

(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
2014 年 4 月 3 日(03.04.2014)



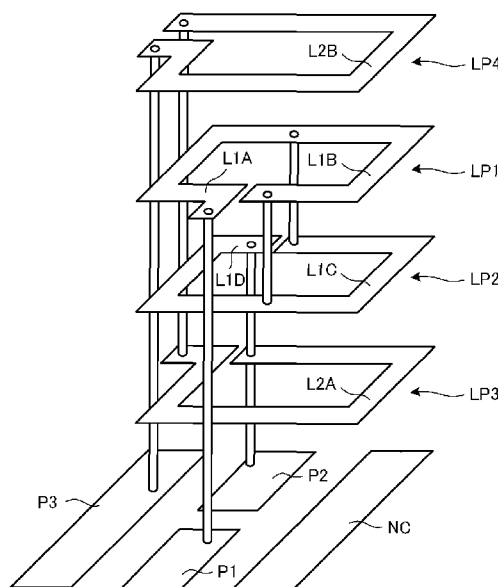
(10) 国際公開番号
WO 2014/050552 A1

- (51) 国際特許分類:
H01Q 1/50 (2006.01) *H01F 27/42* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/074476
- (22) 国際出願日: 2013 年 9 月 11 日(11.09.2013)
- (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 2012-217709 2012 年 9 月 28 日(28.09.2012) JP
特願 2012-273421 2012 年 12 月 14 日(14.12.2012) JP
特願 2013-085548 2013 年 4 月 16 日(16.04.2013) 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: 石塚健一 (ISHIZUKA, Kenichi); 〒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 3 4 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: IMPEDANCE CONVERSION CIRCUIT AND WIRELESS COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: インピーダンス変換回路および無線通信装置

[図7]



(57) Abstract: A first coil element is constituted by a first loop-shaped conductor (LP1) and a second loop-shaped conductor (LP2). A second coil element is constituted by a third loop-shaped conductor (LP3) and a fourth loop-shaped conductor (LP4). The first loop-shaped conductor (LP1) and the second loop-shaped conductor (LP2) are interposed between the third loop-shaped conductor (LP3) and the fourth loop-shaped conductor (LP4) in the layer direction. A conductor pattern (L1B), which comprises part of the first loop-shaped conductor (LP1), and a conductor pattern (L1C), which comprises part of the second loop-shaped conductor (LP2), are connected in parallel. Moreover, a conductor pattern (L1A), which comprises the remainder of the first loop-shaped conductor (LP1), and a conductor pattern (L1D), which comprises the remainder of the second loop-shaped conductor (LP2), are connected in series with respect to the aforementioned parallel circuit.

(57) 要約: 第 1 コイル素子は第 1 ループ状導体 (LP1) および第 2 ループ状導体 (LP2) で構成されている。第 2 コイル素子は第 3 ループ状導体 (LP3) および第 4 ループ状導体 (LP4) で構成されている。第 1 ループ状導体 (LP1) および第 2 ループ状導体 (LP2) は第 3 ループ状導体 (LP3) と第 4 ループ状導体 (LP4) との間に層方向に挟み込まれている。第 1 ループ状導体 (LP1) の一部である導体パターン (L1B) および第 2 ループ状導体 (LP2) の一部である導体パターン (L1C) は並列接続されている。また、第 1 ループ状導体 (LP1) の残部である導体パターン (L1A) および第 2 ループ状導体 (LP2) の残部である導体パターン (L1D) が前記並列回路に対してそれぞれ直列接続されている。

の一部である導体パターン (L1C) は並列接続されている。そして、第 1 ループ状導体 (LP1) の残部である導体パターン (L1A) および第 2 ループ状導体 (LP2) の残部である導体パターン (L1D) が前記並列回路に対してそれぞれ直列接続されている。

明 細 書

発明の名称：インピーダンス変換回路および無線通信装置

技術分野

[0001] 本発明はアンテナ装置等に適用するインピーダンス変換回路および無線通信装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年の携帯電話に用いられる周波数帯は非常に広帯域であり、例えばペンタバンド対応のセルラー端末であれば、LowBand(例えば824～960MHz)とHigh Band(例えば1710～2170MHz)との両方に対応することが求められる。そのため、一つのアンテナでLowBandとHighBandとに対応させるために、アンテナは周波数帯域に応じて異なる動作モードが割り当てられる。通常は、基本波モードでLowBandに対応し、高調波モードでHighBandに対応するように設計されている。そして、アンテナの入力インピーダンスは、そのモード(共振点)に応じて異なる。携帯電話端末用のアンテナは、例えばLowBandで8Ω程度、HighBandで15Ω程度である。

[0003] このように周波数帯に応じて入力インピーダンスの異なるアンテナと給電回路とを整合させるためにトランスによる整合回路を用いると、トランス比が一定では、どちらかの周波数帯域で整合がとれると、他方の周波数帯域で整合が外れてしまう。従って、周波数帯に応じてインピーダンス変換比が異なる整合回路が必要になる。例えば特許文献1には、トランスによるインピーダンス変換回路にリアクタンス素子を付加することで周波数特性のある(周波数依存性のある)インピーダンス整合回路が示されている。

[0004] ところで、所望帯域でインピーダンス整合する、周波数特性のあるトランスは、アンテナポート側のインピーダンスが周波数ごとのアンテナインピーダンスと同等であるといえる。トランスのアンテナポート側のインピーダンスをLowBandとHighBandのアンテナのインピーダンスに合わせる際、実際の構造でとり得る結合係数を仮定した時、結合に用いる1次コイルのインダクタ

ンスL1および2次コイルのインダクタンスL2の組み合わせは二通りに限定される。そして、L1とL2の値は数nHと非常に小さく、以下のような要因で、高い結合係数を得難い構造となる。

[0005] ・2nH程度のコイルを結合させる際、十分なコイルの巻き数が確保できない（磁束が集中しない）。

[0006] ・トランスのインアウトのインダクタンスが全体の割合で大きくなり、結合係数の実効値が小さくなる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2012-191596号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 小さなコイルでありながらも所定の（大きな）結合係数を得るためには、1次コイルと2次コイルの形状を同一形状（合同に近い形状）にして互いに重なるように配置することが有効である。

[0009] しかし、1次コイルと2次コイルを同一形状にすると、1次コイルおよび2次コイルそれぞれについて所望のインダクタンス値を得ることは非常に難しい。

[0010] そこで、本発明の目的は、小さなコイルでありながらも所定の（大きな）結合係数を得ることができ、所定のインピーダンス変換比を得るようにしたインピーダンス変換回路、およびそれを備えた無線通信装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] （1）本発明のインピーダンス変換回路は、複数の基材層を積層してなる積層素体に、トランス結合した第1コイル素子（L1）および第2コイル素子（L2）が設けられていて、

第1コイル素子（L1）は前記積層素体のそれぞれ異なる層に設けられた

第1ループ状導体（L P 1）および第2ループ状導体（L P 2）で構成されていて、

第2コイル素子（L 2）は前記積層素体のそれぞれ異なる層に設けられた第3ループ状導体（L P 3）および第4ループ状導体（L P 4）で構成されていて、

第1ループ状導体（L P 1）、第2ループ状導体（L P 2）、第3ループ状導体（L P 3）および第4ループ状導体（L P 4）は積層方向からの平面視で概形状が同じ（ほぼ同一形状）（ほぼ同一ループ上を周回するパターン）であり、

第1ループ状導体（L P 1）および第2ループ状導体（L P 2）は、第3ループ状導体（L P 3）と第4ループ状導体（L P 4）との間に層方向に挟み込まれていて、

第1ループ状導体（L P 1）および第2ループ状導体（L P 2）は、それらの少なくとも一部（L 1 B，L 1 C）が並列接続されている、ことを特徴とする。

[0012] 上記構成により、第1ループ状導体（L 1 A，L 1 B）および第2ループ状導体（L 1 C，L 1 D）は、層方向に隣接配置されているので、第1コイル素子L 1は第2コイル素子L 2と比較して大きな自己インダクタンスを持つ。また、それらの少なくとも一部（L 1 B，L 1 C）が並列接続されていることによって、第1コイル素子L 1と第2コイル素子L 2はほぼ同一形状でありながら、異なるインダクタンス値を持つ。さらに、第1コイル素子のループ状導体と第2コイル素子のループ状導体とは層方向に近接して相互インダクタンスにより結合されるため、第1コイル素子と第2コイル素子との間で十分な結合係数が得られる。

[0013] （2）前記第1ループ状導体（L P 1）の一部（L 1 B）と、前記第2ループ状導体（L P 2）の一部（L 1 C）または全部とで並列回路が構成されていて、前記第1ループ状導体（L P 1）の残余部（L 1 A）および前記第2ループ状導体（L P 2）の残余部（L 1 D）が前記並列回路に対してそれぞれ

れ直列接続されていることが好ましい。

- [0014] 上記構成により、第1ループ状導体および第2ループ状導体の残余部も第1コイル素子の自己誘導および第2コイル素子との相互誘導に寄与するので、小型でありながら所望の（大きな）結合係数および所定のインピーダンス変換比が得やすい。
- [0015] （3）前記第1ループ状導体（LP1）または前記第2ループ状導体（LP2）の形成層に前記第3ループ状導体（LP3）または前記第4ループ状導体（LP4）に対して直列接続される導体パターン（L2C）が形成されていることが好ましい。この構成により、第2のコイル素子のターン数およびインダクタンスを稼ぐことができ、インピーダンス変換比の設定幅を拡げることができる。
- [0016] （4）前記第3ループ状導体（LP3）および前記第4ループ状導体（LP4）は直列接続されていることが好ましい。この構成により、第1コイル素子のターン数およびインダクタンスを小さくするとともに、第2のコイル素子のターン数およびインダクタンスを大きくすることができ、大きなインピーダンス変換比が得られる。
- [0017] （5）前記第1ループ状導体（LP1）、第2ループ状導体（LP2）、第3ループ状導体（LP3）および第4ループ状導体（LP4）は、1層あたりそれぞれほぼ1ターンのループ状に形成されていることが好ましい。この構成により、第1～第4のループ状導体の面方向の引き回しおよび層方向の接続が簡素となって、結合に寄与しない導体パターンが少なくなり、容易に小型化できる。
- [0018] （6）前記第1ループ状導体、第2ループ状導体、第3ループ状導体または第4ループ状導体のうち少なくともいずれかは、複数の基材層に亘って複数ターンのループを形成していてもよい。この構成により、第1コイル素子および第2コイル素子の所望のインダクタンスを、積層体の面積を増大することなく得ることができる。
- [0019] （7）前記第1ループ状導体、第2ループ状導体、第3ループ状導体または

第4ループ状導体のうち少なくともいずれかは、複数の基材層に形成され、且つそれらが並列接続されていてもよい。この構成により、直流抵抗（DCR）を小さくして、抵抗損を低減できる。

[0020] （8）前記第1ループ状導体および前記第2ループ状導体による組は複数組積層されていてもよい。この構成により、第1コイル素子および第2コイル素子のインダクタンス値をより高い自由度のもとで設定できる。

[0021] （9）前記第1コイル素子（L1）の第1端に繋がる給電ポート、前記第1コイル素子（L1）の第2端および前記第2コイル素子（L2）の第1端に繋がるアンテナポート、および前記第2コイル素子（L2）の第2端に繋がるグラウンドポートを備えていることが好ましい。

[0022] 上記構成により、給電回路のインピーダンスより低いインピーダンスのアンテナ素子を用いる場合のインピーダンス整合が容易になる。また、アンテナポートに対して直列に等価的な負のインダクタンスが生じるので、この負のインダクタンス成分によって、アンテナ素子自体が持つインダクタンス成分を打ち消されて、アンテナ素子のインダクタンス成分が見かけ上小さくなる。すなわち、アンテナ素子の実効的な誘導性リアクタンス成分が小さくなるため、広帯域に亘ってインピーダンス整合しやすくなる。

[0023] （10）本発明の無線通信装置は、無線通信回路を有し、この無線通信回路に、上記（1）～（9）のいずれかに記載のインピーダンス変換回路を備える。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、第1コイル素子は第2コイル素子と比較して大きな自己誘導を持つ。また、第1コイル素子と第2コイル素子はほぼ同一形状でありながら、異なるインダクタンス値を持つ。さらに、第1コイル素子のループ状導体と第2コイル素子のループ状導体とは層方向に近接して相互誘導により結合されるため、第1コイル素子と第2コイル素子との間で十分な結合係数が得られる。これにより、小さなコイルでありながらも所定の（大きな）結合係数を得ることができ、所定インピーダンス変換比のインピーダンス変

換回路が得られる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図 1 (A) は第 1 の実施形態のインピーダンス変換回路 25 を備えたアンテナ装置 101 の回路図、図 1 (B) はその等価回路図である。

[図2]図 2 (A) はインピーダンス変換回路 25 の回路図、図 2 (B) はその等価回路図である。

[図3]図 3 (A) は図 2 (B) に示したシャント接続のインダクタによるインピーダンスの移動をスミスチャート上に示した図、図 3 (B) は図 2 (B) に示した理想トランス I T によるインピーダンスの移動をスミスチャート上に示した図である。

[図4]図 4 は、LowBandでのインピーダンスが 10Ω の場合の、1 次コイルおよび 2 次コイルのインダクタンスに対するHighBandでのインピーダンスの例を示している。

[図5]図 5 は第 1 の実施形態に係るインピーダンス変換回路 25 の、1 次コイルおよび 2 次コイルの配置関係を考慮して表した回路図である。

[図6]図 6 はインピーダンス変換回路 25 の各コイル間の結合について示す図である。

[図7]図 7 はインピーダンス変換回路 25 の各種導体パターンの斜視図である。

[図8]図 8 はインピーダンス変換回路 25 の各基材層に形成されている導体パターンと電流経路を示す図である。

[図9]図 9 はインピーダンス変換回路 25 の斜視図である。

[図10]図 10 はインピーダンス変換回路 25 の正面縦断面図および磁束の通る様子を示す図である。

[図11]図 11 はインピーダンス変換回路 25 のインピーダンスをスミスチャート上に示した図である。

[図12]図 12 (A) (B) (C) は本発明のインピーダンス変換回路を備えるアンテナ装置とその比較例の回路図および周波数特性を示す図である。

[図13]図13は第2の実施形態に係るインピーダンス変換回路26の、1次コイルおよび2次コイルの配置関係を考慮して表した回路図である。

[図14]図14はインピーダンス変換回路26の各種導体パターンの斜視図である。

[図15]図15は第3の実施形態に係るインピーダンス変換回路27Aの回路図である。

[図16]図16は第3の実施形態に係るインピーダンス変換回路27Aの各基材層に形成されている導体パターンを示す図である。

[図17]図17は第4の実施形態に係るインピーダンス変換回路27Bの回路図である。

[図18]図18は、第5の実施形態に係るインピーダンス変換回路28の、積層素体内における1次コイルおよび2次コイルの配置関係を考慮して表した回路図である。

[図19]図19はインピーダンス変換回路28の各種導体パターンの斜視図である。

[図20]図20はインピーダンス変換回路28の各基材層に形成されている導体パターンと電流経路を示す図である。

[図21]図21は、第6の実施形態に係るインピーダンス変換回路29を含む高周波パワーアンプの回路図である。

[図22]図22は、インピーダンス変換回路29の、積層素体内における1次コイルおよび2次コイルの配置関係を考慮して表した回路図である。

[図23]図23は、インピーダンス変換回路29の各種導体パターンの斜視図である。

[図24]図24(A)～(E)は第7の実施形態に係る幾つかのインピーダンス変換回路25の各種導体パターンの斜視図である。

[図25]図25は第8の実施形態に係る携帯電話端末等の無線通信装置の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0026] 《第1の実施形態》

図1 (A) は第1の実施形態のインピーダンス変換回路25を備えたアンテナ装置101の回路図、図1 (B) はその等価回路図である。例えば、ペンタバンド対応の携帯電話端末の場合、5つのバンドGSM850/900/1800/1900/UMTSバンド1 (GSMは登録商標) に対応する。

[0027] 図1 (A) に示すように、アンテナ装置101は、アンテナ素子11と、このアンテナ素子11に接続されたインピーダンス変換回路25とを備えている。アンテナ素子11はLowBandでは基本波モードで共振し、HighBandでは高調波モードで共振する。このアンテナ素子11の給電端にインピーダンス変換回路25が接続されている。インピーダンス変換回路25のうち1次コイルL1はアンテナ素子11と給電回路30との間に挿入されている。給電回路30は高周波信号をアンテナ素子11に給電するための給電回路であり、高周波信号の生成や処理を行うが、高周波信号の合波や分波を行う回路を含んでいてもよい。

[0028] インピーダンス変換回路25は、給電回路30に接続された1次コイルL1 (本発明に係る「第1コイル素子」) と、1次コイルL1に結合した2次コイルL2 (本発明に係る「第2コイル素子」) とを備えている。より具体的には、1次コイルL1の第1端は給電回路30に、第2端はアンテナ素子11にそれぞれ接続されていて、2次コイルL2の第1端はアンテナ素子11に、第2端はグラウンドにそれぞれ接続されている。

[0029] このインピーダンス変換回路25は1次コイルL1と2次コイルL2とを相互インダクタンスMを介して密結合したトランス型回路を含む。このトランス型回路は、図1 (B) に示すように、三つのインダクタンス素子Z1, Z2, Z3によるT型回路に等価変換できる。すなわち、このT型回路は、給電回路30に接続される第1ポートP1、アンテナ素子11に接続される第2ポートP2、グラウンドに接続される第3ポートP3、第1ポートP1と分岐点Aとの間に接続されたインダクタンス素子Z1、第2ポートP2と分岐点Aとの間に接続されたインダクタンス素子Z2、および第3ポートP3

と分岐点 A との間に接続された第 3 インダクタンス素子 Z_3 で構成される。

[0030] 図 1 (A) に示した 1 次コイル L_1 のインダクタンスを L_1 、2 次コイル L_2 のインダクタンスを L_2 、相互インダクタンスを M で表すと、図 1 (B) のインダクタンス素子 Z_1 のインダクタンスは $L_1 + M$ 、インダクタンス素子 Z_2 のインダクタンスは $-M$ 、第 3 インダクタンス素子 Z_3 のインダクタンスは $L_2 + M$ である。

[0031] 図 1 (B) に示した T 型回路のうち、給電回路 30 に接続されるポート P1 とグラウンドに接続されるポート P3 との間に構成される部分 (Z_1 および Z_3) がトランス比によるインピーダンス変換に寄与する部分である。すなわち、インピーダンス変換回路 25 のインピーダンス変換比は、 $(L_1 + L_2 + 2M) : L_2$ である。

[0032] 図 2 (A) は前記インピーダンス変換回路 25 の回路図、図 2 (B) はその等価回路図である。ここで、説明を簡単化するために、インピーダンス変換回路 25 を構成する 1 次コイル L_1 と 2 次コイル L_2 との結合係数 k が 1 であると考え、インピーダンス変換回路 25 は、シャントに接続されたインダクタンス $(L_1 + L_2 + 2M)$ のインダクタと理想トランス IT とで構成されたものと見なせる。ここで、 $M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$ であり、インダクタンス $(L_1 + L_2 + 2M)$ のインダクタは、図 2 (B) に示したとおり、ポート P1 とグラウンドとの間に接続されているインダクタであり、理想トランス IT は 1 次コイル L_1 と 2 次コイル L_2 との巻回数比 $n : 1$ のインピーダンス変換回路である。

[0033] 図 3 (A) は図 2 (B) に示したシャント接続のインダクタによるインピーダンスの移動をスミスチャート上に示した図、図 3 (B) は図 2 (B) に示した理想トランス IT によるインピーダンスの移動をスミスチャート上に示した図である。シャント接続のインダクタのインダクタンスが十分に大きければ、図 1 (A)、図 1 (B) に示したインピーダンス変換回路 25 には周波数依存性がない。すなわち周波数に依らずにインピーダンス変換比は一定である。シャント接続のインダクタのインダクタンスがある程度小さな値

であると、図3（A）に示すように誘導性で低インピーダンス側にシフトするので、LowBandとHighBandとでのインピーダンスに差が生じる。

[0034] このようにして、1次コイル L_1 および2次コイル L_2 のターン数が小さく、インダクタンスが小さいと、前記インピーダンス変換回路25は周波数依存性を持つことになる。そこで、1次コイルと2次コイルとの結合係数、アンテナのLowBandでのインピーダンスおよびHighBandでのインピーダンスを規定した場合、それを実現する1次コイル、2次コイルのインダクタンスの組合せは2つ存在する。図4は、LowBandでのインピーダンスが 10Ω の場合の、1次コイルおよび2次コイルのインダクタンスに対するHighBandでのインピーダンスの例を示している。ここで、1次コイルのインダクタンスを L_1 、2次コイルのインダクタンスを L_2 で表している。具体的には、回路シミュレータで L_1 および L_2 の値を細かく振って計算し、必要なインピーダンスとなる L_1 と L_2 をプロットした。また、結合係数 $k = 0.5$ とした。

[0035] この図4において、インダクタンスの大きい組合せである「組合せ2」は、インダクタンス値が大きく、含まれる抵抗成分も大きいので損失が大きい。そのため、損失の観点から、インダクタンス値が小さくなる組合せ「組合せ1」を採用する。

[0036] インピーダンス変換回路25は、複数の誘電体基材層を積層してなる積層素体に導体パターンを設けてなる。すなわち、インピーダンス変換回路25は、誘電体の基材層と導体パターンとが積層された積層体構造である。図5は、第1の実施形態に係るインピーダンス変換回路25の、積層素体内における1次コイルおよび2次コイルの配置関係を考慮して表した回路図である。図6は各コイル間の結合について示す図である。図7はインピーダンス変換回路25の各種導体パターンの斜視図である。これらの導体パターンが形成されている誘電体の基材層は除いて描いている。

[0037] なお、基材層は誘電体の他に磁性体であってもよい。磁性体を用いることで、1次コイルと2次コイルとの結合を大きくすることができる（更に大きな結合係数が得られる）。また、磁性体層と誘電体層の両方を用いてもよい。

。

[0038] 図7に表れているように、導体パターンL1A、L1Bによる第1ループ状導体LP1、導体パターンL1C、L1Dによる第2ループ状導体LP2、導体パターンL2Aによる第3ループ状導体LP3、導体パターンL2Bによる第4ループ状導体LP4、がそれぞれ形成されている。各層の導体パターンはビア導体により層間接続されている。

[0039] 最下層の基材層の下面には第1ポート（給電ポート）P1、第2ポート（アンテナポート）P2、第3ポート（グランドポート）P3に相当する端子およびその他の実装用端子（空き端子NC）が形成されている。これらの端子は最下層の基材層の下面に形成されている。

[0040] 第1コイル素子（図1（A）に示したL1）は第1ループ状導体LP1および第2ループ状導体LP2で構成されている。第2コイル素子（図1（A）に示したL2）は第3ループ状導体LP3および第4ループ状導体LP4で構成されている。

[0041] 第1ループ状導体LP1および第2ループ状導体LP2は第3ループ状導体LP3と第4ループ状導体LP4との間に層方向に挟み込まれている。

[0042] 第1ループ状導体LP1の一部である導体パターンL1Bおよび第2ループ状導体LP2の一部である導体パターンL1Cは並列接続されている。そして、第1ループ状導体LP1の残余部である導体パターンL1Aおよび第2ループ状導体LP2の残余部である導体パターンL1Dが前記並列回路に対してそれぞれ直列接続されている。

[0043] 導体パターンL2Aによる第3ループ状導体LP3および導体パターンL2Bによる第4ループ状導体LP4は直列接続されている。

[0044] 図6に示すように、導体パターンL1AとL1Dとの強い磁界結合（自己誘導S1）および導体パターンL1BとL1Cとの強い磁界結合（自己誘導S1）により、1次コイルの大きなインダクタンス値を得ている。これにより、コイル長あたりのインダクタンスは大きく、1次コイルのQ値が向上するので損失が低減される。

[0045] また、導体パターンL 1 A, L 1 Bと導体パターンL 2 Bとの磁界結合（相互誘導M I）および導体パターンL 1 C, L 1 Dと導体パターンL 2 Aとの磁界結合（相互誘導M I）により、1次コイル（第1コイル素子L 1）と2次コイル（第2コイル素子L 2）との結合係数を高めている。

[0046] 図8はインピーダンス変換回路25の各基材層に形成されている導体パターンと電流経路を示す図である。図8において、第1ループ状導体L P 1および第2ループ状導体L P 2には、第1ポートP 1→導体パターンL 1 A→導体パターン（L 1 B+L 1 C）→導体パターンL 1 D→第2ポートP 2の経路で電流が流れる。また、第3ループ状導体L P 3および第4ループ状導体L P 4には、第2ポートP 2→導体パターンL 2 A→導体パターンL 2 B→第3ポートP 3の経路で電流が流れる。すなわち、1次コイルは導体パターンL 1 B, L 1 Cの並列部と導体パターンL 1 A, L 1 Dの直列部とで構成されている。また、2次コイルは導体パターンL 2 A, L 2 Bの直列部で構成されている。

[0047] 図9はインピーダンス変換回路25を構成する積層体の斜視図、図10はその磁束の通る様子を示す正面縦断面図である。ループ状導体L P 1, L P 2, L P 3, L P 4に電流が流れることにより、各ループ状導体L P 1, L P 2, L P 3, L P 4に同方向の磁束が通る。すなわち、ループ状導体L P 1, L P 2, L P 3, L P 4は互いの磁束を強め合う方向に巻回され、接続されている。

[0048] 図11は前記インピーダンス変換回路25のインピーダンスをスミスチャート上に示した図である。この例は、1次コイルL 1のインダクタンスを3.4 nH、2次コイルのインダクタンスを4.6 nH、結合係数を0.5とした。ここで、マーカーm 1, m 2は第2ポート（アンテナ側ポート）P 2から見たインピーダンス、マーカーm 3, m 4は第1ポート（給電側ポート）P 1から見たインピーダンスである。また、マーカーm 1, m 3は884 MHz（LowBand）でのインピーダンス、マーカーm 2, m 4は1.94 GHz（HighBand）でのインピーダンスである。マーカーm 1で示すLowBandでの

第2ポート（アンテナ側ポート）P2から見たインピーダンスは13Ω、マーカーm2で示すHighBandでの第2ポート（アンテナ側ポート）P2から見たインピーダンスは18Ωである。

[0049] このように、LowBandで13Ω程度、HighBandで18Ω程度のアンテナに整合する。

[0050] 図12（A）（B）（C）は本発明のインピーダンス変換回路を備えるアンテナ装置とその比較例の回路図および周波数特性を示す図である。図12（A）はアンテナ素子単体状態の回路図およびその周波数特性を示す図、図12（B）はインピーダンス整合用インダクタを備えたアンテナ装置の回路図およびその周波数特性を示す図である。これらの図12（A）、図12（B）はいずれも比較例である。図12（C）は本発明のインピーダンス変換回路を備えるアンテナ装置の回路図およびその周波数特性を示す図である。

[0051] 図12（A）（B）（C）において、LowBandにおける反射損失S55，S33，S11、および挿入損失S65，S43，S21を示している。

[0052] 図12（A）、図12（B）に表れているように、インピーダンス整合のために所定のインダクタLを給電回路30に対して並列接続すれば、共振によって反射損失が所定周波数で小さくなるが、その共振周波数は、インダクタLを設けることによって、アンテナ素子単体での共振周波数に比べて低くなる。図12（A）においてマーカーm5で示す周波数は926MHz、図12（B）においてマーカーm3で示す周波数は888MHzである。そのため、アンテナ素子11の設計とインピーダンス整合回路の両方について同時に設計する必要がある。これに対し、図12（C）に示すように、本発明のインピーダンス変換回路によれば、アンテナ素子11の給電点に対して直列に負のインダクタンス（-M）が接続された構成となるので、共振周波数が極端に低下することはなく、インピーダンス整合をとることができる。図12（C）においてマーカーm1で示す周波数は967MHzである。

[0053] 《第2の実施形態》

図13は第2の実施形態に係るインピーダンス変換回路26の、1次コイ

ルおよび２次コイルの配置関係を考慮して表した回路図である。この実施形態に係るインピーダンス変換回路２６も第１の実施形態に係るインピーダンス変換回路２５同様、誘電体の基材層と導体パターンとが積層された積層体構造である。この実施形態以降に示す各実施形態においても、この点は同様である。図１４はインピーダンス変換回路２６の各種導体パターンの斜視図である。但し、これらの導体パターンが形成されている誘電体の基材層は除いて描いている。

[0054] 図１４に表れているように、導体パターンＬ１Ａ、Ｌ１Ｂによる第１ループ状導体ＬＰ１、導体パターンＬ２Ｃ、Ｌ１Ｃによる第２ループ状導体ＬＰ２、導体パターンＬ２Ａによる第３ループ状導体ＬＰ３、導体パターンＬ２Ｂによる第４ループ状導体ＬＰ４、がそれぞれ形成されている。各層の導体パターンはビア導体により層間接続されている。

[0055] 図５、図７に示した第１の実施形態と異なり、第２ループ状導体ＬＰ２に第３ループ状導体ＬＰ３（導体パターンＬ２Ａ）に対して直列接続される導体パターンＬ２Ｃが形成されている。

[0056] この構成により、２次コイルのターン数およびインダクタンスを稼ぐことができ、インピーダンス変換比の設定幅を拡げることができる。

[0057] なお、同様にして、第１ループ状導体ＬＰ１に、第３ループ状導体ＬＰ３（導体パターンＬ２Ａ）または第４ループ状導体ＬＰ４（導体パターンＬ２Ｂ）に対して直列接続される導体パターンが形成されてもよい。また、第２ループ状導体ＬＰ２に、第４ループ状導体ＬＰ４（導体パターンＬ２Ｂ）に対して直列接続される導体パターンが形成されてもよい。

[0058] 《第３の実施形態》

図１５は第３の実施形態に係るインピーダンス変換回路２７Ａの回路図である。図１６は第３の実施形態に係るインピーダンス変換回路２７Ａの各基材層に形成されている導体パターンを示す図である。なお、基本的な構成は、第１の実施形態に係るインピーダンス変換回路２５と同一であるので、ここではその説明を省略する。この例では、導体パターンＬ１Ｂ、Ｌ１Ｃで１

次コイルが構成されていて、導体パターンL 2 A, L 2 Bで2次コイルが構成されている。1次コイルを構成する導体パターンL 1 B, L 1 Cは層方向に隣接し、並列接続されている。2次コイルを構成する導体パターンL 2 A, L 2 Bは導体パターンL 1 B, L 1 Cを層方向に挟むように配置されていて、直列接続されている。

[0059] この実施形態のように、第1ループ状導体L P 1および第2ループ状導体L P 2は、その全部が並列接続されていてもよい。

[0060] 《第4の実施形態》

図17は第4の実施形態に係るインピーダンス変換回路27Bの回路図である。なお、基本的な構成は、第1の実施形態に係るインピーダンス変換回路25と同一であるので、ここではその説明を省略する。この例では、導体パターンL 1 B, L 1 Cで1次コイルが構成されていて、導体パターンL 2 A, L 2 Bで2次コイルが構成されている。1次コイルを構成する導体パターンL 1 B, L 1 Cは層方向に隣接し、並列接続されている。2次コイルを構成する導体パターンL 2 A, L 2 Bは導体パターンL 1 A, L 1 Bを層方向に挟むように配置されていて、並列接続されている。

[0061] この実施形態のように、2次コイルの全部が並列接続されていてもよい。

[0062] 以上の幾つかの実施形態で示したように、1次コイルおよび2次コイルについて、それぞれ直列接続または並列接続のいずれの構成にすることもできる。1つのコイルを2つのインダクタで構成する場合に、1つのインダクタのインダクタンスを L_u で表すと、直列接続すれば、コイルのインダクタンスは $L_u \times 2$ となり、並列接続すれば、コイルのインダクタンスは $L_u / 2$ となる。そして、コイルを外側の層に配置した場合に比べ、内側の層に配置すれば自己誘導が向上し、インダクタンスは増大する。

[0063] したがって、1次コイルと2次コイルとの結合係数 k 、1次コイルのインダクタンスおよび2次コイルのインダクタンスの値に応じて、1次コイルと2次コイルとの接続形態および内側外側の配置関係を決定すればよい。

[0064] なお、以上に示した例では、第1高周波回路が給電回路、第2高周波回路

がアンテナである例を示したが、本発明はこれに限られるものではなく、一般的に第 1 高周波回路と第 2 高周波回路との間に接続されるインピーダンス変換回路に適用できるものである。

[0065] ここで、1 次コイルと 2 次コイルの接続形態とインピーダンス変換比との関係を例示する。

[0066]

1 次コイル L 1	2 次コイル L 2	変換比
直列	直列	4 : 2
(直列 + 並列)	直列	(4 ~ 1) : 2
並列	直列	1 : 2
直列	並列	4 : 0.5
(直列 + 並列)	並列	(4 ~ 1) : 0.5
並列	並列	1 : 0.5

なお、1 次コイルを構成する 2 層のループ状導体 L P 1, L P 2 と、2 次コイルを構成する 2 層のループ状導体 L P 3, L P 4 とは、同じターン数でループの大きさも同じであるが、ループ状導体 L P 1, L P 2 は、ループ状導体 L P 3, L P 4 で層方向に挟み込まれているので、すなわち 1 次コイルの 2 層のループ状導体は層方向に近接しているので、2 次コイルに比べ 1 次コイルのインダクタンスは大きい。

[0067] このように、1 次コイルに (直列 + 並列) の構造を採用することにより、とびとびの値ではなく、且つ広範囲に亘るインピーダンス変換比を実現できる。

[0068] 《第 5 の実施形態》

第 5 の実施形態は、第 1 の実施形態で示したインピーダンス変換回路 2 5 の積層素体内における 1 次コイルおよび 2 次コイルによる積層構造を 2 組積層配置した例である。また、1 次コイルだけでなく、2 次コイルについても

直列部および並列部を設けた（直列－並列構造を備える）例である。

[0069] 図18は、第5の実施形態に係るインピーダンス変換回路28の、積層素体内における1次コイルおよび2次コイルの配置関係を考慮して表した回路図である。図19はインピーダンス変換回路28の各種導体パターンの斜視図である。これらの導体パターンが形成されている誘電体の基材層は除いて描いている。図20はインピーダンス変換回路28の各基材層に形成されている導体パターンと電流経路を示す図である。

[0070] 図19に表れているように、このインピーダンス変換回路28には、導体パターンL1A1、L1B1による第1ループ状導体LP11、導体パターンL1C1、L1D1による第2ループ状導体LP12、導体パターンL2B1による第3ループ状導体LP13、導体パターンL2A2、L2B2による第4ループ状導体LP14、がそれぞれ形成されている。また、導体パターンL1A2、L1B2による第1ループ状導体LP21、導体パターンL1C2、L1D2による第2ループ状導体LP22、導体パターンL2A1による第3ループ状導体LP23、導体パターンL2C2、L2D2による第4ループ状導体LP24、がそれぞれ形成されている。各層の導体パターンはビア導体により層間接続されている。

[0071] 最下層の基材層の下面には第1ポート（給電ポート）P1、第2ポート（アンテナポート）P2、第3ポート（グランドポート）P3に相当する端子およびその他の実装用端子（空き端子NC）が形成されている。これらの端子は最下層の基材層の下面に形成されている。

[0072] 図20に示すように、第1コイル素子L1（図1（A）に示した1次コイルL1相当）は第1ループ状導体LP11、LP12、LP21、LP22で構成されている。また、第2コイル素子L2（図1（A）に示した2次コイルL2相当）は第3ループ状導体LP13、LP23および第4ループ状導体LP14、LP24で構成されている。

[0073] 第1ループ状導体LP11および第2ループ状導体LP12は第3ループ状導体LP13と第4ループ状導体LP14との間に層方向に挟み込まれて

いる。同様に、第1ループ状導体L P 2 1および第2ループ状導体L P 2 2は第3ループ状導体L P 2 3と第4ループ状導体L P 2 4との間に層方向に挟み込まれている。

[0074] 第1ループ状導体L P 1 1の一部である導体パターンL 1 B 1および第2ループ状導体L P 1 2の一部である導体パターンL 1 C 1は並列接続されている。そして、第1ループ状導体L P 1 1の残余部である導体パターンL 1 A 1および第2ループ状導体L P 1 2の残余部である導体パターンL 1 D 1が前記並列回路に対してそれぞれ直列接続されている。同様に、第1ループ状導体L P 2 1の一部である導体パターンL 1 B 2および第2ループ状導体L P 2 2の一部である導体パターンL 1 C 2は並列接続されている。そして、第1ループ状導体L P 2 1の残余部である導体パターンL 1 A 2および第2ループ状導体L P 2 2の残余部である導体パターンL 1 D 2が前記並列回路に対してそれぞれ直列接続されている。

[0075] 第4ループ状導体L P 1 4の一部である導体パターンL 2 B 2および第4ループ状導体L P 2 4の一部である導体パターンL 2 C 2は並列接続されている。そして、第4ループ状導体L P 1 4の残余部である導体パターンL 2 A 2および第4ループ状導体L P 2 4の残余部である導体パターンL 2 D 2が前記並列回路に対してそれぞれ直列接続されている。

[0076] このように、1次コイルL 1だけに限らず2次コイルL 2についても直列ー並列構造にしてもよい。その結果、より高い自由度のもとでインダクタンス値の設定できる。

[0077] なお、本発明は、直列ー並列構造をもつ1次コイルL 1が2組、直列ー並列構造をもつ2次コイルL 2が1組存在する構成に限らない。例えば、直列ー並列構造をもつ1次コイルL 1が3組、直列ー並列構造をもつ2次コイルL 2が2組存在するように、1次コイルおよび2次コイルによる積層構造を更に積層配置してもよい。

[0078] 《第6の実施形態》

第6の実施形態では、本発明を高周波パワーアンプに適用した例を示す。

一般に、パワーアンプの出力インピーダンスは非常に低く、例えば携帯電話端末において、GSM（登録商標）用の場合 $2\ \Omega$ 程度、CDMA用の場合 $4\ \Omega$ 程度である。このように、出力インピーダンスが非常に低いパワーアンプの出力を $50\ \Omega$ の伝送線路に整合させる際に、LTE（Long Term Evolution）など広帯域が必要なシステムに対応するためには、広帯域に亘って整合させる必要がある。しかし従来は、広帯域化するために多段のローパスフィルタ回路を構成する必要があった。そのため通過損失が大きくなってしまう。また、通過損失を抑えるためにローパスフィルタのインダクタを電極で構成すると、その電極を形成するのに必要な面積が大きくなって省スペース化できない。

[0079] 本発明のインピーダンス変換回路は、出力インピーダンスが非常に低いパワーアンプの出力を $50\ \Omega$ の伝送線路に整合させる際にも適用できる。

[0080] 図21は、本発明のインピーダンス変換回路29を含む高周波パワーアンプの回路図である。図21に示すように、パワーアンプ40の出力にインピーダンス変換回路29が接続されている。このインピーダンス変換回路29は、1次コイルL1、2次コイルL2、キャパシタC1、C2を備えている。1次コイルL1および2次コイルL2によるトランスでインピーダンス変換が行われる。キャパシタC1、C2はインピーダンス整合微調整用の素子である。このインピーダンス変換回路29はパワーアンプ40の出力インピーダンスを $50\ \Omega$ の伝送線路に整合させる。

[0081] 図22は、インピーダンス変換回路29の、積層素体内における1次コイルおよび2次コイルの配置関係を考慮して表した回路図である。図23はインピーダンス変換回路29の各種導体パターンの斜視図である。これらの導体パターンが形成されている誘電体の基材層は除いて描いている。

[0082] 図23に表れているように、導体パターンL1Aによる第1ループ状導体LP1、導体パターンL1Bによる第2ループ状導体LP2、導体パターンL2Aによる第3ループ状導体LP3、導体パターンL2Bによる第4ループ状導体LP4、がそれぞれ形成されている。各層の導体パターンはビア導

体により層間接続されている。

[0083] 最下層の基材層の下面には第1ポート（出力ポート）P1、第2ポート（パワーアンプ接続ポート）P2、第3ポート（グランドポート）GND1および第4ポート（グランドポート）GND2に相当する端子がそれぞれ形成されている。これらの端子は最下層の基材層の下面に形成されている。

[0084] 第1コイル素子（図21に示したL1）は第1ループ状導体LP1および第2ループ状導体LP2で構成されている。第2コイル素子（図21に示したL2）は第3ループ状導体LP3および第4ループ状導体LP4で構成されている。

[0085] 第1ループ状導体LP1および第2ループ状導体LP2は第3ループ状導体LP3と第4ループ状導体LP4との間に層方向に挟み込まれている。

[0086] 第1ループ状導体LP1である導体パターンL1Aおよび第2ループ状導体LP2である導体パターンL1Bは並列接続されている。また、第3ループ状導体LP3および第4ループ状導体LP4は直列接続されている。

[0087] また、積層素体の内部にはキャパシタ電極C1a、C1b、C2a、C2bが形成されている。キャパシタ電極C1a、C1bによってキャパシタC1が構成されていて、キャパシタ電極C2a、C2bによってキャパシタC2が構成されている。

[0088] なお、この第5の実施形態では、第1ループ状導体LP1および第2ループ状導体LP2の全部が並列接続された例を示したが、先に示した幾つかの実施形態と同様に、第1ループ状導体LP1および第2ループ状導体LP2の少なくとも一部が並列接続されていてもよい。

[0089] 《第7の実施形態》

図24（A）～（E）は第7の実施形態に係る幾つかのインピーダンス変換回路25の各種導体パターンの斜視図である。但し、基材層の図示は省略している。また、各導体パターンの線幅の図示を省略し、簡易的な線状パターンで表している。図24（A）は図24（B）～（E）の比較例として表すインピーダンス変換回路の斜視図である。この図24（A）に示すインピ

ーダンス変換回路は、図 7 に示したインピーダンス変換回路 25 に相当する。

[0090] 図 24 (B) は、導体パターン L 2 B 1, L 2 B 2 が 2 層に亘って形成され、それらが直列接続されている。すなわち、図 24 (B) は図 24 (A) の導体パターン L 2 B (第 4 ループ状導体) を 2 層に亘って形成し、それらを直列接続した例である。

[0091] 図 24 (C) は、導体パターン L 2 B 1, L 2 B 2 が 2 層に亘って形成され、それらが並列接続されている。すなわち、図 24 (C) は図 24 (A) の導体パターン L 2 B (第 4 ループ状導体) を 2 層に亘って形成し、それらを並列接続した例である。

[0092] 図 24 (D) は、導体パターン L 1 B 1, L 1 B 2 が 2 層に亘って形成され、それらが直列接続されている。すなわち、図 24 (D) は図 24 (A) の導体パターン L 1 B (第 1 ループ状導体) を 2 層に亘って形成し、それらを直列接続した例である。

[0093] 図 24 (E) は、導体パターン L 1 B 1, L 1 B 2 が 2 層に亘って形成され、それらが並列接続されている。すなわち、図 24 (E) は図 24 (A) の導体パターン L 1 B (第 1 ループ状導体) を 2 層に亘って形成し、それらを並列接続した例である。

[0094] 図 24 に示した例では、第 4 ループ状導体または第 1 ループ状導体について、それらを直列接続した例と並列接続した例を示したが、第 3 ループ状導体および第 2 ループ状についても同様に適用できる。

[0095] これらのように、第 1 ループ状導体、第 2 ループ状導体、第 3 ループ状導体または第 4 ループ状導体のうち少なくともいずれかが、複数の基材層に亘って複数ターンのループを形成していてもよい。また、第 1 ループ状導体、第 2 ループ状導体、第 3 ループ状導体または第 4 ループ状導体のうち少なくともいずれかは、複数の基材層に形成されて、且つそれらが並列接続されていてもよい。

[0096] 《第 8 の実施形態》

図 2 5 は第 8 の実施形態に係る携帯電話端末等の無線通信装置の構成を示す図である。この図 2 5 では、無線通信装置の筐体内の主要部についてのみ表している。筐体内にアンテナ素子 1 1 および回路基板が設けられていて、回路基板にはグランド導体 2 0 が形成されていて、インピーダンス変換回路 2 5 および給電回路 3 0 が設けられている。

[0097] アンテナ素子 1 1 は、給電回路 3 0 から 2 つの放射素子 1 1 a, 1 1 b が接続された T 分岐タイプのアンテナを構成している。放射素子 1 1 a は、Low Band で $\lambda / 4$ 共振 (λ : LowBand の波長) するような電気長となるように設計されている。放射素子 1 1 b は、HighBand で $\lambda / 4$ 共振 (λ : HighBand の波長) するような電気長となるように設計されている。なお、このアンテナの動作原理はあくまでも一例である。例えば、HighBand については、放射素子全体 (1 1 a + 1 1 b) で $(3 / 4) \lambda$ 共振するように設計してもよい。この場合、HighBand について放射素子が大きくなるため、放射特性が良くなる。

符号の説明

[0098] I T …理想トランス

L 1 …1 次コイル (第 1 コイル素子)

L 2 …2 次コイル (第 2 コイル素子)

L 1 A, L 1 B, L 1 C, L 1 D …導体パターン

L 2 A, L 2 B, L 2 C …導体パターン

L P 1 …第 1 ループ状導体

L P 2 …第 2 ループ状導体

L P 3 …第 3 ループ状導体

L P 4 …第 4 ループ状導体

P 1 …第 1 ポート

P 2 …第 2 ポート

P 3 …第 3 ポート

1 1 …アンテナ素子

20…グランド導体

25, 26, 27A, 27B, 28, 29…インピーダンス変換回路

30…給電回路

101…アンテナ装置

請求の範囲

- [請求項1] 複数の基材層を積層してなる積層素体に、トランス結合した第1コイル素子および第2コイル素子を設けてなるインピーダンス変換回路であって、
- 第1コイル素子は前記積層素体のそれぞれ異なる層に設けられた第1ループ状導体および第2ループ状導体で構成されていて、
- 第2コイル素子は前記積層素体のそれぞれ異なる層に設けられた第3ループ状導体および第4ループ状導体で構成されていて、
- 第1ループ状導体、第2ループ状導体、第3ループ状導体および第4ループ状導体は積層方向からの平面視で概形状が同じであり、
- 第1ループ状導体および第2ループ状導体は、第3ループ状導体と第4ループ状導体との間に層方向に挟み込まれていて、
- 第1ループ状導体および第2ループ状導体は、それらの少なくとも一部が並列接続されている、
- ことを特徴とするインピーダンス変換回路。
- [請求項2] 前記第1ループ状導体の一部と、前記第2ループ状導体の一部または全部とで並列回路が構成されていて、前記第1ループ状導体の残余部および前記第2ループ状導体の残余部が前記並列回路に対してそれぞれ直列接続されている、請求項1に記載のインピーダンス変換回路。
- [請求項3] 前記第1ループ状導体または前記第2ループ状導体の形成層に、前記第3ループ状導体または前記第4ループ状導体に対して直列接続される導体パターンが形成されている、請求項1または2に記載のインピーダンス変換回路。
- [請求項4] 前記第3ループ状導体および前記第4ループ状導体は直列接続されている、請求項1～3のいずれかに記載のインピーダンス変換回路。
- [請求項5] 前記第1ループ状導体、第2ループ状導体、第3ループ状導体および第4ループ状導体は、1層あたりそれぞれほぼ1ターンのループ状

に形成されている、請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載のインピーダンス変換回路。

[請求項6] 前記第 1 ループ状導体、第 2 ループ状導体、第 3 ループ状導体または第 4 ループ状導体のうち少なくともいずれかは、複数の基材層に亘って複数ターンのループを形成している、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載のインピーダンス変換回路。

[請求項7] 前記第 1 ループ状導体、第 2 ループ状導体、第 3 ループ状導体または第 4 ループ状導体のうち少なくともいずれかは、複数の基材層に形成され、且つそれらが並列接続された、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載のインピーダンス変換回路。

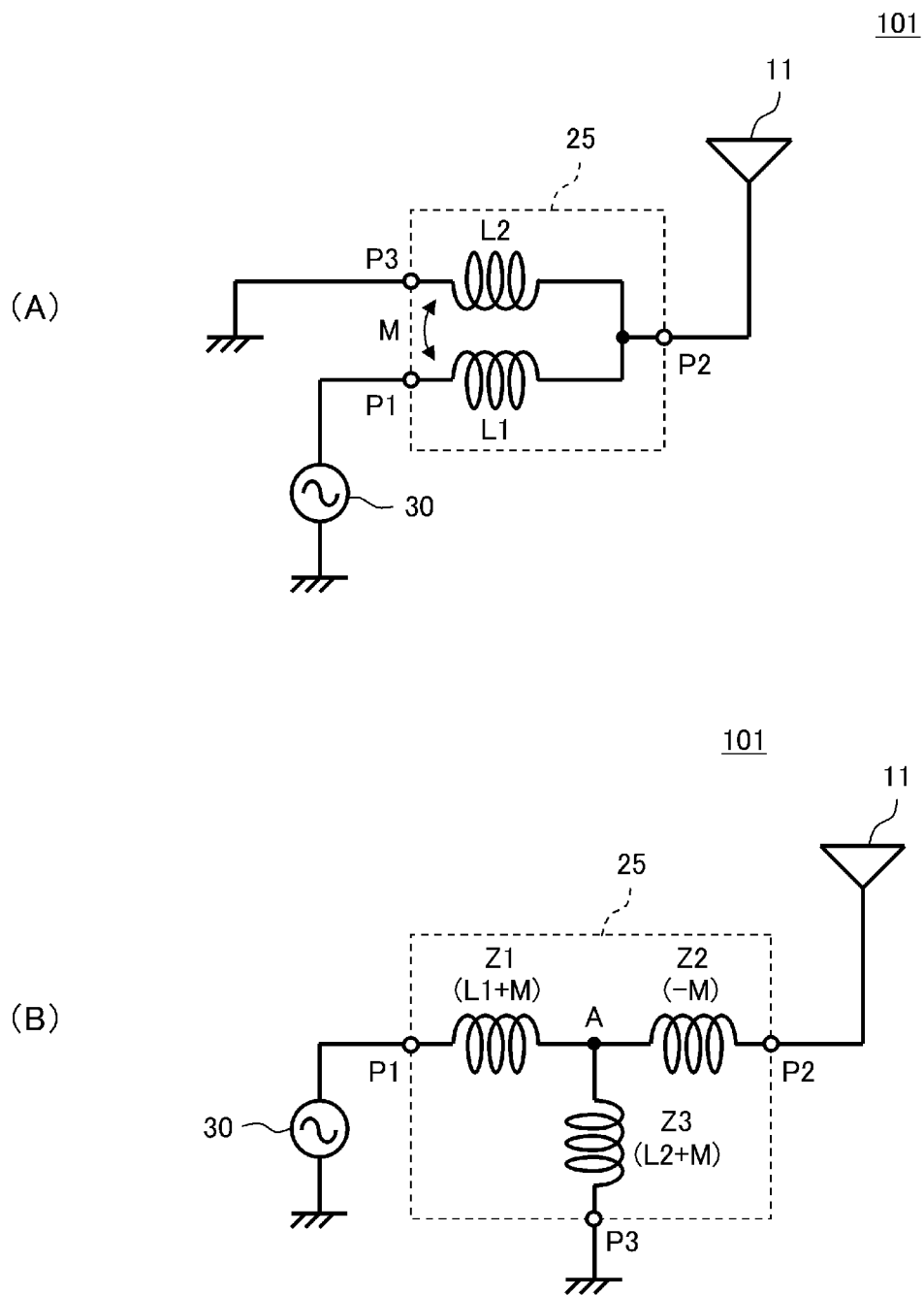
[請求項8] 前記第 1 ループ状導体および前記第 2 ループ状導体による組が複数組積層された、請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載のインピーダンス変換回路。

[請求項9] 前記第 1 コイル素子の第 1 端に繋がる給電ポート、前記第 1 コイル素子の第 2 端および前記第 2 コイル素子の第 1 端に繋がるアンテナポート、および前記第 2 コイル素子の第 2 端に繋がるグランドポートを備えた、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載のインピーダンス変換回路。

[請求項10] 無線通信回路を有する無線通信装置において、
前記無線通信回路に、請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載のインピーダンス変換回路を備えた無線通信装置。

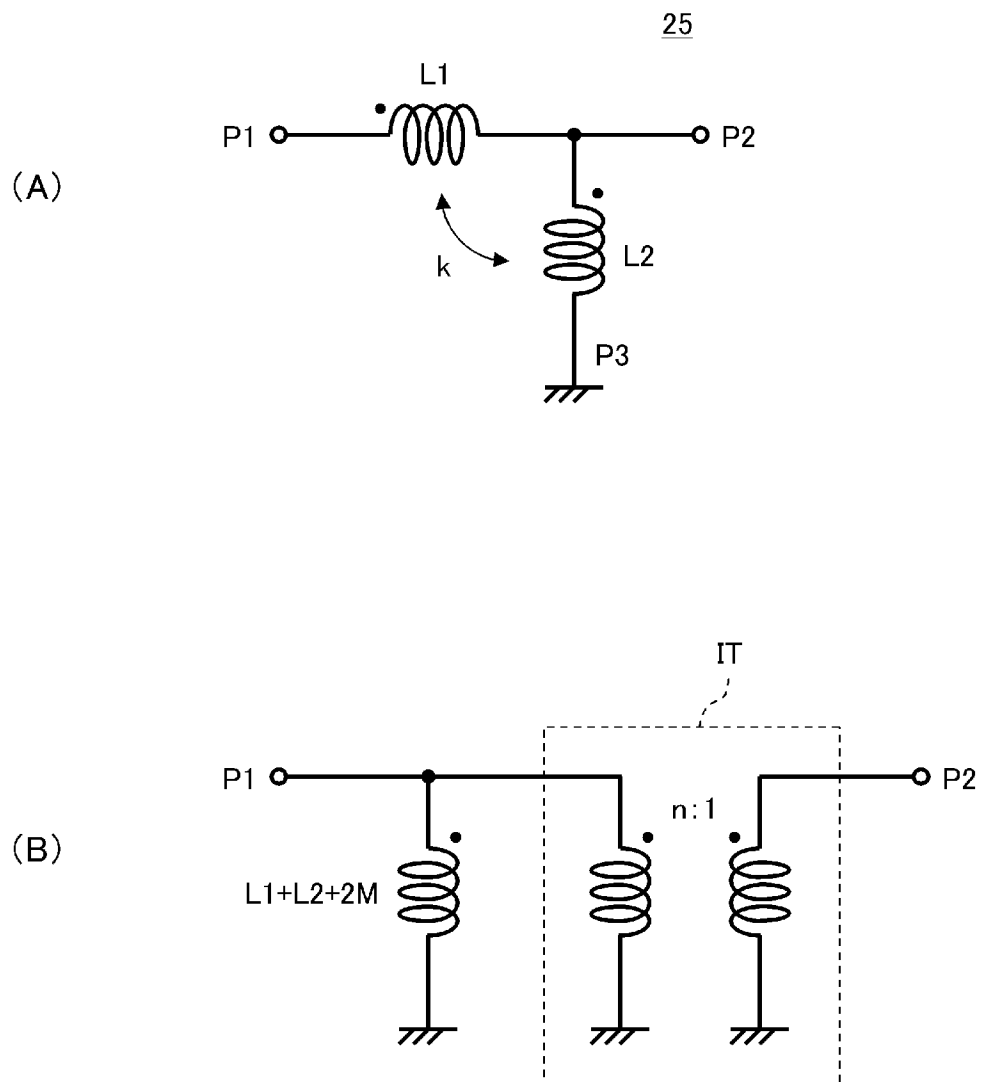
[図1]

図 1



[図2]

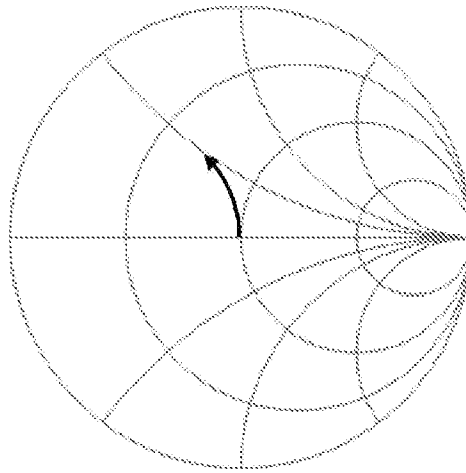
図2



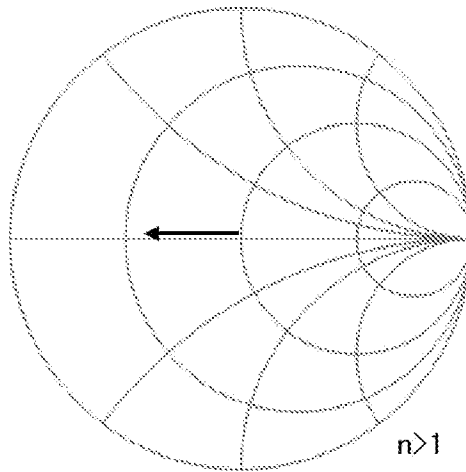
[図3]

図3

(A)

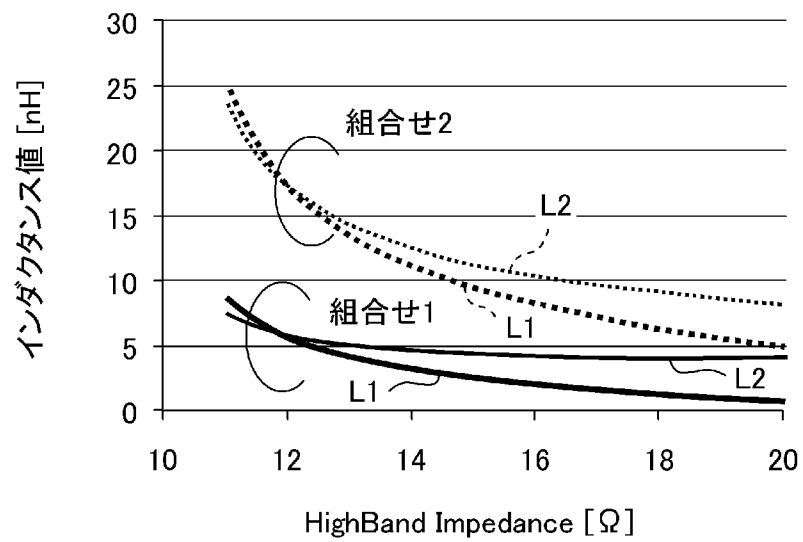


(B)

 $n > 1$

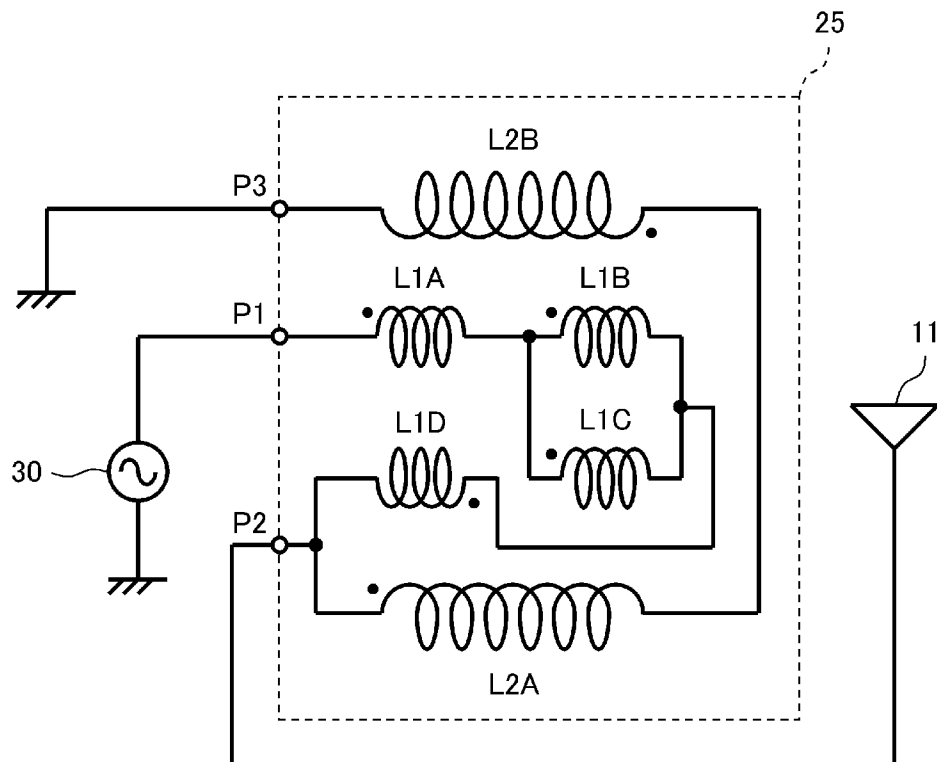
[図4]

図4



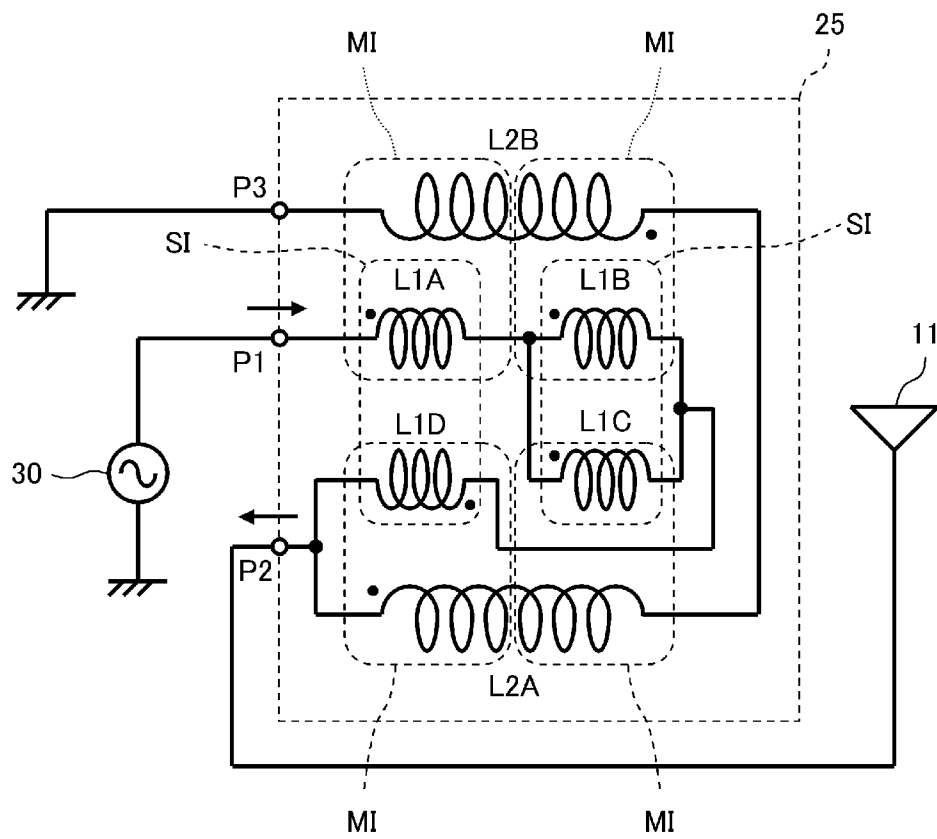
[図5]

図5



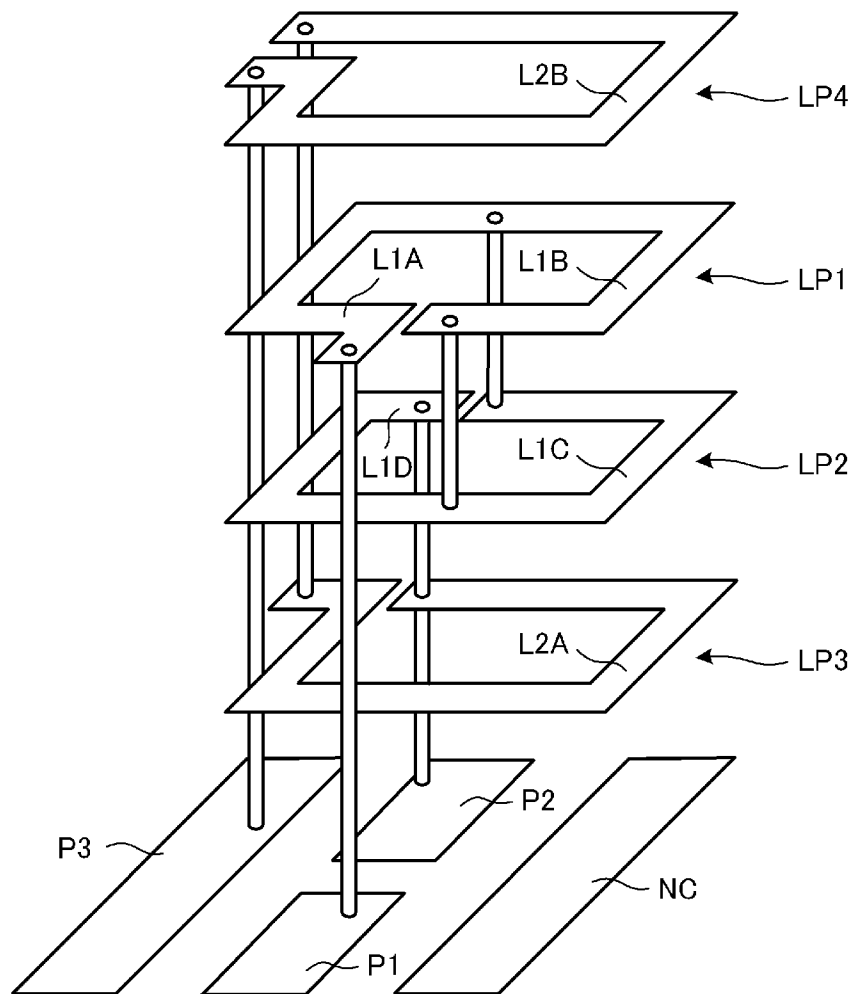
[図6]

図6



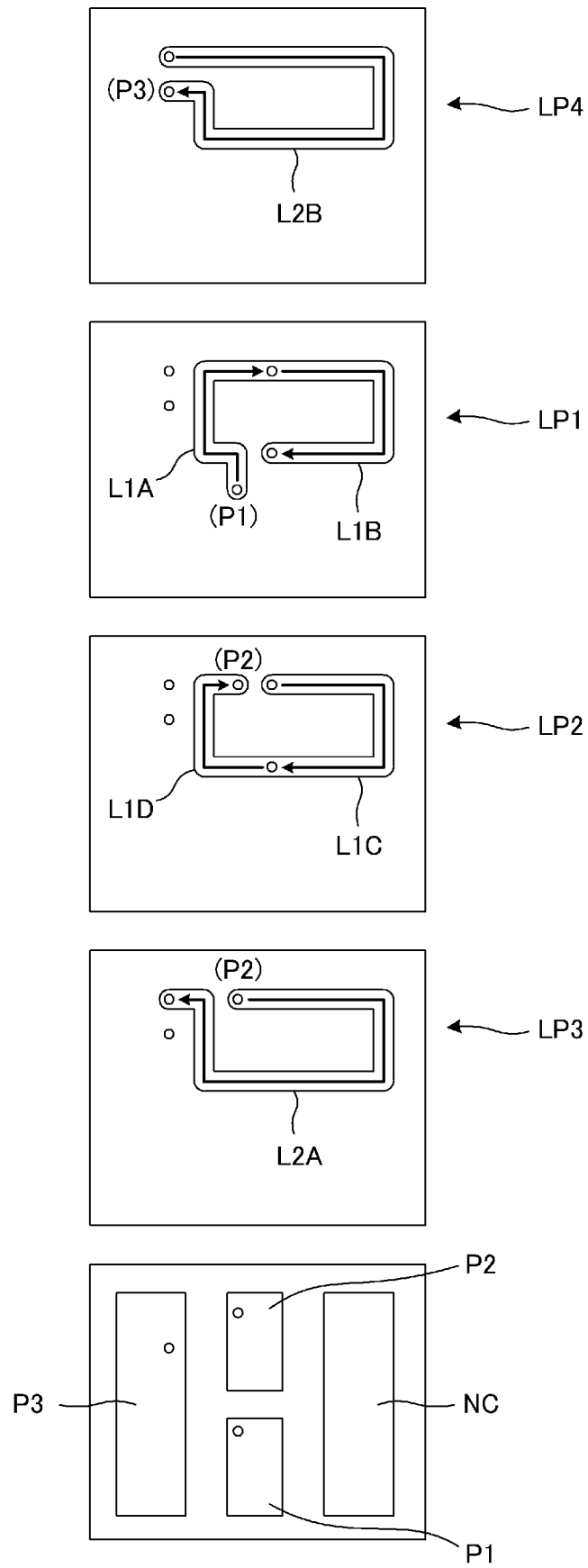
[図7]

図7



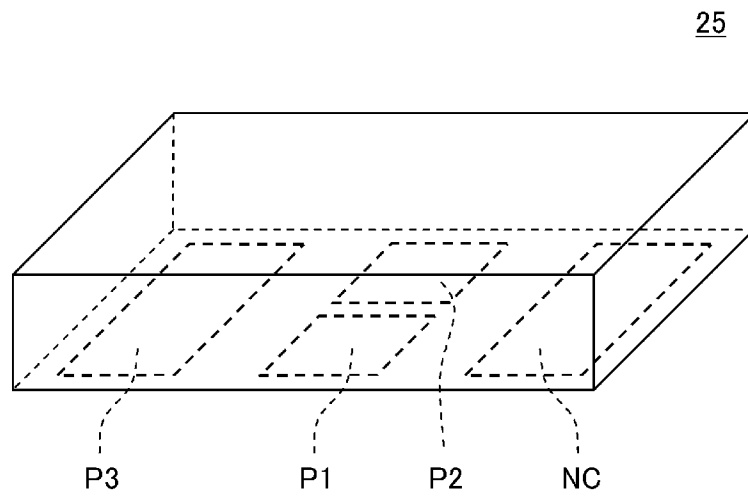
[図8]

図8



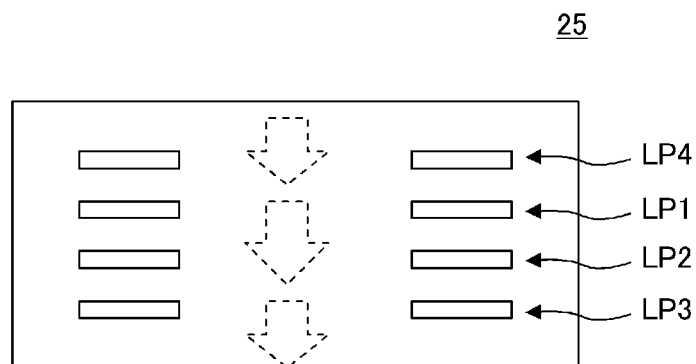
[図9]

図9



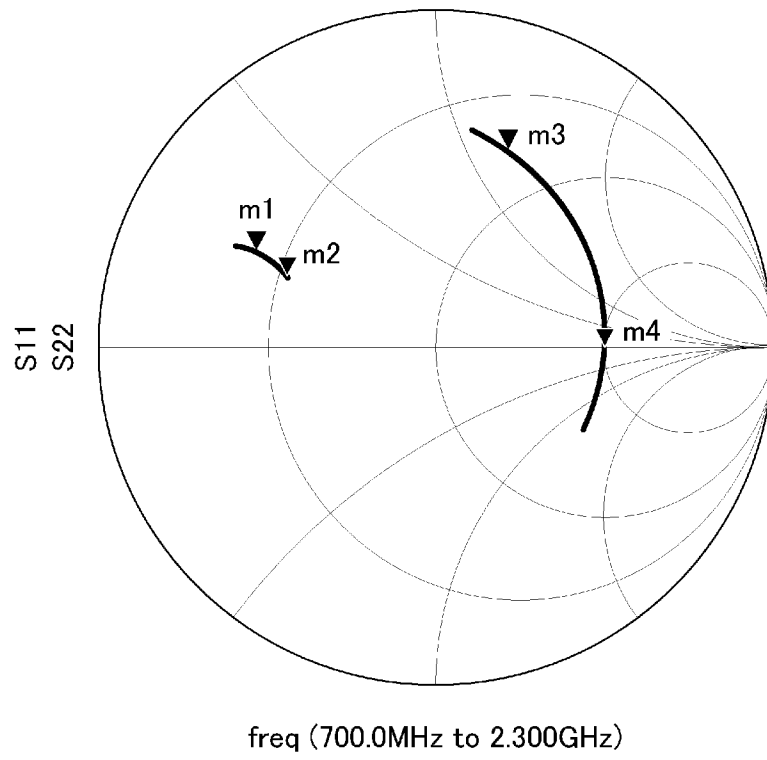
[図10]

図10



[図11]

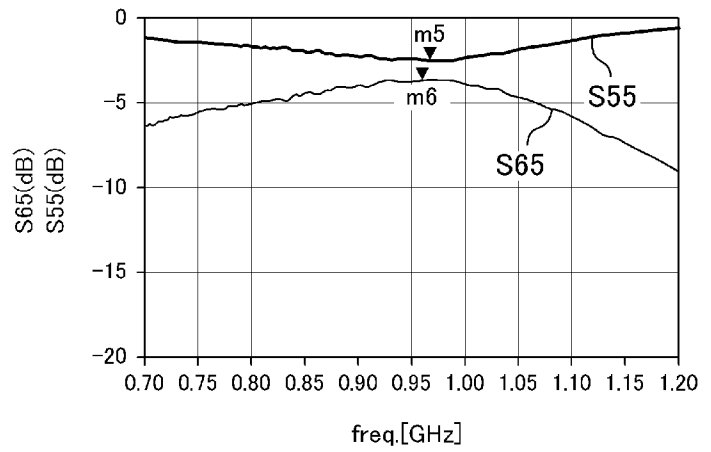
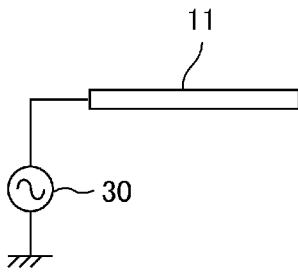
図11



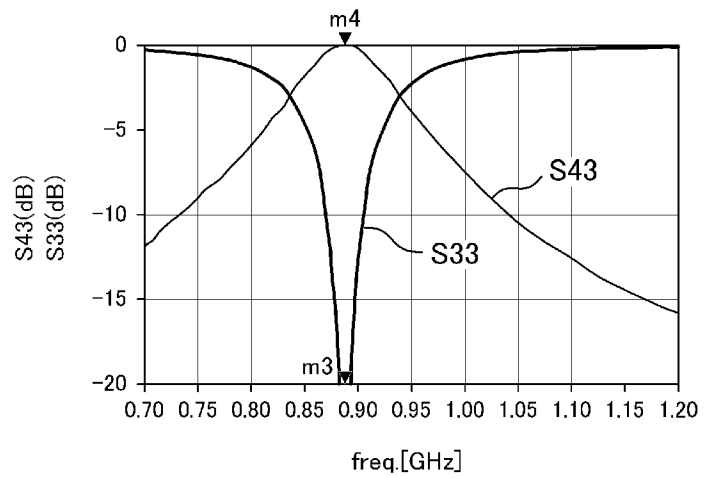
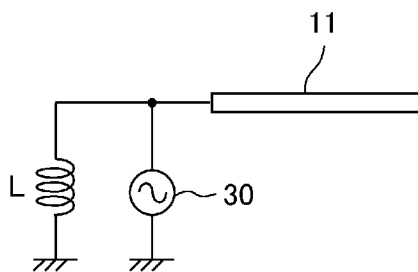
[図12]

図12

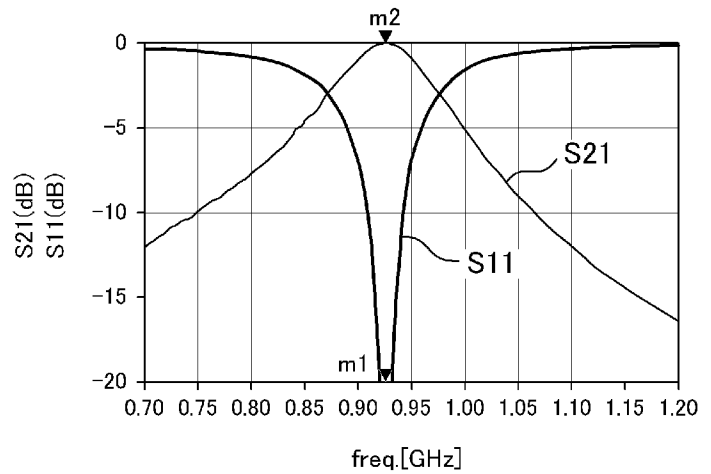
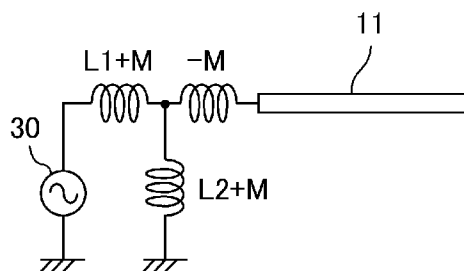
(A)



(B)

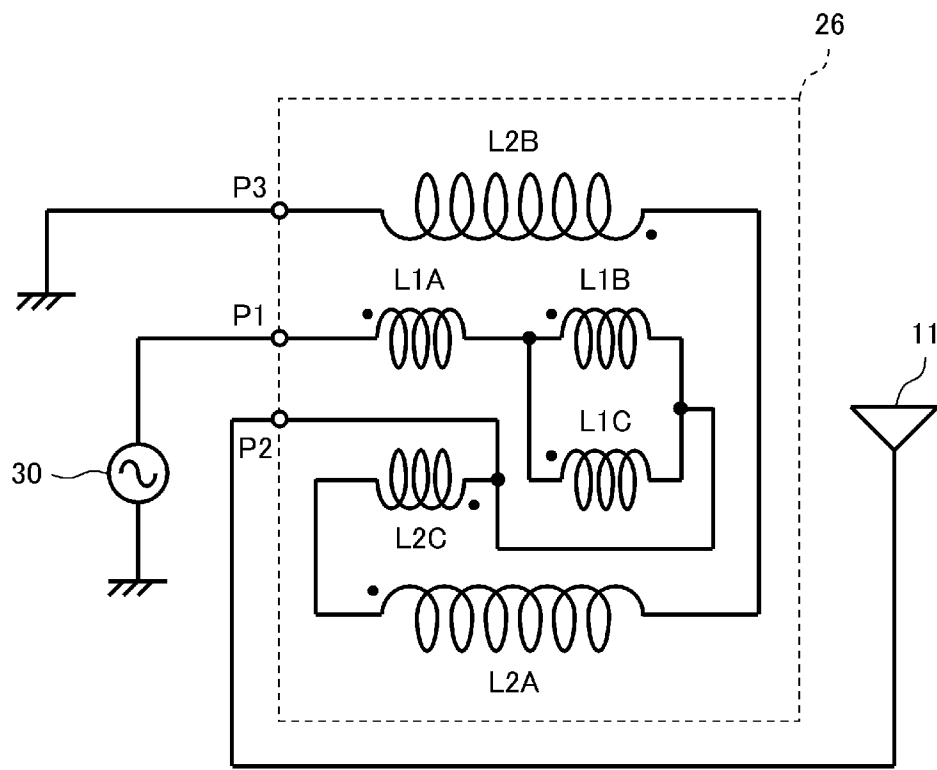


(C)



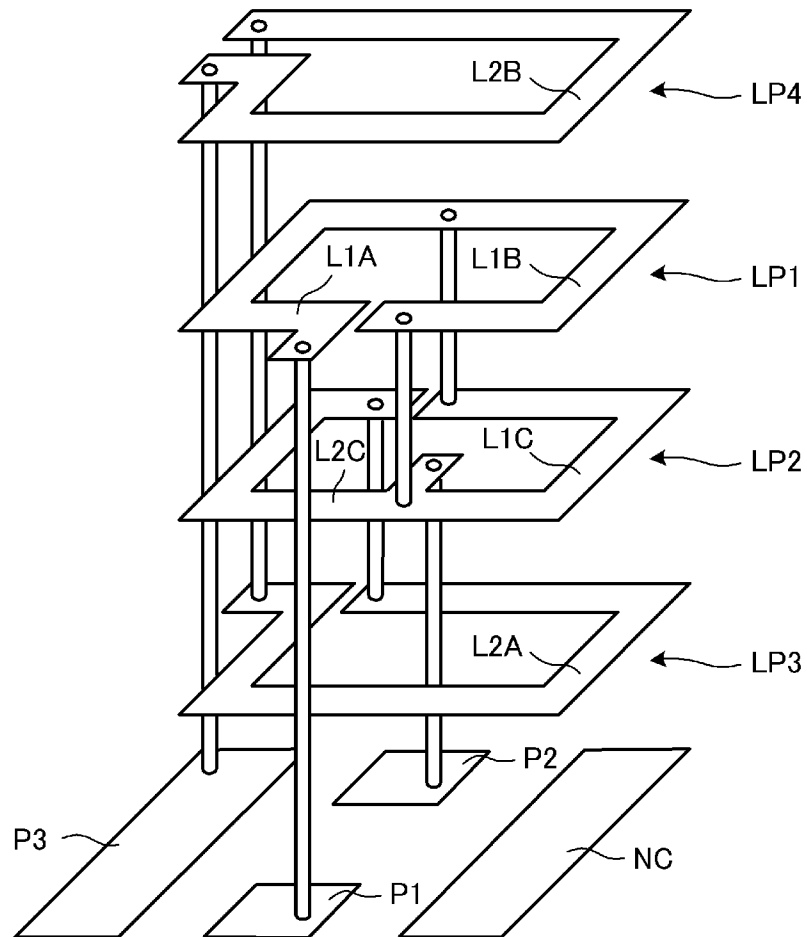
[図13]

図13



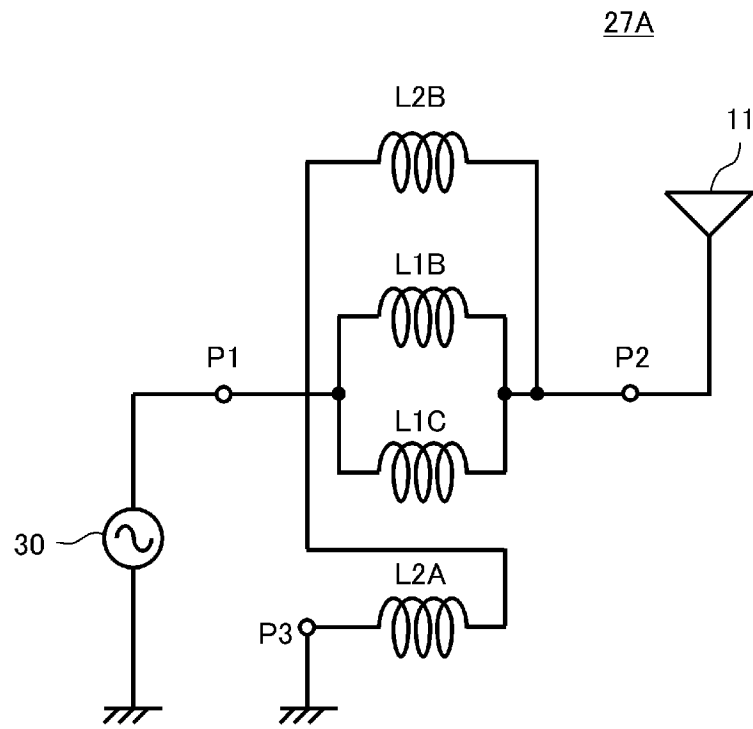
[図14]

図14



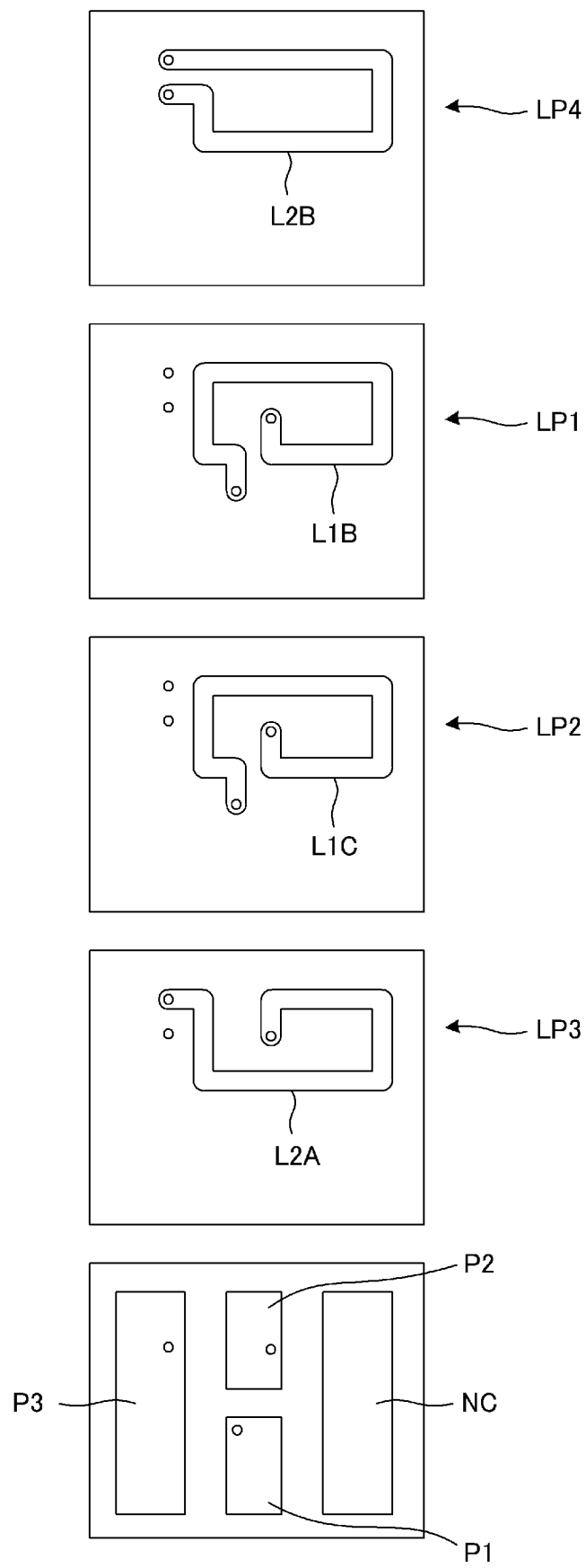
[図15]

図15



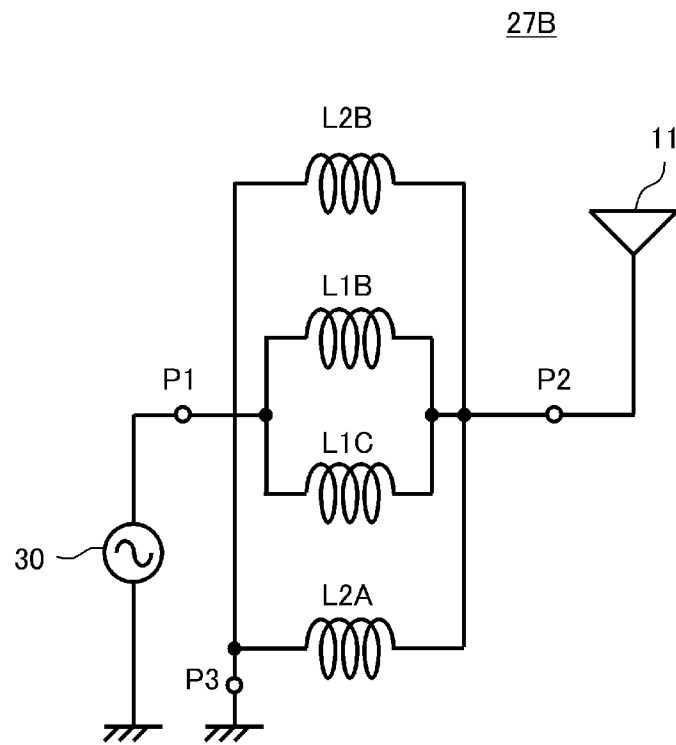
[図16]

図16



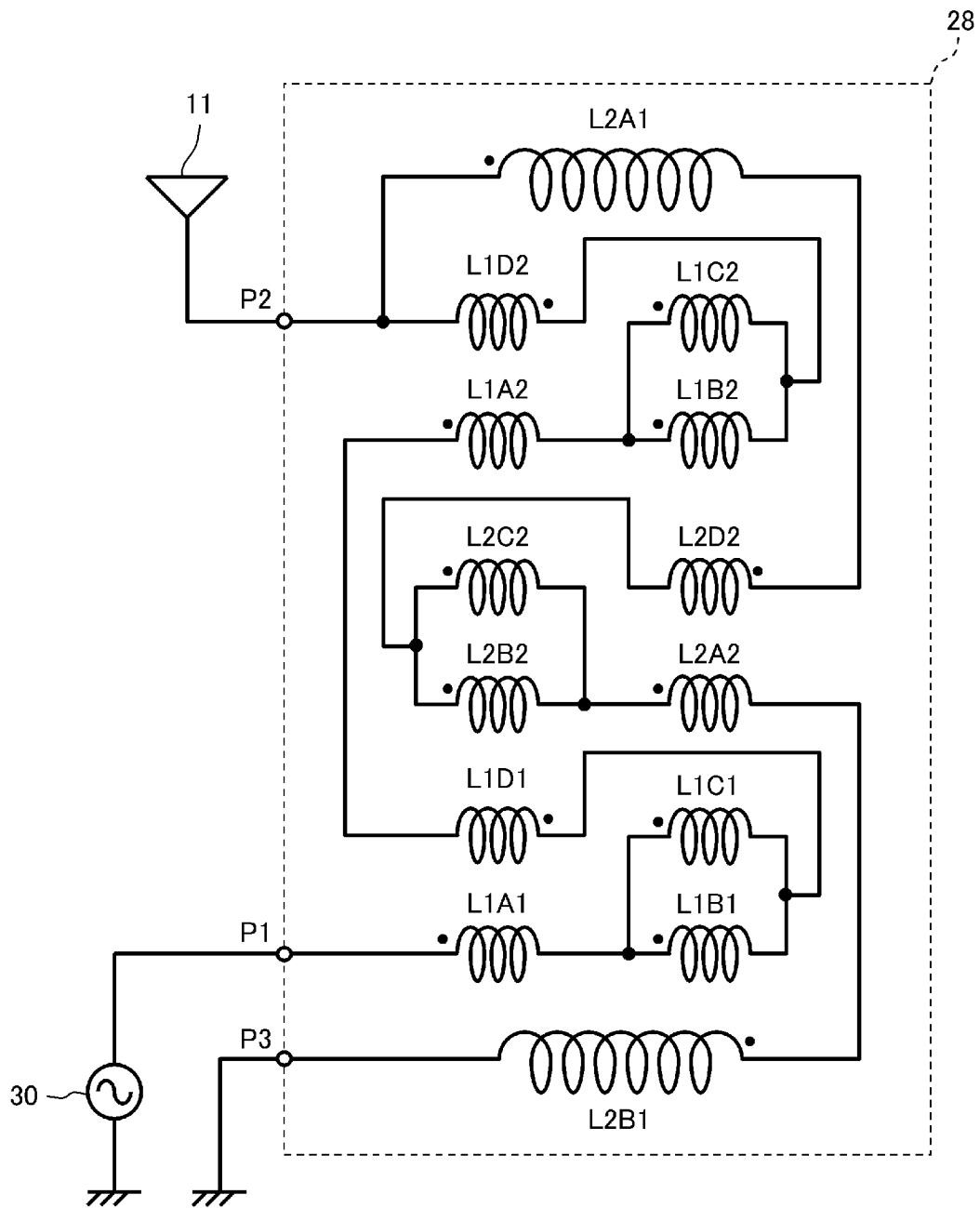
[図17]

図17



[図18]

図18



[図19]

図19

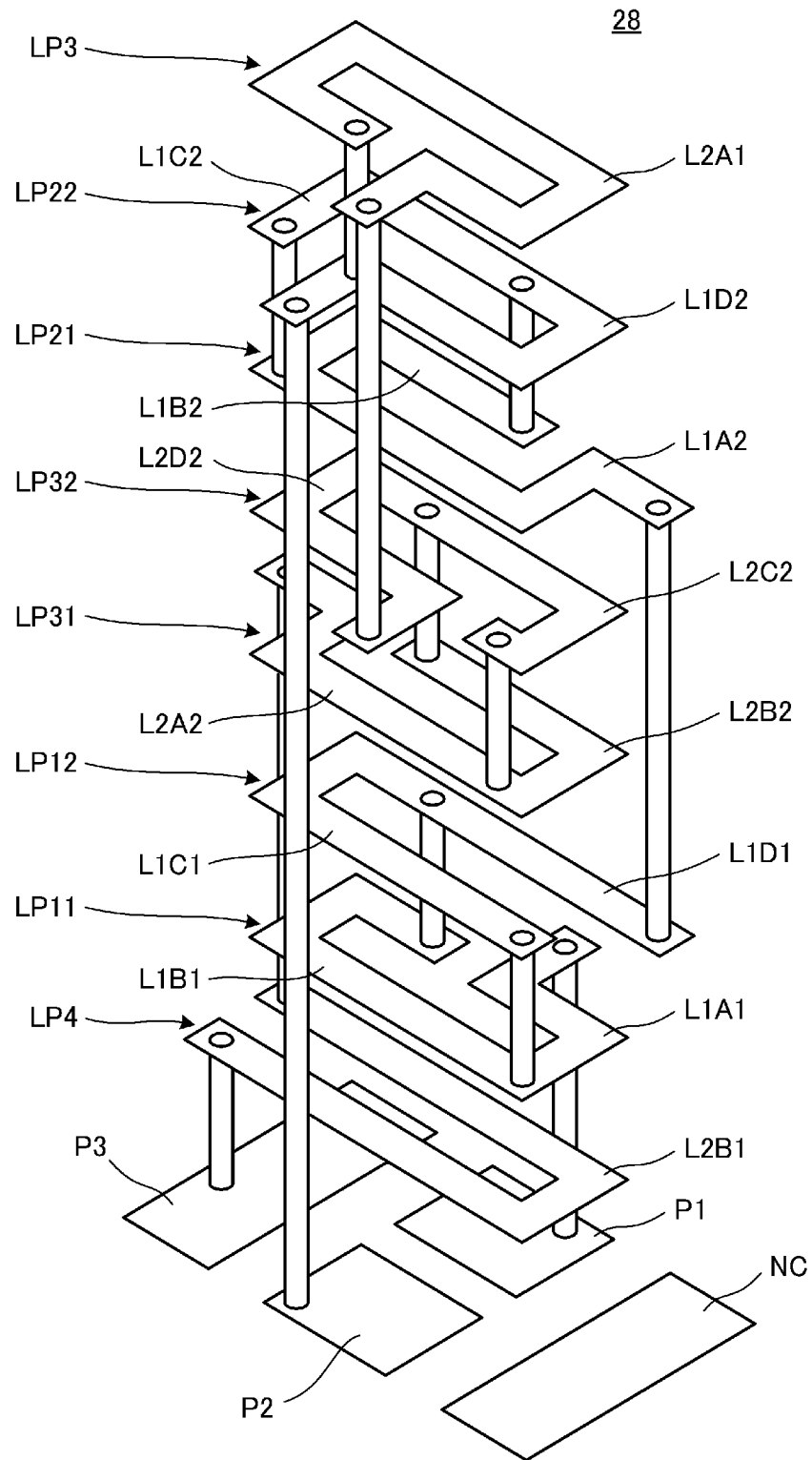
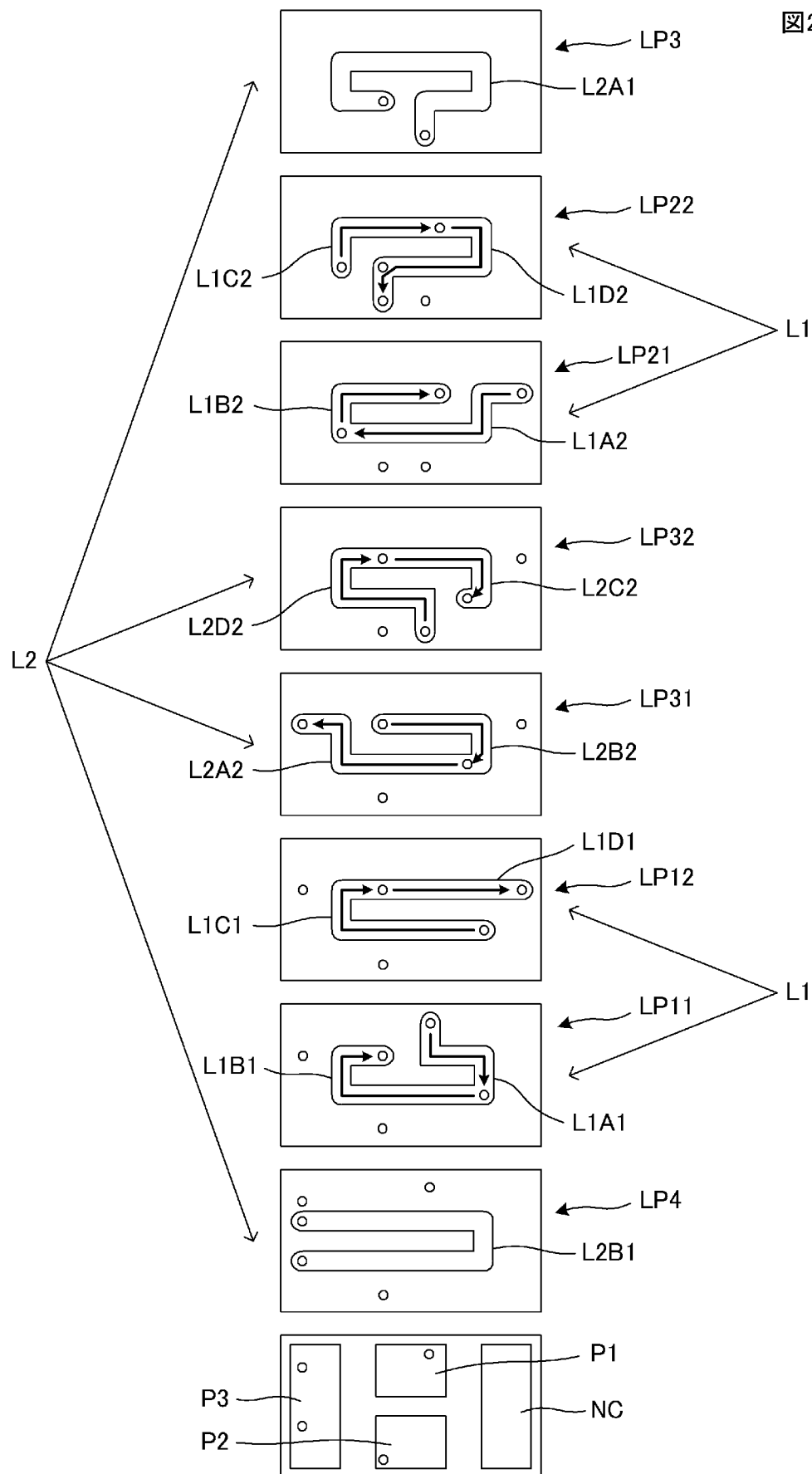
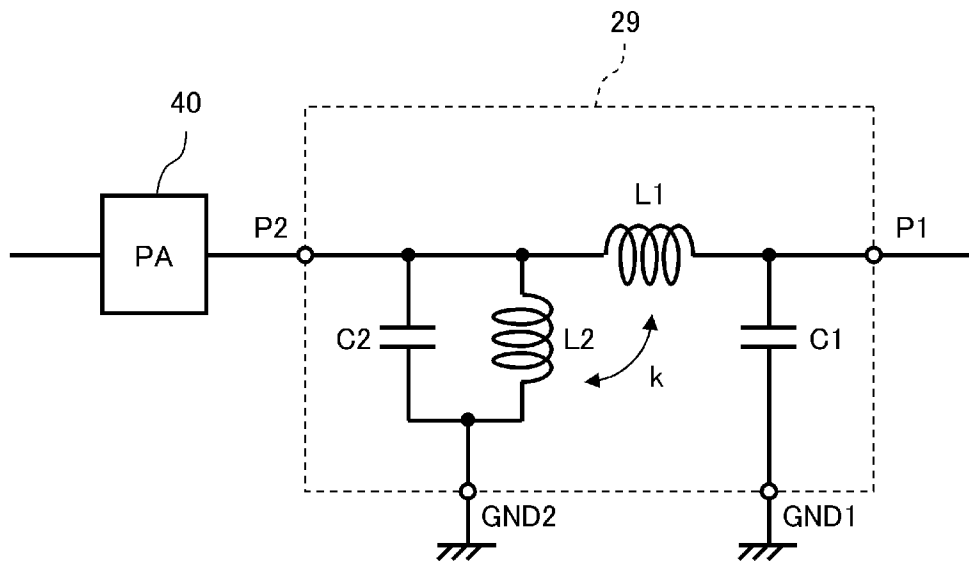


図20



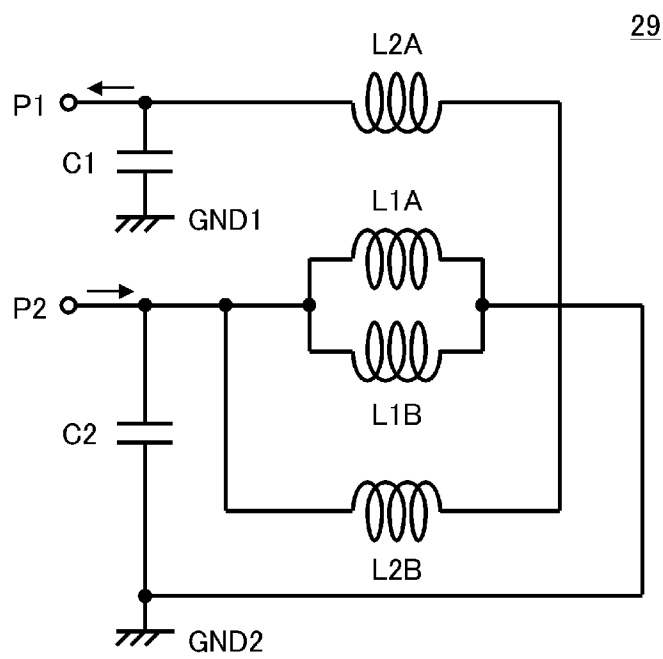
[図21]

図21



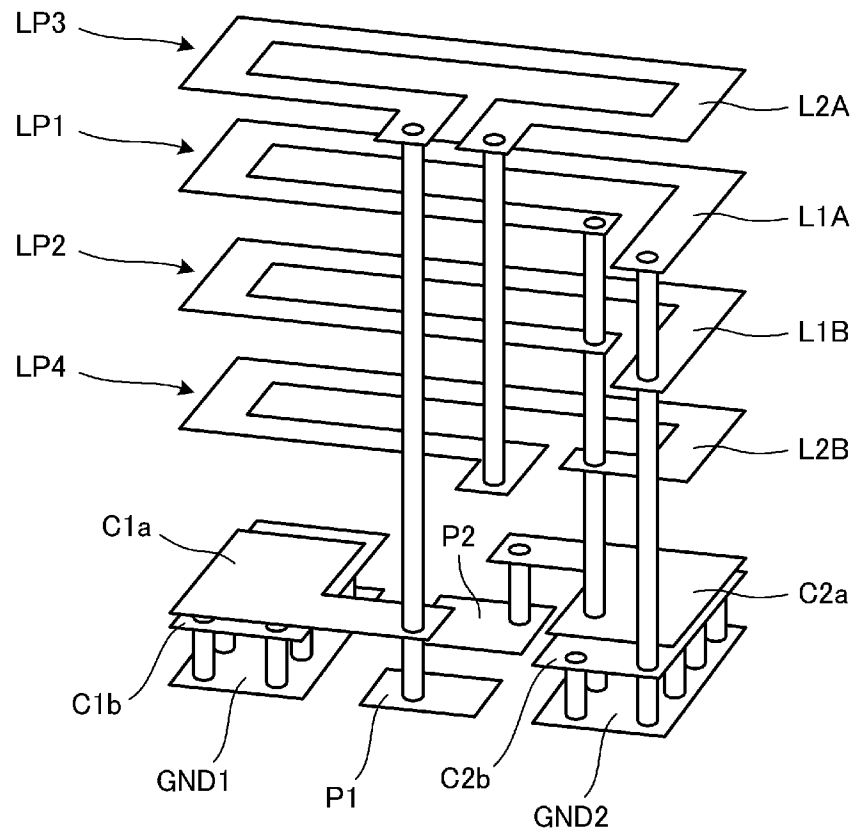
[図22]

図22



[図23]

図23



[図24]

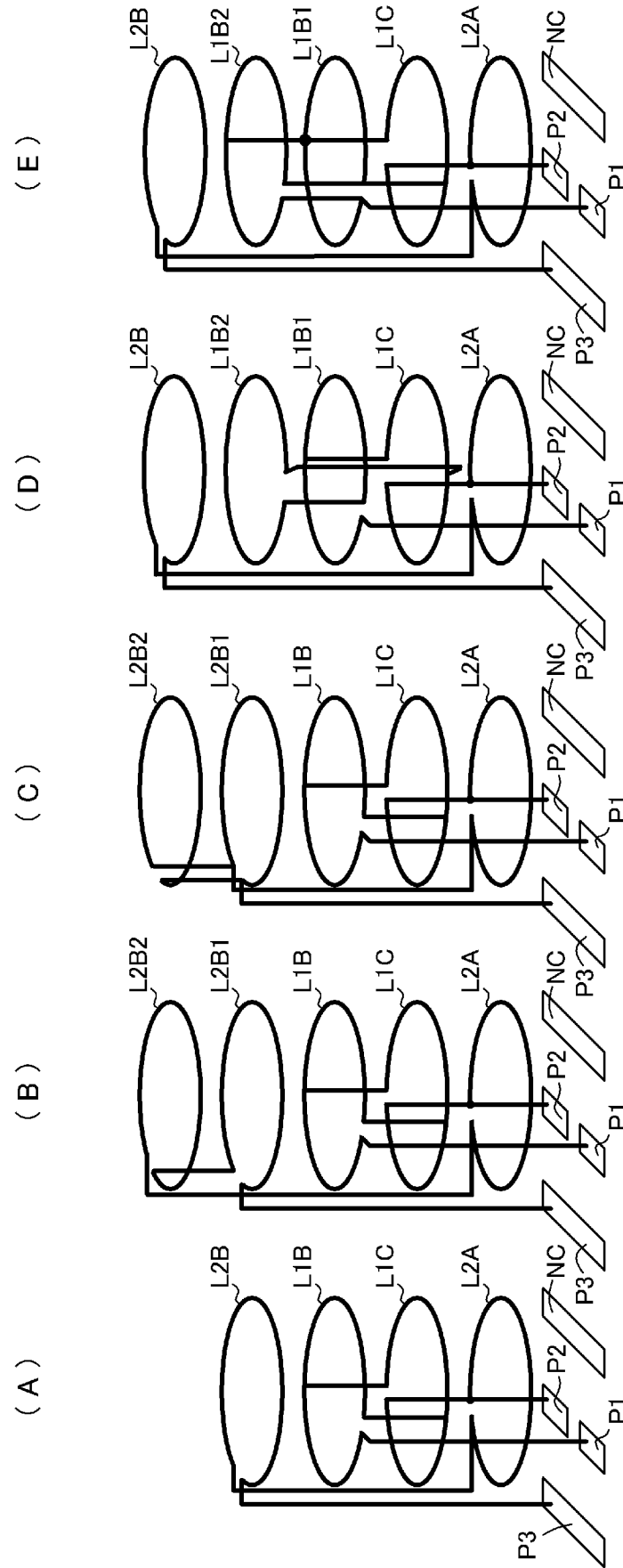
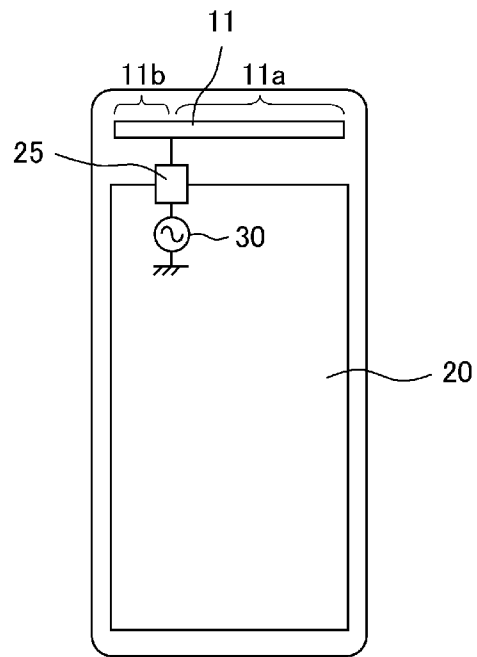


図24

[図25]

図25



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/074476

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q1/50(2006.01)i, H01F27/42(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)

H01Q1/50, H01F27/42

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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	WO 2012/114983 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 30 August 2012 (30.08.2012), entire text; all drawings & US 2013/0187824 A	1-10
A	JP 2012-085306 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 26 April 2012 (26.04.2012), entire text; all drawings & US 2011/0309994 A1 & EP 2388858 A1	1-10
A	JP 2007-188938 A (Seiko Epson Corp.), 26 July 2007 (26.07.2007), entire text; all drawings (Family: none)	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
15 October, 2013 (15.10.13)

Date of mailing of the international search report
22 October, 2013 (22.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01Q1/50(2006.01)i, H01F27/42(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（I P C））

Int.Cl. H01Q1/50, H01F27/42

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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	WO 2012/114983 A1（株式会社村田製作所）2012.08.30, 全文, 全図 & US 2013/0187824 A	1-10
A	JP 2012-085306 A（株式会社村田製作所）2012.04.26, 全文, 全図 & US 2011/0309994 A1 & EP 2388858 A1	1-10
A	JP 2007-188938 A（セイコーエプソン株式会社）2007.07.26, 全文, 全図（ファミリーなし）	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

1 5 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 2 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

赤穂 美香

5 K

3 6 6 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6