2400MHzの範囲で概ね50MHz間隔（一部は100MHz間隔）で振った場合の通過特性を示す図である。具体的には、図10Aには、この場合のLB帯フィルタ10の通過特性が示されている。図10Bには、この場合のHB帯フィルタ20の通過特性が示されている。図10Cには、図10Bに示す通過特性から不整合損を除去した通過特性が示されている。なお、これらの通過特性に示される反射特性に関する事項については、上述した反射特性に関する事項と同様である。

[0098] これらの図から明らかなように、直列トラップ30の共振周波数 f_r が2100～2250MHzの場合には、HB帯フィルタ20の通過特性は劣化しにくい。つまり、この場合、直列トラップ30を設けない構成に比べて、共通接続によるロス低減することができる。しかし、共振周波数 f_r が2300～2400MHzの場合、HB帯フィルタ20の通過特性が劣化してしまう。つまり、この場合、直列トラップ30を設けない構成に比べて、共通接続によるロスが逆に増大し得る。このことは、共振周波数 f_r がHB帯の通過帯域（ここでは、2300～2400MHz）内に収まってしまうことにより、反共振周波数 f_a が当該通過帯域外に位置してしまうことによる。つまり、この場合、共通接続点Nから見たLB帯フィルタ10のインピーダンスが低下することにより、HB帯の高周波信号がLB帯フィルタ10に漏れ出しやすくなる。

[0099] このような共振周波数 f_r 及び反共振周波数 f_a のバラつきは、直列トラップ30をHB帯フィルタ20と異なる加工条件で作製する場合に発生しやすい。また、特に、LB帯フィルタ10とHB帯フィルタ20との加工条件

及び素子構成等が大きく異なる場合、上記のバラつきは、HB帯フィルタ20の通過特性の劣化等、マルチプレクサ1の特性劣化の大きな要因となり得る。

[0100] これに対して、本実施の形態では、LB帯フィルタ10と同一経路上に設けられた直列トラップ30を、HB帯フィルタ20と敢えて同一チップに形成する。これにより、直列トラップ30とHB帯フィルタ20とで、加工条件等によるバラつきを同等とすることができる。つまり、当該バラつきによる影響をキャンセルすることができる。したがって、チップ部品52A（第1チップ）とチップ部品52B（第2チップ）との組み合わせによらず、直列トラップ30の反共振周波数 f_a をHB帯フィルタ20の通過帯域内に収めることができる。このため、チップ部品52A及びチップ部品52Bのサンプル同士の組み合わせによらず、HB帯フィルタ20の共通接続によるロスを低減できるマルチプレクサ1を容易に作製することができる。

[0101] このような構造は、要求されるフィルタ特性等によりLB帯フィルタ10とHB帯フィルタ20とを同一チップに形成できない構成に有用であり、特に、HB帯フィルタ20が狭帯域フィルタまたは温度特性差の大きなフィルタである等、直列トラップ30の反共振周波数 f_a をHB帯フィルタ20の通過帯域に合わせづらい構成に有用である。

[0102] ここで、直列トラップ30とHB帯フィルタ20とで加工条件が同一とは、例えば、これらを構成する素子（共振子）及び電極構造等が略一致することを指す。この「素子及び電極構造」とは、具体的には、(i) 圧電基板のカット角（本実施の形態では圧電体層427のカット角、すなわちウェハ切り出し時のオイラー角）、(ii) 圧電材料（本実施の形態では圧電体層427の材料、すなわちタンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、水晶等）、(iii) 励振波モード（レイリー波、ラブ波、リーキー波等の弾性波のモード）、ならびに、(iv) 励振部の電極構造（本実施の形態ではIDT電極42の構造、すなわちAl及びCu等の含有比、積層構造または単層構造等）等を指す。

[0103] (変形例)

上記実施の形態で説明したマルチプレクサ1は、高周波フロントエンド回路及びこれを備える通信装置に適用することができる。そこで、本変形例では、このような高周波フロントエンド回路及び通信装置について説明する。

[0104] 図11は、本変形例に係る高周波フロントエンド回路6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6とともに通信装置7を構成するRFIC71、及び、通信装置7に接続されるアンテナ素子2も図示されている。

[0105] 同図に示すように、高周波フロントエンド回路6は、スイッチ61H及び61Lと、送信増幅回路62H及び62Lならびに受信増幅回路63H及び63Lと、を備える。

[0106] スイッチ61H及びスイッチ61Lは、マルチプレクサ1の個別端子Port3及びPort2に接続され、TDD (Time Division Duplex : 時分割複信) 方式に対応して送信及び受信を切り替えるスイッチである。具体的には、これらはそれぞれ、RFIC71等が有する制御部 (図示せず) からの制御信号にしたがって接続が切り替えられるSPDT (Single Pole Double Throw) 型のスイッチである。本変形例では、スイッチ61Hは、HB帯の高周波信号の送信及び受信を切り替えるスイッチであり、共通端子がマルチプレクサ1の個別端子Port3に接続され、2つの選択端子が送信増幅回路62H及び受信増幅回路63Hに接続されている。また、スイッチ61Lは、LB帯の高周波信号の送信及び受信を切り替えるスイッチであり、共通端子がマルチプレクサ1の個別端子Port2に接続され、2つの選択端子が送信増幅回路62L及び受信増幅回路63Lに接続されている。

[0107] 送信増幅回路62H及び62Lは、高周波信号 (ここでは高周波送信信号) を電力増幅するパワーアンプである。本変形例では、送信増幅回路62Hは、RFIC71から入力されたHB帯の高周波信号を電力増幅してスイッチ61Hを介してマルチプレクサ1に出力する。また、送信増幅回路62L

は、RFIC71から入力されたLB帯の高周波信号を電力増幅してスイッチ61Hを介してマルチプレクサ1に出力する。

[0108] 受信増幅回路63H及び63L、高周波信号（ここでは高周波受信信号）を電力増幅するローノイズアンプである。本変形例では、受信増幅回路63Hは、スイッチ61Hを介してマルチプレクサ1から入力されたHB帯の高周波信号を電力増幅してRFIC71に出力する。また、受信増幅回路63Lは、スイッチ61Lを介してマルチプレクサ1から入力されたLB帯の高周波信号を電力増幅してRFIC71に出力する。

[0109] このように構成された高周波フロントエンド回路6及び通信装置7によれば、上記実施の形態に係るマルチプレクサを備えることにより、マルチバンド化に対応しつつ、通過帯域内のロスを低減することができる。

[0110] （その他の変形例）

以上、本発明に係るマルチプレクサ及びその製造方法について、実施の形態及び変形例に基づいて説明したが、本発明は、上記実施の形態及び変形例に限定されるものではない。上記実施の形態及び変形例における任意の構成要素を組み合わせ実現される別の実施の形態や、上記実施の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。

[0111] 例えば、上記説明では、2つのフィルタ（上記説明では、LB帯フィルタ10及びHB帯フィルタ20）を備えるマルチプレクサを例に説明した。しかし、マルチプレクサが備えるフィルタの個数はこれに限定されず、3以上であってもかまわない。

[0112] 図12Aは、このようなマルチプレクサ101の構成図である。なお、同図には、マルチプレクサ1に接続されるアンテナ素子2も図示されている。

[0113] 同図に示すマルチプレクサ101は、共通端子（アンテナ共通端子）に接続された互いに通過帯域が異なる3以上のフィルタ（ここでは、3つのフィルタ110、120及び130）を備える。フィルタ110、120及び1

30には、通過帯域としてこの順に、低域側から帯域A、帯域B及び帯域Cが割り当てられている。

[0114] 直列トラップ30は、フィルタ110、120及び130のそれぞれを通過する経路が共通接続された共通接続点Nとフィルタ120とを結ぶ経路上に配置されている。

[0115] 図12Bは、直列トラップ30のインピーダンス特性を模式的に示すグラフである。

[0116] 同図に示すように、直列トラップ30の共振周波数 f_r は、3以上のフィルタ（ここでは、3つのフィルタ110、120及び130）の通過帯域のいずれとも異なる帯域に位置する。具体的には、共振周波数 f_r は帯域Bと帯域Cとの間の空き帯域に位置する。また、直列トラップ30は、フィルタ130の通過帯域（帯域C）内に位置する反共振周波数 f_a を有する。

[0117] このように構成されたマルチプレクサ101によれば、3バンド以上（ここでは3バンド）のマルチバンド化に対応しつつ、フィルタ120（第1フィルタ）とともにマルチプレクサ101を構成するフィルタ130（第2フィルタ）の共通接続によるロスを低減することができる。

[0118] なお、マルチプレクサ101はさらに、共通接続点Nとフィルタ110とを結ぶ経路上に配置された直列トラップを備えてもかまわない。このようなマルチプレクサ101によれば、フィルタ110の影響によるフィルタ130の特性ロスを低減することができるため、フィルタ130の共通接続によるロスをさらに低減することができる。

[0119] また、上記実施の形態では、第1フィルタとしてLB帯フィルタ10かつ第2フィルタとしてHB帯フィルタ20を例に説明した。つまり、第1フィルタは第2フィルタより通過帯域の周波数が低いとした。しかし、第1及び第2フィルタの通過帯域の周波数関係はこれに限定されず、例えば、第1フィルタは第2フィルタより通過帯域の周波数が高くてもかまわない。

[0120] このように構成されたマルチプレクサでは、共振周波数 f_r は、第1及び第2フィルタのいずれの通過帯域よりも低い帯域に位置していてもかまわな

い。

[0121] また、上記実施例では、LB帯フィルタ10（第1フィルタ）及びHB帯フィルタ20（第2フィルタ）に割り当てられた通過帯域としてBand34及びBand40を例に説明した。しかし、割り当てられる通過帯域の組み合わせはこれに限定されない。

[0122] また、マルチプレクサ1は、TDD方式に対応する構成に限らず、例えば、FDD（Frequency Division Duplex：周波数分割複信）方式に対応する構成であってもかまわない。例えば、マルチプレクサ1は、送信帯域（Tx）と受信帯域（Rx）とが比較的離れているLTEのBand4（送信帯域：1710～1755MHz、受信帯域：2110～2155）に対応する送信フィルタ（第1フィルタ）と受信フィルタ（第2フィルタ）とを備えてもかまわない。

[0123] また、マルチプレクサ1において、LB帯フィルタ10とHB帯フィルタ20のそれぞれと共通接続点Nとを結ぶ経路上、あるいは、共通接続点Nと共通端子Port1とを結ぶ経路上等に、インピーダンス整合用のインダクタ等のインピーダンス素子が接続されていてもかまわない。

産業上の利用可能性

[0124] 本発明は、マルチバンドシステムに適用できる小型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

[0125] 1、101、901 マルチプレクサ
2 アンテナ素子
6 高周波フロントエンド回路
7 通信装置
10 LB帯フィルタ（第1フィルタ）
20 HB帯フィルタ（第2フィルタ）
30 直列トラップ
42、42a、42b IDT電極

- 5 1 モジュール基板
- 5 2 A、5 2 B チップ部品
- 5 5 封止部材
- 6 1 H、6 1 L スイッチ
- 6 2 H、6 2 L 送信増幅回路
- 6 3 H、6 3 L 受信増幅回路
- 7 1 R F I C
- 1 1 0、1 2 0、1 3 0 フィルタ
- 1 1 1 p、1 2 1 p、1 3 1 p、1 4 1 p、1 5 1 p、1 5 2 p 並列
共振子
- 1 1 1 s、1 2 1 s、1 2 2 s、1 3 1 s、1 4 1 s、1 5 1 s、1 5 2
s 直列共振子
- 4 2 0 基板
- 4 2 1 a、4 2 1 b バスバー電極
- 4 2 2 a、4 2 2 b 電極指
- 4 2 3 密着層
- 4 2 4 主電極層
- 4 2 5 保護層
- 4 2 6 低音速膜
- 4 2 7 圧電体層
- 4 2 8 高音速支持基板
- N 共通接続点
- P o r t 1 共通端子（アンテナ共通端子）
- P o r t 2 個別端子（第 1 端子）
- P o r t 3 個別端子（第 2 端子）

請求の範囲

- [請求項1] アンテナ共通端子と第1端子とを結ぶ第1経路上に配置された第1フィルタと、
- 前記アンテナ共通端子と第2端子とを結ぶ第2経路上に配置され、
- 前記第1フィルタと通過帯域が異なる第2フィルタと、
- 前記第1経路と前記第2経路との共通接続点と前記第1フィルタとの間の前記第1経路上に配置された直列トラップと、を備え、
- 前記直列トラップは、前記第1及び前記第2フィルタの通過帯域のいずれとも異なる帯域に位置する共振周波数を有し、かつ、前記第2フィルタの通過帯域内に位置する反共振周波数を有する、
- マルチプレクサ。
- [請求項2] 前記第1フィルタは、前記第2フィルタより通過帯域の周波数が低く、
- 前記直列トラップの前記共振周波数は、前記第1フィルタの通過帯域と前記第2フィルタの通過帯域との間の帯域に位置する、
- 請求項1に記載のマルチプレクサ。
- [請求項3] 前記直列トラップの前記共振周波数は、前記第2フィルタの減衰極の周波数と略一致する、
- 請求項1または2に記載のマルチプレクサ。
- [請求項4] 前記第1及び前記第2フィルタならびに前記直列トラップの少なくとも1つは、SAW (Surface Acoustic Wave) 及びBAW (Bulk Acoustic Wave) を用いた弾性波共振子を含む、
- 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] 前記第1及び前記第2フィルタならびに前記直列トラップの前記少なくとも1つは、前記SAWを用いた弾性波共振子を含み、
- IDT電極と、
- 前記IDT電極が主面上に配置された圧電膜と、

前記圧電膜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膜との間に配置され、前記圧電膜を伝搬するバルク波音速よりも、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4に記載のマルチプレクサ。

[請求項6] 前記直列トラップと前記第2フィルタとは、同一チップで形成されている、

請求項1～5のいずれか1項に記載のマルチプレクサ。

[請求項7] 前記マルチプレクサは、前記アンテナ共通端子に接続された、前記第1及び前記第2フィルタを含む互いに通過帯域が異なる3以上のフィルタを備え、

前記直列トラップの前記共振周波数、前記3以上のフィルタの通過帯域のいずれとも異なる帯域に位置する、

請求項1～6のいずれか1項に記載のマルチプレクサ。

[請求項8] アンテナ共通端子と第1端子とを結ぶ第1経路上に配置される第1フィルタを、第1チップに形成する工程と、

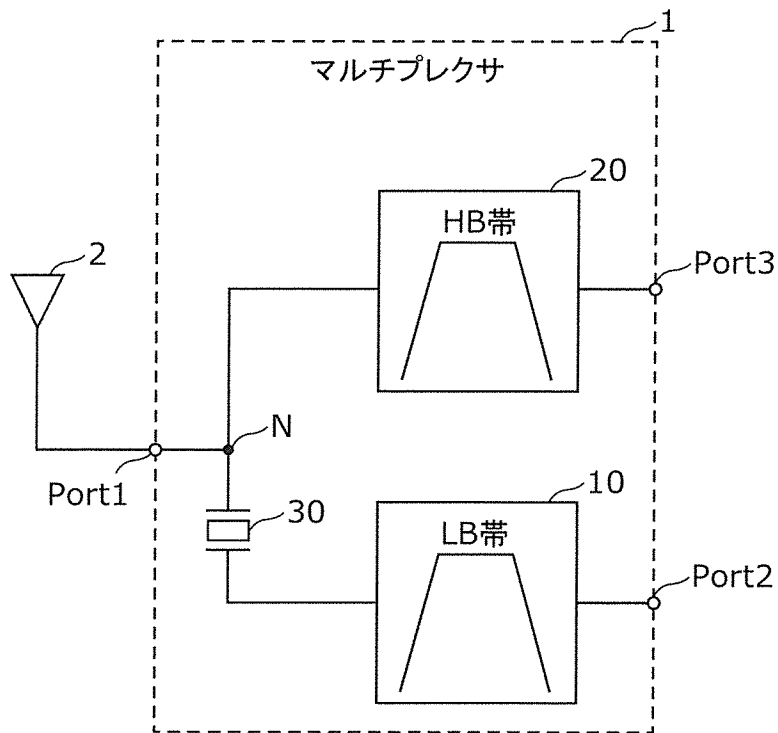
前記アンテナ共通端子と第2端子とを結ぶ第2経路上に配置され、かつ、前記第1フィルタと通過帯域が異なる第2フィルタ、ならびに、前記第1経路と前記第2経路との共通接続点と前記第1フィルタとの間の前記第1経路上に配置される直列トラップを、第2チップに形成する工程と、を含み、

前記直列トラップは、前記第1及び前記第2フィルタの通過帯域のいずれとも異なる帯域に位置する共振周波数を有し、かつ、前記第2フィルタの通過帯域内に位置する反共振周波数を有する、

マルチプレクサの製造方法。

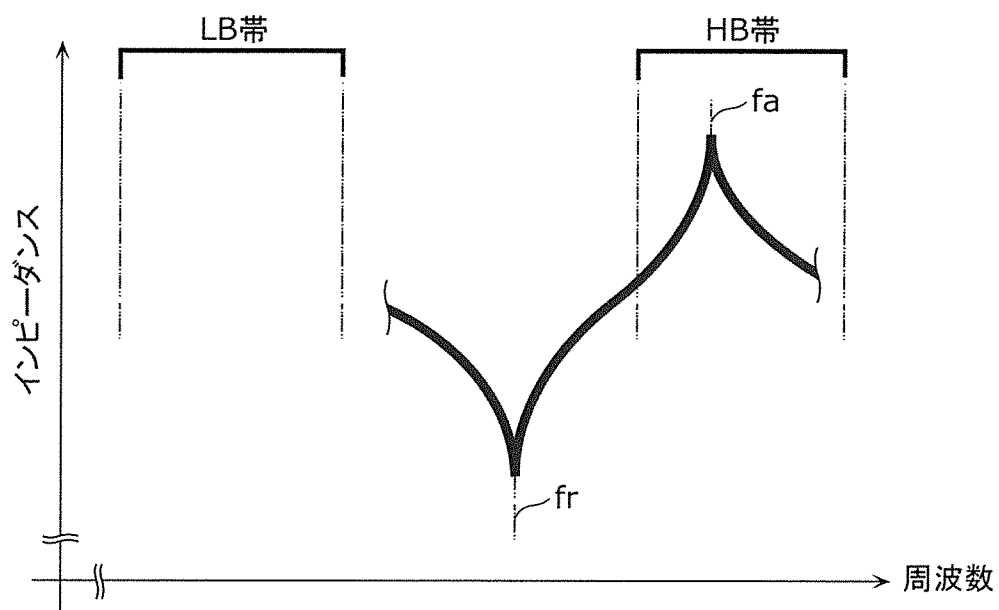
[図1]

図1



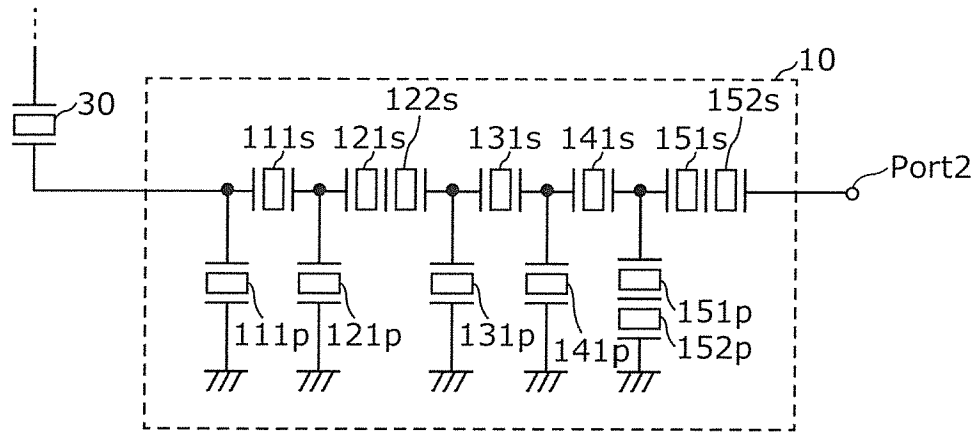
[図2]

図2



[図3]

図3



[図4]

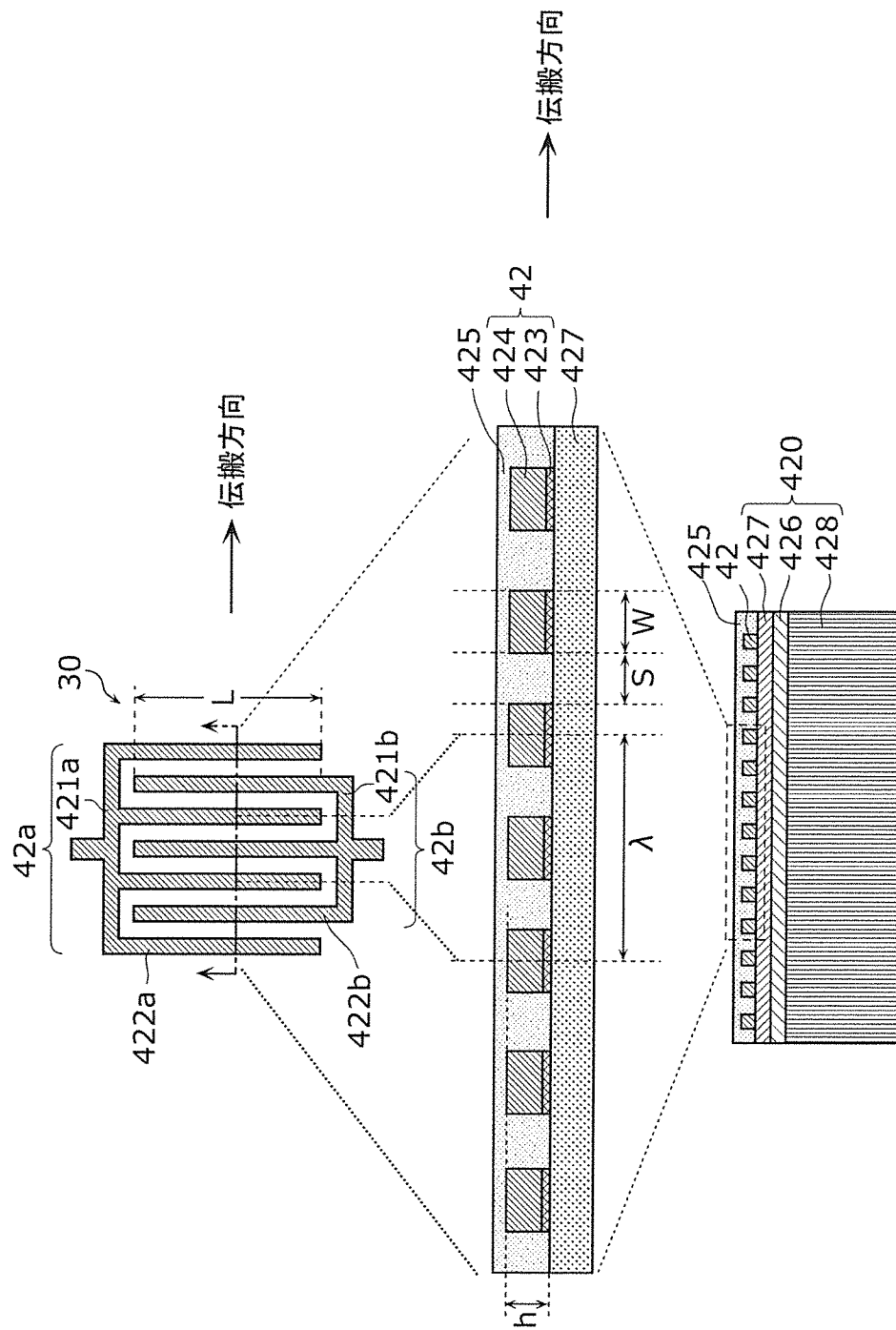
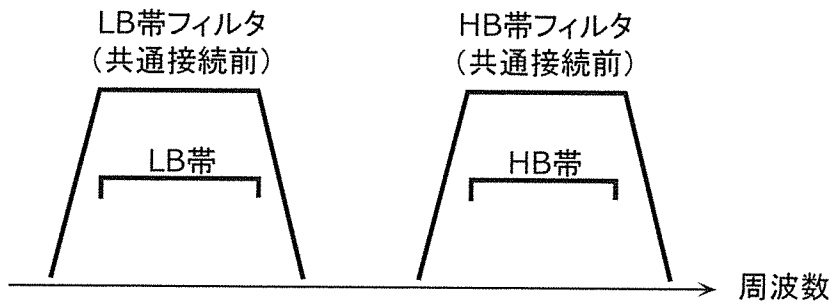


図4

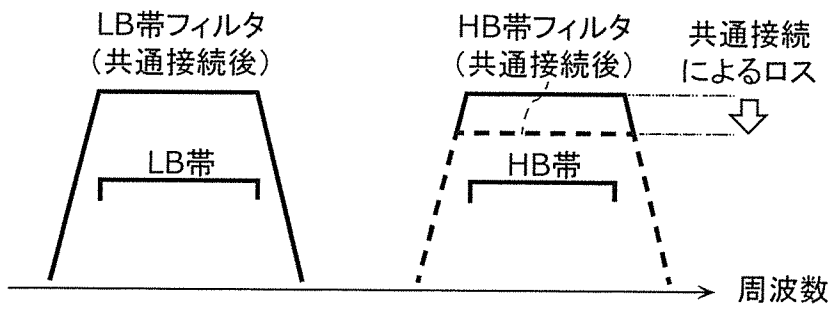
[図5A]

図5A



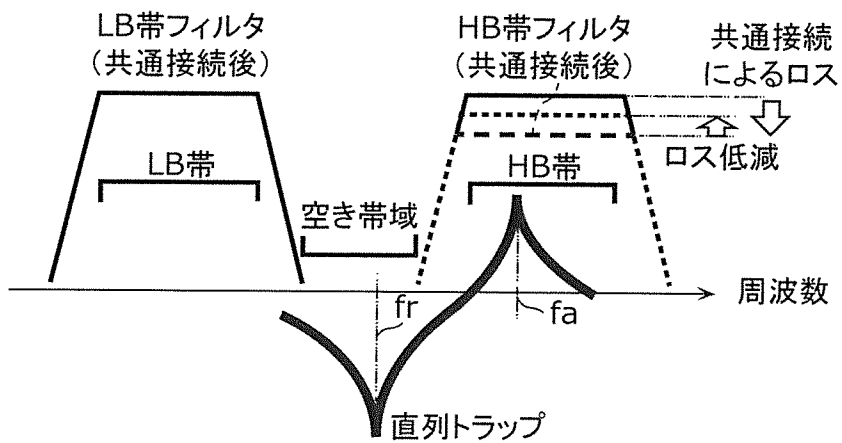
[図5B]

図5B



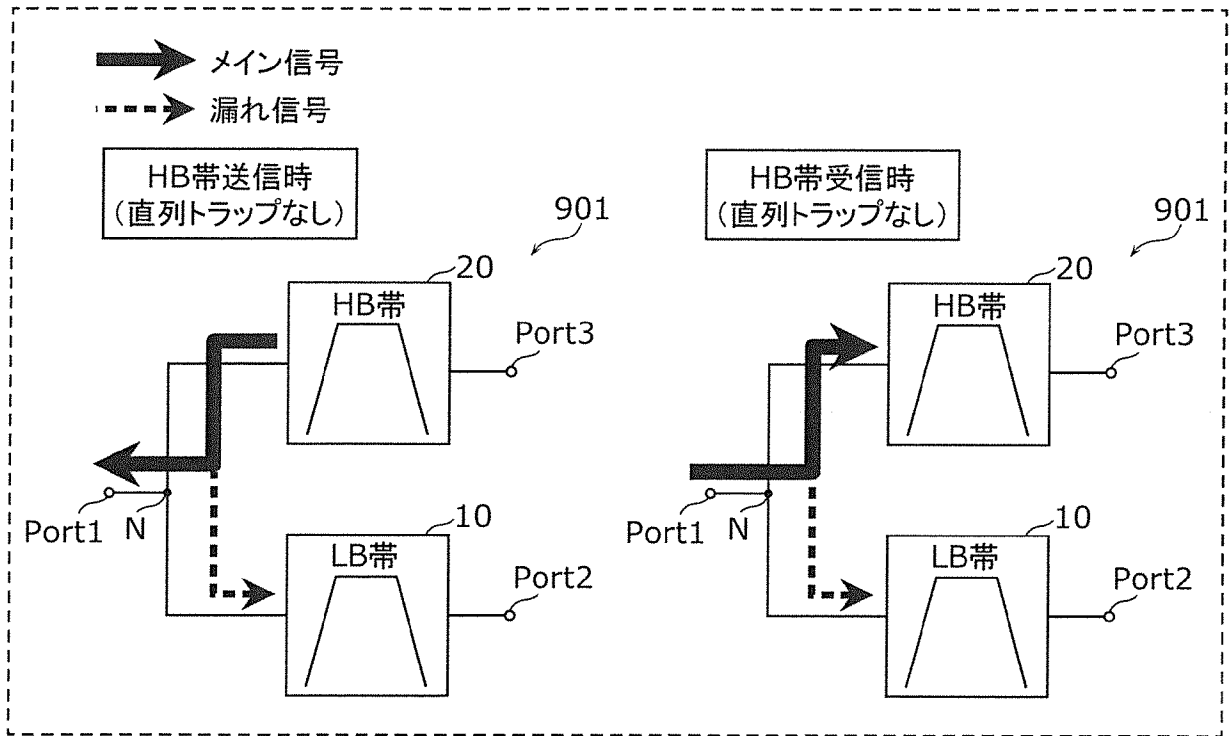
[図5C]

図5C



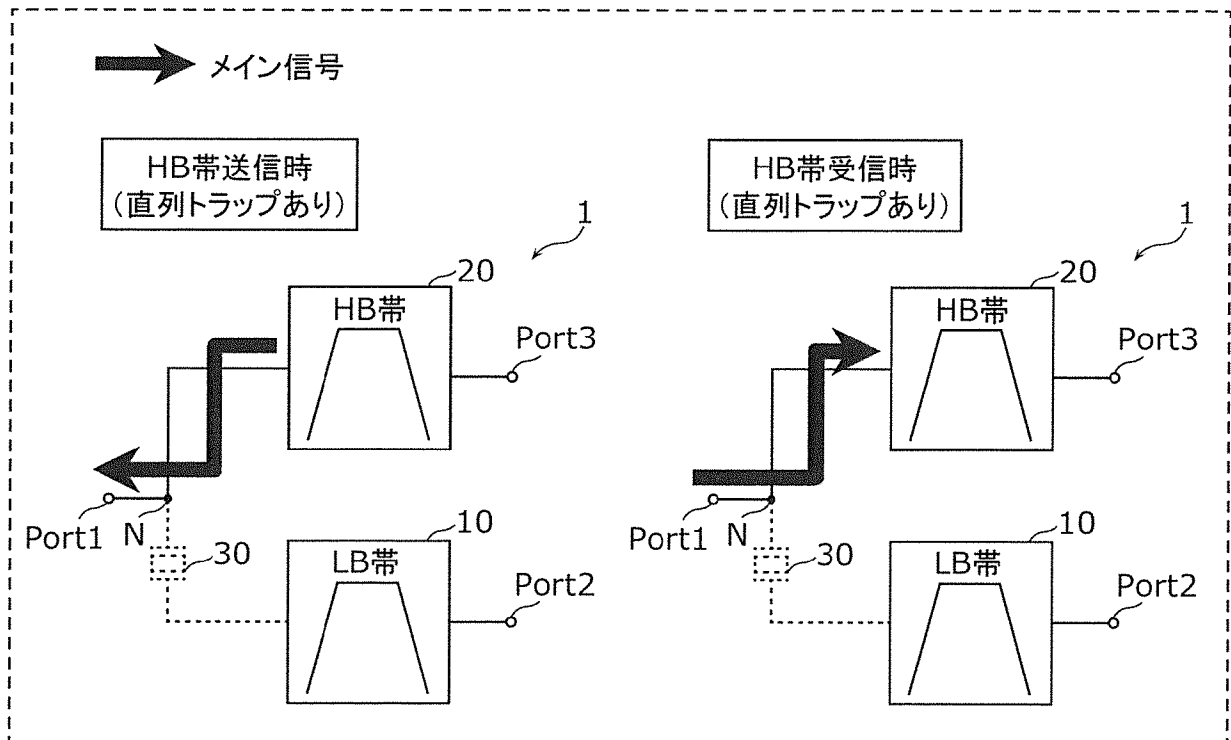
[図6A]

図6A



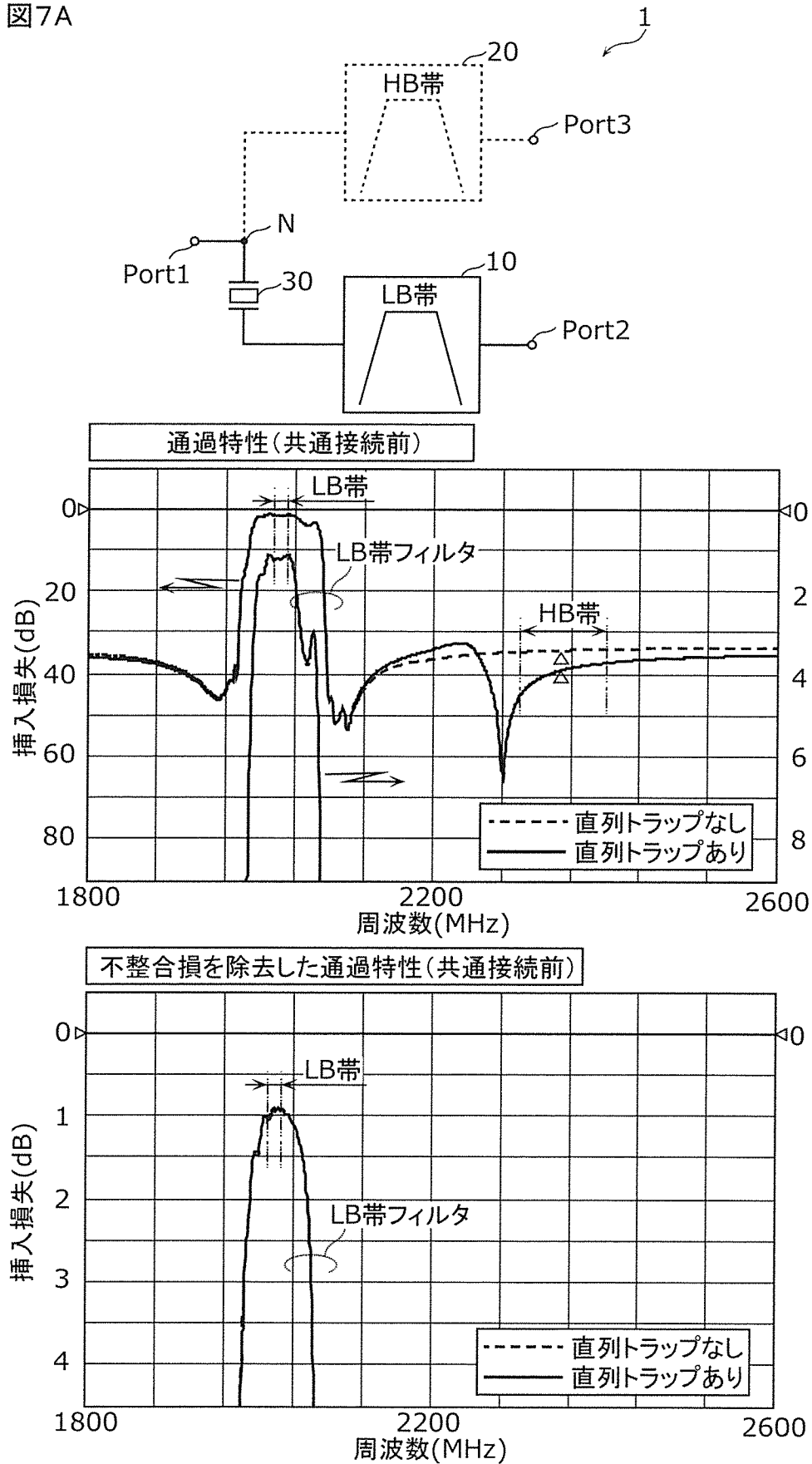
[図6B]

図6B



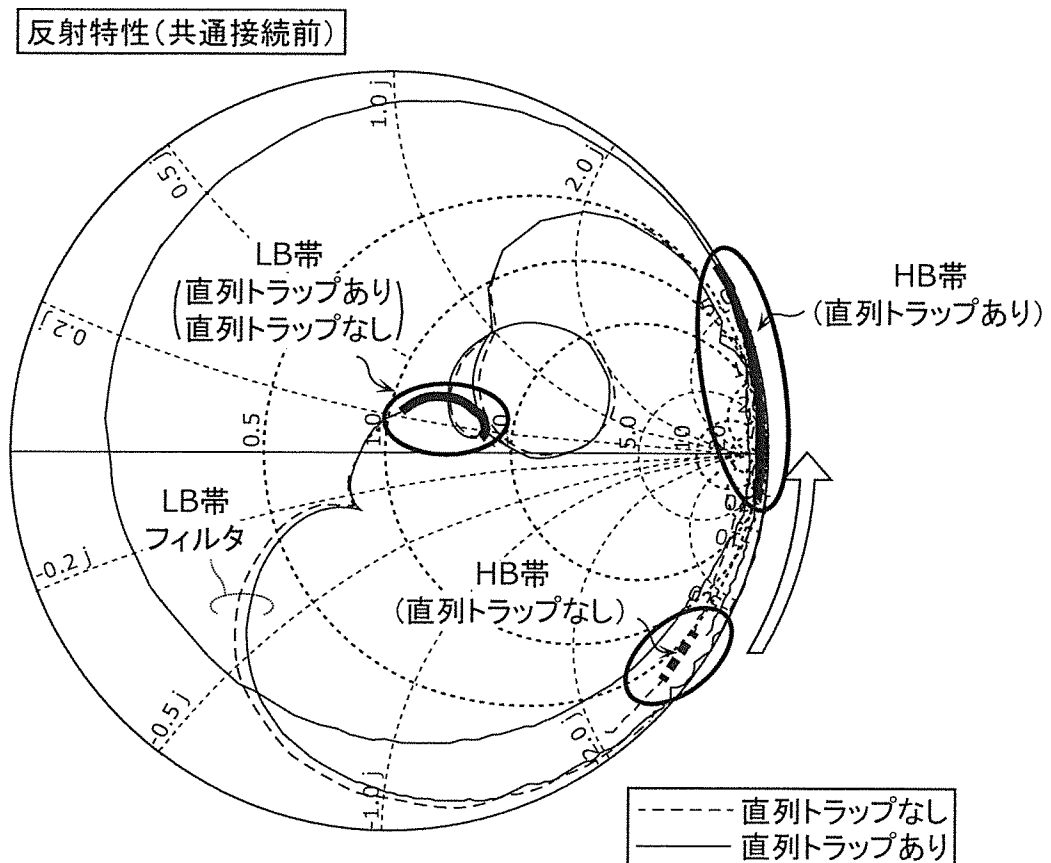
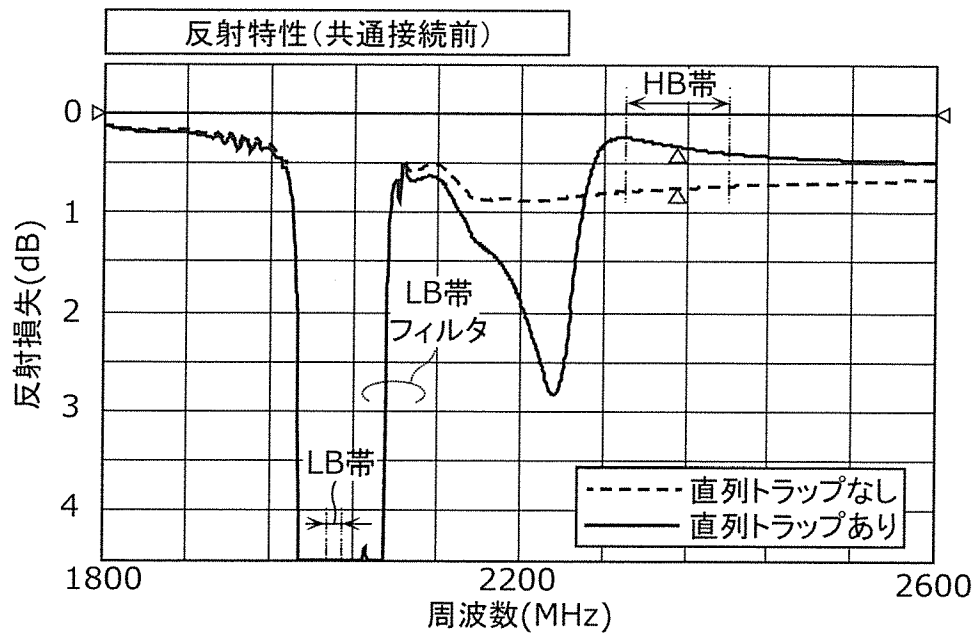
[図7A]

図7A



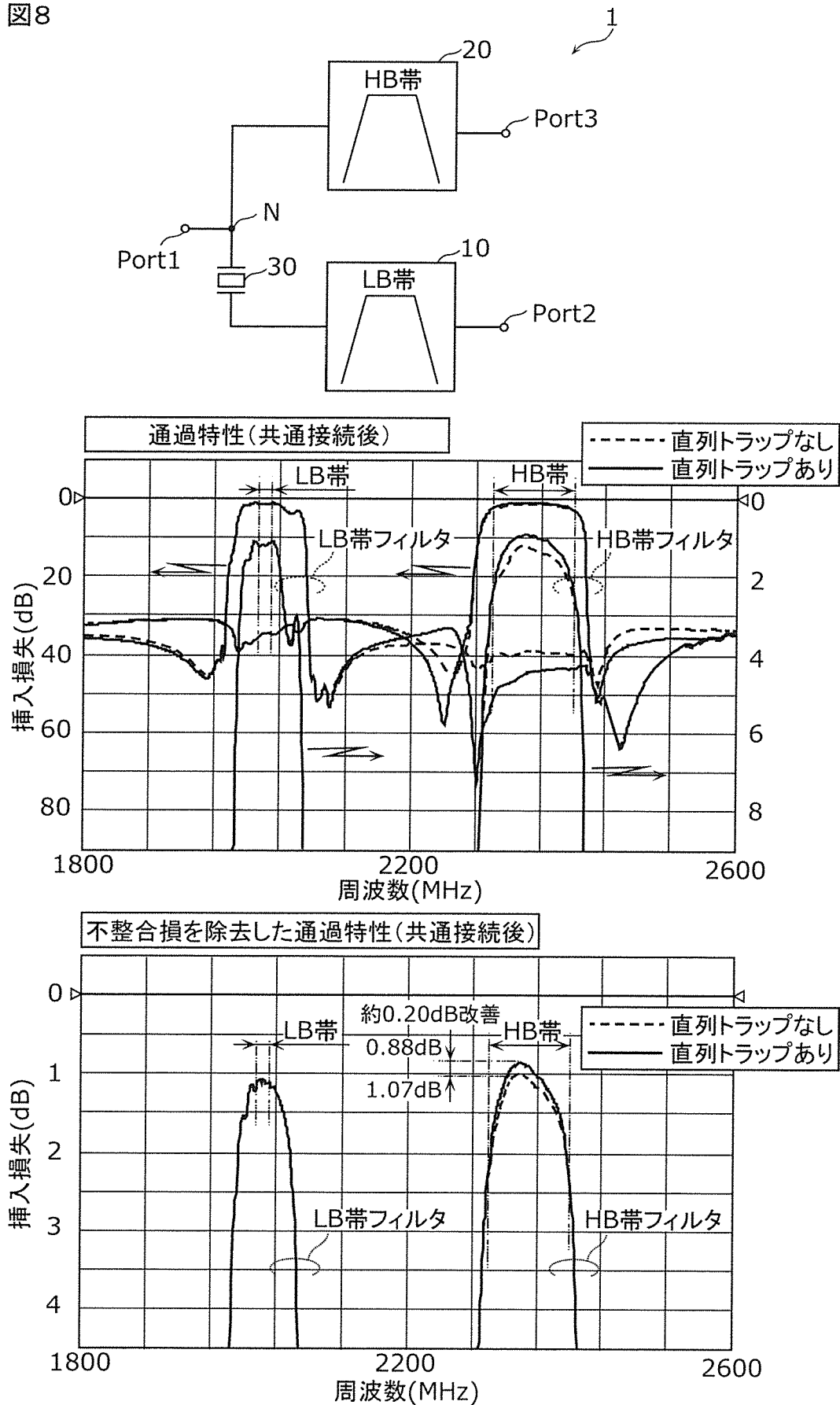
[図7B]

図7B



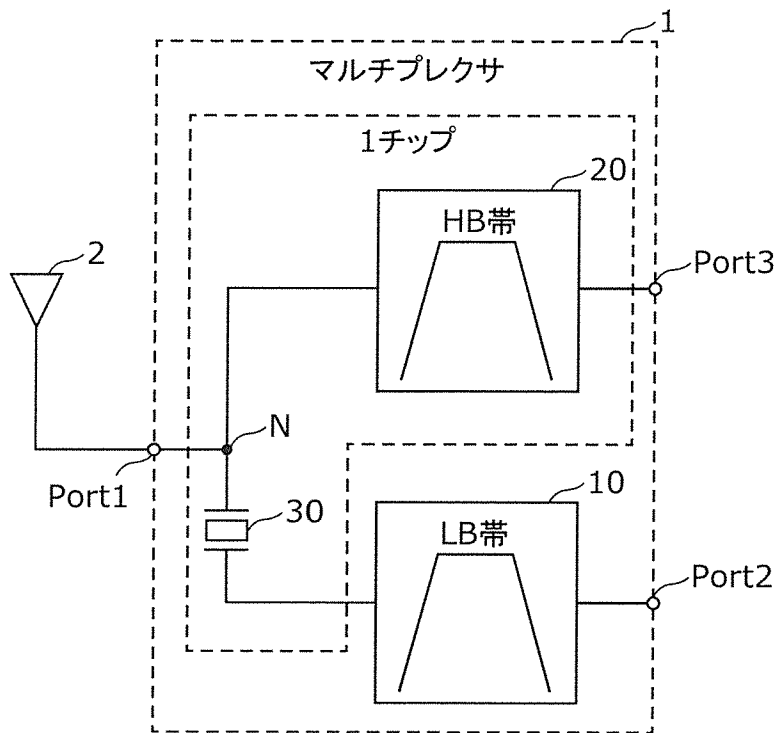
[図8]

図8



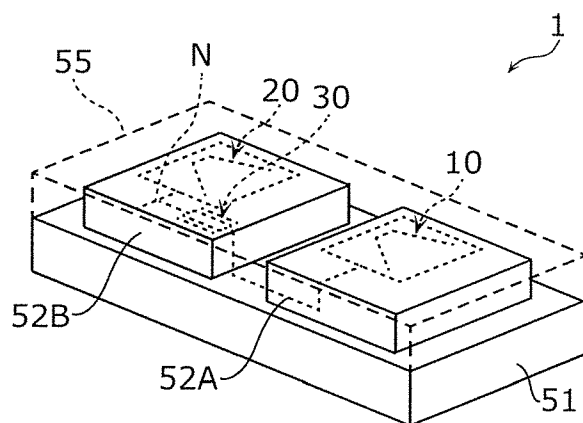
[図9A]

図9A



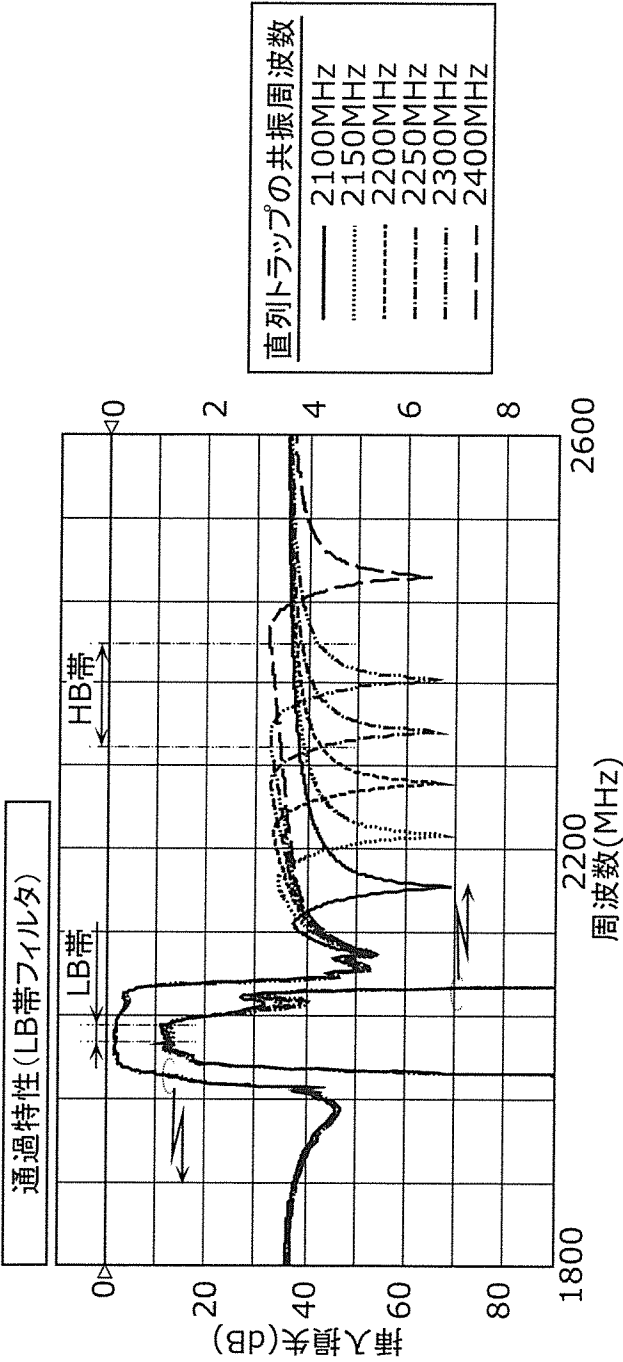
[図9B]

図9B



[図10A]

図10A



[図10B]

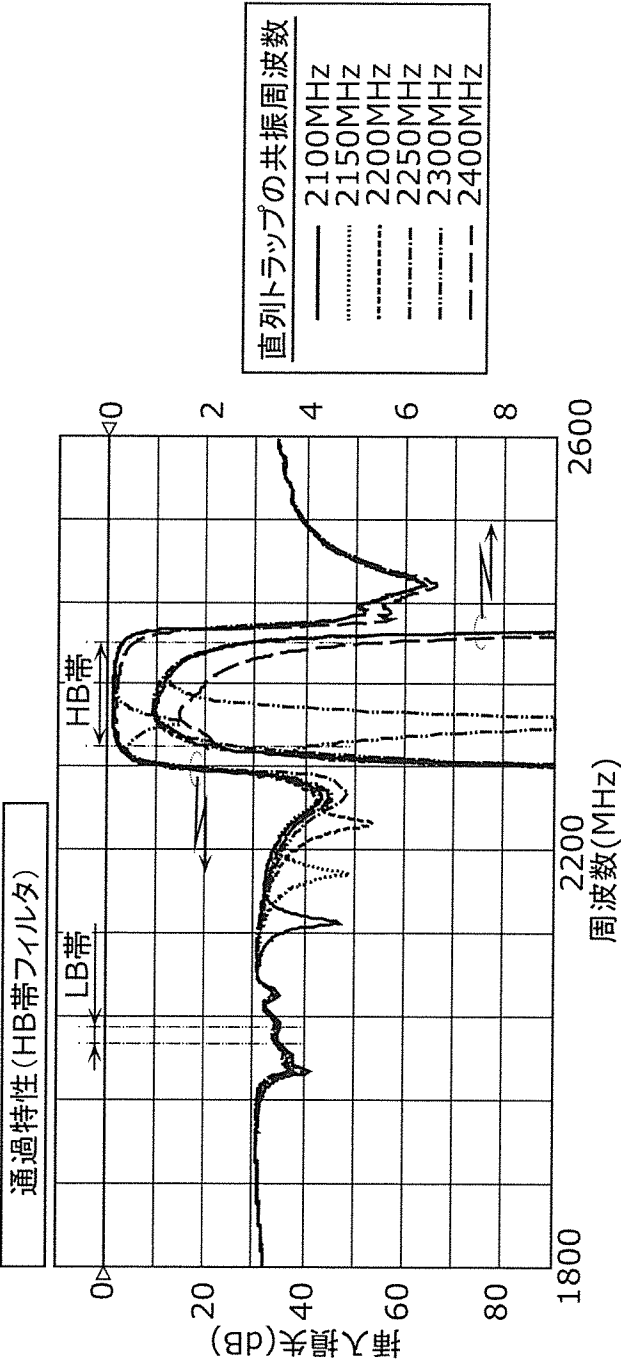
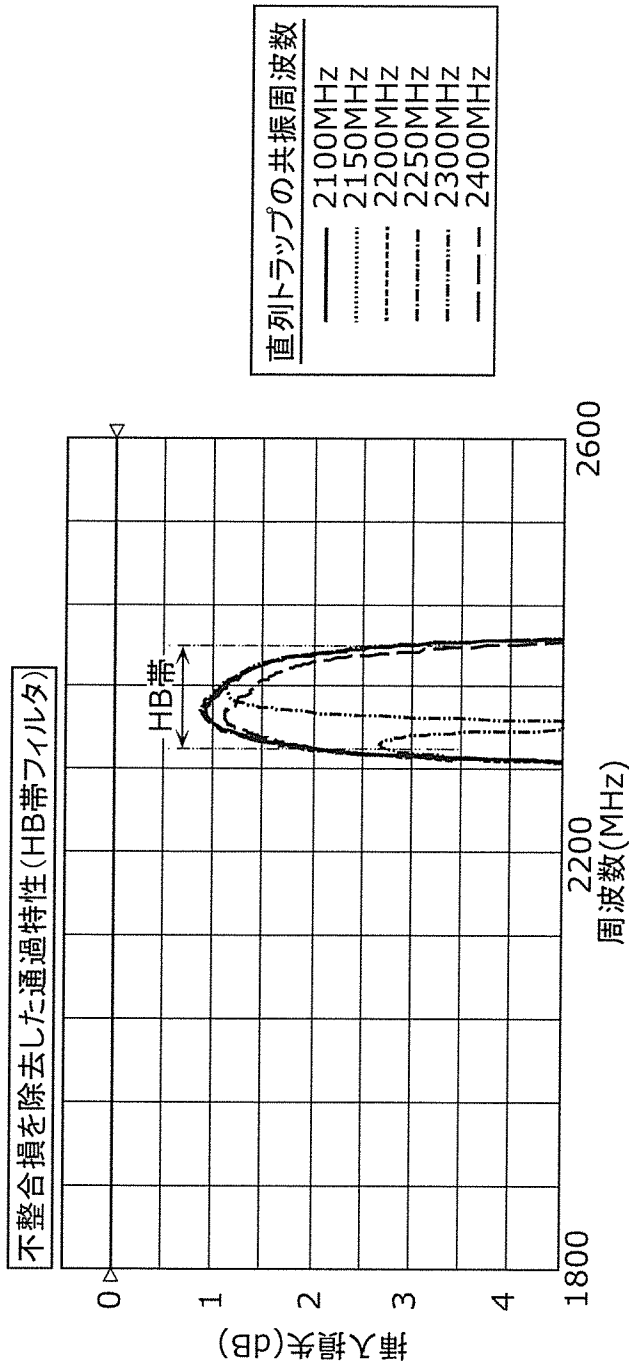


図10B

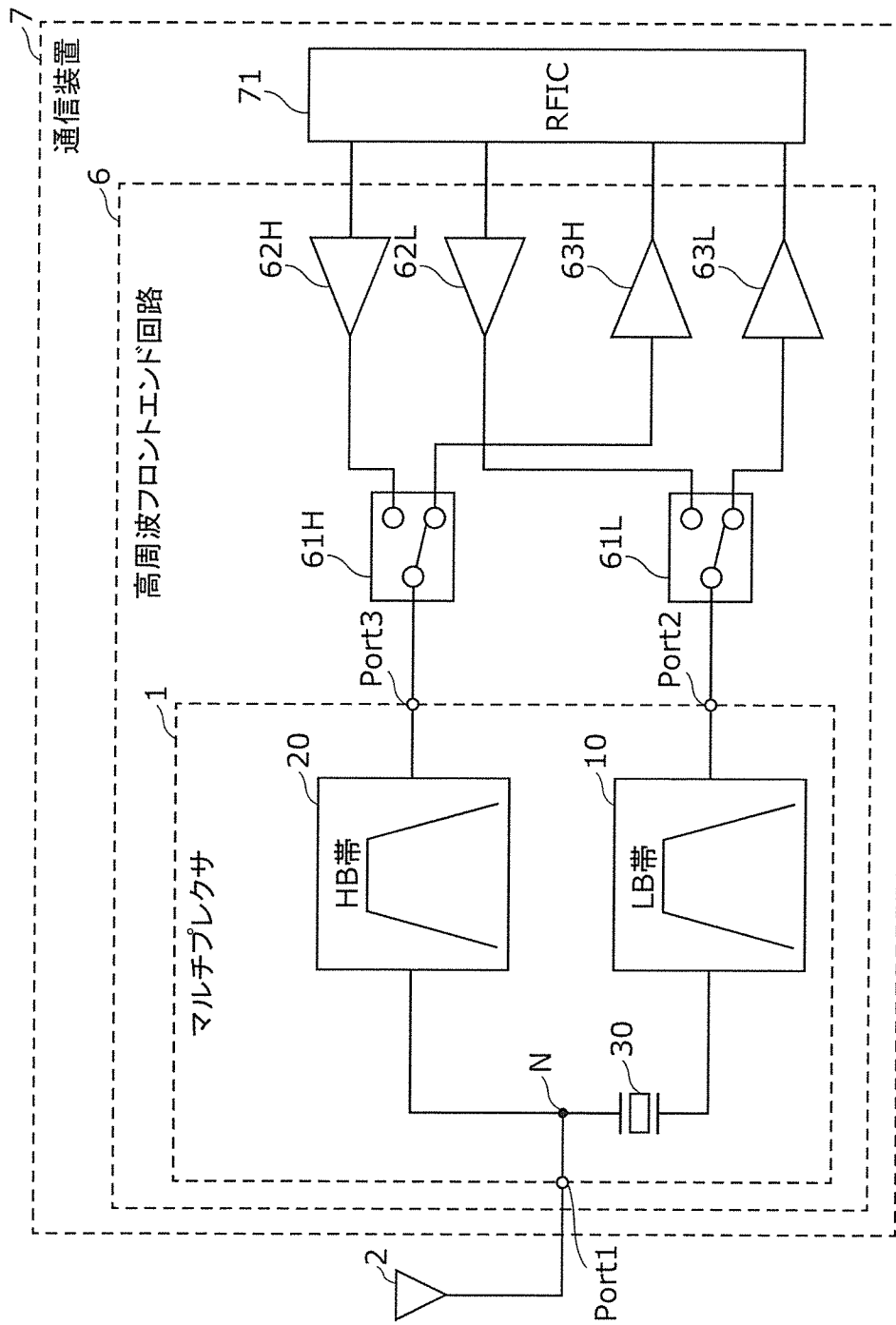
[図10C]

図10C



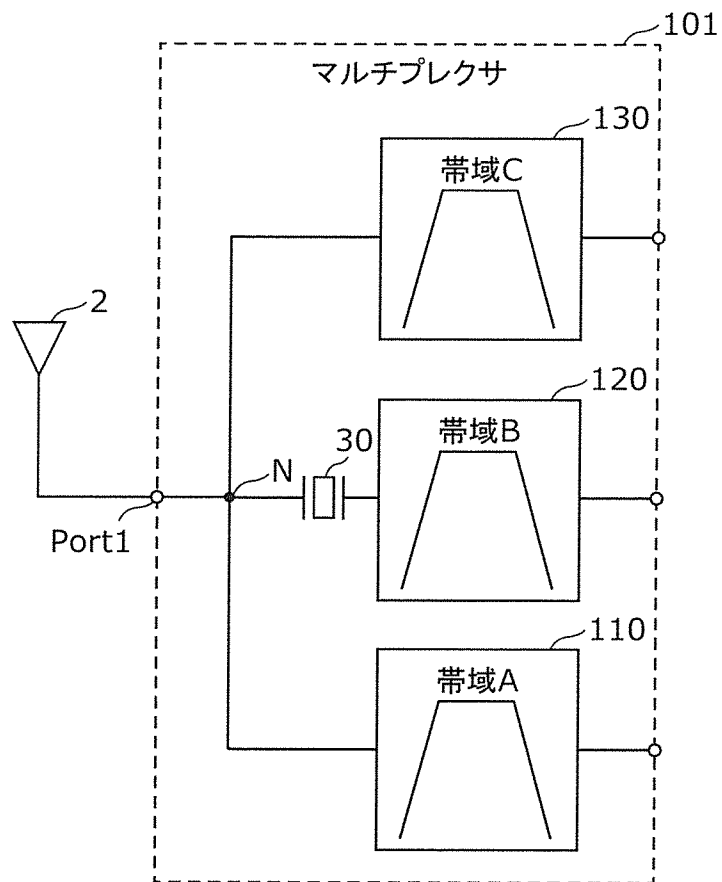
[図11]

図11



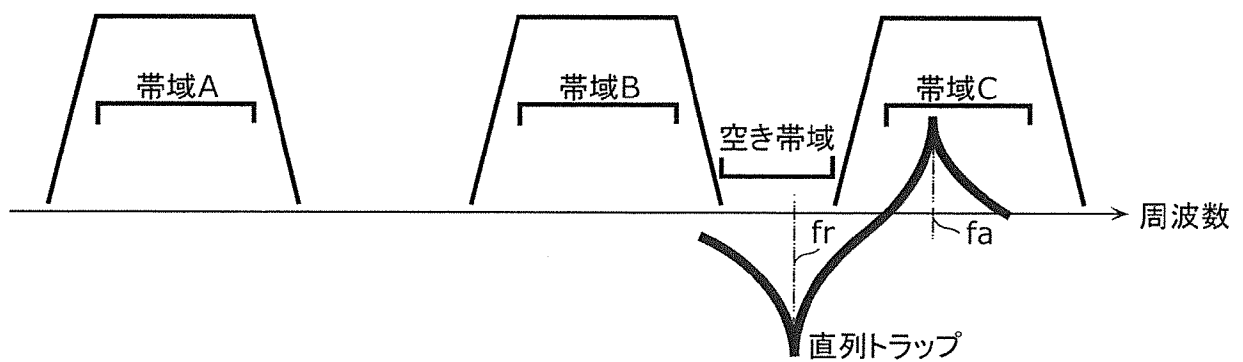
[図12A]

図12A



[図12B]

図12B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/023701

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/72(2006.01)i, H03H3/02(2006.01)i, H03H3/08(2006.01)i, H03H9/17(2006.01)i, H03H9/54(2006.01)i, H03H9/64(2006.01)i, H03H9/70(2006.01)i, H04B1/00(2006.01)i, H04B1/40(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, H03H3/02, H03H3/08, H03H9/17, H03H9/54, H03H9/64, H03H9/70, H04B1/00, H04B1/40

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2005-184143 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 07 July 2005 (07.07.2005), paragraphs [0003] to [0004], [0029] to [0056]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-4, 8 5-7
Y	WO 2012/086639 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 28 June 2012 (28.06.2012), paragraph [0125]; fig. 25 & US 2013/0285768 A1 paragraph [0151]; fig. 25 & EP 2658123 A1 & CN 103262410 A & KR 10-2013-0086378 A	5-7

☒ 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
05 September 2017 (05.09.17)

Date of mailing of the international search report
19 September 2017 (19.09.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/023701

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-88778 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 18 March 2004 (18.03.2004), paragraphs [0002] to [0009], [0096] to [0105]; fig. 20 to 29 & US 2004/0061572 A1 paragraphs [0004] to [0011], [0164] to [0173]; fig. 20 to 29 & KR 10-2004-0014344 A & CN 1484342 A	6-7
Y	JP 2016-82523 A (Taiyo Yuden Co., Ltd.), 16 May 2016 (16.05.2016), paragraphs [0040] to [0048]; fig. 14 & US 2016/0112025 A1 paragraphs [0049] to [0057]; fig. 14	7
A	JP 7-66679 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 March 1995 (10.03.1995), paragraphs [0014] to [0028]; fig. 5 to 11 (Family: none)	1-8

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, H03H3/02(2006.01)i, H03H3/08(2006.01)i, H03H9/17(2006.01)i, H03H9/54(2006.01)i, H03H9/64(2006.01)i, H03H9/70(2006.01)i, H04B1/00(2006.01)i, H04B1/40(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, H03H3/02, H03H3/08, H03H9/17, H03H9/54, H03H9/64, H03H9/70, H04B1/00, H04B1/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2005-184143 A (株式会社村田製作所) 2005.07.07, [0003]-[0004]、[0029]-[0056]、図1-10 (ファミリーなし)	1-4, 8 5-7
Y	WO 2012/086639 A1 (株式会社村田製作所) 2012.06.28, [0125]、図25 & US 2013/0285768 A1, [0151]、図25 & EP 2658123 A1 & CN 103262410 A & KR 10-2013-0086378 A	5-7

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

国際調査を完了した日

05.09.2017

国際調査報告の発送日

19.09.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

麻川 倫広

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

5W

4448

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-88778 A (松下電器産業株式会社) 2004.03.18, [0002]-[0009]、[0096]-[0105]、図 20-29 & US 2004/0061572 A1, [0004]-[0011]、[0164]-[0173]、図 20-29 & KR 10-2004-0014344 A & CN 1484342 A	6-7
Y	JP 2016-82523 A (太陽誘電株式会社) 2016.05.16, [0040]-[0048]、図 14 & US 2016/0112025 A1, [0049]-[0057]、図 14	7
A	JP 7-66679 A (株式会社村田製作所) 1995.03.10, [0014]-[0028]、図 5 - 11 (ファミリーなし)	1-8