

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-204415

(P2012-204415A)

(43) 公開日 平成24年10月22日(2012.10.22)

| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
|----------------------|--------------|-------------|
| HO1F 17/00 (2006.01) | HO1F 17/00 D | 5E070 |
| HO1F 30/00 (2006.01) | HO1F 31/00 C | 5J046 |
| HO1Q 1/50 (2006.01) | HO1Q 1/50 | |

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2011-65066 (P2011-65066)
 (22) 出願日 平成23年3月23日 (2011. 3. 23)

(71) 出願人 000006231
 株式会社村田製作所
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 (74) 代理人 110000970
 特許業務法人 楓国際特許事務所
 (72) 発明者 石塚 健一
 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
 (72) 発明者 加藤 登
 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
 Fターム(参考) 5E070 AA11 AA16 AB02 CB04 CB13
 5J046 AA02 TA03

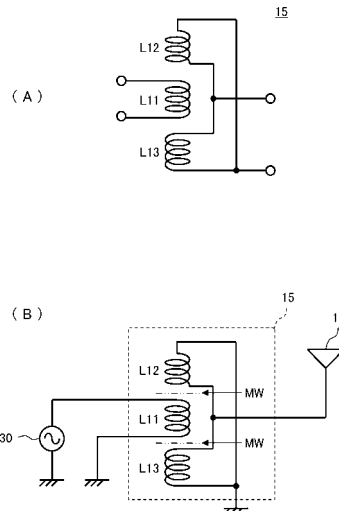
(54) 【発明の名称】 高結合度トランス、インピーダンス変換回路、アンテナ装置および通信端末装置

(57) 【要約】

【課題】 結合係数が高く、低損失でエネルギーを伝送できる高結合度トランス、インピーダンス変換回路、アンテナ装置および通信端末装置を構成する。

【解決手段】 高結合度トランス15は第1コイルL11を含む第1回路と、第2コイルL12およびこの第2コイルに直列接続された第3コイルL13を含む第2回路とを有する。第1コイルL11と第2コイルL12とは逆相で電磁界結合していて、第1コイルL11と第3コイルL13とは逆相で電磁界結合している。第1コイルL11、第2コイルL12および第3コイルL13は、それぞれの巻回軸がほぼ同一直線になるように、且つ第2コイルL12および第3コイルL13の間に第1コイルL11が位置するように配置されている。第1コイルL11、第2コイルL12および第3コイルL13は、複数の誘電体層または磁性体層の積層体に一体的に構成されている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 コイルを含む第 1 回路と、第 2 コイルおよびこの第 2 コイルに直列接続された第 3 コイルを含む第 2 回路と、を有し、

前記第 1 コイルは、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとの間に配置され、

前記第 1 コイルと前記第 2 コイルとが逆相で電磁界結合し、前記第 1 コイルと前記第 3 コイルとが逆相で電磁界結合するように、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとが巻回されていることを特徴とする高結合度トランス。

【請求項 2】

前記第 1 コイル、前記第 2 コイルおよび前記第 3 コイルは、それぞれの巻回軸がほぼ同一直線上になるように配置されている、請求項 1 に記載の高結合度トランス。

10

【請求項 3】

前記第 1 コイル、前記第 2 コイルおよび前記第 3 コイルは、複数の誘電体層または磁性体層の積層体である多層基板に一体的に構成されていて、少なくとも前記第 1 コイルと前記第 2 コイルの結合領域、および前記第 1 コイルと前記第 3 コイルの結合領域は前記多層基板内に位置している、請求項 1 または 2 に記載の高結合度トランス。

【請求項 4】

前記第 1 回路の第 1 端がグラウンドに接続され、前記第 1 回路の第 2 端が第 1 ポートであり、

前記第 2 コイルと前記第 3 コイルのそれぞれの第 1 端がグラウンドに接続され、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルの第 2 端同士が接続点が第 2 ポートである、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の高結合度トランス。

20

【請求項 5】

前記第 1 回路の第 1 端が第 1 ポートであり、

前記第 2 コイルと前記第 3 コイルのそれぞれの第 1 端がグラウンドに接続され、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルのそれぞれの第 2 端および前記第 1 コイルの第 2 端の接続点が第 2 ポートである、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の高結合度トランス。

【請求項 6】

前記第 1 コイルは直列接続されるとともに互いに電磁界結合する第 1 のコイル導体と第 4 のコイル導体とで構成され、

30

前記第 2 コイルは直列接続されるとともに互いに電磁界結合する第 2 のコイル導体と第 5 のコイル導体とで構成され、

前記第 3 コイルは直列接続されるとともに互いに電磁界結合する第 3 のコイル導体と第 6 のコイル導体とで構成された、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の高結合度トランス。

【請求項 7】

第 1 コイルを含む第 1 回路と、第 2 コイルおよびこの第 2 コイルに直列接続された第 3 コイルを含む第 2 回路と、を有し、

前記第 1 コイルは、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとの間に配置され、前記第 1 回路が第 1 高周波回路に接続され、前記第 2 回路が第 2 高周波回路に接続され、

前記第 1 コイルと前記第 2 コイルとが逆相で電磁界結合し、前記第 1 コイルと前記第 3 コイルとが逆相で電磁界結合するように、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとが巻回されていることを特徴とするインピーダンス変換回路。

40

【請求項 8】

第 1 コイルを含む第 1 回路と、第 2 コイルおよびこの第 2 コイルに直列接続された第 3 コイルを含む第 2 回路と、を有し、前記第 1 コイルは、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとの間に配置され、前記第 1 コイルと前記第 2 コイルとが逆相で電磁界結合し、前記第 1 コイルと前記第 3 コイルとが逆相で電磁界結合するように、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとが巻回されているインピーダンス変換回路を備え、

前記第 1 コイルの第 1 端は給電回路に接続され、第 2 端はグラウンドに接続され、

前記第 2 コイルの第 1 端および前記第 3 コイルの第 1 端はアンテナ素子に接続され、前

50

記第 2 コイルの第 2 端および前記第 3 コイルの第 2 端はグラウンドに接続されていることを特徴とするアンテナ装置。

【請求項 9】

第 1 コイルを含む第 1 回路と、第 2 コイルおよびこの第 2 コイルに直列接続された第 3 コイルを含む第 2 回路と、を有し、前記第 1 コイルは、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとの間に配置され、前記第 1 コイルと前記第 2 コイルとが逆相で電磁界結合し、前記第 1 コイルと前記第 3 コイルとが逆相で電磁界結合するように、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとが巻回されているインピーダンス変換回路を備え、

前記第 1 コイルの第 1 端は給電回路に接続され、第 2 端はアンテナ素子に接続され、

前記第 2 コイルの第 1 端および前記第 3 コイルの第 1 端はアンテナ素子に接続され、前記第 2 コイルの第 2 端および前記第 3 コイルの第 2 端はグラウンドに接続されていることを特徴とするアンテナ装置。

10

【請求項 10】

第 1 コイルを含む第 1 回路と、第 2 コイルおよびこの第 2 コイルに直列接続された第 3 コイルを含む第 2 回路と、を有し、

前記第 1 コイルは、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとの間に配置され、前記第 1 回路に接続された給電回路と、前記第 2 回路に接続されたアンテナ素子と、を有し、

前記第 1 コイルと前記第 2 コイルとが逆相で電磁界結合し、前記第 1 コイルと前記第 3 コイルとが逆相で電磁界結合するように、前記第 2 コイルと前記第 3 コイルとが巻回されていることを特徴とする通信端末装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コイル同士が高い結合度で結合された高結合度トランス、インピーダンス変換回路およびそれを備えた通信端末装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般にトランスは、磁路を介して互いに磁氣的に結合した 1 次コイルおよび 2 次コイルを備える。このトランスは、例えば昇圧・降圧回路、高結合度トランス、変流・分流回路、平衡 - 不平衡変換回路、信号伝送回路など、各種の電子回路や電子機器に広く利用されている。例えば特許文献 1 には高周波トランスを用いたアンテナ給電回路が示されている。

30

【0003】

トランスにおける伝送エネルギーの損失を少なくするためには、1 次コイルと 2 次コイルとの結合度を高くする必要がある。このために、一般的に 1 次コイルおよび 2 次コイルを共通のフェライト磁性体に巻きつけるといった手法がとられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2004 - 72445 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

図 1 は 1 次側回路と 2 次側回路を含むトランスの回路図である。ここで、第 1 コイル素子 L_1 と第 2 コイル素子 L_2 のインダクタンスがそれぞれ結合度 M で磁気結合していたとき、第 1 コイル素子 L_1 の入力から見た反射係数 S_{11} をインピーダンス軌跡としてスミスチャート上に表すと、図 2 のようになる。図 2 (A) は結合係数 $k = 0.8$ のとき、図 2 (B) は結合係数 $k = 1$ のときである。このように、たとえ $k = 1$ であっても反射係数 S_{11} のインピーダンスの虚部は負の領域には入らない。

反射係数のインピーダンスの虚部と結合係数 k との関係については、後に等価回路を参

50

照して説明する。

【0006】

例えば無線通信用の高周波トランスは、インピーダンス変換、インピーダンス整合、または平衡 - 不平衡変換等のために用いられるが、トランスとしての1次 - 2次間の結合係数を極力高めることが求められる。しかし、従来の単純なトランス構造では結合係数 k を1に近づけることは困難であり、等価的に $k > 1$ にすることもできなかった。

【0007】

本発明は上述した実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、結合係数が高く、低損失でエネルギーを伝送できる高結合度トランス、インピーダンス変換回路、アンテナ装置およびそれを備えた通信端末装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の高結合度トランスは、第1コイルを含む第1回路（1次側回路または2次側回路）と、第2コイルおよびこの第2コイルに直列接続された第3コイルを含む第2回路（2次側回路または1次側回路）と、を有し、第1コイルと第2コイルとが逆相で電磁界結合し、第1コイルと第3コイルとが逆相で電磁界結合するように、前記第2コイルと前記第3コイルとが接続されていることを特徴とする。

【0009】

本発明のインピーダンス変換回路は、第1コイルを含む第1回路と、第2コイルおよびこの第2コイルに直列接続された第3コイルを含む第2回路と、を有し、第2コイルおよび第3コイルの間に第1コイルが位置するように配置され、前記第1回路が第1高周波回路（素子）に接続され、前記第2回路が第2高周波回路（素子）に接続され、第1コイルと第2コイルとは逆相で電磁界結合して、第1コイルと第3コイルとは逆相で電磁界結合していることを特徴とする。

20

【0010】

本発明のアンテナ装置は、第1コイルを含む第1回路と、第2コイルおよびこの第2コイルに直列接続された第3コイルを含む第2回路と、を有し、第2コイルおよび第3コイルの間に第1コイルが位置するように配置され、第1コイルと第2コイルとは逆相で電磁界結合して、第1コイルと第3コイルとは逆相で電磁界結合しているインピーダンス変換回路を備え、前記第1コイルの第1端は給電回路に接続され、第2端はグラウンドに接続され、前記第2コイルの第1端および前記第3コイルの第1端がアンテナ素子に接続され、前記第2コイルの第2端および前記第3コイルの第2端がグラウンドに接続されていることを特徴とする。

30

【0011】

本発明のアンテナ装置は、第1コイルを含む第1回路と、第2コイルおよびこの第2コイルに直列接続された第3コイルを含む第2回路と、を有し、第2コイルおよび第3コイルの間に第1コイルが位置するように配置され、第1コイルと第2コイルとは逆相で電磁界結合して、第1コイルと第3コイルとは逆相で電磁界結合しているインピーダンス変換回路を備え、前記第1コイルの第1端は給電回路に接続され、第2端はアンテナ素子に接続され、前記第2コイルの第1端および前記第3コイルの第1端がアンテナ素子に接続され、前記第2コイルの第2端および前記第3コイルの第2端がグラウンドに接続されていることを特徴とする。

40

【0012】

本発明の通信端末装置は、第1コイルを含む第1回路と、第2コイルおよびこの第2コイルに直列接続された第3コイルを含む第2回路と、を有し、第2コイルおよび第3コイルの間に第1コイルが位置するように配置され、前記第1回路に接続された給電回路と、前記第2回路に接続されたアンテナ素子と、を有し、第1コイルと第2コイルとは逆相で電磁界結合して、第1コイルと第3コイルとは逆相で電磁界結合していることを特徴とする。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 3 】

本発明の高結合度トランスによれば、第1コイルを含む第1回路と、第2・第3コイルを含む第2回路とを、例えば結合係数 k を1に近づけることができ、あるいは等価的(仮想的)に $k > 1$ の関係にすることができ、低損失でエネルギーを伝送できる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明のインピーダンス変換回路によれば、広帯域に亘って第1高周波回路(素子)と第2高周波回路(素子)との整合をとって、高周波回路の広帯域化が図れる。

また、本発明のアンテナ装置によれば、小型で高効率化が図れる。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の通信端末装置によれば、高周波回路部が小型・低損失化され、エネルギー効率が向上できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 図 1 は 1 次側回路と 2 次側回路を含むトランスの回路図である。

【 図 2 】 図 2 は、図 1 において第 1 コイル素子 L_1 の入力から見た反射係数 S_{11} をインピーダンス軌跡としてスミスチャート上に表した図であり、図 2 (A) は結合係数 $k = 0.8$ のときの図、図 2 (B) は結合係数 $k = 1$ のときの図である。

【 図 3 】 図 3 (A) は第 1 の実施形態の高結合度トランス 15 の回路図、図 3 (B) はその高結合度トランス 15 を備えたアンテナ装置の回路図である。

【 図 4 】 図 4 は図 3 に示したアンテナ装置の等価回路図である。

【 図 5 】 図 5 は、図 4 に示した条件で求めた、第 1 コイル L_{11} の入力(ポート P_1) から高結合度トランス 15 側を見た反射係数 S_{11} をインピーダンス軌跡としてスミスチャート上に表した図である。

【 図 6 】 図 6 は図 3 ・ 図 4 に示した高結合度トランス 15 を備えたアンテナ装置の等価回路図である。

【 図 7 】 図 7 は、図 1 に示した一般的な回路で第 1 コイル L_{11} と第 2 コイル L_{12} との間の結合係数 k を仮想的に 1.1 としたときの、第 1 コイル L_{11} の入力(ポート P_1) から高結合度トランス 15 側を見た反射係数 S_{11} をインピーダンス軌跡としてスミスチャート上に表したものである。

【 図 8 】 図 8 は、図 4 に示した等価回路において、第 2 コイル L_{12} と第 3 コイル L_{13} との結合係数を変化させたときの特性変化を示す図である。

【 図 9 】 図 9 は第 2 の実施形態の高結合度トランス 25 を備えたアンテナ装置の回路図である。

【 図 10 】 図 10 は図 9 に示したアンテナ装置の等価回路図である。

【 図 11 】 図 11 は、図 10 の第 1 コイル L_{11} の入力(ポート P_1) から高結合度トランス 25 側を見た反射係数 S_{11} をインピーダンス軌跡としてスミスチャート上に表した図である。

【 図 12 】 図 12 は第 2 の実施形態の高結合度トランス 25 の分解斜視図である。

【 図 13 】 図 13 は、図 12 に示した各層のコイル導体に流れる電流の向きを示す図である。

【 図 14 】 図 14 は第 3 の実施形態であるアンテナ装置の等価回路図である。

【 図 15 】 図 15 は、インピーダンス変換回路 35 で擬似的に生じる負のインダクタンス成分の作用およびインピーダンス変換回路 35 の作用を模式的に示す図である。

【 図 16 】 図 16 (A) は第 4 の実施形態の高結合度トランス 45 の回路図、図 16 (B) はその高結合度トランス 45 を備えたアンテナ装置の回路図である。

【 図 17 】 図 17 (A) は第 5 の実施形態の第 1 例である通信端末装置、図 17 (B) は第 2 例である通信端末装置のそれぞれの構成図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 7 】

《 第 1 の実施形態 》

10

20

30

40

50

図3(A)は第1の実施形態の高結合度トランス15の回路図、図3(B)はその高結合度トランス15を備えたアンテナ装置の回路図である。高結合度トランス15は第1コイルL11を含む第1回路(1次側回路)と、第2コイルL12およびこの第2コイルに直列接続された第3コイルL13を含む第2回路(2次側回路)とを有する。そして、第1コイルL11と第2コイルL12とは逆相で電磁界結合していて、第1コイルL11と第3コイルL13とは逆相で電磁界結合している。また、第1コイルL11、第2コイルL12および第3コイルL13は、それぞれの巻回軸がほぼ同一直線上になるように、且つ第2コイルL12および第3コイルL13の間に第1コイルL11が位置するように配置されている。さらに、第1コイルL11、第2コイルL12および第3コイルL13は、複数の誘電体層または磁性体層の積層体である多層基板に一体的に構成されていて、少なくとも第1コイルL11と第2コイルL12の結合領域、および第1コイルL11と第3コイルL13の結合領域は前記多層基板内に位置している。

10

【0018】

図3(A)、図3(B)に示した第1コイルL11に生じる磁束の閉磁路と第2コイルL12に生じる磁束の閉磁路とは互いに反発する方向であるので、第1コイルL11と第2コイルL12との間には等価的な磁気障壁MWが生じることになる。同様に、第1コイルL11に生じる磁束の閉磁路と第3コイルL13に生じる磁束の閉磁路とは互いに反発する方向であるので、第1コイルL11と第3コイルL13との間には等価的な磁気障壁MWが生じることになる。

20

【0019】

この例では第1コイルL11と給電回路(高周波回路)30とで第1回路が構成されている。また、第2コイルL12、第3コイルL13およびアンテナ素子11で第2回路が構成されている。

【0020】

図4は図3に示したアンテナ装置の等価回路図である。図4において第1コイルL11と第2コイルL12との間の結合係数を k_1 、第1コイルL11と第3コイルL13との間の結合係数を k_2 、第2コイルL12と第3コイルL13との間の結合係数を k_3 で表すと、

$$k_1 = 0.8$$

$$k_2 = 0.8$$

$$k_3 = 0$$

30

である。

【0021】

高結合度トランス15から給電回路(高周波回路)30を見たインピーダンスは50であり、それを抵抗 Z_1 で表している。また、高結合度トランス15から前記アンテナ素子11を見たインピーダンスは25であり、それを抵抗 Z_2 で表している。

【0022】

図5は図4に示した条件で求めた、第1コイルL11の入力(ポートP1)から高結合度トランス15側を見た反射係数 S_{11} をインピーダンス軌跡としてスミスチャート上に表したものである。このように密結合によって、インピーダンスの虚部は負の領域に入る。

40

【0023】

図6は、図4に示した高結合度トランス15において、第1回路(第1コイルL11)のインダクタンスを L_1 、第2回路(第2コイルL12および第3コイルL13)のインダクタンスを L_2 、第1回路と第2回路との相互インダクタンスを M で表したときの等価回路図である。

【0024】

ここで、高結合度トランス15の反射係数のインピーダンスの虚部と結合係数 k との関係について示す。

図6に示した等価回路において、 $M = k(L_1 \cdot L_2)$ の関係があり、 M が充分に大

50

きければ、ポート P 1 から高結合度トランス 15 を見たインピーダンスは、 $(L 1 - M) + (L 2 - M)$ で表される。そして、 $k > 1$ のとき、 $(L 1 - M) + (L 2 - M) < 0$ となる。したがって、 $k > 1$ であれば、前記反射係数のインピーダンスの虚部は負の領域に入る。

【 0 0 2 5 】

この実施形態では、相互インダクタンス M の値を大きく保ちつつ、各インダクタの値を逆結合で小さくすることで、常時 $L 2 - M$ が負性になるようにしている。並列に入っている相互インダクタンス M は周波数が高くなるほど OPEN に見える（高インピーダンスになる）ため、高周波では負性のインダクタ ($L 2 - M$) のみが見えやすくなる。

【 0 0 2 6 】

そこで、図 1 に示した一般的な高周波トランスで第 1 コイル素子 L 1 と第 2 コイル素子 L 2 との間の結合係数 k を仮想的に 1 . 1 としてシミュレーションすると図 7 のようになる。図 7 は第 1 コイル素子 L 1 の入力（ポート P 1）から高結合度トランス 15 側を見た反射係数 S 1 1 をインピーダンス軌跡としてスミスチャート上に表したものである。この特性は図 5 に示した特性と近似している。すなわち、第 1 の実施形態の高結合度トランス 15 の等価的な結合係数 k は 1 を超えていることがわかる。

10

【 0 0 2 7 】

なお、図 3 (A)、図 3 (B) に示した例では、第 1 コイル L 1 1 を 1 次側、第 2 コイル L 1 2 および第 3 コイル L 1 3 を 2 次側として用いる例を示したが、高結合度トランス自体はどちらを 1 次側にしてもよく、どちらを 2 次側にしてもよい。すなわち、第 2 コイル L 1 2 および第 3 コイル L 1 3 を 1 次側、第 1 コイル L 1 1 を 2 次側として用いてもよい。

20

【 0 0 2 8 】

《 第 2 の実施形態 》

第 1 の実施形態で図 4 に示した等価回路において、第 2 コイル L 1 2 と第 3 コイル L 1 3 との結合係数 k 3 を 0 としたが、この結合係数 k 3 が大きくなると、 $k > 1$ となる効果を得にくい。図 8 は k 3 を変化させたときの特性変化を示す図である。図 8 (A) は第 1 の実施形態の高結合度トランスの特性、図 8 (B) は前記各結合係数を次のようにしたときの特性である。

【 0 0 2 9 】

$$k 1 = 0 . 8$$

$$k 2 = 0 . 8$$

$$k 3 = 0 . 3$$

このように、第 2 コイル L 1 2 と第 3 コイル L 1 3 との結合係数 k 3 が大きくなると、インピーダンスの虚部は負の領域に入らず、等価的な結合係数は 1 を超えないことがわかる。

30

第 2 の実施形態は、第 2 回路（2 次側回路）の二つのコイル同士（第 2 コイル L 1 2 と第 3 コイル L 1 3）の結合がある程度あっても、トランス全体の 1 次 - 2 次間の結合係数を大きくできるようにした構成を示すものである。

【 0 0 3 0 】

図 9 は第 2 の実施形態の高結合度トランス 25 を備えたアンテナ装置の回路図である。また、図 10 は図 9 に示したアンテナ装置の等価回路図である。

40

高結合度トランス 25 は、第 1 コイル L 1 1 に直列接続されるとともに第 1 コイル L 1 1 に電磁界結合している第 4 コイル L 2 1、第 2 コイル L 1 2 に直列接続されるとともに第 2 コイル L 1 2 に電磁界結合している第 5 コイル L 2 2、および第 3 コイル L 1 3 に直列接続されるとともに第 3 コイル L 1 3 に電磁界結合している第 6 コイル L 2 3 を備えている。第 1 コイル L 1 1 と第 2 コイル L 1 2 とは逆相で電磁界結合していて、第 1 コイル L 1 1 と第 3 コイル L 1 3 とは逆相で電磁界結合している。また、第 4 コイル L 2 1 と第 5 コイル L 2 2 とは逆相で電磁界結合していて、第 4 コイル L 2 1 と第 6 コイル L 2 3 とは逆相で電磁界結合している。

50

【 0 0 3 1 】

第 4 コイル L 2 1 は、その第 1 端を第 1 コイル L 1 1 に対して逆向きに直列接続し、第 2 端をグラウンドに接続している。第 5 コイル L 2 2 は、その第 1 端を第 2 コイル L 1 2 に対して逆向きに直列接続し、第 2 端をグラウンドに接続している。第 6 コイル L 2 3 は、その第 1 端を第 3 コイル L 1 3 に対して逆向きに直列接続し、第 2 端をグラウンドに接続している。

【 0 0 3 2 】

第 1 コイル L 1 1、第 2 コイル L 1 2 および第 3 コイル L 1 3 は、これらのコイルの巻回軸がほぼ同一直線上になるように、且つ第 2 コイル L 1 2 および第 3 コイル L 1 3 の間に第 1 コイル L 1 1 が位置するように配置されている。また、第 4 コイル L 2 1、第 5 コイル L 2 2 および第 6 コイル L 2 3 は、これらのコイルの巻回軸がほぼ同一直線上になるように、且つ第 5 コイル L 2 2 および第 6 コイル L 2 3 の間に第 4 コイル L 2 1 が位置するように配置されている。

10

【 0 0 3 3 】

後に示すように、第 1 コイル L 1 1、第 2 コイル L 1 2、第 3 コイル L 1 3、第 4 コイル L 2 1、第 5 コイル L 2 2 および第 6 コイル L 2 3 は、多層基板に一体的に構成されていて、第 1 コイル L 1 1 と第 2 コイル L 1 2 の結合領域、第 1 コイル L 1 1 と第 3 コイル L 1 3 の結合領域、第 4 コイル L 2 1 と第 5 コイル L 2 2 の結合領域、および第 4 コイル L 2 1 と第 6 コイル L 2 3 の結合領域も前記多層基板内に位置している。したがって、第 1 コイル L 1 1 と第 2 コイル L 1 2 は強く結合し、第 1 コイル L 1 1 と第 3 コイル L 1 3 は強く結合し、第 4 コイル L 2 1 と第 5 コイル L 2 2 は強く結合し、第 4 コイル L 2 1 と第 6 コイル L 2 3 は強く結合する。

20

【 0 0 3 4 】

そして、第 1 コイル L 1 1 と第 4 コイル L 2 1、第 2 コイル L 1 2 と第 5 コイル L 2 2、第 3 コイル L 1 3 と第 6 コイル L 2 3 がそれぞれ結合する。このため、第 2 コイル L 1 2 と第 3 コイル L 1 3 が結合しても、また第 5 コイル L 2 2 と第 6 コイル L 2 3 とが結合しても、全体の結合係数 k を等価的に 1 以上にすることができる。

【 0 0 3 5 】

上記各コイル同士の結合係数を次のとおりである。

L 1 1 と L 1 2 との結合係数：0.8

L 1 1 と L 1 3 との結合係数：0.8

L 2 1 と L 2 2 との結合係数：0.8

L 2 1 と L 2 3 との結合係数：0.8

L 1 1 と L 2 1 との結合係数：0.3

L 1 2 と L 2 2 との結合係数：0.3

L 1 3 と L 2 3 との結合係数：0.3

L 1 2 と L 1 3 との結合係数：0.3

L 2 2 と L 2 3 との結合係数：0.3

30

図 1 1 は、上記条件で求めた、第 1 コイル L 1 1 の入力（ポート P 1）から高結合度トランス 2 5 側を見た反射係数 S_{11} をインピーダンス軌跡としてスミスチャート上に表したものである。インピーダンスの虚部は負の領域に入っていることがわかる。

40

【 0 0 3 6 】

このように第 1 回路のコイルに二つのコイル L 1 1、L 2 1 を備え、第 2 回路のコイルに四つのコイル L 1 2、L 2 2、L 1 3、L 2 3 を備えたことにより、第 2 回路のコイル同士（第 2 コイル L 1 2 と第 3 コイル L 1 3、第 5 コイル L 2 2 と第 6 コイル L 2 3）の結合がある程度あってもトランス全体の 1 次 - 2 次間の結合係数を大きくできる。

【 0 0 3 7 】

図 1 2 は第 2 の実施形態の高結合度トランス 2 5 の分解斜視図である。

図 1 2 に示すように、基材層 5 1 a ~ 5 1 k は磁性体シートで構成され、各層にコイル導体が形成されている。基材層 5 1 b にコイル導体 L 1 3 c、L 2 3 c が形成され、基材

50

層 5 1 c にコイル導体 L 1 3 b , L 2 3 b が形成され、基材層 5 1 d にコイル導体 L 1 3 a , L 2 3 a が形成され、基材層 5 1 e にコイル導体 L 1 1 c , L 2 1 c が形成され、基材層 5 1 f にコイル導体 L 1 1 b , L 2 1 b が形成され、基材層 5 1 g にコイル導体 L 1 1 a , L 2 1 a が形成され、基材層 5 1 h にコイル導体 L 1 2 a , L 2 2 a が形成され、基材層 5 1 i にコイル導体 L 1 2 b , L 2 2 b が形成され、基材層 5 1 j にコイル導体 L 1 2 c , L 2 2 c が形成されている。基材層 5 1 k の下面には、給電端子 4 1、グランド端子 4 2、アンテナ端子 4 3 等が形成されている。図 1 2 中の縦方向に延びる線はピア電極であり、コイル導体同士を層間で接続する。

【 0 0 3 8 】

図 1 2 において、コイル導体 L 1 1 a , L 1 1 b , L 1 1 c によって第 1 コイル L 1 1 を構成している、コイル導体 L 2 1 a , L 2 1 b , L 2 1 c によって第 4 コイル L 2 1 を構成している。また、コイル導体 L 1 2 a , L 1 2 b , L 1 2 c によって第 2 コイル L 1 2 を構成している、コイル導体 L 2 2 a , L 2 2 b , L 2 2 c によって第 5 コイル L 2 2 を構成している。また、コイル導体 L 1 3 a , L 1 3 b , L 1 3 c によって第 3 コイル L 1 3 を構成している、コイル導体 L 2 3 a , L 2 3 b , L 2 3 c によって第 6 コイル L 2 3 を構成している。

10

【 0 0 3 9 】

なお、各層は誘電体シートで構成されていてもよい。但し、比透磁率の高い磁性体シートを用いれば、コイル素子間の結合係数をより高めることができる。

【 0 0 4 0 】

図 1 3 は、図 1 2 に示した各層のコイル導体に流れる電流の向きを示す図である。図 1 3 に示すように、給電端子 4 1 から入力された高周波信号電流が第 1 コイル L 1 1 に流れると、第 2 コイル L 1 2 および第 3 コイル L 1 3 に矢印方向に電流が流れる。すなわち、第 1 コイル L 1 1 と第 2 コイル L 1 2 とは互いに並走しているため、相互の誘導結合および電界結合により、第 2 コイル L 1 2 に矢印方向の高周波信号電流が誘導される。同様に、第 1 コイル L 1 1 と第 3 コイル L 1 3 とは互いに並走しているため、相互の誘導結合および電界結合により、第 3 コイル L 1 3 に矢印方向の高周波信号電流が誘導される。

20

【 0 0 4 1 】

同様に、給電端子 4 1 から入力された高周波信号電流が第 4 コイル L 2 1 に流れると、第 5 コイル L 2 2 および第 6 コイル L 2 3 に矢印方向に電流が流れる。すなわち、第 4 コイル L 2 1 と第 5 コイル L 2 2 とは互いに並走しているため、相互の誘導結合および電界結合により、第 5 コイル L 2 2 に矢印方向の高周波信号電流が誘導される。同様に、第 4 コイル L 2 1 と第 6 コイル L 2 3 とは互いに並走しているため、相互の誘導結合および電界結合により、第 6 コイル L 2 3 に矢印方向の高周波信号電流が誘導される。

30

【 0 0 4 2 】

なお、給電端子 4 1 に流れる電流（矢印 a）が逆向きであれば、他の電流の向きも逆になる。

【 0 0 4 3 】

《 第 3 の実施形態 》

図 1 4 は第 3 の実施形態であるインピーダンス変換回路およびそれを備えたアンテナ装置の等価回路図である。図 1 4 において、インピーダンス変換回路 3 5 の構成およびその等価回路は図 6 に示したとおりである。一方、アンテナ素子 1 1 は、等価的にインダクタンス成分 L ANT、放射抵抗成分 R r、およびキャパシタンス成分 C ANT で構成される。このアンテナ素子 1 1 単体のインダクタンス成分 L ANT は、インピーダンス変換回路 3 5 における負の合成インダクタンス成分 (L 2 - M) によって打ち消されるように作用する。すなわち、インピーダンス変換回路の A 点からアンテナ素子 1 1 側を見た (インダクタンス素子 (L 2 - M) を含めたアンテナ素子 1 1 の) インダクタンス成分は小さく (理想的にはゼロに) なり、その結果、このアンテナ装置 1 0 1 のインピーダンス周波数特性が小さくなる。

40

【 0 0 4 4 】

50

このように負のインダクタンス成分を生じさせるためには、第1インダクタンス素子と第2インダクタンス素子とを高い結合度で結合させることが重要である。そのためには、この結合度は1以上であればよい。

【0045】

トランス型回路によるインピーダンス変換比は、第1コイル素子のインダクタンス L_1 に対する第2コイル素子のインダクタンス L_2 の比($L_1 : L_2$)である。

【0046】

図15は、前記インピーダンス変換回路35で擬似的に生じる負のインダクタンス成分の作用およびインピーダンス変換回路35の作用を模式的に示す図である。図15において曲線S0はアンテナ素子11の使用周波数帯域に亘って周波数をスイープしたときのインピーダンス軌跡をスミスチャート上に表したものである。アンテナ素子11単体ではインダクタンス成分 L_{ANT} が比較的大きいので、図15に表れているようにインピーダンスは大きく推移する。

10

【0047】

図15において曲線S1はインピーダンス変換回路のA点からアンテナ素子11側を見たインピーダンスの軌跡である。このように、インピーダンス変換回路の擬似的な負のインダクタンス成分によってアンテナ素子のインダクタンス成分 L_{ANT} が相殺されて、A点からアンテナ素子側を見たインピーダンスの軌跡は大幅に縮小される。

【0048】

図15において曲線S2は給電回路30から見たインピーダンスすなわちアンテナ装置101のインピーダンスの軌跡である。このように、トランス型回路によるインピーダンス変換比($L_1 : L_2$)によって、アンテナ装置101のインピーダンスは50 (スミスチャートの中心)に近づく。なお、このインピーダンスの微調整は、トランス型回路に、別途インダクタンス素子やキャパシタンス素子を付加することで行ってもよい。

20

【0049】

このようにして、広帯域に亘ってアンテナ装置のインピーダンス変化を抑制できる。ゆえに、広い周波数帯域に亘って給電回路とインピーダンス整合がとれる。

【0050】

《第4の実施形態》

図16(A)は第4の実施形態の高結合度トランス45の回路図、図16(B)はその高結合度トランス45を備えたアンテナ装置の回路図である。高結合度トランス45は第1コイル L_{11} を含む第1回路(1次側回路)と、第2コイル L_{12} およびこの第2コイルに直列接続された第3コイル L_{13} を含む第2回路(2次側回路)とを有する。そして、第1コイル L_{11} と第2コイル L_{12} とは逆相で電磁界結合していて、第1コイル L_{11} と第3コイル L_{13} とは逆相で電磁界結合している。また、第1コイル L_{11} 、第2コイル L_{12} および第3コイル L_{13} は、それぞれの巻回軸がほぼ同一直線上になるように、且つ第2コイル L_{12} および第3コイル L_{13} の間に第1コイル L_{11} が位置するように配置されている。さらに、第1コイル L_{11} 、第2コイル L_{12} および第3コイル L_{13} は、複数の誘電体層または磁性体層の積層体である多層基板に一体的に構成されていて、少なくとも第1コイル L_{11} と第2コイル L_{12} の結合領域、および第1コイル L_{11} と第3コイル L_{13} の結合領域は前記多層基板内に位置している。

30

40

【0051】

図16(A)、図16(B)に示した第1コイル L_{11} に生じる磁束の閉磁路と第2コイル L_{12} に生じる磁束の閉磁路とは互いに反発する方向であるので、第1コイル L_{11} と第2コイル L_{12} の間には等価的な磁気障壁MWが生じることになる。同様に、第1コイル L_{11} に生じる磁束の閉磁路と第3コイル L_{13} に生じる磁束の閉磁路とは互いに反発する方向であるので、第1コイル L_{11} と第3コイル L_{13} の間には等価的な磁気障壁MWが生じることになる。

【0052】

この例では第1コイル L_{11} と給電回路(高周波回路)30とで第1回路が構成されて

50

いる。また、第2コイルL12、第3コイルL13およびアンテナ素子11で第2回路が構成されている。

【0053】

なお、図16(A)、図16(B)に示した例では、第1コイルL11を1次側、第2コイルL12および第3コイルL13を2次側として用いる例を示したが、高結合度トランス自体はどちらを1次側にしてもよく、どちらを2次側にしてもよい。すなわち、第2コイルL12および第3コイルL13を1次側、第1コイルL11を2次側として用いてもよい。

【0054】

また、図16(A)、図16(B)に示した例では、第1コイルL11、第2コイルL12および第3コイルL13をそれぞれ単一のコイル導体で構成したが、第2の実施形態で示したものと同様に、それぞれ二つのコイル導体で構成してもよい。すなわち、直列接続されるとともに互いに電磁界結合する第1のコイル導体と第4のコイル導体とで第1コイルを構成し、直列接続されるとともに互いに電磁界結合する第2のコイル導体と第5のコイル導体とで第2コイルを構成し、直列接続されるとともに互いに電磁界結合する第3のコイル導体と第6のコイル導体とで第3コイルを構成してもよい。

10

【0055】

《第5の実施形態》

第5の実施形態では通信端末装置の例を示す。

図17(A)は第5の実施形態の第1例である通信端末装置、図17(B)は第2例である通信端末装置のそれぞれの構成図である。これらは、例えば携帯電話・移動体端末向けの1セグメント部分受信サービス(通称:ワンセグ)の高周波信号の受信用(470~770MHz)の端末である。

20

【0056】

図17(A)に示す通信端末装置1は、蓋体部である第1筐体10と本体部である第2筐体20とを備え、第1筐体10は第2筐体20に対して折りたたみ式あるいはスライド式で連結されている。第1筐体10にはグラウンド板としても機能する第1放射素子11が設けられ、第2筐体20にはグラウンド板としても機能する第2放射素子21が設けられている。第1および第2放射素子11, 21は金属箔などの薄膜あるいは導電性ペーストなどの厚膜からなる導電体膜で形成されている。この第1および第2放射素子11, 21は給電回路30から差動給電することでダイポールアンテナとほぼ同等の性能を得ている。給電回路30は高周波回路やベースバンド回路のような信号処理回路を有している。

30

【0057】

図17(B)に示す通信端末装置2は第1放射素子11をアンテナ単体として設けたものである。第1放射素子11はチップアンテナ、板金アンテナ、コイルアンテナなど各種アンテナ素子を用いることができる。また、このアンテナ素子としては、例えば、筐体10の内周面や外周面に沿って設けられた線状導体を利用してもよい。第2放射素子21は第2筐体20のグラウンド板としても機能するものであり、第1放射素子11と同様に各種のアンテナを用いてもよい。ちなみに、通信端末装置2は折りたたみ式やスライド式ではないストレート構造の端末である。なお、第2放射素子21は、必ずしも放射体として十分に機能するものでなくてもよく、第1放射素子11がいわゆるモノポールアンテナのように振る舞うものであってもよい。

40

【0058】

給電回路30は一端が第2放射素子21に接続され、他端がインピーダンス変換回路35を介して第1放射素子11に接続されている。また、第1および第2放射素子11, 21は接続線33によって互いに接続されている。この接続線33は第1および第2筐体10, 20のそれぞれに搭載されている電子部品(図示省略)の接続線として機能するもので、高周波信号に対してはインダクタンス素子として振る舞うがアンテナの性能に直接的に作用するものではない。

【0059】

50

インピーダンス変換回路35は、給電回路30と第1放射素子11との間に設けられ、第1および第2放射素子11, 21から送信される高周波信号、あるいは、第1および第2放射素子11, 21にて受信する高周波信号の周波数特性を安定化させる。それゆえ、第1放射素子11や第2放射素子21の形状、第1筐体10や第2筐体20の形状、近接部品の配置状況などに影響されることなく、高周波信号の周波数特性が安定化する。特に、折りたたみ式やスライド式の通信端末装置にあっては、蓋体部である第1筐体10の本体部である第2筐体20に対する開閉状態に応じて、第1および第2放射素子11, 21のインピーダンスが変化しやすいが、インピーダンス変換回路35を設けることによって高周波信号の周波数特性を安定化させることができる。すなわち、アンテナの設計に関して重要事項である中心周波数の設定・通過帯域幅の設定・インピーダンスマッチングの設定などの周波数特性の調整機能をこのインピーダンス変換回路35が担うことが可能になり、アンテナ素子そのものは、主に指向性や利得を考慮するだけでよいため、アンテナの設計が容易になる。

10

【0060】

《他の実施形態》

以上に示した各実施形態では、第2コイル(L12, L22)および第3コイル(L13, L23)の積層方向(厚み方向)の間に第1コイル(L11, L21)が位置するように配置された例を示したが、本発明は第1~第3のコイルが積層方向(厚み方向)に配置されたものに限らない。第1~第3のコイルは平面方向に同軸状(同心状)に配置されていてもよい。その場合、第2コイル(L12, L22)および第3コイル(L13, L23)の平面方向の間に第1コイル(L11, L21)が位置するように配置されればよい。

20

【0061】

また、以上に示した各実施形態では、給電回路とアンテナ素子との間に接続されるインピーダンス変換回路について例示したが、本発明のインピーダンス変換回路は給電回路とアンテナ素子との間に接続されるものに限らず、第1高周波回路(単に第1の高周波素子であってもよい)と第2高周波回路(単に第2の高周波素子であってもよい)との間に接続されて、第1高周波回路(素子)と第2高周波回路(素子)とをインピーダンス整合させる回路に適用できる。

30

【0062】

本発明の高結合度トランスは、以上に示したインピーダンス変換回路以外に、例えば、昇圧・降圧回路、変流・分流回路、平衡・不平衡変換回路等のような高周波電子回路に適用できる。また、この高周波電子回路は、例えば移動体通信端末、RFIDタグ/リーダーライタ、テレビ、パソコン等の電子機器に適用できる。

【符号の説明】

【0063】

CANT... キャパシタンス成分

L1... 第1コイル素子

L2... 第2コイル素子

L11... 第1コイル

L12... 第2コイル

L13... 第3コイル

L21... 第4コイル

L22... 第5コイル

L23... 第6コイル

L11a, L11b, L11c... コイル導体

L12a, L12b, L12c... コイル導体

L13a, L13b, L13c... コイル導体

L21a, L21b, L21c... コイル導体

L22a, L22b, L22c... コイル導体

40

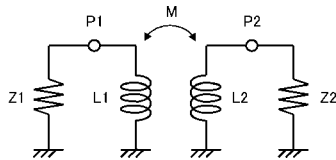
50

- L 2 3 a , L 2 3 b , L 2 3 c ... コイル 導体
- L ANT... アンテナのインダクタンス成分
- M ... 相互インダクタンス
- M W ... 磁気障壁
- R r ... 放射抵抗成分
- 1 , 2 ... 通信端末装置
- 1 0 ... 第 1 筐体
- 2 0 ... 第 2 筐体
- 1 1 ... アンテナ素子 (第 1 放射素子)
- 2 1 ... 第 2 放射素子
- 1 5 ... 高結合度トランス
- 2 5 ... 高結合度トランス
- 3 0 ... 給電回路 (高周波回路)
- 3 3 ... 接続線
- 3 5 ... インピーダンス変換回路
- 4 1 ... 給電端子
- 4 2 ... グランド端子
- 4 3 ... アンテナ端子
- 4 5 ... 高結合度トランス
- 5 1 a ~ 5 1 k ... 基材層
- 1 0 1 ... アンテナ装置

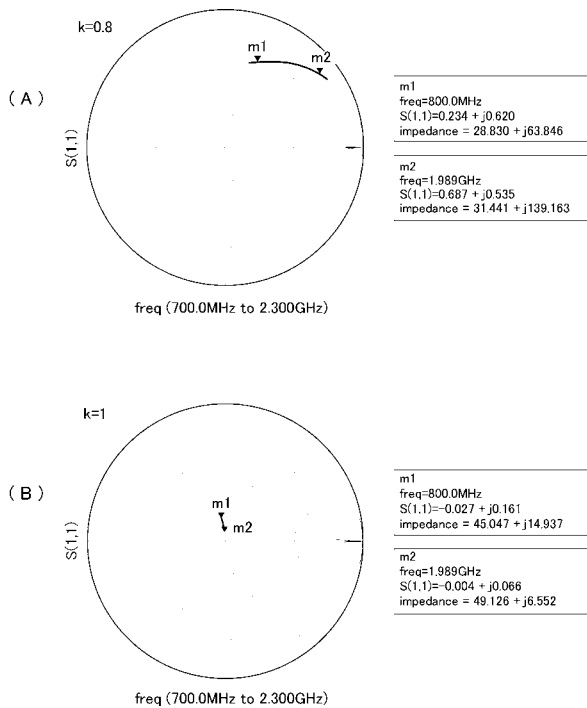
10

20

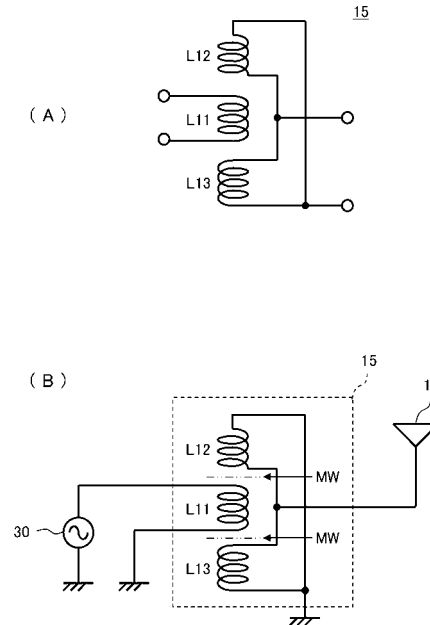
【 図 1 】



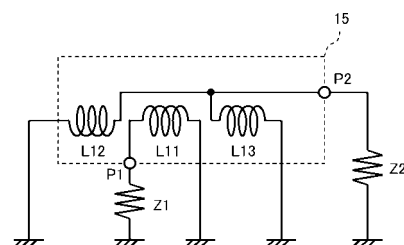
【 図 2 】



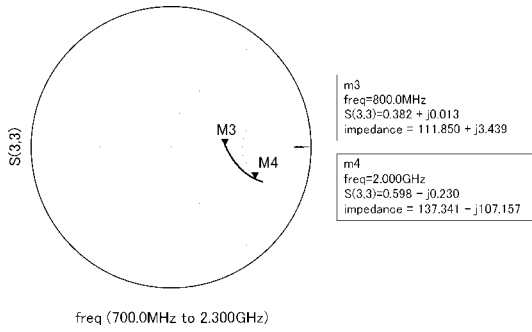
【 図 3 】



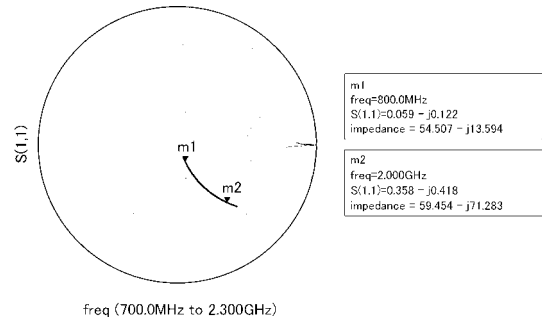
【 図 4 】



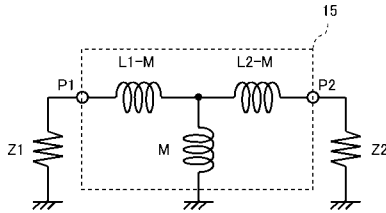
【 図 5 】



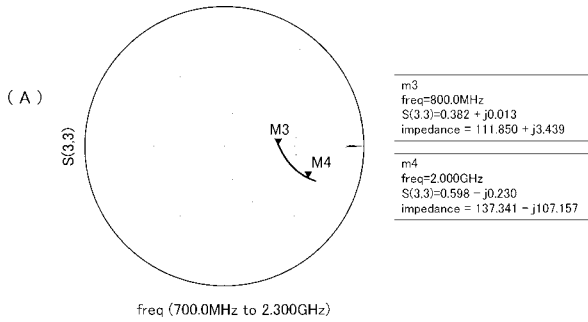
【 図 7 】



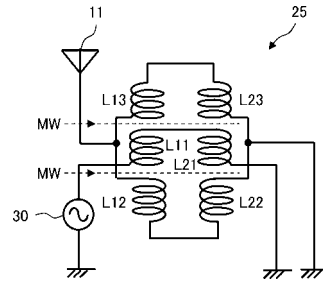
【 図 6 】



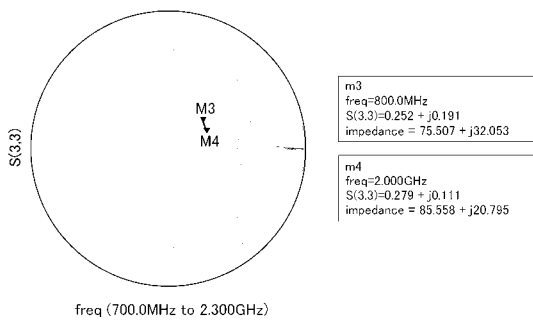
【 図 8 】



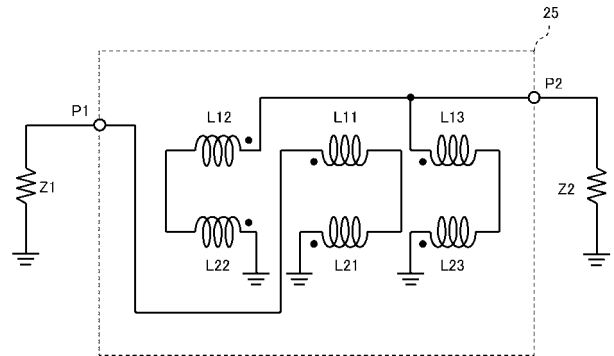
【 図 9 】



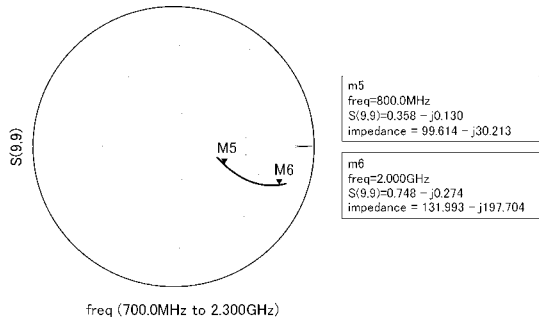
(B)



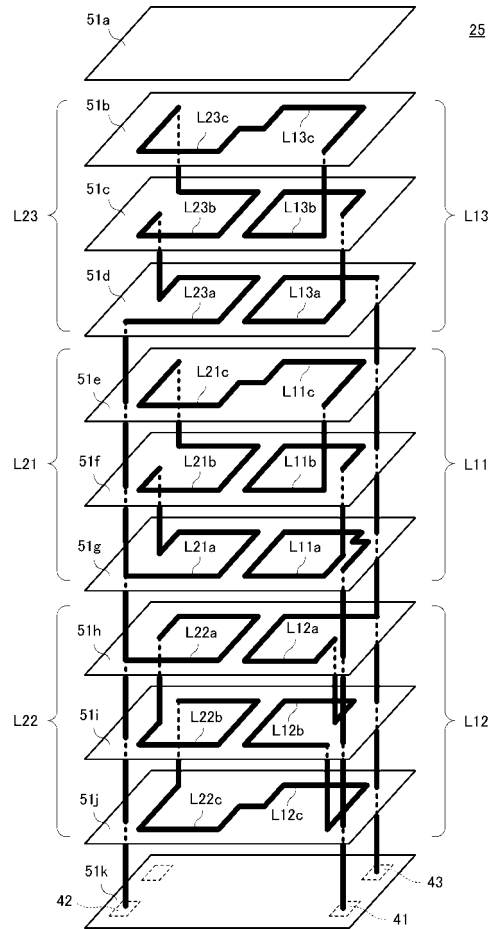
【 図 10 】



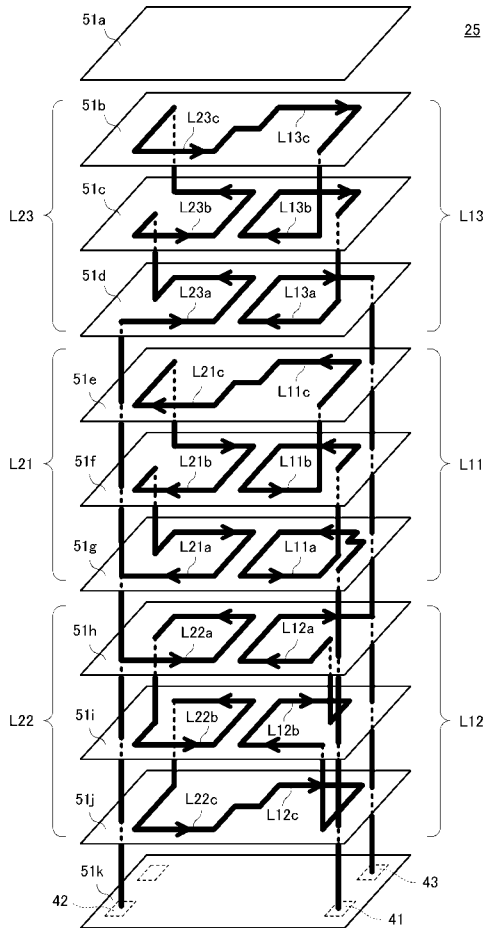
【 図 1 1 】



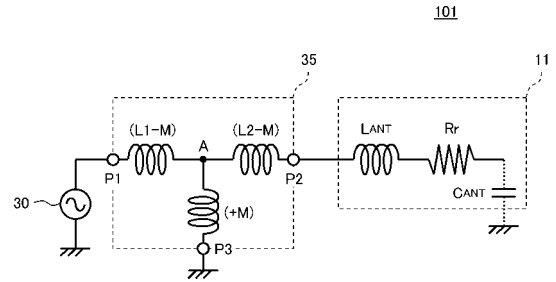
【 図 1 2 】



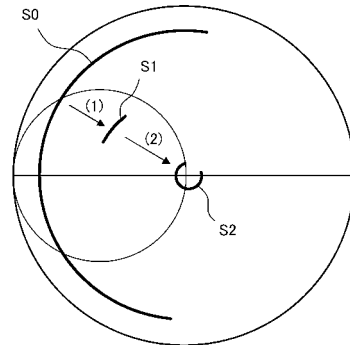
【 図 1 3 】



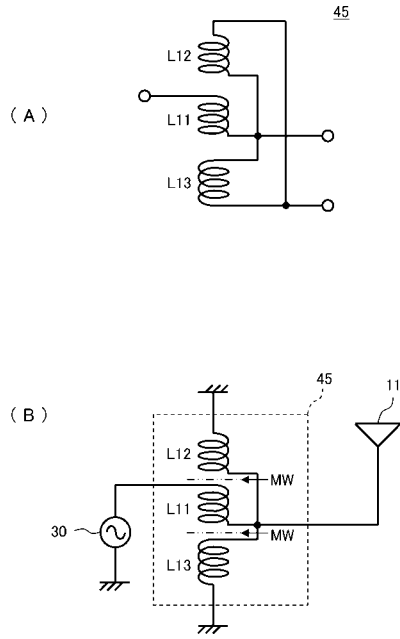
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【図 16】



【図 17】

