

(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2005-295503
(P2005-295503A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H04B 1/40	H04B 1/40	5K011
H04B 1/04	H04B 1/04	E 5K060
H04B 1/44	H04B 1/44	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2005-8577 (P2005-8577)	(71) 出願人	000003067 TDK株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(22) 出願日	平成17年1月17日(2005.1.17)	(74) 代理人	100107559 弁理士 星宮 勝美
(31) 優先権主張番号	10/818, 903	(72) 発明者	須賀 誠志 アメリカ合衆国 アリゾナ州 85048 フェニックス APT 2152 レイク ウッド・パークウェイ・イースト 38 30
(32) 優先日	平成16年4月5日(2004.4.5)	(72) 発明者	ジェラード・カニンガム アメリカ合衆国 アリゾナ州 85042 フェニックス エス・サーティーセカン ド・プレイス 6844
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

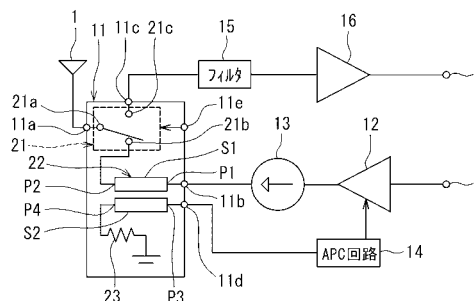
(54) 【発明の名称】 高周波モジュールおよび移動体通信機器用高周波回路

(57) 【要約】

【課題】 高周波スイッチと方向性結合器を一体化でき、且つ方向性結合器において十分なアイソレーションを確保できるようにする。

【解決手段】 高周波モジュール11は、高周波スイッチ21とカプラ22とを備えている。高周波スイッチ21は、アンテナ端子11aに対して送信信号端子11bと受信信号端子11cのいずれかを選択的に接続する。カプラ22は、送信信号端子11bと高周波スイッチ21の間に設けられ、送信信号を検出する。カプラ22は、電磁結合する主ラインS1と副ラインS2を有している。副ラインS2は、主ラインS1よりも狭い幅を有している。カプラ22の結合度Cを - X dB、カプラ22の方向性Dを - Y dBとしたとき、Xは10 ~ 21の範囲内であり、Yは21以上である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アンテナに接続されるアンテナ端子と、
送信信号が入力される送信信号端子と、
受信信号を出力する受信信号端子と、

前記アンテナ端子に対して前記送信信号端子と受信信号端子のいずれかを選択的に接続する高周波スイッチと、

前記送信信号端子と前記高周波スイッチの間に設けられ、前記送信信号を検出する方向性結合器と、

交互に積層された誘電体層と導体層とを含む積層体とを備え、

前記積層体によって構成要素が一体化された高周波モジュールであって、

前記方向性結合器は、前記誘電体層を挟んで対向する主ラインと副ラインとを有し、

前記主ラインは、前記送信信号端子と前記高周波スイッチとの間の信号経路に挿入され

10

、
前記副ラインは、前記主ラインよりも狭い幅を有し、

高周波モジュールは、更に、前記副ラインの一端に接続された終端抵抗を備え、

前記方向性結合器の結合度を $-X$ dB、前記方向性結合器の方向性を $-Y$ dB としたとき、 X は $10 \sim 21$ の範囲内であり、 Y は 21 以上であることを特徴とする高周波モジュール。

【請求項 2】

Y は 23 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の高周波モジュール。

20

【請求項 3】

前記副ラインの特性インピーダンスは、前記主ラインの特性インピーダンスよりも大きいことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の高周波モジュール。

【請求項 4】

前記終端抵抗は前記積層体に搭載されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の高周波モジュール。

【請求項 5】

前記高周波スイッチは能動素子と受動素子とを含み、

前記能動素子は前記積層体に搭載され、

前記受動素子の少なくとも一部は、前記導体層を用いて構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の高周波モジュール。

30

【請求項 6】

前記能動素子はダイオードであることを特徴とする請求項 5 記載の高周波モジュール。

【請求項 7】

前記導体層を用いて構成された受動素子は、集中定数素子であることを特徴とする請求項 5 または 6 記載の高周波モジュール。

【請求項 8】

更に、前記高周波スイッチを動作させるための制御信号が入力される制御端子と、前記制御端子と前記高周波スイッチとの間に設けられた電流制限用抵抗とを備え、前記電流制限用抵抗は前記積層体に搭載されていることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の高周波モジュール。

40

【請求項 9】

更に、前記積層体の外面に設けられ、外部回路に接続される接続端子を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の高周波モジュール。

【請求項 10】

更に、前記送信信号端子と前記高周波スイッチの間に設けられ、前記送信信号のうちの不要な信号成分を抑制するフィルタを備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の高周波モジュール。

【請求項 11】

50

更に、前記送信信号端子と前記方向性結合器との間に設けられ、前記送信信号を増幅する電力増幅器を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の高周波モジュール。

【請求項 12】

アンテナに接続されるアンテナ端子と、

送信信号が入力される送信信号端子と、

受信信号を出力する受信信号端子と、

前記アンテナ端子に対して前記送信信号端子と受信信号端子のいずれかを選択的に接続する高周波スイッチと、

前記送信信号端子と前記高周波スイッチの間に設けられ、前記送信信号を検出する方向性結合器と、

交互に積層された誘電体層と導体層とを含む積層体とを備え、

前記積層体によって構成要素が一体化された高周波モジュールを含む移動体通信機器用高周波回路であって、更に、

前記方向性結合器に入力される前の送信信号を増幅する電力増幅器と、

前記方向性結合器によって検出された送信信号のレベルに応じて、前記電力増幅器のゲインを制御する自動出力制御回路とを含み、

前記方向性結合器は、前記誘電体層を挟んで対向する主ラインと副ラインとを有し、

前記主ラインは、前記送信信号端子と前記高周波スイッチとの間の信号経路に挿入され

10

20

、前記副ラインは、前記主ラインよりも狭い幅を有し、

前記高周波モジュールは、更に、前記副ラインの一端に接続された終端抵抗を備え、

前記方向性結合器の結合度を $-X$ dB、前記方向性結合器の方向性を $-Y$ dB としたとき、 X は $10 \sim 21$ の範囲内であり、 Y は 21 以上であることを特徴とする移動体通信機器用高周波回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信機器における送信信号および受信信号を処理するための高周波モジュールおよび、この高周波モジュールを含む移動体通信機器用高周波回路に関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話機、自動車電話機等の移動体通信機器は、飛躍的に普及してきている。移動体通信機器には、1つのアンテナを送信と受信とに共用させるために送信信号の経路と受信信号の経路とを切り替える高周波モジュールを備えているものがある。この高周波モジュールは、例えば、送受信の経路を切り替える高周波スイッチを備えている。また、この高周波モジュールは、例えば、複数の構成要素が多層基板によって一体化されて、表面実装部品(SMD)化される。このような高周波スイッチを備えた高周波モジュールは、例えば、特許文献1に記載されている。

【0003】

上記高周波スイッチは、アンテナに接続されるアンテナポート、送信信号が入力される送信信号ポート、および受信信号を出力する受信信号ポートを有している。移動体通信機器においては、一般的に、高周波スイッチの送信信号ポートには、レベルがほぼ一定になるように調整された送信信号が入力されるようになっている。送信信号のレベルの調整は、ゲインを制御可能な電力増幅器と、送信信号を検出する方向性結合器(以下、カプラとも言う。)と、自動出力制御回路(以下、APC回路とも言う。)を用いて、以下のように行なわれる。すなわち、送信回路から出力された送信信号は、電力増幅器によって増幅された後、カプラを経て、高周波スイッチの送信信号ポートに供給される。カプラは、電力増幅器より出力された送信信号を検出し、この送信信号に対応したモニタ信号をAPC回路に出力する。APC回路は、モニタ信号のレベルに応じて、すなわち送信信号の

40

50

レベルに応じて、電力増幅器の出力信号のレベルがほぼ一定になるように、電力増幅器のゲインを制御する。

【0004】

携帯電話機等の移動体通信機器では、小型化および軽量化が求められている。そのため、移動体通信機器では、その構成部品についても、小型化、一体化および部品点数の削減が求められている。このような事情から、例えば特許文献2ないし5に示されるように、多層基板を用いて、高周波スイッチとカプラを一体化することが提案されている。

【0005】

【特許文献1】特開平9-36603号公報

【特許文献2】特開2002-43813号公報

10

【特許文献3】特開2002-300080号公報

【特許文献4】特開2002-300081号公報

【特許文献5】特開2002-300082号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、図20を参照して、高周波スイッチとカプラを一体化する場合の問題点について説明する。図20は、移動体通信機器における高周波回路の構成の一例を示すブロック図である。図20に示した高周波回路は、アンテナ101に接続される高周波スイッチ111と、送信信号端子102と、受信信号端子103とを備えている。送信信号端子102は、図示しない送信回路に接続され、この送信回路からの送信信号が入力される。受信信号端子103は、図示しない受信回路に接続され、この受信回路に対して受信信号を出力する。

20

【0007】

高周波スイッチ111は、アンテナ101に接続されるアンテナポート111aと、このアンテナポート111aに選択的に接続される送信信号ポート111bおよび受信信号ポート111cを有している。

【0008】

高周波回路は、更に、電力増幅器112、カプラ113、APC回路114、終端抵抗115およびアイソレータ116を備えている。電力増幅器112は、入力端と出力端とゲイン制御端とを有している。電力増幅器112の入力端は、送信信号端子102に接続されている。

30

【0009】

カプラ113は、入力ポートP01、出力ポートP02、モニタポートP03およびアイソレートポートP04を有している。また、カプラ113は、電磁結合する一对のストリップラインである主ラインS01および副ラインS02を有している。そして、主ラインS01の一端が入力ポートP01、他端が出力ポートP02になっている。また、副ラインS02の一端がモニタポートP03、他端がアイソレートポートP04になっている。入力ポートP01は、電力増幅器112の出力端に接続されている。出力ポートP02は、アイソレータ116の入力端に接続されている。モニタポートP03は、APC回路114の入力端に接続されている。アイソレートポートP04は、終端抵抗115を介して接地されている。

40

【0010】

APC回路114の出力端は、電力増幅器112のゲイン制御端に接続されている。APC回路114は、カプラ113のモニタポートP03から出力されるモニタ信号のレベルに応じて、すなわち送信信号のレベルに応じて、電力増幅器112の出力信号のレベルがほぼ一定になるように、電力増幅器112のゲインを制御する。

【0011】

アイソレータ116の出力端は、高周波スイッチ111のポート111bに接続されている。アイソレータ116は、入力端から出力端へ進む信号は通過させ、出力端から入力

50

端へ進む信号は阻止する。

【0012】

高周波回路は、更に、フィルタ117とローノイズアンプ118とを備えている。フィルタ117の入力端は、高周波スイッチ111のポート111cに接続されている。フィルタ117の出力端は、ローノイズアンプ118の入力端に接続されている。フィルタ117は、受信信号のうちの不要な信号成分を抑制する。ローノイズアンプ118の出力端は、受信信号端子103に接続されている。

【0013】

図20に示した高周波回路では、送信時には、高周波スイッチ111のポート111a, 111bが接続される。このとき、送信信号端子102に入力された送信信号は、電力増幅器112、カプラ113、アイソレータ116および高周波スイッチ111を経て、アンテナ101から発信される。一方、受信時には、高周波スイッチ111のポート111a, 111cが接続される。このとき、アンテナ101に入力された受信信号は、高周波スイッチ111、フィルタ117およびローノイズアンプ118を経て、受信信号端子103より受信回路に出力される。

10

【0014】

図20に示した高周波回路では、アンテナ101とカプラ113のモニタポートP03との間のアイソレーションを十分に大きくする必要がある。このアイソレーションの大きさが十分ではない場合には、送信信号の一部がアンテナ101で反射されて生じる反射信号がモニタポートP03に到達し、その結果、モニタポートP03より出力されるモニタ信号にノイズが重畳されることになる。すると、電力増幅器112の出力レベルを正確に制御することができなくなる。

20

【0015】

図20に示した高周波回路では、カプラ113と高周波スイッチ111の間にアイソレータ116が挿入されている。そのため、この高周波回路では、アンテナ101とカプラ113のモニタポートP03との間のアイソレーションは、アイソレータ116のアイソレーション(例えば-20dB)とカプラ113のアイソレーション(例えば-30dB)とによって、十分な値となる。

【0016】

ここで、多層基板を用いて、図20における高周波スイッチ111とカプラ113を一体化する場合について考える。この場合には、高周波スイッチ111とカプラ113の間にアイソレータ116を挿入することはできない。従って、この場合には、アンテナ101とカプラ113のモニタポートP03との間のアイソレーションは、ほぼカプラ113のアイソレーションのみとなる。そのため、この場合には、アンテナ101とカプラ113のモニタポートP03との間のアイソレーションを十分に大きくすることが難しく、電力増幅器112の出力レベルを正確に制御することができなくなるおそれがある。

30

【0017】

なお、特許文献2には、誘電体層を挟んで重ね合わされた主線路と副線路とを有するカプラにおいて、副線路の幅を主線路の幅よりも狭くして、副線路の線路幅の全域を確実に主線路に対面させることにより、送信出力を高精度に検出できるようにした技術が記載されている。しかしながら、特許文献2では、カプラのアイソレーションを大きくすることについては考慮されていない。

40

【0018】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、送信信号および受信信号を処理するための高周波モジュールであって、高周波スイッチと方向性結合器を一体化でき、且つ方向性結合器において十分なアイソレーションを確保できるようにした高周波モジュール、およびこの高周波モジュールを含む移動体通信機器用高周波回路を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

50

本発明の高周波モジュールは、
アンテナに接続されるアンテナ端子と、
送信信号が入力される送信信号端子と、
受信信号を出力する受信信号端子と、
アンテナ端子に対して送信信号端子と受信信号端子のいずれかを選択的に接続する高周波スイッチと、
送信信号端子と高周波スイッチの間に設けられ、送信信号を検出する方向性結合器と、
交互に積層された誘電体層と導体層とを含む積層体とを備え、
積層体によって高周波モジュールの構成要素が一体化されているものである。

【0020】

10

本発明の高周波モジュールにおいて、方向性結合器は、誘電体層を挟んで対向する主ラインと副ラインとを有し、主ラインは、送信信号端子と高周波スイッチとの間の信号経路に挿入され、副ラインは、主ラインよりも狭い幅を有している。高周波モジュールは、更に、副ラインの一端に接続された終端抵抗を備えている。方向性結合器の結合度を $-X$ dB、方向性結合器の方向性を $-Y$ dB としたとき、 X は $10 \sim 21$ の範囲内であり、 Y は 21 以上である。

【0021】

本発明の高周波モジュールでは、方向性結合器の結合度を $-X$ dB、方向性結合器の方向性を $-Y$ dB としたとき、 X を $10 \sim 21$ の範囲内とし、 Y を 21 以上とすることにより、送信信号を検出するという方向性結合器の機能を損なうことなく、方向性結合器のアイソレーションを十分大きくすることができる。

20

【0022】

本発明の高周波モジュールにおいて、 Y は 23 以上であってもよい。また、副ラインの特性インピーダンスは、主ラインの特性インピーダンスよりも大きくてもよい。また、終端抵抗は積層体に搭載されていてもよい。

【0023】

また、本発明の高周波モジュールにおいて、高周波スイッチは能動素子と受動素子とを含み、能動素子は積層体に搭載され、受動素子の少なくとも一部は、導体層を用いて構成されていてもよい。この場合、能動素子はダイオードであってもよい。また、導体層を用いて構成された受動素子は、集中定数素子であってもよい。

30

【0024】

また、本発明の高周波モジュールは、更に、高周波スイッチを動作させるための制御信号が入力される制御端子と、制御端子と高周波スイッチとの間に設けられた電流制限用抵抗とを備え、電流制限用抵抗は積層体に搭載されていてもよい。

【0025】

また、本発明の高周波モジュールは、更に、積層体の外面に設けられ、外部回路に接続される接続端子を備えていてもよい。

【0026】

また、本発明の高周波モジュールは、更に、送信信号端子と高周波スイッチの間に設けられ、送信信号のうちの不要な信号成分を抑制するフィルタを備えていてもよい。

40

【0027】

また、本発明の高周波モジュールは、更に、送信信号端子と方向性結合器との間に設けられ、送信信号を増幅する電力増幅器を備えていてもよい。

【0028】

本発明の移動体通信機器用高周波回路は、本発明の高周波モジュールと、方向性結合器に入力される前の送信信号を増幅する電力増幅器と、方向性結合器によって検出された送信信号のレベルに応じて、電力増幅器のゲインを制御する自動出力制御回路とを含んでいる。

【発明の効果】**【0029】**

50

本発明によれば、高周波スイッチと方向性結合器を一体化でき、且つ、方向性結合器の結合度を $-X$ dB、方向性結合器の方向性を $-Y$ dB としたとき、 X を $10 \sim 21$ の範囲内とし、 Y を 21 以上とすることにより、方向性結合器において十分なアイソレーションを確保することができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

[第1の実施の形態]

始めに、図1を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る高周波モジュールおよび移動体通信機器用高周波回路の構成について説明する。図1は、本実施の形態に係る移動体通信機器用高周波回路の構成を示すブロック図である。本実施の形態に係る高周波モジュールおよび移動体通信機器用高周波回路（以下、単に高周波回路と記す。）は、携帯電話機等の移動体通信機器における送信信号および受信信号を処理するものである。

10

【0031】

図1に示したように、本実施の形態に係る高周波回路は、送信信号端子2と、受信信号端子3と、本実施の形態に係る高周波モジュール11とを備えている。送信信号端子2は、図示しない送信回路に接続され、この送信回路からの送信信号が入力される。受信信号端子3は、図示しない受信回路に接続され、この受信回路に対して受信信号を出力する。高周波モジュール11は、アンテナ1に接続され、このアンテナ1に対して、送信信号端子2と受信信号端子3のいずれかを選択的に接続する。

20

【0032】

高周波回路は、更に、電力増幅器12、アイソレータ13、自動出力制御回路（以下、APC回路と記す。）14、フィルタ15およびローノイズアンプ16を備えている。電力増幅器12は、入力端と出力端とゲイン制御端とを有している。電力増幅器12の入力端は、送信信号端子2に接続されている。電力増幅器12の出力端は、アイソレータ13の入力端に接続されている。アイソレータ13の出力端は、高周波モジュール11に接続されている。APC回路14の入力端は、高周波モジュール11に接続されている。APC回路14の出力端は、電力増幅器12のゲイン制御端に接続されている。フィルタ15の入力端は、高周波モジュール11に接続されている。フィルタ15の出力端は、ローノイズアンプ16の入力端に接続されている。ローノイズアンプ16の出力端は、受信信号

30

【0033】

高周波モジュール11は、アンテナ1に接続されるアンテナ端子11aと、送信信号が入力される送信信号端子11bと、受信信号を出力する受信信号端子11cと、モニタ信号を出力するモニタ端子11dと、制御信号が入力される制御端子11eとを備えている。アイソレータ13の出力端は、送信信号端子11bに接続されている。フィルタ15の入力端は、受信信号端子11cに接続されている。APC回路14の入力端は、モニタ端子11dに接続されている。

【0034】

高周波モジュール11は、更に、高周波スイッチ21と、方向性結合器（以下、カプラと言う。）22と、終端抵抗23とを備えている。高周波スイッチ21は、アンテナ端子11aに対して送信信号端子11bと受信信号端子11cのいずれかを選択的に接続するものである。カプラ22は、送信信号端子11bと高周波スイッチ21の間に設けられ、送信信号を検出するものである。

40

【0035】

高周波スイッチ21は、アンテナ端子11aに接続されるアンテナポート21aと、このアンテナポート21aに選択的に接続される送信信号ポート21bおよび受信信号ポート21cを有している。カプラ22は、送信信号ポート21bと送信信号端子11bとの間に設けられている。受信信号ポート21cは、受信信号端子11cに接続されている。また、制御端子11eは、高周波スイッチ21に接続されている。

50

【0036】

カプラ22は、入力ポートP1、出力ポートP2、モニタポートP3およびアイソレートポートP4を有している。また、カプラ22は、電磁結合する一対のストリップラインである主ラインS1および副ラインS2を有している。そして、主ラインS1の一端が入力ポートP1、他端が出力ポートP2になっている。また、副ラインS2の一端がモニタポートP3、他端がアイソレートポートP4になっている。入力ポートP1は、送信信号端子11bに接続されている。出力ポートP2は、高周波スイッチ21の送信信号ポート21bに接続されている。モニタポートP3は、モニタ端子11dに接続されている。アイソレートポートP4は、終端抵抗23を介して接地されている。

【0037】

高周波モジュール11は、更に、交互に積層された誘電体層と導体層とを含む積層体としての多層基板を備えている。そして、この多層基板によって高周波モジュール11の構成要素が一体化されている。多層基板の構成については、後で詳しく説明する。

【0038】

A P C回路14は、カプラ22のモニタポートP3から出力されるモニタ信号のレベルに応じて、すなわち送信信号のレベルに応じて、電力増幅器12の出力信号のレベルがほぼ一定になるように、電力増幅器12のゲインを制御する。

【0039】

アイソレータ13は、入力端から出力端へ進む信号は通過させ、出力端から入力端へ進む信号は阻止する。アイソレータ13は、送信信号における高調波成分を減衰させる機能も有している。

【0040】

フィルタ15は、受信信号のうちの不要な信号成分を抑制する。ローノイズアンプ16は、フィルタ15より出力された受信信号を増幅して、受信信号端子3に出力する。

【0041】

フィルタ15は、低域通過フィルタ(以下、L P Fと記す。)、帯域通過フィルタ(以下、B P Fと記す。)、高域通過フィルタ(以下、H P Fと記す。)、帯域阻止フィルタ(以下、B R Fと記す。)のいずれであってもよい。また、フィルタ15は、例えば、弾性波素子を用いて構成されていてもよい。弾性波素子は、弾性表面波素子でもよいし、バルク弾性波素子でもよい。

【0042】

本実施の形態に係る高周波回路では、制御端子11eに入力される制御信号に応じて、高周波スイッチ21の状態が切り替えられる。送信時には、高周波スイッチ21のポート21a, 21bが接続される。このとき、送信信号端子2に入力された送信信号は、電力増幅器12、アイソレータ13、カプラ22および高周波スイッチ21を経て、アンテナ1から発信される。一方、受信時には、高周波スイッチ21のポート21a, 21cが接続される。このとき、アンテナ1に入力された受信信号は、高周波スイッチ21、フィルタ15およびローノイズアンプ16を経て、受信信号端子3より受信回路に出力される。カプラ22は、送信信号を検出し、この送信信号に対応したモニタ信号をA P C回路14に出力する。A P C回路14は、モニタ信号のレベルに応じて、すなわち送信信号のレベルに応じて、電力増幅器12の出力信号のレベルがほぼ一定になるように、電力増幅器12のゲインを制御する。

【0043】

図2は、高周波モジュール11の回路構成の一例を示す回路図である。この例では、高周波モジュール11内の高周波スイッチ21は、一端がアンテナ端子11aに接続されたてキャパシタ31と、一端がキャパシタ31の他端に接続され、他端が接地されたキャパシタ32と、アノードがキャパシタ31の他端に接続され、カソードがカプラ22の出力ポートP2に接続されたダイオード33とを有している。キャパシタ31の一端は、アンテナポート21aに対応する。ダイオード33のカソードは、送信信号ポート21bに対応する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

高周波スイッチ 2 1 は、更に、一端がキャパシタ 3 1 の他端に接続されたコイル 3 4 と、一端がコイル 3 4 の他端に接続され、他端が受信信号端子 1 1 c に接続されたキャパシタ 3 5 と、カソードがコイル 3 4 の他端に接続されたダイオード 3 6 と、一端がダイオード 3 6 のアノードに接続され、他端が接地されたキャパシタ 3 7 と、一端がダイオード 3 6 のアノードに接続され、他端が制御端子 1 1 e に接続された電流制限用抵抗 3 8 とを有している。キャパシタ 3 5 の他端は、受信信号ポート 2 1 c に対応する。ダイオード 3 3 , 3 6 としては、例えば P I N ダイオードが用いられる。

【 0 0 4 5 】

図 2 に示した高周波スイッチ 2 1 は、能動素子であるダイオード 3 3 , 3 6 と、受動素子であるキャパシタ 3 1 , 3 2 , 3 5 , 3 7、コイル 3 4 および抵抗 3 8 とを含んでいる。このうち、ダイオード 3 3 , 3 6 は多層基板に搭載される。受動素子の少なくとも一部は、多層基板の導体層を用いて構成されていてもよい。多層基板の導体層を用いて構成された受動素子は、集中定数素子であってもよい。多層基板の導体層を用いて構成されない受動素子は、多層基板に搭載される。また、カプラ 2 2 の主ライン S 1 および副ライン S 2 は、多層基板の導体層を用いて構成される。多層基板に搭載される受動素子は、例えば、キャパシタ 3 1 および抵抗 2 3 , 3 8 である。

10

【 0 0 4 6 】

図 2 に示した高周波モジュール 1 1 では、送信時には、制御端子 1 1 e に印加される制御信号がハイレベルとなる。その結果、2つのダイオード 3 3 , 3 6 が共に導通状態となる。このとき、コイル 3 4、キャパシタ 3 2 , 3 7 およびダイオード 3 6 のインダクタンス成分による共振によって、コイル 3 4 を経由する信号経路のインピーダンスが大きくなり、アンテナ端子 1 1 a と受信信号端子 1 1 c との間の信号経路は遮断される。そのため、送信信号端子 1 1 b に入力された送信信号は、ダイオード 3 3 およびキャパシタ 3 1 を通過してアンテナ端子 1 1 a に送られ、アンテナ 1 から送信される。このときダイオード 3 3 , 3 6 に要求される特性は、信号を通すために、オン抵抗が小さいことである。

20

【 0 0 4 7 】

一方、受信時には、制御端子 1 1 e に印加される制御信号がローレベルとなる。その結果、2つのダイオード 3 3 , 3 6 が共に非導通状態となる。これにより、ダイオード 3 3 , 3 6 を経由する信号経路は遮断される。そのため、アンテナ 1 に入力された受信信号は、キャパシタ 3 1、コイル 3 4、キャパシタ 3 5 を通過して、受信信号端子 1 1 c より出力される。このときダイオード 3 3 , 3 6 に要求される特性は、信号を通過させないために、キャパシタンスが小さいことである。

30

【 0 0 4 8 】

図 2 に示した例では、高周波スイッチ 2 1 において、能動素子としてダイオードを用いているが、このダイオードの代わりに、例えば、G a A s 化合物半導体による電界効果トランジスタを用いてもよい。

【 0 0 4 9 】

また、図 2 に示した高周波モジュール 1 1 において、電流制限用抵抗 3 8 は、省略してもよい。

40

【 0 0 5 0 】

本実施の形態において、カプラ 2 2 の主ライン S 1 と副ライン S 2 は、多層基板の誘電体層を挟んで対向している。主ライン S 1 は、送信信号端子 1 1 b と高周波スイッチ 2 1 との間の信号経路に挿入されている。副ライン S 2 は、主ライン S 1 よりも狭い幅を有している。

【 0 0 5 1 】

次に、本実施の形態におけるカプラ 2 2 の特性について説明する。まず、カプラ 2 2 の結合度、アイソレーションおよび方向性について説明する。ここでは、カプラ 2 2 のポート P 1 ~ P 4 に入力される信号またはポート P 1 ~ P 4 より出力される信号のレベルも、P 1 ~ P 4 で表す。また、結合度、アイソレーションおよび方向性を、それぞれ C (d B

50

)、 I (dB)、 D (dB) で表す。これらは、以下の式で表される。

【0052】

$$\begin{aligned} C &= 10 \log (P_3 / P_1)、 \\ I &= 10 \log (P_4 / P_1) = 10 \log (P_3 / P_2)、 \\ D &= 10 \log (P_4 / P_3) \end{aligned}$$

【0053】

また、方向性 D の式は、以下のように変形でき、これにより、方向性 D は $I - C$ で表される。

【0054】

$$\begin{aligned} D &= 10 \log (P_4 / P_3) \\ &= 10 \log (P_4 / P_1) - 10 \log (P_3 / P_1) \\ &= 10 \log (P_3 / P_2) - 10 \log (P_3 / P_1) \\ &= I - C \end{aligned}$$

10

【0055】

本実施の形態では、カプラ 22 のポート P_4 は、終端抵抗 23 によって終端されている。そのため、ポート P_4 の信号レベルを測定することができない。そこで、本実施の形態では、方向性 D は、上記の式のように、[アイソレーション I - 結合度 C] より求める。

【0056】

また、上記の式から分かるように、アイソレーション I は、[方向性 D + 結合度 C] で表される。

20

【0057】

本実施の形態では、カプラ 22 の結合度 C を $-X$ dB、カプラ 22 の方向性 D を $-Y$ dB としたとき、 X を 10 ~ 21 の範囲内とし、 Y を 21 以上とする。以下、結合度 C と方向性 D を上記のように規定する理由について説明する。まず、結合度 C について説明する。 X が小さすぎると、主ライン S_1 を通る送信信号の損失が大きくなる。一方、 X が大きすぎると、送信信号を検出するというカプラ 22 本来の機能が損なわれる。そこで、本実施の形態では、送信信号を検出するというカプラ 22 の機能を損なうことなく、送信信号の損失を増加させないように、 X を 10 ~ 21 の範囲内としている。次に、カプラ 22 の方向性 D は、結合度 C と共にアイソレーション I に寄与する。しかし、アイソレーション I に対する結合度 C の寄与を大きく取ると、上述のように送信信号を検出するというカプラ 22 本来の機能が損なわれる。そのため、アイソレーション I に対する方向性 D の寄与は、アイソレーション I に対する結合度 C の寄与以上であることが望ましい。そこで、本実施の形態では、アイソレーション I に対する方向性 D の寄与が、アイソレーション I に対する結合度 C の寄与以上となるように、 Y を 21 以上としている。また、この観点から、 Y はより大きい方が好ましく、例えば 23 以上であることが好ましい。

30

【0058】

ここで、カプラ 22 のアイソレーション I を $-Z$ dB とする。上記のように X を 10 ~ 21 の範囲内とし、 Y を 21 以上とすると、 Z は 31 以上となる。また、 X を 10 ~ 21 の範囲内とし、 Y を 23 以上とすると、 Z は 33 以上となる。いずれの場合も、十分な大きさのアイソレーション I を実現することができる。

40

【0059】

このように、本実施の形態によれば、送信信号を検出するというカプラ 22 の機能を損なうことなく、カプラ 22 のアイソレーションを十分大きく (Z を大きく) することができる。

【0060】

次に、図 3 ないし図 6 を参照して、高周波モジュール 11 の外觀の一例について説明する。図 3 は高周波モジュール 11 の平面図である。図 4 は、図 3 における矢印 A 方向から見た高周波モジュール 11 の側面図である。図 5 は高周波モジュール 11 の底面図である。図 6 は、図 3 における矢印 B 方向から見た高周波モジュール 11 の側面図である。

【0061】

50

図3ないし図6に示したように、高周波モジュール11は、多層基板40と、この多層基板40の上面に実装された複数の部品41と、この部品41を覆うシールドケース42とを備えている。なお、図6は、シールドケース42を切り欠いて示している。多層基板40の外面には、外部回路に接続される接続端子として、アンテナ端子11aと、送信信号端子11bと、受信信号端子11cと、モニタ端子11dと、制御端子11eと、グラウンドに接続される3つのグラウンド端子11g, 11h, 11iが設けられている。部品41としては、例えば、ダイオード33, 36、キャパシタ31および抵抗23, 38がある。シールドケース42は金属によって形成されている。なお、部品41をシールドケース42によって覆う代わりに、部品41を成形された樹脂によって封止してもよい。

【0062】

次に、図7ないし図12を参照して、多層基板40の構成の一例について説明する。この例では、多層基板40は、17層の誘電体層と、各誘電体層の上に形成された導体層またはマークを備えている。各誘電体層は、例えばセラミックによって形成される。図7において(a)、(b)、(c)は、それぞれ、上から1層目ないし3層目の誘電体層およびその上に形成された導体層を示している。図8において(a)、(b)、(c)は、それぞれ、上から4層目ないし6層目の誘電体層およびその上に形成された導体層を示している。図9において(a)、(b)、(c)は、それぞれ、上から7層目ないし9層目の誘電体層およびその上に形成された導体層を示している。図10において(a)、(b)、(c)は、それぞれ、上から10層目ないし12層目の誘電体層およびその上に形成された導体層を示している。図11において(a)、(b)、(c)は、それぞれ、上から13層目ないし15層目の誘電体層およびその上に形成された導体層を示している。図12において、(a)は、上から16層目の誘電体層およびその上に形成された導体層を示し、(b)は、上から17層目の誘電体層およびその上に形成されたマークを示している。なお、図7(b)、図8(a)~(c)、図9(a)~(c)、図10(a)~(c)、および図11(a)において、点線による円は、上の誘電体層に形成されたビアホール

【0063】

図7(a)に示した1層目の誘電体層51の上面には、導体層としての導体部P101~P118が設けられている。導体部P101~P108は、それぞれ、端子11a, 11b, 11c, 11d, 11e, 11g, 11h, 11iに接続される。導体部P109, P110には、キャパシタ31の各端部が接続される。導体部P111, P112には、ダイオード33の各端部が接続される。導体部P113, P114には、ダイオード36の各端部が接続される。導体部P115, P116には、抵抗23の各端部が接続される。導体部P117, P118には、抵抗38の各端部が接続される。また、誘電体層51には、それぞれ導体部P109~P118に接続された10個のビアホールが設けられている。図7(a)において、これらホールは、丸印で表わしている。

【0064】

図7(b)に示した2層目の誘電体層52の上面には、導体層としての導体部P121~P126が設けられている。また、誘電体層52には、ビアホールH121~H127が設けられている。導体部P121は端子11aに接続される。また、導体部P121は、誘電体層51に設けられたビアホールを介して導体部P109に接続される。導体部P122は端子11eに接続される。また、導体部P122は、誘電体層51に設けられたビアホールを介して導体部P117に接続される。導体部P123は、誘電体層51に設けられたビアホールを介して、導体部P110, P111に接続される。また、導体部P123には、ビアホールH121, H122が接続されている。導体部P124は、キャパシタ35の一部を構成するものである。導体部P124は、誘電体層51に設けられたビアホールを介して導体部P113に接続される。また、導体部P124には、ビアホールH123が接続されている。導体部P125は、誘電体層51に設けられたビアホールを介して導体部P118に接続される。また、導体部P125には、ビアホールH124が接続されている。導体部P126は、誘電体層51に設けられたビアホールを介して導

10

20

30

40

50

体部 P 1 1 5 に接続される。また、導体部 P 1 2 6 には、ビアホール H 1 2 5 が接続されている。ビアホール H 1 2 6 , H 1 2 7 は、それぞれ、誘電体層 5 1 に設けられたビアホールを介して、導体部 P 1 1 2 , P 1 1 6 に接続される。

【 0 0 6 5 】

図 7 (c) に示した 3 層目の誘電体層 5 3 の上面には、導体層としての導体部 P 1 3 1 ~ P 1 3 3 が設けられている。また、誘電体層 5 3 には、ビアホール H 1 3 1 ~ H 1 3 7 が設けられている。導体部 P 1 3 1 には、ビアホール H 1 3 1 , H 1 3 2 が接続されている。ビアホール H 1 3 1 , H 1 3 2 は、それぞれ、ビアホール H 1 2 1 , H 1 2 2 に接続される。導体部 P 1 3 2 は、キャパシタ 3 5 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 3 2 は端子 1 1 c に接続される。導体部 P 1 3 3 は、グランド用導体層を構成するものである。また、導体部 P 1 3 3 は、端子 1 1 g , 1 1 h , 1 1 i に接続される。また、導体部 P 1 3 3 は、ビアホール H 1 2 7 に接続される。また、導体部 P 1 3 3 には、ビアホール H 1 3 5 が接続されている。ビアホール H 1 3 3 , H 1 3 4 , H 1 3 6 , H 1 3 7 は、それぞれ、ビアホール H 1 2 3 , H 1 2 4 , H 1 2 5 , H 1 2 6 に接続される。

10

【 0 0 6 6 】

図 8 (a) に示した 4 層目の誘電体層 5 4 の上面には、導体層としての導体部 P 1 4 1 , P 1 4 2 が設けられている。また、誘電体層 5 4 には、ビアホール H 1 4 1 ~ H 1 4 6 が設けられている。導体部 P 1 4 1 は、キャパシタ 3 2 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 4 1 は、ビアホール H 1 3 1 に接続される。導体部 P 1 4 2 は、キャパシタ 3 5 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 4 2 には、ビアホール H 1 4 2 が接続されている。ビアホール H 1 4 2 は、ビアホール H 1 3 3 に接続される。ビアホール H 1 4 1 , H 1 4 3 , H 1 4 4 , H 1 4 5 , H 1 4 6 は、それぞれ、ビアホール H 1 3 2 , H 1 3 4 , H 1 3 5 , H 1 3 6 , H 1 3 7 に接続される。

20

【 0 0 6 7 】

図 8 (b) に示した 5 層目の誘電体層 5 5 の上面には、導体層としての導体部 P 1 5 1 , P 1 5 2 が設けられている。また、誘電体層 5 5 には、ビアホール H 1 5 1 ~ H 1 5 6 が設けられている。導体部 P 1 5 1 は、グランド用導体層を構成するものである。また、導体部 P 1 5 1 は端子 1 1 h に接続される。また、導体部 P 1 5 1 には、ビアホール H 1 5 4 が接続されている。ビアホール H 1 5 4 は、ビアホール H 1 4 4 に接続される。導体部 P 1 5 2 は、キャパシタ 3 5 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 5 2 は端子 1 1 c に接続される。ビアホール H 1 5 1 , H 1 5 2 , H 1 5 3 , H 1 5 5 , H 1 5 6 は、それぞれ、ビアホール H 1 4 1 , H 1 4 2 , H 1 4 3 , H 1 4 5 , H 1 4 6 に接続される。

30

【 0 0 6 8 】

図 8 (c) に示した 6 層目の誘電体層 5 6 の上面には、導体層としての導体部 P 1 6 1 , P 1 6 2 が設けられている。また、誘電体層 5 6 には、ビアホール H 1 6 1 ~ H 1 6 6 が設けられている。導体部 P 1 6 1 は、キャパシタ 3 2 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 6 1 は、ビアホール H 1 5 1 に接続される。また、導体部 P 1 6 1 には、ビアホール H 1 6 1 が接続されている。導体部 P 1 6 2 は、キャパシタ 3 5 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 6 2 には、ビアホール H 1 6 2 が接続されている。ビアホール H 1 6 2 は、ビアホール H 1 5 2 に接続される。ビアホール H 1 6 3 , H 1 6 4 , H 1 6 5 , H 1 6 6 は、それぞれ、ビアホール H 1 5 3 , H 1 5 4 , H 1 5 5 , H 1 5 6 に接続される。

40

【 0 0 6 9 】

図 9 (a) に示した 7 層目の誘電体層 5 7 の上面には、導体層としての導体部 P 1 7 1 , P 1 7 2 が設けられている。また、誘電体層 5 7 には、ビアホール H 1 7 1 ~ H 1 7 6 が設けられている。導体部 P 1 7 1 は、コイル 3 4 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 7 1 の一端部は、ビアホール H 1 6 1 に接続される。また、導体部 P 1 7 1 の他端部には、ビアホール H 1 7 1 が接続されている。導体部 P 1 7 2 は、キャパシタ 3 5 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 7 2 は端子 1 1 c に接続される。ビアホ

50

ール H 1 7 2 , H 1 7 3 , H 1 7 4 , H 1 7 5 , H 1 7 6 は、それぞれ、ビアホール H 1 6 2 , H 1 6 3 , H 1 6 4 , H 1 6 5 , H 1 6 6 に接続される。

【 0 0 7 0 】

図 9 (b) に示した 8 層目の誘電体層 5 8 の上面には、導体層としての導体部 P 1 8 1 が設けられている。また、誘電体層 5 8 には、ビアホール H 1 8 1 ~ H 1 8 6 が設けられている。導体部 P 1 8 1 は、コイル 3 4 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 8 1 の一端部は、ビアホール H 1 7 1 に接続される。また、導体部 P 1 8 1 の他端部には、ビアホール H 1 8 1 が接続されている。ビアホール H 1 8 2 , H 1 8 3 , H 1 8 4 , H 1 8 5 , H 1 8 6 は、それぞれ、ビアホール H 1 7 2 , H 1 7 3 , H 1 7 4 , H 1 7 5 , H 1 7 6 に接続される。

10

【 0 0 7 1 】

図 9 (c) に示した 9 層目の誘電体層 5 9 の上面には、導体層としての導体部 P 1 9 1 , P 1 9 2 が設けられている。また、誘電体層 5 9 には、ビアホール H 1 9 1 ~ H 1 9 5 が設けられている。導体部 P 1 9 1 は、コイル 3 4 の一部を構成するものである。また、導体部 P 1 9 1 の一端部は、ビアホール H 1 8 1 に接続される。また、導体部 P 1 9 1 の他端部には、ビアホール H 1 9 1 が接続されている。導体部 P 1 9 2 は、カプラ 2 2 の副ライン S 2 を構成するものである。また、導体部 P 1 9 2 の一端部は、端子 1 1 d に接続される。また、導体部 P 1 9 2 の他端部は、ビアホール H 1 8 5 に接続される。ビアホール H 1 9 2 , H 1 9 3 , H 1 9 4 , H 1 9 5 は、それぞれ、ビアホール H 1 8 2 , H 1 8 3 , H 1 8 4 , H 1 8 6 に接続される。

20

【 0 0 7 2 】

図 1 0 (a) に示した 1 0 層目の誘電体層 6 0 の上面には、導体層としての導体部 P 2 0 1 , P 2 0 2 が設けられている。また、誘電体層 6 0 には、ビアホール H 2 0 1 ~ H 2 0 4 が設けられている。導体部 P 2 0 1 は、コイル 3 4 の一部を構成するものである。また、導体部 P 2 0 1 の一端部は、ビアホール H 1 9 1 に接続される。また、導体部 P 2 0 1 の他端部には、ビアホール H 2 0 1 が接続されている。導体部 P 2 0 2 は、カプラ 2 2 の主ライン S 1 を構成するものである。また、導体部 P 2 0 2 の一端部は、端子 1 1 b に接続される。また、導体部 P 2 0 2 の他端部は、ビアホール H 1 9 5 に接続される。ビアホール H 2 0 2 , H 2 0 3 , H 2 0 4 は、それぞれ、ビアホール H 1 9 2 , H 1 9 3 , H 1 9 4 に接続される。

30

【 0 0 7 3 】

図 1 0 (b) に示した 1 1 層目の誘電体層 6 1 の上面には、導体層としての導体部 P 2 1 1 が設けられている。また、誘電体層 6 1 には、ビアホール H 2 1 1 , H 2 1 2 が設けられている。導体部 P 2 1 1 は、コイル 3 4 の一部を構成するものである。また、導体部 P 2 1 1 の一端部は、ビアホール H 2 0 1 に接続される。また、導体部 P 2 1 1 の他端部は、ビアホール H 2 0 2 に接続される。ビアホール H 2 1 1 , H 2 1 2 は、それぞれ、ビアホール H 2 0 3 , H 2 0 4 に接続される。

【 0 0 7 4 】

図 1 0 (c) に示した 1 2 層目の誘電体層 6 2 には、ビアホール H 2 2 1 , H 2 2 2 が設けられている。ビアホール H 2 2 1 , H 2 2 2 は、ビアホール H 2 1 1 , H 2 1 2 に接続される。

40

【 0 0 7 5 】

図 1 1 (a) に示した 1 3 層目の誘電体層 6 3 には、ビアホール H 2 3 1 , H 2 3 2 が設けられている。ビアホール H 2 3 1 , H 2 3 2 は、ビアホール H 2 2 1 , H 2 2 2 に接続される。

【 0 0 7 6 】

図 1 1 (b) に示した 1 4 層目の誘電体層 6 4 の上面には、導体層としての導体部 P 2 4 1 が設けられている。また、誘電体層 6 4 には、ビアホール H 2 4 1 が設けられている。導体部 P 2 4 1 は、グランド用導体層を構成するものである。また、導体部 P 2 4 1 は、端子 1 1 g , 1 1 h , 1 1 i に接続される。また、導体部 P 2 4 1 は、ビアホール H 2

50

32に接続される。ビアホールH241は、ビアホールH231に接続される。

【0077】

図11(c)に示した15層目の誘電体層65の上には、導体層としての導体部P251が設けられている。導体部P251は、キャパシタ37の一部を構成するものである。導体部P251は、ビアホールH241に接続される。

【0078】

図12(a)に示した16層目の誘電体層66の上には、導体層としての導体部P261が設けられている。導体部P261は、グランド用導体層を構成するものである。また、導体部P261は、端子11g, 11h, 11iに接続される。

【0079】

図12(b)に示した17層目の誘電体層67の上には、マークP271が設けられている。

【0080】

多層基板40は、例えば、以下のようにして製造される。まず、ポリエチレンテレフタレートフィルム上にセラミックスラリーを塗布し、これを乾燥して、誘電体層となる誘電体シートを形成する。次に、この誘電体シートに、必要に応じて、ビアホール用の穴を形成する。次に、印刷工法によって、誘電体シート上に導電体ペーストを印刷して、所定のパターンの導体層を形成すると共に、導電体ペーストをビアホール用の穴に充填してビアホールを形成する。次に、このようにして導体層やビアホールが形成された複数枚の誘電体シートを、乾燥させた後、積み重ね、熱プレスによって一体化する。次に、このようにして得られた積層体を切断して、個々の多層基板40となる部分に分割する。次に、分割後の積層体を電気炉で焼成する。次に、この積層体の外周部に、外部回路に接続される接続端子を転写した後、これを焼成し、更に、これにめっきを施して、多層基板40が完成する。そして、この多層基板40に、部品41を実装し、更にシールドケース42を装着して、高周波モジュール11が完成する。

【0081】

このように、本実施の形態では、多層基板40を使用して高周波スイッチ21とカプラ22を一体化している。そのため、本実施の形態によれば、高周波スイッチ21とカプラ22を立体的に配置することができ、これにより、高周波スイッチ21とカプラ22を含む高周波モジュール11の小型化が可能になる。互いに別部品であった従来の高周波スイッチとカプラは、例えば次のような大きさであった。すなわち、高周波スイッチの大きさは、縦3.5mm、横3.5mm、高さ1.9mmである。カプラの大きさは、縦1.6mm、横0.8mm、高さ0.8mmである。これに対し、本実施の形態に係る高周波モジュール11は、高周波スイッチ21(抵抗38を含む。)、カプラ22および抵抗23を含みながら、例えば、従来の単体の高周波スイッチと同じ、縦3.5mm、横3.5mm、高さ1.9mmという大きさにすることができる。

【0082】

本実施の形態では、高周波モジュール11に含まれる受動素子の少なくとも一部を、多層基板40に内蔵している。また、本実施の形態では、多層基板40に内蔵したスイッチの受動素子として、分布定数回路素子ではなく、コイルやキャパシタといった集中定数回路素子を使用した。分布定数回路素子では、例えば信号の波長の1/4といった、信号の波長に依存した長さが必要になる。そのため、受動素子として分布定数回路素子を用いると、多層基板40の小型化が難しくなる場合がある。これに対し、本実施の形態では、受動素子として集中定数回路素子を使用したため、多層基板40の小型化が可能になる。

【0083】

本実施の形態では、前述のように、カプラ22の結合度Cを-XdB、カプラ22の方向性Dを-YdBとしたとき、Xを10~21の範囲内とし、Yを21以上、好ましくは23以上としている。このようなカプラ22の特性を実現するには、特に、カプラ22の方向性の改善、すなわちYを大きくすることが必要である。以下、本実施の形態におけるカプラ22の特性を実現する方法について説明する。本実施の形態のようにストリップラ

10

20

30

40

50

インを用いたカブラ 2 2 の場合、原理的に、ストリップラインの特性インピーダンスが負荷抵抗に等しいときに最もカブラ 2 2 と負荷との間における信号の反射が少なく、カブラ 2 2 の損失も少ない。また、原理的に、主ライン S 1 と副ライン S 2 が対向している領域の長さが、信号の波長の $1/4$ に等しいときに、アイソレートポート P 4 に信号が発生せず、カブラ 2 2 の方向性がよくなる。しかし、積層体内に形成される実際のカブラ 2 2 の場合には、理想的なストリップラインの設計が困難であることや、カブラ 2 2 に接続される部品の入出力インピーダンスがストリップラインの特性インピーダンス（例えば 50）に等しいとは限らないので反射が生じることにより、アイソレートポート P 4 へ信号が漏れ、カブラ 2 2 の方向性を十分に大きくすることが難しい。

【 0 0 8 4 】

そこで、カブラ 2 2 の方向性を大きく（Y を大きく）するために、カブラ 2 2 を構成するストリップラインの特性インピーダンスを変えることを考える。ここでは、カブラ 2 2 の主ライン S 1 と副ライン S 2 がそれぞれ、トリプレートストリップラインにおける中心の導体層によって構成されるものとする。そして、トリプレートストリップラインにおける上下の 2 つのグランド用導体層の間の距離を一定とし、中心の導体層の幅を調整することで、ストリップラインの特性インピーダンスを変化させることを考える。

【 0 0 8 5 】

カブラ 2 2 の主ライン S 1 は送信回路へ接続されるため、その出力インピーダンスは例えば 50 に整合している必要がある。そのため、主ライン S 1 の幅を変更することは好ましくない。これに対し、副ライン S 2 は、送信信号の検出に用いられるだけなので、特性インピーダンスを変化させることが可能である。そこで、本実施の形態では、副ライン S 2 の幅を主ライン S 1 の幅よりも小さくして、副ライン S 2 の特性インピーダンスを大きくし、これにより、主ライン S 1 から副ライン S 2 のアイソレートポート P 4 への信号の漏れを抑制する。

【 0 0 8 6 】

副ライン S 2 の幅を小さくすると、カブラ 2 2 の結合が弱く（X が大きく）なるが、主ライン S 1 と副ライン S 2 が対向している領域の長さを大きくすることで、カブラ 2 2 の結合が弱くなることを防止できる。主ライン S 1 と副ライン S 2 が対向している領域の長さを大きくしても、各ライン S 1, S 2 の特性インピーダンスの関係は変わらないので、アイソレートポート P 4 への信号の漏れは増加しない。

【 0 0 8 7 】

上述のように、副ライン S 2 の幅を主ライン S 1 の幅よりも小さくすることによりカブラ 2 2 の方向性およびアイソレーションを改善することができる。しかし、印刷工程において実現可能なライン幅には最小値が存在することから、副ライン S 2 の幅を小さくすることには限界がある。そのため、この製造上の制約とカブラの特性改善の要求との兼ね合いで、副ライン S 2 の幅を主ライン S 1 の幅で除した値は、 $0.9 \sim 0.2$ の範囲内であることが好ましい。主ライン S 1 の特性インピーダンスを 50 とした場合、副ライン S 2 の幅を主ライン S 1 の幅で除した値が $0.9 \sim 0.2$ の範囲内であるとき、副ライン S 2 の特性インピーダンスは、およそ $54 \sim 80$ の範囲内となる。

【 0 0 8 8 】

このように、副ライン S 2 の幅を主ライン S 1 の幅よりも小さくすることによりカブラ 2 2 の方向性およびアイソレーションを改善することができるが、まだ十分とは言えない。そこで、次に、副ライン S 2 のアイソレートポート P 4 に接続される終端抵抗 2 3 について考える。前述のように、副ライン S 2 の特性インピーダンスを変化させることで、カブラ 2 2 の方向性およびアイソレーションを改善することができる。更に考えると、終端抵抗 2 3 の抵抗値を変化させることにより、主ライン S 1 から見た副ライン S 2 のインピーダンスを変化させることが可能であることから、終端抵抗 2 3 の抵抗値を変化させることによって、カブラ 2 2 の方向性およびアイソレーションを改善することが可能である。ただし、終端抵抗 2 3 の抵抗値を変化させると、モニタポート P 3 の出力インピーダンスが大きく変化するので、終端抵抗 2 3 の抵抗値の変化量には限界がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

通常、単体のカブラは、特性インピーダンスが50 の系での使用に対して最適化されているため、カブラに対して外付けする終端抵抗には、抵抗値50 のものが用いられる。しかし、本実施の形態では、終端抵抗23を、カブラ22と共に高周波モジュール11に一体化している。そのため、本実施の形態では、副ラインS2の特性インピーダンスとの組み合わせで、終端抵抗23の抵抗値を最適化することによって、カブラ22の方向性およびアイソレーションを改善することができる。

【 0 0 9 0 】

終端抵抗23の抵抗値の最適化は、例えば、以下のようにして行なうことができる。まず、カブラ22の構造シミュレーションを行って、カブラ22の特性をSパラメータで出力する。次に、回路シミュレータによって、構造シミュレーションの結果に終端抵抗23の抵抗値を追加して、カブラ22の特性をシミュレートする。このとき、カブラ22の特性を悪化させない範囲、例えば、モニタポートP3における反射損失が10dB以上となる範囲で、終端抵抗23の抵抗値を変化させて、カブラ22のアイソレーション(Zの値)が最大になるように、終端抵抗23の抵抗値を最適化する。そして、このシミュレーションによって得られた終端抵抗23の抵抗値を、実際の終端抵抗23の抵抗値とする。

【 0 0 9 1 】

前述のように、副ラインS2の幅を主ラインS1の幅で除した値が0.9~0.2の範囲内で、副ラインS2の特性インピーダンスがおよそ54~80 の範囲内である場合、最適な終端抵抗23の抵抗値は、例えばおよそ30~47 の範囲内となる。

【 0 0 9 2 】

なお、ここまでは、副ラインS2の幅を変えることで、副ラインS2の特性インピーダンスを変化させる場合について説明してきたが、トリプレートストリップラインにおける上下の2つのグラウンド用導体層の間の距離を変えることによっても、副ラインS2の特性インピーダンスを変化させることが可能である。

【 0 0 9 3 】

次に、図13ないし図16を参照して、本実施の形態に係る高周波モジュール11の特性の一例について説明する。図13は、高周波モジュール11の送信時における送信信号の経路の挿入損失の周波数特性を示している。図14は、高周波モジュール11の受信時における受信信号の経路の挿入損失の周波数特性を示している。図15は、カブラ22の結合度の周波数特性を示している。図16は、カブラ22の方向性の周波数特性を示している。図13ないし図16は、0.8~0.9GHzの周波数帯域での使用に適するように設計された例を示している。

【 0 0 9 4 】

この例では、図15に示したように、上記の使用周波数帯域において、カブラ22の結合度は-19~-21dBの範囲内となっている。

【 0 0 9 5 】

図16において、符号71は、主ラインS1の幅と副ラインS2の幅を等しくした場合におけるカブラ22の方向性を表している。また、符号72は、副ラインS2の幅を主ラインS1の幅で除した値を0.5とし、副ラインS2の特性インピーダンスを63 としたが、終端抵抗23の抵抗値の最適化を行わずに、終端抵抗23の抵抗値を51 とした場合におけるカブラ22の方向性を表している。また、符号73は、副ラインS2の幅を主ラインS1の幅で除した値を0.5とし、副ラインS2の特性インピーダンスを63 とし、更に、終端抵抗23の抵抗値の最適化を行なって、終端抵抗23の抵抗値を36 とした場合におけるカブラ22の方向性を表している。

【 0 0 9 6 】

図16から分かるように、副ラインS2の幅を主ラインS1の幅よりも小さくすることによりカブラ22の方向性を改善することができるが、まだ十分とは言えない。しかし、更に、終端抵抗23の抵抗値の最適化を行なうことにより、カブラ22の方向性をより改善することができるが、使用周波数帯域において、カブラ22の方向性を-YdBとしたとき

10

20

30

40

50

に Y が 23 以上となる特性を得ることができた。この例では、使用周波数帯域において、Y は、27 ~ 29 の範囲内となっている。

【0097】

なお、上記の例におけるカプラ 22 のアイソレーションの周波数特性は図示していないが、前述のように、アイソレーションは、方向性 + 結合度として求められる。

【0098】

以上説明したように、本実施の形態によれば、高周波モジュール 11 によって高周波スイッチ 21 とカプラ 22 を一体化でき、その結果、高周波回路の小型化、軽量化が可能になる。また、本実施の形態によれば、カプラ 22 において十分なアイソレーションを確保することができる。

10

【0099】

[第2の実施の形態]

次に、図 17 および図 18 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態に係る高周波モジュールおよび高周波回路について説明する。図 17 は、本実施の形態に係る高周波回路の構成を示すブロック図である。図 18 は、本実施の形態に係る高周波モジュールの回路構成の一例を示す回路図である。

【0100】

図 17 に示したように、本実施の形態に係る高周波モジュール 11 は、送信信号端子 11b と高周波スイッチ 21 の間に設けられ、送信信号のうちの不要な信号成分を抑制するフィルタ 24 を備えている。フィルタ 24 は、具体的には、カプラ 22 の出力ポート P2 と高周波スイッチ 21 の送信信号ポート 21b との間に設けられている。また、本実施の形態では、アイソレータ 13 は設けられておらず、電力増幅器 12 の出力端が高周波モジュール 11 の送信信号端子 11b に接続されている。

20

【0101】

フィルタ 24 は、LPF、BPF のいずれであってもよい。また、フィルタ 24 は、例えば、弾性波素子を用いて構成されていてもよい。弾性波素子は、弾性表面波素子でもよいし、バルク弾性波素子でもよい。

【0102】

図 18 は、フィルタ 24 を LPF とした場合における高周波モジュール 11 の回路構成の一例を示している。この場合、フィルタ 24 は、送信信号における高調波成分を減衰させる機能を有する。この例では、フィルタ 24 は、カプラ 22 の出力ポート P2 と高周波スイッチ 21 のダイオード 33 のカソードとの間に設けられている。フィルタ 24 は、一端が出力ポート P2 に接続され、他端がダイオード 33 のカソードに接続されたコイル 81 と、一端が出力ポート P2 に接続され、他端がダイオード 33 のカソードに接続されたキャパシタ 82 と、一端が出力ポート P2 に接続されたコイル 83 と、一端がコイル 83 の他端に接続され、他端が接地されたキャパシタ 84 と、一端がダイオード 33 のカソードに接続され、他端が接地されたキャパシタ 85 とを有している。

30

【0103】

本実施の形態において、フィルタ 24 の構成要素は、多層基板 40 の導体層を用いて構成され、多層基板 40 に一体化されている。本実施の形態では、第 1 の実施の形態と比較して、高周波モジュール 11 の構成要素としてフィルタ 24 が追加されるが、高周波モジュール 11 の大きさはそれほど変わることはない。一方、本実施の形態では、第 1 の実施の形態と比較して、アイソレータ 13 が除かれるため、高周波回路を、より小型化、軽量化することができる。

40

【0104】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0105】

[第3の実施の形態]

次に、図 19 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係る高周波モジュールおよび高

50

周波回路について説明する。図 19 は、本実施の形態に係る高周波回路の構成を示すブロック図である。

【0106】

本実施の形態では、高周波モジュール 11 が、第 2 の実施の形態における構成要素に加え、電力増幅器 12 および APC 回路 14 を含んでいる。本実施の形態に係る高周波モジュール 11 は、第 2 の実施の形態における送信信号端子 11b およびモニタ端子 11d を備えておらず、代わりに送信信号端子 11f を備えている。送信信号端子 11f は、高周波回路の送信信号端子 2 と電力増幅器 12 の入力端とに接続されている。電力増幅器 12 の出力端は、カプラ 22 の入力ポート P1 に接続されている。APC 回路 14 の入力端は、カプラ 22 のモニタポート P3 に接続されている。

10

【0107】

電力増幅器 12 および APC 回路 14 は、能動素子と受動素子とを含んでいる。能動素子は、多層基板 40 に搭載される。受動素子の少なくとも一部は、多層基板 40 の導体層を用いて構成されていてもよい。多層基板 40 の導体層を用いて構成されない受動素子は、多層基板 40 に搭載される。

【0108】

本実施の形態によれば、高周波回路を、より小型化、軽量化することができる。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 2 の実施の形態と同様である。なお、本実施の形態を変形して、電力増幅器 12 と APC 回路 14 のうち、電力増幅器 12 のみを高周波モジュール 11 に含めてもよい。

20

【0109】

なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、積層体は、誘電体層がセラミックよりなる多層基板に限らず、誘電体層が樹脂よりなる基板であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0110】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る移動体通信機器用高周波回路の構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態に係る高周波モジュールの回路構成の一例を示す回路図である。

30

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係る高周波モジュールの平面図である。

【図 4】図 3 における矢印 A 方向から見た高周波モジュールの側面図である。

【図 5】図 3 に示した高周波モジュールの底面図である。

【図 6】図 3 における矢印 B 方向から見た高周波モジュールの側面図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施の形態における多層基板の構成の一例を示す説明図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施の形態における多層基板の構成の一例を示す説明図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施の形態における多層基板の構成の一例を示す説明図である。

【図 10】本発明の第 1 の実施の形態における多層基板の構成の一例を示す説明図である。

【図 11】本発明の第 1 の実施の形態における多層基板の構成の一例を示す説明図である

40

【図 12】本発明の第 1 の実施の形態における多層基板の構成の一例を示す説明図である

【図 13】本発明の第 1 の実施の形態に係る高周波モジュールの送信時における送信信号の経路の挿入損失の周波数特性を示す特性図である。

【図 14】本発明の第 1 の実施の形態に係る高周波モジュールの受信時における受信信号の経路の挿入損失の周波数特性を示す特性図である。

【図 15】本発明の第 1 の実施の形態におけるカプラの結合度の周波数特性を示す特性図である。

【図 16】本発明の第 1 の実施の形態におけるカプラの方向性の周波数特性を示す特性図

50

である。

【図17】本発明の第2の実施の形態に係る移動体通信機器用高周波回路の構成を示すブロック図である。

【図18】本発明の第2の実施の形態に係る高周波モジュールの回路構成の一例を示す回路図である。

【図19】本発明の第3の実施の形態に係る移動体通信機器用高周波回路の構成を示すブロック図である。

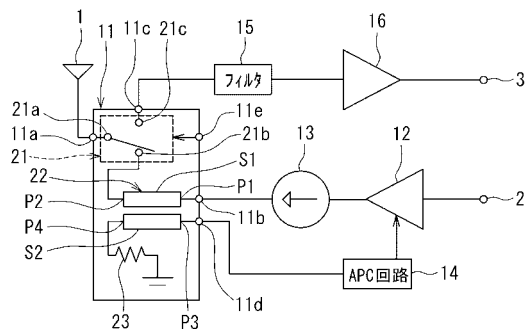
【図20】移動体通信機器における高周波回路の構成の一例を示すブロック図である。

【符号の説明】

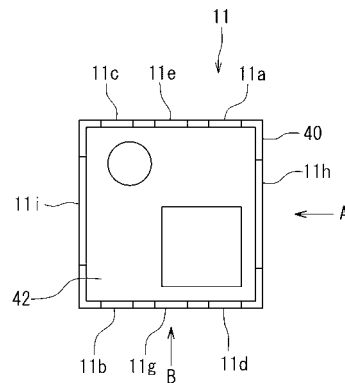
【0111】

1 ... アンテナ、2 ... 送信信号端子、3 ... 受信信号端子、11 ... 高周波モジュール、21 ... 高周波スイッチ、22 ... 方向性結合器、23 ... 終端抵抗。

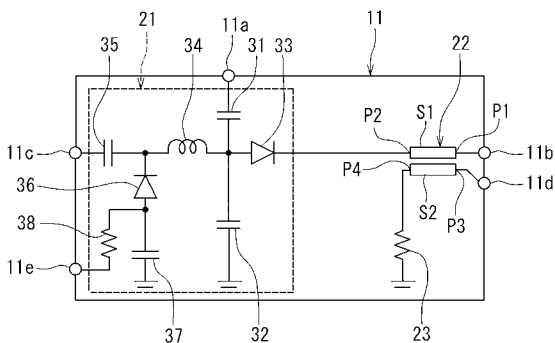
【図1】



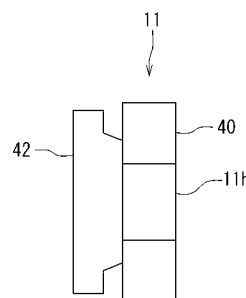
【図3】



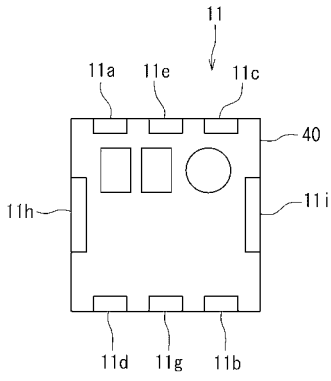
【図2】



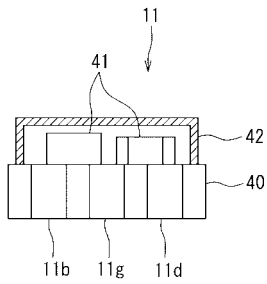
【図4】



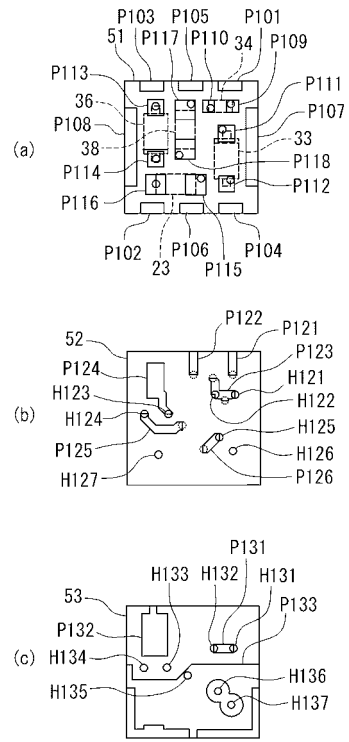
【 図 5 】



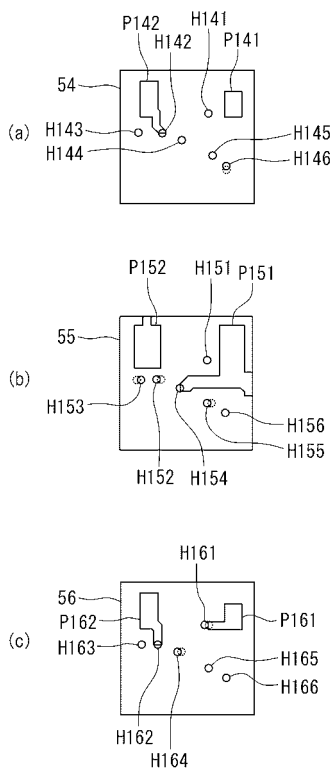
【 図 6 】



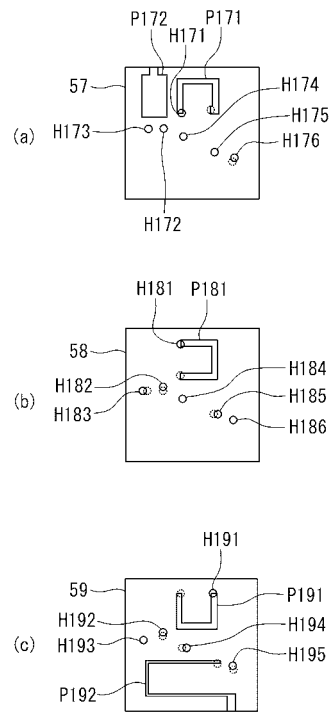
【 図 7 】



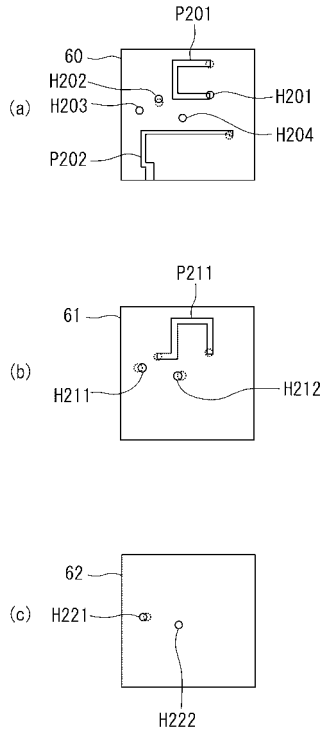
【 図 8 】



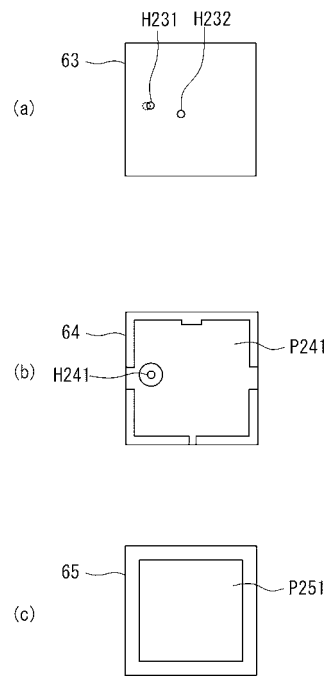
【 図 9 】



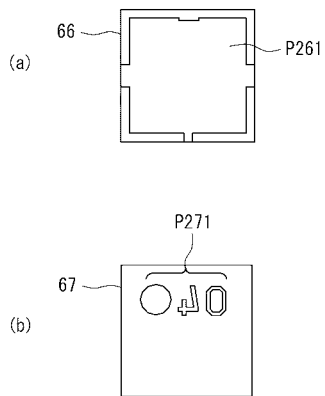
【 図 1 0 】



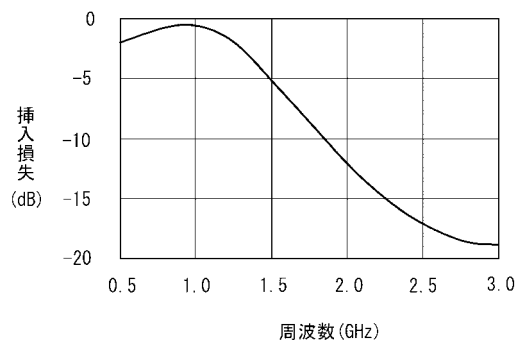
【 図 1 1 】



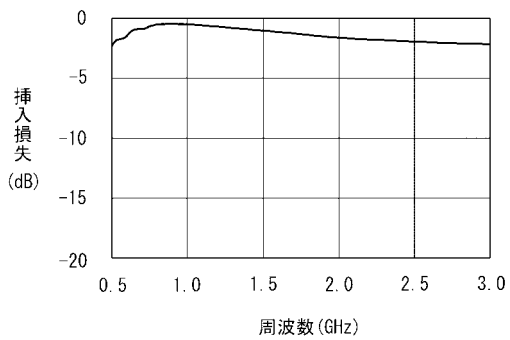
【 図 1 2 】



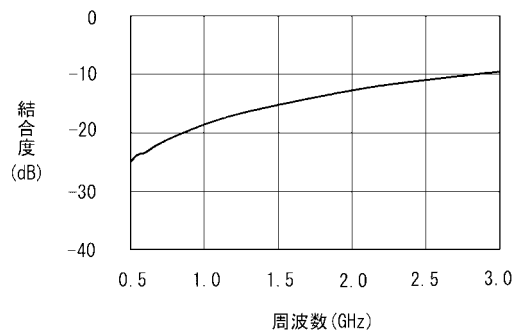
【 図 1 4 】



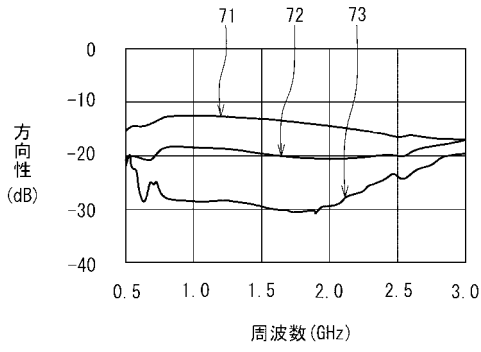
【 図 1 3 】



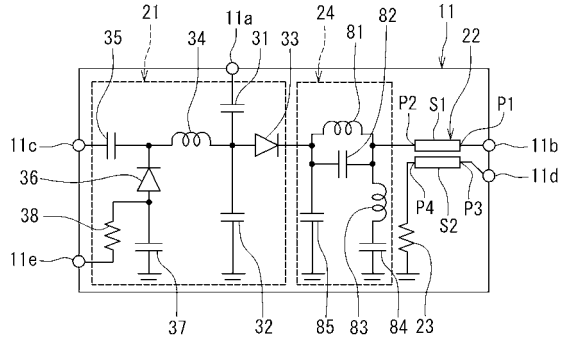
【 図 1 5 】



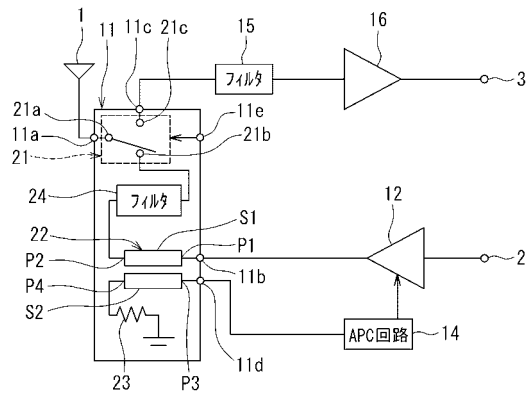
【図16】



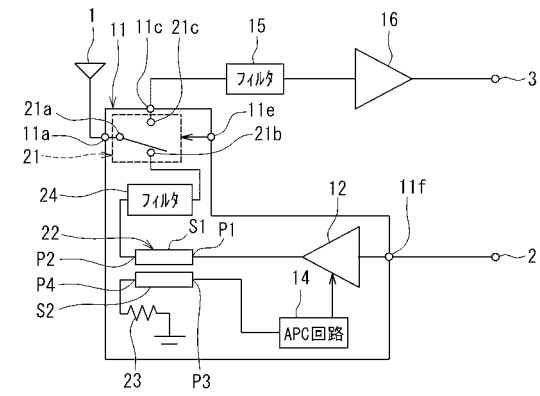
【図18】



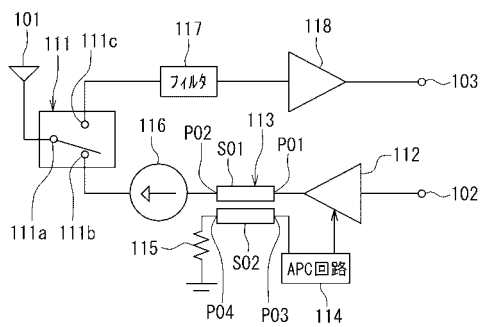
【図17】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5K011 DA01 DA02 DA11 DA12 DA22 DA27 FA01 GA04 GA05 JA01
JA03 KA04 KA18
5K060 AA10 BB07 CC04 CC12 DD04 HH03 HH06 HH09 HH11 JJ02
JJ03 JJ04 JJ06 JJ07 JJ16 JJ18 JJ21 LL01