

(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
2017年9月21日(21.09.2017)



(10) 国際公開番号

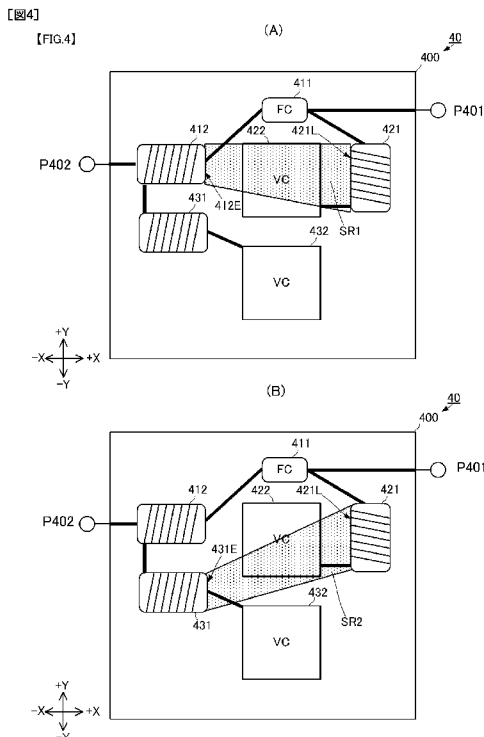
WO 2017/159112 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 7/09 (2006.01) H03H 7/12 (2006.01)
H03H 7/075 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/004149
- (22) 国際出願日: 2017年2月6日(06.02.2017)
- (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 2016-049123 2016年3月14日(14.03.2016) 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: 森 弘嗣(MORI Hirotugu); 〒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: 特許業務法人 楓国際特許事務所 (KAEDE PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋1丁目4番34号 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, 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),

[続葉有]

(54) Title: FREQUENCY TUNABLE LC FILTER, HIGH FREQUENCY FRONT END MODULE AND COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: 周波数可変LCフィルタ、高周波フロントエンドモジュール、および、通信装置



(57) Abstract: Provided are a frequency tunable LC filter having a steep attenuation characteristic and no enlargement of a substrate and a high frequency front end module using the same. A first variable capacitor (422) and a second variable capacitor (432) are arranged such that, on a main surface, the strength of a magnetic field coupling generated between a first inductor (412) and a third inductor (431) is greater than the strength of a magnetic field coupling generated between a second inductor (421), the first inductor (412), and the third inductor (431).

(57) 要約: 急峻な減衰特性であり、且つ基板を大型化することがない周波数可変LCフィルタ、およびそれを用いた高周波フロントエンドモジュールを提供する。第1可変キャパシタ(422)、および、第2可変キャパシタ(432)は、主面において、第1インダクタ(412)と第3インダクタ(431)との間に生じる磁界結合の強度が、第2インダクタ(421)と第1インダクタ(412)および第3インダクタ(431)との間に生じる磁界結合の強度よりも大きくなるように、配置される。

WO 2017/159112 A1

WO 2017/159112 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

周波数可変ＬＣフィルタ、高周波フロントエンドモジュール、および、通信装置

技術分野

[0001] 本発明は、インダクタと可変キャパシタの共振回路を備える周波数可変ＬＣフィルタ、高周波フロントエンドモジュール、および、通信装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献１には、インダクタと可変キャパシタを用いた周波数可変ＬＣフィルタが記載されている。特許文献１に記載された周波数可変ＬＣフィルタは、第１のＬＣ並列回路、第２のＬＣ並列回路、第３の直列回路、第４の直列回路を備える。第１のＬＣ並列回路と第２のＬＣ並列回路は、ともに、インダクタと可変キャパシタの並列回路を備える。第１のＬＣ並列回路と第２のＬＣ並列回路は、一方端が結合用インダクタで接続され、他方端がそれぞれ接地電位に接続されている。

[0003] 第３の直列回路は、可変キャパシタを備えており、一方端が第１のＬＣ並列回路と接続され、他方端が第１の接続端子と接続されている。第４の直列回路は、可変キャパシタを備えており、一方端が第２のＬＣ並列回路と接続され、他方端が第２の接続端子と接続されている。

[0004] 第１のＬＣ並列回路の一方端（結合用インダクタが接続される側の端部）は、第３の可変キャパシタを介して第１の接続端子に接続されている。第２のＬＣ並列回路の一方端（結合用インダクタが接続される側の端部）は、第４の可変キャパシタを介して第２の接続端子に接続されている。第１の接続端子と第２の接続端子とは、固定キャパシタを介して接続されている。

[0005] この構成において、第１、第２のＬＣ並列回路の可変キャパシタ、第３、第４の可変キャパシタのキャパシタンスを変化させることによって、通過特

性が変更される。

[0006] このような周波数可変LCフィルタは、例えば、TVホワイトスペースを利用した無線通信に利用される。TVホワイトスペースとは、テレビジョン放送に割り当てられたUHF帯のうち、未使用の周波数帯域である（特許文献2を参照）。近年、このTVホワイトスペースを用いて無線通信することが提案されている。

[0007] TVホワイトスペース（未使用の周波数帯域）は、地域によって異なる。従って、特許文献1に記載された周波数可変LCフィルタの通過帯域を変更すれば、地域に応じたTVホワイトスペースの信号を通過させ、且つその他の不要信号を減衰させることができる。TVホワイトスペースの仕様によると、1チャンネルの帯域幅は、例えば、6MHzとなっている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：国際公開第2005/088832号パンフレット

特許文献2：特開2013-90165号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献1に記載の周波数可変LCフィルタを用いて、例えば、地域に応じて使用チャンネルが変わり得るTVホワイトスペースの信号を通過させる場合、TVホワイトスペースの1チャンネルの帯域幅は6MHz程度とかなり狭く、且つ各チャンネル間の周波数の幅も狭いので、当該周波数可変LCフィルタは、急峻な減衰特性を必要とする。

[0010] しかしながら、特許文献1に記載された周波数可変LCフィルタでは、複数のインダクタ間で磁界結合が生じることがある。周波数可変LCフィルタの減衰特性は、この磁界結合の発生によって、影響を受けることがある。その結果、周波数可変LCフィルタの減衰特性は、急峻とならないことがある。すると、特許文献1に記載の周波数可変LCフィルタを、TVホワイトス

ペースのような、1チャンネルの帯域幅が狭く、且つ各チャンネル間の周波数の幅も狭い無線通信システムで適用すると、不必要な信号を通過させてしまう。

[0011] 一方、不必要な磁界結合を阻害するために、複数のインダクタを互いに離して基板上に配置することが考えられる。しかしながら、そのような配置は、基板全体を大型化してしまう。

[0012] したがって、本発明の目的は、急峻な減衰特性であり、且つ基板を大型化することがない周波数可変LCフィルタ、およびそれを用いた高周波フロントエンドモジュールを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] この発明の周波数可変LCフィルタは、入力端子と、出力端子と、第1の直列腕LCフィルタ回路と、第1、第2並列腕LCフィルタ回路と、が基板の主面に実装されたものである。

[0014] 第1の直列腕LCフィルタ回路は、第1インダクタを有し、入力端子と出力端子との間に接続される。第1の並列腕LCフィルタ回路は、第2インダクタ及び第1可変キャパシタを有し、入力端子及び第1の直列腕LCフィルタ回路の接続点と、接地電位と、の間に接続される。第2の並列腕LCフィルタ回路は、第3インダクタ及び第2可変キャパシタを有し、出力端子及び第1の直列腕LCフィルタ回路の接続端と、接地電位と、の間に接続される。第2の並列腕LCフィルタ回路は、第1インダクタと直接的に接続されている。

[0015] 本発明の周波数可変LCフィルタでは、第1可変キャパシタ、および、第2可変キャパシタは、主面において、第1インダクタと第3インダクタとの間に生じる磁界結合の強度が、第2インダクタと第1、第3インダクタとの間に生じる磁界結合の強度よりも大きくなるように、配置されることを特徴とする。

[0016] 換言すれば、第1及び第2可変キャパシタは、第1インダクタと第3インダクタとの間に生じる磁界結合を阻害せず、且つ、第2インダクタと第1、

第3インダクタとの間に生じる磁界結合を阻害するように、配置される。このように、本発明では、磁界結合させるべき第1、第3インダクタと、磁界結合させない第2インダクタとを設定する。すると、例えば、通過帯域の高域側の減衰極の周波数は、通過帯域側に近づく。また、その減衰極の周波数から通過帯域の中心周波数までの減衰量は大きくなる。すなわち、本発明の周波数可変LCフィルタの減衰特性は、第1及び第2可変キャパシタを上述のように配置しない態様と比べてより急峻になる。

[0017] また、この第1及び第2可変キャパシタの配置を用いることによって、不要な磁界結合を生じにくくするために、基板サイズを大きくして第2インダクタと第1、第3インダクタとを離す必要がない。すなわち、本発明における第1及び第2可変キャパシタの配置は、基板サイズを大型化することがない。また、周波数可変LCフィルタとして必須の構成である可変キャパシタの配置を調整するだけであるので、第2インダクタと第1、第3インダクタとの間に、他の回路素子を別途設ける必要もない。

[0018] 上述の特徴的な配置は、例えば、次のように実現される。第1可変キャパシタ、及び、第2可変キャパシタは、主面において、第1インダクタと、第3インダクタと、を外縁の一部とする領域以外の領域に配置される。第1可変キャパシタ、及び、第2可変キャパシタの少なくとも一方の可変キャパシタの一部は、主面において、第2インダクタと第1、第3インダクタとを外縁の一部とする領域に配置される。具体的には、外縁の一部は、第1、第3インダクタの端面又は側面で構成される。

[0019] また、第2インダクタと第1、第3インダクタとは、主面において、互いに巻軸方向が異なるように配置されている巻線インダクタであってもよい。これにより、第2インダクタと第1、第3インダクタとはさらに磁界結合しにくくなる。

[0020] また、この発明の周波数可変LCフィルタは、次の構成であってもよい。周波数可変LCフィルタは、出力端子と第1の直列腕LCフィルタ回路との間に接続された第2の直列腕LCフィルタ回路をさらに備える。第2の直列

腕 LC フィルタ回路は、出力端子と第 1 の直列腕 LC フィルタ回路との間に接続され、互いに並列接続された第 6 インダクタ及び固定キャパシタを有する。第 2 可変キャパシタの一部は、主面において、第 2 インダクタと第 6 インダクタとを外縁の一部とする領域、および、第 3 インダクタと第 6 インダクタとを外縁の一部とする領域に配置されている。

[0021] この構成では、不要な磁界結合による通過帯域外の減衰量の低下が抑制される。

[0022] 本発明は、周波数可変 LC フィルタに限らず、周波数可変 LC フィルタを用いた高周波フロントエンドモジュールであってもよい。具体的には、本発明の高周波フロントエンドモジュールは、上述の周波数可変 LC フィルタと、周波数可変 LC フィルタの入力端子に接続される周波数固定 LC フィルタと、周波数可変 LC フィルタの出力端子に接続される第 2 周波数可変フィルタと、を備える。

[0023] そして、周波数固定 LC フィルタの通過帯域は、周波数可変 LC フィルタの通過帯域を含み、周波数可変 LC フィルタの通過帯域は、第 2 周波数可変フィルタの通過帯域を含むことが好ましい。

[0024] すなわち、周波数固定 LC フィルタを通過した成分は、周波数可変 LC フィルタで絞り込まれる。さらに、周波数可変 LC フィルタを通過した成分は、第 2 周波数可変フィルタで絞り込まれる。

[0025] 本発明の高周波フロントエンドモジュールは、例えば、TV ホワイトスペースに用いられる。この場合、周波数固定 LC フィルタは、チャンネル 13 ~ チャンネル 65 (470 MHz ~ 788 MHz) を通過帯域とする。そして、周波数可変 LC フィルタの通過帯域は、例えば、チャンネル 13 ~ チャンネル 65 のうち、10 チャンネル分の帯域の信号を通過させるように設定される。そして、第 2 周波数可変フィルタの通過帯域は、さらにそのうちの 1 チャンネルの帯域の信号を通過させるように設定される。このように、高周波フロントエンドモジュールは、複数の LC フィルタの伝送特性が合成された伝送特性によって、6 MHz という比較的狭い帯域のみを通過させ、か

つそれ以外の帯域を減衰させることを実現する。

発明の効果

[0026] この発明によれば、より急峻な減衰特性を実現でき、且つ基板を大型化を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]図1 (A) は、本発明の第1実施形態に係る周波数可変LCフィルタの回路図であり、図1 (B) は、インダクタの外観斜視図である。

[図2]図2は、本発明の第1実施形態に係る周波数可変LCフィルタの伝送特性を示す図である。

[図3]図3 (A) は、本発明の第1実施形態に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図であり、図3 (B) は、インダクタ間の磁界結合を示すための周波数可変LCフィルタの回路図である。

[図4]図4 (A) 及び図4 (B) は、それぞれ、本発明の第1実施形態に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図5]図5 (A) は、本発明の第1実施形態に係る周波数可変LCフィルタと比較例に係る周波数可変LCフィルタの伝送特性を示す図であり、図5 (B) は、比較例に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図6]図6は、本発明の第2実施形態に係る周波数可変LCフィルタの回路図である。

[図7]図7は、本発明の第2実施形態に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図8]図8 (A) 及び図8 (B) は、それぞれ、本発明の第2実施形態に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図9]図9 (A) は、本発明の第2実施形態に係る周波数可変LCフィルタと比較例に係る周波数可変LCフィルタの伝送特性を示す図であり、図9 (B) は、比較例に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図10]図10は、本発明の第3実施形態に係る周波数可変LCフィルタの回路図である。

[図11]図11は、本発明の第3実施形態に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図12]図12(A)は、本発明の第3実施形態に係る周波数可変LCフィルタと比較例に係る周波数可変LCフィルタの伝送特性を示す図であり、図12(B)は、比較例に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図13]図13(A)は、比較例に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の外観斜視図であり、図13(B)は、本発明の第3実施形態に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の外観斜視図であり、図13(C)は、図13(A)に示す外観斜視図において発生した磁界結合の強さを示す図であり、図13(D)は、図13(B)に示す外観斜視図において発生した磁界結合の強さを示す図である。

[図14]図14は、本発明の実施形態に係る高周波フロントエンドモジュールおよび通信装置の機能ブロック図である。

[図15]図15は、高周波フロントエンドモジュールに含まれる各フィルタの伝送特性を示す図である。

[図16]図16は、図15に示す伝送特性の部分拡大図である。

[図17]図17(A)は、本発明の第1実施形態に係る周波数可変LCフィルタを備えた高周波フロントエンドモジュールの基板配置を示す図であり、図17(B)は、本発明の第2実施形態に係る周波数可変LCフィルタを備えた高周波フロントエンドモジュールの基板配置を示す図である。

[図18]図18は、本発明の第3実施形態に係る周波数可変LCフィルタを備えた高周波フロントエンドモジュールの基板配置を示す図である。

[図19]図19は、本発明の第4実施形態に係る周波数可変LCフィルタの回路図である。

[図20]図20は、高周波フロントエンドモジュールの回路ブロック図である

。

[図21]図 2 1 は、本発明の第 4 実施形態に係る周波数可変 LC フィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図22]図 2 2 (A)、図 2 2 (B) は、本発明の第 4 実施形態に係る周波数可変 LC フィルタが実装された基板の平面模式図である。

[図23]図 2 3 は、本発明の第 4 実施形態に係る周波数可変 LC フィルタの伝送特性を示す図である。

[図24]図 2 4 (A) は、比較例 5 の周波数可変フィルタが実装された基板の平面模式図であり、図 2 4 (B) は、その伝送特性を示す図である。

[図25]図 2 5 (A) は、比較例 6 の周波数可変フィルタが実装された基板の平面模式図であり、図 2 5 (B) は、その伝送特性を示す図である。

発明を実施するための形態

[0028] 本発明の第 1 実施形態に係る周波数可変 LC フィルタ 4 0 について、図を参照して説明する。図 1 (A) は、周波数可変 LC フィルタ 4 0 の回路図である。

[0029] 本実施形態に係る周波数可変 LC フィルタ 4 0 は、基板 4 0 0 (図 3 (A) を参照) の主面における各回路素子の配置を調整することで、フィルタの伝送特性における減衰特性をより急峻にし、且つ、基板 4 0 0 のサイズの大小型化を防止するものである。

[0030] 周波数可変 LC フィルタ 4 0 は、第 1 の直列腕 LC フィルタ回路 4 1、第 1 の並列腕 LC フィルタ回路 4 2、第 2 の並列腕 LC フィルタ回路 4 3、第 1 の接続端子 P 4 0 1、および、第 2 の接続端子 P 4 0 2 を備える。第 1 の接続端子 P 4 0 1 は本発明の入力端子に相当し、第 2 の接続端子 P 4 0 2 は本発明の出力端子に相当する。

[0031] 第 1 の直列腕 LC フィルタ回路 4 1 は、第 1 の接続端子 P 4 0 1 と第 2 の接続端子 P 4 0 2 との間に接続されている。第 1 の並列腕 LC フィルタ回路 4 2 は、第 1 の直列腕 LC フィルタ回路 4 1 及び第 1 の接続端子 P 4 0 1 の接続端と接地電位との間に接続されている。第 2 の並列腕 LC フィルタ回路

43は、第1の直列腕LCフィルタ回路41及び第2の接続端子P402の接続端と接地電位との間に接続されている。

[0032] 第1の直列腕LCフィルタ回路41は、キャパシタ411と、インダクタ412とを備える。キャパシタ411は固定キャパシタンスを有する。

[0033] キャパシタ411とインダクタ412は、第1の接続端子P401と第2の接続端子P402間に直列接続されている。この際、インダクタ412の一端は、第2の接続端子P402に直接接続されている。

[0034] インダクタ412は、図1(B)の外観斜視図に示すように、所定方向に延伸するコア412Cを軸として導体線412Wが巻かれた巻線インダクタである。図示を省略するが、後述するインダクタ421, 431も巻線インダクタである。

[0035] このような回路構成からなる第1の直列腕LCフィルタ回路41の共振周波数 f_{411} は、周波数可変LCフィルタ40の通過帯域の周波数に主として寄与している。キャパシタ411とインダクタ412の直列回路の共振周波数 f_{411} は、周波数可変LCフィルタ40の通過帯域の中心周波数 f_0 (例えば600MHz)に設定されている($f_{411} \div f_0$)。

[0036] 第1の並列腕LCフィルタ回路42は、インダクタ421と可変キャパシタ422を備える。

[0037] インダクタ421と可変キャパシタ422との直列回路は、第1の直列腕LCフィルタ回路41及び第1の接続端子P401の接続点と、接地電位との間に接続されている。

[0038] このような回路構成から成る第1の並列腕LCフィルタ回路42の共振周波数 f_{42} は、周波数可変LCフィルタ40の通過帯域の低域側の減衰極の周波数に主として寄与している。この際、共振周波数 f_{42} は、中心周波数 f_0 よりも低く設定されている($f_{42} < f_0$)。

[0039] 第2の並列腕LCフィルタ回路43は、インダクタ431と可変キャパシタ432を備える。

[0040] インダクタ431と可変キャパシタ432との直列回路は、第1の直列腕

ＬＣフィルタ回路４１及び第２の接続端子Ｐ４０２の接続点と、接地電位との間に接続されている。

[0041] このような回路構成から成る第２の並列腕ＬＣフィルタ回路４３の共振周波数 f_{43} は、周波数可変ＬＣフィルタ４０の通過帯域の高域側の減衰極の周波数に主として寄与している。この際、共振周波数 f_{43} は、中心周波数 f_0 よりも高く設定されている（ $f_{43} > f_0$ ）。より具体的には、共振周波数 f_{43} は、共振周波数 f_{411} よりも高く設定されている（ $f_{43} > f_{411}$ ）。

[0042] そして、このような構成において、可変キャパシタ４２２，４３２のキャパシタンスを変化させることによって、通過帯域および減衰極の周波数が変化する帯域通過フィルタを実現できる。

[0043] 図２は、本発明の第１の実施形態に係る周波数可変ＬＣフィルタ４０の伝送特性を示す図である。実線は変更前の伝送特性を示し、点線は変更後の伝送特性を示している。図２に示すように、周波数可変ＬＣフィルタ４０を用いることによって、通過帯域幅が約１００ＭＨｚとした状態で、通過帯域の両側に減衰極を形成することができる。

[0044] 特に、図１（Ａ）に示すように、第１の直列腕ＬＣフィルタ回路４１のインダクタ４１２を、キャパシタを介することなく、第２の接続端子Ｐ４０２に直接接続することによって、減衰特性を急峻にできる。減衰特性とは、通過帯域から減衰域へ周波数変化したときの減衰量の変化率を意味し、減衰特性が急峻であるとは、減衰量の変化率が大きいことを意味する。

[0045] 言い換えると、第１の直列腕ＬＣフィルタ回路４１のインダクタ４１２を、第２の接続端子Ｐ４０２と直接接続するか、または他のインダクタを介して第２の接続端子Ｐ４０２と接続することによって、さらに減衰特性を急峻にできる。

[0046] これは、次の理由によるものであると考えられる。インダクタと直接接続されるキャパシタの周波数特性は、低周波数の信号を減衰させ、高周波数の信号を通過させる。すなわち、そのキャパシタの周波数特性は、高域通過フ

ィルタのような特性であるので、高周波数での減衰を悪化させる要因となる。

[0047] また、接続端子と直接接続されるインダクタの周波数特性は、高周波数の信号を減衰させ、低周波数の信号を通過させる。すなわち、そのインダクタは、低域通過フィルタのような特性であるので、高周波数の減衰を良好にさせる要因となり得る。

[0048] さらに、インダクタを、他のインダクタを介して接続端子に接続する場合には、高周波数の信号の減衰をさらに良好にさせる要因となり得る。

[0049] ここで、一般的な周波数可変LCフィルタにおいて、複数のインダクタ間に磁界結合が生じると、当該磁界結合によって主経路とは別の副経路が形成される。一般的な周波数可変LCフィルタは、この副経路によって、減衰特性が変更される。そこで、本実施形態では、周波数可変LCフィルタ40の減衰特性がより急峻となるように、磁界結合させる複数のインダクタと、磁界結合させないインダクタとを、以下のようにして設定している。

[0050] 図3(A)は、周波数可変LCフィルタ40が実装された基板400の平面模式図である。ただし、図3(A)では、一部の配線の図示は省略されている。

[0051] 図3(A)に示すように、インダクタ412、421、431と、キャパシタ411と、可変キャパシタ422、432とは、基板400の主面に配置されている。より具体的には、インダクタ412、431は、巻線の軸方向（コア412Cが延伸する方向）をX方向とした状態で、基板400の主面において-X側に配置されている。インダクタ412、431は、互いの巻線の軸方向を平行にした状態で、基板400の主面においてY方向に互いに近接している。

[0052] インダクタ421は、巻線の軸方向をY方向とした状態で、基板400の主面の+X側に配置されている。すなわち、インダクタ421の巻線の軸方向は、インダクタ412、431の巻線の軸方向と直交している。

[0053] ここで、可変キャパシタ422は、インダクタ412、431と、インダ

クタ421との間に配置されている。可変キャパシタ422の配置について、図4（A）及び図4（B）を用いて詳細に説明する。

[0054] 図4（A）に示すように、可変キャパシタ422の一部は、基板400の平面視において、インダクタ412とインダクタ421とを外縁の一部とする領域SR1に位置している。この領域SR1は、インダクタ412の巻線の軸方向の端面412Eと、インダクタ421の側面421L（端面と基板400の主面に直交する面）と、を側面とする空間を平面視して得られる領域である。

[0055] 図4（B）に示すように、可変キャパシタ422の一部は、インダクタ431とインダクタ421とを外縁の一部とする領域SR2に位置している。この領域SR2は、インダクタ431の巻線の軸方向の端面431Eと、インダクタ421の側面421Lと、を側面とする空間を平面視して得られる領域である。

[0056] インダクタ412、431の間には、いずれの素子も配置されていない。可変キャパシタ422、432は、インダクタ412、431を外縁の一部とする領域以外の領域に配置されている。

[0057] 以上に説明したように、インダクタ412、431、421の巻線の軸方向と、各インダクタに対する可変キャパシタ422、432の配置と、を調整する。すると、インダクタ421とインダクタ412の間では磁界結合の発生が抑制される。インダクタ412と、インダクタ412に直接的に接続された第2の並列腕LCフィルタ回路43のインダクタ431と、の間に生じる磁界結合K1（図3（B）を参照）の強度は、インダクタ421とインダクタ412との間に生じる磁界結合の強度よりも極大きい。同様に、インダクタ421とインダクタ431の間でも磁界結合の発生が抑制される。従って、インダクタ412とインダクタ431との間に生じる磁界結合K1の強度は、インダクタ421とインダクタ431との間に生じる磁界結合の強度よりも極大きい。

[0058] 本実施形態に係る周波数可変LCフィルタ40は、このように磁界結合さ

せる複数のインダクタと、磁界結合させないインダクタとを設定することで、より急峻な減衰特性を実現している。この減衰特性について、図5（A）及び図5（B）を用いて説明する。図5（A）は、周波数可変LCフィルタ40の伝送特性AC1と、比較例1に係る周波数可変LCフィルタの伝送特性CAC1を示す図である。伝送特性AC1は実線に示される。伝送特性CAC1は点線に示される。図5（B）は、比較例1に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。ただし、比較例1に係る周波数可変LCフィルタのインダクタL1はインダクタ412に相当し、インダクタL3はインダクタ431に相当し、インダクタL2はインダクタ421に相当し、可変キャパシタVC1は可変キャパシタ422に相当し、可変キャパシタVC2は可変キャパシタ432に相当する。

[0059] 比較例1に係る周波数可変LCフィルタでは、図5（B）に示すように、インダクタL2とインダクタL1とを外縁の一部とする領域には回路素子（可変キャパシタVC1、VC2を含む）は配置されていない。インダクタL3とインダクタL2とを外縁の一部とする領域にもいずれの回路素子も配置されていない。従って、インダクタL2は、インダクタL1、L3と磁界結合しやすくなっている。比較例1では、この不要な磁界結合の発生によって伝送特性の減衰特性がなだらかになる。

[0060] 図5（A）の特性図に示すように、本実施形態に係る周波数可変LCフィルタ40の伝送特性AC1は、比較例1に係る周波数可変LCフィルタの伝送特性CAC1に比べて、通過帯域の高域側の減衰極の周波数 f_{aH} が通過帯域の中心周波数 f_0 側に寄っている。また、中心周波数 f_0 から周波数 f_{aH} までは、伝送特性AC1の減衰域での減衰量（dB）は、伝送特性CAC1の同じ減衰域での減衰量より大きくなっている。すなわち、本実施形態に係る周波数可変LCフィルタ40の伝送特性AC1の減衰特性は、通過帯域の高域側において比較例1に係る伝送特性CAC1の減衰特性よりも急峻となっている。

[0061] また、周波数可変LCフィルタ40では、インダクタ421の不要な磁界

結合を防止するために、基板４００の主面のサイズを大型化してインダクタ４２１と他のインダクタ４１２、４３１とを遠ざける必要はない。周波数可変ＬＣフィルタ４０は、本来必要な可変キャパシタ４２２の配置を調整するのみで、基板４００のサイズを大型化することなく、当該不要な磁界結合を防止している。

[0062] また、周波数可変ＬＣフィルタ４０の構成を用いることによって、不要な磁界結合を防止するための回路素子を別途専用配置する必要もない。従って、周波数可変ＬＣフィルタ４０は、別途回路素子を配置することで発生する通過損失を防止することもできる。

[0063] 以上に説明したように、本実施形態に係る周波数可変ＬＣフィルタ４０は、より急峻な減衰特性を実現しながらも、基板４００の大型化を防止することができる。

[0064] また、図３（Ａ）に示すように、可変キャパシタ４２２は、可変キャパシタ４２２、インダクタ４２１、およびキャパシタ４１１を順に通る経路と、キャパシタ４１１、インダクタ４１２、インダクタ４３１、および可変キャパシタ４３２を順に通る経路と、の間に配置されている。この可変キャパシタ４２２の配置によって、可変キャパシタ４２２、インダクタ４２１、およびキャパシタ４１１を順に通る経路は、キャパシタ４１１、インダクタ４１２、インダクタ４３１、および可変キャパシタ４３２を順に通る経路と、電磁界結合しにくくなっている。従って、本実施形態に係る周波数可変ＬＣフィルタ４０は、経路間の不要な電磁界結合を防止することでも、減衰特性をより急峻にすることができている。

[0065] なお、図示を省略するが、周波数可変ＬＣフィルタ４０は、可変キャパシタ４２２と可変キャパシタ４３２の配置を入れ替えても同様の効果を得られる。また、インダクタ４２１の巻線の軸方向を、他のインダクタ４１２、４３１の巻線の軸方向と異ならせることは本発明に必須の構成ではない。

[0066] 次に、第２実施形態に係る周波数可変ＬＣフィルタ４０Ａについて説明する。図６は、周波数可変ＬＣフィルタ４０Ａの回路図である。図７は、周波

数可変LCフィルタ40Aが実装された基板400の平面模式図である。

[0067] 本実施形態に係る周波数可変LCフィルタ40Aは、第1の直列腕LCフィルタ回路41に代えて第1の直列腕LCフィルタ回路41Aを備える点において、実施形態1に係る周波数可変LCフィルタ40と相違する。重複する構成の説明は省略する。

[0068] 図6に示すように、第1の直列腕LCフィルタ回路41Aは、第1の直列腕LCフィルタ回路41に対して、キャパシタ413と、インダクタ414と、可変キャパシタ415とを追加したものである。

[0069] キャパシタ413は、一端が第1の接続端子P401に接続され、他端が第2の接続端子P402に接続されている。これにより、キャパシタ413は、キャパシタ411及びインダクタ412からなるLC直列腕フィルタ回路と並列接続されている。キャパシタ413とインダクタ412の並列回路の共振周波数 f_{412} は、中心周波数 f_0 よりも高く設定されている（ $f_{412} > f_0$ ）。

[0070] インダクタ414と可変キャパシタ415は並列接続されている。この並列回路は、キャパシタ411及びインダクタ412の接続端と接地電位との間に接続されている。この並列回路の共振周波数 f_{413} は、中心周波数 f_0 よりも低く設定されている（ $f_{413} < f_0$ ）。

[0071] 図7に示すように、インダクタ412、431は、巻線の軸方向をX方向とした状態で、基板400の主面において-X側に配置され、且つY方向に互いに近接配置されている。

[0072] 図7に示すように、インダクタ414、421は、巻線の軸方向をY方向とした状態で、基板400の主面において、+Y側且つX方向の中央付近に配置されている。可変キャパシタ415は、基板400の+Y側且つ-X側に配置されている。可変キャパシタ432は、基板400の主面において、-Y側且つX方向の中央付近に配置されている。インダクタ414、421の間には、いずれの回路素子も配置されていない。

[0073] より具体的には、図8（A）の平面模式図に示すように、可変キャパシタ

4 1 5の一部は、インダクタ4 1 2とインダクタ4 1 4と、を外縁の一部とする領域S R 3に配置されている。この領域S R 3は、インダクタ4 1 2, 4 1 4の側面4 1 2 L, 4 1 4 Lと、インダクタ4 1 2, 4 1 4の端面4 1 2 E, 4 1 4 Eと、を側面とする空間を平面視して得られる領域である。同様に、可変キャパシタ4 3 2の一部も、領域S R 3に位置している。

[0074] 図8 (B)の平面模式図に示すように、可変キャパシタ4 3 2の一部は、インダクタ4 3 1と、インダクタ4 1 4と、インダクタ4 2 1と、を外縁の一部とする領域S R 4に位置している。この領域S R 4は、インダクタ4 1 4, 4 2 1の端面4 1 4 E, 4 2 1 Eと、インダクタ4 3 1の端面4 3 1 Eと、を側面とする空間を平面視して得られる領域である。

[0075] 上述の配置によって、インダクタ4 1 2とインダクタ4 1 4との間では磁界結合の発生が抑制される。また、インダクタ4 3 1と、インダクタ4 1 4, 4 2 1との間でも磁界結合の発生が抑制される。その結果、インダクタ4 1 2と、インダクタ4 1 2に直接的に接続された第2の並列腕LCフィルタ回路4 3のインダクタ4 3 1と、の間に生じる磁界結合K 1の強度は、インダクタ4 1 2とインダクタ4 1 4, 4 2 1との間に生じる磁界結合の強度より大きくなる。磁界結合K 1の強度は、インダクタ4 3 1とインダクタ4 1 4, 4 2 1との間に乗じる磁界結合の強度より大きくなる。また、インダクタ4 1 4とインダクタ4 2 1との間に生じる磁界結合K 2 (図6を参照)の強度は、インダクタ4 1 4とインダクタ4 1 2, 4 3 1との間に生じる磁界結合の強度より大きくなる。磁界結合K 2の強度は、インダクタ4 2 1とインダクタ4 1 2, 4 3 1との間に生じる磁界結合の強度より大きくなる。これにより、本実施形態に係る周波数可変LCフィルタ4 0 Aは、基板4 0 0のサイズを大型化することなく、より急峻な減衰特性を実現している。

[0076] 図9 (A)は、周波数可変LCフィルタ4 0 Aの伝送特性A C 2と比較例2に係る周波数可変LCフィルタの伝送特性C A C 2とを示す図である。伝送特性A C 2は実線に示される。減衰特性C A C 2は点線に示される。図9 (B)は、比較例2に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面

模式図である。ただし、比較例 2 に係る周波数可変 LC フィルタのインダクタ L 4 はインダクタ 4 1 4 に相当し、可変キャパシタ VC 3 は可変キャパシタ 4 1 5 に相当する。

[0077] 比較例 2 に係る周波数可変 LC フィルタでは、図 9 (B) に示すように、インダクタ L 2, L 4 の巻線の軸方向は、X 方向となっている。可変キャパシタ VC 2, VC 3 は、インダクタ L 1 とインダクタ L 4 とを外縁の一部とする領域以外の領域に配置されている。可変キャパシタ VC 2 は、インダクタ L 3 とインダクタ L 2, L 4 とを外縁の一部とする領域以外の領域に配置されている。これにより、比較例 2 に係る周波数可変 LC フィルタでは、インダクタ L 4 とインダクタ L 1, L 3 との間に磁界結合が生じる。

[0078] 図 9 (A) の特性図に示すように、伝送特性 AC 2 の低域側の減衰極の周波数 f_{aL} は、比較例 2 に係る伝送特性 CAC 2 のものに比べて、中心周波数 f_0 に近づいている。また、周波数 f_{aL} から中心周波数 f_0 までは、伝送特性 AC 2 の減衰量 (dB) は、伝送特性 CAC 2 の減衰量よりも大きくなっている。伝送特性 AC 2 の高域側の減衰極の周波数 f_{aH} は、比較例 2 に係る伝送特性 CAC 2 のものに比べて、中心周波数 f_0 に近づいている。また、中心周波数 f_0 から周波数 f_{aH} までは、伝送特性 AC 2 の減衰量 (dB) は、伝送特性 CAC 2 の減衰量よりも大きくなっている。すなわち、伝送特性 AC 2 の減衰特性は、伝送特性 CAC 2 の減衰特性よりも急峻になっている。

[0079] また、インダクタ 4 3 1 を通る経路は、間に配置された可変キャパシタ 4 1 5 によって、インダクタ 4 1 4 を通る経路と電磁界結合しにくくなっている。さらに、インダクタ 4 3 1 を通る経路は、間に配置された可変キャパシタ 4 3 2 によって、インダクタ 4 1 4, 4 2 1 を通る経路と電磁界結合しにくくなっている。これにより、周波数可変 LC フィルタ 4 0 A は、より急峻な減衰特性を実現している。

[0080] 次に、第 3 実施形態に係る周波数可変 LC フィルタ 4 0 B について図を参照しつつ説明する。図 1 0 は、周波数可変 LC フィルタ 4 0 B の回路図であ

る。図 1 1 は、周波数可変 LC フィルタ 4 0 B が実装された基板 4 0 0 の平面模式図である。

[0081] 本実施形態に係る周波数可変 LC フィルタ 4 0 B は、周波数可変 LC フィルタ 4 0 A に対して、LC フィルタ回路 4 4 を追加したものである。LC フィルタ回路 4 4 は、固定キャパシタンスを有するキャパシタ 4 4 3 を備える。キャパシタ 4 4 3 は、第 1 の接続端子 P 4 0 1 と第 1 の直列腕 LC フィルタ回路 4 1 A との間に接続されている。LC フィルタ回路 4 4 は、さらに、互いに直列接続されるインダクタ 4 4 1 と、キャパシタ 4 4 2 とを備える。この直列回路は、第 1 の接続端子 P 4 0 1 及びキャパシタ 4 4 3 の接続端と、接地電位との間に接続されている。LC フィルタ回路 4 4 の各素子値は、周波数可変 LC フィルタ 4 0 A の通過帯域の低域側の減衰特性を改善するように、設定される。

[0082] 図 1 1 に示すように、インダクタ 4 1 2, 4 3 1 は、巻線の軸方向を X 方向とした状態で、基板 4 0 0 の主面において、-X 側且つ -Y 側に配置されている。インダクタ 4 1 2, 4 3 1 は、Y 方向において互いに近接配置されている。インダクタ 4 1 4, 4 2 1 は、巻線の軸方向を Y 方向とした状態で、基板 4 0 0 の主面において、X 方向の中央であって +Y 側に配置されている。インダクタ 4 1 4, 4 2 1 は、X 方向において互いに近接配置されている。

[0083] 図 1 1 に示すように、インダクタ 4 4 1 は、巻線の軸方向を Y 方向とした状態で、基板 4 0 0 の主面において、+X 側且つ -Y 側に配置されている。ここで、可変キャパシタ 4 2 2 の一部は、インダクタ 4 2 1 とインダクタ 4 4 1 とを外縁の一部とする領域に位置している。可変キャパシタ 4 3 2 の一部は、インダクタ 4 4 1 とインダクタ 4 3 1 とを外縁の一部とする領域に位置している。これにより、インダクタ 4 4 1 とインダクタ 4 2 1, 4 3 1 との間では磁界結合の発生が抑制される。その結果、インダクタ 4 1 2 と、インダクタ 4 1 2 に直接的に接続された第 2 の並列腕 LC フィルタ回路 4 3 のインダクタ 4 3 1 と、の間に生じる磁界結合 K 1 の強度は、インダクタ 4 1

2とインダクタ414, 421, 441との間に生じる磁界結合の強度より大きくなる。磁界結合K1の強度は、インダクタ431とインダクタ414, 421, 441との間に乗じる磁界結合の強度より大きくなる。また、インダクタ414とインダクタ421との間に生じる磁界結合K2（図10を参照）の強度は、インダクタ414とインダクタ412, 431, 441との間に生じる磁界結合の強度より大きくなる。磁界結合K2の強度は、インダクタ421とインダクタ412, 431, 441との間に生じる磁界結合の強度より大きくなる。これにより、本実施形態に係る周波数可変LCフィルタ40Bは、基板400のサイズを大型化することなく、より急峻な減衰特性を実現している。

[0084] 図12(A)は、周波数可変LCフィルタ40Bの伝送特性AC3と比較例3に係る周波数可変LCフィルタの伝送特性CAC3とを示す図である。伝送特性AC3は実線に示される。伝送特性CAC3は点線に示される。図12(B)は、比較例3に係る周波数可変LCフィルタが実装された基板の平面模式図である。ただし、比較例3に係る周波数可変LCフィルタのインダクタL5はインダクタ441に相当する。

[0085] 比較例3に係る周波数可変LCフィルタでは、図12(B)に示すように、インダクタL5の巻線の軸方向は、X方向となっている。可変キャパシタVC1は、インダクタL5とインダクタL4とを外縁の一部とする領域以外の領域に配置されている。可変キャパシタVC2は、インダクタL5とインダクタL3とを外縁の一部とする領域以外の領域に配置されている。これにより、比較例3に係る周波数可変LCフィルタでは、インダクタL5とインダクタL3, L4との間に磁界結合が生じる。

[0086] 図12(A)の特性図に示すように、伝送特性AC3は、LCフィルタ回路44の伝送特性における周波数 $f_{aL'}$ の減衰極によって、第2実施形態に係る周波数可変LCフィルタ40Aの伝送特性AC2（図9(A)を参照）に比べて、100MHz付近の減衰量が大きくなっている。

[0087] 図12(A)の特性図に示すように、伝送特性AC3の低域側の減衰極の

周波数 f_{aL} は、比較例 3 に係る伝送特性 $CAC3$ のものに比べて、中心周波数 f_0 に近づいている。伝送特性 $AC3$ の高域側の減衰極の周波数 f_{aH} は、比較例 3 に係る伝送特性 $CAC3$ のものに比べて、中心周波数 f_0 に近づいている。伝送特性 $AC3$ の減衰量 (dB) は、周波数 f_{aL} から周波数 f_0 の間では、伝送特性 $CAC3$ の減衰量よりも大きくなっている。同様に、伝送特性 $AC3$ の減衰量 (dB) は、周波数 f_0 から周波数 f_{aH} の間では、伝送特性 $CAC3$ の減衰量よりも大きくなっている。すなわち、伝送特性 $AC3$ の減衰特性は、伝送特性 $CAC3$ の減衰特性よりも急峻になっている。

[0088] また、上述の可変キャパシタ 422 の配置によって、インダクタ 441 を通る経路と、インダクタ 421 を通る経路の間に電磁界結合が生じにくくなっている。可変キャパシタ 432 の配置によって、インダクタ 441 を通る経路とインダクタ 431 を通る経路との間にも電磁界結合が生じにくくなっている。

[0089] 次に、図 13 (A) は、比較例 4 に係る周波数可変 LC フィルタが実装された基板の外観斜視図であり、図 13 (B) は、周波数可変 LC フィルタ 40B が実装された基板 400 の外観斜視図であり、図 13 (C) は、図 13 (A) に示す外観斜視図において発生した磁界の強さを示す図であり、図 13 (D) は、図 13 (B) に示す外観斜視図において発生した磁界の強さを示す図である。図 13 (C) 及び図 13 (D) において、線分は磁力線を示し、磁力線の密度が高いほど磁界が強いことを示す。すなわち、磁界が強いほど複数のインダクタ間で磁界結合が生じていることを示す。また、図 13 (A) に示す比較例 4 に係る配置では、可変キャパシタ 415, 432, 422 は基板 400 の主面に配置されていない点において、図 13 (B) に示す配置と相違する。

[0090] 図 13 (A) ~ 図 13 (D) に示すように、可変キャパシタ 415 の配置によって、インダクタ 412 とインダクタ 414 との間の磁界が弱まっている。可変キャパシタ 432 の配置によって、インダクタ 412 と、インダクタ 414, 421 との間の磁界が弱まっている。可変キャパシタ 432 の配

置によって、インダクタ４１２とインダクタ４４１との間の磁界が弱まっている。可変キャパシタ４２２の配置によって、インダクタ４２１とインダクタ４４１との間の磁界が弱まっている。

[0091] 上述の周波数可変ＬＣフィルタ４０，４０Ａ，４０Ｂは、例えば、ＴＶホワイトスペースを利用した無線通信用の高周波フロントエンドモジュールおよび通信装置に組み込まれる。

[0092] 図１４は、本発明の実施形態に係る高周波フロントエンドモジュールおよび通信装置の機能ブロック図である。図１４に示すように、通信装置１は、高周波フロントエンドモジュール１０、信号処理部８０、および、ベースバンド処理部８００を備える。高周波フロントエンドモジュール１０は、アンテナＡＮＴ、アンテナ整合回路２０、周波数固定フィルタ３０、周波数可変ＬＣフィルタ４０Ａ、分波回路５０、周波数可変フィルタ６１，６２、送信側増幅回路７１、受信側増幅回路７２、送信回路９１、および、受信回路９２を備える。ベースバンド処理部８００は、信号処理部８０に接続されており、通信装置１で実行する通信に関するベースバンドの信号処理を行い。信号処理部８０は、送信信号生成部８０１、復調部８０２、および、チャンネル決定部８１０を備える。周波数固定フィルタ３０が本発明の「周波数固定ＬＣフィルタ」に対応する。周波数可変フィルタ６１，６２が本発明の「第２周波数可変フィルタ」に対応する。

[0093] 高周波フロントエンドモジュール１０は、少なくとも、周波数固定フィルタ３０、周波数可変ＬＣフィルタ４０Ａ、および、周波数可変フィルタ６１を備えていればよい。この場合、周波数固定フィルタ３０、周波数可変ＬＣフィルタ４０Ａ、および、周波数可変フィルタ６１は、この順で直列に接続されている。分波回路５０、周波数可変フィルタ６２、送信側増幅回路７１、受信側増幅回路７２、送信回路９１、および、受信回路９２は、これらの一部もしくは全部の構成要素を省略することができる。

[0094] 本実施形態では、周波数可変ＬＣフィルタ４０Ａを用いたが、高周波フロントエンドモジュール１０は、周波数可変ＬＣフィルタ４０Ａに代えて、周

波数可変LCフィルタ40又は周波数可変LCフィルタ40Bを用いてもよい。

[0095] アンテナANTは、アンテナ整合回路20に接続されている。アンテナ整合回路20は、周波数固定フィルタ30に接続されている。周波数固定フィルタ30は、周波数可変LCフィルタ40Aの第1の接続端子P401に接続されている。周波数可変LCフィルタ40Aの第2の接続端子P402は、分波回路50のアンテナ側端子に接続されている。分波回路50の送信側端子は、周波数可変フィルタ61に接続されている。周波数可変フィルタ61は、送信側増幅回路71に接続されている。送信側増幅回路71は、送信回路91に接続されている。送信回路91は、信号処理部80の送信信号生成部801に接続されている。分波回路50の受信側端子は、周波数可変フィルタ62に接続されている。周波数可変フィルタ62は、受信側増幅回路72に接続されている。受信側増幅回路72は、受信回路92に接続されている。受信回路92は、信号処理部80の復調部802に接続されている。

[0096] 高周波フロントエンドモジュール10は、複数の通信チャンネルによって構成される通信バンドにおいて、空きの通信チャンネルを利用して高周波信号を送受信する。より具体的には、高周波フロントエンドモジュール10は、TVホワイトスペースの仕様に基づいて高周波信号を送受信する。TVホワイトスペースの仕様では、テレビジョン放送のUHF帯(470MHz~790MHz)のうち、テレビジョン放送の信号が伝送されていないチャンネルを空き通信チャンネルとして利用する。TVホワイトスペースの仕様では、1チャンネルの周波数帯域幅は、6MHzである。また、TVホワイトスペースの仕様では、各チャンネル間の周波数の幅も、数MHzと比較的に狭い。

[0097] 図15は、本発明の実施形態に係る高周波フロントエンドモジュール10の伝送特性を示す図である。図15には、通信バンドと各通信チャンネルとの関係を示している。なお、図15では、通信チャンネルCH30が選択チャンネル(高周波フロントエンドモジュール10で通信する空き通信チャン

ネル)である場合を示している。

[0098] アンテナ整合回路20は、アンテナANTと周波数固定フィルタ30から信号処理部80側の回路とのインピーダンス整合を行っている。アンテナ整合回路20は、インダクタおよびキャパシタによって構成されている。例えば、アンテナ整合回路20は、通信バンドの全体において、アンテナANTの反射損失が所望値以下になるように、インダクタおよびキャパシタの素子値が設定されている。

[0099] 周波数固定フィルタ30は、インダクタおよびキャパシタによって構成されている。すなわち、周波数固定フィルタ30は、周波数固定型のLCフィルタである。周波数固定フィルタ30は、通信バンドの周波数帯域が通過域内となり、通信バンド外の周波数帯域が減衰域内となるように、インダクタおよびキャパシタの素子値が設定されている。例えば、周波数固定フィルタ30は、800MHzをカットオフ周波数とする低域通過フィルタによって構成されている。図15の伝送特性SF30に示すように、周波数固定フィルタ30では、通信バンドの周波数帯域は通過域内となり、通信バンドの周波数帯域よりも高い周波数帯域は減衰域内となっている。これにより、周波数固定フィルタ30は、通信バンド内の高周波信号を低損失に伝送し、通信バンド外の高周波信号を減衰させる。

[0100] 周波数可変LCフィルタ40Aは、選択チャンネルに応じて、通過帯域および減衰域を変化させる。この際、選択チャンネルの周波数帯域は、通過帯域に含まれている。図15の伝送特性SF40に示すように、周波数可変LCフィルタ40Aの通過帯域の周波数帯域幅は、選択チャンネルの周波数帯域幅よりも広い。例えば、周波数可変LCフィルタ40Aの通過帯域の周波数帯域幅は、選択チャンネルの周波数帯域幅の10倍程度である。

[0101] 周波数可変LCフィルタ40Aは、周波数軸上での通過帯域の両側に減衰極を有する。図15の伝送特性SF40に示すように、周波数可変LCフィルタ40Aの減衰域では、減衰量が大幅に小さくなる周波数帯域はなく、通過帯域外では、通信バンド内のどの周波数であっても所定の減衰量を得るこ

とができる。

[0102] これにより、周波数可変LCフィルタ40Aは、選択チャンネルを含む複数チャンネル分の周波数帯域の高周波信号を低損失に伝送し、それ以外の周波数帯域の高周波信号を減衰させる。したがって、周波数可変LCフィルタ40Aは、通信バンド内における選択チャンネルの周波数から離間した周波数に存在する不要波を減衰することができる。特に、周波数可変LCフィルタ40Aは、後述する共振子を用いた周波数可変フィルタ61、62よりも減衰帯域の周波数範囲を広くすることができるので、使用する通信チャンネル（選択チャンネル）によって変化する、通信バンド内の広い周波数帯域で発生し得るIMDの減衰に有効である。

[0103] 分波回路50は、サーキュレータ、デュプレクサ等からなる。分波回路50は、送信側端子から入力される送信信号（高周波信号）をアンテナ側端子に出力し、アンテナ側端子から入力された受信信号（高周波信号）を受信側端子に出力する。

[0104] 周波数可変フィルタ61、62は、弾性波共振子と可変キャパシタを少なくとも備えている。弾性波共振子とは、SAWやBAW等で用いられている共振子であって、弾性波を利用する共振子である。さらに、周波数可変フィルタ61、62は、伝送特性に応じてインダクタおよびキャパシタを少なくとも1つ備えている。すなわち、周波数可変フィルタ61、62は、周波数可変型の共振子フィルタである。周波数可変フィルタ61、62は、共振子の共振点と反共振点とを利用した帯域通過フィルタである。周波数可変フィルタ61、62の基本構成は同じであるので、以下では周波数可変フィルタ61について説明する。

[0105] 周波数可変フィルタ61は、選択チャンネルに応じて、通過帯域および減衰域を変化させる。この際、選択チャンネルの周波数帯域は、通過帯域に含まれている。図15の伝送特性SF61に示すように、周波数可変フィルタ61の通過帯域の周波数帯域幅は、選択チャンネルの周波数帯域幅（1チャンネル分の帯域幅）と略同じである。

[0106] 周波数可変フィルタ 61 は、周波数軸上での通過帯域の両側に減衰極を有する。周波数可変フィルタ 61 は共振子フィルタであるので、図 15 の伝送特性 S F 61 に示すように、通過帯域の減衰特性は LC フィルタよりも急峻である。これにより、周波数可変フィルタ 61 は、選択チャンネルの高周波信号を低損失に伝送し、隣接する通信チャンネルの高周波信号を減衰させる。

[0107] ところで、図 15 の伝送特性 S F 61 に示すように、周波数可変フィルタ 61 の減衰域では、減衰極を基準にして通過帯域と反対側の周波数帯域では減衰量が小さくなる周波数帯域を有する。しかしながら、高周波信号の伝送経路において、周波数可変フィルタ 61、周波数可変 LC フィルタ 40 A、および、周波数固定フィルタ 30 が直列に接続されていることにより、周波数可変フィルタ 61 によって減衰量が得られない周波数帯域であっても、周波数可変 LC フィルタ 40 A および周波数固定フィルタ 30 によって十分な減衰量を得ることができる。

[0108] これにより、図 15 の総合伝送特性 S F t x に示すように、選択チャンネルの高周波信号を低損失に伝送し、隣接チャンネルを含む選択チャンネル以外の周波数帯域の高周波信号を減衰させることができる。これは、選択チャンネルを切り替えても同様の作用効果が得られる。

[0109] 送信側増幅回路 71 は、増幅素子を備える。送信側増幅回路 71 は、送信信号生成部 801 で生成された送信信号を増幅して、周波数可変フィルタ 61 に出力する。受信側増幅回路 72 は、いわゆる LNA（ローノイズアンプ）を備える。受信側増幅回路 72 は、周波数可変フィルタ 62 から出力された受信信号を増幅して、復調部 802 に出力する。

[0110] 信号処理部 80 のチャンネル決定部 810 は、通信バンド内の空き通信チャンネルを検出する。例えば、チャンネル決定部 810 は、外部から空き通信チャンネルのマップを取得し、当該マップに基づいて空き通信チャンネルを検出する。チャンネル決定部 810 は、空き通信チャンネルの少なくとも 1 つを選択して、選択チャンネルに設定する。チャンネル決定部 810 は、

選択チャンネルを送信信号生成部 801 に出力する。送信信号生成部 801 は、選択チャンネルの周波数からなる高周波信号で送信信号を生成し、送信側増幅回路 71 に出力する。なお、図示していないが、チャンネル決定部 810 は、選択チャンネルを復調部 802 に出力する。復調部 802 は、選択チャンネルに基づくローカル信号によって、受信信号を復調する。

[0111] チャンネル決定部 810 は、周波数可変 LC フィルタ 40A、送信側増幅回路 71、周波数可変フィルタ 61、62 にも選択チャンネルを出力する。周波数可変 LC フィルタ 40A、周波数可変フィルタ 61、62 は、この選択チャンネルを用いて上述のような伝送特性を実現する。送信側増幅回路 71 は、この選択チャンネルを用いて送信信号の増幅処理を行う。

[0112] ここで、上述のように、周波数可変 LC フィルタ 40A は、より急峻な減衰特性を実現している。従って、周波数可変 LC フィルタ 40A を高周波フロントエンドモジュール 10 に用いれば、選択されていないチャンネルの成分を効果的に減衰させることができる。これについて、図 16 を参照しながら説明する。

[0113] 図 16 は、伝送特性 SF40 の高域側の減衰極の部分拡大図である。図 16 の部分拡大図に示す例では、閾値が -30 dB に設定されている。周波数可変 LC フィルタ 40A の伝送特性 SF40 では、チャンネル CH50 ~ CH52 のレベルは、 -30 dB より小さくなっている。これに対し、比較例 2（図 9（B）に示す例）に係る周波数可変 LC フィルタの減衰特性では、チャンネル CH50 ~ CH52 のレベルは、 -30 dB より大きくなっている。このように、周波数可変 LC フィルタ 40A は、より急峻な減衰特性によって、未選択のチャンネルの信号を十分に減衰させることができている。

[0114] 以上のように、本実施形態の高周波フロントエンドモジュール 10 の構成を用いることによって、複数の通信チャンネルによって構成される通信バンドにおける選択された通信チャンネル（選択チャンネル）で無線通信を行う場合に、選択チャンネルを用いて、低損失な無線通信を実現することができる。

[0115] 次に、図17(A)は、高周波フロントエンドモジュール10が実装されたメイン基板10Mの平面模式図である。ただし、図17(A)において、高周波フロントエンドモジュール10の構成の一部の図示は省略されている。

[0116] 図17(A)に示すように、メイン基板10Mにおいて、周波数可変フィルタ40が実装された基板400は、周波数可変フィルタ61、62と、周波数固定フィルタ30と、の間に配置されている。基板400の主面において、可変キャパシタ432は、インダクタ412、431と周波数可変フィルタ61、62との間に配置されている。これにより、周波数可変フィルタ61、62がインダクタを備える場合であっても、当該インダクタとインダクタ431との間では不要な磁界結合の発生が抑制される。周波数可変フィルタ61、62のインダクタとインダクタ412、431との間に不要な磁界結合の発生が抑制されるので、周波数可変フィルタ40の急峻な減衰特性は、不要な磁界結合による影響を受けにくくなる。従って、図17(A)に示す配置は、周波数可変LCフィルタ40Aの急峻な減衰特性を維持したまま、高周波フロントエンドモジュール10に周波数可変LCフィルタ40を組み込むことができる。

[0117] なお、周波数可変フィルタ61、62と周波数固定フィルタ30を入れ替えて周波数可変LCフィルタ40に接続してもよい。この場合、可変キャパシタ432は、インダクタ412、431と周波数固定フィルタ30との間に配置される。従って、周波数可変フィルタ61、62と周波数固定フィルタ30を入れ替えて周波数可変LCフィルタ40に接続した場合であっても、インダクタ412、431と周波数固定フィルタ30との間における不要な磁界結合の発生が抑制される。

[0118] 図17(B)は、周波数可変フィルタ40Aを備える高周波フロントエンドモジュール10Aが実装されたメイン基板10Mの平面模式図である。この図17(B)に示す配置例では、可変キャパシタ422は、インダクタ421と周波数固定フィルタ30との間に配置されている。これにより、周波

数固定フィルタ 30 のインダクタとインダクタ 421 との間では不要な磁界結合の発生が抑制される。周波数固定フィルタ 30 のインダクタとインダクタ 421 との間では不要な磁界結合の発生が抑制されるので、周波数可変フィルタ 40 の急峻な減衰特性は、当該磁界結合による影響を受けにくくなる。従って、図 17 (B) に示す配置は、周波数可変 LC フィルタ 40 A の急峻な減衰特性を維持したまま、高周波フロントエンドモジュール 10 に周波数可変 LC フィルタ 40 A を組み込むことができる。また、図 17 (A) に示す配置と同様に、可変キャパシタ 432 の配置によって、周波数可変フィルタ 61, 62 のインダクタとインダクタ 431 との間では磁界結合の発生が抑制される。

[0119] 図 18 は、周波数可変フィルタ 40 B を備える高周波フロントエンドモジュール 10 が実装されたメイン基板 10 M の平面模式図である。この図 18 に示す配置例は、図 17 (B) に示す配置と同様である。従って、周波数固定フィルタ 30 のインダクタとインダクタ 421 との間では不要な磁界結合の発生が抑制される。また、周波数可変フィルタ 61, 62 のインダクタとインダクタ 431 との間では不要な磁界結合の発生が抑制される。従って、図 18 に示す配置は、周波数可変 LC フィルタ 40 B の急峻な減衰特性を維持したまま、高周波フロントエンドモジュール 10 に周波数可変 LC フィルタ 40 B を組み込むことができる。

[0120] 次に、第 4 実施形態に係る周波数可変 LC フィルタ 40 C について説明する。図 19 は、周波数可変 LC フィルタ 40 A の回路図である。

[0121] 本実施形態に係る周波数可変 LC フィルタ 40 C は、第 2 の並列腕 LC フィルタ回路 43 に代えて第 2 の並列腕 LC フィルタ回路 43 C を備える点、第 2 の直列腕 LC フィルタ回路 45 を備える点、キャパシタ 425、426 を備える点において、実施形態 2 に係る周波数可変 LC フィルタ 40 A と相違する。重複する構成の説明は省略する。

[0122] 図 19 に示すように、第 2 の並列腕 LC フィルタ回路 43 C は、第 2 の並列腕 LC フィルタ回路 43 に対して、インダクタ 433 を追加したものであ

る。

- [0123] インダクタ433は、インダクタ431と可変キャパシタ432の直列回路に対して、並列接続されている。
- [0124] 第2の直列腕LCフィルタ回路45は、インダクタ451とキャパシタ452とを備える。インダクタ451とキャパシタ452とは、並列接続されている。第2の直列腕LCフィルタ回路45の一端は、第2の接続端子P402に接続されている。第2の直列腕LCフィルタ回路45の他端は、第1の直列腕LCフィルタ回路41Aと第2の並列腕LCフィルタ回路43Cとの接続点に接続されている。
- [0125] 第2の直列腕LCフィルタ回路45を構成するインダクタ451とキャパシタ452の並列共振回路の共振周波数は、周波数可変LCフィルタ40Cの通過帯域の高周波数側に設定されている。
- [0126] キャパシタ425とキャパシタ426とは、直列接続されている。キャパシタ425の一端は、第1の直列腕LCフィルタ回路41Aに接続されており、他端はキャパシタ426の一端に接続されている。キャパシタ426の他端は、第1の接続端子P401に接続されている。キャパシタ425とキャパシタ426との接続点と接地電位との間には、第1の並列腕LCフィルタ回路42が接続されている。
- [0127] このような構成からなる周波数可変LCフィルタ40Cは、例えば、次に示す回路に適用されている。図20は、高周波フロントエンドモジュール10Aの回路ブロック図である。図20に示すように、高周波フロントエンドモジュール10Aは、アンテナANT、周波数可変ダイプレクサ50、RFIC81、82を備える。分波回路50Aは、高域通過フィルタ51と周波数可変フィルタ52とを備える。すなわち、分波回路50Aは、周波数可変ダイプレクサである。分波回路50Aは、第1の接続端子P401、第2の接続端子P402、および、第3の接続端子P403を備える。高域通過フィルタ51は、第1の接続端子P401と第3の接続端子P403との間に接続されている。周波数可変フィルタ52は、第1の接続端子P401と第

2の接続端子P402との間に接続されている。この周波数可変フィルタ52が、周波数可変LCフィルタ40Cによって実現されている。

[0128] 第1の接続端子P401は、アンテナANTに接続されており、第2の接続端子P402は、RFIC82に接続されており、第3の接続端子P403は、RFIC81に接続されている。

[0129] 周波数可変LCフィルタ40Cは、次に示すような部品配置構成によって実現されている。図21、図22(A)及び図22(B)は、それぞれ、周波数可変LCフィルタ40Cが実装された基板の平面模式図である。

[0130] 図21に示すように、第2の接続端子P402は、基板400の主面において、-Y側且つX方向の中央付近に配置されている。

[0131] インダクタ412, 431は、巻線の軸方向をX方向とした状態で、基板400の主面において-X側に配置され、且つY方向に互いに近接配置されている。インダクタ414, 421は、巻線の軸方向をY方向とした状態で、基板400の主面において、+Y側且つX方向の中央付近に配置されている。インダクタ451は、巻線の軸方向をY方向とした状態で、基板400の主面において、-Y側且つX方向の中央付近に配置されている。可変キャパシタ432は、基板400の主面において、Y方向およびX方向の中央付近に配置されている。

[0132] より具体的には、図22(A)の平面模式図に示すように、可変キャパシタ432の一部は、インダクタ421とインダクタ451とを外縁の一部とする領域SR5に配置されている。この領域SR5は、インダクタ421, 451の端面421E, 451Eを、対向する二側面とする空間を平面視して得られる領域である。

[0133] この配置によって、インダクタ421とインダクタ451との間の磁界結合は、抑制される。

[0134] また、図22(B)の平面模式図に示すように、可変キャパシタ432の一部は、インダクタ431とインダクタ451とを外縁の一部とする領域SR6に位置している。この領域SR6は、インダクタ431, 451の端面

4 3 1 E, 4 5 1 Eを、対向する二側面とする空間を平面視して得られる領域である。

[0135] この配置によって、インダクタ4 3 1とインダクタ4 5 1との間の磁界結合は、抑制される。

[0136] そして、周波数可変LCフィルタ4 0 Cは、このような構成を備えることによって、次に示すような伝送特性を実現できる。図2 3は、周波数可変LCフィルタ4 0 Cの伝送特性を示す図である。図2 3において、実線はチャンネルCH aの伝送特性、点線はチャンネルCH bの伝送特性、破線はチャンネルCH cの伝送特性、二点破線はチャンネルCH dの伝送特性を示す。例えば、チャンネルCH aは4 3 0 MHz帯であり、チャンネルCH bは7 7 0 MHz帯であり、チャンネルCH cは8 6 5 MHz帯であり、チャンネルCH dは9 1 5 MHz帯である。

[0137] 図2 3に示すように、周波数可変LCフィルタ4 0 Cの構成を備えることによって、通過帯域の高周波数側において、必要減衰量である−3 0 [dB]を確保できる。この際、いずれのチャンネルを選択しても、通過帯域の高周波数側において、必要減衰量を確保できる。

[0138] 一方、周波数可変LCフィルタ4 0 Cの構成を備えない場合には、次に示すように、必要減衰量を得られない場合がある。

[0139] 図2 4 (A)は、比較例5の周波数可変フィルタが実装された基板の平面模式図であり、図2 4 (B)は、その伝送特性を示す図である。

[0140] 図2 4 (A)に示すように、比較例5は、周波数可変LCフィルタ4 0 Cと同じ回路構成であるが、インダクタ4 2 1とインダクタ4 5 1との間の領域に可変キャパシタ4 3 2が位置していない構成を有する。この場合、図2 4 (B)に示すように、チャンネルCH a, CH b, CH cにおいて、必要減衰量を得られない周波数帯域が生じる。

[0141] 図2 5 (A)は、比較例6の周波数可変フィルタが実装された基板の平面模式図であり、図2 5 (B)は、その伝送特性を示す図である。

[0142] 図2 5 (A)に示すように、比較例6は、周波数可変LCフィルタ4 0 C

と同じ回路構成であるが、インダクタ431とインダクタ451との間の領域に可変キャパシタ432が位置していない構成を有する。この場合、図25(B)に示すように、チャンネルCHa, CHb, CHc, CHdの全てにおいて、必要減衰量を得られない周波数帯域が生じる。

[0143] なお、上述の説明では、周波数可変LCフィルタ40Cを、図22に示す分波回路50Aに適用する態様を示したが、単独の周波数可変LCフィルタとして利用することも可能であり、図14に示す周波数可変LCフィルタ40Aと置き換えて利用することも可能である。

[0144] また、上述の周波数可変LCフィルタ40Cの特徴的な配置は、図17の周波数可変LCフィルタ40、40A、および、図18の周波数可変LCフィルタ40Bにも適用可能である。

符号の説明

- [0145] P401…第1の接続端子
P402…第2の接続端子
P403…第3の接続端子
SR1～SR4…領域
1…通信装置
10, 10A…高周波フロントエンドモジュール
20…アンテナ整合回路
30…周波数固定フィルタ
40, 40A, 40B, 40C…周波数可変LCフィルタ
41, 41A…フィルタ回路
42…LCフィルタ回路
43…LCフィルタ回路
44…LCフィルタ回路
45…LCフィルタ回路
50, 50A…分波回路
51…高域通過フィルタ

6 1, 6 2 …周波数可変フィルタ

7 1 …送信側増幅回路

7 2 …受信側増幅回路

8 0 …信号処理部

8 1, 8 2 …R F I C

9 1 …送信回路

9 2 …受信回路

4 0 0 …基板

4 1 2, 4 1 4, 4 2 1, 4 3 1, 4 3 3, 4 4 1, 4 5 1 …インダクタ

4 1 1, 4 1 3, 4 2 5, 4 2 6, 4 4 2, 4 4 3, 4 5 2 …キャパシタ

4 1 5, 4 3 2, 4 2 2 …可変キャパシタ

8 0 0 …ベースバンド処理部

8 0 1 …送信信号生成部

8 0 2 …復調部

8 1 0 …チャンネル決定部

請求の範囲

[請求項1]

入力端子と、

出力端子と、

第1インダクタを有し、前記入力端子と前記出力端子との間に接続された第1の直列腕LCフィルタ回路と、

第2インダクタ及び第1可変キャパシタを有し、前記入力端子及び前記第1の直列腕LCフィルタ回路の接続点と、接地電位と、の間に接続される、第1の並列腕LCフィルタ回路と、

第3インダクタ及び第2可変キャパシタを有し、前記出力端子及び前記第1の直列腕LCフィルタ回路の接続点と、接地電位と、の間に接続される、第2の並列腕LCフィルタ回路と、

が基板の主面に実装された周波数可変LCフィルタであって、

前記第2の並列腕LCフィルタ回路は、前記第1インダクタと直接的に接続されており、

前記第1可変キャパシタ、および、前記第2可変キャパシタは、前記主面において、前記第1インダクタと前記第3インダクタとの間に生じる磁界結合の強度が、前記第2インダクタと前記第1、第3インダクタとの間に生じる磁界結合の強度よりも大きくなるように、配置される、

周波数可変LCフィルタ。

[請求項2]

前記第1可変キャパシタ、及び、前記第2可変キャパシタは、前記主面において、前記第1インダクタと、前記第3インダクタと、を外縁の一部とする領域以外の領域に配置され、

前記第1可変キャパシタ、及び、前記第2可変キャパシタの少なくとも一方の可変キャパシタの一部は、前記主面において、前記第2インダクタと前記第1、第3インダクタとを外縁の一部とする領域に配置される、

請求項1に記載の周波数可変LCフィルタ。

- [請求項3] 前記外縁の一部は、前記第1, 第3インダクタの端面又は側面で構成される、
請求項2に記載の周波数可変LCフィルタ。
- [請求項4] 前記第2インダクタと、前記第1, 第3インダクタとは、前記主面において、互いに巻軸方向が異なるように配置されている巻線インダクタである、
請求項1～3のいずれかに記載の周波数可変LCフィルタ。
- [請求項5] 前記第2インダクタは、前記主面の所定方向において、一方端側に配置され、
前記第1, 第3インダクタは、前記主面の所定方向において、他方端側に配置されている、
請求項1～4のいずれかに記載の周波数可変LCフィルタ。
- [請求項6] 前記第1の直列腕LCフィルタ回路は、
第3可変キャパシタ及び第4インダクタを有する並列LCフィルタ回路であって、前記入力端子と前記出力端子との間の経路と接地電位との間に接続される並列LCフィルタ回路と、
前記第1インダクタに並列接続される固定キャパシタと、を備え、
前記第1, 第2, および第3可変キャパシタは、前記主面において、前記第1インダクタと前記第3インダクタとを外縁の一部とする領域以外の領域に配置され、
前記第1, 第2, および第3可変キャパシタの少なくとも1つの可変キャパシタの一部は、前記主面において、前記第1インダクタと、前記第4インダクタとを外縁の一部とする領域に配置される、
請求項1～5のいずれかに記載の周波数可変LCフィルタ。
- [請求項7] 前記外縁の一部は、前記第1, 第3, 第4インダクタの端面若しくは側面で構成される、又は、前記第2, 第3, 第4インダクタの端面若しくは側面で構成される、

請求項 6 に記載の周波数可変 LC フィルタ。

[請求項 8] 前記入力端子及び前記第 1 の直列腕 LC フィルタ回路との接続点と、接地電位との間に接続された第 3 並列腕 LC フィルタ回路をさらに備え、

前記第 3 並列腕 LC フィルタ回路は、

前記入力端子と前記直列腕 LC フィルタ回路との間に接続された固定キャパシタと、

該固定キャパシタ及び前記入力端子の接続点と接地電位との間に直列に接続された第 5 インダクタ及び固定キャパシタと、を有し、

前記第 1、第 2、および第 3 可変キャパシタの少なくとも 1 つの可変キャパシタの一部は、前記主面において、前記第 5 インダクタと、前記第 2 インダクタとを外縁の一部とする領域に配置される、

請求項 7 に記載の周波数可変 LC フィルタ。

[請求項 9] 前記出力端子と前記第 1 の直列腕 LC フィルタ回路との間に接続された第 2 の直列腕 LC フィルタ回路をさらに備え、

前記第 2 の直列腕 LC フィルタ回路は、

前記出力端子と前記第 1 の直列腕 LC フィルタ回路との間に接続され、互いに並列接続された第 6 インダクタ及び固定キャパシタを有し、

前記第 2 可変キャパシタの一部は、

前記主面において、前記第 2 インダクタと、前記第 6 インダクタとを外縁の一部とする領域、

および、

前記主面において、前記第 3 インダクタと、前記第 6 インダクタとを外縁の一部とする領域、

に配置されている、請求項 1 ～ 8 のいずれに記載の周波数可変 LC フィルタ。

[請求項 10] 請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の周波数可変 LC フィルタと、

前記周波数可変 LC フィルタの前記入力端子に接続される周波数固定 LC フィルタと、

前記周波数可変 LC フィルタの前記出力端子に接続される第 2 周波数可変フィルタと、

を備える高周波フロントエンドモジュール。

[請求項11] 前記周波数固定 LC フィルタの通過帯域は、前記周波数可変 LC フィルタの通過帯域を含み、

前記周波数可変 LC フィルタの通過帯域は、前記第 2 周波数可変フィルタの通過帯域を含む、

請求項 10 に記載の高周波フロントエンドモジュール。

[請求項12] 前記基板、前記周波数固定 LC フィルタ、および第 2 周波数可変フィルタが実装されるメイン基板をさらに備え、

前記第 1 可変キャパシタ、および前記第 2 可変キャパシタの少なくとも一方は、前記メイン基板の主面において、前記第 2 インダクタと、前記第 2 周波数可変フィルタとの間に配置されるか、又は、前記第 2 インダクタと、前記周波数固定 LC フィルタとの間に配置される、

請求項 11 に記載の高周波フロントエンドモジュール。

[請求項13] 前記周波数可変 LC フィルタの通過帯域は、TV ホワイトスペースの周波数帯域を含む、

請求項 10～12 のいずれかに記載の高周波フロントエンドモジュール。

[請求項14] 送信信号を生成する送信回路と、

前記送信信号を増幅する増幅回路と、をさらに備える、

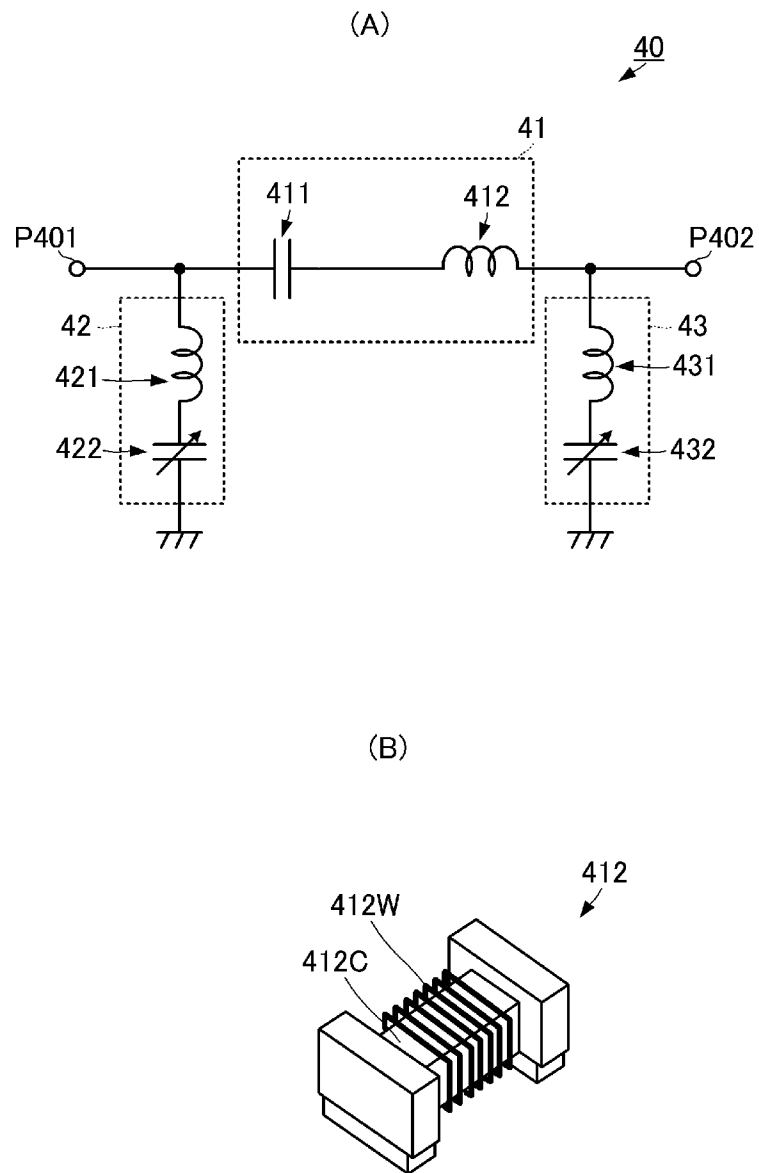
請求項 10～13 のいずれかに記載の高周波フロントエンドモジュール。

[請求項15] 請求項 14 に記載の高周波フロントエンドモジュールと、

前記送信信号と、前記第 2 周波数可変フィルタを通過する受信信号とを信号処理する信号処理部と、

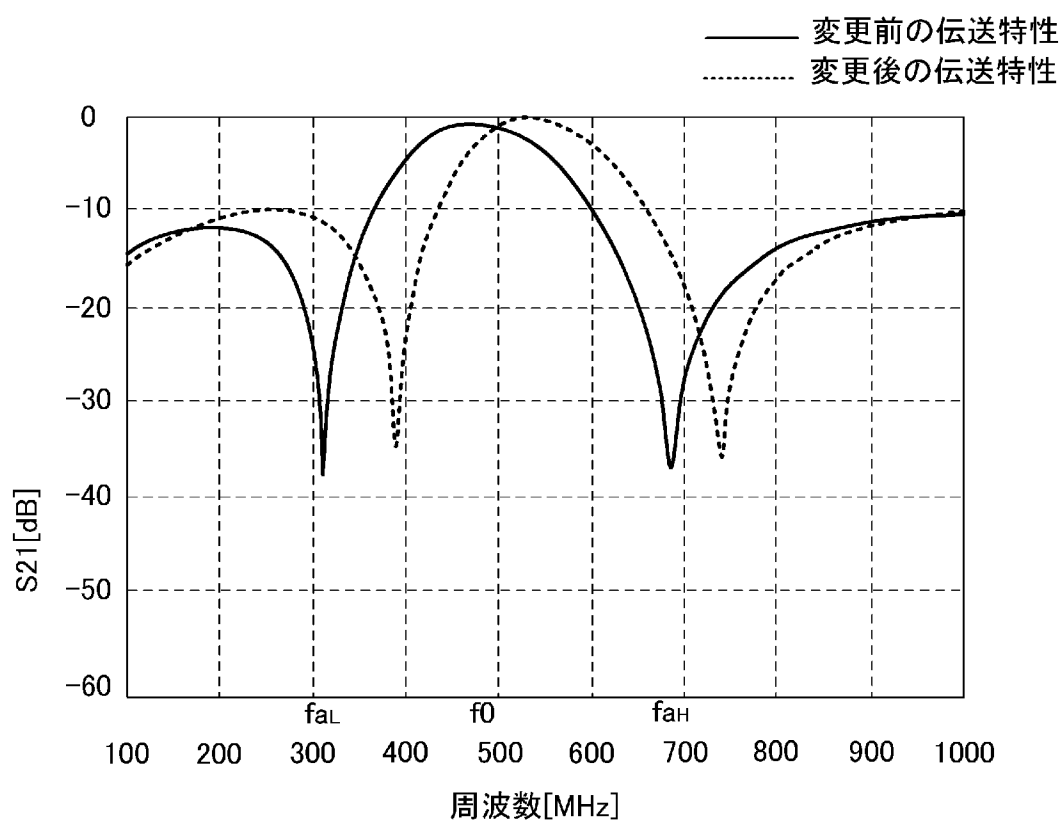
前記送信信号と前記受信信号とを用いた通信のベースバンドの信号
処理を実行するベースバンド処理部と、
を備える、
通信装置。

[図1]
【FIG.1】



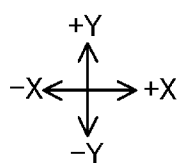
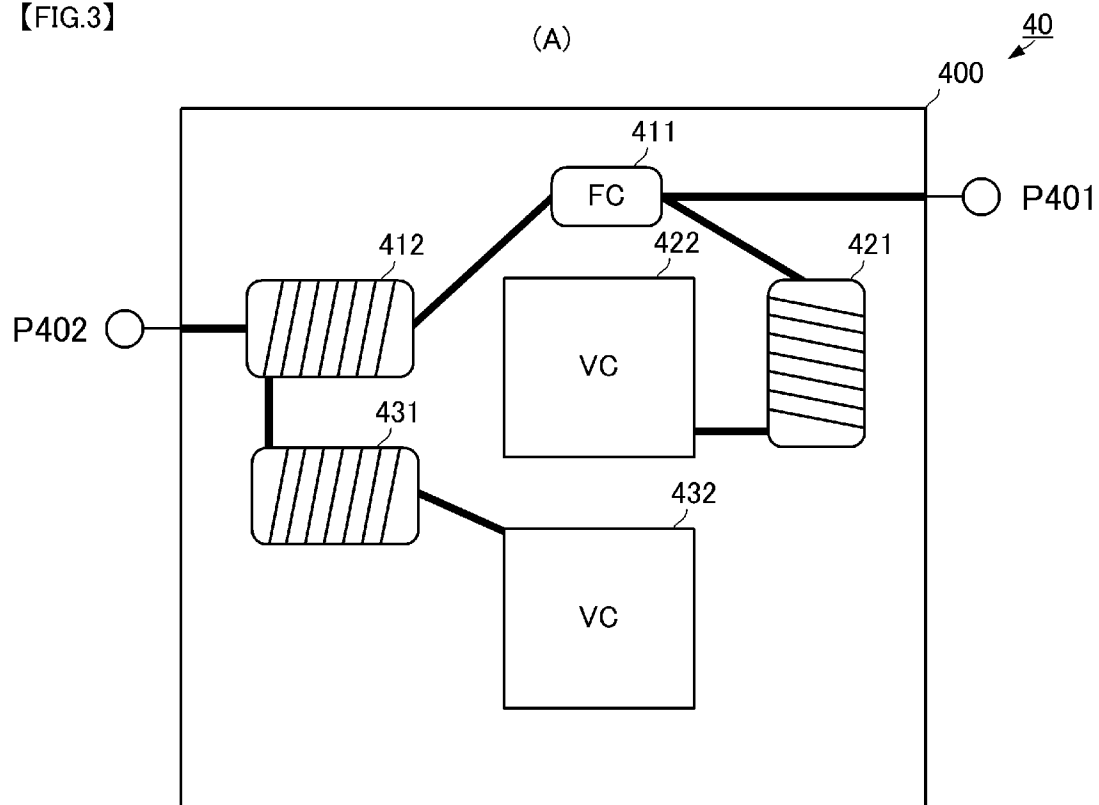
[図2]

【FIG.2】

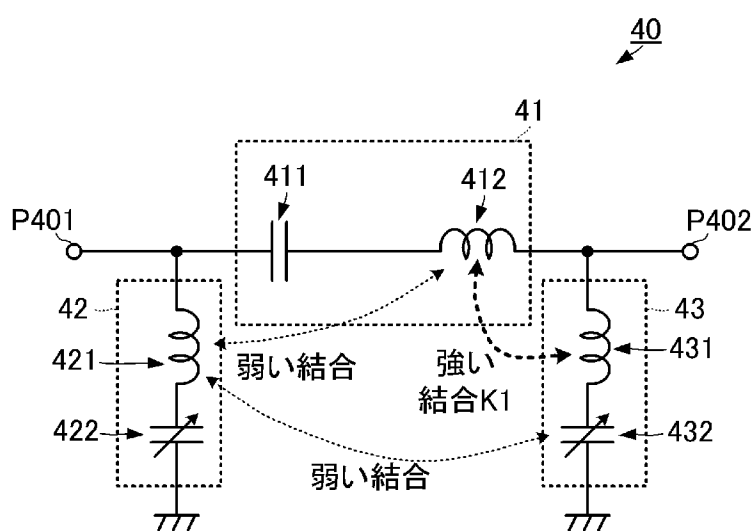


[図3]

【FIG.3】

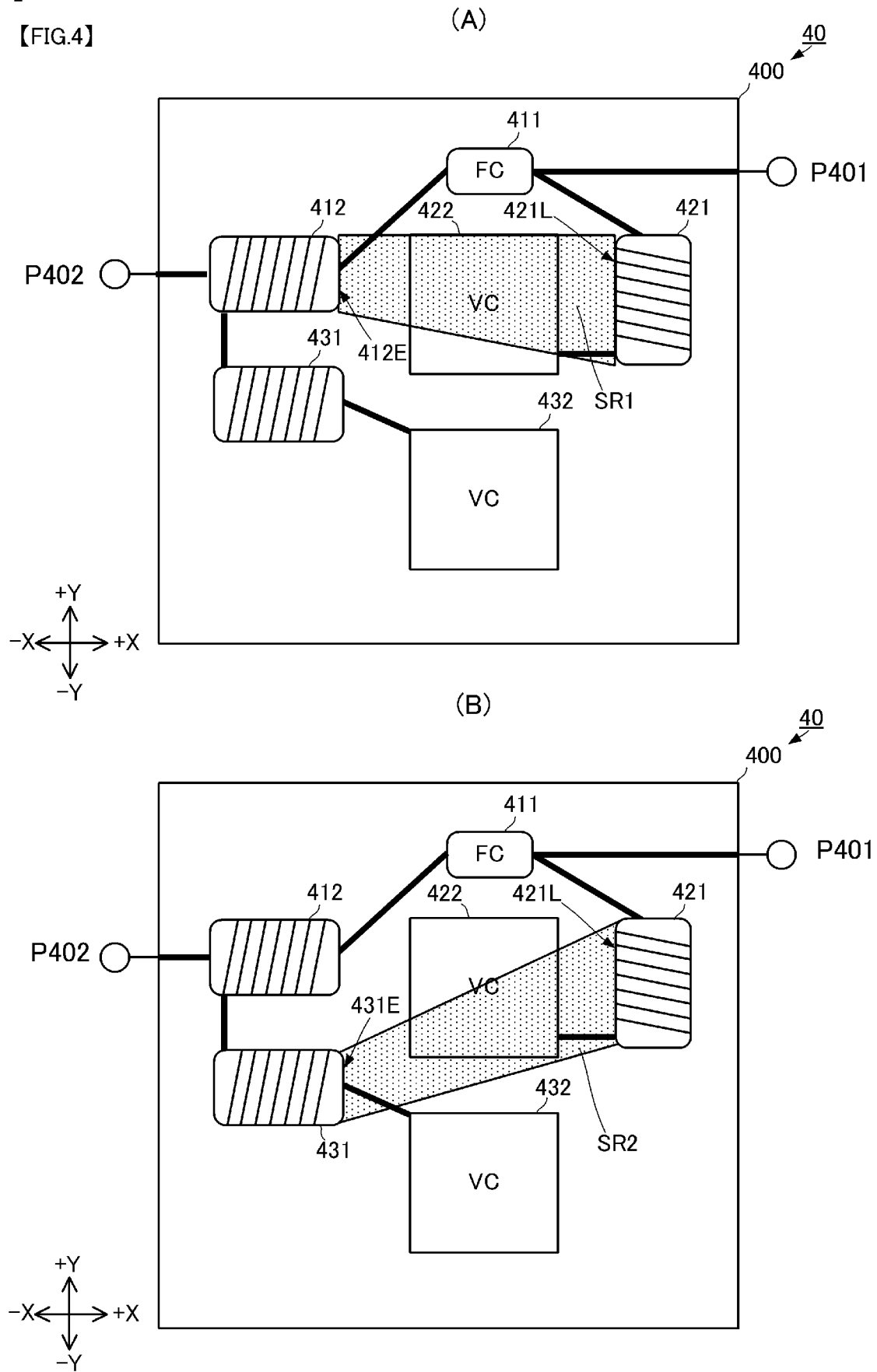


(B)

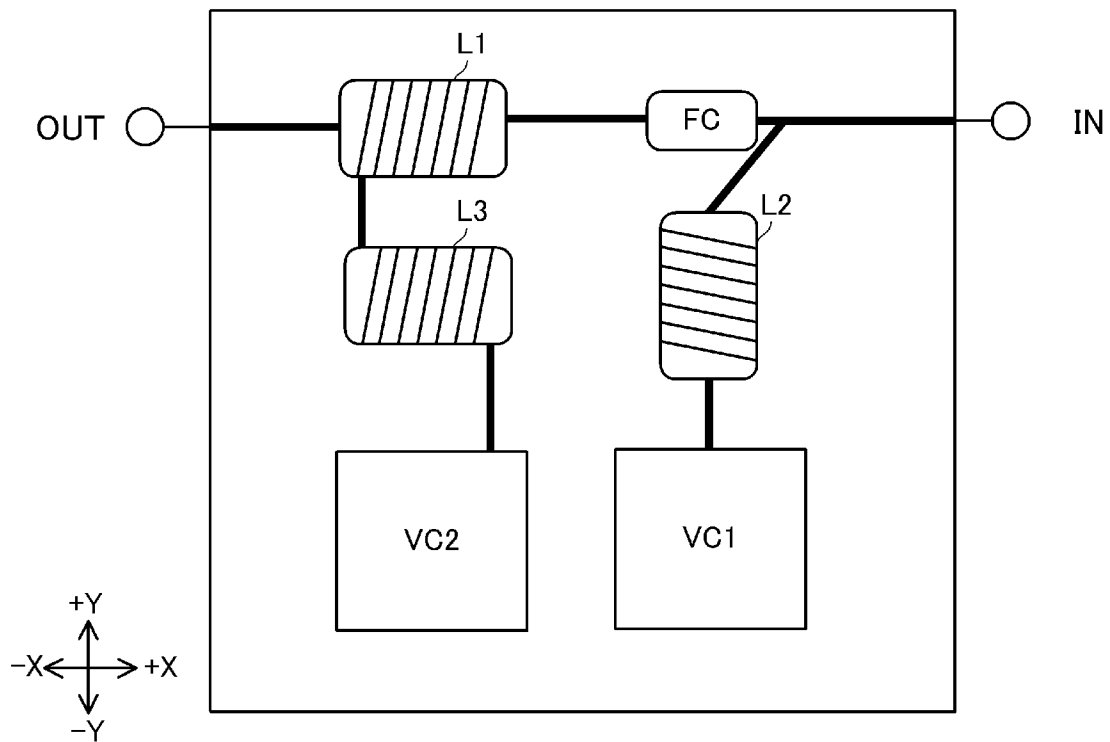


[図4]

【FIG.4】

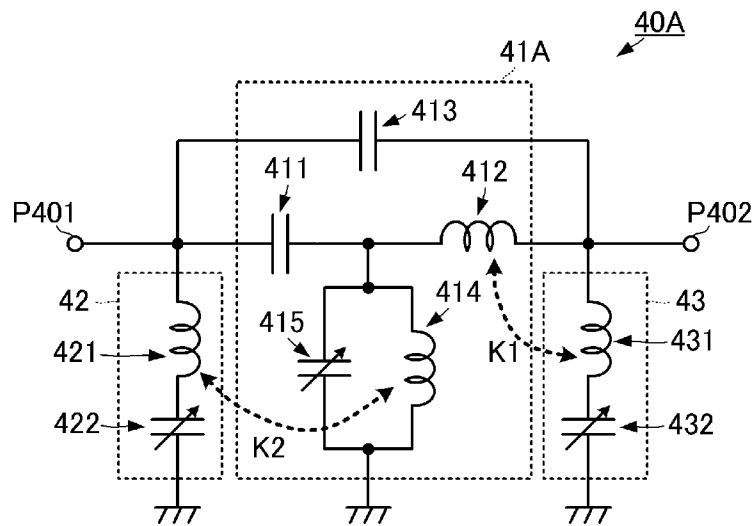


(A)



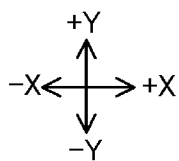
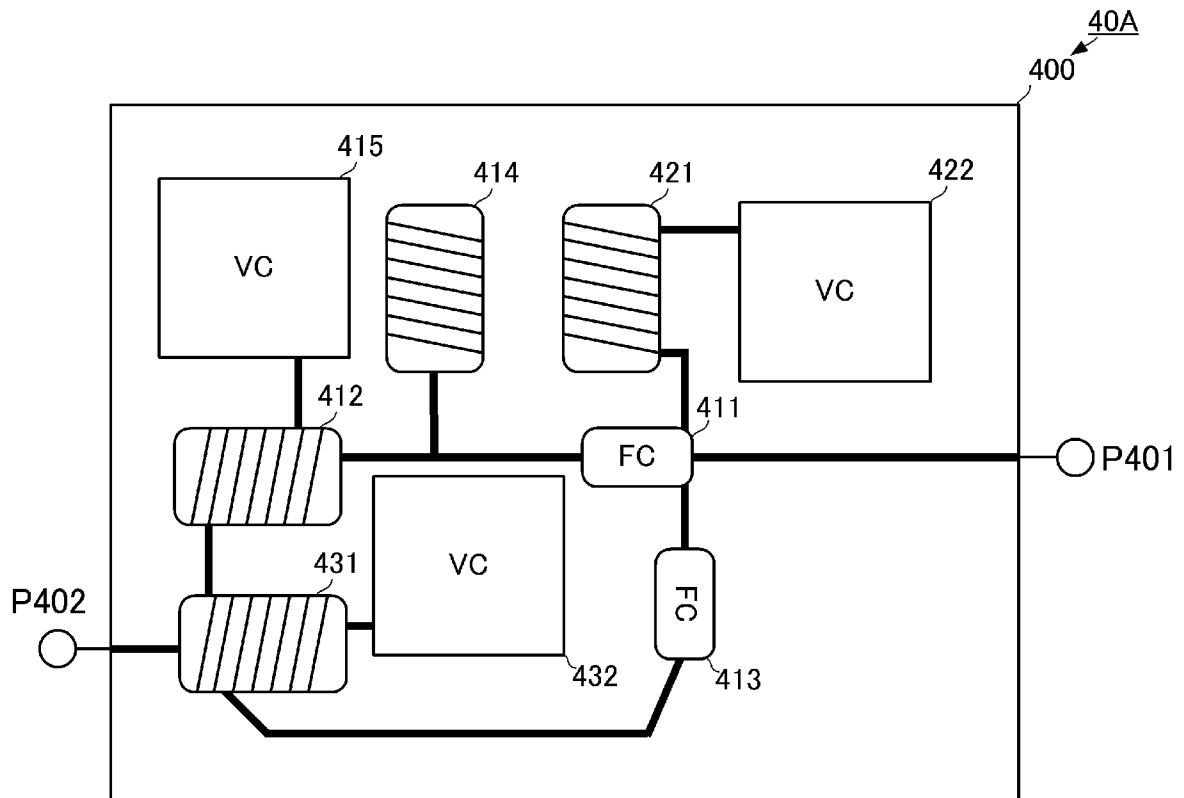
[図6]

【FIG.6】

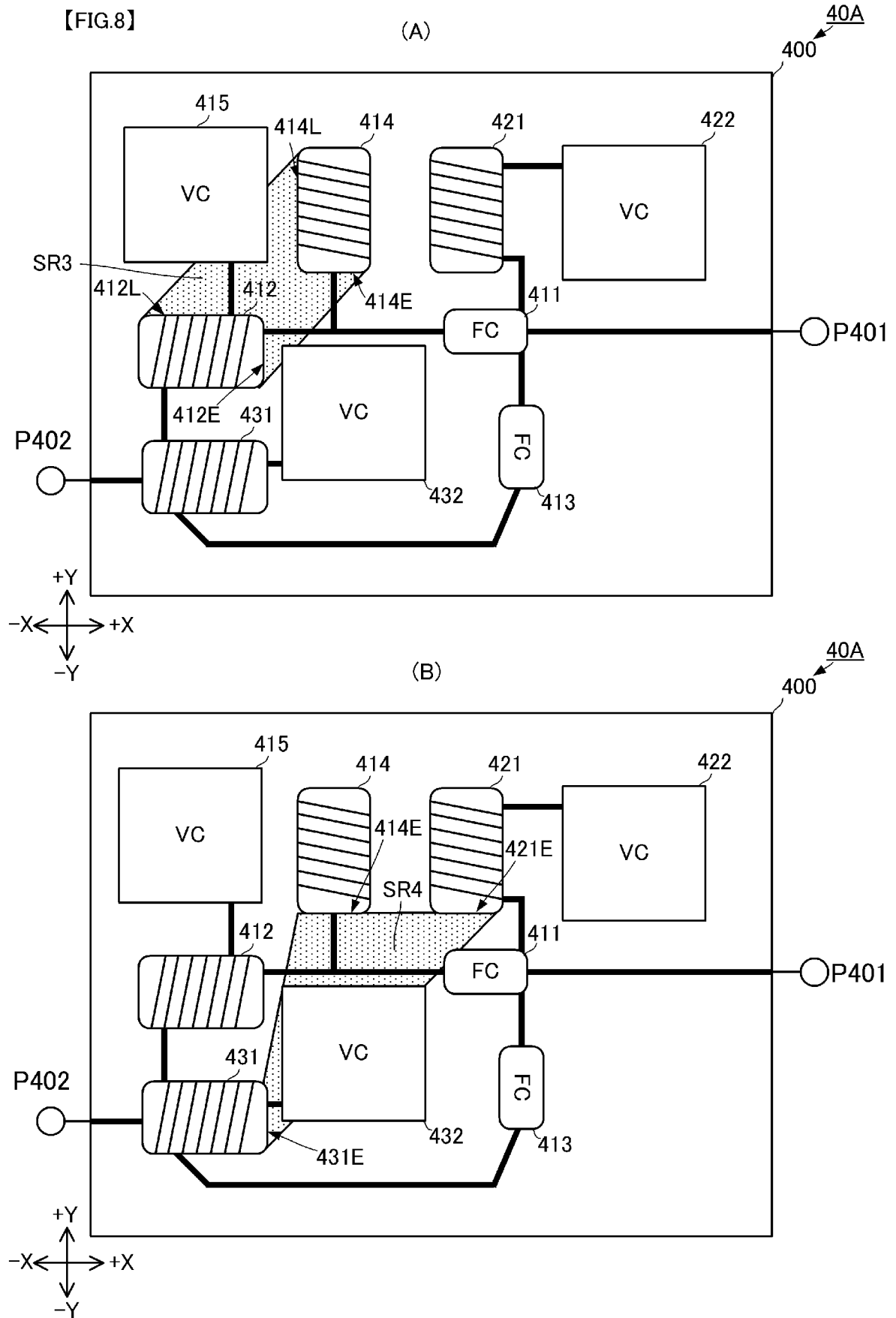


[図7]

【FIG.7】



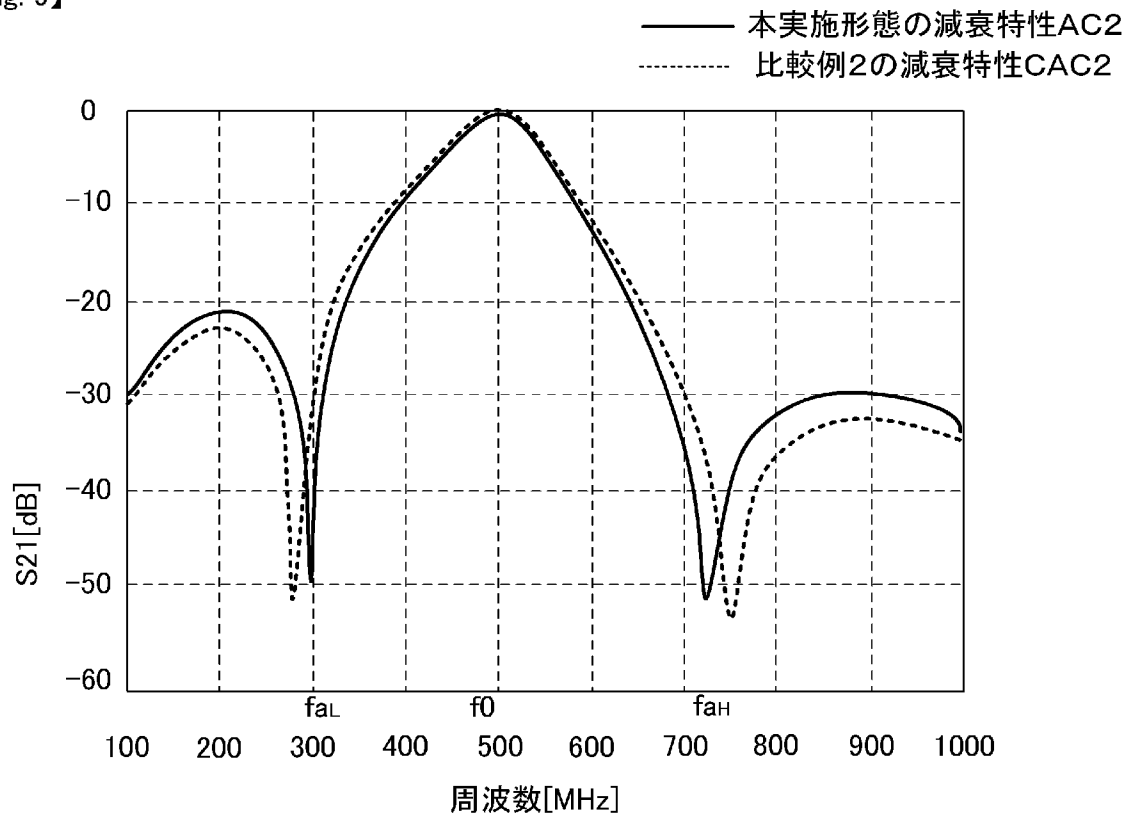
【FIG.8】



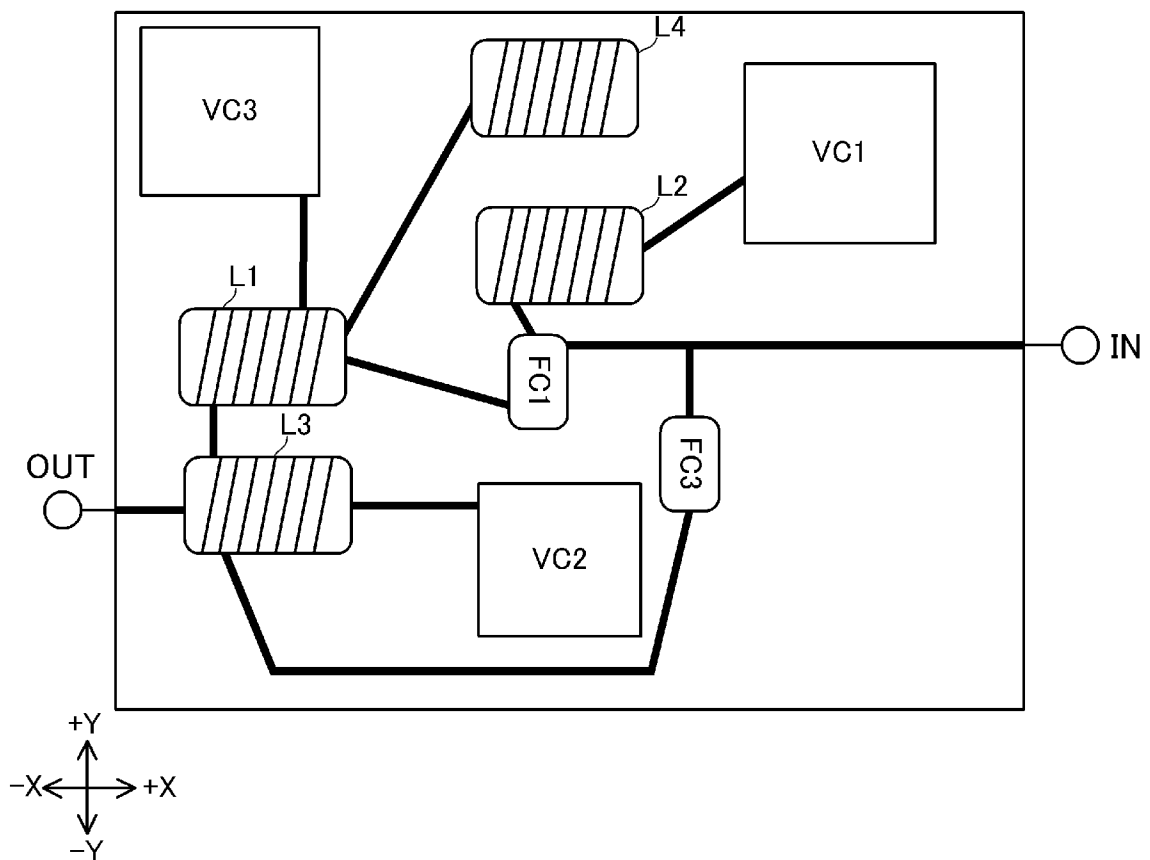
[図9]

【Fig. 9】

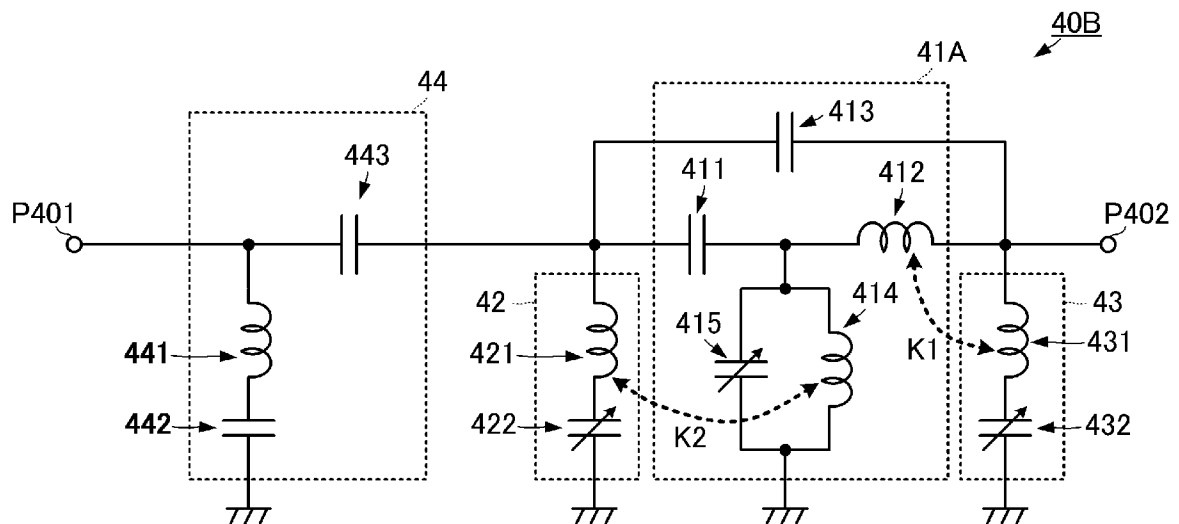
(A)



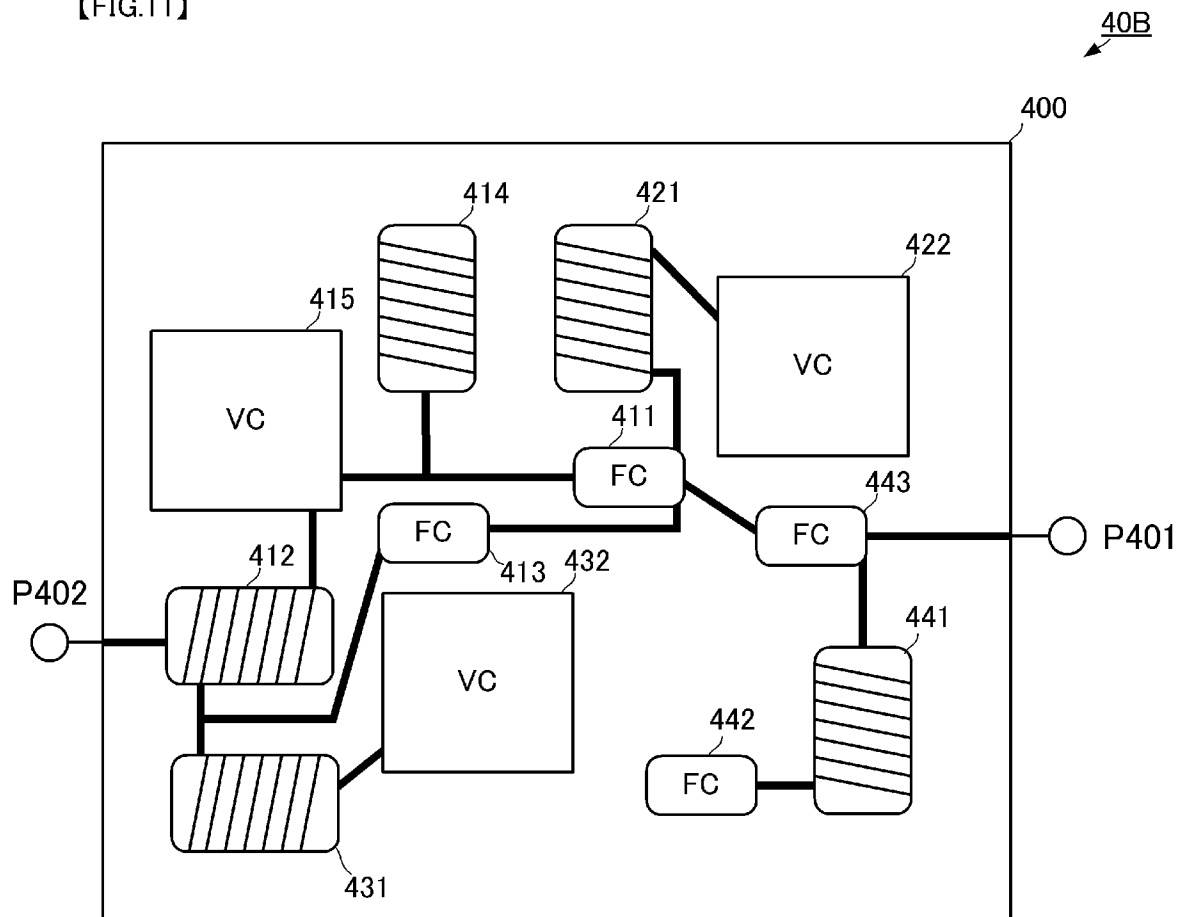
(B)



[図10]
【FIG.10】

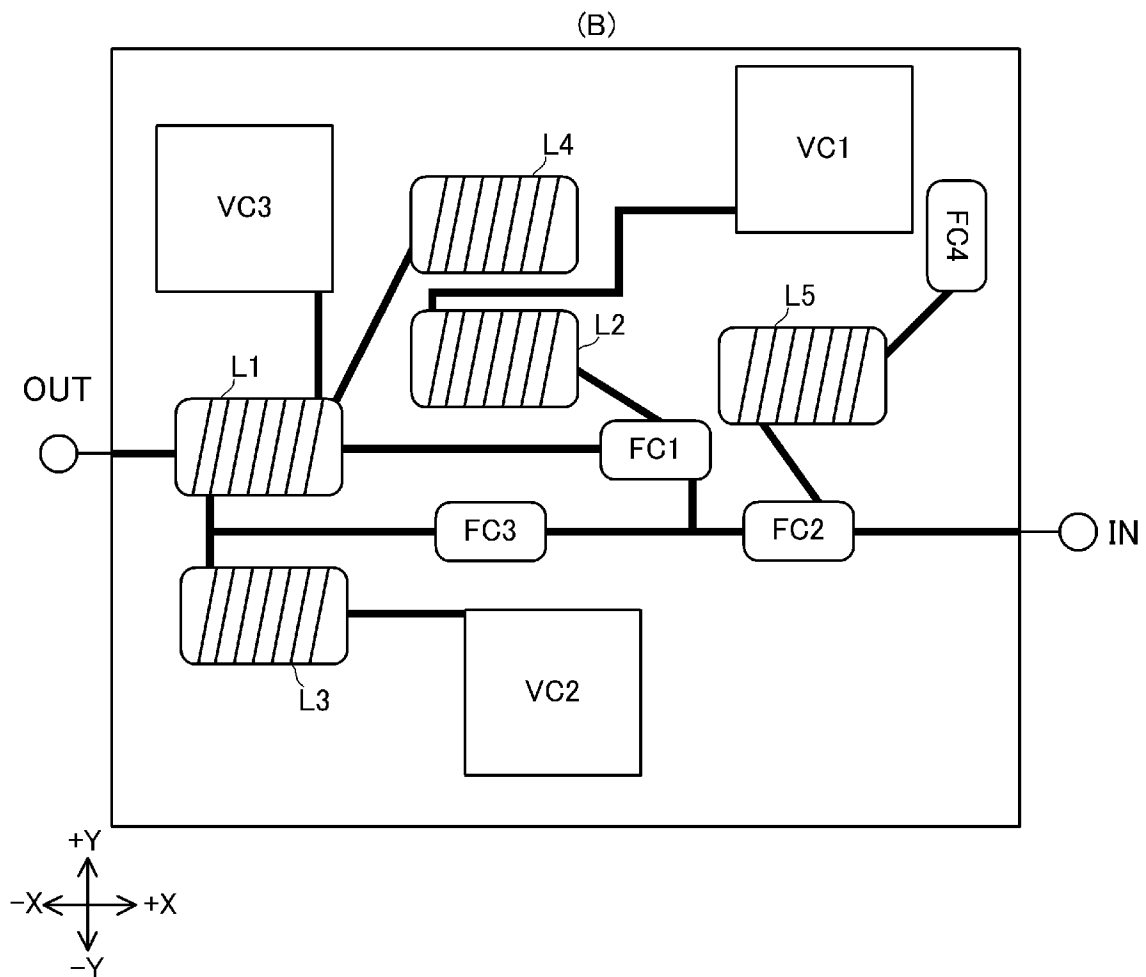
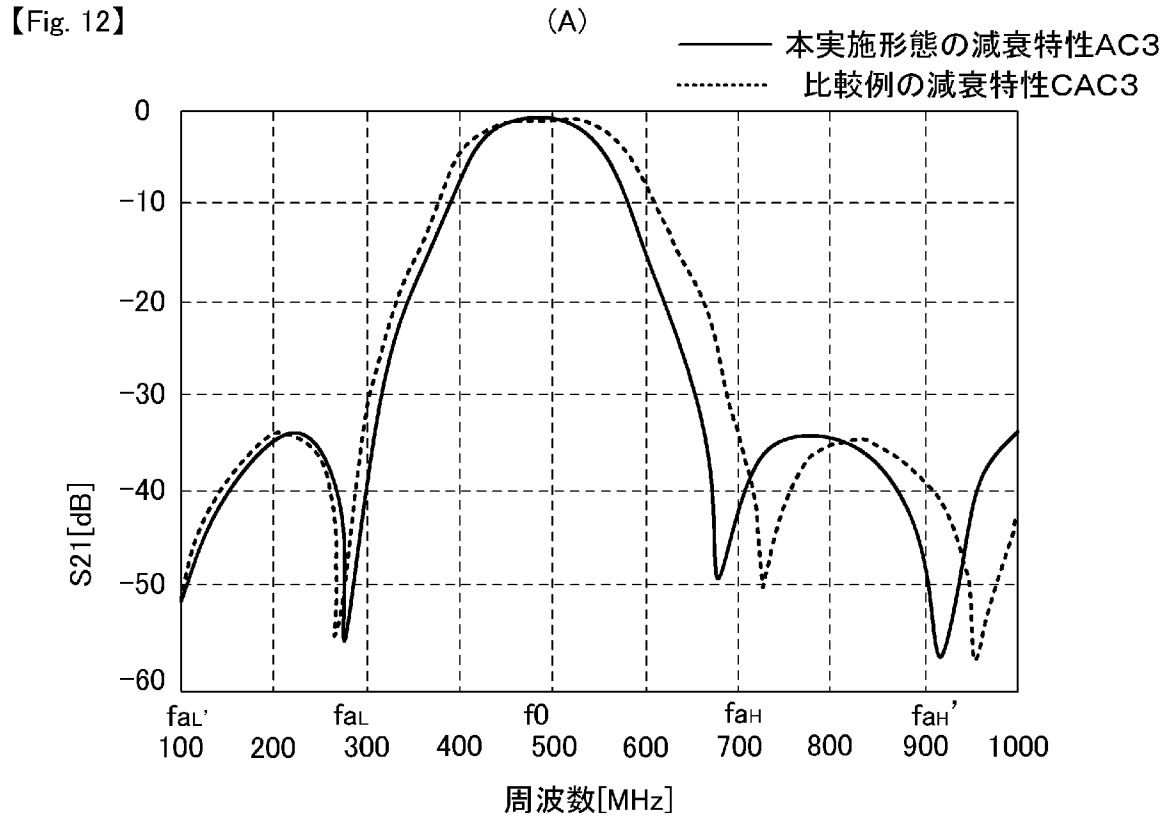


[図11]
【FIG.11】

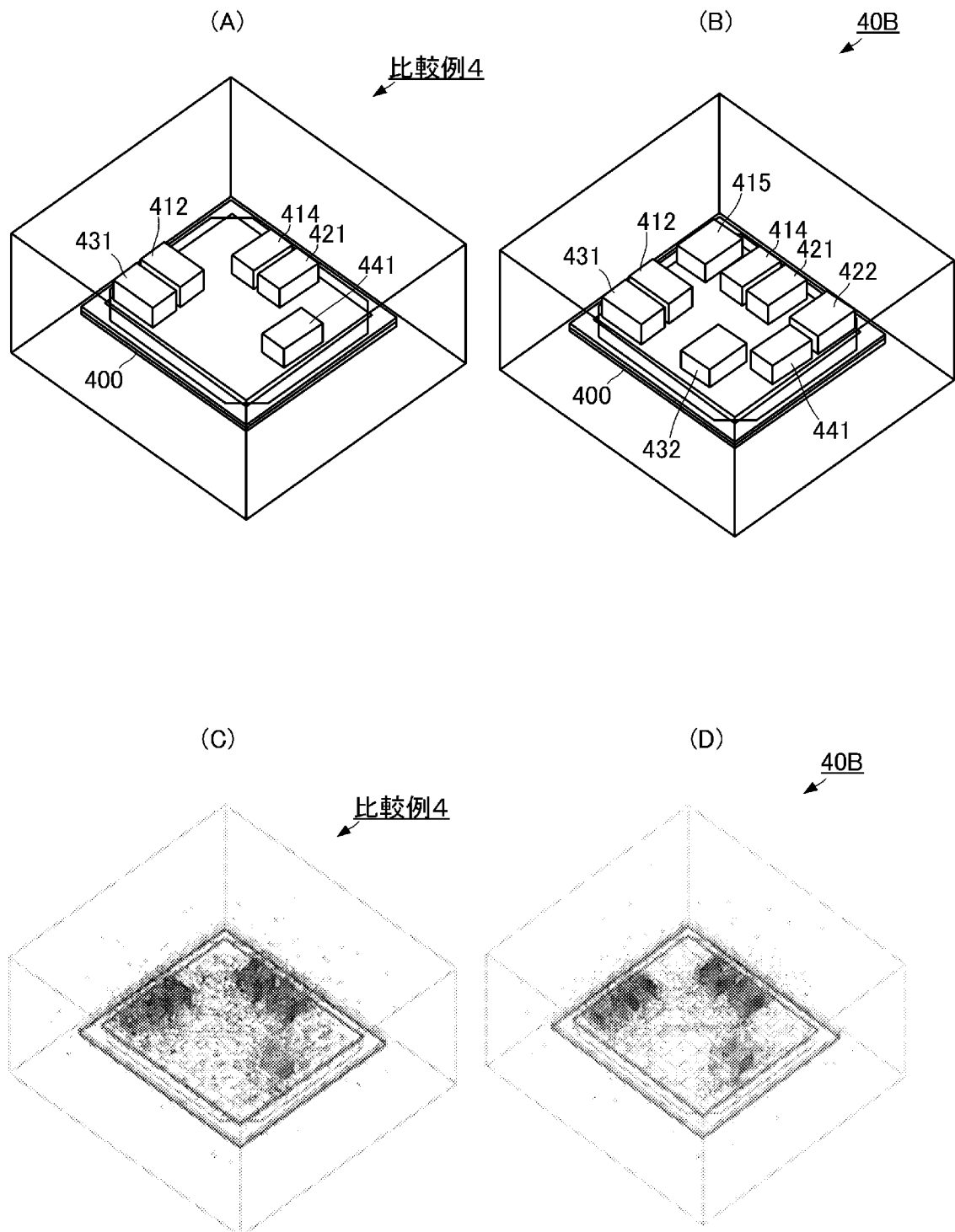


[図12]

【Fig. 12】

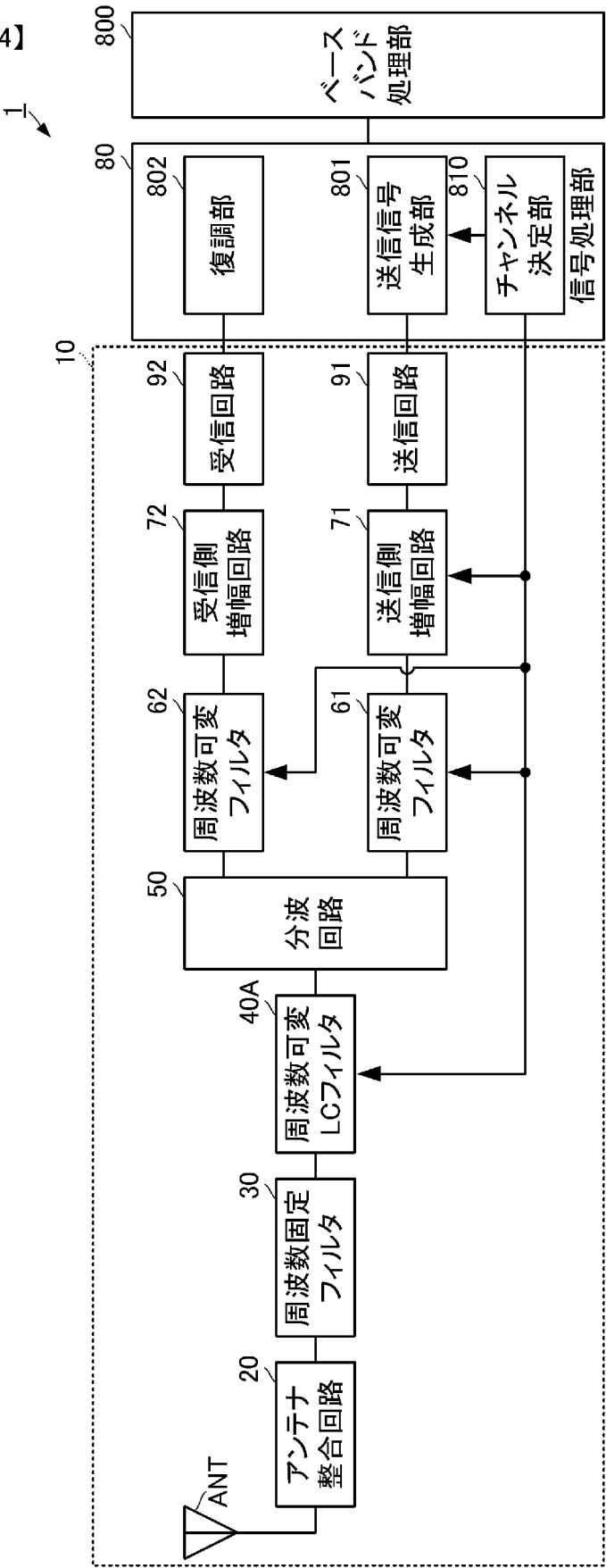


[図13]
【Fig. 13】

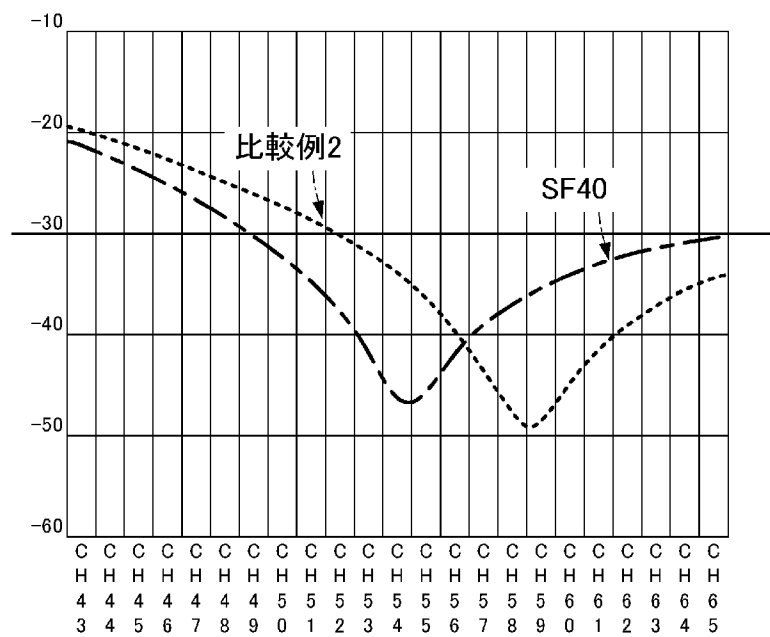


[図14]

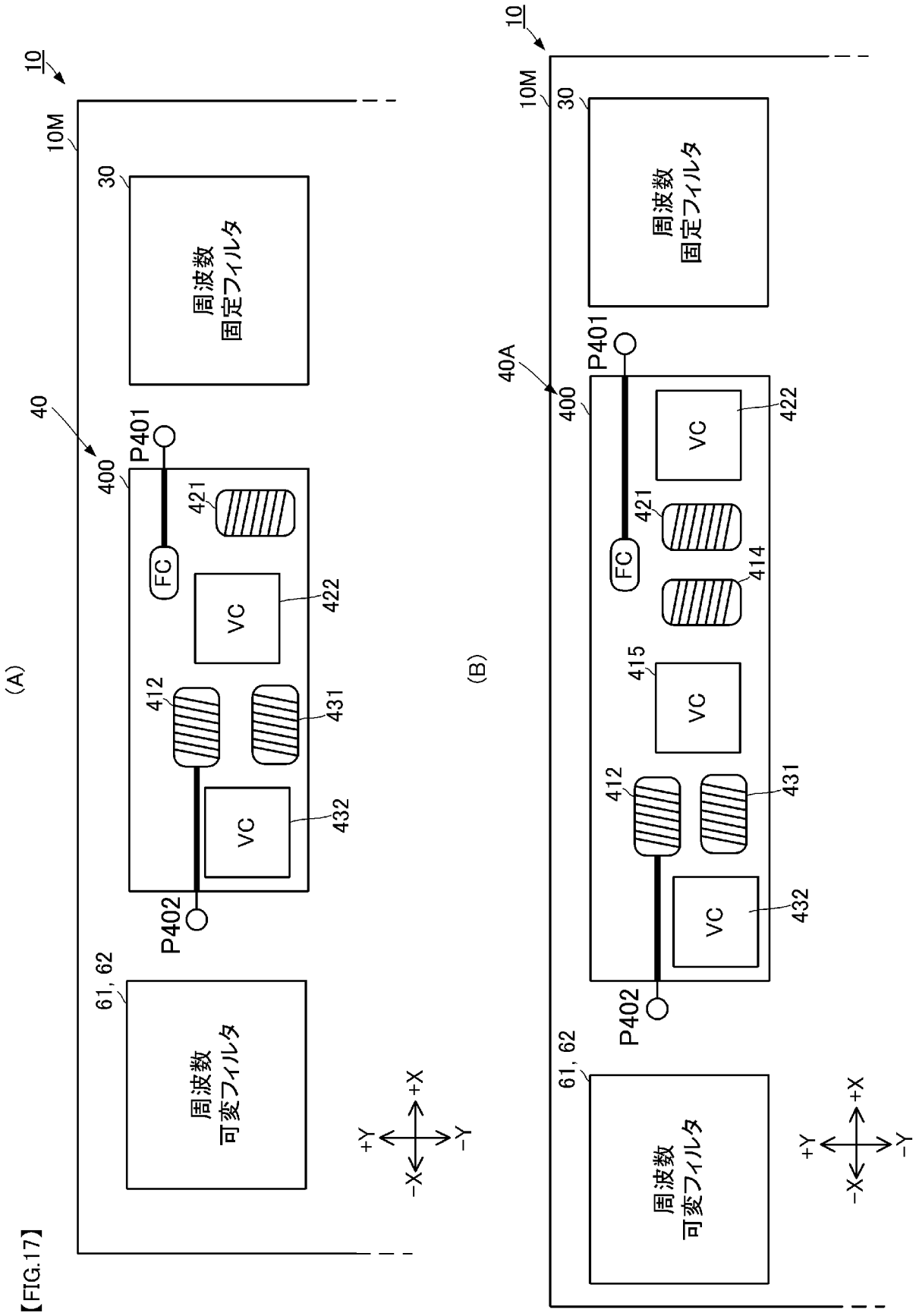
【FIG.14】



【図16】

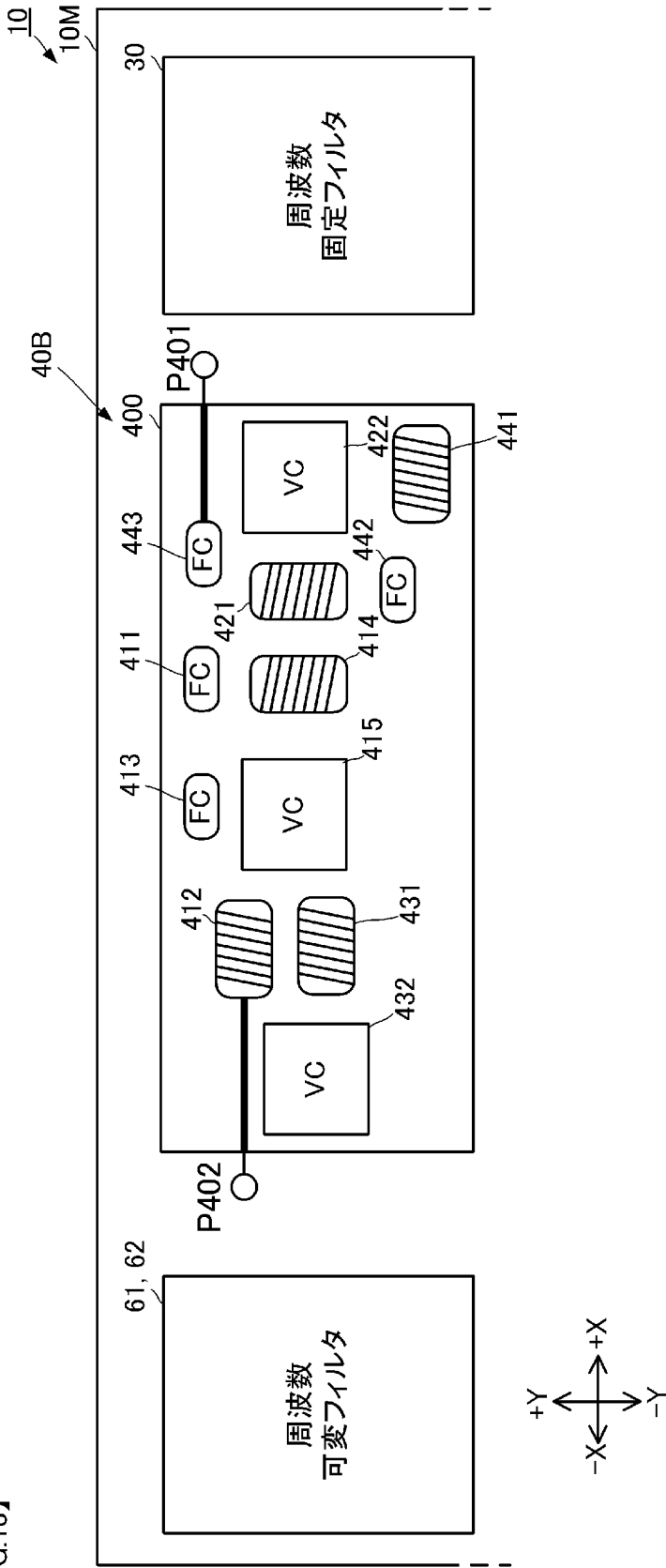


[図17]

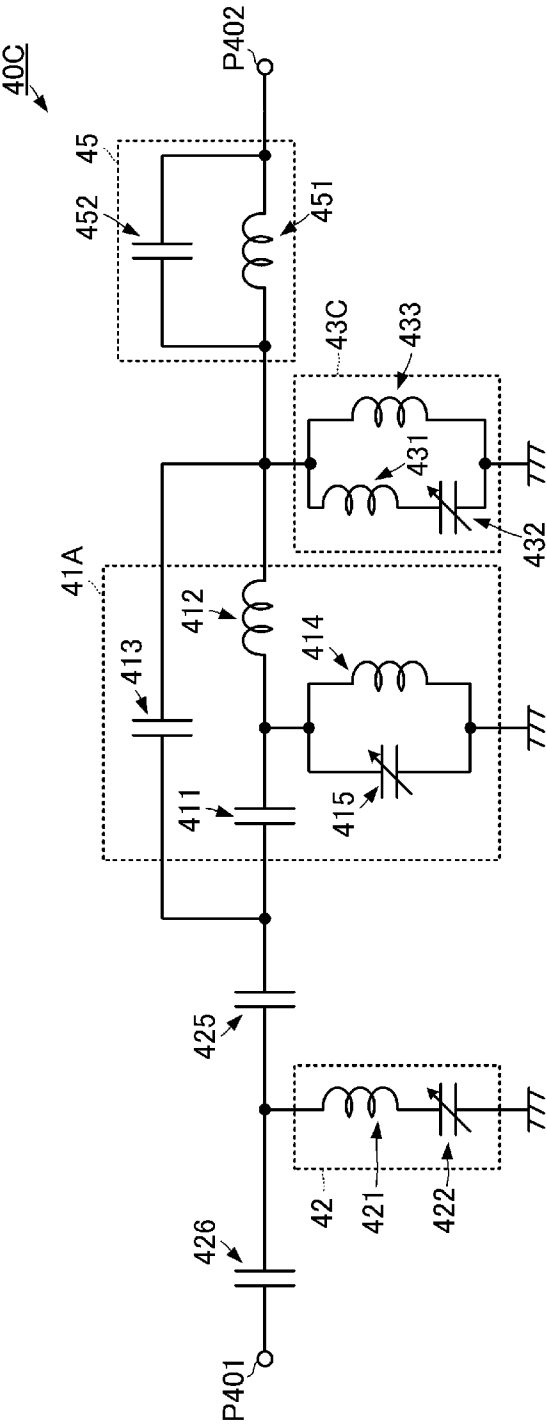


【図18】

【FIG. 18】

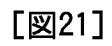


[FIG.19]



【FIG.19】

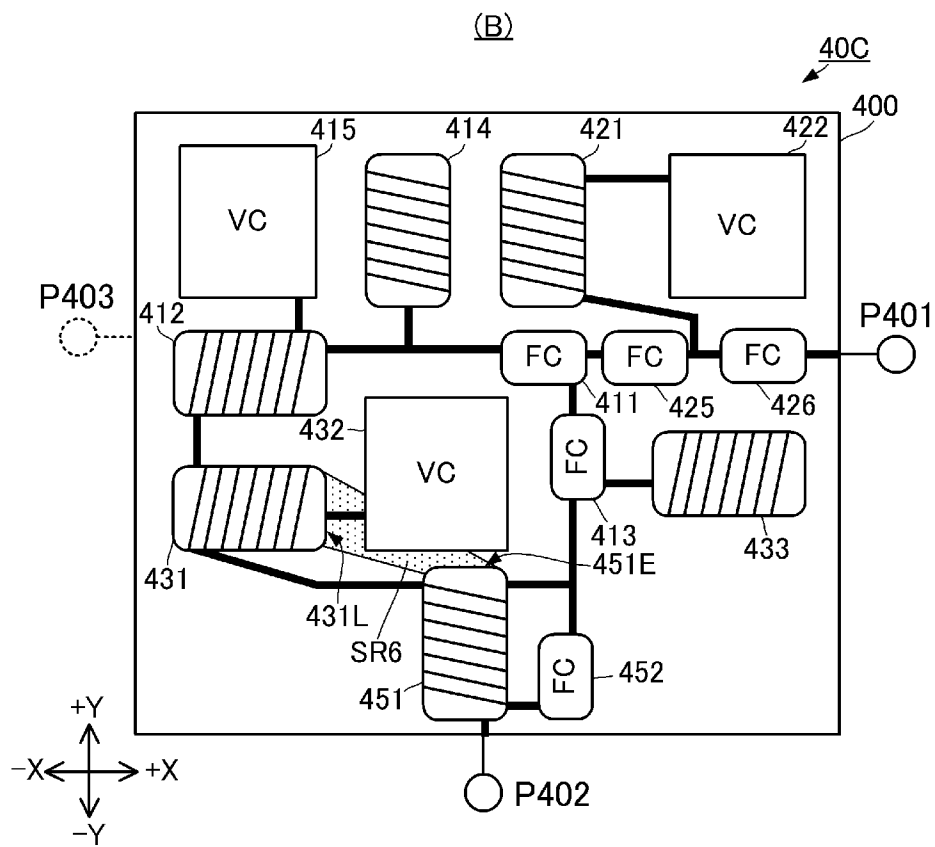
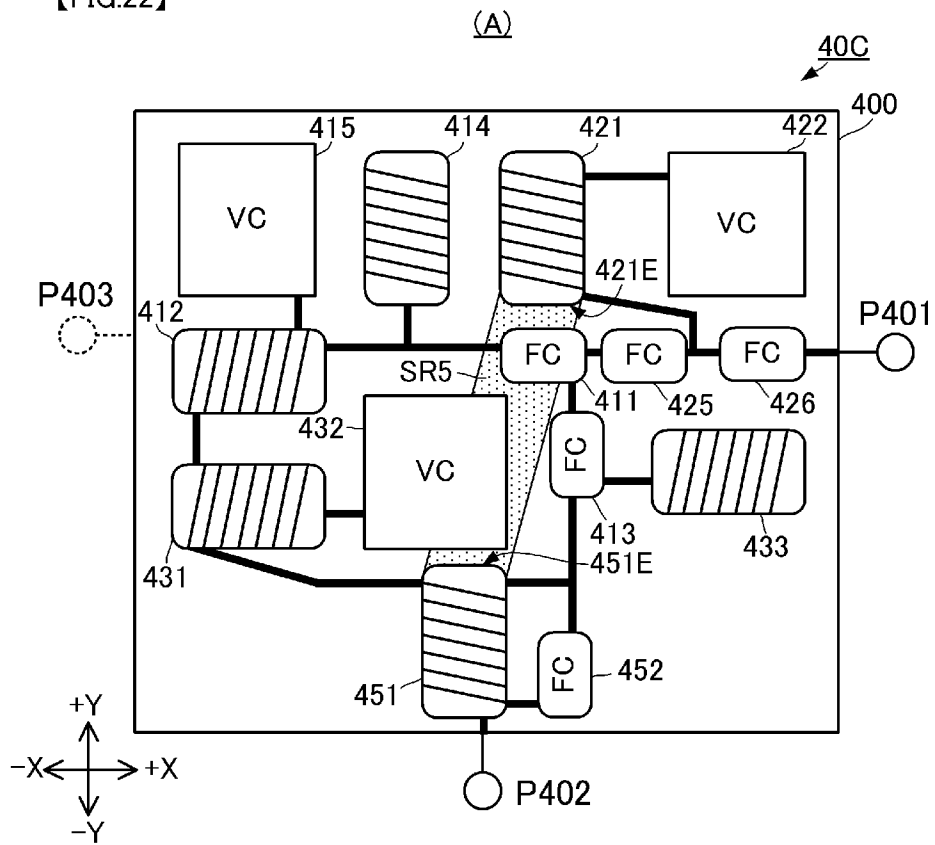
【FIG.20】



The schematic diagram of semiconductor device 400 illustrates a circuit layout within a rectangular boundary. The layout includes several functional blocks and interconnecting lines. At the top left is a square block labeled VC (415). To its right is a hatched rectangular block (414). Further right is another hatched rectangular block (421), which is connected to a square VC block (422). Below VC 415 is a hatched rectangular block (412), which is connected to a central square VC block (432). To the right of VC 432 is a hatched rectangular block (431). Below VC 432 is a hatched rectangular block (451). To the right of VC 432 is a hatched rectangular block (433). Between VC 432 and VC 422 are two FC (Function Control) blocks: FC 411 and FC 425. Below FC 411 is an FC block (452). To the right of FC 425 is an FC block (426). The circuit is connected to three external terminals: P403 (a dashed circle) on the left, P401 (a circle) on the right, and P402 (a circle) at the bottom. A coordinate system is shown at the bottom left with +X, -X, +Y, and -Y axes. A label 40C with an arrow points to the top right corner of the device boundary.

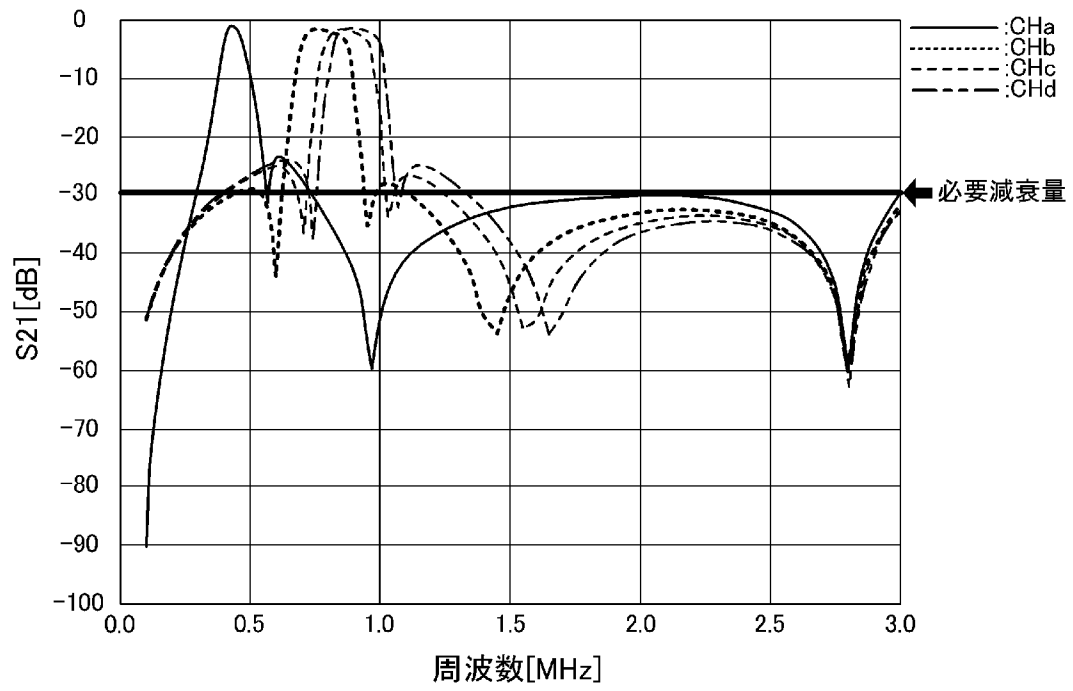
[図22]

【FIG.22】



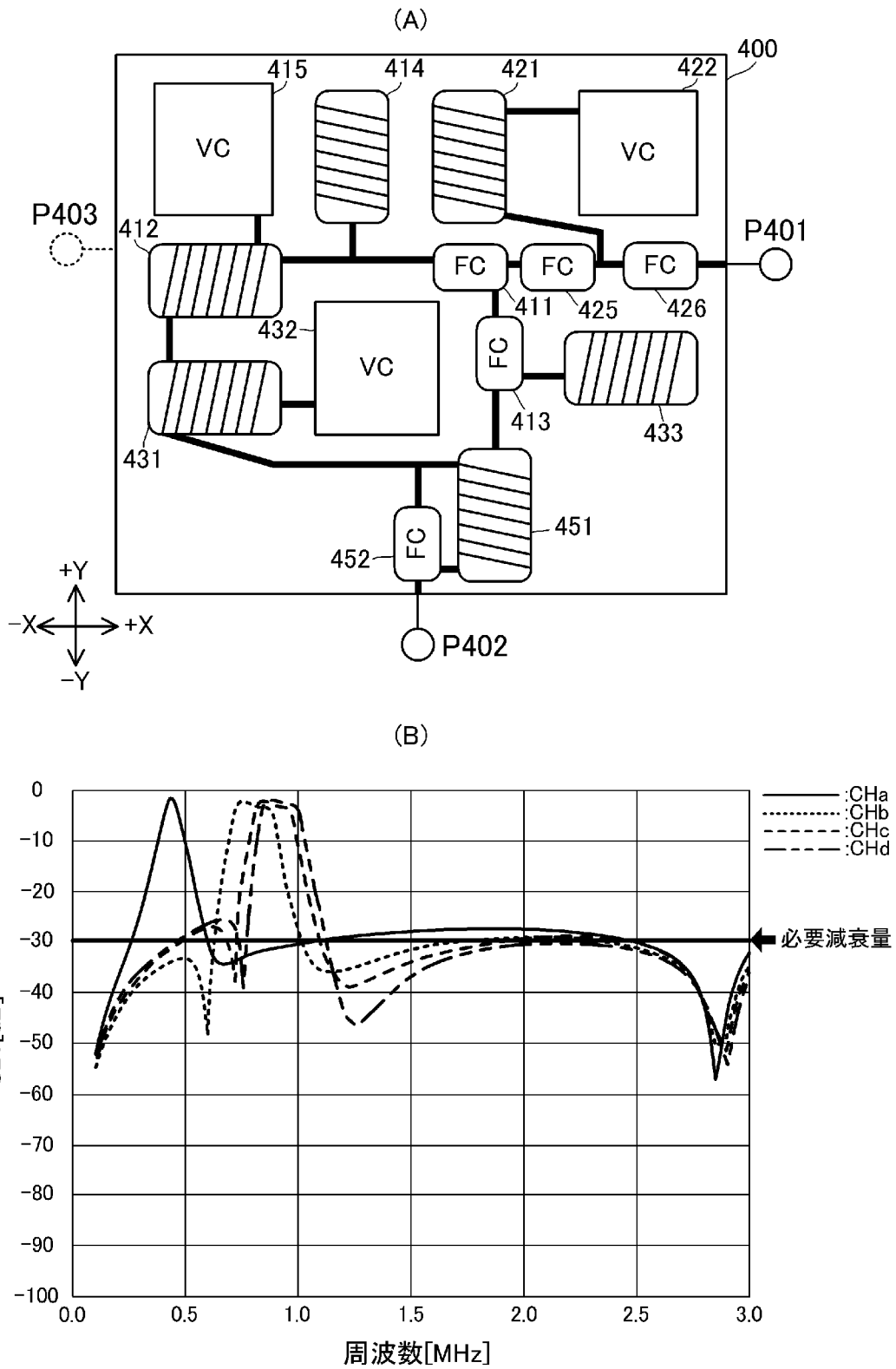
[図23]

【FIG.23】



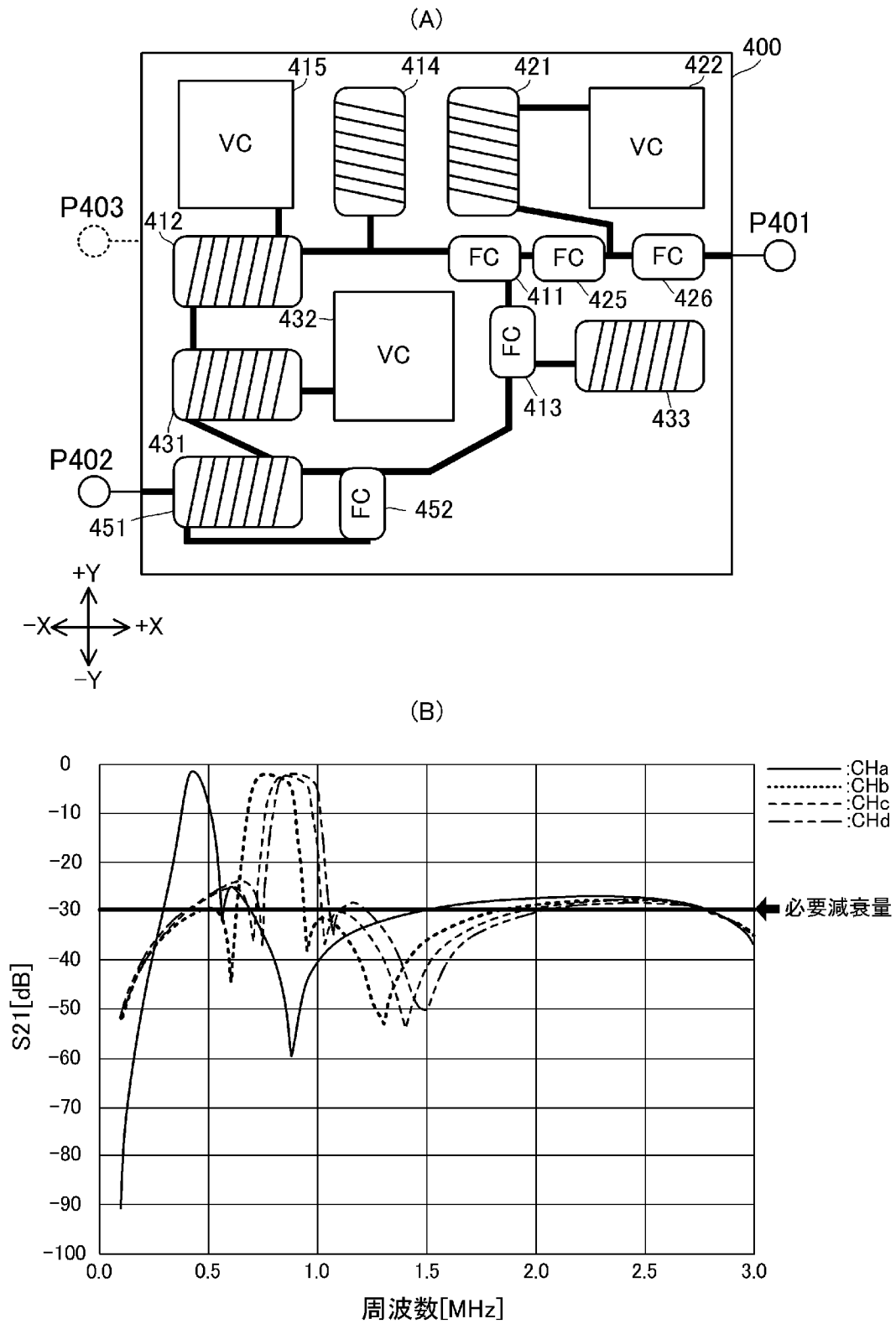
[図24]

【FIG.24】



[図25]

【FIG.25】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/004149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H7/09(2006.01)i, H03H7/075(2006.01)i, H03H7/12(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)

H03H1/00-3/00, 5/00-7/13

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.
A	US 2014/0285286 A1 (WISPRY, INC.), 25 September 2014 (25.09.2014), paragraphs [0024] to [0032]; fig. 2 to 4 & US 2015/0131492 A1 & WO 2014/145662 A2 & WO 2015/017452 A1 & EP 2974011 A2 & EP 3028382 A1 & CN 105210291 A & CN 105432017 A	1-15
A	JP 61-212106 A (RCA Corp.), 20 September 1986 (20.09.1986), fig. 1 & US 4584544 A fig. 1 & GB 2171868 B & DE 3606437 A1 & FR 2578123 A1 & CA 1263150 A & HK 33594 A & SG 14592 G & KR 10-1993-0004133 B1	1-15

☒ 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
06 April 2017 (06.04.17)Date of mailing of the international search report
25 April 2017 (25.04.17)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/JP2017/004149

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 088420/1982 (Laid-open No. 191701/1983) (Yagi Antenna Inc.), 20 December 1983 (20.12.1983), pages 4 to 8; fig. 4 to 5 (Family: none)	1-15
A	US 2012/0049977 A1 (CHUANG, Chia-Cheng), 01 March 2012 (01.03.2012), paragraphs [0014] to [0021]; fig. 2 & CN 102386873 A & KR 10-2012-0021131 A & TW 201220685 A	1-15
A	JP 2011-130083 A (Mitsubishi Electric Corp.), 30 June 2011 (30.06.2011), fig. 1 (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03H7/09(2006.01)i, H03H7/075(2006.01)i, H03H7/12(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. H03H1/00-3/00, 5/00-7/13

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
A	US 2014/0285286 A1 (WISPRY, INC.) 2014.09.25, [0024]—[0032]段落, 図2-4 & US 2015/0131492 A1 & WO 2014/145662 A2 & WO 2015/017452 A1 & EP 2974011 A2 & EP 3028382 A1 & CN 105210291 A & CN 105432017 A	1-15
A	JP 61-212106 A (アールシーエー コーポレーション) 1986.09.20, 図1 & US 4584544 A, 図1 & GB 2171868 B & DE 3606437 A1 & FR 2578123 A1 & CA 1263150 A & HK 33594 A & SG 14592 G & KR 10-1993-0004133 B1	1-15

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

06.04.2017

国際調査報告の発送日

25.04.2017

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）

角張 亜希子

5W

3860

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	日本国実用新案登録出願57-088420号(日本国実用新案登録出願公開58-191701号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(八木アンテナ株式会社)1983.12.20, 第4-8頁, 図4-5(ファミリーなし)	1-15
A	US 2012/0049977 A1 (CHUANG, Chia-Cheng) 2012.03.01, [0014]—[0021]段落, 図2 & CN 102386873 A & KR 10-2012-0021131 A & TW 201220685 A	1-15
A	JP 2011-130083 A (三菱電機株式会社) 2011.06.30, 図1(ファミリーなし)	1-15