

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年10月19日(19.10.2023)



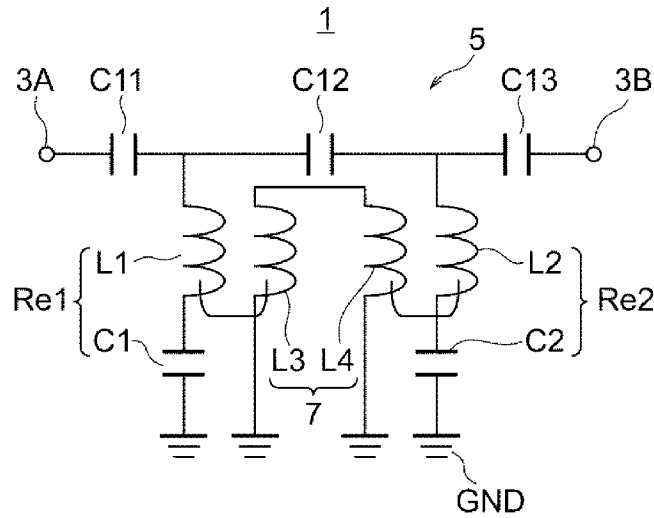
(10) 国際公開番号

WO 2023/199784 A1

- (51) 国際特許分類:
H01P 1/203 (2006.01) *H01F 27/00* (2006.01)
H03H 7/09 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/013873
- (22) 国際出願日: 2023年4月4日(04.04.2023)
- (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 2022-064955 2022年4月11日(11.04.2022) JP
- (71) 出願人: 京セラ株式会社 (**KYOCERA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 堀内 雅史 (**HORIUCHI, Masafumi**);
〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 飯島 康弘 (**IIJIMA, YASUHIRO**);
〒1050003 東京都港区西新橋3丁目4番2号 Sビル2階 創進国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) Title: FILTER AND COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: フィルタ及び通信装置



(57) **Abstract:** In this filter, a filter element is included in a signal path extending from an input side to an output side. A first resonator connects: a site, on the signal path, which electrically serves as an input side with respect to the filter element; and a reference potential part. The first resonator has a first inductor. A second resonator connects a site, on the signal path, which electrically serves as an output side with respect to the filter element, and the reference potential part, and has a second inductor. A third inductor is magnetically coupled with the first inductor. A fourth inductor is magnetically coupled with the second inductor. The third inductor and the fourth inductor each have one end side separately connected to the reference potential part, have portions, on the side electrically opposite the side connected to the reference potential section, connected to each other, and are electrically disconnected from the signal path.



SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: フィルタにおいて、フィルタ素子は、入力側から出力側への信号経路に含まれている。第1共振器は、信号経路のうちフィルタ素子に対して電氣的に入力側となる部位と、基準電位部とを接続しており、第1インダクタを有している。第2共振器は、信号経路のうちフィルタ素子に対して電氣的に出力側となる部位と、基準電位部とを接続しており、第2インダクタを有している。第3インダクタは、第1インダクタと磁界結合する。第4インダクタは、第2インダクタと磁界結合する。第3インダクタ及び第4インダクタは、それぞれの一端側が互いに別々に基準電位部に接続されており、基準電位部に接続される側とは電氣的に反対側の部分同士が互いに接続されており、信号経路に電氣的に非接続とされている。

明 細 書

発明の名称：フィルタ及び通信装置

技術分野

[0001] 本開示は、電気信号をフィルタリングするフィルタ及び当該フィルタを含む通信装置に関する。

背景技術

[0002] フィルタとして、磁界結合を利用するものが知られている（例えば特許文献1）。特許文献1のフィルタは、2つの共振器を有している。2つの共振器は、信号経路と基準電位部とを互いに別個に接続している。各共振器は、インダクタとキャパシタとが並列接続された並列共振器とされている。2つの並列共振器は、インダクタ同士が磁界結合する。磁界結合は、インダクタ同士で直接的に行われるとともに、環状導体を介して行われる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-198134号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一態様に係るフィルタは、フィルタ素子と、第1共振器と、第2共振器と、第3インダクタと、第4インダクタと、を有している。前記フィルタ素子は、入力側から出力側への信号経路に含まれている。前記第1共振器は、前記信号経路のうち前記フィルタ素子に対して電氣的に前記入力側となる部位と、基準電位部とを接続しており、第1インダクタを有している。前記第2共振器は、前記信号経路のうち前記フィルタ素子に対して電氣的に前記出力側となる部位と、前記基準電位部とを接続しており、第2インダクタを有している。前記第3インダクタは、前記第1インダクタと磁界結合する。前記第4インダクタは、前記第2インダクタと磁界結合する。前記第3インダクタ及び前記第4インダクタは、それぞれの一端側が互いに別々に前記基準電位部に接続されており、前記基準電位部に接続される側とは電氣的

に反対側の部分同士が互いに接続されており、前記信号経路に電氣的に非接続とされている。

[0005] 本開示の一態様に係る通信装置は、上記フィルタと、当該フィルタに接続されている集積回路素子と、を有している。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]第1実施形態に係るフィルタの等価回路を示す回路図。

[図2]図1のフィルタの減衰特性を説明するための模式図。

[図3]第1実施形態に係るフィルタの要部の導体を示す斜視図。

[図4]図3から第1インダクタを抽出して示す斜視図。

[図5]図3から結合用ラインを抽出して示す斜視図。

[図6]図3のVI-VI線におけるフィルタの断面図。

[図7]図3に示す構成の一部の平面図。

[図8]第2実施形態に係るフィルタの等価回路を示す図。

[図9]第2実施形態に係るフィルタの要部の導体を示す斜視図。

[図10]図9から第1インダクタを抽出して示す斜視図。

[図11]図9から結合用ラインを抽出して示す斜視図。

[図12]実施形態に係るフィルタの利用例を示す図。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、本開示に係る実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の説明で用いられる図は模式的なものである。従って、例えば、図面上の寸法比率等は現実のものとは必ずしも一致していない。また、寸法比率等が図面同士で一致しないこともある。特定の形状及び／又は寸法等が誇張されたり、細部が省略されたりすることがある。ただし、上記は、実際の形状及び／又は寸法が図面の通りとされたり、図面から形状及び／又は寸法の特徴が抽出されたりしてもよいことを否定するものではない。

[0008] <第1実施形態>

以下では、概略、下記の順に第1実施形態に係る説明を行う。すなわち、まず、第1実施形態に係るフィルタの概要について述べ、次に、当該フィル

タを実現する具体的な構造の一例について説明し、その後、第1実施形態についてまとめを述べる。

1. フィルタの概要
2. フィルタの構造の一例
3. 第1実施形態のまとめ

[0009] (1. フィルタの概要)

図1は、第1実施形態に係るフィルタ1の等価回路を示す回路図である。

[0010] フィルタ1は、例えば、入力端子3Aから出力端子3Bまでの信号経路5を流れる電気信号をフィルタリングする。フィルタ1は、例えば、信号経路5に含まれ、互いに直列に接続されている1以上（図示の例では複数。より詳細には3つ。）のキャパシタC11～C13を有している。また、フィルタ1は、信号経路5と基準電位部GNDとを接続する2以上（図示の例では2つ）の共振器Re1及びRe2を有している。

[0011] 共振器Re1は、例えば、直列共振回路として構成されている。すなわち、共振器Re1は、互いに直列に接続されているインダクタL1及びキャパシタC1を有している。同様に、共振器Re2は、例えば、直列共振回路として構成されており、互いに直列に接続されているインダクタL2及びキャパシタC2を有している。共振器Re1の共振周波数と共振器Re2の共振周波数とは概ね同等とされている。インダクタ及びキャパシタは、いずれが信号経路5側であってもよいが、図示の例では、インダクタが信号経路5側となっている。

[0012] さらに、フィルタ1は、インダクタL1とL2とを磁界結合する結合用ライン7を有している。結合用ライン7は、インダクタL1と磁界結合するインダクタL3と、インダクタL2と磁界結合するインダクタL4とを有している。インダクタL3及びL4は、一端側が互いに接続されているとともに、他端側が基準電位部GNDに接続されている。結合用ライン7は、信号経路5に接続されていない。

[0013] 図2は、フィルタ1の減衰特性を説明するための模式図である。

[0014] 図2において、上段の図は比較例に係るフィルタの減衰特性の例を示している。下段の図は実施形態に係るフィルタ1の減衰特性の例を示している。上段の図及び下段の図それぞれにおいて、横軸は周波数 f を示し、図の右側ほど周波数が高い。また、縦軸は、減衰量を示し、図の下側ほど減衰量が大い。

[0015] 比較例に係るフィルタは、フィルタ1から結合用ライン7を無くした構成を有している。フィルタ1及び比較例に係るフィルタの減衰特性においては、通過帯域XBの減衰量が小さくなっている。また、通過帯域XBに対して低周波数側に隣接する阻止帯域EBの減衰量が大きくなっている。両者の間の周波数帯は、減衰量に変化する遷移帯域TBとなっている。フィルタ1及び比較例に係るフィルタは、阻止帯域EBよりも周波数が高い周波数（通過帯域XBの周波数）を有する信号を入力端子3Aから出力端子3Bへ通過させるハイパスフィルタとして機能する。

[0016] 比較例に係るフィルタにおいて、キャパシタC11～C13は、例えば、阻止帯域EBの周波数を有する信号を減衰させつつ、通過帯域XBの周波数を有する信号の通過を許容することに寄与している。共振器Re1及びRe2は、阻止帯域EBに減衰極PL1を形成することに寄与している。この減衰極PL1の周波数は、共振器Re1及びRe2それぞれの共振周波数である。すなわち、共振器Re1及びRe2は、阻止帯域EB内に位置する共振周波数を有する信号（不要成分）を基準電位部GNDに逃がす。

[0017] 実施形態に係るフィルタ1の減衰特性では、比較例に係るフィルタの減衰特性に対して、阻止帯域EBに新たな減衰極PL2が現れている。これにより、例えば、遷移帯域TBにおいて、減衰特性を示す線の傾きを急峻にできる。よって、実施形態に係るフィルタ1においては、比較例に係るフィルタに比べて、例えば、通過帯域XBの減衰量を同等にしながら、阻止帯域EBの減衰量を大きくすることができる。すなわち、フィルタ特性を向上させることができる。新たな減衰極PL2が現れるのは、2つの共振器Re1及びRe2が結合用ライン7を介して磁界結合することによって、新たな共振モ

ードが実現されることによる。

[0018] (2. フィルタの構造の一例)

上記のようなフィルタ 1 を実現する具体的な構造は種々可能である。以下に、その一例について説明する。以下の説明では、概略、下記の順に説明を行う。

2. 1. 構造の一例の概要

2. 2. 多層基板

2. 3. インダクタ L 1 及び L 2

2. 4. キャパシタ C 1 及び C 2 (基準電位部 GND)

2. 5. 結合用ライン

[0019] (2. 1. 構造の一例の概要)

図 3 は、フィルタ 1 の要部の導体を示す斜視図である。図 4 は、図 3 からインダクタ L 1 を抽出して示す斜視図である。図 5 は、図 3 から結合用ライン 7 を抽出して示す斜視図である。図 6 は、図 3 の VI-VI 線におけるフィルタ 1 の断面図である。図 7 は、図 3 に示す構成の一部の平面図である。

[0020] これらの図には、直交座標系 $x y z$ を付している。フィルタ 1 は、鉛直方向に対して任意の向きで利用されてよいが、便宜上、 $+z$ 側を上方として、上面等の用語を用いることがある。また、平面視又は平面透視というとき、特に断りが無い限り、 z 方向に見ることを指すものとする。なお、 z 方向は、後述する回路基板 9 の厚み方向に平行に定義されている。 x 方向は、回路基板 9 の表面及び裏面に平行で、インダクタ L 1 及び L 2 の並び方向に平行に定義されている。 y 方向は、 x 方向及び z 方向に直交する方向である。

[0021] 図 6 から理解されるように、フィルタ 1 は、回路基板 9 によって構成されている。回路基板 9 は、例えば、多層基板によって構成されている。多層基板は、例えば、互いに積層された複数の絶縁層 11 (11A~11O) と、各絶縁層 11 に重なる導体パターン (17、21、25、29 及び 31 等。単にパターンということもある。) と、各絶縁層 11 を貫通するビア導体 15 とを有している。なお、実施形態の説明では、2 以上の絶縁層 11 を 1 つ

の絶縁層として捉えることがある。

[0022] 実施形態の説明では、1以上のビア導体15を含み、1以上の絶縁層11を貫通する導体を貫通導体(27、33A及び33B等)と称することがある。貫通導体は、例えば、2以上のビア導体15を含んでよく、また、1以上のビア導体15に加えて、1以上のランド17(換言すれば導体パターン)を含んでよい。ランド17は、ビア導体15の上端又は下端に接続されているフランジ状部分を含んでいる。なお、例えば、ビア導体15又は貫通導体について、上方又は下方に延びると表現するとき、必ずしもz方向の長さがビア導体15の径よりも大きいことは要しない。

[0023] 図3では、フィルタ1の導体のうち、共振器Re1及びRe2並びに結合用ライン7の導体が表示されている。すなわち、入力端子3A、出力端子3B及び信号経路5(キャパシタC11~C13)の図示は省略されている。これらは、回路基板9のうちの図3に示された範囲外の領域において、導体パターン及び/又はビア導体15によって適宜に構成されてよい。

[0024] 共振器Re1及びRe2は、例えば、yz平面に平行な不図示の対称面に対して概ね互いに面对称に構成されている。従って、以下の説明では、共振器Re1及びRe2に共通してよい事項については、共振器Re1についてのみ説明することがある。すなわち、共振器Re1についての説明は、適宜に共振器Re2に援用されてよい。また、このように共振器Re1及びRe2を代表して一方の共振器のみについて説明するとき、当該一方の共振器の符号の直後に、他方の共振器の符号を括弧で括って付すことがある。共振器Re1及びRe2が含む構成要素(インダクタL1及びL2並びにキャパシタC1及びC2)についても同様とし、また、共振器Re1及びRe2に対応して設けられた部位(例えば後述する結合用貫通導体33A及び33B)についても同様とする。

[0025] 図3において、共振器Re1(Re2)の+y側かつ+z側には、インダクタL1(L2)の端部L1a(L2a)が位置している。この端部L1a(L2a)は、信号経路5に接続される部分である。図4に示されているよ

うに、インダクタ L_1 (L_2) は、全体として、概略、端部 L_{1a} (L_{2a}) から端部 L_{1b} (L_{2b} (図3)) へ螺旋状に延びる形状とされている。図3に示されているように、端部 L_{1b} (L_{2b}) は、キャパシタ C_1 (C_2) に上方から接続されている。キャパシタ C_1 (C_2) は、 z 方向において互いに対向する電極29及び31を有する平行平板型のものとされている。電極31は、基準電位部GND (GNDパターン37) の一部によって構成されている。

[0026] 図5に示されているように、結合用ライン7は、全体として門型の形状とされている。図3に示されているように、結合用ライン7は、2つの共振器 Re_1 及び Re_2 の間に位置している。結合用ライン7の2つの下端は、基準電位部GND (GNDパターン37) に接続されている。図7に符号を付すように、結合用ライン7のうち、インダクタ L_1 (L_2) に磁界結合する部分(後述する結合用貫通導体33A (33B) 及び直線状部35aA (35aB)) がインダクタ L_3 (L_4) を構成している。

[0027] (2. 2. 多層基板)

図6に示す回路基板9は、既述のように、互いに積層された複数の絶縁層11を有している。なお、図6は、回路基板9が有する全ての絶縁層11を示していると捉えられてもよいし、一部の絶縁層11を示していると捉えられてもよい。すなわち、図示されている絶縁層11A~11O全体に対して、上面又は下面に重なる絶縁層11が存在してもよいし、存在しなくてもよい。ただし、以下の説明では、便宜上、そのような絶縁層11が存在しないかのように表現することがある。

[0028] 回路基板9の基本的な構造及び材料(フィルタ1を構成するための具体的な導体のパターン及び寸法等を除いた構成)は、公知の種々のプリント基板の構造及び材料と同様とされてよい。例えば、回路基板9は、LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics) 基板、HTCC (High Temperature Co-fired Ceramic) 基板、IPD (Integrated Passive Device) 基板又は有機基板とされてよい。

- [0029] LTCC基板としては、例えば、アルミナにガラス系材料を加えて低温（例えば900℃前後）での焼成を可能としたものが挙げられる。LTCC基板において、導電材料としては、例えば、Cu又はAgが用いられてよい。IPD基板としては、例えば、Si基板に受動素子を形成したものが挙げられる。有機基板としては、ガラス等からなる基材に樹脂を含浸させたプリプレグを積層したものが挙げられる。
- [0030] 回路基板9の全体の形状及び寸法は任意である。また、回路基板9は、フィルタ1以外の電子素子を内蔵していてもよいし、電子素子が表面及び／又は裏面に実装されていてもよい。このような電子素子としては、例えば、フィルタ（フィルタ1以外のもの）、抵抗体、インダクタ、キャパシタ及びIC（Integrated Circuit）が挙げられる。これらの電子素子は、フィルタ1と電氣的に接続されて、フィルタ（フィルタ1を含むもの）、分波器及び／又は通信モジュールを構成してよい。
- [0031] 絶縁層11は、例えば、一定の厚さで広がる層状である。複数の絶縁層11は、材料及び／又は厚さが互いに同一であってもよいし、互いに異なってもよい。図6に示す例では、絶縁層11Aを除いて、互いに同じ厚さの複数の絶縁層11が積層されている。なお、各絶縁層11は、2以上の絶縁層から構成されていても構わない。
- [0032] 各導体パターン（17、21、25、29又は31等）は、例えば、一定の厚さで広がる層状である。また、同一の層に位置する複数の導体パターンは、例えば、互いに同一の材料によって構成されているとともに、同一の厚さを有している。また、互いに異なる層に位置する導体パターンの材料及び／又は厚さは、互いに同一であってもよいし（図示の例）、互いに異なってもよい。
- [0033] ビア導体15の具体的な形状及び寸法は適宜に設定されてよい。図示の例では、ビア導体15は、z方向を軸方向とする円柱状かつ直柱状とされている。また、直列につながる複数のビア導体15は、互いに同一の形状及び大きさとされており、複数のビア導体15全体としても、円柱状かつ直柱状と

されている。

[0034] 図示の例とは異なり、各ビア導体 15（又は直列につながる複数のビア導体 15 全体）は、上方ほど又は下方ほど径が小さくなるテーパ状（錐台状）であってもよい。また、ビア導体 15 は、中空状とされていてもよい。この場合、ビア導体の内部は、真空状態又はガスが満たされた状態とされてもよいし、絶縁材料が充填された状態であってもよい。直列に互いにつながるビア導体 15 同士は、そのつながる部分の径が互いに異なってもよい。

[0035] ランド 17 の具体的な形状及び寸法は適宜に設定されてよい。例えば、特に図示しないが、平面視において、ランド 17 の形状は、ビア導体 15 の外周面と中心が共通する円形状である。両者の径の差は任意である。また、1 つの貫通導体（27、33A 又は 33B）が 2 以上のランド 17 を有している場合において、当該 2 以上のランド 17 の形状及び寸法は、互いに同一であってもよいし（図示の例）、互いに異なってもよい。

[0036] なお、ランド 17 は、材料及び／又は製造方法に着目したときに、ビア導体 15 の上面又は下面に重なっていてもよいし（図示の例）、その全体が環状（フランジ状）とされて、ビア導体 15 の側面に接続されていてもよいし、そのような区別ができなくてもよい。なお、実施形態の説明では、便宜上、図示の態様を前提とした表現をすることがある。ランド 17 は、設けられなくても構わない。

[0037] （2. 3. インダクタ）

図 3 及び図 4 に示すように、インダクタ L1（L2）は、全体として螺旋状に構成されている。螺旋の軸は、z 方向に沿う（例えば平行な）方向である。螺旋の巻き数は任意であり、図示の例では、1.5 以上 2 未満である。軸方向に見た螺旋の形状は任意であり、図示の例では、矩形状である。また、別の観点では、インダクタ L1（L2）は、軸方向に見たときに直線状に延びる部分を有している。より詳細には、矩形状は長方形状であり、その長手方向は、インダクタ L1 及び L2 の並び方向（x 方向）に直交する方向（y 方向）と同じ方向とされている。換言すれば、インダクタ L1 及び L2 は

、長辺同士を対向させている。螺旋形状は、軸方向において、径が一定であってもよいし（図示の例）、一定でなくてもよい。

[0038] なお、インダクタ L_1 (L_2) を軸方向に見たときの他の形状としては、例えば、円形状、楕円形状、矩形以外の多角形状、及び多角形の1辺以上（例えば長方形の1対の短辺）を外側へ曲線状に膨らませた形状が挙げられる。多角形（矩形を含む）の角部は面取りされていてもよい。また、図示の例とは異なり、インダクタ L_1 (L_2) は、螺旋状に延びていなくてもよい。例えば、インダクタ L_1 (L_2) は、1つの層内で、C字状に延びていたり、渦巻き状に延びていたり、ミアンダ状に延びていたりしてもよい。また、インダクタ L_1 (L_2) は、 x y 平面に平行な方向を軸方向とする螺旋状に構成されていてもよい。

[0039] 図示の例のインダクタ L_1 (L_2) の螺旋形状は、導体パターンと貫通導体とを組み合わせることによって実現されている。より具体的には、インダクタ L_1 (L_2) は、端部 L_{1a} (L_{2a}) から端部 L_{1b} (L_{2b}) へ順に、パターン21、貫通導体23、パターン25及び貫通導体27を有している。

[0040] パターン21及び25は、互いに異なる層に位置している。各パターンは、例えば、所定の中心点（不図示）の周りを周回するように延びている。その具体的な形状は任意である。図示の例では、既述の螺旋形状の説明からも理解されるように、各パターンは、矩形の4辺の一部を成すように延びている。この矩形は両パターンで同じ寸法である。また、例えば、パターン21及び25は、平面透視において、大部分（例えば各パターンの8割以上の面積）に亘って互いに重複している。各パターンの中心点回りの角度範囲も任意であり、例えば、 270° 以上 360° 未満である。各パターンは、例えば、一定の幅で延びている。

[0041] 貫通導体23は、互いに異なる層に位置するパターン21とパターン25とを螺旋形状が構成されるように接続している。より詳細には、貫通導体23は、パターン21の端部 L_{1a} (L_{2a}) とは反対側の端部と、パターン

25の一端との間に介在して両者を接続している。貫通導体27は、螺旋形状から下方（ $-z$ 側）に延びる部分となっている。より詳細には、貫通導体27は、パターン25のうちの貫通導体23と接続される端部とは反対側の端部から下方へ延びている。貫通導体27の下端は、インダクタL1（L2）の端部L1b（L2b）となっている。

[0042] 平面透視において、貫通導体23及び27は、パターン21及び25が成す形状（図示の例では矩形）に対して任意の位置に位置してよい。別の観点では、各パターンの端部の位置は任意である。図示の例では、インダクタL1（L2）の貫通導体23及び27は、パターン21及び25のうち、インダクタL2（L1）の側の部分（長辺）に位置している。より詳細には、貫通導体23は、パターン21の上記部分（長辺）のうち、インダクタL1（L2）に対して端部L1a（L2a）が位置する側（ $+y$ 側）の端部（別の観点では矩形の角部）に位置している。貫通導体27は、パターン25の上記部分（長辺）のうち、中央よりも $+y$ 側に位置している。

[0043] 図6に示す例では、パターン21とパターン25とは1以上の絶縁層11（図示の例では複数。より詳細には3層の絶縁層11L～11N）を介して互いに対向している。貫通導体23は、図6では不図示であるが、上記の1以上の絶縁層11をそれぞれ貫通している1以上（3個）のビア導体15を有している。また、貫通導体23は、2層以上（図示の例では3層）の絶縁層11を貫通する場合において、2層以上の絶縁層間に位置する1以上（図示の例では2個）のランド17を有している。

[0044] また、パターン25（換言すれば螺旋状部分の最下層のパターン）と、キャパシタC1（電極29）とは、1以上の絶縁層11（図示の例では複数。より詳細には10層の絶縁層11B～11K）を介して互いに対向している。貫通導体27は、上記の1以上の絶縁層11をそれぞれ貫通している1以上（10個）のビア導体15を有している。また、貫通導体23は、2層以上（図示の例では10層）の絶縁層11を貫通する場合において、2層以上の絶縁層間に位置する1以上（図示の例では9個）のランド17を有してい

る。

[0045] (2. 4. キャパシタ (基準電位部))

キャパシタC 1 (C 2) は、既述のように、z 方向において互いに対向する電極29及び31を有する平行平板型のものとされており、また、電極31は、基準電位部GND (GNDパターン37) によって構成されている。図示の例とは異なり、キャパシタC 1 (C 2) は、同一の層内で互いに対向する電極によって構成されたり、1対の櫛歯電極によって構成されたりしても構わない。

[0046] なお、「基準電位部」の語は、基準電位が付与される個々の導体を指す場合と、基準電位が付与される1以上の導体を纏めて1つの基準電位部として指す場合とがある。本開示においては、特に断りが無い限りは、後者であるものとする。従って、例えば、「第1インダクタが基準電位部に接続されており、第2インダクタが前記基準電位部に接続されている」というとき、第1インダクタ及び第2インダクタは、同一の導体に接続されているとは限らない。また、基準電位部が含む2以上の導体は、必ずしもフィルタ1内又は回路基板9内で相互に接続されているとは限らない。

[0047] 図6に示されているように、GNDパターン37は、例えば、共振器Re 1及びRe 2内において、フィルタ1内において、及び／又は回路基板9内において、複数の導体パターンのうち最下層の導体パターンによって構成されている。また、GNDパターン37は、隙間なく広がる、いわゆるベタパターンによって構成されている。なお、GNDパターン37に下方(−z側)から重なる絶縁層11が設けられてよいことは、既に述べたとおりである。

[0048] GNDパターン37の平面形状及び寸法は任意である。図3に示す例では、GNDパターン37は、平面透視において、少なくとも、2つのキャパシタC 1及びC 2及びその間の領域に重複する形状及び面積を有している。さらに、図示の例では、GNDパターン37は、平面透視において、少なくとも、2つの共振器Re 1及びRe 2 (ただし、インダクタL 1及びL 2のう

ち、螺旋形状から端部L 1 a 及びL 2 a に向かって延び出る部分を除く) の全体に重複する形状及び面積を有している。

[0049] 図3に示すように、電極29は、GNDパターン37に対して上方から対向している。そして、GNDパターン37のうち、電極29と対向する領域が電極31として機能する。電極29の形状及び寸法は任意である。図示の例では、電極29は、矩形状とされている。より詳細には、矩形状は長方形状であり、その長手方向は、キャパシタC 1 及びC 2 の並び方向(x 方向) に直交する方向(y 方向) と同じ方向とされている。電極29の長手方向は、別の観点では、インダクタL 1 (L 2) の長手方向と同じ方向とされている。

[0050] 平面透視において、キャパシタC 1 (C 2) とインダクタL 1 (L 2) との位置関係は任意である。例えば、両者は、一方が他方に収まる関係であってよい。図示の例では、キャパシタC 1 (C 2) は、インダクタL 1 (L 2) の螺旋形状に収まっている。より詳細には、キャパシタC 1 (C 2) とインダクタL 1 (L 2) の螺旋形状とはy 方向の長さが同等であり、キャパシタC 1 (C 2) のx 方向の長さはインダクタL 1 (L 2) の螺旋形状のx 方向の長さよりも短い(例えば1/3以上4/5以下)。また、キャパシタC 1 (C 2) の共振器Re 2 (Re 1) の側の縁部と、インダクタL 1 (L 2) の螺旋形状の共振器Re 2 (Re 1) の側の縁部とは概ね一致している。

[0051] 図6に示す例では、電極29と電極31(GNDパターン37)とは1つの絶縁層11(絶縁層11A)を介して互いに対向している。ただし、図示の例とは異なり、電極29及び31は、2以上の絶縁層11を介して互いに対向していてもよい。

[0052] 図3及び図6に示すように、インダクタL 1 (L 2) の貫通導体27は、その下端が電極29と接続されている。平面透視において、貫通導体27と電極29との接続位置は任意である。図示の例では、これまでの貫通導体27の位置、インダクタL 1 (L 2) 及びキャパシタC 1 (C 2) の平面視における位置の説明から理解されるように、インダクタL 1 (L 2) の貫通導

体 2 7 は、キャパシタ C 1 (C 2) の電極 2 9 のうち、キャパシタ C 2 (C 1) の側の縁部 (長辺) に隣接する部分に接続されている。

[0053] (2. 5. 結合用ライン)

図 5 に示すように、結合用ライン 7 は、互いに並列に絶縁層 1 1 を貫通している結合用貫通導体 3 3 A 及び 3 3 B と、両者の上端同士を接続している結合用パターン 3 5 とを有している。結合用パターン 3 5 は、例えば、矩形の 3 辺を成すように延びている。

[0054] 図 3、図 6 及び図 7 に示すように、結合用ライン 7 は、2 つのインダクタ L 1 及び L 2 の間に位置している。そして、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) とインダクタ L 1 (L 2) の貫通導体 2 7 とは互いに隣接して互いに並列に延びており、磁界結合する。結合用パターン 3 5 の 1 辺とインダクタ L 1 (L 2) のパターン 2 5 の 1 辺とは互いに隣接して互いに並列に延びており、磁界結合する。

[0055] 結合用ライン 7 のうち、インダクタ L 1 (L 2) と磁界結合する部分は、インダクタ L 3 (L 4) を構成している。すなわち、インダクタ L 3 (L 4) は、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) と、結合用パターン 3 5 のうち 1 辺 (後述する直線状部 3 5 a A (3 5 a B)) とを有している。なお、図示の例とは異なり、インダクタ L 3 (L 4) は、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) のみ、又は結合用パターン 3 5 の一部のみによって構成されていてもよい。

[0056] 以下、概略、下記の順に結合用ライン 7 について説明する。

2. 5. 1. 結合用貫通導体 3 3 A 及び 3 3 B

2. 5. 2. 結合用パターン 3 5

[0057] (2. 5. 1. 結合用貫通導体)

平面視において、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) のインダクタ L 1 (L 2) の貫通導体 2 7 に対する位置は、両者が磁界結合できる限り、任意である。図示の例では、インダクタ L 1 及び L 2 の貫通導体 2 7 を結ぶ直線上に結合用貫通導体 3 3 A 及び 3 3 B が位置している。すなわち、4 つの貫通導

体 2 7 は 1 列に並んでいる。結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) と、インダクタ L 1 (L 2) の貫通導体 2 7 との距離は、例えば、結合用貫通導体 3 3 A と 3 3 B との距離よりも短い。なお、貫通導体同士の距離は、特に断りが無い限り、軸心同士の距離を指すものとする。結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) と、インダクタ L 1 (L 2) の貫通導体 2 7 との距離は、例えば、0. 0 5 mm 以上 0. 4 mm 以下である。

[0058] 結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) と、インダクタ L 1 (L 2) の貫通導体 2 7 とは、互いに並列に回路基板 9 の厚さ方向に延びているから、別の観点では、両者は、1 以上の絶縁層 1 1 を共に貫通している。図 6 に示す例では、両者は、1 0 層の絶縁層 1 1 B ~ 1 1 K を共に貫通している。なお、既述のように、絶縁層 1 1 B ~ 1 1 K を 1 層の絶縁層として捉えてもよい。

[0059] 結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) のインダクタ L 1 (L 2) の貫通導体 2 7 に対する相対的な長さ (z 方向) は任意である。図 6 に示す例では、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) は、貫通導体 2 7 の全長に亘っている。より詳細には、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) の上端の位置は、貫通導体 2 7 の上端の位置と同じ層 (パターン 2 5 が位置する層) に位置している。また、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) の下端の位置は、貫通導体 2 7 の下端の位置よりも下方に位置している。両者の下端の位置の差は、キャパシタ C 1 の厚さに相当している。結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) の形状及び寸法 (z 方向の長さを除く。) は、貫通導体 2 7 の形状及び径と同じであってもよいし (図示の例) 、異なってもよい。

[0060] 図示の例とは異なり、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) の上端の位置と、貫通導体 2 7 の上端の位置とは異なってもよい。ただし、この場合、結合用貫通導体 3 3 A 及び 3 3 B の上端同士を接続する結合用パターン 3 5 の z 方向の位置は、パターン 2 5 の z 方向の位置と相違する。そこで、結合用ライン 7 が含む導体パターンとパターン 2 5 とを磁界結合する場合は、例えば、結合用パターン 3 5 に代えて、結合用貫通導体 3 3 A 及び 3 3 B の上端に接続される 2 つのパターンと、パターン 2 5 と同じ層にてパターン 2 5 と

磁界結合するパターンと、前者の2つのパターンと後者のパターンとを接続する2つの貫通導体とを設けてよい。

[0061] 結合用貫通導体33A(33B)は、結合用ライン7のうち、基準電位部GND(GNDパターン37)に直接的に接続されている部分である。別の観点では、結合用貫通導体33Aは、結合用パターン35と基準電位部GNDとを接続している部分である。また、貫通導体27は、インダクタL1(L2)のうち、キャパシタC1(C2)に直接的に接続されている部分である。別の観点では、貫通導体27は、パターン25とキャパシタC1(C2)とを接続している部分である。さらに別の観点では、貫通導体27は、インダクタL1(L2)のうち、電氣的に最も基準電位部GNDの側に位置する部分である。従って、結合用貫通導体33A(33B)と貫通導体27との磁界結合によって、結合用ライン7及びインダクタL1(L2)は、電氣的に基準電位部GNDの側の部分同士が磁界結合されていることになる。

[0062] 貫通導体27は、平面透視において、インダクタL1(L2)の螺旋状部分(別の観点ではパターン25)のうち、結合用ライン7の側の1辺に接続されている。別の観点では、貫通導体27は、インダクタL1(L2)のうち、最も結合用ライン7(別の観点ではインダクタL3(L4))に近い位置にある。また、結合用貫通導体33A(33B)は、平面透視において、結合用ライン7(別の観点ではインダクタL3(L4))のうち、最もインダクタL1(L2)に近い位置にある。従って、貫通導体27と結合用貫通導体33A(33B)との磁界結合は、インダクタL1(L2)とインダクタL3(L4)との互いに最も近い位置同士における磁界結合となっている。なお、このように最も近いというとき、軸心(中心)同士の位置が最も近くてもよいし、外縁(ランド17の縁部)同士の位置が最も近くてもよい。

[0063] (2. 5. 2. 結合用パターン)

図7に符号を付すように、パターン25のうち、結合用パターン35と磁界結合する1辺を直線状部25aと称するものとする。結合用パターン35のうち、インダクタL1のパターン25と磁界結合する1辺を直線状部35

a Aと称するものとする。同様に、結合用パターン35のうち、インダクタL2のパターン25と磁界結合する1辺を直線状部35 a Bと称するものとする。直線状部35 a Aと直線状部35 a Bとを連結している部分を接続部35 bと称するものとする。

[0064] これまでの説明からも理解されるように、直線状部25 aは、2つのインダクタL1及びL2の並び方向（x方向）に直交する方向（y方向）に延びている。そして、直線状部25 aに平行に延びている直線状部35 a A（35 a B）もy方向に延びている。直線状部35 a A（35 a B）の長さ（y方向）は、直線状部25 aの長さに対して、短くもよいし（図示の例）、同等でもよいし、長くてもよい。直線状部35 a A（35 a B）の具体的な長さの設定は、例えば、インダクタL1（L2）とインダクタL3（L4）との磁界結合の強さの調整に利用されてよい。このとき、直線状部35 a A（35 a B）が設けられないことがあってもよい。

[0065] 直線状部35 a A（35 a B）は、例えば、結合用貫通導体33 A（33 B）の位置からy方向に延びている。また、直線状部25 aは、貫通導体27の位置からy方向に延びている。従って、結合用貫通導体33 A（33 B）とインダクタL1（L2）の貫通導体27との距離に関する既述の説明は、直線状部35 a A（35 a B）とインダクタL1（L2）の直線状部25 aの距離の説明に援用されてよい。ここで、直線状部同士の距離は、その中心線同士の距離を指すものとする。

[0066] 結合用パターン35のうち、接続部35 bの形状及び寸法は任意である。図示の例では、接続部35 bは、直線状部35 a A及び35 a Bと同じ幅で直線状に延びている。ただし、接続部35 bは、例えば、外側に膨らむ曲線状に形成されていても構わないし、直線状部35 a A及び35 a Bの幅とは異なる幅を有していても構わない。

[0067] フィルタ1から結合用ライン7を無くした比較例に係るフィルタは、公知の構成である。従って、インダクタL1及びL2のインダクタンス、並びにキャパシタC1、C2及びC11～C13のキャパシタンスは、公知の方法

と同様の方法によって設定されて構わない。ただし、結合用ライン 7 の影響を考慮した微調整がなされてもよい。

[0068] インダクタ L 3 及び L 4 のインダクタンス、並びにインダクタ L 1 及び L 3 (L 2 及び L 4) の磁界結合の強度も適宜に設定されてよい。例えば、以下のとおりである。

[0069] 結合用ライン 7 は、インダクタ L 1 及び L 2 の間の相互インダクタンスを生じていると捉えることができる。インダクタ L 1 及び L 2 において、信号の不要成分が基準電位部 GND に向かって流れる状況を考える。このとき、図示の例のインダクタ L 3 及び L 4 の接続関係においては、インダクタ L 1 及び L 3 の磁界結合によって生じる電流と、インダクタ L 2 及び L 4 の磁界結合によって生じる電流とが、結合用ライン 7 を互いに逆向きに流れる。すなわち、上記の相互インダクタンスは負である。そして、インダクタ L 1 (L 2) のインダクタンスと、相互インダクタンスとを合成したインダクタンスは、インダクタ L 1 (L 2) のインダクタンスよりも小さくなる。その結果、共振器 R e 1 (R e 2) よりも共振周波数が高い共振周波数を有する共振器が実質的に構成される。これにより、共振器 R e 1 (R e 2) 単体の共振周波数 (減衰極 P L 1 の周波数) よりも高い周波数に新たな減衰極 P L 2 が現れる。磁界結合を強くするほど、相互インダクタンスの絶対値は大きくなり、減衰極 P L 2 の周波数は、減衰極 P L 1 の周波数から高周波側へシフトする。

[0070] 従って、例えば、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) とインダクタ L 1 (L 2) の貫通導体 2 7 との距離を短くしたり、直線状部 3 5 a A (3 5 a B) を長くしたりすると、インダクタ L 1 及び L 3 (L 2 及び L 4) の磁界結合が強くなり、ひいては、減衰極 P L 2 の周波数が減衰極 P L 1 に対して高周波数側へシフトする。そこで、例えば、結合用貫通導体 3 3 A (3 3 B) とインダクタ L 1 (L 2) の貫通導体 2 7 との距離、並びに直線状部 3 5 a A (3 5 a B) の長さ等のパラメータの値を互いに異ならせた種々の条件でシミュレーション計算を行う。そして、種々の条件について、図 2 に示したよ

うな減衰特性を得る。得られた減衰特性を参照して、要求された仕様が満たされるパラメータの値を探索する。

[0071] (3. 第1実施形態のまとめ)

以上のとおり、フィルタ1は、フィルタ素子（キャパシタC12）と、第1共振器（共振器Re1）と、第2共振器（共振器Re2）と、第3インダクタ（インダクタL3）と、第4インダクタ（インダクタL4）とを有している。キャパシタC12は、入力側から出力側への信号経路5に含まれている。共振器Re1は、信号経路5のうちキャパシタC12に対して電氣的に入力側となる部位と、基準電位部GNDとを接続しており、第1インダクタ（インダクタL1）を有している。共振器Re2は、信号経路5のうちキャパシタC12に対して電氣的に出力側となる部位と、基準電位部GNDとを接続しており、第2インダクタ（インダクタL2）を有している。インダクタL3は、インダクタL1と磁界結合する。インダクタL4は、インダクタL2と磁界結合する。インダクタL3及びL4は、それぞれの一端側が互いに別々に基準電位部GNDに接続されており（一端側同士が互いに接続されてから基準電位部GNDに接続されるのではなく）、基準電位部GNDに接続される側とは電氣的に反対側となる部分同士が互いに接続されており、信号経路5に電氣的に非接続とされている。

[0072] 従って、図2を参照して述べたように、新たな減衰極PL2を形成し、遷移帯域TBにおいて減衰特性を示す線の傾きを急峻にすることができる。すなわち、フィルタ1の特性を向上させることができる。インダクタL3及びL4は、それぞれの一端側が互いに別々に基準電位部GNDに接続されていることから、例えば、インダクタL3及びL4が電氣的に浮遊状態の環状パターンの一部である態様に比較して、磁界結合の強度を調整することが容易である。一般に、分布定数線路において、電界の振幅と磁界の振幅のそれぞれの2乗の和が一定となるような電磁界分布が定常状態で発生する。したがって、分布定数線路において、電界の振幅が小さい部分では、磁界の振幅は、大きい。本実施形態では、基準電位部GNDは電界の振幅がほぼ0である

。基準電位部GNDに接続されたインダクタL3及びL4の一端側もまた、電界の振幅が小さいことから、基準電位部GNDに接続されたインダクタL3及びL4の一端側は、磁界の振幅は大きく、磁界結合しやすい。これにより、本実施形態では、インダクタL1及びL3の間の磁界結合の強度を調整して、フィルタの減衰特性における減衰極の周波数を調整することが容易となる。また、インダクタL3及びL4は、信号経路5に対して電氣的に非接続であるから、共振器Re1（Re2）のように直接的に信号経路5のフィルタ特性に影響を及ぼすものではない。従って、そのような直接的な影響を考慮することなく、インダクタL3及びL4に関して、磁界結合の強度及び／又はインダクタンスを設定することができる。その結果、設計が容易化される。

[0073] 共振器Re1は、インダクタL1と基準電位部GNDとを接続している第1キャパシタ（キャパシタC1）を有してよい。

[0074] 換言すれば、共振器Re1は、直列共振器であってよく、また、インダクタL1は、基準電位部GNDとの間にキャパシタC1を介在させることによって相対的に基準電位部GNDから電氣的に離れていてよい。この場合、例えば、インダクタL1（L2）のQ値を向上させることができる。

[0075] インダクタL1は、第1要素（例えば直線状部25a）と、第1要素とキャパシタC1とを接続している第2要素（例えば貫通導体27）と、を有してよい。インダクタL3は、第3要素（例えば直線状部35aA）と、第3要素と基準電位部GNDとを接続している第4要素（例えば結合用貫通導体33A）と、を有してよい。第2要素と第4要素とは、互いに並列に延びていてよく、磁界結合してよい。

[0076] 換言すれば、インダクタL1及びインダクタL3は、相対的に基準電位部GNDに近い部分同士（第2要素及び第4要素）が磁界結合してよい。この場合、例えば、既述の説明から理解されるように、インダクタL1及びインダクタL3の基準電位部GNDに近い部分（第2要素及び第4要素）は、電界の振幅が小さいため、磁界の振幅が大きく、磁界結合しやすい。したがって

インダクタL1及びL3の間の磁界結合の強度の調整が容易である。また、例えばインダクタL1及びL3の間の磁界結合を強くすることが容易である。

[0077] フィルタ1は、第1絶縁層（絶縁層11B～11Kの組み合わせ）を含む回路基板9を有してよい。上記の第2要素は、第1絶縁層を厚さ方向（z方向）に貫通する第1貫通導体（貫通導体27）を有してよい。上記の第4要素は、第1絶縁層を厚さ方向に貫通する第2貫通導体（結合用貫通導体33A）を有してよい。貫通導体27と結合用貫通導体33Aとは、互いに並列に延びてよく、磁界結合してよい。

[0078] この場合、例えば、導体パターンのみによって磁界結合を実現する態様（そのような態様も本開示に係る技術に含まれる。）に比較して、インダクタL1及びL3が磁界結合する長さを回路基板9の厚み方向に確保できるから、回路基板9の平面方向における小型化に有利である。また、回路基板9が下面側に広い面積でGNDパターン37を有している場合、インダクタL1及びL3は、下面に延びる貫通導体を含む構成となりやすい。そして、その貫通導体同士を磁界結合させることによって、基準電位部GNDに近い位置で磁界結合が実現されやすい。すなわち、先に述べた効果を得ることが容易化される。

[0079] 貫通導体27は、インダクタL1の中で、インダクタL3に最も近い位置にあってよい。結合用貫通導体33Aは、インダクタL3の中で、インダクタL1に最も近い位置にあってよい。

[0080] この場合、例えば、貫通導体27及び結合用貫通導体33Aによる磁界結合の強度を強くすることができる。また、別の観点では、例えば、磁界結合が意図されていない部分同士（例えば直線状部25a及び接続部33b）の磁界結合が生じる蓋然性が低減される。その結果、貫通導体27及び結合用貫通導体33Aの距離及び／又は寸法によって、インダクタL1及び結合用ライン7との磁界結合の強度を調整することが容易化される。

[0081] 貫通導体27の軸心と結合用貫通導体33Aの軸心との距離は、0.05mm以上0.4mm以下であってよい。

[0082] このような距離であれば、例えば、いわゆる高周波回路において、磁界結合を実現することが容易化される。

[0083] 上記の第1要素は、第1絶縁層（絶縁層11B～11Kの組み合わせ）に重なる第1パターン（パターン25）を有してよい。上記の第3要素は、第1絶縁層に重なる第2パターン（結合用パターン35）を有してよい。パターン25及び結合用パターン35は、互いに並列に延びる直線状部25a及び35aAを有してよい。

[0084] この場合、例えば、貫通導体同士の磁界結合だけでなく、導体パターン同士の磁界結合が行われるから、磁界結合の強度を強くすることが容易化される。また、別の観点では、基準電位部GNDに近い第2要素及び第4要素による磁界結合だけでなく、基準電位部GNDから遠い第1要素及び第3要素による磁界結合が行われるから、磁界結合の強度を強くすることが容易化される。

[0085] <第2実施形態>

第2実施形態の説明においては、基本的に、第1実施形態との相違点についてのみ述べる。特に言及が無い事項については、第1実施形態と同様とされたり、第1実施形態から類推されたりしてよい。また、第1実施形態の構成要素と対応する構成要素については、便宜上、相違点があっても同一の符号を付すことがある。

[0086] 図8は、第2実施形態に係るフィルタ201の等価回路を示す回路図である。この図は、第1実施形態の図1に対応している。

[0087] 図8と図1との比較から理解されるように、フィルタ201（結合用ライン207）は、インダクタL3及びL4のうちの基準電位部GNDに接続される側とは電氣的に反対側となる部分同士を接続するインダクタL5を有している。これにより、例えば、磁界結合の強度を実質的に強くすることができる。

[0088] インダクタL5を実現するための構造は種々可能である。以下に一例を示す。

[0089] 図9は、第2実施形態に係るフィルタ201の要部の導体を示す斜視図であり、第1実施形態の図3に対応している。図10は、図9からインダクタL1を抽出して示す斜視図であり、第1実施形態の図4に対応している。図11は、図9から結合用ライン207を抽出して示す斜視図であり、第1実施形態の図5に対応している。

[0090] 図9及び図10に示すように、本実施形態におけるインダクタL1（L2）の構成は、概略、第1実施形態のインダクタL1（L2）の構成と同様である。ただし、貫通導体27は、直接的にキャパシタC1（C2）の電極29に接続されていない。具体的には、図10に符号を付すように、インダクタL1（L2）は、貫通導体27の下端に接続されているパターン39と、パターン39の下面から電極29の上面に向かって延びる貫通導体41とを有している。貫通導体41の下端は、インダクタL1（L2）の端部L1b（L2b（図9））となっている。このような構成により、例えば、キャパシタC1（C2）が貫通導体27の直下に位置していない場合においても、貫通導体27とキャパシタC1（C2）とを接続できる。

[0091] 図9に示すように、平面視において、本実施形態のキャパシタC1（C2）は、第1実施形態とは逆に、インダクタL1（L2）に対して、結合用ライン207とは反対側に位置している。より詳細には、平面視において、キャパシタC1（C2）の上記反対側の縁部と、インダクタL1（L2）の上記反対側の縁部とは概ね一致している。また、キャパシタC1（C2）の電極29は、結合用ライン207の側の縁部に凹部（符号省略）を有している。このような構成により、例えば、結合用貫通導体33A（33B）をインダクタL1（L2）に重なる位置に配置しても、結合用貫通導体33A（33B）と電極29との距離を確保することが容易化される。

[0092] 図9及び図11に示すように、結合用ライン207は、直線状部35aA及び35bBが、これらと同一の層の接続部35b（図5）によって接続されるのではなく、インダクタL5によって接続されている。インダクタL5は、図11に符号を示すように、直線状部35aA（35aB）から下方へ

延びる貫通導体43A(43B)と、貫通導体43A及び43Bの下端同士を接続しているパターン45とを有している。これにより、結合用ライン207の長さが確保され、インダクタL5が構成されている。

[0093] 第1実施形態の接続部35bもインダクタとして機能し得る。ただし、接続部35bは、インダクタL3及びL4の端部同士を最短距離で接続している。別の観点では、接続部35bは、直線状である。従って、インダクタL3及びL4を接続する部分が、両者を最短距離で接続していない場合(直線状でない場合)、インダクタL5が設けられていると捉えられてよい。そのようなインダクタL5の構成は、図示のものに限定されない。例えば、インダクタL5は、適宜に屈曲する導体パターンのみによって構成されてもよいし、4個以上の貫通導体を含んで、上下に2往復以上する構成であってもよい。

[0094] インダクタL5が4個以上の貫通導体を含んでよいことから理解されるように、図示の例のインダクタL5は、上位概念化すると、2つの直線状部35aA及び35aBに接続される2つの貫通導体43A及び43Bと、当該2以上の貫通導体の2つの直線状部35aA及び35aBとは反対側同士を接続する導体(1以上の導体パターン及び0以上の貫通導体)とを有する構成であるといえることができる。

[0095] 図9に示すように、結合用貫通導体33A(33B)は、第1実施形態とは異なり、インダクタL1(L2)の貫通導体27に対して、インダクタL2(L1)の側に隣接するのではなく、インダクタL1及びL2の並び方向に直交する方向(y方向)において隣接している。また、直線状部35aA(35aB)は、第1実施形態とは異なり、インダクタL1(L2)の直線状部25aに対して、インダクタL2(L1)の側に隣接するのではなく、下方に隣接している。このような構成により、例えば、インダクタL5(より詳細にはパターン45)を長くして、インダクタL5のインダクタンスを大きくすることが容易化される。また、このような構成により、例えば、フィルタのx方向の寸法を減少することが容易化される。

[0096] ＜フィルタの利用例＞

フィルタ 1 及び 201 は、例えば、通信用のモジュール及び／又は通信装置に利用されてよい。以下に一例を示す。なお、以下では、便宜上、フィルタ 1 及び 201 のうち、フィルタ 1 の符号のみを参照する。

[0097] 図 12 は、フィルタ 1 の利用例としての通信装置 151 の要部を示すブロック図である。通信装置 151 は、モジュール 171 と、モジュール 171 を収容する筐体 173 とを有している。モジュール 171 は、電波を利用した無線通信を行うものであり、分波器 101 を含んでいる。分波器 101 は、送信フィルタ 103 及び受信フィルタ 105 を有するデュプレクサとされている。そして、送信フィルタ 103 及び受信フィルタ 105 の少なくとも一方の一部にフィルタ 1 が適用されている。

[0098] モジュール 171 において、送信すべき情報を含む送信情報信号 TIS は、RF-IC (Radio Frequency Integrated Circuit) 153 (集積回路素子の一例) によって変調および周波数の引き上げ (搬送波周波数を有する高周波信号への変換) がなされて送信信号 TS とされる。送信信号 TS は、バンドパスフィルタ 155 によって送信用の通過帯以外の不要成分が除去され、増幅器 157 によって増幅されて分波器 101 に入力される。そして、分波器 101 (送信フィルタ 103) は、入力された送信信号 TS から送信用の通過帯以外の不要成分を除去し、その除去後の送信信号 TS をアンテナ 159 に出力する。アンテナ 159 は、入力された電気信号 (送信信号 TS) を無線信号 (電波) に変換して送信する。

[0099] また、モジュール 171 において、アンテナ 159 によって受信された無線信号 (電波) は、アンテナ 159 によって電気信号 (受信信号 RS) に変換されて分波器 101 に入力される。分波器 101 (受信フィルタ 105) は、入力された受信信号 RS から受信用の通過帯以外の不要成分を除去して増幅器 161 へ出力する。出力された受信信号 RS は、増幅器 161 によって増幅され、バンドパスフィルタ 163 によって受信用の通過帯以外の不要成分が除去される。そして、受信信号 RS は、RF-IC 153 によって周

波数の引き下げおよび復調がなされて受信情報信号 R | S とされる。

[0100] なお、送信情報信号 T | S および受信情報信号 R | S は、適宜な情報を含む低周波信号（ベースバンド信号）でよく、例えば、アナログの音声信号もしくはデジタル化された音声信号である。無線信号の通過帯は、適宜に設定されてよい。変調方式は、位相変調、振幅変調、周波数変調もしくはこれらのいずれか2つ以上の組み合わせのいずれであってもよい。回路方式は、ダイレクトコンバージョン方式を図示したが、それ以外の適宜なものとされてよく、例えば、ダブルスーパーヘテロダイン方式であってもよい。また、図 12 は、要部のみを模式的に示すものであり、適宜な位置にローパスフィルタやアイソレータ等が追加されてもよいし、また、増幅器等の位置が変更されてもよい。

[0101] モジュール 171 は、例えば、RF-IC 153 からアンテナ 159 までの構成要素を同一の回路基板上に有している。すなわち、送信フィルタ 103 及び受信フィルタ 105 は、他の構成要素と組み合わされてモジュール化されている。この回路基板は、回路基板 9 であってもよいし、回路基板 9 が実装されるものであってもよい。なお、送信フィルタ 103 及び受信フィルタ 105 は、モジュール化されずに、通信装置 151 に含まれていても構わない。また、モジュール 171 の構成要素として例示した構成要素は、モジュールの外部に位置していたり、筐体 173 に収容されていなかったりしてもよい。例えば、アンテナ 159 は、筐体 173 の外部に露出するものであってもよい。

[0102] 送信フィルタ 103 がフィルタ 1 を含んでいる場合、例えば、入力端子 3A が増幅器 157 に接続され、出力端子 3B がアンテナ 159 に接続される。また、受信フィルタ 105 がフィルタ 1 を含んでいる場合、例えば、入力端子 3A がアンテナ 159 に接続され、出力端子 3B が増幅器 161 に接続される。なお、入力端子 3A とフィルタ 1 との間、及び／又はフィルタ 1 との出力端子 3B との間には、他のフィルタが設けられていてよい。他のフィルタは、例えば、弾性波を利用する弾性波フィルタとされてよい。

[0103] なお、以上の実施形態において、キャパシタC 1 2は信号経路に含まれるフィルタ素子の一例である。共振器R e 1及びR e 2は、それぞれ、第1共振器及び第2共振器の一例である。インダクタL 1、L 2、L 3、L 4及びL 5は、それぞれ、第1インダクタ、第2インダクタ、第3インダクタ、第4インダクタ及び第5インダクタの一例である。キャパシタC 1は第1キャパシタの一例である。直線状部2 5 a及び貫通導体2 7は、それぞれ、第1要素及び第2要素の一例である。直線状部3 5 a A及び結合用貫通導体3 3 Aは、それぞれ、第3要素及び第4要素の一例である。絶縁層1 1 B～1 1 Kの全体は、第1絶縁層の一例である。貫通導体2 7及び結合用貫通導体3 3 Aは、それぞれ、第1貫通導体及び第2貫通導体の一例である。直線状部2 5 a及び直線状部3 5 a Aは、それぞれ、第1パターン及び第2パターンの一例である。

[0104] 本開示に係る技術は、上記の実施形態に限定されず、種々の態様で実施されてよい。

[0105] 例えば、第1実施形態と第2実施形態とは適宜に組み合わせられてよい。例えば、第2実施形態のインダクタL 5は、第1実施形態のように、結合用貫通導体3 3 A（3 3 B）とインダクタL 1（L 2）の貫通導体2 7とがx方向において隣接している態様に適用されてもよい。逆に、第1実施形態のインダクタL 5を構成しない接続部3 5 aは、第2実施形態のように、結合用貫通導体3 3 A（3 3 B）とインダクタL 1（L 2）の貫通導体2 7とがy方向に隣接する態様に適用されてもよい。

[0106] 実施形態では、共振器R e 1（R e 2）単体の減衰極P L 1に対して高周波数側に新たな減衰極P L 2を形成した。これとは異なり、新たな減衰極P L 2は、減衰極P L 1に対して低周波数側に形成されてもよい。この場合は、例えば、信号の不要成分がインダクタL 1及びL 2を基準電位部G N Dに向かって流れる状況を考えたときに、インダクタL 1及びL 3の磁界結合によって生じる電流と、インダクタL 2及びL 4の磁界結合によって生じる電流とが、結合用ラインを同一の方向に流れるように（相互インダクタンスが

正になるように)、インダクタ L_3 及び L_4 が互いに接続されてよい。

[0107] 実施形態では、第1共振器及び第2共振器(共振器 R_{e1} 及び R_{e2})は、直列共振器とされた。ただし、これらの共振器は、インダクタ及びキャパシタが並列接続されている並列共振器であってもよい。この場合も、第3インダクタ及び第4インダクタは、第1共振器(第2共振器)単体の極に対して低周波数側又は高周波数側に新たな極を形成することに寄与する。

[0108] 信号経路に含まれるフィルタ素子(キャパシタ C_{12})は、キャパシタに限定されない。フィルタ素子は、例えば、通過帯域の周波数を有する信号の通過を許容しつつ、第1共振器及び第2共振器の信号経路に対する接続位置を電氣的に互いに異なる位置にする機能を有している種々の電子素子とされてよい。例えば、フィルタ素子は、共振器、抵抗体又はインダクタであってもよいし、2以上の電子素子が組み合わされて構成されていてもよい。

[0109] フィルタは、信号経路に含まれる2以上のフィルタ素子と、信号経路と基準電位部とを接続する3以上の共振器(第1共振器及び第2共振器を含む)とを有してよい。この場合において、第1共振器及び第2共振器は、3以上の共振器のうち、信号経路に対する接続位置が電氣的に互いに隣り合っている2つの共振器であってもよいし(実施形態の説明で示した例)、そうでなくてもよい。後者について例を挙げると、図1の構成において、キャパシタ C_{13} と出力端子3Bとの間に接続されているとともに基準電位部GNDに接続されている不図示の共振器が設けられ、この不図示の共振器が第2共振器として、第1共振器としての共振器 R_{e1} と磁界結合してもよい。

符号の説明

[0110] 1…フィルタ、5…信号経路、 C_{12} …キャパシタ(フィルタ素子)、 R_{e1} …共振器(第1共振器)、 R_{e2} …共振器(第2共振器)、 L_1 …インダクタ(第1インダクタ)、 L_2 …インダクタ(第2インダクタ)、 L_3 …インダクタ(第3インダクタ)、 L_4 …インダクタ(第4インダクタ)、GND…基準電位部。

請求の範囲

- [請求項1] 入力側から出力側への信号経路に含まれているフィルタ素子と、
 前記信号経路のうち前記フィルタ素子に対して電氣的に前記入力側となる部位と、基準電位部とを接続しており、第1インダクタを有している第1共振器と、
 前記信号経路のうち前記フィルタ素子に対して電氣的に前記出力側となる部位と、前記基準電位部とを接続しており、第2インダクタを有している第2共振器と、
 前記第1インダクタと磁界結合する第3インダクタと、
 前記第2インダクタと磁界結合する第4インダクタと、
 を有しており、
 前記第3インダクタ及び前記第4インダクタは、
 それぞれの一端側が互いに別々に前記基準電位部に接続されており、
 前記基準電位部に接続される側とは電氣的に反対側の部分同士が互いに接続されており、
 前記信号経路に電氣的に非接続とされている
 フィルタ。
- [請求項2] 前記第1共振器は、前記第1インダクタと前記基準電位部とを接続している第1キャパシタを有している
 請求項1に記載のフィルタ。
- [請求項3] 前記第1インダクタは、
 第1要素と、
 前記第1要素と前記第1キャパシタとを接続している第2要素と、
 を有しており、
 前記第3インダクタは、
 第3要素と、
 前記第3要素と前記基準電位部とを接続している第4要素と、を

有しており、

前記第2要素と前記第4要素とは、互いに並列に延びており、磁界結合する

請求項2に記載のフィルタ。

[請求項4]

第1絶縁層を含む回路基板を有しており、

前記第2要素は、前記第1絶縁層を厚さ方向に貫通する第1貫通導体を有しており、

前記第4要素は、前記第1絶縁層を厚さ方向に貫通する第2貫通導体を有しており、

前記第1貫通導体と前記第2貫通導体とは、互いに並列に延びており、磁界結合する

請求項3に記載のフィルタ。

[請求項5]

前記第1貫通導体は、前記第1インダクタの中で、前記第3インダクタに最も近い位置にあり、

前記第2貫通導体は、前記第3インダクタの中で、前記第1インダクタに最も近い位置にある、

請求項4に記載のフィルタ。

[請求項6]

前記第1貫通導体の軸心と前記第2貫通導体の軸心との距離は、0.05mm以上0.4mm以下である

請求項4又は5に記載のフィルタ。

[請求項7]

前記第1要素は、前記第1絶縁層に重なる第1パターンを有し、

前記第3要素は、前記第1絶縁層に重なる第2パターンを有し、

前記第1パターン及び前記第2パターンは、互いに並列に延びる直線状部を有している

請求項4～6のいずれか1項に記載のフィルタ。

[請求項8]

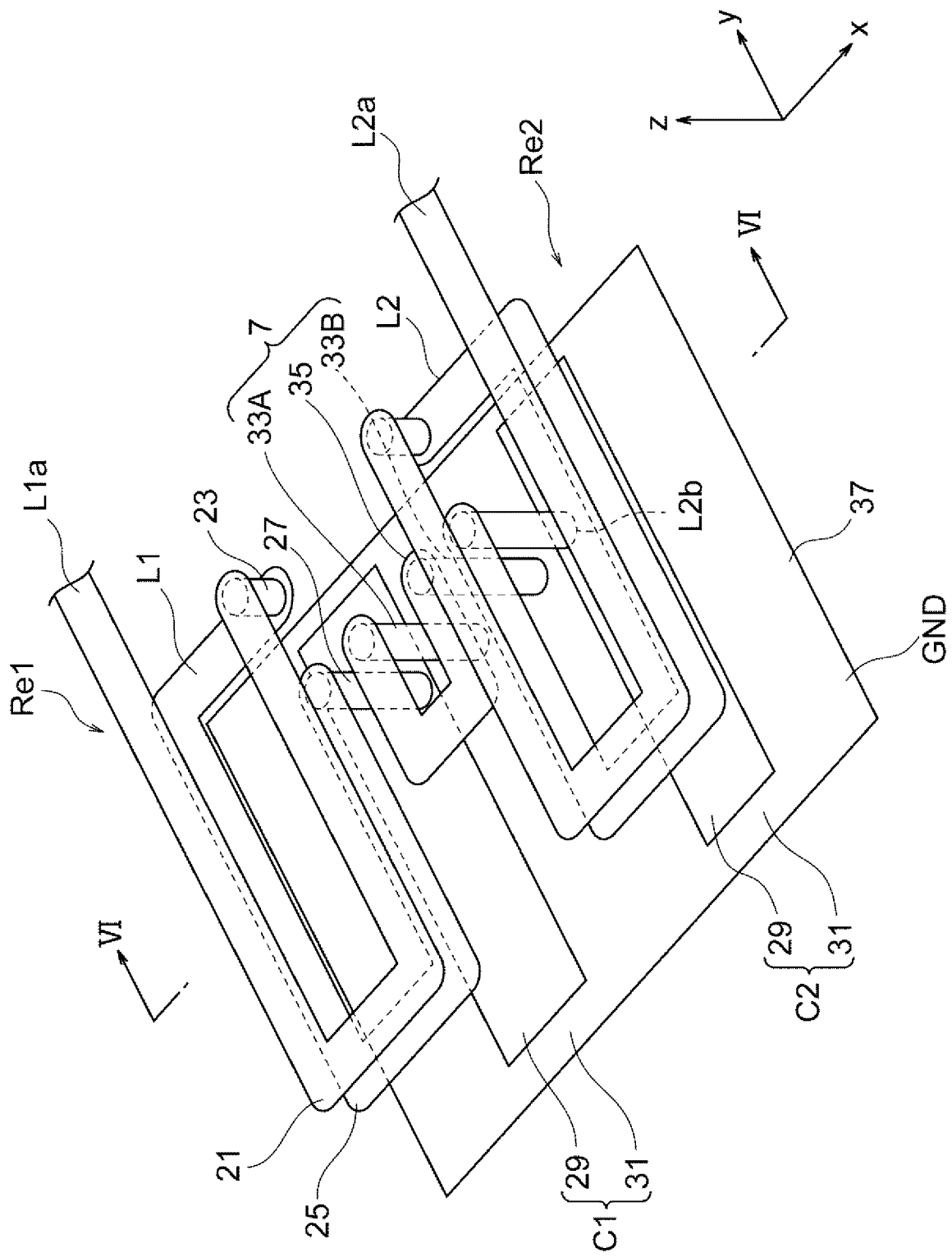
前記第3インダクタ及び前記第4インダクタの、前記基準電位部とは電氣的に反対側となる部分同士を接続する第5インダクタを更に有している

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載のフィルタ。

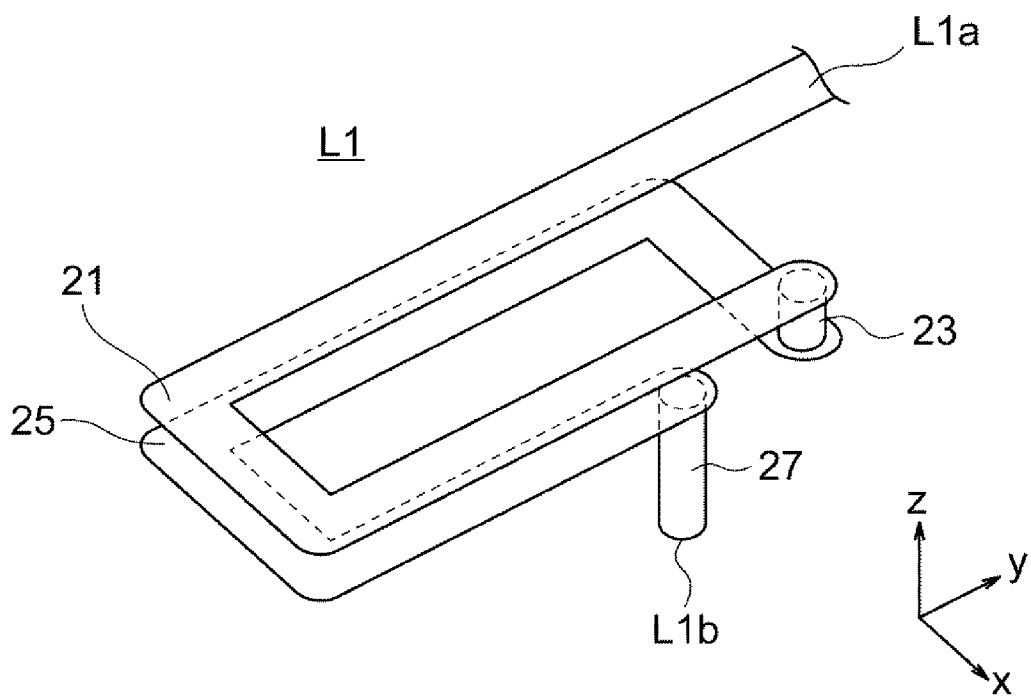
[請求項9]

請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載のフィルタと、
前記フィルタと接続されている集積回路素子と、
を有している通信装置。

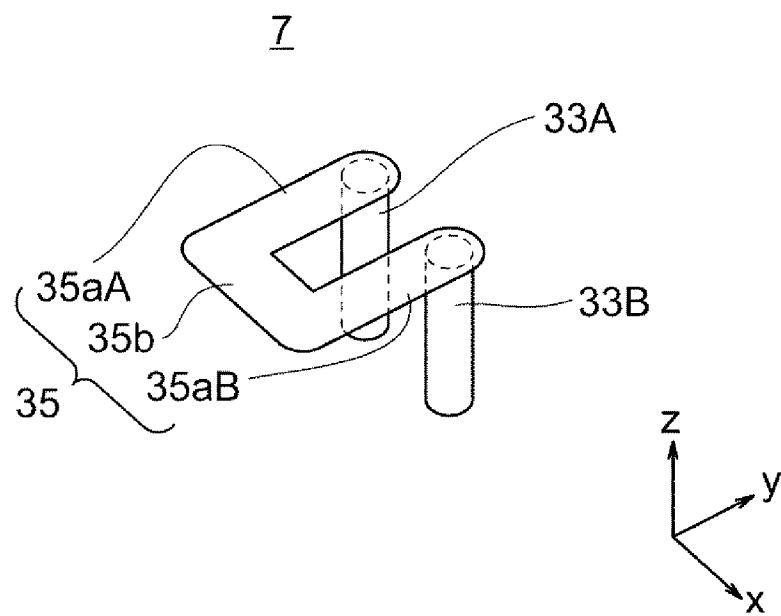
[図3]



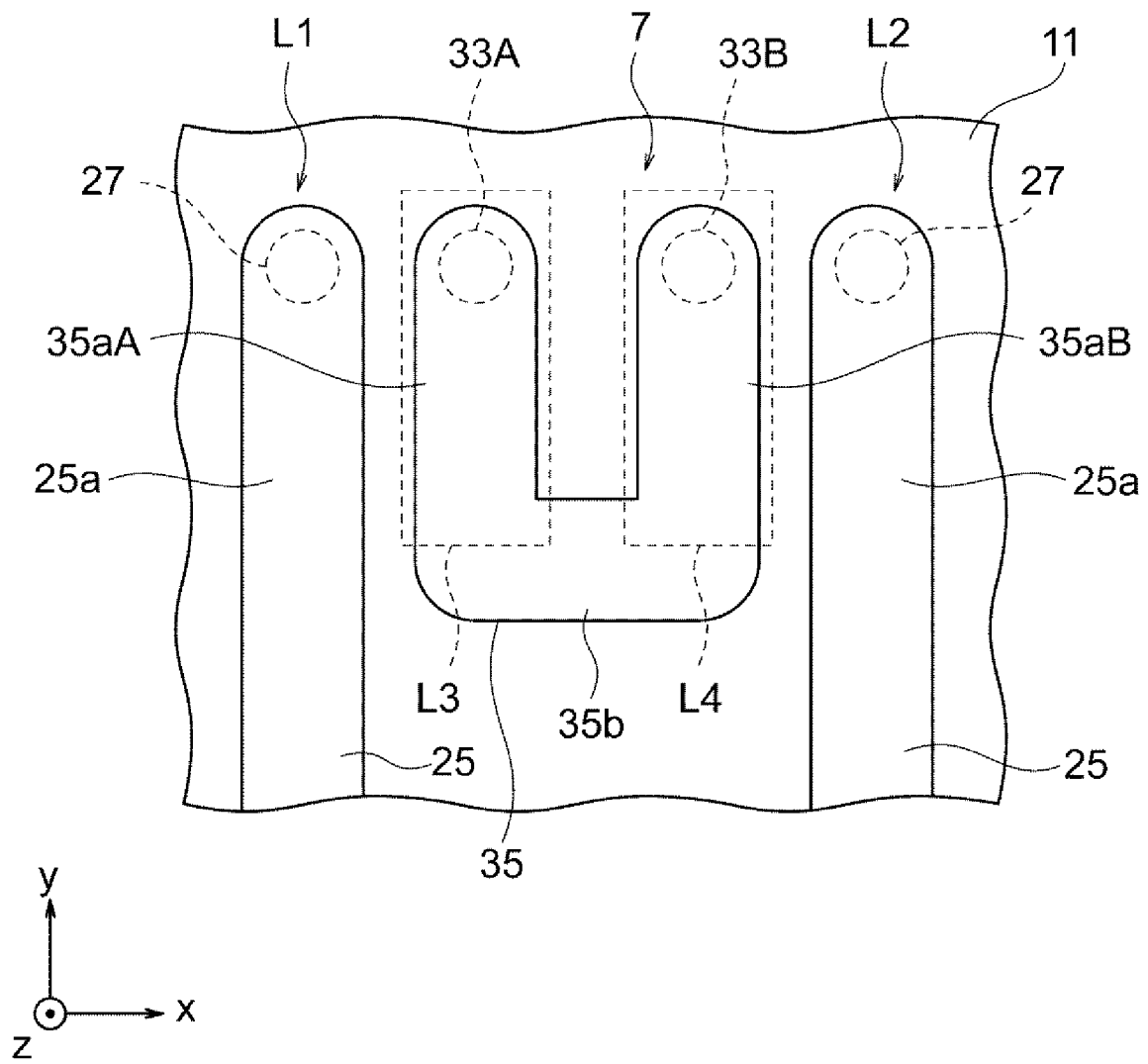
[図4]



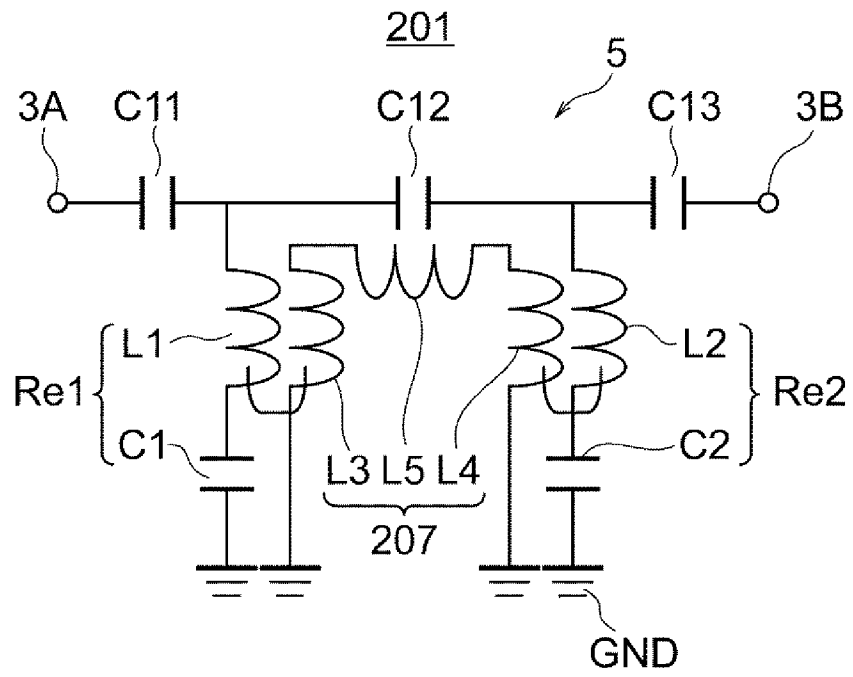
[図5]



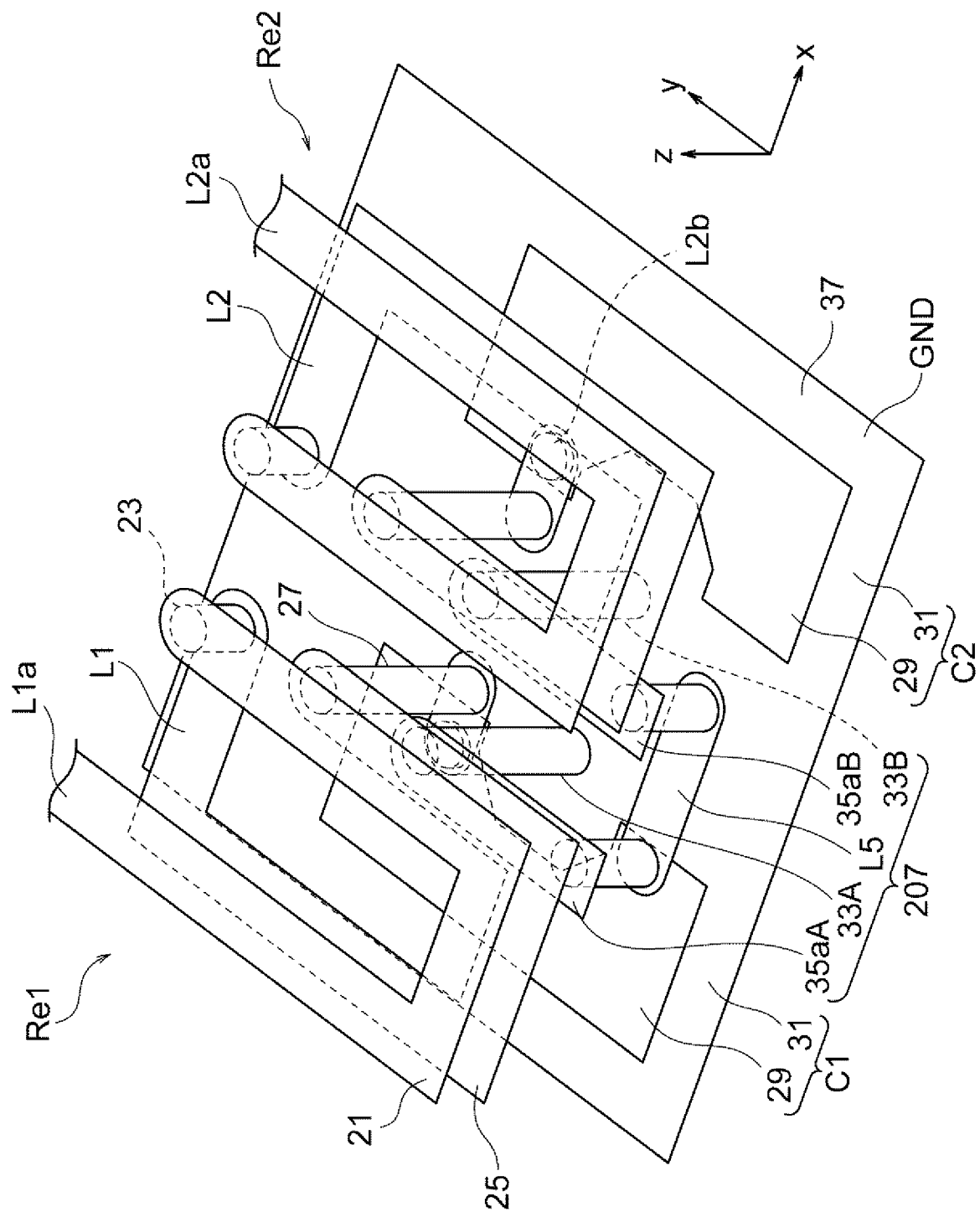
[図7]



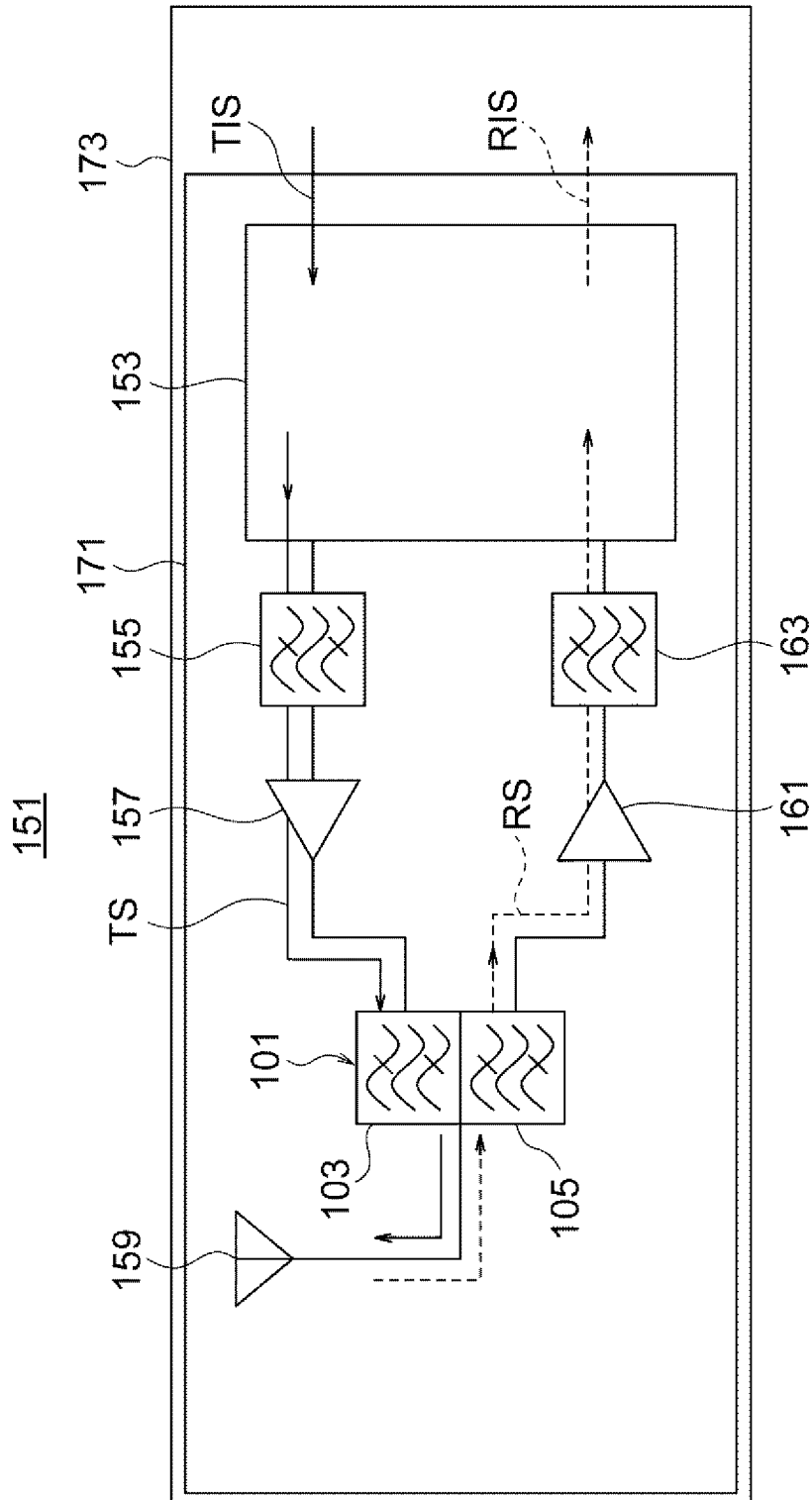
[図8]



[図9]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/013873

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01P 1/203 (2006.01)i; H03H 7/09 (2006.01)i; H01F 27/00 (2006.01)i FI: H03H7/09 Z; H01P1/203; H01F27/00 S 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) H01P1/203; H03H7/09; H01F27/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2022/065201 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 31 March 2022 (2022-03-31) paragraphs [0015]-[0047], fig. 1-3	1-9
☐ 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 June 2023		Date of mailing of the international search report 20 June 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/013873

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022/065201	A1	31 March 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01P 1/203(2006.01)i; H03H 7/09(2006.01)i; H01F 27/00(2006.01)i FI: H03H7/09 Z; H01P1/203; H01F27/00 S		
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）） H01P1/203; H03H7/09; H01F27/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2022/065201 A1（株式会社村田製作所）31.03.2022（2022-03-31） 段落[0015]-[0047], 図1-3	1-9
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 06.06.2023	国際調査報告の発送日 20.06.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 竹内 亨 5W 8388 電話番号 03-3581-1101 内線 3576	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/013873

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2022/065201	A1	31.03.2022	(ファミリーなし)	