(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25日(25.01.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/016279 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/64 (2006.01) *H03H 9/72* (2006.01)
H03H 9/145 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/023707

(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 2016-144873 2016年7月22日(22.07.2016) 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: 堀田 篤 (HORITA, Atsushi); 〒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). 野阪 浩司 (NOSAKA, Koji); 〒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).

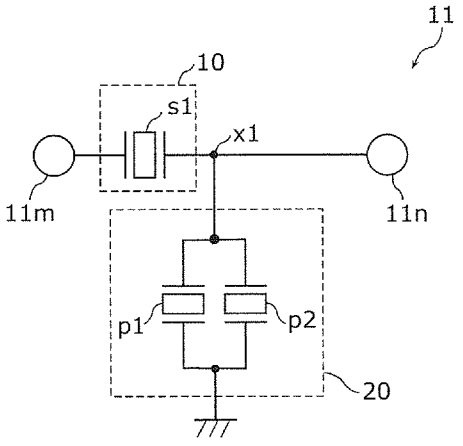
(74) 代理人: 吉川 修一, 外 (YOSHIKAWA, Shuichi et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6階新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(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, 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.

(54) **Title:** HIGH-FREQUENCY FILTER CIRCUIT, MULTIPLEXER, HIGH-FREQUENCY FRONT END CIRCUIT, AND COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称： 高周波フィルタ回路、マルチプレクサ、高周波フロントエンド回路及び通信装置

図1



(57) **Abstract:** A filter (11) has a serial arm circuit (10) connected between an input/output terminal (11m) and an input/output terminal (11n), and a parallel arm circuit (20) connected between ground and a path linking the input/output terminal (11m) and the input/output terminal (11n). One of the serial arm circuit (10) and the parallel arm circuit (20) is configured from a parallel arm resonator (p1) and a parallel arm resonator (p2) that are connected in parallel to each other and connected to a node (x1) of the path, the parallel arm resonators (p1) and (p2) forming a pass band together with the other of the serial arm circuit (10) and the parallel arm circuit (20), and the parallel arm resonator (p2) having a resonance frequency lower than that of the parallel arm resonator (p1) and having a higher impedance than does the parallel arm resonator (p1).

WO 2018/016279 A1

[続葉有]

(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:フィルタ(１１)は、入出力端子(１１ｍ)と入出力端子(１１ｎ)との間に接続された直列腕回路(１０)と、入出力端子(１１ｍ)と入出力端子(１１ｎ)とを結ぶ経路とグランドとの間に接続された並列腕回路(２０)と、を有し、直列腕回路(１０)及び並列腕回路(２０)の一方の回路は、互いに並列接続されて経路のノード(ｘ１)に接続された並列腕共振子(ｐ１)及び並列腕共振子(ｐ２)によって構成され、並列腕共振子(ｐ１)及び(ｐ２)は、直列腕回路(１０)及び並列腕回路(２０)の他方の回路とともに通過帯域を形成し、並列腕共振子(ｐ２)は、並列腕共振子(ｐ１)よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、並列腕共振子(ｐ１)よりも高いインピーダンスを有する。

明　細　書

発明の名称 ：

高周波フィルタ回路、マルチプレクサ、高周波フロントエンド回路及び通信装置

技術分野

[0001]　本発明は、共振子を有する高周波フィルタ回路、マルチプレクサ、高周波フロントエンド回路及び通信装置に関する。

背景技術

[0002]　従来、移動体通信機のフロントエンド部に配置される帯域通過型フィルタなどに、弾性波を使用した弾性波フィルタが広く用いられている。また、マルチモード／マルチバンドなどの複合化に対応すべく、複数の弾性波フィルタを備えた高周波フロントエンド回路が実用化されている。

[0003]　例えば、マルチバンド化に対応する弾性波フィルタとしては、直列腕とグランドとを結ぶ１つの並列腕において、第１の並列腕共振子と、互いに直列接続された状態で当該第１の並列腕共振子に並列接続される複数の第２の並列腕共振子と、が設けられた構成が知られている（例えば、特許文献１参照）。このような弾性波フィルタによれば、複数の第２の並列腕共振子について、共振周波数を直列腕共振子及び他の並列腕共振子よりも高く、かつ、静電容量を直列腕共振子及び他の並列腕共振子よりも低くすることにより、通過帯域高域側の減衰帯域の帯域幅を広げることができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１４－６８１２３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、上記従来の構成では、１つの並列腕の中に通過帯域低域側

の減衰極を形成する並列腕共振子が１つしか存在しないため、通過帯域低域側の減衰帯域幅を広げることが困難である。

[0006] 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、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる高周波フィルタ回路、マルチプレクサ、高周波フロントエンド回路及び通信装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る高周波フィルタ回路は、第１入出力端子と第２入出力端子との間に接続された直列腕回路と、前記第１入出力端子と前記第２入出力端子とを結ぶ経路とグランドとの間に接続された並列腕回路と、を有し、前記直列腕回路及び前記並列腕回路の一方の回路は、互いに並列接続されて前記経路の第１ノードに接続された第１共振子及び第２共振子によって構成され、前記第１共振子及び前記第２共振子は、前記直列腕回路及び前記並列腕回路の他方の回路とともに通過帯域を形成し、前記第２共振子は、前記第１共振子よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、前記第１共振子よりも高いインピーダンスを有する。

[0008] このように、第１共振子よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、第１共振子よりも高いインピーダンスを有する第２共振子を備えることにより、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、第２共振子がない場合に比べて通過帯域低域側の減衰極を低域側に形成することができる。したがって、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

[0009] また、前記一方の回路は前記並列腕回路であることにしてもよい。

[0010] これによれば、並列腕回路は、第１共振子の共振周波数よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、第１共振子のインピーダンスよりも高いインピーダンスを有する第２共振子を備える。これにより、本態様によれば、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、第１共振子の共振周波数によって形成される第１の減衰極の低域側に、第２共振子の共振周波数によって形成される第２の減衰極を形成することができる。したがって、通過帯域低域

側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。さらに、第１共振子単体での共振周波数と反共振周波数との周波数間隔に比べ、並列腕回路の合成インピーダンスが極小となる高域側の周波数と極大となる高域側の周波数との周波数間隔を狭めることができる。これにより、本態様によれば、通過帯域低域側の急峻性を高めることができる。

[0011] また、前記一方の回路は前記直列腕回路であることにしてもよい。

[0012] これによれば、直列腕回路は、第１共振子の共振周波数よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、第１共振子のインピーダンスよりも高いインピーダンスを有する第２共振子を備える。これにより、本態様によれば、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、第２共振子がない場合に比べて通過帯域低域側の減衰極を低域側に形成することができる。したがって、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。さらに、第１共振子単体での共振周波数と反共振周波数との周波数間隔に比べ、直列腕回路の合成インピーダンスが極小となる高域側の周波数とが極大となる高域側の周波数との周波数間隔を狭めることができる。これにより、本態様によれば、通過帯域高域側の急峻性を高めることができる。

[0013] また、前記第２共振子は、前記他方の回路を構成する共振子の反共振周波数よりも周波数が低い共振周波数を有することにしてもよい。

[0014] これにより、通過帯域低域側の減衰極間における減衰量の悪化を抑制することができるため、通過帯域低域側の減衰帯域について減衰を確保することができる。

[0015] また、前記他方の回路は、互いに並列接続されて前記第１ノードに接続された第３共振子及び第４共振子によって構成され、前記第３共振子及び前記第４共振子は、前記一方の回路とともに通過帯域を形成し、前記第４共振子は、前記第３共振子よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、前記第３共振子よりも高いインピーダンスを有することにしてもよい。

[0016] このように、一方の回路が第１共振子及び第２共振子によって構成され、他方の回路が第３共振子及び第４共振子によって構成されていることにより

、通過帯域低域側の減衰帯域について一層減衰を確保することができる。このため、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を一層広げることができる。

[0017] また、前記一方の回路は、さらに、前記第２共振子と直列接続もしくは並列接続された第１インピーダンス素子を有し、前記第１共振子及び前記第２共振子ならびに前記第１インピーダンス素子は、前記他方の回路とともに前記通過帯域を形成することにしてもよい。

[0018] これにより、第１インピーダンス素子を適宜選択することにより、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げつつ、他のフィルタ特性を得ることができる。

[0019] 例えば、第２共振子と並列接続される第１インピーダンス素子としてキャパシタを設けることにより、第２共振子単体での共振周波数と反共振周波数との周波数間隔に比べ、第１インピーダンス素子が接続された状態での第２共振子の共振周波数と反共振周波数との周波数間隔を狭めることができる。このため、この構成によれば、急峻な減衰特性を得ることができる。

[0020] また、例えば、第２共振子と直列接続される第１インピーダンス素子としてインダクタを設けることにより、第２共振子単体での共振周波数と反共振周波数との周波数間隔に比べ、第１インピーダンス素子が接続された状態での第２共振子の共振周波数と反共振周波数との周波数間隔を広げることができる。このため、この構成によれば、広い通過特性を得る（通過帯域を広げる）ことができる。

[0021] また、さらに、前記経路の前記第１ノードと異なる第２ノードと前記グランドとの間に接続された並列腕共振子と、それぞれが前記第２ノードと前記グランドとの間で前記並列腕共振子に直列接続され、かつ、互いに並列接続された第２インピーダンス素子及びスイッチ素子と、を有することにしてもよい。

[0022] これにより、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げつつ、スイッチ素子の導通及び非導通に応じてフィルタ特性を切り替えることができる

。

[0023] また、前記スイッチ素子は、ＧａＡｓもしくはＣＭＯＳからなるＦＥＴスイッチ、または、ダイオードスイッチであることにしてもよい。

[0024] このような半導体を用いたスイッチ素子は小型であるため、高周波フィルタ回路を小型化することができる。

[0025] また、前記第２インピーダンス素子は、可変キャパシタまたは可変インダクタであることにしてもよい。

[0026] これにより、スイッチ素子が非導通の場合の第２フィルタ特性について、第２インピーダンス素子の影響を受ける減衰極の周波数可変幅を細かく調整することができる。よって、通過帯域低域側の減衰帯域について、帯域幅を広げつつ、低域端及び高域端を細かく調整することができる。

[0027] また、前記直列腕回路及び前記並列腕回路のそれぞれは、弾性表面波、バルク波または弾性境界波を用いた弾性波共振子によって構成されていることにしてもよい。

[0028] これにより、直列腕回路ならびに並列腕回路のそれぞれを小型化できるので、高周波フィルタ回路の小型化及び低コスト化が可能となる。また、特に、弾性波共振子は、一般的に高Ｑの特性を示すため、低ロス化と高選択度化（自帯域に隣接する他の帯域との相互干渉の抑制）との両立を図ることができる。

[0029] また、本発明の一態様に係るマルチプレクサは、上述したいずれかの高周波フィルタ回路を含む複数の高周波フィルタ回路を備える。

[0030] これにより、マルチバンドに対応するシステムに適用されるマルチプレクサについて、通過帯域低域側の減衰帯域の帯域幅を広げることができる。

[0031] 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、上述したいずれかの高周波フィルタ回路と、前記複数の高周波フィルタ回路の前段または後段に設けられ、前記複数の高周波フィルタ回路と個別に接続された複数の選択端子、及び、前記複数の選択端子と選択的に接続される共通端子を有するスイッチ回路と、を備える。

[0032] これにより、高周波信号が伝達される信号経路の一部を共通化することができる。よって、例えば、複数の高周波フィルタ回路に対応する増幅回路等を共通化することができるため、高周波フロントエンド回路の小型化及び低コスト化が可能となる。

[0033] 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いずれかの高周波フロントエンド回路と、を備える。

[0034] これにより、マルチバンドに対応する通信装置を簡素化及び小型化することができる。

発明の効果

[0035] 本発明に係る高周波フィルタ回路等によれば、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]図１は、実施の形態１に係るフィルタの回路構成図である。

[図2]図２は、実施の形態１に係るフィルタの各共振子を模式的に表す平面図及び断面図の一例である。

[図3]図３は、実施の形態１に係るフィルタの特性を表すグラフである。

[図4]図４は、比較例１に係るフィルタの特性を表すグラフである。

[図5]図５は、実施の形態１においてインピーダンス比を振った場合の特性を表すグラフである。

[図6]図６は、実施の形態１の変形例１に係るフィルタの回路構成図である。

[図7]図７は、実施の形態１の変形例１に係るフィルタの特性を表すグラフである。

[図8]図８は、比較例２に係るフィルタの特性を表すグラフである。

[図9]図９は、実施の形態１の変形例１においてインピーダンス比を振った場合の特性を表すグラフである。

[図10]図１０は、実施の形態１の変形例２に係るフィルタの回路構成図であ

る。

[図11A]図１１Ａは、実施の形態１の変形例２に係るフィルタについて、スイッチがオンの場合における特性を表すグラフである。

[図11B]図１１Ｂは、実施の形態１の変形例２に係るフィルタについて、スイッチがオフの場合における特性を表すグラフである。

[図11C]図１１Ｃは、実施の形態１の変形例２に係るフィルタについて、スイッチがオンの場合及びオフの場合におけるフィルタ特性を比較して表すグラフである。

[図12]図１２は、実施の形態２に係る高周波フロントエンド回路及びその周辺回路の構成図である。

[図13]図１３は、実施の形態２に係る高周波フロントエンド回路に用いられるフィルタの回路構成図である。

[図14]図１４は、その他の実施の形態に係るデュプレクサを備える通信装置の構成図である。

発明を実施するための形態

[0037] 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。

[0038] （実施の形態１）

［１．フィルタの回路構成］

図１は、実施の形態１に係るフィルタ１１の回路構成図である。

[0039] フィルタ１１は、例えば、マルチモード／マルチバンド対応の携帯電話の

フロントエンド部に配置される、高周波フィルタ回路である。フィルタ１１は、例えばＬＴＥ（Ｌｏｎｇ　Ｔｅｒｍ　Ｅｖｏｌｕｔｉｏｎ）等に用いられるマルチバンド対応の携帯電話に内蔵され、所定の帯域（Ｂａｎｄ）の高周波信号を通過させるバンドパスフィルタである。

[0040] 同図に示すように、フィルタ１１は、直列腕回路１０を構成する直列腕共振子ｓ１と、並列腕回路２０を構成する並列腕共振子ｐ１及びｐ２と、を備える。具体的には、フィルタ１１において、直列腕回路１０及び並列腕回路２０の一方の回路（本実施の形態では並列腕回路２０）は、互いに並列接続されて直列腕の同一ノードｘ１（第１ノード）に接続された第１共振子（本実施の形態では並列腕共振子ｐ１）及び第２共振子（本実施の形態では並列腕共振子ｐ２）によって構成されている。なお、本実施の形態では、ノードｘ１は、直列腕回路１０の入出力端子１１ｎ側であるが、直列腕回路の入出力端子１１ｍ側であってもかまわない。

[0041] 直列腕共振子ｓ１は、第１入出力端子の一例である入出力端子１１ｍと第２入出力端子の一例である入出力端子１１ｎとの間に接続されている。つまり、直列腕共振子ｓ１は、入出力端子１１ｍと入出力端子１１ｎとを結ぶ直列腕に設けられた共振子である。この直列腕共振子ｓ１は、直列腕回路１０及び並列腕回路２０の一方の回路（ここでは並列腕回路２０）とともにフィルタ１１の通過帯域と通過帯域高域側の減衰極を形成する。

[0042] 並列腕共振子ｐ１は、入出力端子１１ｍと入出力端子１１ｎとを結ぶ経路上のノードｘ１とグランド（基準端子）との間に接続され、第１の共振周波数及び第１のインピーダンスをもつ第１共振子である。

[0043] 並列腕共振子ｐ２は、入出力端子１１ｍと入出力端子１１ｎとを結ぶ経路上のノードｘ１とグランド（基準端子）との間に接続され、第１の共振周波数より低い第２の共振周波数及び第１のインピーダンスより高い第２のインピーダンスをもつ第２共振子である。

[0044] ここで、共振子のインピーダンス｜Ｚ｜は、当該共振子の静電容量Ｃを用いて、｜Ｚ｜＝｜１／（ｊωＣ）｜で表される。ここで、静電容量Ｃは、共

振子の等価回路におけるスタティック容量（等価容量）である。つまり、静電容量Ｃは、共振子が励振せずにキャパシタとして作用するときの容量である。すなわち、当該共振子の静電容量Ｃは、共振子の一方の端子に接続される電極と、他方の端子に接続される電極との間で、圧電性を有する基板を介して形成される容量成分である。

[0045] また、並列腕共振子ｐ１が接続されたノードｘ１と並列腕共振子ｐ２が接続されたノードｘ１とは、同一ノード（第１ノード）である。つまり、「同一ノード」には、伝送線路上の１点だけでなく、共振子またはインピーダンス素子を介さずに位置する伝送線路上の異なる２点も含まれる。

[0046] これら並列腕共振子ｐ１及びｐ２は、入出力端子１１ｍと入出力端子１１ｎとを結ぶ経路上（直列腕上）のノードｘ１とグランドとの間に接続された並列腕回路２０を構成する。すなわち、当該並列腕回路２０は、直列腕とグランドとを結ぶ１つの並列腕に設けられている。

[0047] よって、フィルタ１１は、直列腕共振子ｓ１で構成された１つの直列腕回路１０と、互いに並列接続された２つの並列腕共振子ｐ１及びｐ２で構成された１つの並列腕回路２０と、で構成されたラダー型のフィルタ構造を有している。

[0048] つまり、直列腕回路１０及び並列腕回路２０の一方の回路を構成する２つの共振子（本実施の形態では並列腕回路２０を構成する並列腕共振子ｐ１及びｐ２）は、他方の回路（ここでは直列腕回路１０）とともにフィルタ１１の通過帯域を形成する。

[0049] ［２．共振子構造］

次に、フィルタ１１を構成する各共振子（直列腕共振子ｓ１、並列腕共振子ｐ１及びｐ２）の構造について、説明する。本実施の形態では、これら共振子は、弾性表面波を用いた弾性波共振子である。これにより、フィルタ１１を、圧電性を有する基板上に形成されたＩＤＴ（ＩｎｔｅｒＤｉｇｉｔａｌ Ｔｒａｎｓｄｕｃｅｒ）電極により構成できるので、急峻性の高い通過特性を有する小型かつ低背の高周波フィルタ回路を実現できる。なお、各共

振子は、弾性表面波を用いた弾性波共振子に限らず、バルク波または弾性境界波を用いた弾性波共振子によって構成されていてもかまわない。弾性波共振子は、一般的に高Ｑの特性を示すため、低ロス化と高選択度化（自帯域に隣接する他の帯域との相互干渉の抑制）との両立を図ることができる。

[0050] 図２は、実施の形態１に係るフィルタ１１の各共振子を模式的に表す平面図及び断面図の一例である。同図には、フィルタ１１を構成する各共振子のうち、直列腕共振子ｓ１の構造を表す平面摸式図及び断面模式図が例示されている。なお、図２に示された直列腕共振子ｓ１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。

[0051] フィルタ１１の各共振子は、圧電性を有する基板１００と、櫛形形状を有するＩＤＴ電極１１ａ及び１１ｂとで構成されている。

[0052] 図２の平面図に示すように、基板１００の上には、互いに対向する一対のＩＤＴ電極１１ａ及び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及び１１０ｂは、伝搬方向と直交する方向に沿って形成されている。

[0053] また、複数の電極指１１０ａ及び１１０ｂ、ならびに、バスバー電極１１１ａ及び１１１ｂで構成されるＩＤＴ電極１１ａ及び１１ｂは、図２の断面図に示すように、密着層１０１と主電極層１０２との積層構造となっている。

[0054] 密着層１０１は、基板１００と主電極層１０２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１０１の膜厚は、例えば、１２ｎｍである。

[0055] 主電極層１０２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１０２の膜厚は、例えば１６２ｎｍである。

[0056] 保護層１０３は、ＩＤＴ電極１１ａ及び１１ｂを覆うように形成されている。保護層１０３は、主電極層１０２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。

[0057] なお、密着層１０１、主電極層１０２及び保護層１０３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１１ａ及び１１ｂは、上記積層構造でなくてもよい。ＩＤＴ電極１１ａ及び１１ｂ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１０３は、形成されていなくてもよい。

[0058] 基板１００は、圧電性を有し、例えば、ＬｉＴａO_3圧電単結晶、ＬｉＮｂO_3圧電単結晶、ＫＮｂO_3圧電単結晶、水晶、または圧電セラミックスからなる。

[0059] このように構成された共振子は、インピーダンスが極小となる特異点（理想的にはインピーダンスが０となる点）である「共振点」、及び、インピーダンスが極大となる特異点（理想的には無限大となる点）である「反共振点」を有する。

[0060] なお、フィルタ１１が有する各共振子の構造は、図２に記載された構造に限定されない。例えば、ＩＤＴ電極１１ａ及び１１ｂは、金属膜の積層構造でなく、金属膜の単層であってもよい。

[0061] ［３．フィルタ特性］

以上のように構成されたフィルタ１１は、並列腕共振子ｐ２を有さずに直列腕共振子ｓ１及び並列腕共振子ｐ１のみで形成される第１フィルタ特性（第１通過特性）に比べ、通過帯域低域側の減衰帯域が広い第２フィルタ特性（第２通過特性）を形成する。そこで、以下、本実施の形態に係るフィルタ１１のフィルタ特性について、説明する。

[0062] なお、以下では、共振子単体に限らず複数の共振子で構成される回路（直列腕回路または並列腕回路）についても、便宜上、インピーダンスが極小と

なる特異点（理想的にはインピーダンスが０となる点）を「共振点」と称し、その周波数を「共振周波数」と称する。また、インピーダンスが極大となる特異点（理想的にはインピーダンスが無限大となる点）を「反共振点」と称し、その周波数を「反共振周波数」と称する。

[0063] 図３は、実施の形態１に係るフィルタ１１の特性を表すグラフである。具体的には、同図の（ａ）は、並列腕共振子ｐ１及びｐ２それぞれのインピーダンス特性を表すグラフである。また、同図の（ｂ）は、並列腕共振子ｐ１及びｐ２の合成インピーダンス特性（合成特性）を表すグラフである。また、同図の（ｃ）は、フィルタ１１のフィルタ特性（第２フィルタ特性、図中の「フィルタ特性（ｐ２あり）」）を、並列腕共振子ｐ２を有さない場合のフィルタ特性（第１フィルタ特性、図中の「フィルタ特性（ｐ２なし）」と比較して表すグラフである。

[0064] まず、同図の（ａ）を用いて、共振子単体でのインピーダンス特性について、説明する。

[0065] 同図に示すように、並列腕共振子ｐ１及び並列腕共振子ｐ２は、次のようなインピーダンス特性を有する。具体的には、並列腕共振子ｐ１は、共振周波数ｆｒｐ１及び反共振周波数ｆａｐ１を有する（このとき、ｆｒｐ１＜ｆａｐ１を満たす）。並列腕共振子ｐ２は、共振周波数ｆｒｐ２及び反共振周波数ｆａｐ２を有する（このとき、ｆｒｐ２＜ｆｒｐ１かつｆｒｐ２＜ｆａｐ２を満たす）。また、直列腕共振子ｓ１は、共振周波数ｆｒｓ１及び反共振周波数ｆａｓ１を有する（このとき、ｆｒｓ１＜ｆａｓ１）。また、並列腕共振子ｐ１のインピーダンス｜Ｚ（ｐ１）｜及び並列腕共振子ｐ２のインピーダンス｜Ｚ（ｐ２）｜は、｜Ｚ（ｐ１）｜＜｜Ｚ（ｐ２）｜を満たす。

[0066] 次に、並列腕共振子ｐ１及び並列腕共振子ｐ２の合成特性（すなわち、並列腕回路２０のインピーダンス特性）について、説明する。

[0067] 同図の（ｂ）に示すように、２つの並列腕共振子（並列腕共振子ｐ１及びｐ２）の合成特性（図中の「並列腕（ｐ１＋ｐ２）の合成特性」）は、並列腕共振子ｐ２の共振周波数ｆｒｐ２、及び、並列腕共振子ｐ１の共振周波数

ｆｒｐ１において、極小となる。また、当該合成特性は、２つの共振周波数ｆｒｐ２及びｆｒｐ１の間の周波数ｆ１１、及び、２つの反共振周波数ｆａｐ２及びｆａｐ１の間の周波数ｆ１２において、極大となる。

[0068] ラダー型のフィルタ構造によりバンドパスフィルタを構成するにあたり、並列腕回路の反共振周波数と直列腕回路の共振周波数とを近接させる。本実施の形態では、並列腕回路２０の２つの反共振周波数のうち高域側の反共振周波数である周波数ｆ１２と直列腕回路１０を構成する直列腕共振子ｓ１の共振周波数ｆｒｓ１とを近接させて、通過帯域を形成する。言い換えると、並列腕共振子ｐ１及びｐ２は、直列腕回路１０（ここでは直列腕共振子ｓ１）とともにフィルタ１１の通過帯域を形成する。

[0069] これにより、同図の（ｃ）に示すように、通過帯域低域側には、ｆｒｐ２及びｆｒｐ１を減衰極とする減衰帯域が形成され、通過帯域高域側にはｆａｓ１を減衰極とする減衰帯域が形成される。

[0070] ここで、上述したように、本実施の形態における第２共振子である並列腕共振子ｐ２は、本実施の形態における第１共振子である並列腕共振子ｐ１よりも周波数が低い共振周波数を有する（つまり、ｆｒｐ２＜ｆａｐ２）。このため、並列腕共振子ｐ２を有するフィルタ１１のフィルタ特性は、並列腕共振子ｐ２を有さない場合のフィルタ特性に比べて、通過帯域低域側の減衰帯域を広げることができる。

[0071] 具体的には、並列腕共振子ｐ２を有さないフィルタでは、並列腕共振子ｐ１の共振点によって形成される第１の減衰極（周波数ｆｒｐ１）のみを有する。よって、このようなフィルタでは、第１の減衰極より低域側では減衰量が悪化するため、減衰帯域内で十分な減衰を確保できない場合がある。

[0072] これに対し、並列腕共振子ｐ２を有する本実施の形態に係るフィルタ１１では、第１の減衰極（周波数ｆｒｐ１）よりも低域側に、並列腕共振子ｐ２の共振点によって形成される第２の減衰極（周波数ｆｒｐ２）を有する。よって、本実施の形態に係るフィルタ１１は、並列腕共振子ｐ２を有さないフィルタに比べ、第１の減衰極より低域側で第２の減衰極により減衰量を維持

することができるため、減衰帯域内で十分な減衰を確保できる。

[0073] また、上述したように、第２共振子である並列腕共振子ｐ２は、第１共振子である並列腕共振子ｐ１（第１共振子）よりも高いインピーダンスを有する。これにより、フィルタ１１は、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、通過帯域低域側の減衰帯域を広げることができるとともに、通過帯域低域側の急峻性を高めることができる。具体的には、この構成によれば、並列腕共振子ｐ１単体での共振周波数ｆｒｐ１と反共振周波数ｆａｐ１との周波数間隔｜ｆｒｐ１－ｆａｐ１｜に比べ、並列腕回路２０のインピーダンス（ここでは並列腕共振子ｐ１及びｐ２の合成インピーダンス）が極小となる高域側の周波数（高域側の共振周波数ｆｒ２）と極大となる高域側の周波数（高域側の反共振周波数ｆａ２）との周波数間隔｜ｆｒ２－ｆａ２｜を狭めることができる。これにより、本実施の形態によれば、通過帯域低域側の急峻性を高めることができる。このことについて、比較例１に係るフィルタを用いて説明する。

[0074] 比較例１に係るフィルタは、｜Ｚ（ｐ１）｜≧｜Ｚ（ｐ２）｜を満たす並列腕共振子ｐ２を有する点を除いて、実施の形態１に係るフィルタ１１と同様の構成を有する。

[0075] 図４は、比較例１に係るフィルタの特性を表すグラフである。具体的には、同図の（ａ）～（ｃ）は、比較例１に係るフィルタについて、図３の（ａ）～（ｃ）と同様に、各特性を表すグラフである。

[0076] 同図の（ａ）に示すように、比較例１では、実施の形態１と異なり、｜Ｚ（ｐ１）｜≧｜Ｚ（ｐ２）｜（同図では、｜Ｚ（ｐ１）｜＞｜Ｚ（ｐ２）｜）となっている。

[0077] このため、同図の（ｂ）と図３の（ｂ）とを比較すると明らかなように、比較例１では実施の形態１に比べて、合成特性において、２つの共振点とこれら２つの共振点の間に位置する反共振点（すなわち低域側の反共振点）とのインピーダンス比（｜Ｚ｜比）が大きくなっている。

[0078] したがって、同図の（ｃ）に示すように、比較例１では実施の形態１に比

べて、並列腕共振子ｐ２の共振点によって形成される第２の減衰極（周波数ｆｒｐ２）の減衰量が高められている。ただし、このとき、通過帯域高域側に着目すると、比較例１では実施の形態１に比べて、通過帯域高域端の挿入損失が増大しているため、帯域内ロスの悪化という別の問題が生じ得る。このことは、比較例１では実施の形態１に比べて、合成特性（同図の（ｂ）参照）において、高域側の反共振点の周波数が低域側へとシフトして、通過帯域幅を狭くしているためである。

[0079] これに対して、実施の形態１に係るフィルタ１１によれば、｜Ｚ（ｐ１）｜＜｜Ｚ（ｐ２）｜を満たすことにより、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

[0080] 図５は、実施の形態１に係るフィルタ１１において、並列腕共振子ｐ１に対する並列腕共振子ｐ２のインピーダンス比を振った場合の特性を、並列腕共振子ｐ２を有さないフィルタの特性と比較して表すグラフである。具体的には、同図の（ａ）～（ｆ）は、各グラフの上部に記載したように、｜Ｚ（ｐ２）｜を｜Ｚ（ｐ１）｜の８００％、６５０％、５５０％、４００％、２５０％及び２００％とした場合の特性を表すグラフである。

[0081] まず、通過帯域低域側に着目すると、同図に示すように、並列腕共振子ｐ１に対する並列腕共振子ｐ２のインピーダンス比が小さくなるほど、フィルタ特性において通過帯域低域側の減衰極間において減衰量が悪化する。これは、並列腕共振子ｐ１及びｐ２の合成インピーダンス特性において２つの共振点とその間の反共振点とのインピーダンス比が大きくなることによる。ただし、インピーダンス比が小さくなっても、各減衰極の周波数は変化しない。つまり、上記インピーダンス比が小さくなっても、ｆｒｐ２＜ｆｒｐ１を満たすことにより、第１の減衰極（周波数ｆｒｐ１）より低域側に第２の減衰極（周波数ｆｒｐ２）を形成することができるため、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

[0082] 次に、通過帯域高域側に着目すると、同図に示すように、上記インピーダ

ンス比が小さくなっても｜Ｚ（ｐ１）｜＜｜Ｚ（ｐ２）｜を満たしていることにより、比較例１に比べて、通過帯域高域端の挿入損失が抑制されていることがわかる。

[0083] したがって、並列腕共振子ｐ２の共振周波数ｆｒｐ２、及び、並列腕共振子ｐ１に対する並列腕共振子ｐ２のインピーダンス比については、フィルタ１１に要求されるフィルタ特性（通過帯域の帯域幅及び帯域内ロス、減衰帯域の帯域幅及び帯域内減衰量、等）を考慮して、適宜決定されればよい。

[0084] ［４．効果等］

以上のように、本実施の形態に係るフィルタ１１によれば、直列腕回路１０及び並列腕回路２０の一方の回路（本実施の形態では並列腕回路２０）は第１共振子（本実施の形態では並列腕共振子ｐ１）及び第２共振子（本実施の形態では並列腕共振子ｐ２）によって構成されている。ここで、第２共振子は、第１共振子よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、第１共振子よりも高いインピーダンスを有する。これにより、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、第２共振子がない場合に比べて通過帯域低域側の減衰極を低域側に形成することができる。したがって、本実施の形態に係るフィルタ１１によれば、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

[0085] 具体的には、本実施の形態では、上記一方の回路は並列腕回路２０である。つまり、本実施の形態によれば、並列腕回路２０は、並列腕共振子ｐ１（第１共振子）の共振周波数ｆｒｐ１よりも周波数が低い共振周波数ｆｒｐ２を有し、かつ、並列腕共振子ｐ１のインピーダンス｜Ｚ（ｐ１）｜よりも高いインピーダンス｜Ｚ（ｐ２）｜を有する並列腕共振子ｐ２（第２共振子）を備える。これにより、フィルタ１１は、通過帯域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、並列腕共振子ｐ１の共振周波数ｆｒｐ１によって形成される第１の減衰極の低域側に、並列腕共振子ｐ２の共振周波数ｆｒｐ２によって形成される第２の減衰極を形成することができる。したがって、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

[0086] （実施の形態１の変形例１）

上記実施の形態では、並列腕回路２０が第１共振子及び第２共振子によって構成されているとした。しかし、並列腕回路でなく直列腕回路がこのように構成されていてもかまわない。そこで、実施の形態１の変形例１に係るフィルタとして、このようなフィルタについて説明する。

[0087] 図６は、実施の形態１の変形例１に係るフィルタ１２の回路構成図である。

[0088] 同図に示すフィルタ１２は、図１に示したフィルタ１１に比べて、直列腕回路１１０及び並列腕回路１２０の構成が異なる。同図に示すように、フィルタ１２は、直列腕回路１１０を構成する直列腕共振子ｓ１及びｓ２と、並列腕回路１２０を構成する並列腕共振子ｐ１と、を備える。具体的には、フィルタ１２において、直列腕回路１１０及び並列腕回路１２０の一方の回路（本変形例では直列腕回路１１０）は、互いに並列接続されて直列腕の同一ノードｘ１（第１ノード）に接続された第１共振子（本変形例では直列腕共振子ｓ１）及び第２共振子（本変形例では直列腕共振子ｓ２）によって構成されている。なお、直列腕共振子ｓ１及び並列腕共振子ｐ１については、上記実施の形態１と同様であるため、詳細な構成については簡略化して説明する。

[0089] 直列腕共振子ｓ１は、第３の共振周波数及び第３のインピーダンスをもつ共振子である。

[0090] 直列腕共振子ｓ２は、第１入出力端子の一例である入出力端子１１ｍと第２入出力端子の一例である入出力端子１１ｎとの間で、直列腕共振子ｓ１と並列接続されている。つまり、直列腕共振子ｓ２は、入出力端子１１ｍと入出力端子１１ｎとを結ぶ直列腕に設けられた共振子である。この直列腕共振子ｓ２は、第３の共振周波数より低い第４の共振周波数及び第３のインピーダンスより高い第４のインピーダンスをもつ共振子である。

[0091] よって、フィルタ１２は、互いに並列接続された２つの直列腕共振子ｓ１及びｓ２で構成された１つの直列腕回路１１０と、並列腕共振子ｐ１で構成

された１つの並列腕回路１２０と、で構成されたラダー型のフィルタ構造を有している。

[0092] つまり、直列腕回路１１０及び並列腕回路１２０の一方の回路を構成する２つの共振子（本実施の形態では直列腕回路１１０を構成する直列腕共振子ｓ１及びｓ２）は、他方の回路（本変形例では並列腕回路１２０）とともにフィルタ１２の通過帯域を形成する。

[0093] 以上のように構成されたフィルタ１２は、直列腕共振子ｓ２を有さずに直列腕共振子ｓ１及び並列腕共振子ｐ１のみで形成される第１通過特性（第１フィルタ特性）に比べ、通過帯域低域側の減衰帯域が広い第２通過特性（第２フィルタ特性）を形成する。そこで、以下、本変形例に係るフィルタ１２のフィルタ特性について、説明する。

[0094] 図７は、実施の形態１の変形例１に係るフィルタ１２の特性を表すグラフである。具体的には、同図の（ａ）は、直列腕共振子ｓ１及びｓ２それぞれのインピーダンス特性を表すグラフである。また、同図の（ｂ）は、直列腕共振子ｓ１及びｓ２の合成インピーダンス特性（合成特性）を表すグラフである。また、同図の（ｃ）は、フィルタ１２のフィルタ特性（第２フィルタ特性、図中の「フィルタ特性（ｓ２あり）」）を、直列腕共振子ｓ２を有さない場合のフィルタ特性（第１フィルタ特性、図中の「フィルタ特性（ｓ２なし）」と比較して表すグラフである。

[0095] まず、同図の（ａ）を用いて、共振子単体でのインピーダンス特性について、説明する。

[0096] 同図に示すように、直列腕共振子ｓ１及び直列腕共振子ｓ２は、次のようなインピーダンス特性を有する。具体的には、直列腕共振子ｓ１は、共振周波数ｆｒｓ１及び反共振周波数ｆａｓ１を有する（このとき、ｆｒｓ１＜ｆａｓ１を満たす）。直列腕共振子ｓ２は、共振周波数ｆｒｓ２及び反共振周波数ｆａｓ２を有する（このとき、ｆｒｓ２＜ｆａｓ２かつｆｒｓ２＜ｆｒｓ１を満たす）。また、並列腕共振子ｐ１は、共振周波数ｆｒｐ１及び反共振周波数ｆａｐ１を有する（このとき、ｆｒｓ２＜ｆｒｐ１＜ｆａｐ１を満

たす）。また、直列腕共振子ｓ１のインピーダンス｜Ｚ（ｓ１）｜及び直列腕共振子ｓ２のインピーダンス｜Ｚ（ｓ２）｜は、｜Ｚ（ｓ１）｜＜｜Ｚ（ｓ２）｜を満たす。

[0097] 次に、直列腕共振子ｓ１及び直列腕共振子ｓ２の合成特性（すなわち、直列腕回路のインピーダンス特性）について、説明する。

[0098] 同図の（ｂ）に示すように、２つの直列腕共振子（直列腕共振子ｓ１及びｓ２）の合成特性（図中の「直列腕（ｓ１＋ｓ２）の合成特性」）は、直列腕共振子ｓ２の共振周波数ｆｒｓ２、及び、直列腕共振子ｓ１の共振周波数ｆｒｓ１において、極小となる。また、当該合成特性は、共振周波数ｆｒｓ２と反共振周波数ｆａｓ２との間の周波数ｆ２１、及び、共振周波数ｆｒｓ１と反共振周波数ｆａｓ１との間の周波数ｆ２２において、極大となる。

[0099] ラダー型のフィルタ構造によりバンドパスフィルタを構成するにあたり、並列腕回路の反共振周波数と直列腕回路の共振周波数とを近接させる。本変形例では、並列腕回路１２０を構成する並列腕共振子ｐ１の反共振周波数ｆａｐ１と直列腕回路１１０の２つの共振周波数のうち高域側の共振周波数ｆｒｓ１とを近接させ、通過帯域を形成する。

[0100] これにより、同図の（ｃ）に示すように、通過帯域低域側には、ｆ２１及びｆｒｐ１を減衰極とする減衰帯域が形成される。

[0101] ここで、上述したように、本変形例における第２共振子である直列腕共振子ｓ２は、本変形例における第１共振子である直列腕共振子ｓ１よりも周波数が低い共振周波数を有する。これにより、本変形例では、ｆ２１＜ｆｒｐ１となっている。このため、直列腕共振子ｓ２を有するフィルタ１２のフィルタ特性は、直列腕共振子ｓ２を有さない場合のフィルタ特性に比べて、通過帯域低域側の減衰帯域を広げることができる。

[0102] 具体的には、直列腕共振子ｓ２を有さないフィルタでは、並列腕共振子ｐ１の共振点によって形成される第１の減衰極（周波数ｆｒｐ１）のみを有する。よって、このようなフィルタでは、第１の減衰極より低域側では減衰量が悪化するため、減衰帯域内で十分な減衰を確保できない場合がある。

[0103] これに対し、直列腕共振子ｓ２を有する本変形例に係るフィルタ１２では、第１の減衰極（周波数ｆｒｐ１）の低域側に、直列腕共振子ｓ２の共振点及び反共振点によって形成される第２の減衰極（周波数ｆ２１）を有する。よって、本変形例に係るフィルタ１２は、直列腕共振子ｓ２を有さないフィルタに比べ、第１の減衰極より低域側で第２の減衰極により減衰量を維持することができるため、減衰帯域内で十分な減衰を確保できる。

[0104] また、上述したように、本変形例における第２共振子である直列腕共振子ｓ２は、本変形例における第１共振子である直列腕共振子ｓ１よりも高いインピーダンスを有する。これにより、フィルタ１２は、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、通過帯域低域側の減衰帯域を広げることができるとともに、通過帯域高域側の急峻性を高めることができる。具体的には、この構成によれば、直列腕共振子ｓ１単体での共振周波数ｆｒｓ１と反共振周波数ｆａｓ１との周波数間隔｜ｆｒｓ１－ｆａｓ１｜に比べ、直列腕回路１１０のインピーダンス（ここでは直列腕共振子ｓ１及びｓ２の合成インピーダンス）が極小となる高域側の周波数（高域側の共振周波数ｆｒ２）と極大となる高域側の周波数（高域側の反共振周波数ｆａ２）との周波数間隔｜ｆｒ２－ｆａ２｜を狭めることができる。これにより、本変形例によれば、通過帯域高域側の急峻性を高めることができる。このことについて、比較例２に係るフィルタを用いて説明する。

[0105] 比較例２に係るフィルタは、｜Ｚ（ｓ１）｜≧｜Ｚ（ｓ２）｜を満たす直列腕共振子ｓ２を有する点を除いて、実施の形態１の変形例１に係るフィルタ１２と同様の構成を有する。

[0106] 図８は、比較例２に係るフィルタの特性を表すグラフである。具体的には、同図の（ａ）～（ｃ）は、比較例２に係るフィルタについて、図７の（ａ）～（ｃ）と同様に、各特性を表すグラフである。

[0107] 同図の（ａ）に示すように、比較例２では、実施の形態１の変形例１と異なり、｜Ｚ（ｓ１）｜≧｜Ｚ（ｓ２）｜（同図では、｜Ｚ（ｓ１）｜＞｜Ｚ（ｓ２）｜）となっている。

[0108] このため、同図の（ｂ）と図７の（ｂ）とを比較すると明らかなように、比較例２では上記変形例に比べて、合成特性について２つの反共振点のうち高域側の反共振点に着目すると、周波数が低域側へシフトするとともに、インピーダンスが低下している。

[0109] したがって、同図の（ｃ）に示すように、通過帯域高域側に着目すると、比較例２では上記変形例に比べて、通過帯域高域側の減衰極について減衰量が悪化しながら低域側へシフトしてしまう。つまり、比較例２では、比較例１と同様に、通過帯域高域端の挿入損失が増大している。これにより、比較例２では、通過帯域高域側の減衰帯域における減衰量を確保できず、また、通過帯域高域側において帯域内ロスの悪化という別の問題が引き起こされてしまう。

[0110] これに対して、実施の形態１の変形例１に係るフィルタ１２によれば、｜Ｚ（ｓ１）｜＜｜Ｚ（ｓ２）｜を満たすことにより、通過帯域高域側の減衰帯域における減衰量を確保して、通過帯域高域側における帯域内ロスの悪化を抑制することができる。

[0111] 図９は、実施の形態１の変形例１に係るフィルタ１２において、直列腕共振子ｓ１に対する直列腕共振子ｓ２のインピーダンス比を振った場合の特性を、直列腕共振子ｓ２を有さないフィルタの特性と比較して表すグラフである。具体的には、同図の（ａ）～（ｆ）は、各グラフの上部に記載したように、｜Ｚ（ｓ２）｜を｜Ｚ（ｓ１）｜の５０００％、３０００％、２０００％、１０００％、５００％及び２５０％とした場合の特性を表すグラフである。

[0112] まず、通過帯域低域側に着目すると、同図に示すように、直列腕共振子ｓ１に対する直列腕共振子ｓ２のインピーダンス比が小さくなるほど、フィルタ特性において、通過帯域低域側の減衰帯域の帯域幅が狭くなるとともに、通過帯域高域側の減衰極について減衰量が悪化しながら低域側へシフトする。これは、インピーダンス比が小さくなるにつれ、直列腕共振子ｓ１及びｓ２の合成インピーダンス特性において、低域側の反共振点が高インピーダン

ス化しつつ高域側にシフトし、高域側の反共振点が低インピーダンス化しつつ低域側にシフトすることによる。ただし、インピーダンス比が小さくなっても、低域側の減衰極の周波数ｆ２１（図８参照）は、ｆ２１＜ｆｒｐ１を満たしている。つまり、上記インピーダンス比が小さくなっても、ｆｒｓ２＜ｆｒｓ１を満たすことにより、第１の減衰極（周波数ｆｒｐ１）より低域側に第２の減衰極を形成することができるため、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

[0113] 次に、通過帯域高域側に着目すると、同図に示すように、上記インピーダンス比が小さくなっても｜Ｚ（ｓ１）｜＜｜Ｚ（ｓ２）｜を満たしていることにより、比較例２に比べて、通過帯域高域端の挿入損失の増大が抑制されていることがわかる。

[0114] したがって、直列腕共振子ｓ２の共振周波数ｆｒｓ２、及び、直列腕共振子ｓ１に対する直列腕共振子ｓ２のインピーダンス比については、フィルタ１２に要求されるフィルタ特性を考慮して、適宜決定されればよい。

[0115] 以上のように、本変形例に係るフィルタ１２によれば、直列腕回路１１０は、第１共振子である直列腕共振子ｓ１及び第２共振子である直列腕共振子ｓ２によって構成されている。ここで、直列腕共振子ｓ２は、直列腕共振子ｓ１よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、直列腕共振子ｓ１よりも高いインピーダンスを有する。これにより、フィルタ１２は、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、直列腕共振子ｓ２がない場合に比べて通過帯域低域側の減衰極を低域側に形成することができる。したがって、本変形例に係るフィルタ１２によれば、実施の形態１と同様に、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

[0116] 具体的には、本変形例では、直列腕回路１１０は、直列腕共振子ｓ１の共振周波数ｆｒｓ１よりも周波数が低い共振周波数ｆｒｓ２を有し、かつ、直列腕共振子ｓ１のインピーダンス｜Ｚ（ｓ１）｜よりも高いインピーダンス｜Ｚ（ｓ２）｜を有する直列腕共振子ｓ２を備える。これにより、フィルタ１２は、通過帯域高域端の挿入損失の増大を抑制しつつ、並列腕共振子ｐ１

（並列腕回路１２０）の共振周波数ｆｒｐ１によって形成される第１の減衰極の低域側に第２の減衰極を形成することができる。したがって、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。

[0117] また、本変形例では、直列腕共振子ｓ２は、並列腕回路１２０を構成する共振子（本変形例では並列腕共振子ｐ１）の反共振周波数ｆａｐ１よりも周波数が低い共振周波数ｆｒｓ２を有する。これにより、通過帯域低域側の減衰極間における減衰量の悪化を抑制することができるため、通過帯域低域側の減衰帯域について減衰を確保することができる。

[0118] （実施の形態１の変形例２）

上記実施の形態１及びその変形例１では、直列腕回路及び並列腕回路のいずれか一方が第１共振子及び第２共振子によって構成されるとした。しかし、直列腕回路及び並列腕回路の双方がこのような共振子によって構成されていてもかまわない。また、上記実施の形態１及びその変形例１では、通過帯域の周波数等が可変しないフィルタ（フィックスドフィルタ）について説明したが、このような構成は通過帯域の周波数等を可変できる周波数可変機能を有するフィルタ（チューナブルフィルタ）に適用してもかまわない。そこで、実施の形態１の変形例２に係るフィルタとして、このようなフィルタについて説明する。

[0119] 図１０は、実施の形態１の変形例２に係るフィルタ１３の回路構成図である。

[0120] 同図に示すフィルタ１３は、図６に示したフィルタ１２の直列腕回路１１０（直列腕共振子ｓ１及びｓ２）に相当する直列腕回路２１０と、図１に示したフィルタ１１の並列腕回路２０（並列腕共振子ｐ１及びｐ２）に相当する並列腕回路２２０と、を備える。つまり、フィルタ１３において、直列腕回路２１０及び並列腕回路２２０の一方の回路（例えば並列腕回路２２０）は、互いに並列接続されてノードｘ１（第１ノード）に接続された第１共振子（例えば並列腕共振子ｐ１）及び第２共振子（例えば並列腕共振子ｐ２）によって構成されている。また、他方の回路（例えば直列腕回路２１０）は

、互いに並列接続されてノードｘ１に接続された第３共振子（例えば直列腕共振子ｓ１）及び第４共振子（例えば直列腕共振子ｓ２）によって構成されている。

[0121] また、フィルタ１３は、さらに、並列腕共振子ｐ３、キャパシタＣ３（第２インピーダンス素子）及びスイッチＳＷ３によって構成された並列腕回路２３０を備える。

[0122] 並列腕共振子ｐ３は、第１入出力端子の一例である入出力端子１１ｍと第２入出力端子の一例である入出力端子１１ｎとを結ぶ経路（直列腕）のノードｘ１（第１ノード）と異なるノードｘ２（第２ノード）とグランドとの間に接続されている。

[0123] キャパシタＣ３及びスイッチＳＷ３は、それぞれが上記ノードｘ２とグランドとの間で並列腕共振子ｐ３に直列接続され、かつ、互いに並列接続されている。つまり、本変形例では、キャパシタＣ３及びスイッチＳＷ３が並列接続された回路が、ノードｘ２とグランドとの間で並列腕共振子ｐ３に直列接続され、具体的には、グランドと並列腕共振子ｐ３との間に接続されている。なお、キャパシタＣ３及びスイッチＳＷ３は、ノードｘ２と並列腕共振子ｐ３との間に接続されていてもよい。

[0124] キャパシタＣ３は、並列腕共振子ｐ３に直列接続されたインピーダンス素子である。フィルタ１３の通過帯域の周波数可変幅はキャパシタＣ３の定数に依存し、例えばキャパシタＣ３の定数が小さいほど周波数可変幅が広くなる。このため、キャパシタＣ３の定数は、フィルタ１３に要求される周波数仕様に応じて、適宜決定され得る。また、キャパシタＣ３は、バリギャップ及びＤＴＣ（Ｄｉｇｉｔａｌｌｙ　Ｔｕｎａｂｌｅ　Ｃａｐａｃｉｔｏｒ）等の可変キャパシタであってもかまわない。これにより、周波数可変幅を細かく調整することが可能となる。よって、通過帯域低域側の減衰帯域について、帯域幅を広げつつ、低域端及び高域端を細かく調整することができる。

[0125] なお、並列腕共振子ｐ３に直列接続されるインピーダンス素子は、キャパシタに限らず、インダクタであってもかまわない。この場合、フィルタ１３

の通過帯域の周波数可変幅はインダクタの定数に依存し、例えばインダクタの定数が大きいほど周波数可変幅が広くなる。このため、インダクタの定数は、フィルタ１３に要求される周波数仕様に応じて、適宜決定され得る。また、インダクタは、ＭＥＭＳ（Ｍｉｃｒｏ　Ｅｌｅｃｔｒｏ　Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ　Ｓｙｓｔｅｍｓ）を用いた可変インダクタであってもかまわない。

[0126] スイッチＳＷ３は、一方の端子が並列腕共振子ｐ３とキャパシタＣ３との接続ノードに接続され、他方の端子がグランドに接続された、例えばＳＰＳＴ（Ｓｉｎｇｌｅ　Ｐｏｌｅ　Ｓｉｎｇｌｅ　Ｔｈｒｏｗ）型のスイッチ素子である。スイッチＳＷ３は、例えば、外部の制御部（図示せず）からの制御信号によってオン（導通）及びオフ（非導通）が切り替えられることにより、キャパシタＣ３を短絡するか否かを切り替える。

[0127] 例えば、スイッチＳＷ３は、ＧａＡｓもしくはＣＭＯＳ（Ｃｏｍｐｌｅｍｅｎｔａｒｙ　Ｍｅｔａｌ　Ｏｘｉｄｅ　Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）からなるＦＥＴ（Ｆｉｅｌｄ　Ｅｆｆｅｃｔ　Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）スイッチ、または、ダイオードスイッチである。このような半導体を用いたスイッチは小型であるため、フィルタ１３を小型化することができる。

[0128] このように構成されたフィルタ１３は、制御信号にしたがってスイッチＳＷ３のオン及びオフが切り替えられることにより、フィルタ特性が切り替えられる。そこで、以下、スイッチＳＷ３の状態と併せてフィルタ１３のフィルタ特性について、図１１Ａ～図１１Ｃを用いて説明する。

[0129] 図１１Ａは、実施の形態１の変形例２に係るフィルタ１３について、スイッチＳＷ３がオンの場合における特性を表すグラフである。具体的には、同図の（ａ）は、このときのフィルタ特性を表すグラフである。また、同図の（ｂ）は、このときの直列腕共振子ｓ１及びｓ２の合成インピーダンス特性（合成特性）、並列腕共振子ｐ１及びｐ２の合成インピーダンス特性（合成特性）、ならびに、並列腕共振子ｐ３のインピーダンス特性を表すグラフである。また、図１１Ｂは、実施の形態１の変形例２に係るフィルタ１３につ

いて、スイッチＳＷ３がオフの場合における特性を表すグラフである。具体的には、同図の（ａ）及び（ｂ）は、図１１Ａの（ａ）及び（ｂ）と同様に、このときのフィルタ特性及びインピーダンス特性を表すグラフである。なお、このとき、並列腕共振子ｐ３にはキャパシタＣ３が付加されているため、並列腕共振子ｐ３とキャパシタＣ３との合成インピーダンス特性が示されている。また、図１１Ｃは、実施の形態１の変形例２に係るフィルタ１３について、スイッチＳＷ３がオンの場合及びオフの場合におけるフィルタ特性を比較して表すグラフである。

[0130] 図１１Ａに示すように、フィルタ１３は、スイッチＳＷ３がオンの場合には、直列腕共振子ｓ１で構成されるフィルタの通過帯域高域側の減衰極及び並列腕共振子ｐ１のみで構成されるフィルタの通過帯域低域側の減衰極（周波数ｆ３４、すなわち並列腕共振子ｐ１の共振周波数ｆｒｐ１）に加え、次の３つの減衰極を有する。これら３つの減衰極の周波数は、（ｉ）直列腕回路（直列腕共振子ｓ１及びｓ２）の低域側の反共振周波数である周波数ｆ３１（すなわち、直列腕共振子ｓ２の共振周波数ｆｒｓ２）、（ｉｉ）並列腕回路（並列腕共振子ｐ１及びｐ２）の低域側の共振周波数である周波数ｆ３２（ｆｒｐ２）、ならびに、（ｉｉｉ）並列腕共振子ｐ３単体の共振周波数である周波数ｆ３３である。

[0131] これら（ｉ）～（ｉｉｉ）の周波数は、（ｉｖ）直列腕共振子ｓ１及び並列腕共振子ｐ１のみで構成されるフィルタの通過帯域低域側の減衰極の周波数ｆ３４に比べ、いずれも低い。このため、スイッチＳＷ３がオンの場合には、通過帯域低域側の減衰帯域について一層減衰を確保することができるので、通過帯域低域側の減衰帯域を一層広げることができる。

[0132] つまり、フィルタ１３は、スイッチＳＷ３がオンの場合には、通過帯域低域側の減衰帯域が上記の（ｉ）～（ｉｖ）の周波数を有する減衰極によって規定され、通過帯域が直列腕回路２１０の高域側の共振周波数、並列腕回路２２０の高域側の反共振周波数、及び、並列腕共振子ｐ３単体の反共振周波数によって規定され、通過帯域高域側の減衰帯域が直列腕回路の高域側の反共振

周波数によって規定される、第１フィルタ特性を有する。

[0133] 一方、図１１Ｂに示すように、フィルタ１３は、スイッチＳＷ３がオフの場合には、キャパシタＣ３の影響を受けるため、上記第１フィルタ特性と異なる第２フィルタ特性を有する。具体的には、フィルタ１３は、上述した周波数ｆ３３の減衰極に代わり、次の減衰極を有する。この減衰極の周波数は、（v）並列腕共振子ｐ３及びキャパシタＣ３の合成インピーダンスが極小となる周波数ｆ３５である。並列腕共振子ｐ３にキャパシタＣ３を付加することによって、共振周波数が高周波数にシフトし、ｆ３３＜ｆ３５の関係となる。

[0134] つまり、フィルタ１３は、スイッチＳＷ３がオフの場合には、スイッチＳＷ３がオンの場合に比べ、通過帯域低域側の減衰帯域が上記の（i）、（ii）、（iv）及び（v）の周波数を有する減衰極によって規定される、第２フィルタ特性を有する。

[0135] ここで、周波数ｆ３５は、キャパシタＣ３の定数によって規定され、本変形例では、ｆ３４＜ｆ３５を満たす。このため、本変形例では、第２フィルタ特性は、第１フィルタ特性に比べて、通過帯域低域側の減衰帯域について、高域端が高域側へとシフトされている。

[0136] すなわち、図１１Ｃに示すように、本変形例では、第２フィルタ特性は、第１フィルタ特性に比べて、当該減衰帯域の低域端の周波数がシフトすることなく維持される。これは、第１フィルタ特性と第２フィルタ特性とで、上記の（i）、（ii）、（iv）の周波数を有する減衰極がシフトしないことによる。

[0137] 以上のように、本変形例に係るフィルタ１３によれば、並列腕回路２２０が第１共振子である並列腕共振子ｐ１及び第２共振子である並列腕共振子ｐ２によって構成され、直列腕回路２１０が第３共振子である直列腕共振子ｓ１及び第４共振子である直列腕共振子ｓ２によって構成されている。これにより、通過帯域低域側の減衰帯域について一層減衰を確保することができるため、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を一層広げることができる

。

[0138] 具体的には、直列腕回路及び並列腕回路の一方の回路が第１共振子及び第２共振子によって構成され、他方の回路が１つの共振子によって構成されている場合、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができるものの、次のような問題が生じることがある。すなわち、当該減衰帯域において、減衰極の間における減衰量の悪化（例えば図３の（ｃ）の破線囲み箇所参照）が大きくなり、減衰量を確保できないことがある。

[0139] これに対して、本変形例によれば、このような構成に比べ、通過帯域低域側の減衰帯域内により多くの減衰極を形成することができる。このため、減衰極の間における減衰量の悪化を抑制して減衰量を確保することができる。

[0140] なお、本変形例では、第１共振子及び第２共振子によって並列腕回路２２０が構成されており、第３共振子及び第４共振子によって直列腕回路２１０が構成されているとした。しかし、この関係は逆であってもよく、第１共振子及び第２共振子によって直列腕回路２１０が構成されており、第３共振子及び第４共振子によって並列腕回路２２０が構成されていてもよい。

[0141] また、一般的な周波数可変機能を有するフィルタにおいて、スイッチ素子のオン及びオフの切り替えによって並列腕共振子に対してキャパシタを付加させるか否かを切り替えることにより、通過帯域低域側の減衰極を高域側に周波数シフトさせて通過帯域低域側の減衰帯域の周波数を可変する構成が提案されている。しかしながら、このような構成では、キャパシタが付加された場合（スイッチ素子がオフの場合）に、並列腕回路の共振点のインピーダンスが高くなってしまうため、当該共振点より低域側（すなわち通過帯域低域側の減衰極より低域側）の減衰量を確保することが難しいという問題がある。また、当該共振点より低域側で減衰量が悪化するため、減衰帯域内で十分な減衰を確保できない場合がある。

[0142] これに対して、本変形例に係るフィルタ１３は、上記第１共振子及び第２共振子に加え、並列腕共振子ｐ３と、それぞれが並列腕共振子ｐ３に直列接続され、かつ、互いに並列接続されたインピーダンス素子（本変形例ではキ

ャパシタＣ３）及びスイッチ素子（スイッチＳＷ３）とを備える。これにより、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げつつ、スイッチ素子のオン及びオフに応じてフィルタ特性を切り替えることができる。

[0143] 具体的には、スイッチ素子がオンの場合、インピーダンス素子が短絡されるため、第１フィルタ特性の減衰帯域は、インピーダンス素子の影響を受けない複数の減衰極（本変形例では４つの減衰極（周波数ｆ３１～ｆ３４））によって規定される。一方、スイッチ素子がオフの場合、インピーダンス素子が短絡されないため、第２フィルタ特性の減衰帯域は、インピーダンス素子の影響を受けて周波数シフトした１以上の減衰極（本変形例では１つの減衰極（周波数ｆ３５））ならびにその影響を受けずに周波数が固定された１以上の減衰極（本変形例では３つの減衰極（周波数ｆ３１、ｆ３２及びｆ３４））によって規定される。このため、周波数シフトした減衰極より低域側において減衰量の悪化を周波数が固定された減衰極によって抑制できるので、減衰帯域内で十分な減衰を確保することができる。つまり、通過帯域低域側の減衰帯域について、帯域幅を広げつつ、フィルタ特性を切り替えることができる。

[0144] なお、インピーダンス素子及びスイッチ素子は設けられていなくてもかまわない。このように構成されたフィルタによれば、フィルタ特性を切り替えることはできないものの、直列腕回路２１０及び並列腕回路２２０の一方の回路が第１共振子及び第２共振子によって構成され、他方の回路が第３共振子及び第４共振子によって構成されている。これにより、このように構成されたフィルタであっても、本変形例に係るフィルタ１３と同様に、フィルタ１１及び１２に比べて、通過帯域低域側の減衰帯域を一層広げることができる。

[0145] （実施の形態２）

以上の実施の形態１ならびにその変形例１及び２で説明した高周波フィルタ回路は、高周波フロントエンド回路に適用することができる。そこで、本実施の形態では、このような高周波フロントエンド回路について説明する。

[0146] 図１２は、実施の形態２に係る高周波フロントエンド回路１及びその周辺回路の構成図である。同図には、アンテナ素子２と、高周波フロントエンド回路１と、ＲＦ信号処理回路（ＲＦＩＣ：Ｒａｄｉｏ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ）３とが示されている。これらは、例えばマルチモード／マルチバンド対応の通信装置４を構成している。なお、アンテナ素子２は、通信装置４に内蔵されず、外付けであってもかまわない。

[0147] アンテナ素子２は、高周波信号を送受信するマルチバンド対応のアンテナである。なお、アンテナ素子２は、例えば通信装置４の全バンドに対応しなくてもよく、低周波数帯域群または高周波数帯域群のバンドのみに対応していてもかまわない。

[0148] 高周波フロントエンド回路１は、アンテナ素子２とＲＦＩＣ３との間で高周波信号を伝達する回路である。具体的には、高周波フロントエンド回路１は、アンテナ素子２で受信された高周波信号（ここでは高周波受信信号）をＲＦＩＣ３に伝達する。なお、高周波フロントエンド回路１の詳細な構成については、後述する。

[0149] ＲＦＩＣ３は、アンテナ素子２で送受信される高周波信号を処理するＲＦ信号処理回路である。具体的には、ＲＦＩＣ３は、アンテナ素子２から高周波フロントエンド回路１の受信側信号経路を介して入力された高周波信号（ここでは高周波受信信号）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（図示せず）へ出力する。

[0150] また、本実施の形態では、ＲＦＩＣ３は、使用される周波数帯域（バンド）に基づいて、高周波フロントエンド回路１が有する各スイッチの導通（オン）及び非導通（オフ）を制御する制御部としての機能も有する。具体的には、ＲＦＩＣ３は、制御信号（図示せず）によって、各スイッチのオン／オフを制御する。なお、制御部は、ＲＦＩＣ３の外部に設けられていてもよく、例えば、高周波フロントエンド回路１、またはベースバンド信号処理回路

（図示せず）に設けられていてもかまわない。

[0151] 次に、高周波フロントエンド回路１の詳細な構成について説明する。

[0152] 図１２に示すように、高周波フロントエンド回路１は、フィルタ２１～２４と、スイッチ３１及び３２と、受信増幅回路３３と、を備える。

[0153] フィルタ２１～２４のうち、フィルタ２１及び２３は通過帯域が切り替えられるチューナブルフィルタであり、フィルタ２２及び２４は通過帯域が切り替えられないフィックスドフィルタである。具体的には、フィルタ２１は、Ｂａｎｄ２９及び１４（またはＢａｎｄ１２、１７及び１３）の受信フィルタである。また、フィルタ２２は、Ｂａｎｄ２０及び２８の受信フィルタである。また、フィルタ２３は、Ｂａｎｄ２７（またはＢａｎｄ２６、１８、５及び１９）の受信フィルタである。また、フィルタ２４は、Ｂａｎｄ８の受信フィルタである。

[0154] スイッチ３１は、ＲＦＩＣ等の制御部（図示せず）からの制御信号にしたがって、アンテナ素子２と所定のバンドに対応する信号経路とを接続する。スイッチ３２は、制御信号にしたがって、受信増幅回路３３と所定のバンドに対応する信号経路とを接続する。これらスイッチ３１及び３２は、例えば、ＳＰｎＴ（Ｓｉｎｇｌｅ　Ｐｏｌｅ　ｎ　Ｔｈｒｏｗ）型（ｎは信号経路の数であり、ここでは４）のスイッチ素子（スイッチ回路）である。つまり、スイッチ３１及び３２は、複数のフィルタ２１～２４と個別に接続された複数の選択端子、及び、当該複数の選択端子と選択的に接続される共通端子を有する。

[0155] なお、スイッチ３１及び３２によって接続される信号経路は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１は、キャリアアグリゲーションに対応してもかまわない。

[0156] 受信増幅回路３３は、フィルタ２１～２４からスイッチ３２を介して入力された高周波受信信号を電力増幅してＲＦＩＣ３に出力するローノイズアンプである。

[0157] このように構成された高周波フロントエンド回路１において、例えばフィ

ルタ２３は、上記の実施の形態１及びその変形例で説明した構成を有する。

[0158] 図１３は、実施の形態２に係る高周波フロントエンド回路１に用いられるフィルタ２３の回路構成図である。

[0159] 同図に示すように、フィルタ２３は、５つの直列腕共振子ｓ２１～ｓ２３、ｓ２４ａ及びｓ２４ｂと、５つの並列腕共振子ｐ２１、ｐ２２ａ、ｐ２２ｂ、ｐ２３及びｐ２４と、を備える。また、フィルタ２３は、さらに、キャパシタＣ２１、Ｃ２３及びＣ２４と、スイッチＳＷ２１、ＳＷ２３及びＳＷ２４と、を備える。

[0160] 直列腕共振子ｓ２１～ｓ２３、ｓ２４ａ及びｓ２４ｂは、入出力端子１１ｍと入出力端子１１ｎとを結ぶ経路（直列腕）上に、入出力端子１１ｍ側からこの順に互いに直列に接続されている。これら直列腕共振子のうち直列腕共振子ｓ２４ａ及びｓ２４ｂは、上記実施の形態１の変形例１における第１共振子及び第２共振子に相当し、互いに並列に接続されて直列腕の同一ノードに接続されている。つまり、直列腕共振子ｓ２１～ｓ２３はそれぞれが１つの直列腕回路を構成し、直列腕共振子ｓ２４ａ及びｓ２４ｂはこれらで１つの直列腕回路を構成する。

[0161] 並列腕共振子ｐ２１、ｐ２２ａ、ｐ２２ｂ、ｐ２３及びｐ２４は、上記の直列腕共振子の各接続点と、基準端子（グランド）とを結ぶ経路（並列腕）上に、入出力端子１１ｍ側からこの順に互いに並列に接続されている。これら並列腕共振子のうち並列腕共振子ｐ２２ａ及びｐ２２ｂは、上記実施の形態１における第１共振子及び第２共振子に相当し、互いに並列に接続されて直列腕の同一ノードに接続されている。

[0162] キャパシタＣ２１及びスイッチＳＷ２１は、上記実施の形態１の変形例２におけるインピーダンス素子及びスイッチ素子に相当し、それぞれが並列腕共振子ｐ２１に直列接続され、かつ、互いに並列接続されている。キャパシタＣ２３及びスイッチＳＷ２３ならびにキャパシタＣ２４及びスイッチＳＷ２４も同様にインピーダンス素子及びスイッチ素子に相当し、並列腕共振子ｐ２３ならびに並列腕共振子ｐ２４に接続されている。

[0163] つまり、並列腕共振子ｐ２１、キャパシタＣ２１及びスイッチＳＷ２１は、これらで１つの並列腕回路を構成する。また、並列腕共振子ｐ２２ａ及びｐ２２ｂは、これらで１つの並列腕回路を構成する。また、並列腕共振子ｐ２３、キャパシタＣ２３及びスイッチＳＷ２３は、これらで１つの並列腕回路を構成する。また、並列腕共振子ｐ２４、キャパシタＣ２４及びスイッチＳＷ２４は、これらで１つの並列腕回路を構成する。

[0164] このように、フィルタ２３は、複数の直列腕回路及び複数の並列腕回路（ここでは４つの直列腕回路及び４つの並列腕回路）のラダー型のフィルタ構造を有する。

[0165] なお、フィルタ２３の直列腕共振子及び並列腕共振子の個数及び接続態様は特に限定されない。また、フィルタ２３は、直列腕共振子及び並列腕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を有してもかまわない。つまり、フィルタ２３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。

[0166] 本実施の形態では、フィルタ２３には、次のような特性が要求される。すなわち、Ｂａｎｄ２７の受信帯域を通過帯域とし、Ｂａｎｄ２７の送信帯域を減衰帯域とする第１フィルタ特性と、Ｂａｎｄ２６、１８、５及び１９の受信帯域を通過帯域とし、Ｂａｎｄ２６、１８、５及び１９の送信帯域を減衰帯域とする第２フィルタ特性と、を有することが要求される。

[0167] しかし、一般的に、第２フィルタ特性のように減衰帯域が比較的広帯域の場合、減衰帯域全体にわたって減衰量を確保することが難しいため、要求される減衰帯域幅を確保できない場合がある。

[0168] これに対して、本実施の形態におけるフィルタ２３によれば、直列腕回路を構成する第１共振子及び第２共振子（本実施の形態では直列腕共振子ｓ２４ａ及びｓ２４ｂ）と、並列腕回路を構成する第１共振子及び第２共振子（本実施の形態では並列腕共振子ｐ２２ａ及びｐ２２ｂ）と、を備える。これにより、フィルタ２３は、上記実施の形態１及びその変形例１と同様に、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げることができる。このため、

Ｂａｎｄ２６、１８、５及び１９の送信帯域全体にわたって減衰量を確保することができる。

[0169] また、フィルタ２３によれば、並列腕共振子（ここでは並列腕共振子ｐ２１、ｐ２３及びｐ２４）と、それぞれが並列腕共振子に直列接続され、かつ、互いに並列接続されたインピーダンス素子（ここではキャパシタＣ２１、Ｃ２３及びＣ２４）及びスイッチ素子（ここではスイッチＳＷ２１、ＳＷ２３及びＳＷ２４）とを備える。これにより、フィルタ２３は、上記実施の形態１の変形例２と同様に、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げつつ、スイッチ素子のオン及びオフに応じてフィルタ特性を切り替えることができる。

[0170] 具体的には、フィルタ２３は、スイッチＳＷ２１、ＳＷ２３及びＳＷ２４のいずれもオンの場合には、上記の第１フィルタ特性を有する。このとき、第１フィルタ特性の減衰帯域は、インピーダンス素子（本実施の形態ではキャパシタＣ２１、Ｃ２３及びＣ２４）の影響を受けない減衰極によって規定されている。

[0171] 一方、フィルタ２３は、スイッチＳＷ２１、ＳＷ２３及びＳＷ２４のいずれもオフの場合には、上記の第２フィルタ特性を有する。このとき、第２フィルタ特性の減衰帯域は、インピーダンス素子の影響を受けた減衰極によって規定される。

[0172] 以上のように構成された高周波フロントエンド回路１によれば、上記実施の形態１及びその変形例に係るフィルタ２３（高周波フィルタ回路）を備えることにより、バンドごとにフィルタを設ける場合に比べてフィルタの個数を削減できるため、小型化することができる。

[0173] なお、フィルタ２３に限らず、フィルタ２１、２２及びフィルタ２４の少なくとも１つが上記実施の形態１及びその変形例に係るフィルタの構成を有していてもかまわない。

[0174] また、本実施の形態に係る高周波フロントエンド回路１によれば、複数のフィルタ２１～２４（高周波フィルタ回路）の前段または後段に設けられた

スイッチ３１及び３２（スイッチ回路）を備える。これにより、高周波信号が伝達される信号経路の一部を共通化することができる。よって、例えば、複数の高周波フィルタ回路に対応する受信増幅回路３３（増幅回路）を共通化することができる。したがって、高周波フロントエンド回路１の小型化及び低コスト化が可能となる。

[0175] なお、スイッチ３１及び３２は、少なくとも１つが設けられていればよい。また、スイッチ３１及び３２は、例えば高周波フロントエンド回路１の全バンドに対応していなくてもよく、低周波数帯域群または高周波数帯域群ごとに個別に対応するスイッチが設けられていてもかまわない。つまり、スイッチ３１及び３２の選択端子等の個数は、本実施の形態に限らない。

[0176] また、構成の簡素化の観点から、スイッチ素子（スイッチＳＷ２１、ＳＷ２３及びＳＷ２４）は、同一の制御信号によってオン及びオフが切り替えられることが好ましい。ただし、これに限らず、各スイッチ素子は個別の制御信号によってオン及びオフが切り替えられてもかまわない。

[0177] （その他の実施の形態）

以上、本発明の実施の形態に係る高周波フィルタ回路及び高周波フロントエンド回路について、実施の形態及び変形例を挙げて説明したが、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て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、本発明に係る高周波フィルタ回路及び高周波フロントエンド回路を内蔵した各種機器も本発明に含まれる。

[0178] 例えば、上述した高周波フロントエンド回路１とＲＦＩＣ３（ＲＦ信号処理回路）とを備える通信装置４も本発明に含まれる。このような通信装置４によれば、マルチバンドに対応する通信装置を簡素化及び小型化することができる。また、例えば、上述した高周波フィルタ回路を含む複数の高周波フィルタ回路を備えるデュプレクサ等のマルチプレクサも本発明に含まれる。

[0179] また、例えば、上述した高周波フィルタ回路は、受信フィルタに限らず、

送信フィルタであってもかまわない。

[0180] また、例えば、高周波フロントエンド回路または通信装置において、各構成要素の間に、インダクタやキャパシタが接続されていてもかまわない。

[0181] また、上記実施の形態１及びその変形例１及び２に係る高周波フィルタ回路は、複数の高周波フィルタ回路を有するマルチプレクサの少なくとも１つの高周波フィルタ回路に適用することができる。そこで、以下では、このようなマルチプレクサについて、上述した高周波フィルタ回路を受信側フィルタ及び送信側フィルタに適用したデュプレクサを例に説明する。

[0182] 図１４は、その他の実施の形態に係るデュプレクサＤＰＸを備える通信装置４Ａの構成図である。同図に示すように、デュプレクサＤＰＸは、受信増幅回路３３及び送信増幅回路３４とともに高周波フロントエンド回路１Ａを構成している。

[0183] 同図に示すデュプレクサＤＰＸは、受信側フィルタ１２３として実施の形態１またはその変形例１に係るフィルタ１１または１２を備え、送信側フィルタ１２４として実施の形態１の変形例１に係るフィルタ１３を備える。つまり、受信側フィルタ１２３と送信側フィルタ１２４とは、アンテナ側の入出力端子が束ねられてアンテナ素子２に接続され、他の端子が受信増幅回路３３または送信増幅回路３４に接続されている。

[0184] このようなマルチプレクサ（ここではデュプレクサＤＰＸ）によれば、上記実施の形態１及びその変形例１及び２に係る高周波フィルタ回路（ここでは、受信側フィルタ１２３及び送信側フィルタ１２４）を備えることにより、マルチバンドに対応するシステムに適用されるマルチプレクサについて、通過帯域低域側の減衰帯域の帯域幅を広げることができる。

[0185] なお、マルチプレクサとしては、デュプレクサに限らず、例えば３つの高周波フィルタ回路を備えるトリプレクサ等であってもかまわない。また、マルチプレクサは、送信側フィルタと受信側フィルタとを備える構成に限らず、例えば、複数の受信側フィルタを備える構成であってもかまわない。

[0186] また、マルチプレクサは、複数のフィルタの少なくとも１つに上記実施の

形態１及びその変形例１及び２に係る高周波フィルタ回路が適用されていればよく、例えば各直列腕及び各並列腕に１つの共振子のみが設けられたフィルタを備えてもかまわない。

[0187] また、上記実施の形態１及びその変形例１及び２に係る高周波フィルタ回路は、ノードｘ１に接続される直列腕回路または並列腕回路として、共振子のみで構成されている構成を例に説明した。しかし、これらの直列腕回路または並列腕回路は、さらにインピーダンス素子を有していてもよい。

[0188] 例えば、直列腕回路及び前記並列腕回路のうち、第１共振子及び第２共振子によって構成された一方の回路は、さらに、第２共振子と直列接続もしくは並列接続された第１インピーダンス素子を有してもかまわない。このとき、第１共振子及び第２共振子ならびに第１インピーダンス素子（典型的には、これらの合成特性）は、他方の回路とともに通過帯域を形成する。

[0189] これにより、第１インピーダンス素子を適宜選択することにより、通過帯域低域側の減衰帯域について帯域幅を広げつつ、他のフィルタ特性を得ることができる。

[0190] 例えば、第２共振子と並列接続される第１インピーダンス素子としてキャパシタを設けることにより、第２共振子単体での共振周波数と反共振周波数との周波数間隔に比べ、第１インピーダンス素子が接続された状態での第２共振子の共振周波数と反共振周波数との周波数間隔を狭めることができる。このため、この構成によれば、急峻な減衰特性を得ることができる。

[0191] また、例えば、第２共振子と直列接続される第１インピーダンス素子としてインダクタを設けることにより、第２共振子単体での共振周波数と反共振周波数との周波数間隔に比べ、第１インピーダンス素子が接続された状態での第２共振子の共振周波数と反共振周波数との周波数間隔を広げることができる。このため、この構成によれば、広い通過特性を得る（通過帯域を広げる）ことができる。

[0192] なお、直列腕回路及び前記並列腕回路のうち、第１共振子及び第２共振子によって構成された一方の回路と異なる他方の回路は、共振子を有する共振

回路に限らず、インダクタ及びキャパシタからなるＬＣ共振回路であってもかまわない。さらには、当該他方の回路は、共振回路に限らず、インダクタまたはキャパシタ等のインピーダンス素子であってもかまわない。

産業上の利用可能性

[0193] 本発明は、マルチバンドシステムに適用できる小型のフィルタ、マルチプレクサ、フロントエンド回路及び通信装置として、携帯電話などの通信機器に広く利用できる。

符号の説明

[0194] １、１Ａ　高周波フロントエンド回路
２　アンテナ素子
３　ＲＦＩＣ（ＲＦ信号処理回路）
４、４Ａ　通信装置
１０、１１０、２１０　直列腕回路
１１～１３、２１～２４　フィルタ（高周波フィルタ回路）
１１ａ、１１ｂ　ＩＤＴ電極
１１ｍ　入出力端子（第１入出力端子）
１１ｎ　入出力端子（第２入出力端子）
２０、１２０、２２０、２３０　並列腕回路
３１、３２　スイッチ（スイッチ回路）
３３　受信増幅回路
３４　送信増幅回路
１００　基板
１０１　密着層
１０２　主電極層
１０３　保護層
１１０ａ、１１０ｂ　電極指
１１１ａ、１１１ｂ　バスバー電極
１２３　受信側フィルタ

１２４　　送信側フィルタ

Ｃ３、Ｃ２１、Ｃ２３、Ｃ２４　　キャパシタ（インピーダンス素子）

ＤＰＸ　　デュプレクサ

ｐ１、ｐ２、ｐ３、ｐ２１、ｐ２２ａ、ｐ２２ｂ、ｐ２３、ｐ２４　　並列腕共振子

ＳＷ３、ＳＷ２１、ＳＷ２３、ＳＷ２４　　スイッチ（スイッチ素子）

ｓ１、ｓ２、ｓ２１～ｓ２３、ｓ２４ａ、ｓ２４ｂ　　直列腕共振子

請求の範囲

[請求項1] 第１入出力端子と第２入出力端子との間に接続された直列腕回路と、

前記第１入出力端子と前記第２入出力端子とを結ぶ経路とグランドとの間に接続された並列腕回路と、を有し、

前記直列腕回路及び前記並列腕回路の一方の回路は、互いに並列接続されて前記経路の第１ノードに接続された第１共振子及び第２共振子によって構成され、

前記第１共振子及び前記第２共振子は、前記直列腕回路及び前記並列腕回路の他方の回路とともに通過帯域を形成し、

前記第２共振子は、前記第１共振子よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、前記第１共振子よりも高いインピーダンスを有する、

高周波フィルタ回路。

[請求項2] 前記一方の回路は前記並列腕回路である、

請求項１に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項3] 前記一方の回路は前記直列腕回路である、

請求項１に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項4] 前記第２共振子は、前記他方の回路を構成する共振子の反共振周波数よりも周波数が低い共振周波数を有する、

請求項３に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項5] 前記他方の回路は、互いに並列接続されて前記第１ノードに接続された第３共振子及び第４共振子によって構成され、

前記第３共振子及び前記第４共振子は、前記一方の回路とともに通過帯域を形成し、

前記第４共振子は、前記第３共振子よりも周波数が低い共振周波数を有し、かつ、前記第３共振子よりも高いインピーダンスを有する、

請求項１～４のいずれか１項に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項6] 前記一方の回路は、さらに、前記第２共振子と直列接続もしくは並

列接続された第１インピーダンス素子を有し、

前記第１共振子及び前記第２共振子ならびに前記第１インピーダンス素子は、前記他方の回路とともに前記通過帯域を形成する、

請求項１～５のいずれか１項に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項7] さらに、

前記経路の前記第１ノードと異なる第２ノードと前記グランドとの間に接続された並列腕共振子と、

それぞれが前記第２ノードと前記グランドとの間で前記並列腕共振子に直列接続され、かつ、互いに並列接続された第２インピーダンス素子及びスイッチ素子と、を有する、

請求項１～６のいずれか１項に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項8] 前記スイッチ素子は、ＧａＡｓもしくはＣＭＯＳからなるＦＥＴスイッチ、または、ダイオードスイッチである、

請求項７に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項9] 前記第２インピーダンス素子は、可変キャパシタまたは可変インダクタである、

請求項７または８に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項10] 前記直列腕回路及び前記並列腕回路のそれぞれは、弾性表面波、バルク波または弾性境界波を用いた弾性波共振子によって構成されている、

請求項１～９のいずれか１項に記載の高周波フィルタ回路。

[請求項11] 請求項１～１０のいずれか１項に記載の高周波フィルタ回路を含む複数の高周波フィルタ回路を備える、

マルチプレクサ。

[請求項12] 請求項１～１０のいずれか１項に記載の高周波フィルタ回路を含む複数の高周波フィルタ回路と、

前記複数の高周波フィルタ回路の前段または後段に設けられ、前記複数の高周波フィルタ回路と個別に接続された複数の選択端子、及び

、前記複数の選択端子と選択的に接続される共通端子を有するスイッチ回路と、を備える、

高周波フロントエンド回路。

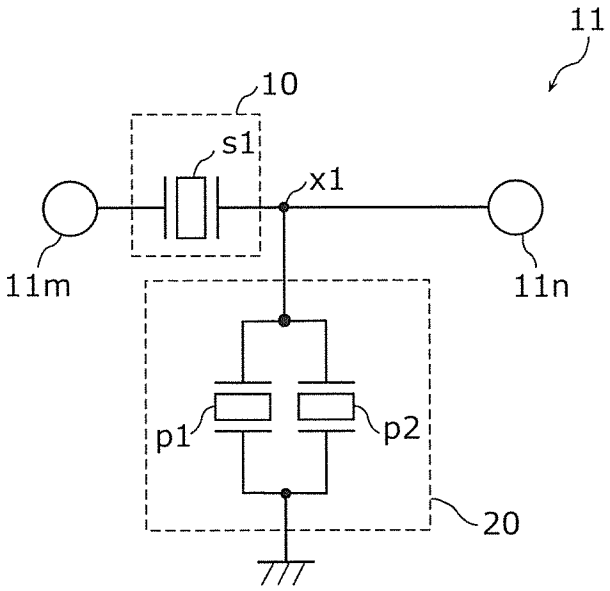
[請求項13] アンテナ素子で送受信される高周波信号を処理するＲＦ信号処理回路と、

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１２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2]

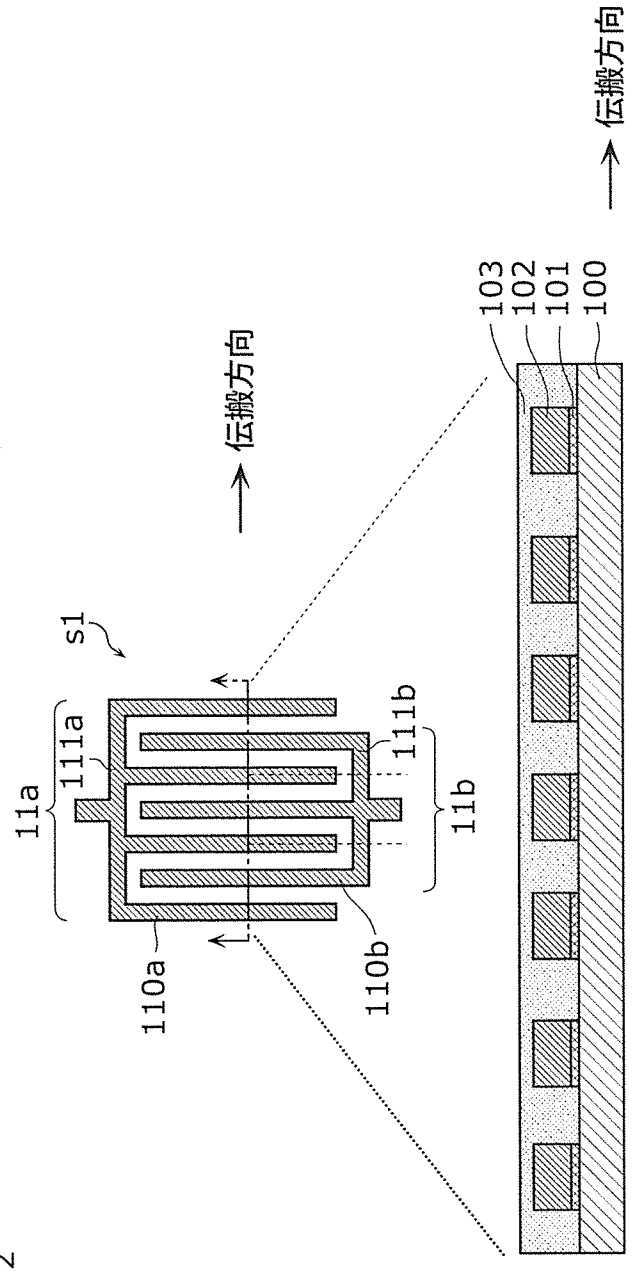
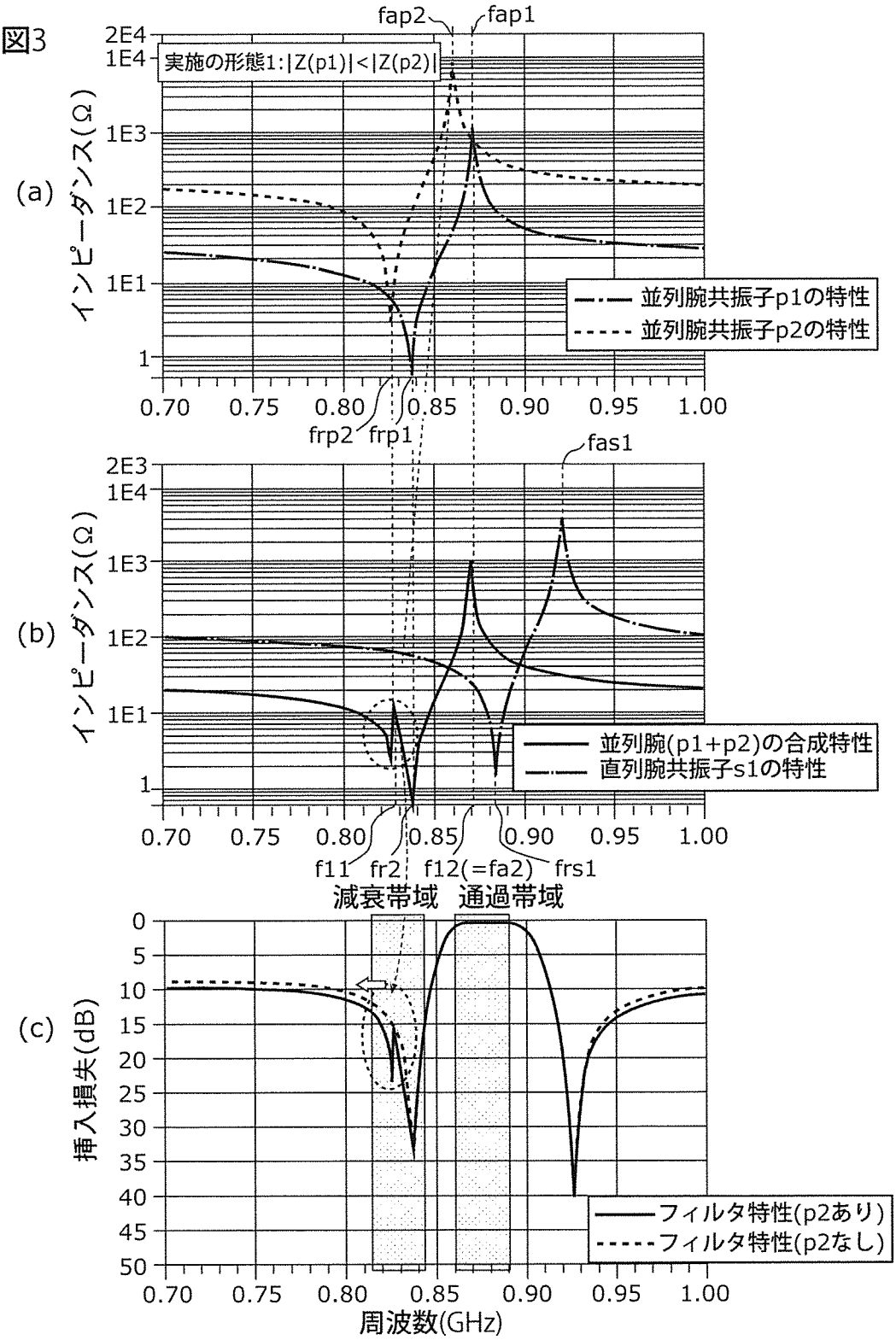


図2

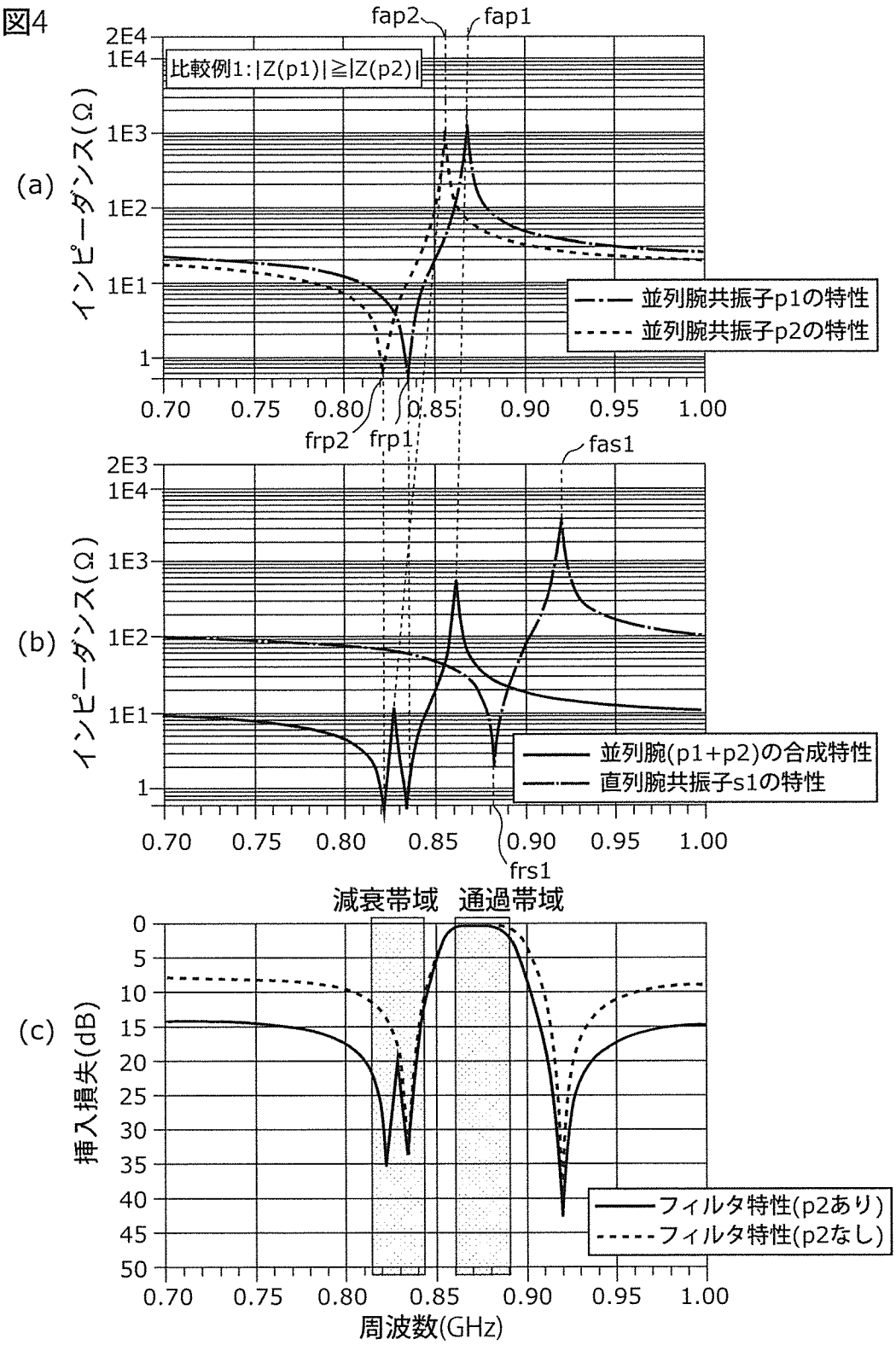
[図3]

図3

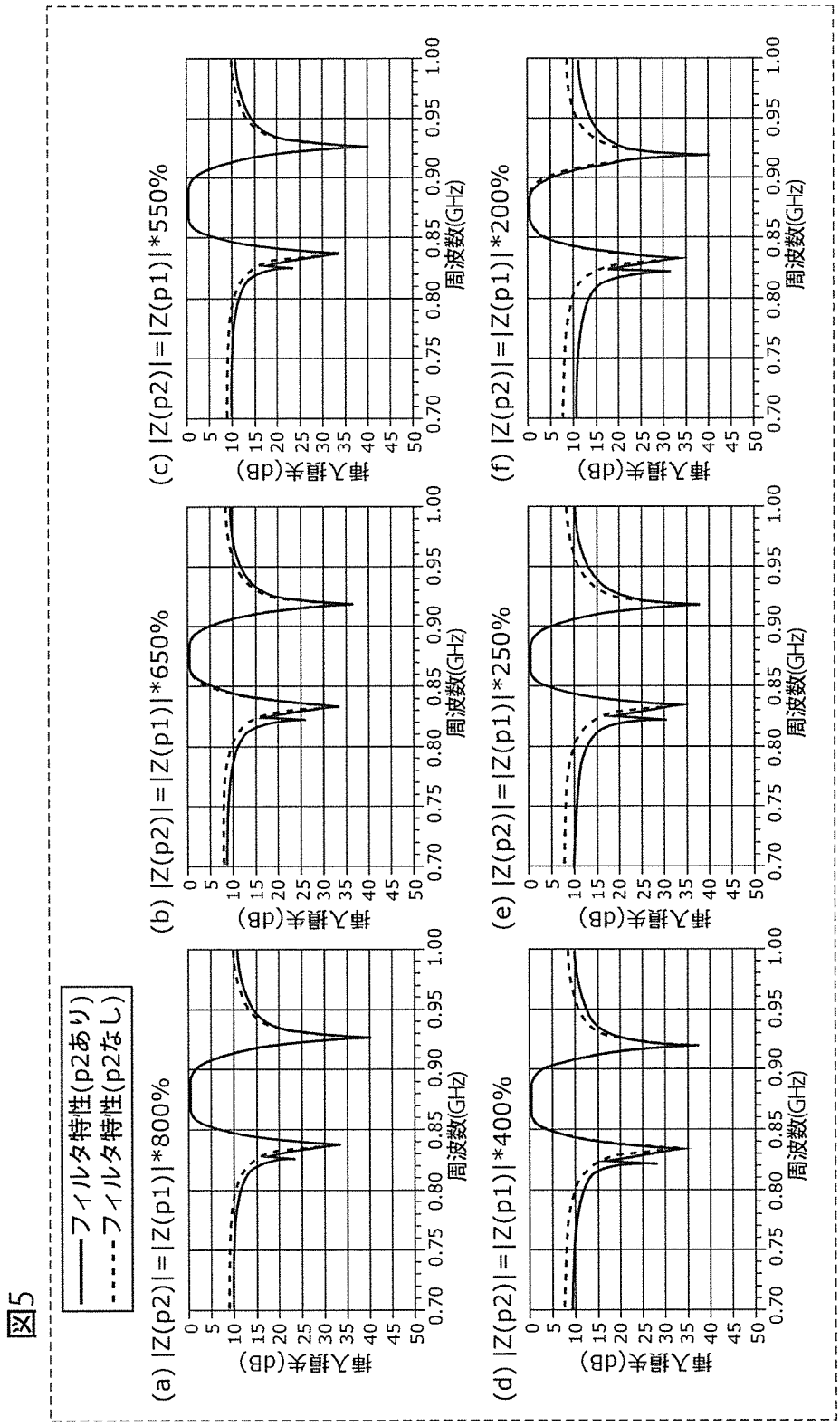

(a)
(b)
(c)
実施の形態1:|Z(p1)|<|Z(p2)|
fap2
fap1
frp2
frp1
fas1
f11
fr2
f12(=fa2)
frs1
減衰帯域
通過帯域
インピーダンス(Ω)
挿入損失(dB)
周波数(GHz)
並列腕共振子p1の特性
並列腕共振子p2の特性
並列腕(p1+p2)の合成特性
直列腕共振子s1の特性
フィルタ特性(p2あり)
フィルタ特性(p2なし)

[図4]

図4

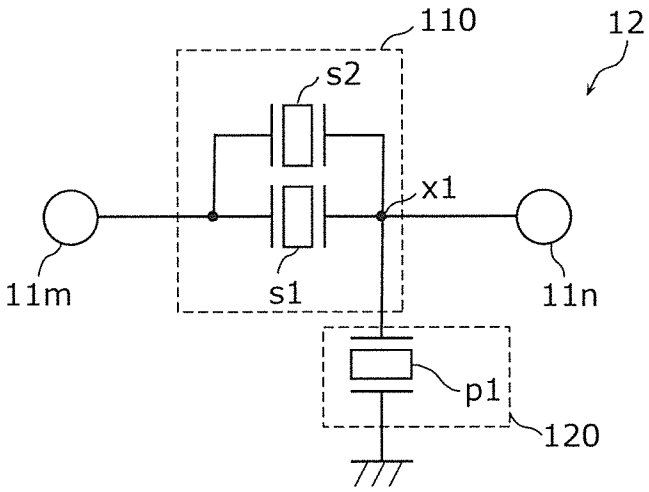

(a)
(b)
(c)
インピーダンス(Ω)
挿入損失(dB)
周波数(GHz)
比較例1:|Z(p1)|≧|Z(p2)|
fap2
fap1
frp2
frp1
fas1
frs1
減衰帯域
通過帯域
並列腕共振子p1の特性
並列腕共振子p2の特性
並列腕(p1+p2)の合成特性
直列腕共振子s1の特性
フィルタ特性(p2あり)
フィルタ特性(p2なし)

[図5]


図5
フィルタ特性(p2あり)
フィルタ特性(p2なし)
(a) |Z(p2)|=|Z(p1)|*800%
(b) |Z(p2)|=|Z(p1)|*650%
(c) |Z(p2)|=|Z(p1)|*550%
(d) |Z(p2)|=|Z(p1)|*400%
(e) |Z(p2)|=|Z(p1)|*250%
(f) |Z(p2)|=|Z(p1)|*200%
挿入損失(dB)
周波数(GHz)

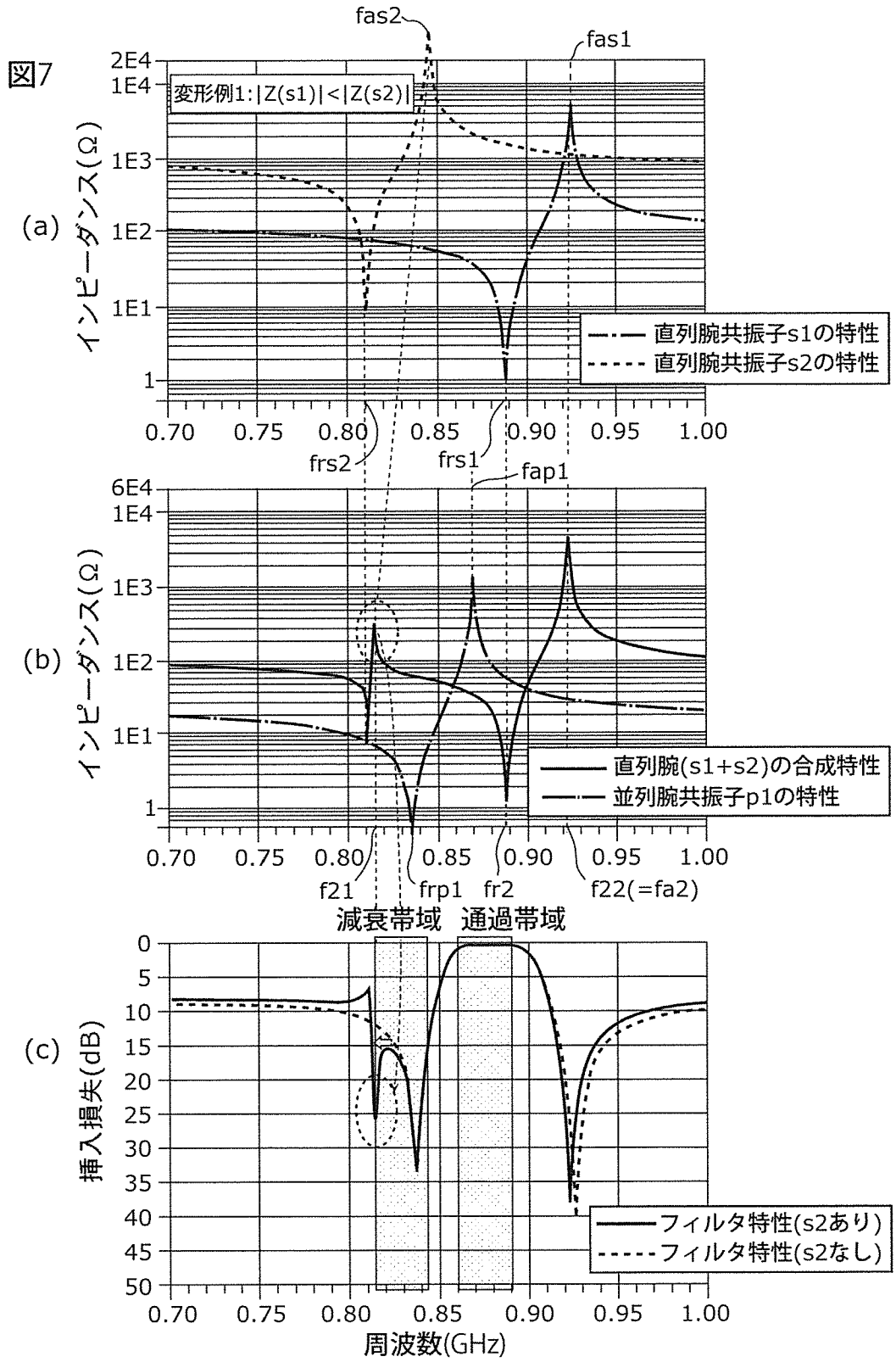
[図6]

図6



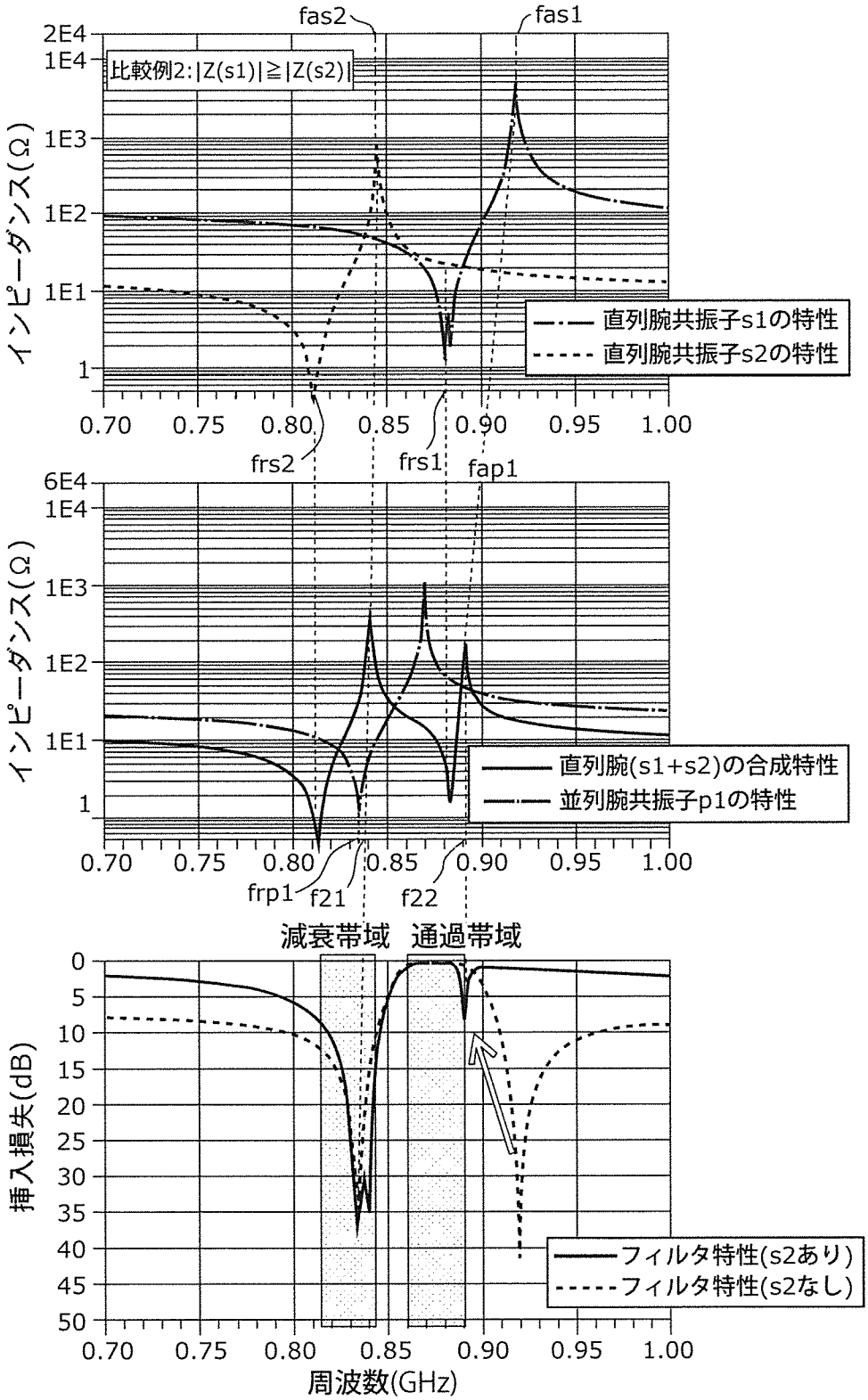
[図7]

図7


fas2
fas1
変形例1:|Z(s1)|<|Z(s2)|
(a)
インピーダンス(Ω)
2E4
1E4
1E3
1E2
1E1
1
0.70
0.75
0.80
0.85
0.90
0.95
1.00
frs2
frs1
直列腕共振子s1の特性
直列腕共振子s2の特性
fap1
(b)
インピーダンス(Ω)
6E4
1E4
1E3
1E2
1E1
1
f21
frp1
fr2
f22(=fa2)
直列腕(s1+s2)の合成特性
並列腕共振子p1の特性
減衰帯域
通過帯域
(c)
挿入損失(dB)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
フィルタ特性(s2あり)
フィルタ特性(s2なし)
周波数(GHz)

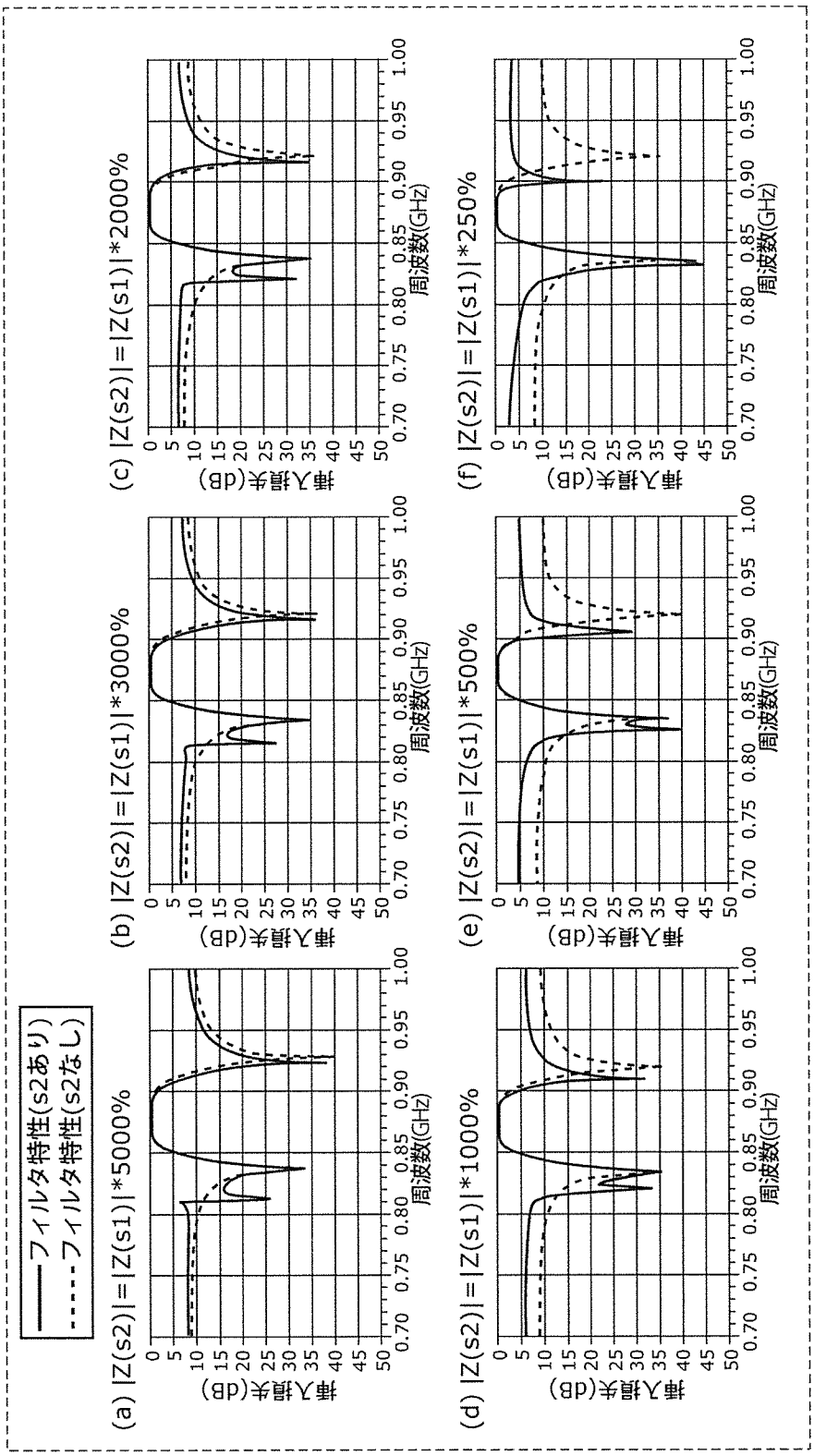
[図8]

図8


(a)
比較例2:|Z(s1)|≧|Z(s2)|
fas2
fas1
2E4
1E4
1E3
1E2
1E1
1
インピーダンス(Ω)
0.70
0.75
0.80
0.85
0.90
0.95
1.00
frs2
frs1
fap1
直列腕共振子s1の特性
直列腕共振子s2の特性
(b)
6E4
1E4
1E3
1E2
1E1
1
インピーダンス(Ω)
frp1
f21
f22
直列腕(s1+s2)の合成特性
並列腕共振子p1の特性
減衰帯域
通過帯域
(c)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
挿入損失(dB)
フィルタ特性(s2あり)
フィルタ特性(s2なし)
周波数(GHz)

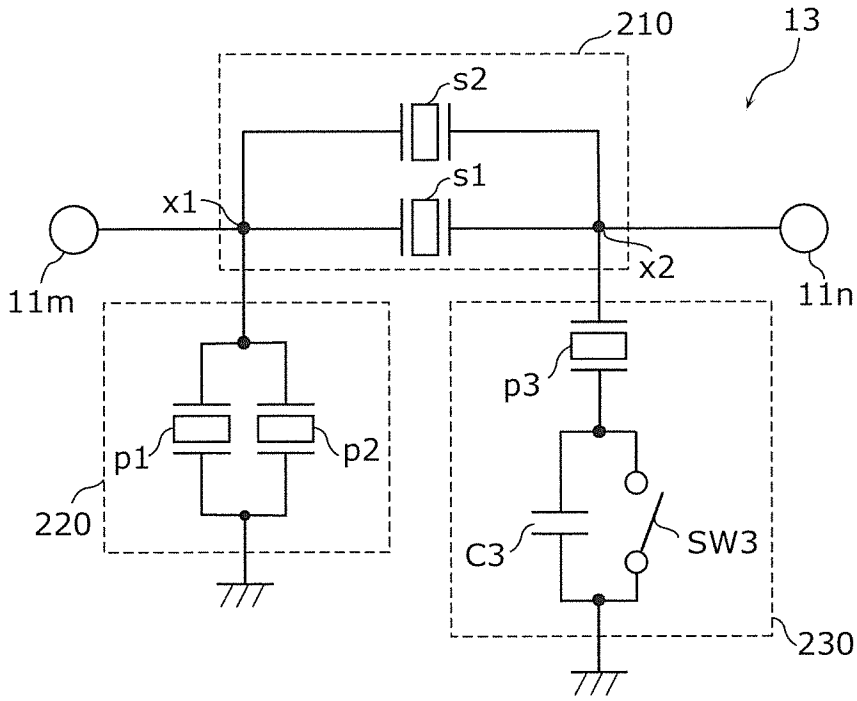
[図9]

図9


フィルタ特性(s2あり)
フィルタ特性(s2なし)
(a) |Z(s2)|=|Z(s1)|*5000%
(b) |Z(s2)|=|Z(s1)|*3000%
(c) |Z(s2)|=|Z(s1)|*2000%
(d) |Z(s2)|=|Z(s1)|*1000%
(e) |Z(s2)|=|Z(s1)|*500%
(f) |Z(s2)|=|Z(s1)|*250%
挿入損失(dB)
周波数(GHz)

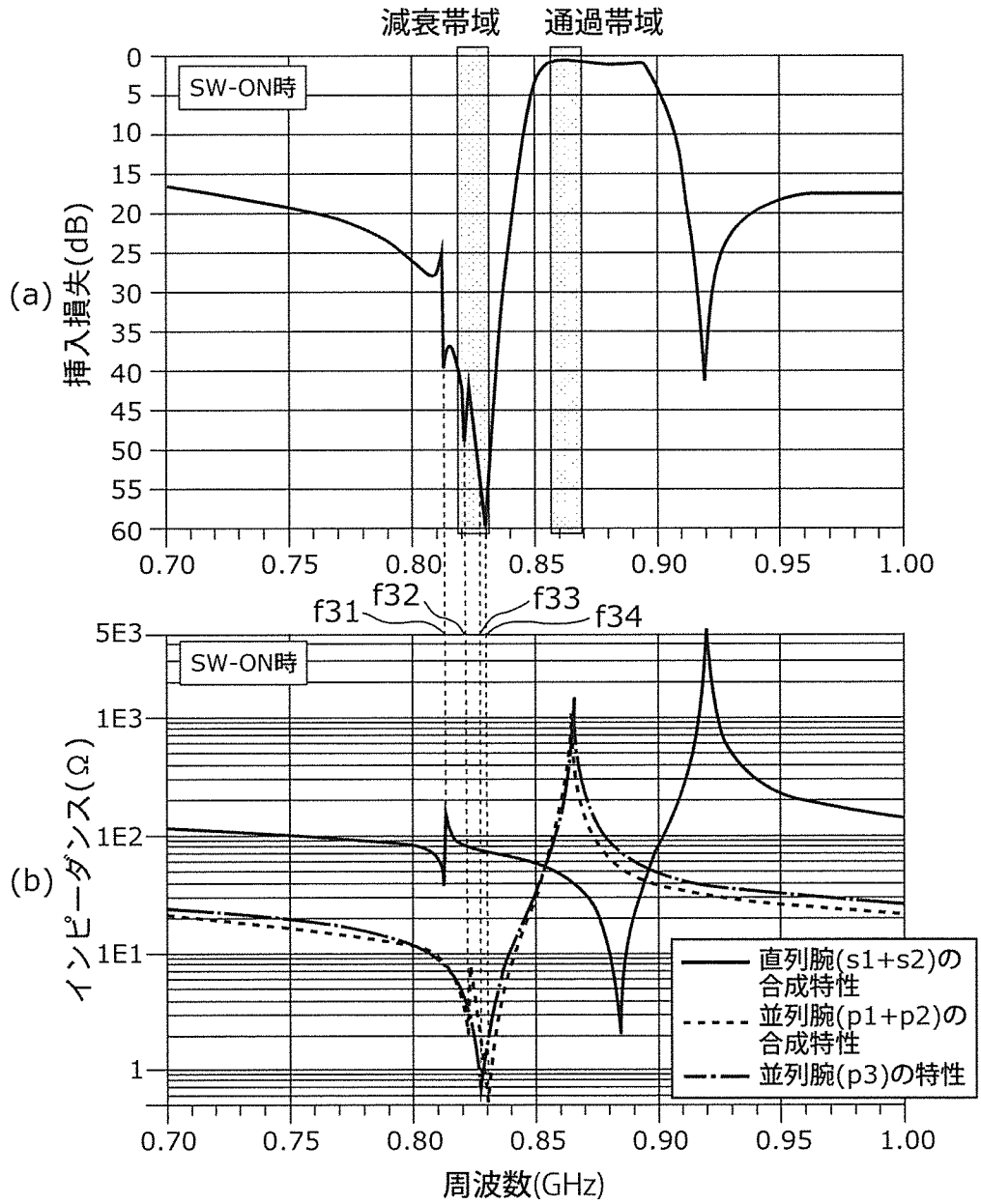
[図10]

図10



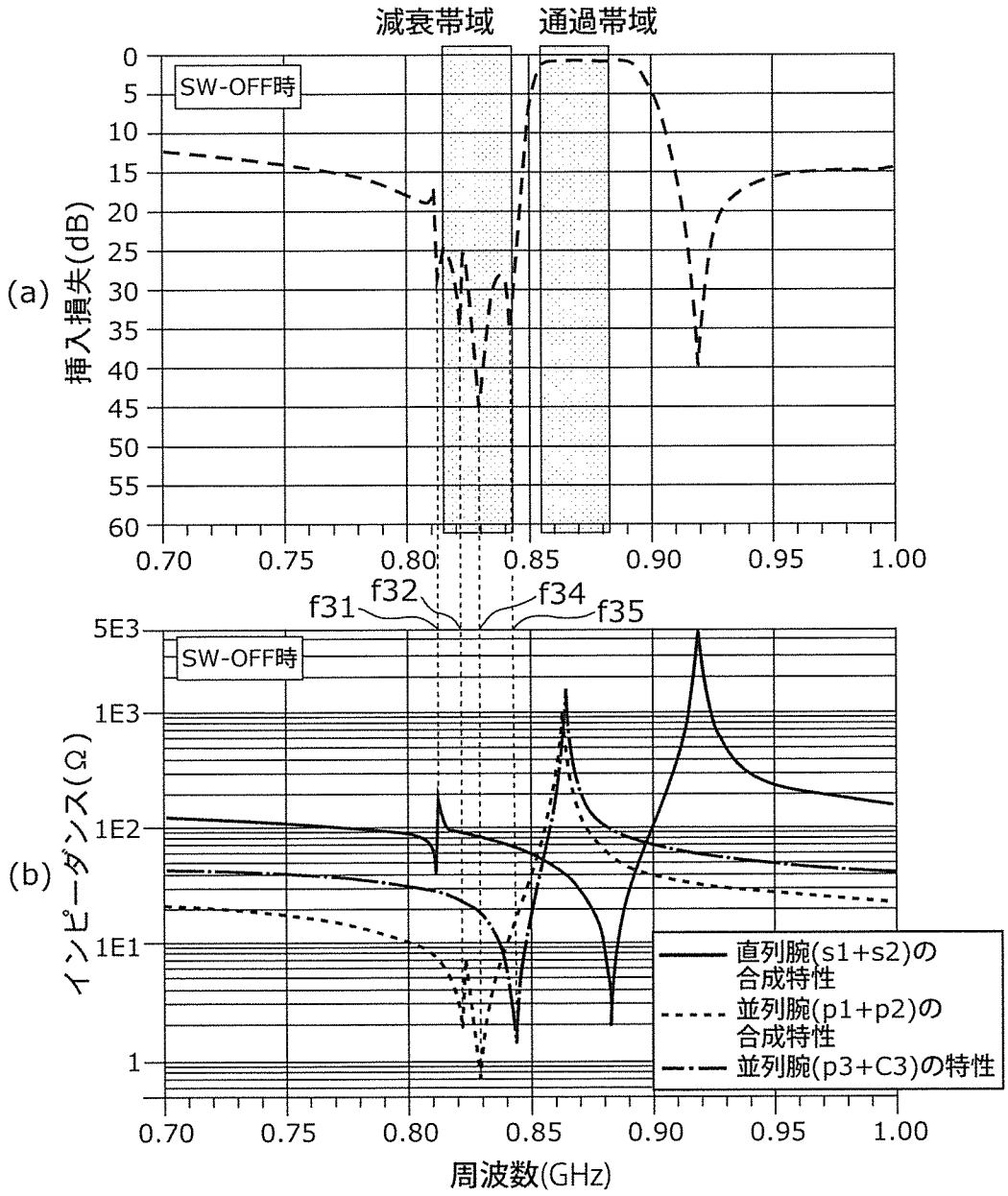
[図11A]

図11A


減衰帯域
通過帯域
SW-ON時
(a)
挿入損失(dB)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
0.70
0.75
0.80
0.85
0.90
0.95
1.00
f31
f32
f33
f34
SW-ON時
(b)
インピーダンス(Ω)
5E3
1E3
1E2
1E1
1
直列腕(s1+s2)の合成特性
並列腕(p1+p2)の合成特性
並列腕(p3)の特性
周波数(GHz)

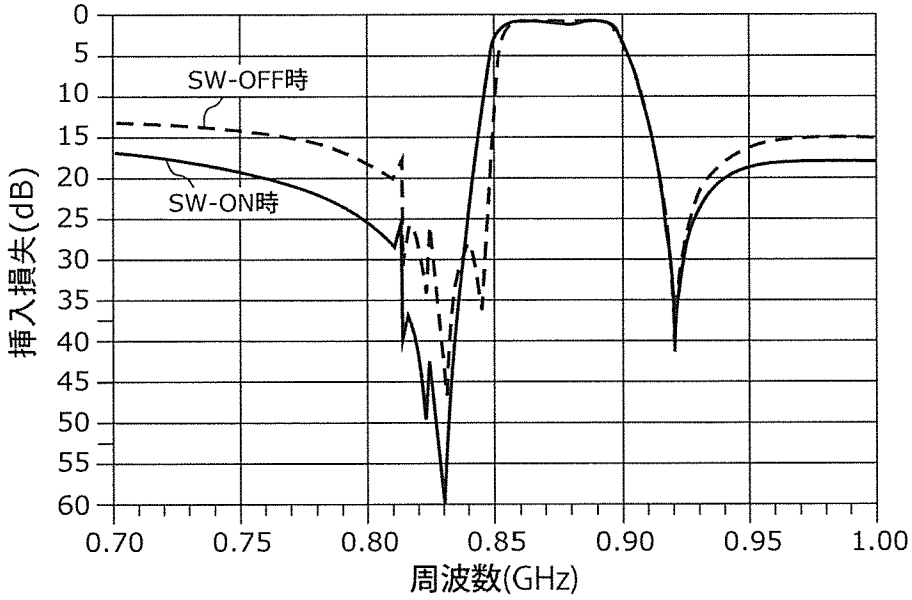
[図11B]

図11B


減衰帯域
通過帯域
SW-OFF時
挿入損失(dB)
(a)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
0.70
0.75
0.80
0.85
0.90
0.95
1.00
f31
f32
f34
f35
SW-OFF時
インピーダンス(Ω)
(b)
5E3
1E3
1E2
1E1
1
直列腕(s1+s2)の合成特性
並列腕(p1+p2)の合成特性
並列腕(p3+C3)の特性
周波数(GHz)

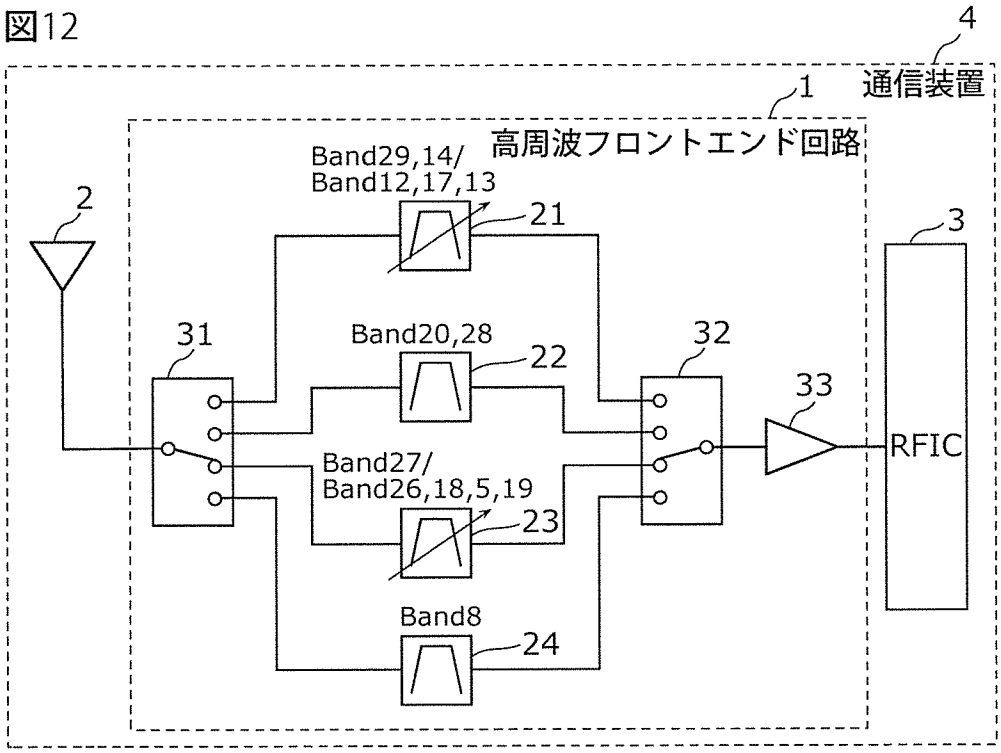
[図11C]

図11C



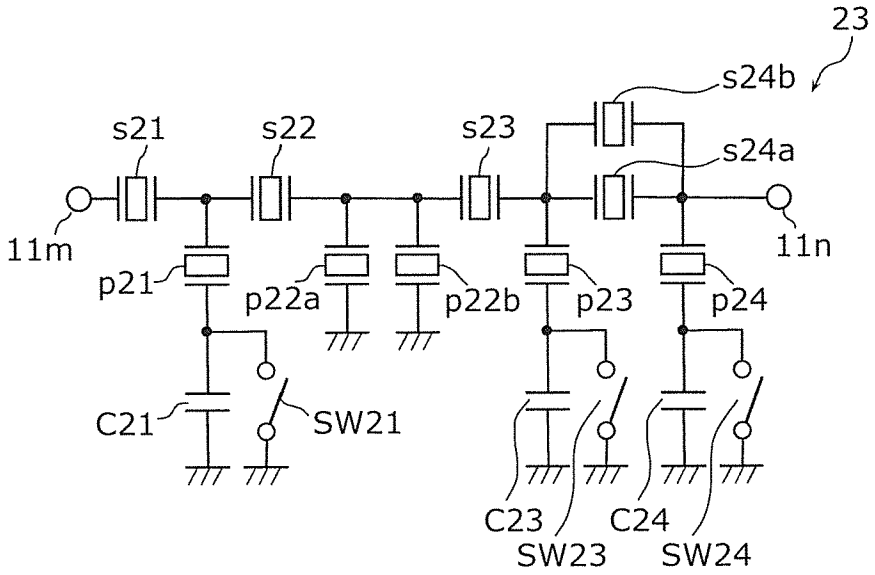
[図12]

図12



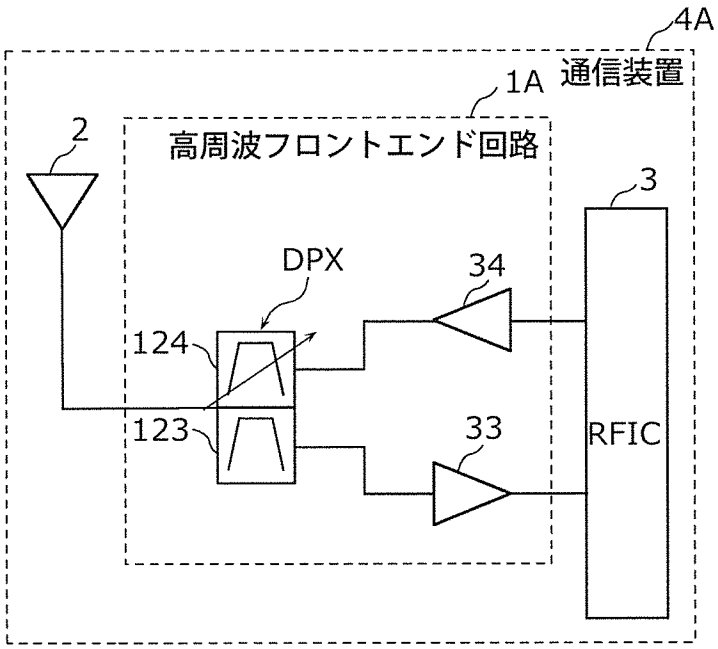
[図13]

図13



[図14]

図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/023707

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H03H9/64(2006.01)i, *H03H9/145*(2006.01)i, *H03H9/72*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H03H9/64, H03H9/145, H03H9/72

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2009/025055 A1 (Fujitsu Ltd.), 26 February 2009 (26.02.2009), paragraphs [0042] to [0063], [0080], [0082]; fig. 1, 4 to 5, 9 & US 2010/0110940 A1 paragraphs [0043] to [0062], [0079] to [0081]; fig. 5, 8 to 9, 13 & CN 101785184 A	1,3-4,10-11 2,5-9,12-13
Y	JP 11-312951 A (Kyocera Corp.), 09 November 1999 (09.11.1999), paragraphs [0025] to [0026]; fig. 1, 6 (Family: none)	2,5-9,12-13

☒ 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	Date of mailing of the international search report
05 September 2017 (05.09.17)	19 September 2017 (19.09.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/023707

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 2016-54374 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 14 April 2016 (14.04.2016), paragraphs [0089] to [0111]; fig. 13 to 16 (Family: none)	6-9,12-13
Y	JP 2000-323961 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 24 November 2000 (24.11.2000), paragraphs [0022] to [0024], [0043] to [0045]; fig. 8 to 10, 21 & US 6472953 B1 column 5, lines 1 to 33; column 8, lines 11 to 24; fig. 8 to 10, 21 & EP 1035648 A2	7-9,12-13
Y	WO 2013/027580 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 28 February 2013 (28.02.2013), paragraphs [0003], [0062], [0067]; fig. 1 to 2 & US 2014/0169422 A1 paragraphs [0005], [0070], [0075]; fig. 1 to 2 & CN 103748795 A	12-13
A	JP 2000-77972 A (Kyocera Corp.), 14 March 2000 (14.03.2000), paragraphs [0025] to [0026]; fig. 1, 5 (Family: none)	1-13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２３７０７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H03H9/64(2006.01)i, H03H9/145(2006.01)i, H03H9/72(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H03H9/64, H03H9/145, H03H9/72

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	WO 2009/025055 A1（富士通株式会社） 2009.02.26, [0042]-[0063]、[0080]、[0082]、図１、４－５、９ & US 2010/0110940 A1, [0043]-[0062]、[0079]-[0081]、図5、8-9、13 & CN 101785184 A	1,3-4,10-11 2,5-9,12-13
Y	JP 11-312951 A（京セラ株式会社） 1999.11.09, [0025]-[0026]、図１、６ （ファミリーなし）	2,5-9,12-13

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

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

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０５．０９．２０１７	１９．０９．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｗ　４４４８
麻川　倫広
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
Y	JP 2016-54374 A (株式会社村田製作所) 2016.04.14, [0089]-[0111]、図 13-16 (ファミリーなし)	6-9, 12-13
Y	JP 2000-323961 A (松下電器産業株式会社) 2000.11.24, [0022]-[0024]、[0043]-[0045]、図８-10、21 & US 6472953 B1, 第 5 欄第 1-33 行、第 8 欄第 11-24 行、図 8-10、21 & EP 1035648 A2	7-9, 12-13
Y	WO 2013/027580 A1 (株式会社村田製作所) 2013.02.28, [0003]、[0062]、[0067]、図１－２ & US 2014/0169422 A1, [0005]、[0070]、[0075]、図１－２ & CN 103748795 A	12-13
A	JP 2000-77972 A (京セラ株式会社) 2000.03.14, [0025]-[0026]、図１、５ (ファミリーなし)	1-13