

(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3月8日(08.03.2018)



(10) 国際公開番号

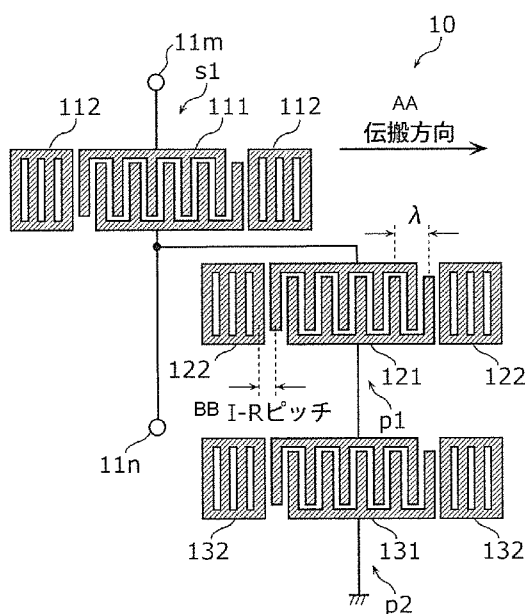
WO 2018/043610 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/64 (2006.01) *H03H 9/145* (2006.01)
H03H 7/01 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/031271
- (22) 国際出願日: 2017年8月30日(30.08.2017)
- (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 2016-172272 2016年9月2日(02.09.2016) 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: 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・イートピア新大阪ビル 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,

(54) Title: ACOUSTIC WAVE FILTER DEVICE, HIGH-FREQUENCY FRONT-END CIRCUIT, AND COMMUNICATION APPARATUS

(54) 発明の名称: 弾性波フィルタ装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置

図1B



AA Direction of propagation
BB I-R pitch

(57) Abstract: A filter (10) has a serial arm resonator (s1) connected to a path connecting an input-output terminal (11m) and an input-output terminal (11n), and has a parallel arm resonator (p1) and a parallel arm resonator (p2) that are connected between the same node (x1) on said path and ground, wherein: the parallel arm resonator (p1) has a resonant frequency lower than that of the parallel arm resonator (p2); the parallel arm resonator (p1) has an anti-resonance frequency lower than that of the parallel arm resonator (p2); the parallel arm resonator (p1) is formed of an acoustic wave resonator and

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

has an IDT electrode (121) for exciting acoustic waves and a reflector (122) for reflecting the acoustic waves excited by the IDT electrode (121); and, when the wavelength of an acoustic wave determined by an electrode cycle of the IDT electrode (121) is defined as λ , the pitch between the IDT electrode (121) and the reflector (122) is not less than 0.42λ but less than 0.50λ .

(57) 要約：フィルタ（10）は、入出力端子（11m）と入出力端子（11n）とを結ぶ経路上に接続された直列腕共振子（s1）と、当該経路上の同一ノード（x1）とグラウンドとの間に接続された並列腕共振子（p1）及び並列腕共振子（p2）と、を有し、並列腕共振子（p1）における共振周波数は、並列腕共振子（p2）における共振周波数よりも低く、並列腕共振子（p1）における反共振周波数は、並列腕共振子（p2）における反共振周波数よりも低く、並列腕共振子（p1）は、弾性波共振子からなり、弾性波を励振するIDT電極（121）と、IDT電極（121）で励振された弾性波を反射する反射器（122）と、を有し、IDT電極（121）の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたとき、IDT電極（121）と反射器（122）とのピッチが 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満である。

明 細 書

発明の名称：

弾性波フィルタ装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置

技術分野

[0001] 本発明は、共振子を有する弾性波フィルタ装置、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、ラダー型フィルタ等の弾性波フィルタ装置として、直列腕（直列腕共振回路）とグラウンドとを結ぶ1つの並列腕（並列腕共振回路）について、複数の並列腕共振子を設ける構成が知られている（例えば、特許文献1参照）。この構成では、共振周波数が互いに異なる複数の並列腕共振子が直列接続された状態で1つの並列腕に設けられていることにより、フィルタのスカート特性（減衰スロープ）の改善が図られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-207116号公報

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、弾性波を用いる共振子によって上記従来の弾性波フィルタ装置を構成した場合、同一の並列腕に設けられた複数の並列腕共振子のうち共振周波数及び反共振周波数が低い並列腕共振子のリップルによって通過帯域内のロスが増大する場合がある。

[0005] 具体的には、弾性波を用いる共振子は、周期的に並べられた複数の導体ストリップ（電極指）からなる周期構造を有するIDT（InterDigital Transducer）電極及び反射器（リフレクタ）によって構成される。このため、このような共振子は、特定の周波数領域の弾性波を高い反射係数で反射する周波数帯域を有する。この周波数帯域は、一般的にス

トップバンドと称され、上記周期構造の繰り返し周期等によって規定される。このとき、ストップバンドの高域端では、反射係数が局所的に変動するリップルが生じやすくなっている。

[0006] 上記従来の弾性波フィルタ装置では、周波数の低い並列腕共振子のストップバンド高域端が通過帯域内もしくは通過帯域の高域端の近傍に位置する場合がある。よって、この場合、当該並列腕共振子のストップバンド高域端にリップルが生じていると、通過帯域内のロスが増大してしまう。

[0007] そこで、本発明は、通過帯域内のロスを抑制することができる弾性波フィルタ装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置を提供することを目的とする。

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弾性波フィルタ装置は、第1入出力端子と第2入出力端子との間に接続された1以上の弾性波共振子からなる直列腕共振回路と、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の同一ノードとグランドとの間に接続された、第1並列腕共振子及び第2並列腕共振子と、を有し、前記第1並列腕共振子における共振周波数は、前記第2並列腕共振子における共振周波数よりも低く、前記第1並列腕共振子における反共振周波数は、前記第2並列腕共振子における反共振周波数よりも低く、前記第1並列腕共振子は、弾性波を励振するIDT電極と、前記IDT電極で励振された弾性波を反射する反射器と、を有し、前記IDT電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたとき、前記IDT電極と前記反射器とのピッチが 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満である。

[0009] すなわち、本願発明者は、鋭意検討の結果、第1並列腕共振子のI-Rピッチを 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満とすることにより、通過帯域内のロスを抑制できることを見出した。具体的には、I-Rピッチを大きくし過ぎると、第1並列腕共振子のストップバンド高域端のリップルが大きくなることにより、通過帯域内のロスが増大する。一方、I-Rピッチを小さくし過ぎると、第1並列腕共振子の共振周波数高域側（具体的には共振周波数と

反共振周波数との間)のリップルが大きくなることにより、通過帯域内のロスが増大もしくは通過帯域低域側の減衰特性が悪化する。よって、第1並列腕共振子のI-Rピッチを適正範囲に収めることで、通過帯域内のロスを抑制することができる。

[0010] また、前記第1並列腕共振子は、前記IDT電極と前記反射器とのピッチが 0.44λ 以上かつ 0.46λ 以下であることにしてもよい。

[0011] すなわち、本願発明者は、鋭意検討の結果、第1並列腕共振子のI-Rピッチを 0.44λ 以上かつ 0.46λ 以下とすることにより、通過帯域内のロスの増大及び通過帯域低域側の減衰特性の悪化をより確実に抑制できることを見出した。具体的には、I-Rピッチを大きくして 0.50λ に近づけると、第1並列腕共振子の共振周波数高域側のリップルを抑制できるものの、第1並列腕共振子のストップバンド高域端のリップルの抑制が困難になる。一方、I-Rピッチを小さくして 0.42λ に近づけると、第1並列腕共振子のストップバンド高域端のリップルを抑制できるものの、第1並列腕共振子の共振周波数高域側のリップルの抑止が困難になる。よって、第1並列腕共振子のI-Rピッチを 0.44λ 以上かつ 0.46λ 以下とすることにより、第1並列腕共振子のストップバンド高域端のリップル及び共振周波数高域側のリップルの双方を抑制できるので、通過帯域内のロスをより確実に抑制することができる。

[0012] また、さらに、一对のインピーダンス素子及びスイッチ素子が並列接続されたインピーダンス回路を有し、前記第1並列腕共振子及び前記第2並列腕共振子のうち少なくとも一方は、前記インピーダンス回路と直列接続されていることにしてもよい。

[0013] これにより、スイッチ素子の導通及び非導通に応じて第1特性と第2特性とを切り替えるチューナブルフィルタを提供できる。

[0014] また、前記第2並列腕共振子は、前記インピーダンス回路と直列接続され、前記第1並列腕共振子は、前記第2並列腕共振子と前記インピーダンス回路とが直列接続された回路に対して並列接続されていることにしてもよい。

- [0015] これにより、スイッチ素子の導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域高域側の減衰極の周波数を切り替えつつ、通過帯域高域端における挿入損失の増大を抑制しながら第1特性と第2特性を切り替えるチューナブルフィルタを提供できる。
- [0016] また、前記第1並列腕共振子は、前記インピーダンス回路と直列接続され、前記第2並列腕共振子は、前記第1並列腕共振子と前記インピーダンス回路とが直列接続された回路に対して並列接続されていることにしてもよい。
- [0017] これにより、スイッチ素子の導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域低域側の減衰極の周波数を切り替えつつ、通過帯域低域端における挿入損失の増大を抑制しながら第1特性と第2特性を切り替えるチューナブルフィルタを提供できる。
- [0018] また、前記第1並列腕共振子と前記第2並列腕共振子とは並列接続されており、前記インピーダンス回路は、前記第1並列腕共振子と前記第2並列腕共振子とが並列接続された回路に対し直列接続されていることにしてもよい。
- [0019] これにより、スイッチ素子の導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域両側の極（減衰極）の周波数を共に切り替えることができるチューナブルフィルタを提供できる。
- [0020] また、さらに、一对のインピーダンス素子及びスイッチ素子が並列されたインピーダンス回路を2つ有し、前記第1並列腕共振子は、2つの前記インピーダンス回路のうち一方のインピーダンス回路と直列接続され、前記第2並列腕共振子は、2つの前記インピーダンス回路のうち他方のインピーダンス回路と直列接続され、前記第1並列腕共振子と前記一方のインピーダンス回路とが直列接続された回路と、前記第2並列腕共振子と前記他方のインピーダンス回路とが直列接続された回路とは、並列接続されていることにしてもよい。
- [0021] これにより、スイッチ素子の導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域高域側及び通過帯域低域側の減衰極の周波数を切り替えることができると

ともに、通過帯域高域端及び通過帯域低域端における挿入損失の増大を抑制できるチューナブルフィルタを提供できる。このため、このようなチューナブルフィルタは、例えば、帯域幅を維持しつつ、中心周波数を切り替えることができる。

[0022] また、さらに、前記第 1 並列腕共振子及び前記第 2 並列腕共振子の一方の並列腕共振子に並列接続されたスイッチ素子を有し、前記第 1 並列腕共振子及び前記第 2 並列腕共振子の他方の並列腕共振子は、前記一方の並列腕共振子と前記スイッチ素子とが並列接続された回路に対して直列接続されていることにしてもよい。

[0023] これにより、スイッチ素子の導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域低域側の減衰極の周波数を切り替えることができるとともに、通過帯域高域側の減衰極の数を切り替えることができるチューナブルフィルタを提供できる。

[0024] また、本発明の一態様に係る高周波フロントエンド回路は、上記いずれかの弾性波フィルタ装置と、前記弾性波フィルタ装置に接続された増幅回路と、を備える。

[0025] これにより、通過帯域内のロスを抑制することができる高周波フロントエンド回路を提供できる。

[0026] 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の高周波フロントエンド回路と、を備える。

[0027] これにより、通過帯域内のロスを抑制することができる通信装置を提供できる。

発明の効果

[0028] 本発明に係る弾性波フィルタ装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置によれば、通過帯域内のロスを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1A]図 1 A は、実施の形態 1 に係るフィルタの回路構成図である。

[図1B]図 1 B は、実施の形態 1 に係るフィルタの電極構造を模式的に表す平面図である。

[図2]図 2 は、実施の形態 1 における並列腕共振子の構造を模式的に表す図の一例である。

[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、典型例の共振子において、 L - R ピッチを変化させた場合の特性の変化を表すグラフである。

[図5A]図 5 A は、並列腕共振子のインピーダンスの絶対値を表すグラフである。

[図5B]図 5 B は、並列腕共振子のインピーダンスをスミスチャート表記したグラフである。

[図5C]図 5 C は、並列腕共振子の反射損失を表すグラフである。

[図6]図 6 は、実施例及び比較例について、フィルタ特性を表すグラフである。

[図7A]図 7 A は、実施の形態 2 の適用例 1 におけるフィルタの回路構成図である。

[図7B]図 7 B は、実施の形態 2 の適用例 1 におけるフィルタのフィルタ特性を表すグラフである。

[図8A]図 8 A は、実施の形態 2 の適用例 2 におけるフィルタの回路構成図である。

[図8B]図 8 B は、実施の形態 2 の適用例 2 におけるフィルタのフィルタ特性を表すグラフである。

[図9A]図 9 A は、実施の形態 2 の適用例 3 におけるフィルタの回路構成図である。

[図9B]図 9 B は、実施の形態 2 の適用例 3 におけるフィルタの電極構造を模式的に表す平面図である。

[図9C]図 9 C は、実施の形態 2 の適用例 3 におけるフィルタの特性を表すグ

ラフである。

[図10]図10は、実施の形態2の適用例4におけるフィルタの回路構成図である。

[図11]図11は、実施の形態2の適用例5におけるフィルタの回路構成図である。

[図12]図12は、実施の形態2の適用例6におけるフィルタの回路構成図である。

[図13]図13は、実施の形態3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。

発明を実施するための形態

[0030] 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。

[0031] また、以下において、「通過帯域低域端」は、「通過帯域内の最も低い周波数」を意味する。また、「通過帯域高域端」は、「通過帯域内の最も高い周波数」を意味する。また、以下において、「通過帯域低域側」は、「通過帯域外かつ通過帯域より低周波数側」を意味する。また「通過帯域高域側」は、「通過帯域外かつ通過帯域より高周波数側」を意味する。

[0032] (実施の形態1)

[1. フィルタの回路構成]

図1Aは、実施の形態1に係るフィルタ10の回路構成図である。

[0033] フィルタ10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10は、例えばLTE (Long Term Evolution) 等の通信規格に準拠したマルチバンド対応の携帯電話に内蔵され、所定の帯域 (Band) の高周波信号をフィルタリングするバンドパスフィルタである。このフィルタ10は、弾性波共振子を用いて高周波信号をフィルタリングする弾性波フィルタ装置である。

[0034] 同図に示すように、フィルタ10は、直列腕共振子s1と、並列腕共振子p1及びp2と、を備える。

[0035] 直列腕共振子s1は、入出力端子11m (第1入出力端子) と入出力端子11n (第2入出力端子) 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とを結ぶ経路上に設けられた直列腕共振回路である。なお、当該経路には、直列腕共振子s1に限らず、1以上の弾性波共振子からなる直列腕共振回路が設けられていればよい。本実施の形態では、当該直列腕共振回路は、1つの弾性波共振子によって構成されているが、複数の弾性波共振子によって構成されていてもかまわない。複数の弾性波共振子によって構成される直列腕共振回路には、例えば、複数の弾性波共振子からなる縦結合共振子、あるいは、1つの弾性波共振子が直列分割等された複数の分割共振子が含まれる。例えば、直列腕共振回路として縦結合共振子を用いることにより、減衰強化等の要求されるフィルタ特性に適應することが可能となる。

[0036] 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 (図1Aではノードx1) とグランド (基準端子) とに接続されている第1並列腕共振子である。つまり、並列腕共振子p1は、上記経路上のノードx1とグランドとを結ぶ並列腕共振回路に設けられた共振子である。

[0037] 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 (図1Aではノードx1) とグランド (基準端子) とに接続されている第2並列腕共振子である。つまり、並列腕共振子p2は、上記経路上

のノード x 1 とグラウンドとを結ぶ並列腕共振回路に設けられた共振子である。

[0038] 並列腕共振子 p 1 における共振周波数は、並列腕共振子 p 2 における共振周波数よりも低く、並列腕共振子 p 1 における反共振周波数は、並列腕共振子 p 2 における反共振周波数よりも低い。ここで、共振子における共振周波数とは、当該共振子の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」の周波数である。また、共振子における反共振周波数とは、当該共振子の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」の周波数である。

[0039] 本実施の形態では、並列腕共振子 p 1 及び p 2 は直列接続されて、ノード x 1 とグラウンドとの間に接続されている。本実施の形態では、並列腕共振子 p 1 は、一方の端子がノード x 1 に接続され、他方の端子が並列腕共振子 p 2 の一方の端子に接続されている。並列腕共振子 p 2 は、一方の端子が並列腕共振子 p 1 の上記他方の端子に接続され、他方の端子がグラウンドに接続されている。なお、並列腕共振子 p 1 及び p 2 の接続順序はこれに限らず、上記接続順序と逆であってもかまわない。また、本実施の形態では、並列腕共振子 p 1 及び p 2 は、1 つの弾性波共振子によって構成されている。しかし、並列腕共振子 p 1 及び p 2 の少なくとも 1 つは、1 つの弾性波共振子が直列分割または並列分割された複数の分割共振子によって構成されていてもかまわない。

[0040] また、これら並列腕共振子 p 1 及び p 2 は、入出力端子 1 1 m と入出力端子 1 1 n とを結ぶ経路上のノード x 1 とグラウンドとの間に接続された並列腕共振回路を構成する。すなわち、当該並列腕共振回路は、上記経路とグラウンドとを結ぶ 1 つの経路に設けられている。よって、フィルタ 1 0 は、直列腕共振子 s 1 と並列腕共振回路（本実施の形態では並列腕共振子 p 1 及び p 2）とで構成された 1 段のラダー型のフィルタ構造を有している。

[0041] つまり、並列腕共振子 p 1 及び p 2 によって構成される並列腕共振回路は、直列腕共振子 s 1 とともにフィルタ 1 0 の通過帯域を形成する。

[0042] [2. 構造]

[2-1. 電極構造]

次に、フィルタ10の構造について、説明する。

[0043] 図1Bは、実施の形態1に係るフィルタ10の電極構造を模式的に表す平面図である。

[0044] 同図に示すように、フィルタ10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）は、弾性波を用いた弾性波共振子である。これにより、フィルタ10を、圧電性を有する基板上に形成されたIDT電極により構成できるので、急峻性の向上された通過特性を有する小型かつ低背のフィルタ回路を実現できる。なお、圧電性を有する基板は、少なくとも表面に圧電性を有する基板である。当該基板は、例えば、表面に圧電薄膜を備え、当該圧電薄膜と音速の異なる膜、及び、支持基板などの積層体で構成されていてもよい。また、当該基板は、例えば、高音速支持基板と、高音速支持基板上に形成された圧電薄膜とを含む積層体、高音速支持基板と、高音速支持基板上に形成された低音速膜と、低音速膜上に形成された圧電薄膜とを含む積層体、または、支持基板と、支持基板上に形成された高音速膜と、高音速膜上に形成された低音速膜と、低音速膜上に形成された圧電薄膜とを含む積層体であってもよい。なお、当該基板は、基板全体に圧電性を有していてもよい。

[0045] 直列腕共振子s1及び並列腕共振子p1は、弾性波を励振するIDT電極と、当該IDT電極を弾性波の伝搬方向の両側から挟み込むように配置された1組の反射器と、を有する。具体的には、直列腕共振子s1は、IDT電極111及び1組の反射器112によって構成されている。並列腕共振子p1は、IDT電極121及び1組の反射器122によって構成されている。並列腕共振子p2は、IDT電極131及び1組の反射器132によって構成されている。

[0046] 並列腕共振子p1（第1並列腕共振子）は、並列腕共振子p2（第2並列腕共振子）のIDT電極131よりも波長が長い弾性波を励振するIDT電

極 1 2 1 と、 I D T 電極 1 2 1 で励振された弾性波を反射する反射器 1 2 2 と、を有する。

[0047] また、並列腕共振子 p 1 では、 I D T 電極 1 2 1 の電極ピッチ（電極周期）で定まる弾性波の波長（すなわち電極ピッチの 2 倍）を λ としたとき、 I D T 電極 1 2 1 と反射器 1 2 2 とのピッチ（すなわち I D T - R e f. ピッチ、以降「 I - R ピッチ」と称する）は 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満であり、好ましくは 0.44λ 以上かつ 0.46λ 以下である。このことについては、後述する。

[0048] [2 - 2 . 共振子構造]

以下、フィルタ 1 0 を構成する各共振子の構造について、並列腕共振子 p 1 に着目してより詳細に説明する。なお、他の共振子については、 I - R ピッチが弾性波の波長 λ の 0.5 倍程度で構成されている点等を除き、並列腕共振子 p 1 と概ね同じ構造を有するため、詳細な説明を省略する。

[0049] 図 2 は、本実施の形態における並列腕共振子 p 1 の構造を模式的に表す図の一例であり、(a) は平面図、(b) は (a) の断面図である。なお、図 2 に示された並列腕共振子 p 1 は、フィルタ 1 0 を構成する各共振子の典型的な構造を説明するためのものである。このため、フィルタ 1 0 の各共振子の I D T 電極を構成する電極指の本数や長さなどは、同図に示す I D T 電極の電極指の本数や長さ限定されない。

[0050] 同図の (a) 及び (b) に示すように、並列腕共振子 p 1 は、 I D T 電極 1 2 1 及び反射器 1 2 2 を構成する電極膜 1 0 1 と、当該電極膜 1 0 1 が形成された圧電基板 1 0 2 と、当該電極膜 1 0 1 を覆う保護層 1 0 3 と、を備える。以下、これらの構成要素について、詳細に説明する。

[0051] 図 2 の (a) に示すように、圧電基板 1 0 2 の上には、 I D T 電極 1 2 1 を構成する互いに対向する一対の櫛歯電極 1 0 1 a 及び 1 0 1 b が形成されている。櫛歯電極 1 0 1 a は、互いに平行な複数の電極指 1 1 0 a と、複数の電極指 1 1 0 a を接続するバスバー電極 1 1 1 a とで構成されている。また、櫛歯電極 1 0 1 b は、互いに平行な複数の電極指 1 1 0 b と、複数の電

極指 1 1 0 b を接続するバスバー電極 1 1 1 b とで構成されている。複数の電極指 1 1 0 a 及び 1 1 0 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、当該伝搬方向に沿って周期的に形成されている。

[0052] このように構成された I D T 電極 1 2 1 は、当該 I D T 電極 1 2 1 を構成する複数の電極指 1 1 0 a 及び 1 1 0 b の電極ピッチ等によって規定される特定の周波数領域の弾性表面波を励振する。

[0053] なお、櫛歯電極 1 0 1 a 及び 1 0 1 b は、それぞれが単体で I D T 電極と称される場合もある。ただし、以下では、便宜上、一对の櫛歯電極 1 0 1 a 及び 1 0 1 b によって 1 つの I D T 電極 1 2 1 が構成されているものとして説明する。

[0054] 反射器 1 2 2 は、I D T 電極 1 2 1 に対して弾性波の伝搬方向に配置されている。具体的には、一組の反射器 1 2 2 は、I D T 電極 1 2 1 を弾性波の伝搬方向両側から挟みこむように配置されている。反射器 1 2 2 は、互いに平行な複数の電極指 2 1 0 と、複数の電極指 2 1 0 の一方の端部を接続するバスバー電極 2 1 1 及び複数の電極指 2 1 0 の他方の端部を接続するバスバー電極 2 1 1 からなる一組のバスバー電極 2 1 1 とで構成されている。複数の電極指 2 1 0 は、I D T 電極 1 2 1 を構成する複数の電極指 1 1 0 a 及び 1 1 0 b と同様に、弾性波の伝搬方向と直交する方向に沿って形成され、当該伝搬方向に沿って周期的に形成されている。

[0055] このように構成された反射器 1 2 2 は、当該反射器 1 2 2 を構成する複数の電極指 2 1 0 の電極ピッチ等によって規定される周波数帯域（ストップバンド）において、弾性表面波を高い反射係数で反射する。つまり、I D T 電極 1 2 1 の電極ピッチと反射器 1 2 2 の電極ピッチとが等しい場合、反射器 1 2 2 は、I D T 電極 1 2 1 によって励振された弾性表面波を高い反射係数で反射する。

[0056] このような反射器 1 2 2 を有することにより、並列腕共振子 p 1 は、励振した弾性表面波を内部に閉じ込めて外部に漏らしにくくすることができる。よって、並列腕共振子 p 1 は、I D T 電極 1 2 1 の電極ピッチ、対数及び交

又幅等で規定される共振周波数及び反共振周波数のQを向上させることができる。

[0057] なお、反射器122は電極指210を有していればよく、バスバー電極211を有していなくてもかまわない。また、電極指210の本数は1以上であればよく、特に限定されない。ただし、電極指210の本数が少なすぎると弾性波の漏れが多くなるため、フィルタ特性が劣化し得る。一方、電極指210の本数が多すぎると反射器122が大型化になるため、フィルタ10全体が大型化し得る。このため、電極指210の本数は、フィルタ10に要求されるフィルタ特性及びサイズ等を考慮して、適宜決定され得る。

[0058] これらIDT電極121及び反射器122は、図2の(b)に示す電極膜101によって構成されている。本実施の形態では、電極膜101は、図2の(b)に示すように、密着層101gと主電極層101hとの積層構造となっている。なお、本実施の形態では、IDT電極121と反射器122とが同じ電極膜101で構成されているが、これらは構造または組成等が互いに異なる電極膜で構成されていてもかまわない。

[0059] 密着層101gは、圧電基板102と主電極層101h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101gの膜厚は、例えば、12nmである。

[0060] 主電極層101h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101hの膜厚は、例えば162nmである。

[0061] 圧電基板102は、電極膜101（すなわち、IDT電極121及び反射器122）が形成された基板であり、例えば、LiTaO₃圧電単結晶、LiNbO₃圧電単結晶、KNbO₃圧電単結晶、水晶、または圧電セラミックスからなる。

[0062] 保護層103は、櫛歯電極101a及び101bを覆うように形成されている。保護層103は、主電極層101h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。

[0063] なお、フィルタ 10 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、電極膜 101 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。また、密着層 101g、主電極層 101h 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。また、電極膜 101 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、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。

[0064] 以上のように構成された並列腕共振子 p1 では、IDT 電極 121 の設計パラメータ等によって、励振される弾性波の波長が規定される。以下、IDT 電極 121 の設計パラメータ、すなわち櫛歯電極 101a 及び櫛歯電極 101b の設計パラメータについて説明する。

[0065] 上記弾性波の波長は、図 2 に示す櫛歯電極 101a 及び 101b を構成する複数の電極指 110a または 110b の繰り返し周期 λ で規定される。また、電極ピッチ（電極周期）とは、当該繰り返し周期 λ の $1/2$ であり、櫛歯電極 101a 及び 101b を構成する電極指 110a 及び 110b のライン幅を W とし、隣り合う電極指 110a と電極指 110b との間のスペース幅を S とした場合、 $(W+S)$ で定義される。また、IDT 電極 121 の交叉幅 L とは、図 2 の (a) に示すように、櫛歯電極 101a の電極指 110a と櫛歯電極 101b の電極指 110b とを弾性波の伝搬方向から見た場合の重複する電極指長さである。また、電極デューティ（デューティ比）は、複数の電極指 110a 及び 110b のライン幅占有率であり、複数の電極指 110a 及び 110b のライン幅とスペース幅との加算値に対する当該ライン幅の割合であり、 $W/(W+S)$ で定義される。また、対数とは、櫛歯電極 101a 及び 101b のうち、対をなす電極指 110a 及び電極指 110b の数であり、電極指 110a 及び電極指 110b の総数の概ね半数である。例えば、対数を N とし、電極指 110a 及び電極指 110b の総数を M とすると、 $M=2N+1$ を満たす。また、IDT 電極 121 の膜厚とは、複数

の電極指 1 1 0 a 及び 1 1 0 b の厚み h である。

[0066] 次いで、反射器 1 2 2 の設計パラメータについて説明する。

[0067] 反射器 1 2 2 の電極ピッチ（電極周期）とは、電極指 2 1 0 のライン幅を W_{REF} とし、隣り合う電極指 2 1 0 間のスペース幅を S_{REF} とした場合、 $(W_{REF} + S_{REF})$ で定義される。また、反射器 1 2 2 の電極デューティ（デューティ比）は、複数の電極指 2 1 0 のライン幅占有率であり、電極指 2 1 0 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、 $W_{REF} / (W_{REF} + S_{REF})$ で定義される。また、反射器 1 2 2 の膜厚とは、複数の電極指 2 1 0 の厚みである。

[0068] 本実施の形態では、反射器 1 2 2 の電極ピッチ及び電極デューティは、I D T 電極 1 2 1 の電極ピッチ及び電極デューティと同等である。また、反射器 1 2 2 は、弾性波の伝搬方向から見た場合に、一組のバスバー電極 2 1 1 が I D T 電極 1 2 1 のバスバー電極 1 1 1 a 及び 1 1 1 b に重なるように配置されている。

[0069] なお、反射器 1 2 2 は、弾性波の漏れを抑制する観点から上記構成が好ましいが、上記構成と異なる構成であってもかまわない。

[0070] 次に、I D T 電極 1 2 1 と反射器 1 2 2 との相対的な配置に関する設計パラメータについて説明する。

[0071] I D T 電極 1 2 1 と反射器 1 2 2 との間のピッチ（I-Rピッチ）は、(i) I D T 電極 1 2 1 を構成する複数の電極指 1 1 0 a または 1 1 0 b のうち最も反射器 1 2 2 側の電極指と (ii) 反射器 1 2 2 を構成する複数の電極指 2 1 0 のうち最も I D T 電極 1 2 1 側の電極指 2 1 0 との、中心間距離で定義される。この I-Rピッチは、櫛歯電極 1 0 1 a 及び 1 0 1 b を構成する複数の電極指 1 1 0 a または 1 1 0 b の繰り返し周期 λ （すなわち I D T 電極 1 2 1 の電極ピッチで定まる弾性波の波長 λ ）を用いて表すことができ、例えば、当該繰り返し周期 λ の 0.50 倍の場合には 0.50 λ と表される。

[0072] [3. フィルタ特性]

次に、本実施の形態に係るフィルタ 10 のフィルタ特性について、説明する。

[0073] 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。

[0074] 図 3 は、実施の形態 1 に係るフィルタ 10 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 p 1 及び p 2 ならびに直列腕共振子 s 1 それぞれのインピーダンス特性を表すグラフである。同図の (b) は、並列腕共振子 p 1 及び p 2 の合成インピーダンス特性（合成特性）ならびに直列腕共振子 s 1 のインピーダンス特性を表すグラフである。同図の (c) は、フィルタ 10 のフィルタ特性を表すグラフである。

[0075] 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。

[0076] 同図に示すように、並列腕共振子 p 1 及び並列腕共振子 p 2 ならびに直列腕共振子 s 1 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 p 1 及び並列腕共振子 p 2 ならびに直列腕共振子 s 1 についてこの順に、共振周波数を f_{rp1} 、 f_{rp2} 、 f_{rs1} とし、反共振周波数を f_{ap1} 、 f_{ap2} 、 f_{as1} とすると、本実施の形態では $f_{rp1} < f_{rs1} < f_{rp2}$ かつ $f_{ap1} < f_{as1} < f_{ap2}$ を満たす。

[0077] 次に、並列腕共振子 p 1 及び並列腕共振子 p 2 の合成特性（すなわち、並列腕共振回路のインピーダンス特性）について、説明する。

[0078] 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 p 1 及び p 2）の合成特性（図中の「p 1 + p 2 合成特性」）は、並列腕共振子 p 1 の共振周波数 f_{rp1} と反共振周波数 f_{ap1} との間の周波数 f_{r1} 、及び、並列腕共振子 p 2 の共振周波数 f_{rp2} と反共振周波数 f_{ap2} との間の

周波数 f_{r2} において、極小となる。また、当該合成特性は、並列腕共振子 $p1$ の反共振周波数 f_{ap1} 、及び、並列腕共振子 $p2$ の反共振周波数 f_{ap2} において、極大となる。

[0079] 本実施の形態では、並列腕共振回路の2つの反共振周波数のうち低域側の反共振周波数（すなわち f_{ap1} ）と直列腕共振子 $s1$ の共振周波数 f_{rs1} とで、通過帯域が形成される。

[0080] これにより、同図の（c）に示すように、通過帯域低域側には、上記の周波数 f_{r1} 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、上記の周波数 f_{r2} 及び直列腕共振子 $s1$ の反共振周波数 f_{as1} を減衰極とする減衰帯域が形成される。

[0081] [4. 通過帯域内ロス抑制のメカニズム]

一般的に、I-Rピッチは、弾性波の伝搬に規則性をもたせるためにIDT電極121の電極ピッチ（すなわち 0.50λ ）と同等に設計される。しかしながら、本願発明者は、1つの並列腕共振回路が複数の共振子を有する弾性波フィルタ装置において、このように設計された共振子を用いた場合、通過帯域内のロスが悪化（増大）し得るという問題に気付いた。

[0082] これに対し、本願発明者は、鋭意検討の結果、このような弾性波フィルタ装置において、1つの並列腕共振回路に設けられた複数の共振子のうち共振周波数及び反共振周波数が低い共振子についてI-Rピッチを 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満とすることにより、上述した通過帯域内のロスの悪化を抑制できるという知見を見出した。以下、このメカニズムについて、具体的な典型例に基づき説明する。

[0083] 図4は、典型例の共振子において、I-Rピッチを変化させた場合の反射特性の変化を表すグラフである。同図について、（a）はインピーダンスの絶対値を表すグラフであり、（b）は位相特性を表すグラフであり、（c-1）はインピーダンスをスミスチャート表記したグラフであり、（c-2）は反射損失（リターンロス）を表すグラフである。具体的には、同図には、図中の凡例に示すように、I-Rピッチを 0.02λ 刻みで 0.40λ から

0.50λまで変化させた場合の共振子の特性が示されている。

[0084] 同図から明らかなように、 $I-R$ ピッチが狭くなるほど、ストップバンド高域端（具体的には反共振周波数の高域側）のリップル（同図の（b）、（c-1）及び（c-2）の実線囲み内）が抑制されることが分かる。しかし、一方で、 $I-R$ ピッチが狭くなると共振周波数高域側（具体的には共振周波数と反共振周波数との間）に新たなリップル（同図の（b）、（c-1）及び（c-2）の破線囲み内）が発生し、このリップルは $I-R$ ピッチが狭くなるほど大きくなることが分かる。

[0085] ここで、例えば、1つの並列腕共振回路に1つの並列腕共振子のみが設けられている弾性波フィルタ装置では、当該並列腕共振子が通過帯域より低域側に共振周波数を有し通過帯域内に共振周波数を有する場合、直列腕共振子の共振周波数及び並列腕共振子の反共振周波数とで通過帯域が形成される。このため、このような構成では、直列腕共振子及び並列腕共振子それぞれの帯域幅（共振周波数及び反共振周波数の周波数差）で通過帯域幅及び通過帯域低域側・高域側の急峻性が決まり、並列腕共振子の反共振周波数及び直列腕共振子の共振周波数を通過帯域内に配置する。そのため、並列腕共振子のストップバンドの高域端は通過帯域外（具体的には通過帯域より高域側）に位置することになるので、ストップバンド高域端のリップルが多少大きくても、フィルタ特性（特に通過帯域内の特性）にはあまり影響を及ぼさない。

[0086] しかしながら、1つの並列腕共振回路に2つの並列腕共振子p1及びp2が設けられている本実施の形態に係るフィルタ10では、2つの並列腕共振子p1及びp2の合成特性となり、並列腕共振子p1及び並列腕共振子p2の単体の帯域幅に対して、合成特性のインピーダンスが極大となる周波数とインピーダンスが極小となる周波数との周波数間隔（共振周波数及び反共振周波数の周波数差）が狭くなる。したがって、共振周波数及び反共振周波数が低い側の並列腕共振子p1のストップバンド高域端が通過帯域内に位置し得る。例えば、典型例における共振子を並列腕共振子p1に適用した場合、ストップバンド高域端である2.605GHz付近は通過帯域（概ね2.5

0 GHz 以上 2.60 GHz 以下)の高域端の近傍に位置することになる(図3参照)。よって、この場合、並列腕共振子 p 1 のストップバンド高域端にリップルが生じていると、通過帯域内のロスが増大することになる。

[0087] これに対し、並列腕共振子 p 1 の l-R ピッチを 0.50 λ 未満とすることにより、ストップバンド高域端のリップルを抑制し、反共振周波数高域側からストップバンド高域端のリップルまでの周波数範囲の反射損失を低減することができるので、当該リップルによる通過帯域内のロスを抑制することができる。

[0088] また、並列腕共振子 p 1 について、共振周波数と反共振周波数との間の特性は、並列腕共振子 p 1 及び並列腕共振子 p 2 の合成特性における低域側の共振周波数と低域側の反共振周波数との間の特性に影響を及ぼす(図3参照)。すなわち、当該合成特性における低域側の共振周波数は通過帯域低域側の減衰極を形成し、当該合成特性における低域側の反共振周波数は通過帯域を形成する。よって、並列腕共振子 p 1 において、共振周波数と反共振周波数との間でリップルが生じていると、通過帯域内のロスが増大もしくは通過帯域低域側の減衰特性が悪化し得る。

[0089] これに対し、並列腕共振子 p 1 の l-R ピッチを 0.42 λ 以上とすることにより、並列腕共振子 p 1 の共振周波数の高域側に発生し得るリップルを抑制することができるので、当該リップルによる通過帯域内のロスの増大もしくは通過帯域低域側の減衰特性の悪化を抑制することができる。

[0090] また、並列腕共振子 p 1 の l-R ピッチを 0.44 λ 以上かつ 0.46 λ 以下とすることにより、(i) ストップバンド高域端のリップル、及び、(ii) 共振周波数の高域側に発生し得るリップルの双方を抑制することができる。よって、これら双方のリップルによる通過帯域内のロスを抑制することができる。

[0091] なお、並列腕共振子 p 1 の電極構造は、弾性波の伝搬方向において、対称でなくてもよく、非対称であってもかまわない。つまり、IDT 電極 121 と一方の反射器 122 との l-R ピッチと、この IDT 電極 121 と他方の

反射器 122 との I-R ピッチとは、一致してなくてもよく、異なっている場合でもかまわない。このような構成であっても、それぞれの I-R ピッチを上記範囲内に収めることにより、同様の効果が奏される。

[0092] また、フィルタ 10 では、フィルタ特性等によって、(i) ストップバンド高域端のリップル、及び、(ii) 共振周波数の高域側に発生し得るリップルのうち、一方のリップルのみが問題となる場合がある。このため、(i) ストップバンド高域端のリップルのみが問題となる場合には、並列腕共振子 p1 の I-R ピッチを 0.44λ 未満にしてもかまわない。一方、(ii) 共振周波数の高域側に発生し得るリップルのみが問題となる場合には、並列腕共振子 p1 の I-R ピッチを 0.46λ より大きくしてもかまわない。つまり、当該 I-R ピッチは、フィルタ 10 に要求されるフィルタ特性等を考慮して、 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満の範囲で適宜設計され得る。

[0093] [5. 実施例と比較例との比較]

以下、本実施の形態に係るフィルタ 10 によって奏される効果について、実施例及び比較例に基づいて、詳細に説明する。

[0094] 実施例の弾性波フィルタ装置は、上記実施の形態に係るフィルタ 10 の構成を有し、I-R ピッチが 0.44λ である。比較例の弾性波フィルタ装置は、I-R ピッチが 0.50λ である点を除き、実施例の弾性波フィルタ装置と同様である。

[0095] 図 5A～図 5C は、実施例及び比較例について、共振周波数及び反共振周波数が低い側（低 f 側）の並列腕共振子 p1 単体での反射特性を表すグラフである。具体的には、図 5A は、並列腕共振子 p1 のインピーダンスの絶対値を表すグラフであり、図 5B は、並列腕共振子 p1 のインピーダンスをスミスチャート表記したグラフであり、図 5C は、並列腕共振子 p1 の反射損失（リターンロス）を表すグラフである。図 6 は、実施例及び比較例について、フィルタ特性（通過特性）を表すグラフであり、(a) はフィルタ特性の概要を表すグラフであり、(b) は (a) の通過帯域付近を拡大して表すグラフである。

[0096] 図5A～図5Cから明らかなように、 $I-R$ ピッチを 0.44λ とした実施例では、 $I-R$ ピッチを 0.50λ とした比較例に比べて、ストップバンド高域端のリップル（図中の実線囲み内）が抑制されている。これにより、図6から明らかなように、実施例では、比較例に比べて、ストップバンド高域端のリップルが発生する周波数（ここでは通過帯域高域端）でロスが抑制されている。つまり、実施例では、比較例に比べて、ストップバンド高域端のリップルによる通過帯域内のロスが抑制されていることが分かる。

[0097] なお、図5A～図5C及び図6から明らかなように、実施例では、比較例に比べて、共振周波数高域側のリップル（具体的には共振周波数と反共振周波数との間のリップル）が若干大きくなる。しかしながら、当該リップルは、フィルタ特性には殆ど影響を及ぼさない。つまり、実施例では、共振周波数の高域側に発生し得るリップルによる通過帯域内のロスが抑制されていることが分かる。

[0098] [6. まとめ]

以上のように、本願発明者は、鋭意検討の結果、並列腕共振子p1（第1並列腕共振子）の $I-R$ ピッチ（IDT電極121と反射器122とのピッチ）を 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満とすることにより、通過帯域内のロスを抑制できることを見出した。具体的には、 $I-R$ ピッチを大きくし過ぎると、並列腕共振子p1のストップバンド高域端のリップルが大きくなることにより、通過帯域内のロスが増大する。一方、 $I-R$ ピッチを小さくし過ぎると、並列腕共振子p1の共振周波数高域側のリップルが大きくなることにより、通過帯域内のロスが増大もしくは通過帯域低域側の減衰特性が悪化する。よって、並列腕共振子p1の $I-R$ ピッチを適正範囲に収めることで、通過帯域内のロスを抑制することができる。

[0099] また、本実施の形態によれば、通過帯域内においてエネルギーが集中するストップバンド高域端のリップルを抑制できるため、耐電力性能及びIMD（InterModulation Distortion：相互変調歪）性能を向上することができる。

[0100] また、本願発明者は、鋭意検討の結果、並列腕共振子 p 1 の I-R ピッチを 0.44λ 以上かつ 0.46λ 以下とすることにより、通過帯域内のロスの増大および通過帯域低域側の減衰特性の悪化をより確実に抑制できることを見出した。具体的には、I-R ピッチを大きくして 0.50λ に近づけると、並列腕共振子 p 1 の共振周波数高域側のリップルを抑制できるものの、並列腕共振子 p 1 のストップバンド高域端のリップルの抑制が困難になる。一方、I-R ピッチを小さくして 0.42λ に近づけると、並列腕共振子 p 1 のストップバンド高域端のリップルを抑制できるものの、並列腕共振子 p 1 の共振周波数高域側のリップルの抑止が困難になる。よって、並列腕共振子 p 1 の I-R ピッチを 0.44λ 以上かつ 0.46λ 以下とすることにより、並列腕共振子 p 1 のストップバンド高域端のリップル及び共振周波数高域側のリップルの双方を抑制できるので、通過帯域内のロスをより確実に抑制することができる。

[0101] (実施の形態 2)

上記実施の形態 1 に係るフィルタ 10 (弾性波フィルタ装置) の構成は、通過帯域を可変できるチューナブルフィルタに適用することができる。そこで、実施の形態 2 に係るフィルタとして、このようなチューナブルフィルタについて適用例 1～6 を用いて説明する。具体的には、適用例 1 及び 2 は、上記実施の形態 1 に係るフィルタ 10 のチューナブルフィルタへの適用例である。また、適用例 3～6 は、上記実施の形態 1 における並列腕共振子 p 1 (第 1 並列腕共振子) 及び並列腕共振子 p 2 (第 2 並列腕共振子) を並列接続した構成のチューナブルフィルタへの適用例である。

[0102] チューナブルフィルタであっても、並列腕共振子 p 1 (第 1 並列腕共振子) の I-R ピッチ (IDT 電極 121 と反射器 122 とのピッチ) を 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満とすることにより、通過帯域内のロスを抑制することができる。また、チューナブルフィルタは、通過帯域を可変できるので、マルチバンド対応のフロントエンド回路等の小型化を図ることができる。

[0103] 以下で説明する適用例 1 ～ 6 のチューナブルフィルタはいずれも、並列腕共振子 p 1 または並列腕共振子 p 2 に直列接続あるいは並列接続されたスイッチ素子を有し、当該スイッチ素子の導通（オン）及び非導通（オフ）に応じて通過帯域が切り替えられる。ここで、スイッチ素子は、RF 信号処理回路（RFIC: Radio Frequency Integrated Circuit）等の制御部からの制御信号にしたがってオン及びオフする。

[0104] [適用例 1]

図 7 A は、実施の形態 2 の適用例 1 におけるフィルタ 20 A の回路構成図である。

[0105] 同図に示すフィルタ 20 A は、図 1 A に示したフィルタ 10 に比べて、さらに、並列腕共振子 p 1 及び p 2（第 1 及び第 2 並列腕共振子）の一方の並列腕共振子に並列接続されたスイッチ SW を有する。また、並列腕共振子 p 1 及び p 2 の他方の並列腕共振子は、当該一方の並列腕共振子とスイッチ SW とが並列接続された回路に対して直列接続されている。

[0106] 本適用例では、スイッチ SW は、並列腕共振子 p 2 に並列接続されている。なお、スイッチ SW は、並列腕共振子 p 1 に並列接続されていてもかまわない。

[0107] 図 7 B は、実施の形態 2 の適用例 1 におけるフィルタ 20 A のフィルタ特性（通過特性）を表すグラフである。具体的には、同図は、スイッチ SW 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。

[0108] 本適用例では、スイッチ SW がオフの場合のみ、並列腕共振子 p 1 に対して並列腕共振子 p 2 が付加される。このため、同図に示すように、スイッチ SW がオンからオフに切り替わることにより、フィルタ 20 A の通過特性は、通過帯域低域側の減衰極が高域側にシフトすると共に、通過帯域高域側に減衰極が追加されるため、通過帯域高域側の減衰を得ることも可能になる。言い換えると、フィルタ 20 A は、スイッチ SW のオン及びオフの切り替え

に応じて、通過帯域低域側の減衰極の周波数を切り替えることができるとともに、通過帯域高域側の減衰極の数を切り替えることができる。

[0109] [適用例 2]

図 8 A は、実施の形態 2 の適用例 2 におけるフィルタ 20 B の回路構成図である。

[0110] 同図に示すフィルタ 20 B は、適用例 1 におけるフィルタ 20 A に比べて、さらに、スイッチ SW と直列接続されたインダクタ L を備える点異なる。つまり、本適用例では、スイッチ SW とインダクタ L とで構成される直列回路が並列腕共振子 p 2 に並列接続されており、これら並列接続された回路が並列腕共振子 p 1 に対して直列接続されている。なお、本適用例では、スイッチ SW 及びインダクタ L のうちインダクタ L がグランド側に接続されているが、スイッチ SW がグランド側に接続されていてもかまわない。

[0111] インダクタ L は、並列腕共振子 p 1 に直列接続されたインピーダンス素子である。フィルタ 20 B の通過帯域の周波数可変幅はインダクタ L（本適用例ではインダクタ L 及び並列腕共振子 p 2）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がる。このため、インダクタ L の定数は、フィルタ 20 B 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。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。

[0112] 図 8 B は、実施の形態 2 の適用例 2 におけるフィルタ 20 B のフィルタ特性（通過特性）を表すグラフである。具体的には、同図は、スイッチ SW 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。

[0113] 本適用例では、スイッチ SW がオンの場合には、並列腕共振子 p 1 に対してインダクタが付加される。このため、スイッチ SW がオンの場合におけるフィルタ 20 B の通過特性は、上記の適用例 1 におけるスイッチ SW がオンの場合におけるフィルタ 20 A の通過特性に比べ、通過帯域低域側の減衰極

が低域側へシフトすることになる。また、スイッチSWがオフの場合には、並列腕共振子p1に対して並列腕共振子p2が付加される。このため、フィルタ20Bの通過特性は、同図に示すように、図7Bに比べ、スイッチSWがオンの場合における通過帯域低域側の減衰極がより低域側へシフトすることになる。

[0114] なお、インピーダンス素子はインダクタに限らず、例えばキャパシタであってもかまわない。インピーダンス素子としてキャパシタを用いた場合、上記の構成に比べて、スイッチSWのオン及びオフが切り替えられた場合の減衰極のシフト方向が異なる。また、このとき、フィルタ20Bの通過帯域の周波数可変幅はキャパシタの定数に依存し、例えばキャパシタの定数が小さ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20Aに要求される周波数仕様に依じて、適宜決定され得る。また、このとき、キャパシタCは、バリギャップ及びDTC (Digital 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。

[0115] [適用例3]

図9Aは、実施の形態2の適用例3におけるフィルタ20Cの回路構成図である。

[0116] 同図に示すように、本適用例では、並列腕共振子p1及びp2は、それぞれ、ノードx1とグラウンドとの間に接続されている。つまり、並列腕共振子p1と並列腕共振子p2とは、入出力端子11mと入出力端子11nとを結ぶ経路上の同一ノードに接続されている。

[0117] また、フィルタ20Cは、さらに、ノードx1とグラウンドとの間で並列腕共振子p1及びp2のうち並列腕共振子p1のみに直列接続された一対のキャパシタC1及びスイッチSW1と、ノードx1とグラウンドとの間で並列腕共振子p1及びp2のうち並列腕共振子p2のみに直列接続された一対のキャパシタC2及びスイッチSW2とを有する。

[0118] 言い換えると、フィルタ20Cは、一対のキャパシタ及びスイッチが並列

接続された回路であるインピーダンス回路を2つ有する。また、並列腕共振子 $p1$ （第1並列腕共振子）は、2つのインピーダンス回路のうち、キャパシタ $C1$ 及びスイッチ $SW1$ で構成される一方のインピーダンス回路と直列接続されている。一方、並列腕共振子 $p2$ （第2並列腕共振子）は、2つのインピーダンス回路のうち、キャパシタ $C2$ 及びスイッチ $SW2$ で構成される他方のインピーダンス回路と直列接続されている。また、並列腕共振子 $p1$ と一方のインピーダンス回路とが直列接続された回路と、並列腕共振子 $p2$ と他方のインピーダンス回路とが直列接続された回路とは、並列接続されている。

[0119] なお、キャパシタ $C1$ 及びスイッチ $SW1$ は、本適用例では並列腕共振子 $p1$ とグラウンドとの間に接続されているが、並列腕共振子 $p1$ とノード $x1$ との間に接続されていてもかまわない。このことについては、キャパシタ $C2$ 及びスイッチ $SW2$ と並列腕共振子 $p2$ との関係についても同様である。

[0120] 図9Bは、実施の形態2の適用例3におけるフィルタ20Cの電極構造を模式的に表す平面図である。なお、同図には、共振子とともにフィルタ20Cを構成する他の回路素子（キャパシタ $C1$ 、 $C2$ 及びスイッチ $SW1$ 、 $SW2$ ）についても、模式的に表されている。

[0121] 同図に示すように、並列腕共振子 $p1$ と並列腕共振子 $p2$ とは、弾性波の伝搬方向に沿って配置されている。なお、並列腕共振子 $p1$ 及び並列腕共振子 $p2$ の配置はこれに限らず、例えば、図1Bのように弾性波の伝搬方向の垂直方向に沿って配置されていてもかまわない。

[0122] 図9Cは、実施の形態2の適用例3におけるフィルタ20Cの特性を表すグラフである。具体的には、同図の(a)及び(b)は、共振子単体のインピーダンス特性、並列腕共振子 $p1$ とキャパシタ $C1$ との合成特性（図中の「 $p1 + C1$ 合成特性」）、及び、並列腕共振子 $p2$ とキャパシタ $C2$ との合成特性（図中の「 $p2 + C2$ 合成特性」）と、さらにはスイッチ $SW1$ 、 $SW2$ が共にオンの場合における並列腕共振回路の合成特性（図中の「 $p1 + p2$ 合成特性」）、及び、スイッチ $SW1$ 、 $SW2$ が共にオフの場合にお

ける並列腕共振回路の合成特性（図中の「 $p_1 + C_1 + p_2 + C_2$ 合成特性」）を表すグラフである。本適用例における並列腕共振回路とは、ノード x_1 とグランドとを接続する経路に設けられた回路であり、具体的には、並列腕共振子 p_1 、キャパシタ C_1 、スイッチ SW_1 、並列腕共振子 p_2 、キャパシタ C_2 及びスイッチ SW_2 で構成される。同図の（c）は、スイッチ SW_1 及び SW_2 が共にオンの場合または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。

[0123] 本適用例では、スイッチ SW_1 及び SW_2 が共にオフの場合には、並列腕共振子 p_1 にはキャパシタ C_1 が付加され、並列腕共振子 p_2 にはキャパシタ C_2 が付加される。このため、同図の（b）に示すように、スイッチ SW_1 及び SW_2 がオンからオフに共に切り替わると、並列腕共振回路の合成特性において、2つの共振周波数の双方、及び、2つの反共振周波数のうち低域側の反共振周波数が、共に高域側にシフトする。

[0124] したがって、同図の（c）に示すように、スイッチ SW_1 及び SW_2 が共にオンからオフに切り替わることにより、フィルタ20Cの通過特性は、通過帯域高域側及び通過帯域低域側の減衰スロープの急峻性を維持しつつ高域側にシフトする。言い換えると、フィルタ20Cは、スイッチ SW_1 及び SW_2 の導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域高域側及び通過帯域低域側の減衰極の周波数を切り替えることができるとともに、通過帯域高域端及び通過帯域低域端における挿入損失の増大を抑制できる。このため、例えば、フィルタ20Cは、帯域幅を維持しつつ、中心周波数を切り替えることができる。

[0125] なお、フィルタ20Cにおいて、スイッチ SW_1 及び SW_2 のオン及びオフは、共に切り替えられなくてもよく、個別に切り替えられてもかまわない。ただし、スイッチ SW_1 及び SW_2 のオン及びオフが共に切り替えられる場合、スイッチ SW_1 及び SW_2 を制御する制御線の本数を削減できるため、フィルタ20Cの構成の簡素化が図られる。

[0126] 一方、スイッチ SW_1 及び SW_2 のオン及びオフが個別に切り替えられる

場合、フィルタ 20C によって切り替え可能な通過帯域のバリエーションを増やすことができる。

[0127] 具体的には、並列腕共振子 p 2 に直列接続されたスイッチ SW 2 のオン及びオフに応じて、通過帯域の高域端を可変することができる。また、並列腕共振子 p 1 に直列接続されたスイッチ SW 1 のオン及びオフに応じて、通過帯域の低域端を可変することができる。

[0128] したがって、スイッチ SW 1 及び SW 2 を共にオンまたは共にオフすることにより、通過帯域の低域端及び高域端を共に低域側または高域側にシフトすることができる。すなわち、通過帯域の中心周波数を低域側または高域側にシフトすることができる。また、スイッチ SW 1 及び SW 2 の一方をオンからオフにするとともに他方をオフからオンにすることにより、通過帯域の低域端及び高域端の双方をこれらの周波数差が広がるまたは狭まるようにシフトすることができる。すなわち、通過帯域の中心周波数を略一定にしつつ、通過帯域幅を可変することができる。また、スイッチ SW 1 及び SW 2 の一方をオンまたはオフとした場合に他方をオン及びオフすることにより、通過帯域の低域端及び高域端の一方を固定した状態で他方を低域側または高域側にシフトすることができる。すなわち、通過帯域の低域端または高域端を可変することができる。

[0129] このように、キャパシタ C 1 及び C 2 及びスイッチ SW 1 及び SW 2 を有することにより、通過帯域を可変する自由度を高めることができる。

[0130] このような通過帯域の高域端をシフト可能なフィルタ 20C では、特に、通過帯域の高域端を高域側にシフトさせた場合に、並列腕共振子 p 1 のストップバンド高域端が通過帯域内に位置しやすい。つまり、この場合、並列腕共振子 p 1 のストップバンド高域端にリップルが発生すると通過帯域内のロスが増大し得る。このため、このようなフィルタ 20C において、並列腕共振子 p 1 の $L-R$ ピッチを 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満とすることは、通過帯域内のロスを抑制する観点から特に有用である。

[0131] なお、フィルタは、一对のインピーダンス素子（例えばキャパシタ）及び

スイッチが並列接続された回路であるインピーダンス回路を1つ有し、並列腕共振子 p_1 及び p_2 の少なくとも一方が当該インピーダンス回路と直列接続されていてもかまわない。そこで、このようなフィルタについて、適用例4～6を用いて説明する。

[0132] [適用例4]

図10は、実施の形態2の適用例4におけるフィルタ20Dの回路構成図である。

[0133] 同図に示すフィルタ20Dは、図9Aに示したフィルタ20Cに比べて、キャパシタC1及びスイッチSW1を有せずに、並列腕共振子 p_1 がノード $\times 1$ とグラウンドとを接続している点異なる。また、同図に示すキャパシタC及びスイッチSWは、図9Aに示したキャパシタC2及びスイッチSW2に相当する。言い換えると、フィルタ20Dは、一対のキャパシタC及びスイッチSWが並列接続された回路であるインピーダンス回路を有する。また、並列腕共振子 p_2 （第2並列腕共振子）が当該インピーダンス回路と直列接続されており、並列腕共振子 p_1 （第1並列腕共振子）は、並列腕共振子 p_2 と当該インピーダンス回路とが直列接続された回路に対して並列接続されている。

[0134] つまり、本適用例におけるフィルタ20Dのフィルタ特性は、上記の適用例3においてスイッチSW1をオンに固定し、スイッチSW2のオン及びオフが切り替えられた場合の特性に相当する。すなわち、フィルタ20Dは、スイッチSWの導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域高域側の減衰極の周波数を切り替えつつ、通過帯域高域端における挿入損失の増大を抑制しながら第1特性と第2特性を切り替えることができる。

[0135] [適用例5]

図11は、実施の形態2の適用例5におけるフィルタ20Eの回路構成図である。

[0136] 同図に示すフィルタ20Eは、図9Aに示したフィルタ20Cに比べて、キャパシタC2及びスイッチSW2を有せずに、並列腕共振子 p_2 がノード

× 1 とグラウンドとを接続している点異なる。また、同図に示すキャパシタ C 及びスイッチ SW は、図 9 A に示したキャパシタ C 1 及びスイッチ SW 1 に相当する。言い換えると、フィルタ 20 E は、一対のキャパシタ C 及びスイッチ SW が並列接続された回路であるインピーダンス回路を有する。また、並列腕共振子 p 1（第 1 並列腕共振子）が当該インピーダンス回路と直列接続されており、並列腕共振子 p 2（第 2 並列腕共振子）は、並列腕共振子 p 1 と当該インピーダンス回路とが直列接続された回路に対して並列接続されている。

[0137] つまり、本適用例におけるフィルタ 20 E のフィルタ特性は、上記の適用例 3 においてスイッチ SW 2 をオンに固定し、スイッチ SW 1 のオン及びオフが切り替えられた場合の特性に相当する。すなわち、フィルタ 20 E は、スイッチ SW の導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域低域側の減衰極の周波数を切り替えつつ、通過帯域の低域端における挿入損失の増大を抑制しながら第 1 特性と第 2 特性を切り替えることができる。

[0138] [適用例 6]

図 1 2 は、実施の形態 2 の適用例 6 におけるフィルタ 20 F の回路構成図である。

[0139] 同図に示すフィルタ 20 F は、図 1 0 に示したフィルタ 20 D 及び図 1 1 に示したフィルタ 20 E に比べて、互いに並列接続された一対のキャパシタ C 及びスイッチ SW が、並列腕共振子 p 1 と並列腕共振子 p 2 とが並列接続された回路に対し直列接続されている点異なる。言い換えると、フィルタ 20 F では、キャパシタ C 及びスイッチ SW で構成されるインピーダンス回路が、並列腕共振子 p 1 と並列腕共振子 p 2 とが並列接続された回路に対して直列接続されている。

[0140] 本適用例では、スイッチ SW がオフの場合には並列接続された並列腕共振子 p 1 及び p 2 に対してキャパシタ C が付加される。このため、スイッチ SW がオフの場合における通過特性は、スイッチ SW がオンの場合における通過特性に比べ、通過帯域両側の極（減衰極）が共に高域側にシフトする。す

なわち、フィルタ 20F は、スイッチ SW の導通及び非導通の切り替えに応じて、通過帯域両側の極（減衰極）の周波数を共に切り替えることができる。

[0141] （実施の形態 3）

以上の実施の形態 1 及び 2 で説明したフィルタ（弾性波フィルタ装置）は、高周波フロントエンド回路等に適用することができる。

[0142] 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。

[0143] 図 13 は、実施の形態 3 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、高周波フロントエンド回路 1 と、アンテナ素子 2 と、RF 信号処理回路（RFIC）3 とが示されている。高周波フロントエンド回路 1、アンテナ素子 2 及び RFIC 3 は、通信装置 4 を構成している。アンテナ素子 2、高周波フロントエンド回路 1、及び RFIC 3 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。

[0144] アンテナ素子 2 は、高周波信号を送受信する、例えば 3GPP（Third Generation Partnership Project）等の通信規格に準拠した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。また、アンテナ素子 2 は、通信装置 4 に内蔵されておらず、通信装置 4 とは別に設けられていてもかまわない。

[0145] RFIC 3 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、RFIC 3 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。また、RFIC 3 は、ベースバンド信号処理回路から入力された送信信号をアップコ

ンバートなどにより信号処理し、当該信号処理して生成された高周波送信信号を高周波フロントエンド回路 1 の送信側信号経路（図示せず）に出力する。

[0146] 高周波フロントエンド回路 1 は、アンテナ素子 2 と R F I C 3 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、R F I C 3 から出力された高周波送信信号を、送信側信号経路（図示せず）を介してアンテナ素子 2 に伝達する。また、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受信信号を、受信側信号経路を介して R F I C 3 に伝達する。本実施の形態では、実施の形態 1 及び 2 に係るフィルタが高周波フロントエンド回路 1 の受信側信号経路に設けられている構成について説明するが、当該フィルタは高周波フロントエンド回路 1 の送信側信号経路に設けられていてもかまわない。

[0147] 高周波フロントエンド回路 1 は、アンテナ素子 2 側から順に、複数のスイッチにより構成されるスイッチ群 1 1 0 A ~ 1 1 0 C と、複数のフィルタにより構成されるフィルタ群 1 2 0 と、スイッチ群 1 5 0 と、受信増幅回路群 1 6 0 とを備える。

[0148] スwitch群 1 1 0 A ~ 1 1 0 C は、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 1 以上のスイッチ（本実施の形態では複数のスイッチ）によって構成される。なお、アンテナ素子 2 と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。

[0149] フィルタ群 1 2 0 は、1 以上のフィルタによって構成され、本実施の形態では、例えば次の複数のフィルタによって構成される。具体的には、当該帯域は、(i) B a n d 1 1、2 1 及び 3 2 に対応可能なチューナブルフィルタ、(ii) B a n d 3、及び、B a n d 3 と 9 との C A（キャリアアグリゲーション）に対応可能なチューナブルフィルタ、(iii) B a n d 2 5 に対応するフィルタ、(iv) B a n d 3 4 に対応するフィルタ、(v) B a n d 1、4

、65及び66に対応するフィルタ、(vi) Band 40に対応するフィルタ、(vii) Band 30に対応するフィルタ、(viii) Band 41に対応するフィルタ、ならびに、(ix) Band 7、及び、Band 7と38とのCAに対応可能なチューナブルフィルタ、である。

[0150] スイッチ群150は、制御部（図示せず）からの制御信号にしたがって、所定のバンドに対応する信号経路と、受信増幅回路群160のうち当該所定のバンドに対応する受信増幅回路とを接続する1以上のスイッチ（本実施の形態では複数のスイッチ）によって構成される。なお、アンテナ素子2と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。これにより、アンテナ素子2から入力された高周波信号（ここでは高周波受信信号）は、フィルタ群120の所定のフィルタを介して、受信増幅回路群160の所定の受信増幅回路で増幅されて、RFIC3に出力される。なお、ローバンドに対応するRFICとハイバンドに対応するRFICとが個別に設けられていてもかまわない。

[0151] 受信増幅回路群160は、スイッチ群150から入力された高周波受信信号を電力増幅する1以上のローノイズアンプ（本実施の形態では複数のローノイズアンプ）によって構成される。

[0152] このように構成された高周波フロントエンド回路1は、少なくとも1つのチューナブルフィルタとして、上記の実施の形態2の適用例におけるフィルタ20A～20Fのいずれかを備える。これによれば、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。

[0153] また、高周波フロントエンド回路1は、通過帯域が固定のフィルタとして、上記の実施の形態に係るフィルタ10を備えてもかまわない。

[0154] （その他の実施の形態）

以上、本発明の実施の形態に係る弾性波フィルタ装置及び高周波フロントエンド回路について、実施の形態1～3を挙げて説明したが、本発明は、上

記実施の形態に限定されるものではない。上記実施の形態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、本発明に係る弾性波フィルタ装置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。

[0155] 例えば、上述した高周波フロントエンド回路と R F I C 3 (R F 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、低ロス化と高選択度化を図ることができる。

[0156] また、上述したフィルタ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。つまり、複数のフィルタが共通接続されたマルチプレクサにおいて、少なくとも 1 つのフィルタは上述したいずれかのフィルタであってもかまわない。

[0157] また、直列腕共振子 s 1 及び並列腕共振子 p 2 は、弾性表面波を用いた弾性波共振子に限らず、例えば、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。つまり、直列腕共振子 s 1 及び並列腕共振子 p 2 は、 I D T 電極によって構成されていなくてもかまわない。

[0158] また、直列腕共振子 s 1 及び並列腕共振子 p 2 は、低ロス化の観点から反射器を有することが好ましいが、例えば実装レイアウト等の制約がある場合には反射器を有していなくてもかまわない。つまり、直列腕共振子 s 1 及び並列腕共振子 p 2 の少なくとも 1 つは、それぞれを構成する I D T 電極及び 1 組の反射器のうち、 1 組の反射器を有せずに I D T 電極のみで構成されていてもかまわない。

[0159] また、直列腕共振子 s 1 ならびに並列腕共振子 p 1 及び p 2 の少なくとも 1 つは、 I D T 電極の両側に配置された 1 組の反射器のうち、片側の反射器のみを有してもかまわない。

[0160] 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。な

お、当該インダクタには、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

[0161] 本発明は、低ロスのフィルタ、マルチプレクサ、フロントエンド回路および通信装置として、携帯電話などの通信機器に広く利用できる。

符号の説明

- [0162]
- 1 高周波フロントエンド回路
 - 2 アンテナ素子
 - 3 R F I C (R F 信号処理回路)
 - 4 通信装置
 - 1 0、2 0 A ~ 2 0 F フィルタ (弾性波フィルタ装置)
 - 1 1 m 入出力端子 (第 1 入出力端子)
 - 1 1 n 入出力端子 (第 2 入出力端子)
 - 1 0 1 電極膜
 - 1 0 1 a、1 0 1 b 櫛歯電極
 - 1 0 1 g 密着層
 - 1 0 1 h 主電極層
 - 1 0 2 圧電基板
 - 1 0 3 保護層
 - 1 1 0 a、1 1 0 b、2 1 0 電極指
 - 1 1 0 A ~ 1 1 0 C、1 5 0 スイッチ群
 - 1 1 1、1 2 1、1 3 1 I D T 電極
 - 1 1 1 a、1 1 1 b、2 1 1 バスバー電極
 - 1 1 2、1 2 2、1 3 2 反射器
 - 1 2 0 フィルタ群
 - 1 6 0 受信増幅回路群
 - C、C 1、C 2 キャパシタ (インピーダンス素子)
 - L インダクタ (インピーダンス素子)

p 1、p 2 並列腕共振子

s 1 直列腕共振子（直列腕共振回路）

SW、SW 1、SW 2 スイッチ（スイッチ素子）

請求の範囲

- [請求項1] 第1入出力端子と第2入出力端子とを結ぶ経路上に接続された1以上の弾性波共振子からなる直列腕共振回路と、
前記経路上の同一ノードとグラウンドとの間に接続された第1並列腕共振子及び第2並列腕共振子と、を有し、
前記第1並列腕共振子における共振周波数は、前記第2並列腕共振子における共振周波数よりも低く、
前記第1並列腕共振子における反共振周波数は、前記第2並列腕共振子における反共振周波数よりも低く、
前記第1並列腕共振子は、
弾性波共振子からなり、
弾性波を励振するIDT電極と、
前記IDT電極で励振された弾性波を反射する反射器と、を有し、
前記IDT電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたとき、前記IDT電極と前記反射器とのピッチが 0.42λ 以上かつ 0.50λ 未満である、
弾性波フィルタ装置。
- [請求項2] 前記第1並列腕共振子は、前記IDT電極と前記反射器とのピッチが 0.44λ 以上かつ 0.46λ 以下である、
請求項1に記載の弾性波フィルタ装置。
- [請求項3] さらに、一対のインピーダンス素子及びスイッチ素子が並列接続されたインピーダンス回路を有し、
前記第1並列腕共振子及び前記第2並列腕共振子のうち少なくとも一方は、前記インピーダンス回路と直列接続されている、
請求項1または2に記載の弾性波フィルタ装置。
- [請求項4] 前記第2並列腕共振子は、前記インピーダンス回路と直列接続され、

前記第 1 並列腕共振子は、前記第 2 並列腕共振子と前記インピーダンス回路とが直列接続された回路に対して並列接続されている、
請求項 3 に記載の弾性波フィルタ装置。

[請求項 5] 前記第 1 並列腕共振子は、前記インピーダンス回路と直列接続され、
前記第 2 並列腕共振子は、前記第 1 並列腕共振子と前記インピーダンス回路とが直列接続された回路に対して並列接続されている、
請求項 3 に記載の弾性波フィルタ装置。

[請求項 6] 前記第 1 並列腕共振子と前記第 2 並列腕共振子とは並列接続されており、
前記インピーダンス回路は、前記第 1 並列腕共振子と前記第 2 並列腕共振子とが並列接続された回路に対して直列接続されている、
請求項 3 に記載の弾性波フィルタ装置。

[請求項 7] さらに、一对のインピーダンス素子及びスイッチ素子が並列されたインピーダンス回路を 2 つ有し、
前記第 1 並列腕共振子は、2 つの前記インピーダンス回路のうち一方のインピーダンス回路と直列接続され、
前記第 2 並列腕共振子は、2 つの前記インピーダンス回路のうち他方のインピーダンス回路と直列接続され、
前記第 1 並列腕共振子と前記一方のインピーダンス回路とが直列接続された回路と、前記第 2 並列腕共振子と前記他方のインピーダンス回路とが直列接続された回路とは、並列接続されている、
請求項 1 または 2 に記載の弾性波フィルタ装置。

[請求項 8] さらに、前記第 1 並列腕共振子及び前記第 2 並列腕共振子の一方の並列腕共振子に並列接続されたスイッチ素子を有し、
前記第 1 並列腕共振子及び前記第 2 並列腕共振子の他方の並列腕共振子は、前記一方の並列腕共振子と前記スイッチ素子とが並列接続された回路に対して直列接続されている、

請求項 1 または 2 に記載の弾性波フィルタ装置。

[請求項9] 請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の弾性波フィルタ装置と、
前記弾性波フィルタ装置に接続された増幅回路と、を備える、
高周波フロントエンド回路。

[請求項10] アンテナ素子で送受信される高周波信号を処理する R F 信号処理回路と、

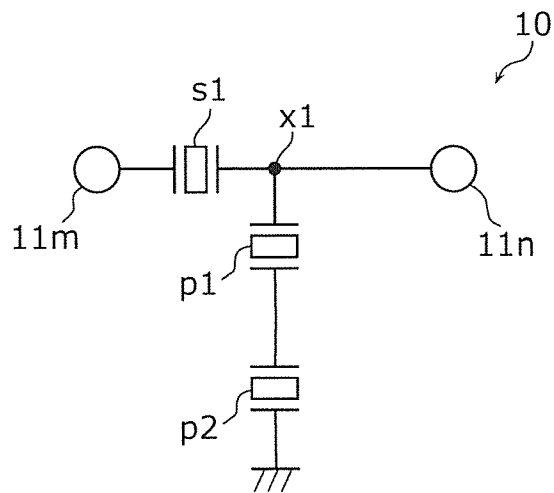
前記アンテナ素子と前記 R F 信号処理回路との間で前記高周波信号
を伝達する請求項 9 に記載の高周波フロントエンド回路と、を備える

、

通信装置。

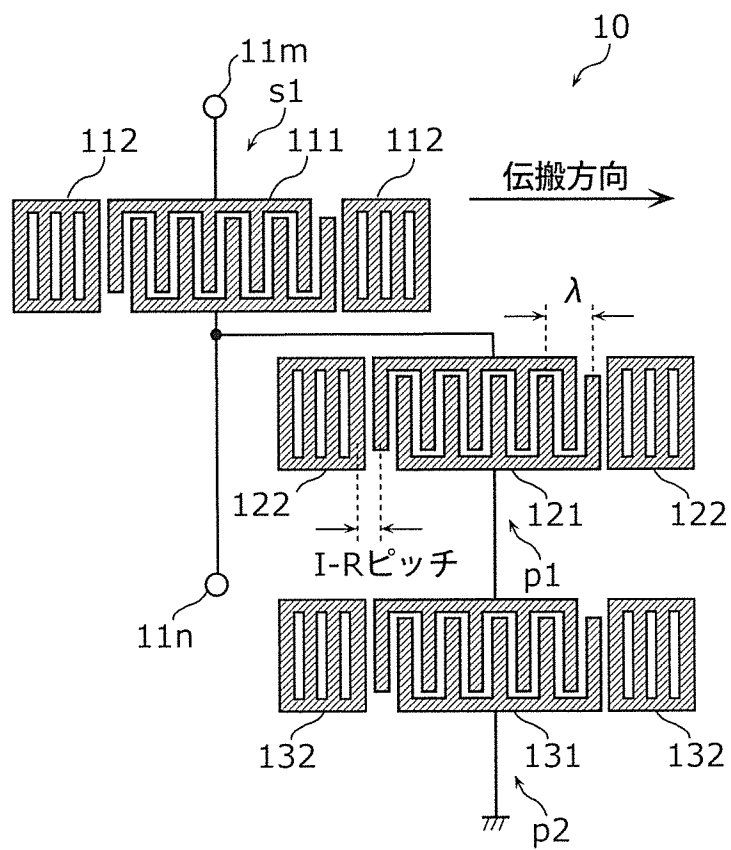
[図1A]

図1A

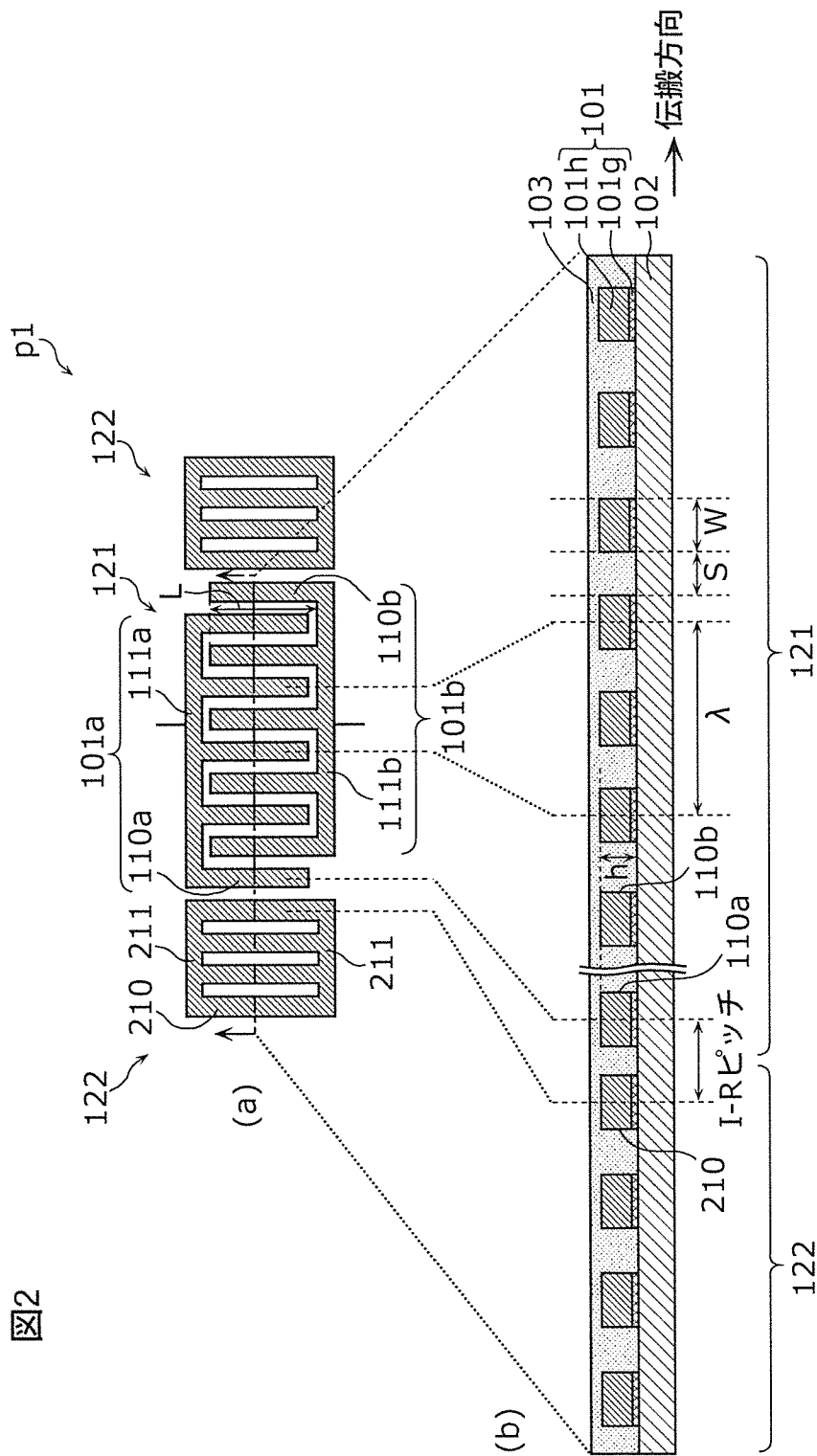


[図1B]

図1B

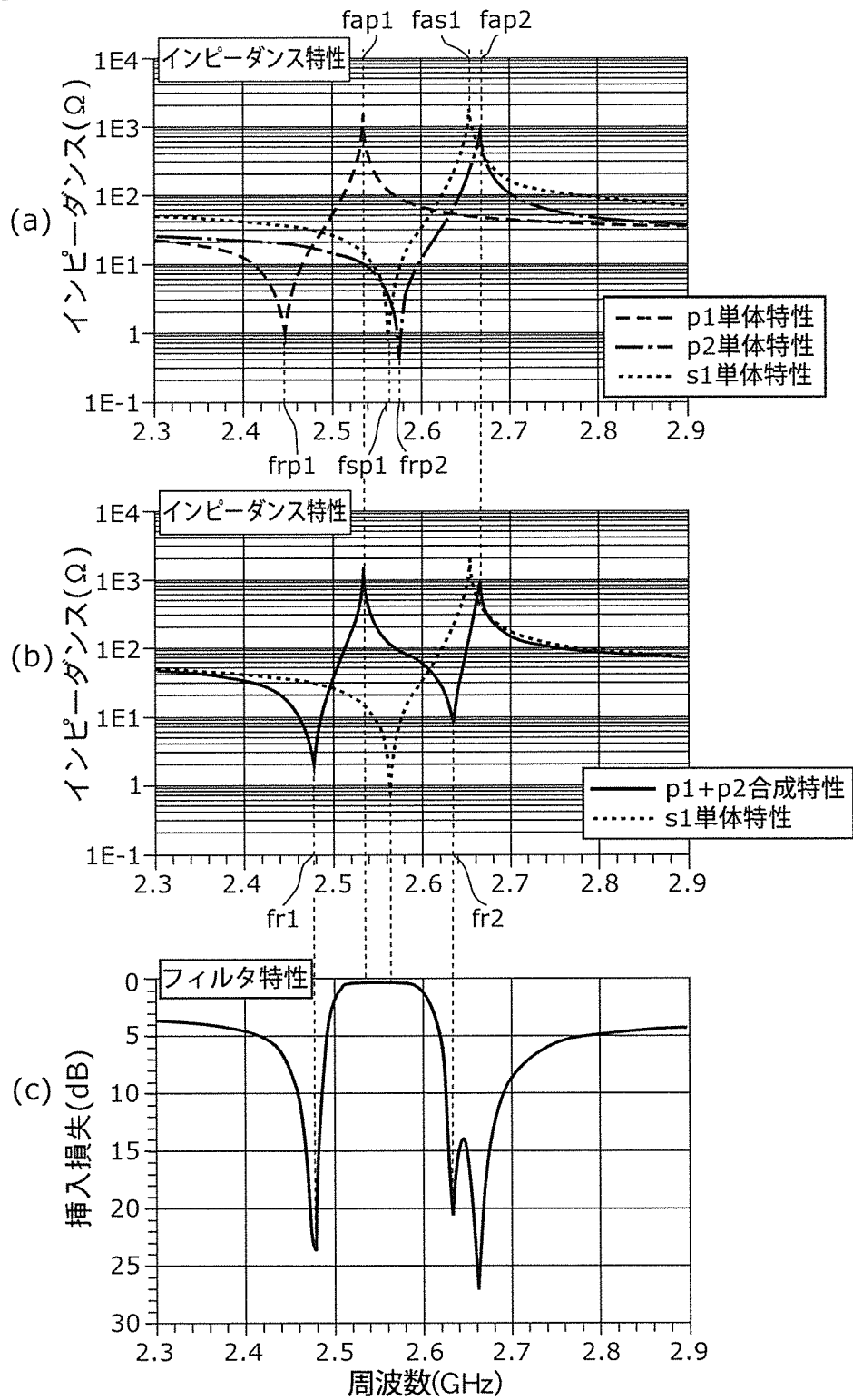


[図2]



[図3]

図3



[図4]

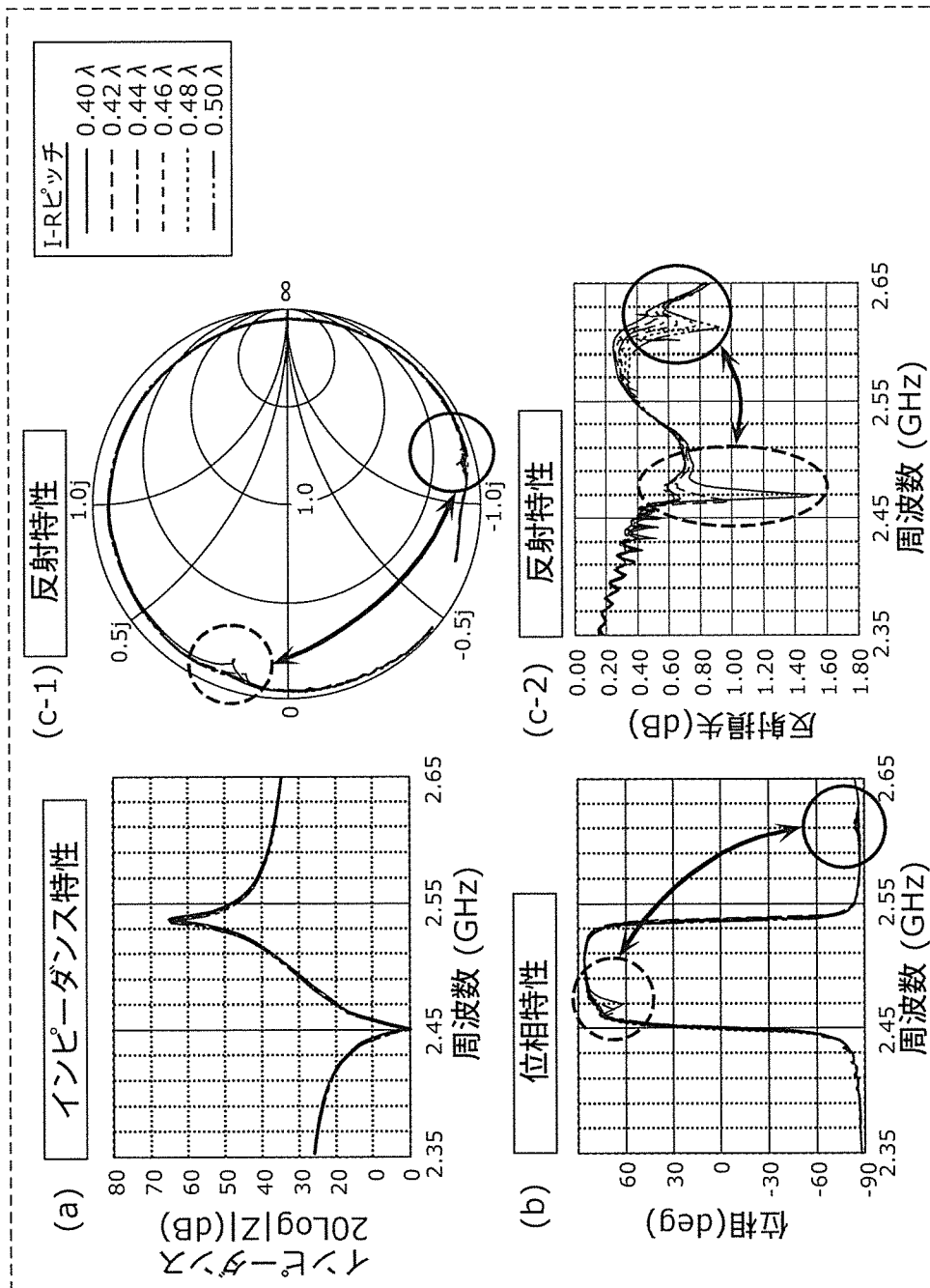
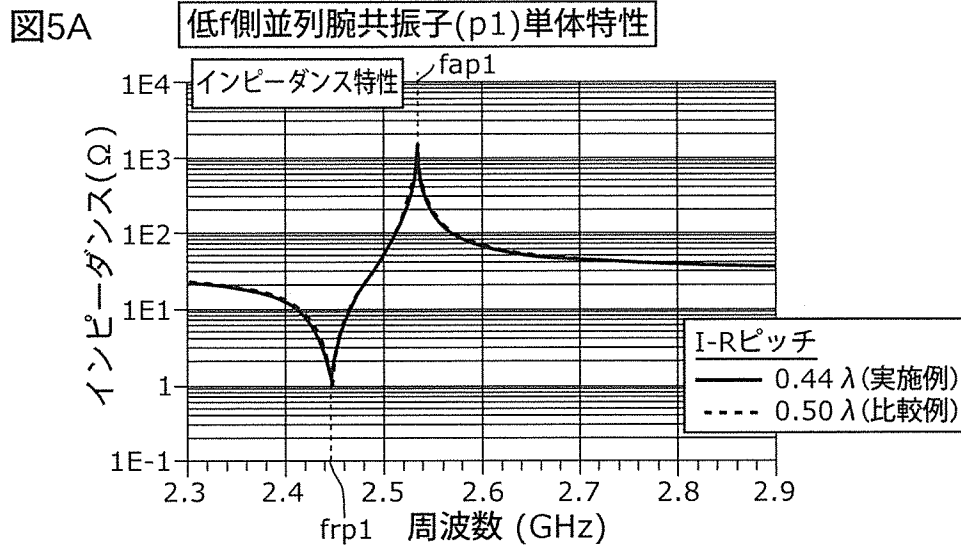
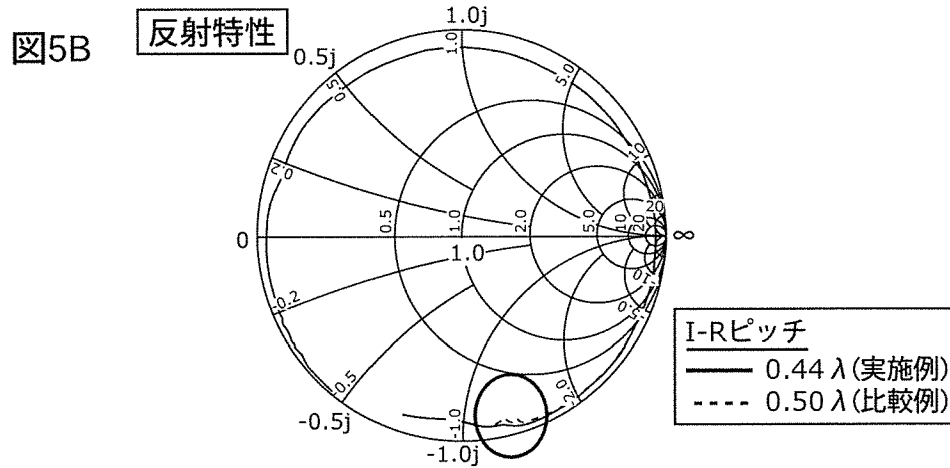


図4

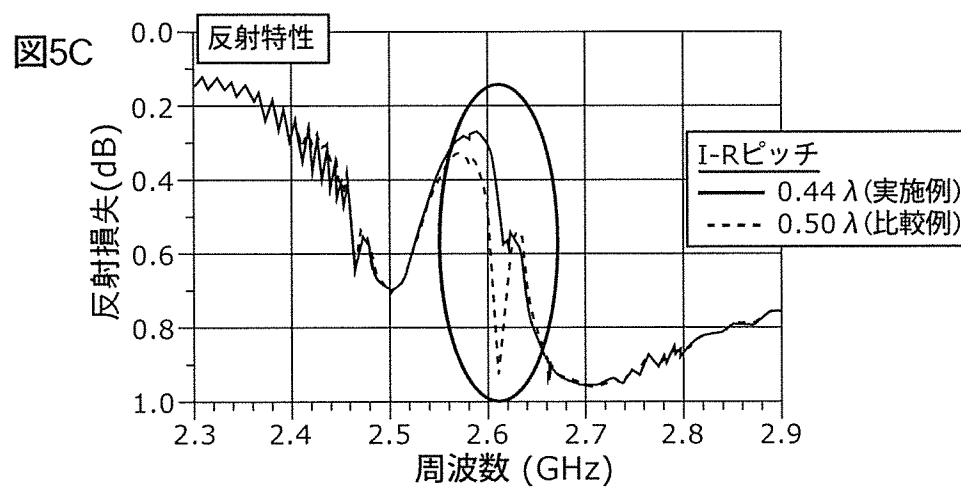
[図5A]



[図5B]

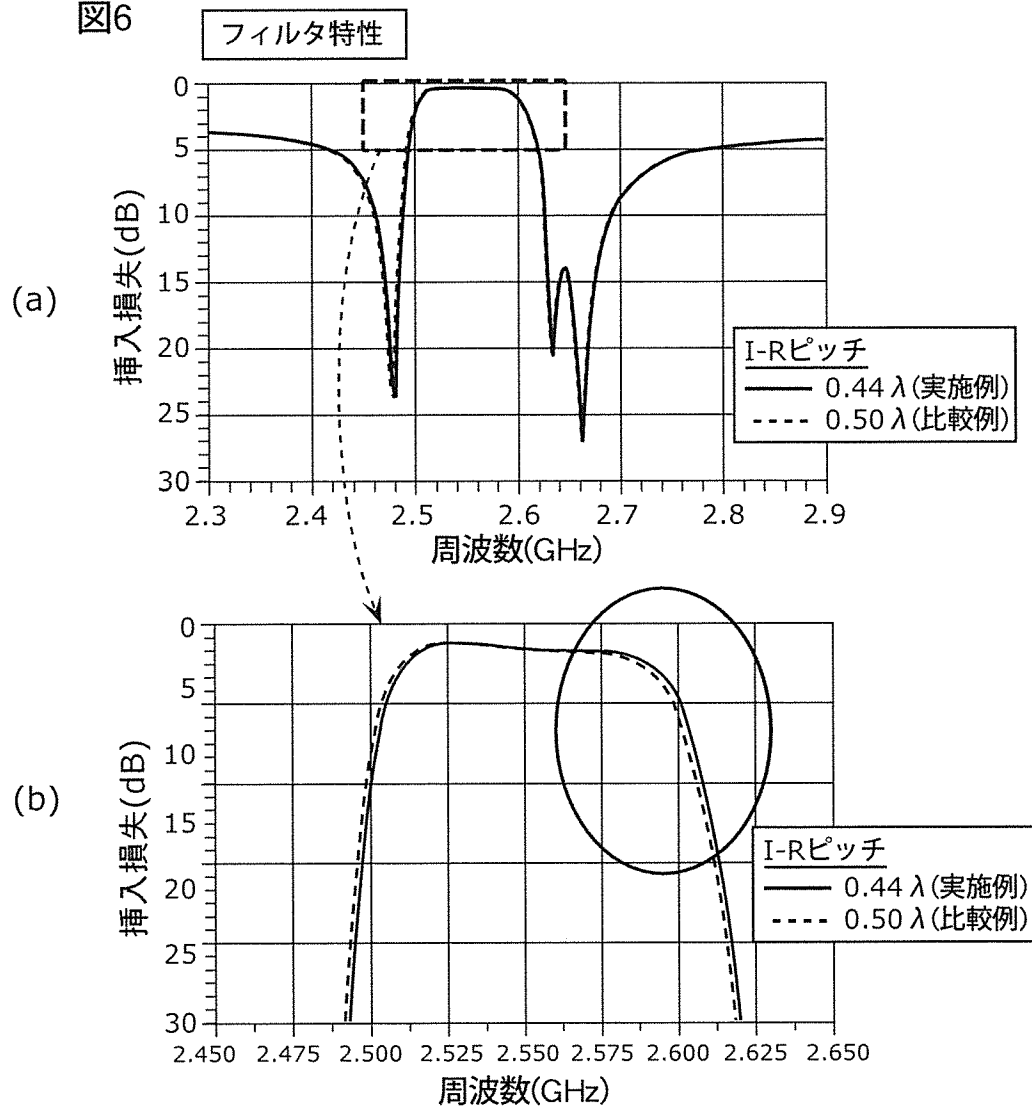


[図5C]



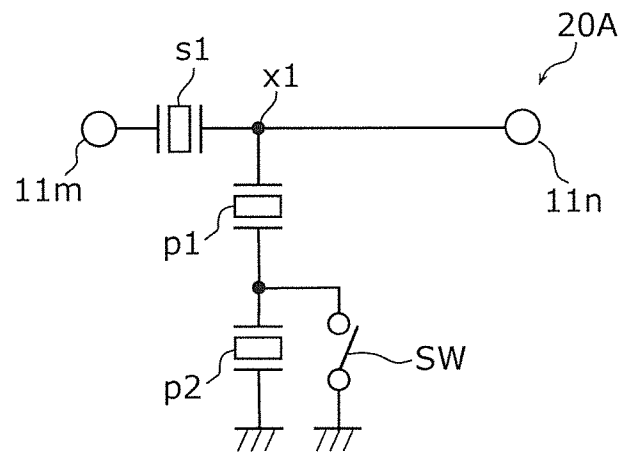
[図6]

図6



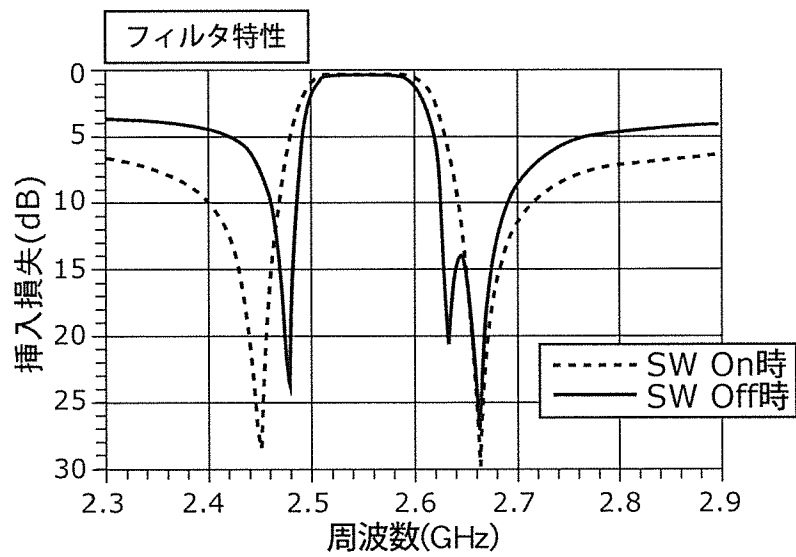
[図7A]

図7A



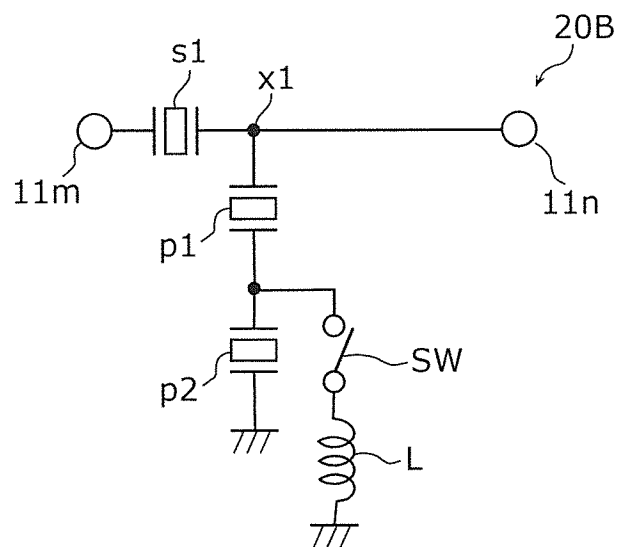
[図7B]

図7B



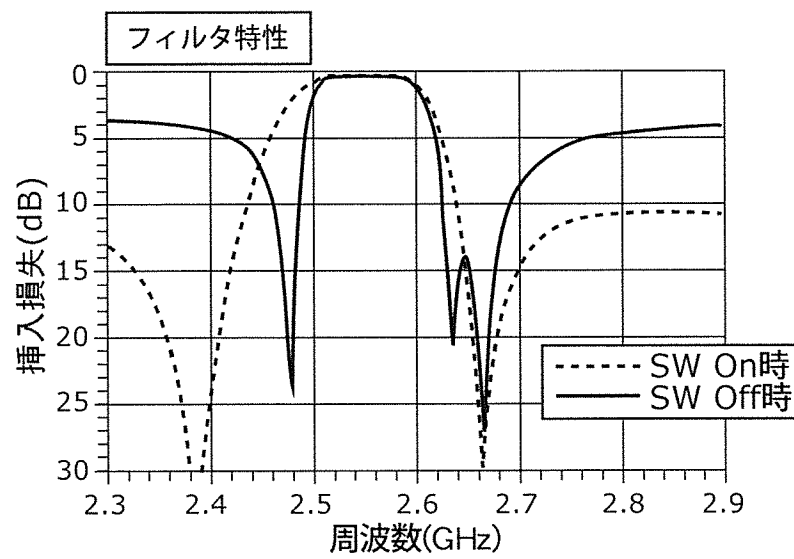
[図8A]

図8A



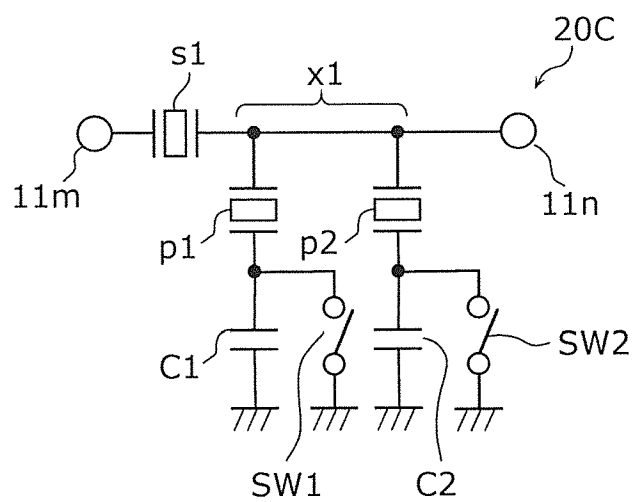
[図8B]

図8B



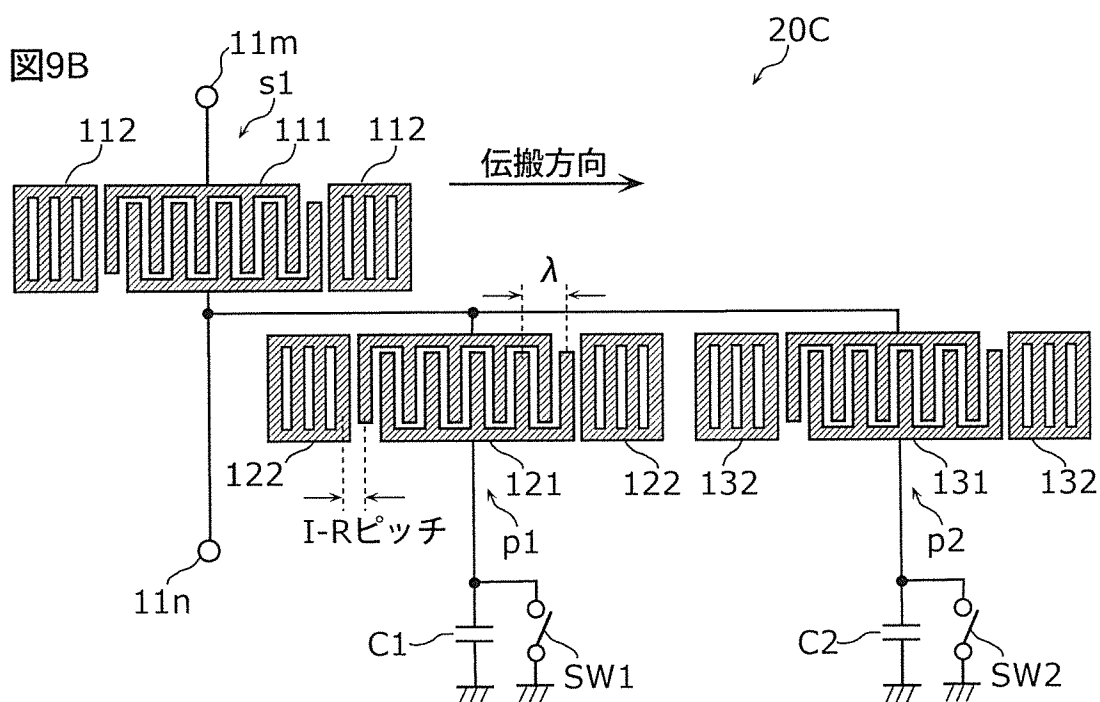
[図9A]

図9A



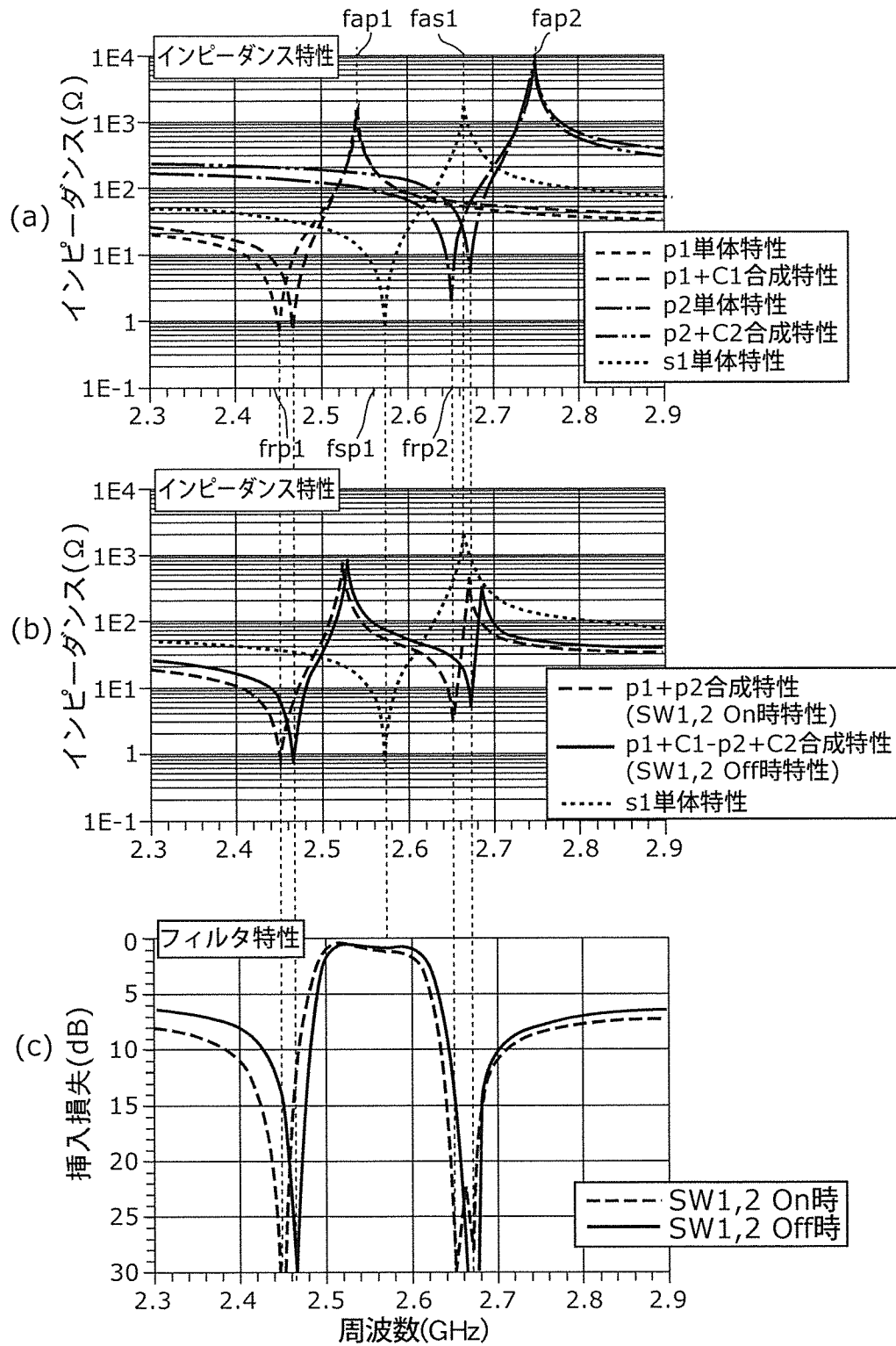
[図9B]

図9B



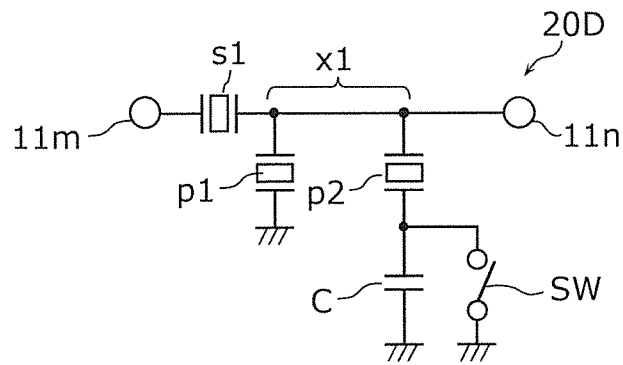
[図9C]

図9C



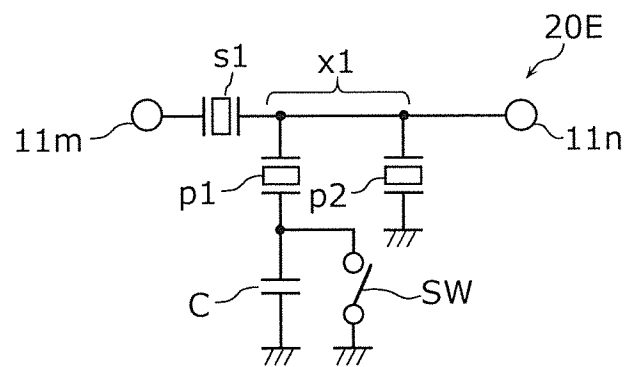
[図10]

図10



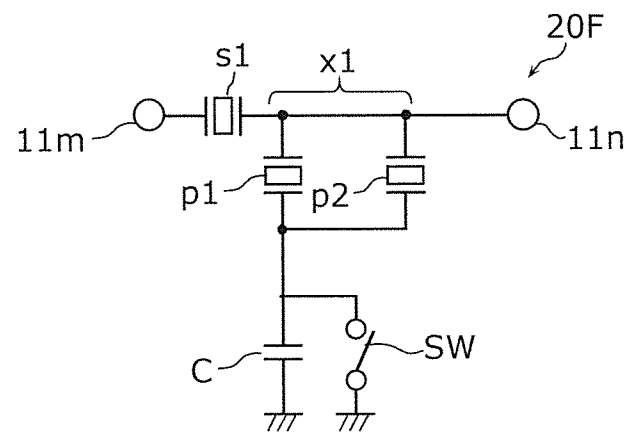
[図11]

図11



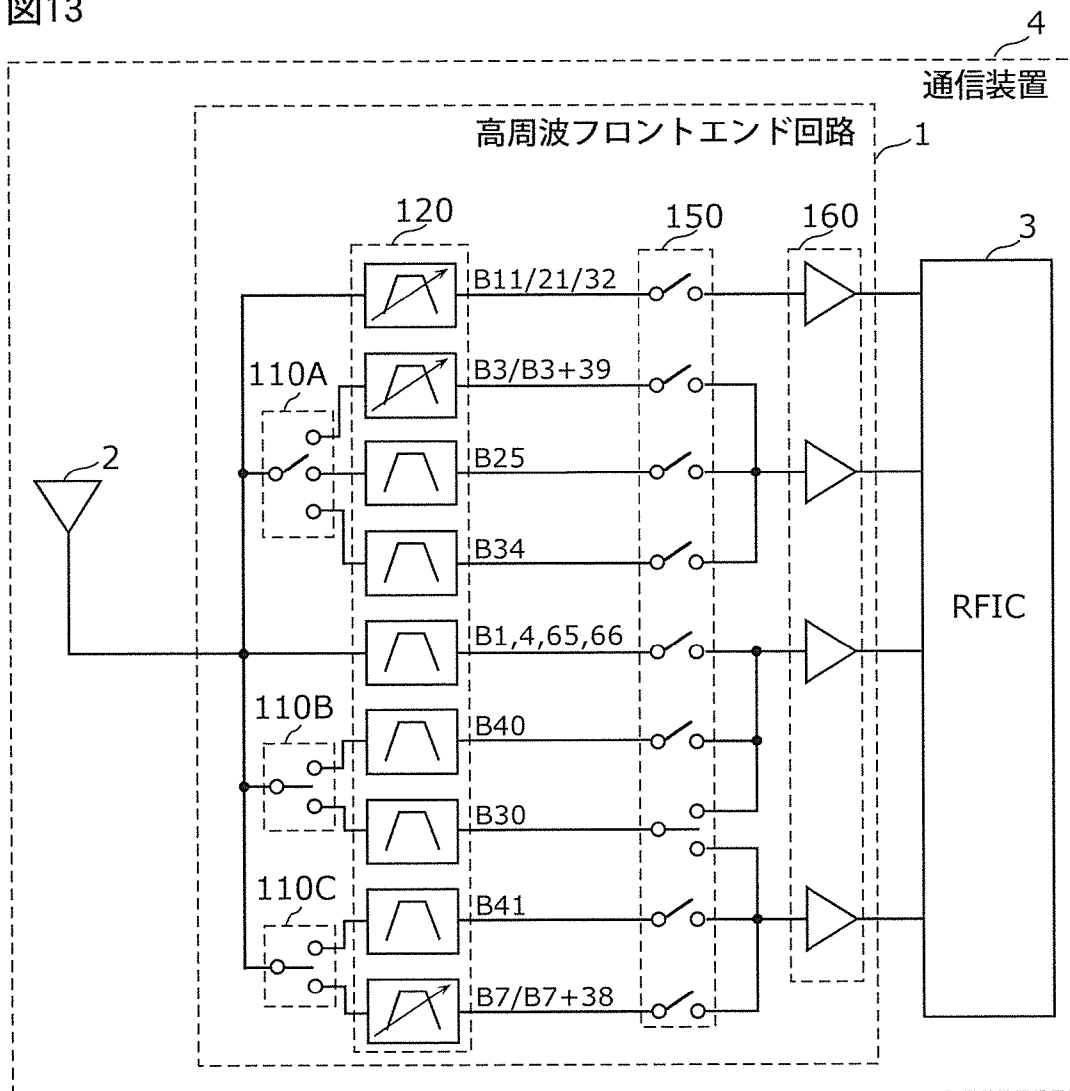
[図12]

図12



[図13]

図13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/031271

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/64(2006.01)i, H03H7/01(2006.01)i, H03H9/145(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, H03H7/01, H03H9/145

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.
Y	JP 2014-068123 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 17 April 2014 (17.04.2014), paragraphs [0022] to [0030], [0037] to [0043] (Family: none)	1-10
Y	JP 2006-013576 A (Epson Toyocom Corp.), 12 January 2006 (12.01.2006), paragraph [0010] & WO 2005/125005 A1	1-10
Y	WO 2016/017730 A1 (Kyocera Corp.), 04 February 2016 (04.02.2016), paragraphs [0039] to [0044] & US 2017/0222624 A1 paragraphs [0061] to [0066] & EP 3176948 A1	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 October 2017 (20.10.17)

Date of mailing of the international search report
31 October 2017 (31.10.17)

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/JP2017/031271

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 2009-207116 A (Fujitsu Ltd.), 10 September 2009 (10.09.2009), fig. 10, 12B & US 2009/0201104 A1 fig. 10, 12B & CN 101540590 A	3-8

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, H03H7/01(2006.01)i, H03H9/145(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, H03H7/01, H03H9/145

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
Y	JP 2014-068123 A（株式会社村田製作所）2014.04.17, 段落 [0022]-[0030], [0037]-[0043]（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 2006-013576 A（エプソントヨコム株式会社）2006.01.12, 段落 [0010] & WO 2005/125005 A1	1-10
Y	WO 2016/017730 A1（京セラ株式会社）2016.02.04, 段落 [0039]-[0044] & US 2017/0222624 A1, 段落[0061]-[0066] & EP 3176948 A1	1-10

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「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

20.10.2017

国際調査報告の発送日

31.10.2017

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）

▲高▼須 甲斐

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

5W

4539

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 2009-207116 A (富士通株式会社) 2009.09.10, [図 10], [図 12B] & US 2009/0201104 A1, [FIG. 10], [FIG. 12B] & CN 101540590 A	3-8