

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6017440号
(P6017440)

(45) 発行日 平成28年11月2日(2016.11.2)

(24) 登録日 平成28年10月7日(2016.10.7)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 Q 1/50 (2006.01)

H O 1 Q 1/50

H O 1 Q 1/38 (2006.01)

H O 1 Q 1/38

H O 1 Q 1/52 (2006.01)

H O 1 Q 1/52

H O 1 P 5/10 (2006.01)

H O 1 P 5/10

A

H O 3 H 7/42 (2006.01)

H O 3 H 7/42

請求項の数 19 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2013-541413 (P2013-541413)
 (86) (22) 出願日 平成23年11月11日(2011.11.11)
 (65) 公表番号 特表2014-502474 (P2014-502474A)
 (43) 公表日 平成26年1月30日(2014.1.30)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2011/001598
 (87) 国際公開番号 W02012/072969
 (87) 国際公開日 平成24年6月7日(2012.6.7)
 審査請求日 平成26年10月29日(2014.10.29)
 (31) 優先権主張番号 1020202.6
 (32) 優先日 平成22年11月29日(2010.11.29)
 (33) 優先権主張国 英国(GB)
 (31) 優先権主張番号 1108456.3
 (32) 優先日 平成23年5月19日(2011.5.19)
 (33) 優先権主張国 英国(GB)

(73) 特許権者 305031567
 ザ ユニバーシティ オブ バーミンガム
 英国、B 1 5 2 T T、バーミンガム、エ
 ドバストン
 (74) 代理人 100075557
 弁理士 西教 圭一郎
 (72) 発明者 ホール、ピーター
 イギリス国 ウェストミッドランズ バー
 ミンガム キングス ノートン パインハ
 ースト ドライブ 35
 (72) 発明者 フー、ツェン ファ サンブソン
 中華人民共和国 グワンドン ヘーシャン
 シティ シャーピン タウン チョンシ
 ャン ロード No. 8 ルーム501

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 平衡アンテナシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一体化された整合回路およびバランに接続された放射器を含む平衡アンテナシステムであって、

i) 前記放射器は、それぞれ給電ラインを有する第1の放射素子および第2の放射素子を含み、

i i) 前記整合回路は、第1のインピーダンス整合回路と、第2のインピーダンス整合回路とを含み、

i i i) 前記第1の放射素子の給電ラインは、前記第1のインピーダンス整合回路に接続され、前記第2の放射素子の給電ラインは、前記第2のインピーダンス整合回路に接続され、

i v) 前記第1および第2の整合回路ならびに前記バランは、一体化され、該アンテナシステムの動作帯域幅にわたって、第1および第2の給電ライン間に、実質的に180°の位相差を生成するように構成されてなることを特徴とする平衡アンテナシステム。

【請求項 2】

前記バランは、外部電流をキャンセルまたはチョークすることによって不平衡信号を平衡信号に変換するように構成されることを特徴とする、請求項1に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項 3】

前記バランは、電流バラン、同軸バランまたはスリーブバランのうちのいずれかを含み

10

20

、および／または前記バランは、インピーダンス変換のために構成される、広帯域LCバランによって構成されることを特徴とする、請求項1または2に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項4】

前記バランは、第1のフィルタと第2のフィルタとを含み、随意に、第1のインピーダンス整合回路は、前記第1のフィルタと第1の放射素子との間に設けられ、第2のインピーダンス整合回路は、前記第2のフィルタと第2の放射素子との間に設けられることを特徴とする、請求項1～3のいずれか1項に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項5】

前記バランは、(a)前記第1のフィルタを構成するハイパスフィルタと、前記第2のフィルタを構成するローパスフィルタと、T結合とを含み、または(b)並列に接続される、前記第1のフィルタを構成するハイパスフィルタと、前記第2のフィルタを構成するバンドパスフィルタとを含むことを特徴とする、請求項4に記載の平衡アンテナシステム。

10

【請求項6】

前記ハイパスフィルタおよび／または前記ローパスフィルタは、1または複数のインダクタまたはキャパシタをそれぞれ含むことを特徴とする、請求項5に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項7】

前記ハイパスフィルタは、1つまたは直列接続された複数のキャパシタと、1つまたは並列接続された複数のインダクタとを含み、あるいは1つまたは直列接続された複数のキャパシタを含み、インダクタを含まず、

20

前記ローパスフィルタは、1つまたは直列接続された複数のインダクタと、1つまたは並列接続された複数のキャパシタとを含み、あるいは1つまたは直列接続された複数のインダクタを含み、キャパシタを含まず、

好ましくは、前記ハイパスフィルタは、1つのインダクタと1つのキャパシタとを含み、前記バンドパスフィルタは、複数のインダクタと複数のキャパシタとを含むことを特徴とする、請求項6に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項8】

第2のハイパスフィルタおよび／または第2のローパスフィルタが設けられ、随意に、少なくとも1つのスイッチが、前記第2のハイパスフィルタおよび／または前記第2のローパスフィルタを、前記ハイパスフィルタおよび／またはローパスフィルタのそれぞれに代えて動作させるのを可能にするように設けられることを特徴とする、請求項5に記載の平衡アンテナシステム。

30

【請求項9】

前記第2のハイパスフィルタおよび／または前記第2のローパスフィルタは、LC回路を含み、前記第2のハイパスフィルタは、直列接続された3つのキャパシタと、並列接続された2つのインダクタとを含み、前記第2のローパスフィルタは、直列接続された3つのインダクタと、並列接続された2つのキャパシタとを含むことを特徴とする、請求項8に記載の平衡アンテナシステム。

40

【請求項10】

前記第1および／または第2の整合回路は、前記第1および／または第2の放射素子のそれぞれを異なる周波数で同調させることを可能にするように再構成可能であり、随意に、前記第1および／または第2の整合回路は、可変キャパシタを含むLC回路を含み、または前記第1および／または第2の整合回路は、第1のインダクタと、キャパシタと、第2のインダクタとを含み、前記第1のインダクタは前記キャパシタと並列に接続され、前記第2のインダクタは前記キャパシタと直列に接続され、前記第1のインダクタはグランドプレーンに接続され、前記キャパシタは同調可能であることを特徴とする、請求項1に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項11】

50

少なくとも１つの代替部品が、前記第１および／または第２の整合回路に含まれるように設けられ、少なくとも１つのスイッチが、前記少なくとも１つの代替部品を他の部品に代えて動作させるのを可能にするように設けられることを特徴とする、請求項１０に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項１２】

前記第１の放射素子は、略Ｕ字状に形成され、基板の第１の端部において、基板の第１の側面に設けられる、第１のストリップによって構成されることを特徴とする、請求項１に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項１３】

前記Ｕ字状のストリップは、前記基板の第１の端部の半分に位置され、その開放端面が前記第１の端部の中央領域に向かって内方に臨むように配向され、随意に、給電ラインが、前記基板の中央に最も近接し、前記基板の長さに沿って延びる前記Ｕ字状のストリップの始点に設けられることを特徴とする、請求項１２に記載の平衡アンテナシステム。

10

【請求項１４】

前記第２の放射素子は、前記第１の放射素子に実質的に類似しており、前記基板の第１の側面にも設けられるが、前記第１の放射素子とは反対側の、前記基板の第１の端部の隣接する半分に、前記第２のストリップの開放端が前記第１のストリップの開放端に臨むように、配向され、随意に、間隙が、前記第１および第２の放射素子の各給電ライン間と前記第１および第２のストリップの各端部間とに設けられることを特徴とする、請求項１３に記載の平衡アンテナシステム。

20

【請求項１５】

グランドプレーンが、前記第１の側面とは反対側の、前記基板の第２の側面に設けられることを特徴とする、請求項１２～１４のいずれか１項に記載の平衡アンテナシステム。

【請求項１６】

請求項１～１５のいずれか１項に記載の少なくとも１つの平衡アンテナシステムと、少なくとも１つのさらなるアンテナとを含み、随意に、前記少なくとも１つのさらなるアンテナは、平衡または不平衡アンテナからなり、再構成可能であることを特徴とするＭＩＭＯ用途のためのアンテナ構造体。

【請求項１７】

第１のアンテナが該アンテナ構造体の第１の端部に配置され、第２のアンテナが該アンテナ構造体の第２の端部に配置されることを特徴とする、請求項１６に記載のアンテナ構造体。

30

【請求項１８】

前記少なくとも１つのさらなるアンテナは、２つ以上の相互に結合された放射素子と、各放射素子の周波数帯域の独立した同調のために構成された２つ以上のインピーダンス整合回路とを含み、各放射素子が、駆動状態、フローティング状態およびグランド状態のそれぞれにおいて選択的に動作するように設けられる、再構成可能アンテナによって構成されることを特徴とする、請求項１６または１７に記載のアンテナ構造体。

【請求項１９】

前記平衡アンテナシステムは、該アンテナ構造体のグランドプレーンにスロットを設けることによって、前記さらなるアンテナから分離されることを特徴とする、請求項１６～１８のいずれか１項に記載のアンテナ構造体。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、平衡アンテナシステムに関する。特に、限定されるわけではないが、本発明は、携帯電話、ラップトップコンピュータ、携帯情報端末（ＰＤＡ）、無線機などの携帯電子機器に使用するための平衡アンテナシステムに関する。

【背景技術】

【０００２】

50

データを送信／受信するためのマルチアンテナを利用するマルチプルインプット・マルチプルアウトプット（MIMO）無線システムが、豊かなマルチパス環境においてその能力が高まってきたためにその潜在する可能性への期待から関心が高まってきた。かかるシステムは、追加のスペクトル帯域を必要とせずにも多重波伝播を使用することによって通信性能を高めることを可能とするために使用することが可能である。これは、2Gまたは3Gの通信基準のどちらかを採用する高速データ通信を達成するための、周知であってよく使用される解決方法である。

【0003】

ルータ装置などの屋内用無線用途のために、屋外用ダイポールアンテナおよびモノポールアンテナが、最もポピュラーである、高利得、全方向性ダイポールアレイおよび共線アンテナと共に使用されている。

10

【0004】

しかしながら、市場にはMIMOを備える携帯装置はほとんどなく、これは、主として、各放射器間の要求されるアイソレーションを維持しながら、（端末の小さく割り当てられた空間のために）小さな装置において集合しているいくつかの放射器の周囲の複雑さのためである。

【0005】

この課題に対する興味ある解決手段の1つは、効率的に放射するためのグラウンドプレーン（および特にグラウンドプレーン電流）を必要としない平衡放射器の使用を含む。ここ数年、平衡アンテナシステムは、人体に近接して保持されるときに、その安定した性能のために、携帯電話アンテナ設計者の注目を集めてきた。この種のアンテナにおいて、平衡電流だけがアンテナ素子に流れ、こうして、電流の流れの電話筐体への影響を顕著に低減し、人体のアンテナ性能に及ぼす影響を小さくすることができる。

20

【0006】

平衡アンテナシステムの構造は、典型的に、平衡ラインによって供給される放射素子または“バラン”（単一の不平衡信号を2つの異なる平衡信号に、またはその逆に変換するように構成される）を含む。このような平衡アンテナは、PDAまたはラップトップ装置において、2,45GHzおよび5.2GHzで動作する2素子構造を設計するようにうまく適用されてきた。しかしながら、対応する共振の物理的サイズのために、たとえばDV B-H、GSMまたはUMTS携帯電話において、このような構造をより低い周波数で実施することは、現在のところ困難（あるいはおそらく不可能）であると考えられる。

30

【0007】

したがって、サービスプロバイダまたは顧客によって要求される周波数範囲の全スペクトルにわたってカバーすることができる携帯装置におけるMIMO用途のためのコンパクトな平衡アンテナ設計の必要性がある。その結果として、本発明の目的は、上述の課題に対処するのに役立つ平衡アンテナシステムを提供することである。

【発明の概要】

【0008】

本発明の第1の態様に従えば、整合回路を介してバランに接続された放射器を含む平衡アンテナシステムが提供される。

40

【0009】

したがって、本発明の実施形態は、簡単な構成を有し、異なる周波数の範囲にわたって単一共振で動作可能である平衡アンテナシステムを提供する。整合回路がバランと放射器との間に組み込まれることは、より大きな適応性と放射器の制御とを可能にし、より大きな同調能力をもたらす。

【0010】

放射器は、ループアンテナまたはダイポールアンテナによって構成されてもよく、第1の給電ラインと第2の給電ラインとを含んでもよい。ある実施形態において、放射器は、第1の放射素子と第2の放射素子とを含んでもよい。放射器は、単一の共振周波数を提供するように構成されてもよく、または2つまたは3以上の共振周波数を同時に提供するよ

50

うに構成されてもよい。したがって、単一のアンテナシステムを幅広い周波数範囲をカバーするように構成することができる。

【0011】

整合回路は、第1のインピーダンス整合回路と、第2のインピーダンス整合回路とを含んでもよい。第1のインピーダンス整合回路は、第1の給電ラインおよび/または第1の放射素子に接続されてもよく、第2のインピーダンス整合回路は、第2の給電ラインおよび/または第2の放射素子に接続されてもよい。

【0012】

第1および第2の整合回路は同一であってもよく、バランを介して単一のポートに接続されてもよい。部品数を最小にするために、整合回路およびバランの設計は共に最適化されてもよい。

10

【0013】

従来の再構成可能な平衡アンテナは、平衡放射素子の各アームにバラクタまたはスイッチを組み込んでいたことに注目されたい。一方、提案した平衡アンテナは、各放射素子に1つずつ設けられる、2つの同一の外部整合回路と、バラン回路とを組み込んでよく、これはこれまでに文献において提案されていなかった。

【0014】

バランは、外部電流をキャンセルまたはチョークすることによって不平衡信号を平衡信号に変換するように構成されてもよい。バランのいくつかのタイプは、ダイポールアンテナでの使用で知られている。これらは、いわゆる電流バラン、同軸バランおよびスリーブバランを含み、これらのいずれかは本発明の実施形態において用いられる。しかしながら、特定の実施形態において、平衡アンテナシステムに幅広い同調範囲を提供するように、インピーダンス変換のために構成される、広帯域LCバランを用いることが望ましい。

20

【0015】

バランは、第1のフィルタと第2のフィルタとを含んでもよい。第1のインピーダンス整合回路は、第1のフィルタと第1の放射素子との間に設けられてもよく、第2のインピーダンス整合回路は、第2のフィルタと第2の放射素子との間に設けられてもよい。

【0016】

具体的な実施形態において、バランは、ハイパスフィルタ（第1のフィルタ）と、ローパスフィルタ（第2のフィルタ）と、T結合とを含んでもよい。代替の実施形態において、バランは、並列に接続される、ハイパスフィルタ（第1のフィルタ）とバンドパスフィルタ（第2のフィルタ）とを含んでもよい。

30

【0017】

第1のフィルタは、少なくとも1つのキャパシタを含んでもよく、第2のフィルタは、少なくとも1つのインダクタを含んでもよい。

【0018】

ハイパスフィルタおよび/またはローパスフィルタは、それぞれ、1つまたは複数のインダクタあるいはキャパシタを（たとえば、LC回路の形態で）含んでもよい。ある実施形態において、ハイパスフィルタは、1つまたは直列接続された複数（たとえば3つ）のキャパシタと、0、1つまたは並列接続された複数（たとえば2つ）のインダクタとを含んでもよく、ローパスフィルタは、1つまたは直列接続された複数（たとえば3つ）のインダクタと、0、1つまたは並列接続された複数（たとえば2つ）のキャパシタとを含んでもよい。代替の実施形態において、ハイパスフィルタは、インダクタとキャパシタとを含んでもよく、バンドパスフィルタは、複数のインダクタと複数のキャパシタとを含んでもよい。第1のフィルタと第2のフィルタとは、並列に接続されてもよい。

40

【0019】

あるバラン構造において、第1および第2のフィルタのそれぞれにおける部品数は、次数の大きさに対応してもよく、フィルタにおいてより大きな次数はより広い帯域幅に位相差を与える。特定の構成において、バランは、1つ、2つまたはそれ以上（たとえば5つ）の次数を有するフィルタを含んでもよい（すなわち、それぞれが1つ、2つまたはそれ

50

以上の部品を含む)。しかしながら、出願人は、本発明のある実施形態において、 balan 自体の性能はあまり重要ではなく、フィルタにおいて1つのインダクタ(またはキャパシタ)を単に用いることで十分であり得ることを見出した。

【0020】

本発明のある実施形態において、少なくとも1つの代替部品が、第1のフィルタおよび/または第2のフィルタに含まれるように設けられてもよい。少なくとも1つのスイッチが、少なくとも1つの代替部品を他の部品に代えて動作させるのを可能にするように設けられてもよい。

【0021】

本発明のある実施形態において、第2のハイパスフィルタおよび/または第2のローパスフィルタが設けられてもよい。少なくとも1つのスイッチが、第2のハイパスフィルタおよび/または第2のローパスフィルタを、ハイパスフィルタおよび/またはローパスフィルタのそれぞれに代えて動作させるのを可能にするように設けられてもよい。

【0022】

第2のハイパスフィルタおよび/または第2のローパスフィルタは、1つまたは複数のインダクタまたはキャパシタを(たとえば、LC回路の形態で)含んでもよい。たとえば、第2のハイパスフィルタは、直列接続された3つのキャパシタと、並列接続された2つのインダクタとを含んでもよく、第2のローパスフィルタは、直列接続された3つのインダクタと、並列接続された2つのキャパシタとを含んでもよい。しかしながら、第2のハイパスフィルタは、前記ハイパスフィルタとは異なる少なくとも1つの部品を有し、第2のローパスフィルタは、前記ローパスフィルタとは異なる少なくとも1つの部品を有するであろうことは理解されるであろう。ある実施形態において、第2のハイパスフィルタはの全ての部品は、前記ハイパスフィルタの部品と異なっており、かつ/または、第2のローパスフィルタの全ての部品は、前記ローパスフィルタの部品と異なっている。

【0023】

第1および/または第2の整合回路は、第1および/または第2の放射素子のそれぞれを異なる周波数で同調させることを可能にするように再構成可能であってもよい。第1および/または第2の整合回路は1つまたは複数のインダクタまたはキャパシタを(たとえばLC回路の形態で)含んでもよく、可変キャパシタ(すなわちバラクタ)を含んでもよい。

【0024】

本発明の実施形態において、第1および第2の整合回路は、構造的に同一(すなわち、同様に配置される同一部品を有する)であってもよい。異なる整合回路がある状況において用いられてもよいけれども、このような構成は非常に良好な共振を提供可能であることが理解されるであろう。

【0025】

特定の実施形態において、第1および/または第2の整合回路は、第1のインダクタと、キャパシタと、第2のインダクタとを含む。第1のインダクタはキャパシタと並列に接続されてもよく、第2のインダクタはキャパシタと直列に接続されてもよい。第1のインダクタはグランドプレーンに接続されてもよく、キャパシタは同調可能であってもよい。

【0026】

本発明のある実施形態において、少なくとも1つの代替部品が、第1および/または第2の整合回路に含まれるように設けられてもよい。少なくとも1つのスイッチが、少なくとも1つの代替部品を他の部品に代えて動作させるのを可能にするように設けられてもよい。

【0027】

ある実施形態において、第1のインダクタは少なくとも2つのインダクタからなる群から選択可能であってもよく、第2のインダクタは少なくとも2つの他のインダクタからなる群から選択可能であってもよい。

【0028】

10

20

30

40

50

バランおよび／または第１／第２の整合回路のために代替部品を設けることは、アンテナの構成におけるより大きな適応性を可能にし、したがって、アンテナの同調範囲を非常に増大させることを可能にする。

【００２９】

第１の放射素子は、略Ｕ字状またはＬ字状に形成され、基板（たとえばプリント配線基板、ＰＣＢ）の第１の端部において、基板の第１の側面に設けられる、第１のストリップ（たとえば金属製）によって構成されてもよい。Ｕ字状またはＬ字状のストリップは、基板の第１の端部の半分に位置されてもよく、その開放端／面が第１の端部の中央領域に向かって内方に臨むように配向されてもよい。短い給電ラインが基板の中央に最も近接し、基板の長さに沿って延びるＵ字状またはＬ字状のストリップの始点に設けられてもよい。

10

【００３０】

第２の放射素子は、第１の放射素子に実質的に類似していてもよく、基板の第１の側面にも設けられるが、第１の放射素子とは反対側の、基板の第１の端部の隣接する半分に、第２のストリップの開放端／面が第１のストリップの開放端／面に臨むように、配向されてもよい。

【００３１】

間隙が第１および第２の放射素子の各給電ライン間と第１および第２のストリップの各端部間とに設けられてもよい。

【００３２】

グラウンドプレーンが、第１の側面とは反対側の、基板の第２の側面に設けられてもよい。グラウンドプレーンは、実質的に矩形であってもよく、（第１の端部とは反対側の）基板の第２の端部から、給電ラインの自由端に対向する位置まで、基板表面の略全面を占めてもよい。

20

【００３３】

基板は従来のサイズのものであってもよく、一実施形態において、従来の携帯装置に容易に収容可能なように、約 $166 \times 40 \text{ mm}^2$ の表面積を有してもよい。基板の厚みは限定されないが、典型的には、数ミリメートルの厚み（たとえば 1 mm 、 1.5 mm 、 2 mm または 2.5 mm ）であることは理解されるであろう。

【００３４】

本発明の実施形態において、第１および第２の放射素子は、約 $40 \times 10 \text{ mm}^2$ の領域にわたって延びていてもよい。放射器のサイズは限定されないが、より広い動作帯域幅またはより高い利得が要求されるときには、大きくすることは理解されるであろう。

30

【００３５】

本発明の実施形態において、アンテナが $470 \text{ MHz} \sim 2200 \text{ MHz}$ の周波数範囲にわたって、動作帯域にわたって少なくとも 6 dB の反射損失で動作（すなわち 1730 MHz にわたって同調）するように設計されたことは実証された。

【００３６】

平衡アンテナシステムは、マルチプルインプット・マルチプルアウトプット（ＭＩＭＯ）用途のために構成されてもよい。したがって、平衡アンテナシステムは、多数のアンテナを有するシステムに組み込まれてもよい。各アンテナは、平衡または不平衡であってもよく、追加のスペクトルまたは送信器電力を必要とすることなく、システムの能力を増大させるように、無相関チャネルを提供するように構成されてもよい。

40

【００３７】

本発明の第２の態様に従えば、本発明の第１の態様に従う、少なくとも１つの平衡アンテナシステムと、少なくとも１つのさらなるアンテナとを含むＭＩＭＯ用途のためのアンテナ構造体が提供される。

【００３８】

少なくとも１つのさらなるアンテナは、平衡または不平衡アンテナからなってもよく、再構成可能であってもよい。一実施形態において、少なくとも１つのさらなるアンテナは

50

、本発明の第１の態様に従っていてもよい。

【００３９】

各アンテナの相対位置は、良好な（または最適な）アンテナアイソレーションを提供するように選ばれてもよい。いくつかの実施形態において、これは、アンテナを最大可能距離（the largest available distance）だけ相互に離間させることによって得られてもよい。実際には、第１のアンテナが該アンテナ構造体の第１の端部に配置されてもよく、第２のアンテナが該アンテナ構造体の第２の端部に配置されてもよい。

【００４０】

本発明の実施形態において、第１および第２のアンテナは、少なくとも２００mm、少なくとも１５０mm、少なくとも１００mm、または少なくとも５０mmだけ離間されてもよい。

10

【００４１】

いくつかの実施形態において、平衡アンテナシステムは、アンテナ構造体のグランドプレーンにスロットを設けることによって、さらなるアンテナから分離されてもよい。

【００４２】

さらなるアンテナの随意的特徴

特定の実施形態において、少なくとも１つのさらなるアンテナは、GB 0918477.1に記載された種類の２ポート筐体アンテナによって構成されてもよい。したがって、さらなるアンテナは２つ以上の相互に結合された放射素子と、各放射素子の周波数帯域の独立した同調のために構成された２つ以上のインピーダンス整合回路とを含み、各放射素子が、駆動状態、フローティング状態およびグランド状態のそれぞれにおいて選択的に動作するように設けられる、再構成可能アンテナであってもよい。

20

【００４３】

さらなるアンテナの少なくとも１つの放射素子は、非共振共振器によって構成されてもよい。特定の実施形態において、２つの非共振共振器が用いられる。各放射素子は、広帯域および／または狭帯域範囲の周波数にわたって動作するように構成されてもよい。特定の実施形態において、各インピーダンス整合回路は広帯域同調回路と狭帯域同調回路とを含んでもよい。

【００４４】

一実施形態において、さらなるアンテナは、第１の側面に印刷されたブランドプレーンを有する基板上に設けられる。第１の放射素子は、第１の側面とは反対側の、基板の第２の側面に設けられ、グランドプレーンから側方に離間されてもよい。第１の放射素子は、金属パッチによって構成されてもよく、該パッチは平面状などであってもよい。具体的実施形態において、第１の放射素子は、平面部とグランドプレーンに直交する部分とを有する、Ｌ字状の金属パッチによって構成されてもよい。直交部分は、直交部分がいわゆる第１の間隙によってグランドプレーンから離間されるように、グランドプレーンから最も遠い平面部の縁から延びてもよい。

30

【００４５】

第２の放射素子は、金属パッチによって構成されてもよく、該パッチは平面状などであってもよい。特定の実施形態において、第２の放射素子は、グランドプレーンに直交する平面状金属パッチによって構成される。第２の放射素子は、グランドプレーンと第１の放射素子の直交部分との間（すなわち第１の間隙内）に配置されてもよい。グランドプレーンと第２の放射素子との間の距離は、いわゆる第２の間隙を形成する。本実施形態において、第２の放射素子と第１の放射素子の直交部分との間の距離はその間の相互結合の量を決定することが理解されるであろう。したがって、この距離は、全体にわたって、相互間隙と称するであろう。

40

【００４６】

各放射素子の形状は特に限定されないが、たとえば、正形状、長形状、三角形状、円状、楕円状、環状、星形状または不規則形状であってもよい。さらに、各放射素子は、少なくとも１つのノッチまたは切欠きを含んでもよい。各放射素子の形状および構成は、

50

問題となっている用途に対するさらなるアンテナの所望の特性に依存することは理解されるであろう。

【 0 0 4 7 】

同様に、グラウンドプレーンのサイズおよび形状は、全ての動作モードに対する最適な特性を提供するように変化されてもよい。したがって、第1のグラウンドプレーンは、たとえば、正形状、長形状、三角形状、円状、楕円状、環状または不規則形状であってもよい。さらに、グラウンドプレーンは、少なくとも1つのノッチまたは切欠きを含んでもよい。

【 0 0 4 8 】

さらなるアンテナの各放射素子は、関連する給電ポートを有してもよい。各給電ポートは、関連する放射素子の動作状態を選択する制御手段を含む制御モジュールに接続されてもよい。制御手段は、放射素子を、フロートさせる、グラウンドプレーンに接続させる、またはその関連するインピーダンス整合回路によって駆動させるように選択的に構成されるスイッチを含んでもよい。

10

【 0 0 4 9 】

上述の実施形態において、第1の給電ポートは、第1の放射素子と第1のインピーダンス整合回路を有する第1の制御モジュールとの間に設けられてもよく、第2の給電ポートは、第2の放射素子と第2のインピーダンス整合回路を有する第2の制御モジュールとの間に設けられてもよい。

【 0 0 5 0 】

20

第1の給電ポートは放射素子の中心に、または中心を外れて（すなわち、他方側よりも放射素子の一方側により近くに）位置付けられてもよい。

【 0 0 5 1 】

具体的な実施形態において、第1の給電ポートは、第1の放射素子の長さに沿う距離の約3分の1の位置に配置されてもよい。これは、非対称電流をグラウンドプレーンに沿って発生させて、これによって多くの異なる共振をサポートするという点で有利である。また、各方向において異なる電気長を有するために、第1の放射素子がより多くの共振を発生させることが可能となる。加えて、第1の給電ポートを中心から外れて位置付けることによって、第2の放射素子のためのより多くの空間を第1の放射素子に近づけて位置付けることを可能にし、これによって、2つの放射素子間でより良好な結合を結果として生じる。

30

【 0 0 5 2 】

第1の給電ポートは、グラウンドプレーンにその縁にそって接続されてもよい。第1の給電ポートは、縁の中心で、またはその一方側であるいはその一方側に向かって接続されてもよい。第1の給電ポートがグラウンドプレーンの一方側に接続されることによって、第2の放射素子がグラウンドプレーンの幅を完全に用いることを可能にする。しかしながら、それは、また、放射素子とグラウンドプレーンとの間での異なる結合効率を結果として生じる。

【 0 0 5 3 】

ある実施形態において、第2の給電ポートは第1の給電ポートに近接して配置される。これは、各給電ポートが、独立して動作（オン）、または隣接する給電ポートへのドライバとして動作（グラウンド）、または電氣的に切断（オフ）することを可能にする。したがって、各放射素子に関して、異なる動作モードを選択することによって、各放射素子の動作周波数を動的に同調することができる。以下の表は、第1の給電ポート（給電ポート1）と第2の給電ポート（給電ポート2）に対する上述の状態の組み合わせを選択することに基づいて、いくつかの可能性のある動作状態を提供する。

40

【 0 0 5 4 】

【表 1】

状態	モード1	給電ポート1	モード2	給電ポート2
1	給電アンテナ	オン	寄生	グラウンド
2	寄生	グラウンド	給電アンテナ	オン
3	給電アンテナ	オン	フローティング	オフ
4	フローティング	オフ	給電アンテナ	オン
5	給電アンテナ	オン	給電アンテナ	オン

表 1 さらなるアンテナの可能性のある動作状態

10

【0055】

モード1およびモード2は第1の放射素子および第2の放射素子の動作モードをそれぞれ示していることが理解されるであろう。したがって、給電ポートがオンであるとき、関連する放射素子是对応するインピーダンス整合回路によってサポートされる周波数で共振する駆動（または給電）アンテナとして機能する。給電ポートがオフである（すなわち、電氣的に切断される）とき、関連する放射素子はフロートする（すなわち任意のサポートされた周波数で共振する）ことが許容される。給電ポートがグラウンドであるとき、関連する放射素子は、寄生素子（すなわち、特定の周波数で共振し、他の放射素子はその周波数をサポート「するのを効率よく妨げる」として機能する。したがって、本発明の実施形態

20

【0056】

本発明の実施形態において、さらなるアンテナの第1の放射素子は、約0.4～3GHzの同調範囲を有してもよく、さらなるアンテナの第2の放射素子は、約1.6～3GHz（またはそれ以上）の同調範囲を有してもよい。

【0057】

単一の同調キャパシタが、さらなるアンテナの各放射素子を、各動作モードにおいて、同調するために利用されてもよい。単一の同調キャパシタは、バラクタダイオードによって構成されてもよい。

30

【0058】

いくつかの実施形態において、3つまたはそれ以上の放射素子が、さらなるアンテナの周波数同調アジリティをさらに増加させるために利用されてもよい。3番目またはそれ以降の放射素子は、先に規定した第1の間隙の内部に位置してもよい。3番目またはそれ以降の放射素子は、3GHzよりも高い周波数において動作するように構成されてもよい。

【0059】

前述のようにさらなるアンテナを利用することの利点は、当業者が、アンテナを、多数の動作周波数まで容易に構成することを可能にすることであると理解されるであろう。さらに、種々のインピーダンス整合回路構成が、さらなるアンテナをリスニングモードおよびアプリケーションモードの両方において動作させるために、容易に実装されることができる。したがって、前述のさらなるアンテナの設計は、幅広い周波数同調範囲または広帯域性能を提供することができる。しかしながら、それは、2つのポートが同じ周波数にあるとき2つのポート間に強い結合があるので、そのままでは、MIMO性能を提供することができない。比較的低い周波数（たとえば、700MHz）においてさえ、シミュレーション結果は、結合がおおよそゼロであることを示したが、携帯電話用途に適した製品のために、少なくとも-15dBの結合が好ましいことが知られている。

40

【0060】

したがって、MIMO用途に適する少なくとも2つの結合していない再構成可能なアンテナを提供するために、さらなるアンテナを、本発明の第1の態様の平衡アンテナシステムと組み合わせることが望ましい。シミュレーションは、本発明の第2の態様の実施形態

50

によって、少なくとも - 30 . 53 dB のアイソレーションが達成され、したがって、そのような構造を、MIMO 装置にとって、理想的なものにすることを示した。また、その結果は、当該アンテナ構造体が、幅広い同調可能範囲（すなわち、470 MHz ~ 2200 MHz）を提供することができ、DVB-H、GSM 710、GSM 850、GSM 900、GPS 1575、GSM 1800、PCS 1900、および UMTS 2100 をカバーする移動式装置における使用の可能性を有することを示唆している。したがって、提案されたアンテナ構造体は、MIMO 用途、特に、電話、ラップトップ、および PDA などの小型の端末携帯装置に対する、理想的な候補である。

【0061】

パラメータ研究は、本発明の実施形態に従う特定のアンテナ構造体の最適な構成を評価するために行われてもよいことが理解されるであろう。

添付の図面を参照して、本発明の実施形態が説明される。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1A】本発明の第1実施形態に従う平衡アンテナの正面図である。

【図1B】図1Aの平衡アンテナの背面図である。

【図2】図1Aおよび図1Bに示された平衡アンテナと一緒に使用するためのバランの回路図である。

【図3】本発明の実施形態に従う平衡アンテナシステムの略図である。

【図4】本発明の実施形態のためのインピーダンス整合回路構成の回路図である。

【図5】本発明の実施形態に従う多重バラン構成および多重インピーダンス整合構成を含む平衡アンテナシステムの回路図である。

【図6】図5に示された回路の第1の構成の、1 . 11 pF から 10 pF までのバラクタ容量の範囲にわたる、周波数に対する反射損失のグラフである。

【図7】図5に示された回路の第2の構成の、0 . 2 pF から 10 pF までのバラクタ容量の範囲にわたる、周波数に対する反射損失のグラフである。

【図8】図5に示された回路の第3の構成の、0 . 38 pF から 10 pF までのバラクタ容量の範囲にわたる、周波数に対する反射損失のグラフである。

【図9A】筐体アンテナを有する図1Aおよび図1Bの平衡アンテナを含む、結合MIMOアンテナシステムの正面図である。

【図9B】図9Aの結合MIMOアンテナシステムの背面図である。

【図10】図5に示された回路に接続されたときの、図9Aおよび図9BのMIMOアンテナシステムのSパラメータのグラフである。

【図11A】平衡アンテナが駆動されたときの、図9Aおよび図9BのMIMOアンテナシステムを介した電流分布を示す。

【図11B】筐体アンテナが駆動されたときの、図9Aおよび図9BのMIMOアンテナシステムを介した電流分布を示す。

【図12A】平衡アンテナが駆動されたときの、図9Aおよび図9BのMIMOアンテナシステムを介した平均電流分布を示す。

【図12B】筐体アンテナが駆動されたときの、図9Aおよび図9BのMIMOアンテナシステムを介した平均電流分布を示す。

【図13A】平衡アンテナが700 MHz で駆動されたときの、図9Aおよび図9BのMIMOアンテナシステムの遠距離電流分布を示す。

【図13B】筐体アンテナが700 MHz で駆動されたときの、図9Aおよび図9BのMIMOアンテナシステムの遠距離電流分布を示す。

【図14A】側面取付筐体アンテナを有する図1Aおよび図1Bの平衡アンテナを含む、別の結合MIMOアンテナシステムの正面図である。

【図14B】図14Aの結合MIMOアンテナシステムの背面図である。

【図15】図5に示された回路に接続されたときの、図14Aおよび図14BのMIMOアンテナシステムのSパラメータのグラフである。

10

20

30

40

50

【図 1 6 A】第 2 の側面取付平衡アンテナを有する図 1 A および図 1 B の平衡アンテナを含む、別の結合 M I M O アンテナシステムの正面図である。

【図 1 6 B】図 1 6 A の結合 M I M O アンテナシステムの背面図である。

【図 1 7】図 5 に示された回路に接続されたときの、図 1 6 A および図 1 6 B の M I M O アンテナシステムの S パラメータのグラフである。

【図 1 8 A】側面取付筐体アンテナを有する 2 つの平衡アンテナを含む、別の結合 M I M O アンテナシステムの正面図である。

【図 1 8 B】図 1 8 A に示された結合 M I M O アンテナシステムの背面図である。

【図 1 9】図 5 に示された回路に接続されたときの図 1 8 A および図 1 8 B の M I M O アンテナシステムについての、S パラメータのグラフである。

10

【図 2 0】本発明の実施形態において使用するための代替のバラン構成の回路図である。

【図 2 1 A】本発明のさらなる実施形態に従う平衡アンテナの正面図である。

【図 2 1 B】図 2 1 A の平衡アンテナの背面図である。

【図 2 1 C】図 2 1 A に示された放射素子の拡大平面図である。

【図 2 2】図 2 1 A ~ 図 2 1 C のアンテナのためのバランおよび整合回路配置である。

【図 2 3】図 2 2 の回路の出力 Z b 1 および Z b 2 の、周波数に対する位相のグラフである。

【図 2 4】図 2 2 の整合回路におけるバラクタが 1 0 p F から 0 . 2 p F まで変化されたときの、周波数に対するシミュレーションした反射係数である。

【図 2 5 A】本発明の別の実施形態に従う平衡アンテナの正面斜視図、および拡大詳細図である。

20

【図 2 5 B】図 2 5 A の平衡アンテナの背面図である。

【図 2 5 C】図 2 5 A および図 2 5 B の平衡アンテナの放射素子の正面平面図である。

【図 2 6】図 2 5 A ~ 図 2 5 C のアンテナのためのバランおよび整合回路配置を含む回路図である。

【図 2 7】図 2 6 の回路におけるバラクタが 1 0 p F ~ 0 . 1 p F まで変化されたときの、周波数に対するシミュレーションした反射係数である。

【図 2 8】図 2 1 A ~ 図 2 1 C のアンテナのためのバランおよび整合回路配置を含む代替の回路図である。

【図 2 9】図 2 8 の回路におけるバラクタが 1 0 p F から 0 . 1 p F まで変化されたときの、周波数に対するシミュレーションした反射係数である。

30

【図 3 0】本発明の実施形態に従うさらなる平衡アンテナの正面および背面図である。

【図 3 1】図 3 0 のアンテナのバランおよび整合回路配置を含む回路図である。

【図 3 2】図 3 1 の回路におけるバラクタが 1 0 p F から 0 . 2 8 p F まで変化されたときの、周波数に対するシミュレーションした反射係数である。

【図 3 3 A】本発明の実施形態に係る別の平衡アンテナの正面斜視図である。

【図 3 3 B】図 3 3 A の平衡アンテナの背面斜視図である。

【図 3 4】図 3 3 A および図 3 3 B のアンテナにおける各放射素子を駆動するための回路図である。

【図 3 5】図 3 4 の回路におけるバラクタをおよそ 1 5 . 4 p F から 0 . 4 p F まで変化させたときの、周波数に対する測定された反射係数である。

40

【図 3 6】図 3 3 B に類似した図面であるが、グランドプレーンがスロットを含むように改良されている。

【発明を実施するための形態】

【0 0 6 3】

図 1 A および図 1 B を参照すると、本発明の第 1 実施形態に従う平衡アンテナシステム 1 0 が示されている。平衡アンテナシステム 1 0 は、以下により詳細に述べるように、再構成可能であり、携帯電話、ラップトップコンピュータ、または P D A などの、携帯用製品における使用のために設計されている。

【0 0 6 4】

50

平衡アンテナシステム 10 は、該システムが通常の携帯電話に容易に収容されるように、およそ $16 \times 40 \text{ mm}^2$ の表面積と、およそ 1.15 mm の厚みとを有するマイクロ波基板 12 (たとえば、プリント回路基板、PCB) 上に設けられる。

【0065】

図 1A に示されるように、第 1 の放射素子 14 が、基板 12 の第 1 の側面 16 であって、基板の第 1 の端部 18 に設けられる。第 1 の放射素子 14 は、実質的に U 字形状の第 1 のストリップ層 20 から形成され、該第 1 のストリップ層は、基板 12 の第 1 の端部 18 の半分に位置し、その開放端 22 が第 1 の端部 18 の中央領域に向かって内方に臨むように配向される。短い給電ライン 24 が、基板 12 の中心に最も近い、第 1 のストリップ 20 の始点に設けられ、基板 12 の長さに沿って延びる。

10

【0066】

また、第 1 の放射素子に実質的に類似する第 2 の放射素子 26 が、基板 12 の第 1 の側面 16 に設けられ、基板 12 の第 1 の端部 18 の隣接する半分に位置する。したがって、第 2 の放射素子 26 は、実質的に U 字形状の第 2 のストリップ層 28 から形成され、該第 2 のストリップ層も、その開放端 30 が第 1 の端部 18 の中央領域に向かって内方に臨むように配向される。したがって、第 2 の放射素子 26 は、第 1 の放射素子 14 とは反対方向に配向される。再び、短い給電ライン 32 が、基板 12 の中心に最も近い、第 2 のストリップ 28 の始点に設けられ、基板 12 の長さに沿って延びる。

【0067】

間隙 34 が、第 1 および第 2 の放射素子 14, 26 の各給電ライン 24, 32 の間、および第 1 および第 2 のストリップ 20, 28 の各端 36 の間に設けられる。したがって、第 1 および第 2 の放射素子 14, 26 は、ダイポールアンテナ 37 を形成する。図 1A に示された実施形態において、第 1 および第 2 の放射素子 14, 26 は、およそ $40 \times 10 \text{ mm}^2$ の領域にわたって、一緒に延在する。

20

【0068】

図 1B に示されるように、グランドプレーン 38 が、基板 12 の第 2 の側面 40 上であって、第 1 の側面 16 の反対側に設けられる。グランドプレーン 38 は、実質的に、矩形であり、基板 12 の (第 1 の端部 18 の反対の) 第 2 端 42 から給電ライン 24, 32 の実質的に反対の位置まで、基板 12 表面の実質的に全体を占める。グランドプレーン 38 は、およそ $100 \times 40 \text{ mm}^2$ のサイズを有する。

30

【0069】

平衡アンテナシステム 10 は、バランおよび 2 つの整合回路であって、第 1 および第 2 の放射素子 14, 26 に接続され、明瞭性の理由により図 1A および図 1B においては示されていないが、グランドプレーン 40 の反対側である基板 12 の第 1 の側面 16 に設けられる、バランおよび 2 つの整合回路を含む。

【0070】

適切なバラン 50 の一例が、LC 回路図として図 2A に示されている。この特定のバラン 50 は、広帯域構成を有し、実質的に、Iizuka および Watanabe によって、特開 2005-198167 号公報に記載されている。したがって、バラン 50 は、T 結合 52 への入力を形成する第 1 の (不平衡) ポート Z_u を含み、該 T 結合は、第 1 のポ

40

【0071】

ポート Z_u において受信した電気信号を、ハイパス 54 およびローパス 56 に分割するように構成される。ハイパス 54 は、第 1 のハイパスフィルタ (HPF) に供給するように配置され、ローパスは、第 2 のローパスフィルタ (LPF) に供給するように配置される。

【0072】

ハイパスフィルタ (HPF) は、L-C 回路から構成され、該 L-C 回路は、直列に接続された 3 つのキャパシタ C_{H1} , C_{H2} , C_{H1} 、および前記キャパシタ間に設けられた各分岐から並列に接続された 2 つのインダクタ L_{H1} , L_{H1} を有する。各インダクタ L_{H1} は、グランドプレーン 40 に接続され、キャパシタ C_{H1} , C_{H2} , C_{H1} からの出力は、インピーダンス Z_{bH} を構成する。

50

ローパスフィルタ (LPF) は、LC回路から構成され、該LC回路は、直列に接続された3つのインダクタ L_{L1} 、 L_{L2} 、 L_{L1} 、および前記インダクタ間に設けられた各分岐から並列に接続された2つのキャパシタ C_{L1} 、 C_{L1} を有する。各キャパシタ C_{L1} は、グランドプレーン40に接続され、インダクタ L_{L1} 、 L_{L2} 、 L_{L1} からの出力は、インピーダンス Z_{bL} を構成する。 Z_{bH} および Z_{bL} は、協同して、平衡出力 Z_b を形成する。

【0073】

図3に示されているように、本発明の本実施形態に従う平衡アンテナシステム10は、図2に示されたバラン50であって、図1Aに示された平衡ダイポールアンテナ37に給電するために用いられ、それらの間に設けられたインピーダンス整合回路60を有する、バラン50を含む。この図面において、入力ポート1が示されており、それは、バラン50の第1の(不平衡)ポート Z_u に給電して、平衡アンテナシステム10を駆動することに気付くであろう。より具体的には、バラン50からのインピーダンス Z_{bH} を有するハイパスフィルタは、ダイポールアンテナ37の整合回路60およびフィード1(すなわち、図1Aの給電ライン24)に接続され、バラン50からのインピーダンス Z_{bL} を有するローパスフィルタは、ダイポールアンテナ37の整合回路60およびフィード2(すなわち、図1Aの給電ライン32)に接続される。

【0074】

以下により詳細に説明するように、ダイポールアンテナ37とバラン50との間に整合回路を組み込むことによって、システムは、再構成可能とされることができ、DVB-H、すべてのGSM、およびUMTS2100周波数帯域をカバーすることができる470MHz~2200MHzの幅広い同調範囲を提供するために使用されることができ。

【0075】

図4は、本発明の実施形態において使用されることができると特定のインピーダンス整合回路の回路図を示す。この図面において、インピーダンス Z_{bH} を有するハイパスフィルタおよびインピーダンス Z_{bL} を有するローパスフィルタのための、バラン50からフィード1およびフィード2のそれぞれまでの経路が分離され、それによって、インピーダンス整合回路60が、第1の整合回路62および第2の整合回路64に分けられることに注目すべきである。この特定の実施形態において、第1および第2の整合回路62、64は同一であり、インピーダンス変換を平衡ダイポールアンテナ37の各レッグに提供するように構成される。

【0076】

より具体的には、第1および第2整合回路62、64は、各々、グランドプレーン40に平行に接続されたインダクタ L_2 、ならびに、直列に接続されたキャパシタ C_1/C_2 およびインダクタ L_1 を含む。キャパシタ C_1/C_2 は、第1および第2整合回路62、64のインピーダンスが、周波数の領域にわたって、アンテナ37を同調すべく調整されることを可能にするように、可変である。

【0077】

図4に示された実施形態は、周波数のある領域にわたる同調を可能にすることができるが、図5に示されているような多重バラン構成および多重インピーダンス整合構成を、統合された同調回路70に含めることによって、より大きな同調範囲が達成される。この実施形態において、入力ポート1(不平衡給電ライン)が、回路70の左側に設けられ、該不平衡給電ラインは、バラン構成72を介して、2つの平衡給電ラインに変換される。ハイパスフィルタは、第1のインピーダンス整合回路74と、フィード1を介して、平衡ダイポールアンテナ37とに接続され、ローパスフィルタは、第2のインピーダンス整合回路76に接続され、フィード2を介して、平衡ダイポールアンテナ37に接続される。

【0078】

バラン構成72は、第1のハイパスフィルタ78、および第2のハイパスフィルタ80を含み、該第1および第2のハイパスフィルタは、構成において、図2に関連して前述したハイパスフィルタに同一であるが、キャパシタおよびインダクタの各々については異なる

る値を有する。第1の(単極双投)スイッチ82が、第1または第2のハイパスフィルタ78, 80のうちの常に利用されるべき1つを選択するために設けられる。また、第1のローパスフィルタ84、および第2のローパスフィルタ86が、設けられ、該第1および第2のローパスフィルタは、構成において、図2に関連して前述したローパスフィルタに同一であるが、ふたたび、キャパシタおよびインダクタの各々については異なる値を有する。第2の(単極双投)スイッチ82が、第1または第2のローパスフィルタ84, 86のうちの常に利用されるべき1つを選択するために設けられる。

【0079】

第1のインピーダンス整合回路74は、図4に関連して前述した形式を有するが、インダクタとして並列に選択されることができる(L_2)3つの異なるインダクタ(L_7 , L_8 , L_9)、およびインダクタとして直列に選択されることができる(L_1)さらなる3つの異なるインダクタ(L_1 , L_2 , L_3)を含む。第1のインピーダンス整合回路74のための部品の、所望の組み合わせを作動させるために、種々のスイッチが提供される。上述のように、同調可能なキャパシタ C_1 (すなわち、バラクタ)が、インダクタの2つのセットの間に設けられる。同調可能なキャパシタ C_1 は、0.2 pFから10 pFまで同調されることができる。

【0080】

同様に、第2のインピーダンス整合回路76は、図4に関連して前述した形式を有するが、インダクタとして並列に選択されることができる(L_2)3つの異なるインダクタ(L_{14} , L_{15} , L_{16})、およびインダクタとして直列に選択されることができる(L_1)さらなる3つの異なるインダクタ(L_4 , L_5 , L_6)を含む。第2のインピーダンス整合回路76のための部品の、所望の組み合わせを作動させるために、種々のスイッチが提供される。前と同様に、同調可能なキャパシタ C_2 (すなわち、バラクタ)が、インダクタの2つのセットの間に設けられる。同調可能なキャパシタ C_2 は、0.2 pFから10 pFまで同調されることができる。

【0081】

図5に示された回路は、シミュレーションツール(CST Microwave Studio(登録商標))を用いて設計され、該シミュレーションツールにおいては、図1Aおよび図1Bのアンテナ構造体が過渡ソルバーを用いてシミュレーションされて、アンテナ応答を表す1-Port S-Parameterファイルが生成され、該ファイルは、整合回路を設計するための出発点として用いられた。第1および第2の整合回路74, 76内部の部品の値は、文献の範囲内の標準的公式を用いて算出された。その後、Microwave Office(AWR Corporationから利用できる、無線周波数/マイクロ波設計プラットフォーム)が、アンテナの反射損失特性を最適化するために、各インダクタの値を調節すべく用いられた。キャパシタ C_1 および C_2 は、設計工程のこの段階の間、10 pFにそれぞれ固定された。同一のシミュレーションツールが、明細書において記載された、すべてのシミュレーションのために用いられたことに気付くであろう。

【0082】

出願人は、これらのシミュレーションの間に、所望の動作帯域(470 MHz ~ 2200 MHz)全体にわたる単一の共振周波数であって、少なくとも6 dBの反射損失を有する単一の共振周波数を得るためには、バラン72のための2つの異なる構成とともに、整合回路74, 76の各々のための3つの異なる構成が要求されることを発見した。これらの異なる構成は、図5に示される回路に統合されたが、必要に応じて、3つの別個の回路として提供されることができる。

【0083】

以下の表2は、要求されるスペクトル範囲を生成するために、図5に示されたスイッチに要求される論理状態を記載する。本実施形態において、図5のスイッチ82のような、単極双投スイッチは、'1'によって表される'on'位置、および'0'によって表される'off'位置にある。図5に示されたような双極双投スイッチに対して、'0'は

10

20

30

40

50

、ノード1および2が接続され、ノード4および5が接続される状態を表すが、‘1’は、ノード1および3が接続され、ノード4および6がそれぞれ接続される状態を表す。図5に示されているように、各スイッチは、初期設定位置において示される。

【0084】

【表2】

モード	X	Y	Z	動作帯域 OUTPUT (MHz)
A	1	1	0	470～640
B	1	0	0	630～1520
C	0	0	1	1500～2200

表2 動作論理状態

10

【0085】

したがって、表2に記載され、モードA、B、およびCとして表された3つの状態は、アンテナの動作の、3つの相対的に狭い帯域に関する。

【0086】

モードA動作において、バラクタ C_1 および C_2 を、図6に示されるように、10pFから1.11pFまで一緒に変化させることによって、共振周波数を、470MHzから640MHzまで動かすことが可能である。

20

【0087】

図7は、バラクタ C_1 および C_2 を共に10pFから0.21pFまで変化させることによって、共振周波数を630MHzから1520MHzまで同調することができるモードB動作を示す。

【0088】

同様に、図8は、モードC動作を示し、バラクタ C_1 および C_2 を10pFから0.38pFまで共に変化させた場合、共振周波数は1500MHzから2200MHzまで変化することを示す。

【0089】

したがって、理想的な構成要素を用いるシミュレーション結果は、本アンテナ構造体が1730MHzの幅広い同調範囲を有することを示す。よって、アンテナの共振周波数は、DVB-H、GSM710、GSM850、GSM900、GPS1575、GSM1800、PCS1900およびUMTS2100帯をカバーするように同調することができる。

30

【0090】

バラクタ C_1 および C_2 は、上述の例ではそれぞれ共に変化するが、他の実施形態において、同調は各バラクタを異なる値に設定することによって達成されてもよいことに気付くであろう。

【0091】

マルチプルインプット・マルチプルアウトプット(MIMO)用途に適したアンテナ構造体90は、本発明における他の実施形態に係る図9Aおよび図9Bに示されている。アンテナ構造体90は、2ポート筐体アンテナ100と組み合わせて、上述の平衡アンテナシステム10を備える。上述のように、MIMOデバイスは、追加のスペクトルまたは送信電力を必要とすることなく通信回線の容量を増加させるために複数の無相関チャネル/アンテナを利用する。無相関アンテナは、必要な(または最高の)アンテナ間のアイソレーションを導入するために適切な位置で終端するべきである。アンテナが使用可能な最大距離(例えば、基板12の一方の上端と、下縁部で他端と)で離間される場合に、最も高いアイソレーション値が達成されることが多い。この特定の実施形態において、アンテナは、基板12の長さに沿って約100mmの距離で分離される。

40

【0092】

50

本願において、本発明に係るMIMOシステムの多くの例が記載されている。最初の3つの例について、MIMOシステムは、2つの別個のアンテナを備えることに気付くであろう。一方、第4の例では、MIMOシステムは、3つの別個のアンテナを備える。

【0093】

図9Aおよび図9Bに示されるMIMOシステムにおいて、2ポート筐体アンテナ100は、GB0918477.1に詳細に記載されている種類のものであり、同時デュアルバンド動作が可能である非共振結合素子112, 114の対を備える。結合素子112, 114は、 $40 \times 5 \times 7 \text{ mm}^3$ の比較的小さな容積空間を占め、基板12の第2面40と同一面の筐体116の先端部に位置し、一方、平衡アンテナシステム10のダイポールアンテナ37は、反対側の第1の側面16に位置する。

10

【0094】

より具体的には、2つの結合素子112, 114は、互いに近接して取り付けられ、グランドプレーン38上で駆動される。第1の結合素子112は、グランドプレーン38に平行な筐体116を構成する平面部分と、グランドプレーン38に直交する直交部分118とを有するL字状の金属パッチによって構成されている。上述のように、平面部分116は、グランドプレーン38から基板の反対側に設けられ、そこから側方に離間されている。直交部分118は、いわゆる第1の間隙120によってグランドプレーン38から離間されるように、グランドプレーン38から最も遠い平面部116の縁から延びる。この特定の実施形態において、第1の間隙120は10mm以下である。

【0095】

20

また、第2の結合素子114は、この例において、平面矩形を形成する金属パッチによって構成されている。また、第2の放射素子114は、グランドプレーン38に直交して配向され、第1の間隙120内に配置されている。したがって、第2の放射素子114は、L字状の第1の結合素子112によって2つの隣接する面に有効に囲まれている。図示の実施形態では、第2の結合素子114は、第1の結合素子112の約半分の長さであり、第1の結合素子112の縁からわずかに差し込まれている。グランドプレーン38と第2の結合素子114との間の距離は、いわゆる第2の間隙122を形成する。第2の結合素子114と第1の結合素子112の直交部分118との間の距離は、それらの間の相互結合の量を決定する。したがって、この距離は相互間隙124と称される。

【0096】

30

図示されていないが、各放射素子112, 114は、それぞれ第2の給電ポート126および第3の給電ポート128を介して、第1および第2の制御モジュールに接続されている。第2の給電ポート126（ポート2）は、第1の結合素子112と第1の制御モジュール（図示せず）の直交部分118との間に延び、第1の結合素子112の長さに沿った距離の約3分の1の距離に配置されている。第3の給電ポート128（ポート3）は、第2の給電ポート126に隣接して配置され、隣接する第2の制御モジュール（図示せず）に接続されている。GB0918477.1号明細書に記載されているように、各結合素子112, 114は、選択的に独立して駆動させることができ、フロートさせることができ、または各制御モジュールの動作によってグランド状態に接続されることができる。したがって、平衡ダイポールアンテナ37の同調に関連して上述の方法と同様の方法において異なる動作モードを選択することによって、各結合素子112, 114の動作周波数を動的に同調することができる。

40

【0097】

ポート1を介して平衡アンテナシステム10を駆動し、筐体アンテナ100の結合素子112, 114のそれぞれを動作させるためにポート2およびポート3を用いることによって、MIMOアンテナ構造体90を動作させることができる。実証目的のために、ポート1は図5に示されるものと同様の回路に接続され、ポート2のみが筐体アンテナ100に接続され動作された。より具体的には、ポート2はGB0918477.1に記載された種類の回路に接続され、ポート3は50オームの負荷にのみ接続されたが、個別に同調することが可能であった。

50

【0098】

図10は、上述の状況下における図9Aおよび図9BのMIMOアンテナ構造体のSパラメータのグラフを示す。したがって、平衡アンテナシステム10の反射損失は、約-11.62dBであることが見出されたが、筐体アンテナ100のポート2の反射損失は約-35.92dBであった。また、S₂₁反射損失（平衡アンテナ10と筐体アンテナ100との間のアイソレーションの尺度である）は、約-30.53dBであることが図10から明らかである。

【0099】

平衡アンテナ10と筐体アンテナ100との間のわずかなアイソレーションは、平衡アンテナ10が駆動される（図11A）か、または筐体アンテナ100が駆動される（図11B）ときに取得される図11Aおよび図11Bの電流分布プロットから説明することができる。したがって、それぞれの例において、電流は駆動されるアンテナの周囲に特に集中し、他のアンテナにはほとんどまたは全く電流が流れないことが分かる。

10

【0100】

また、図12Aおよび図12Bは、平衡アンテナ10が駆動されるか、または筐体アンテナ100が駆動されるときに平均的な電流分布を示す図によってこの結果を裏付けている。

【0101】

図13Aおよび図13Bに示されるように、MIMOアンテナシステムのための電流分布の指向性は、平衡アンテナが駆動されたとき（図13A）と、筐体アンテナが駆動されるとき（図13B）とで異なっている。したがって、このことは2つのアンテナ間の結合が弱い理由を説明する。

20

【0102】

なお、本シミュレーションは、理想的な部品を用いて計算されることに気付くであろう。実際には、図5の整合回路のアンテナ構造体90との統合が、アンテナ構造体の効率および利得に影響を与えるであろう。この影響は、アンテナ構造体90が整合回路に接続された後、平衡アンテナが-1.038dBの全効率と0.7664dBの実現利得とを有し、一方、筐体型アンテナが-5.06dBの全効率と-3.072dBの実現利得とを有するように計算された。したがって、これらの結果は、整合回路の付加損失を反映する。

30

【0103】

図14Aおよび図14Bは、図1Aおよび図1Bの平衡アンテナ10と、図9Aおよび図9Bの筐体アンテナ100とを含む、他の結合MIMOアンテナシステム140の正面図および背面図をそれぞれ示すが、この場合において、筐体アンテナ100は、基板12の端ではなく側面に取り付けられている。筐体アンテナ100は、この構成における2つのアンテナ間に可能な最大のアイソレーションをもたらすように、平衡アンテナ10に比べて基板12の反対側の端（および基板の反対側）に向かって取り付けられている。図示されるように、前記アンテナは基板12の長さに沿って約60mmの距離で分離される。

【0104】

上述のように、ポート1は平衡アンテナ10に接続されて図5の回路によって駆動され、ポート2は（GB0918477.1に記載されている種類の整合回路によって駆動される）大きな結合素子112に接続され、ポート3は小さな結合素子114に接続されて50オームの負荷のみにつながれた。

40

【0105】

図15は、図5の整合回路を組み込む平衡アンテナ10の反射損失が約-22.16dBであるが、一方、筐体アンテナ100の反射損失が約-46.98dBであることを示している。平衡アンテナ10と筐体アンテナ100との間のS₁₂アイソレーションが、約-22.62dBであることも図15から明らかである。

【0106】

図16Aおよび図16Bは、図1Aおよび図1Bの平衡アンテナ10と、（図1Aおよ

50

び図1Bに示されたものと同一であり)平衡アンテナ10に比べて基板12の反対側の端に向かって(および基板12の同一の側面上に)取り付けられるが、平衡アンテナ10に直角に配向され、図示されるように上端に沿って配置される第2平衡アンテナ152を含む、他の結合MIMOアンテナシステム150の正面図と背面図とをそれぞれ示す。図示されるように、アンテナは、基板12の長さに沿って約60mmの距離で分離される。

【0107】

この実施形態において、ポート1は上述のように接続され、ポート2は第2平衡アンテナ152に接続され、図5に示されるものと同様のさらなる最適化回路に接続されている。

【0108】

図17は、各アンテナがそれぞれの整合回路に接続されているときの、MIMOアンテナシステム150のSパラメータを示す。平衡アンテナ10の反射損失は約-11.12dBであるが、一方、第2平衡アンテナ152の反射損失は約-9.52dBである。また、本実施形態において、2つの平衡アンテナ間のS12アイソレーションは約-17.65dBであることが分かる。

【0109】

図18Aおよび図18Bは、(図1Aおよび図1Bに関して記載されたものと同一である)2つの平衡アンテナ10と、図9Aおよび図9Bに関して記載された筐体アンテナ100を含む、他の結合MIMOアンテナシステム160の正面図および背面図をそれぞれ示す。しかしながら、この特定の実施形態において、基板162は約90×60mm²の面積を有し、筐体アンテナ100は基板162の長辺の中間に取り付けられ、2つの平衡アンテナ10は筐体アンテナ100から最も遠い基板162の2つの角のそれぞれに向けて取り付けられている。また、2つの平衡アンテナ10は、基板162の長さに対して約45°の傾斜角度で内側に配向されている。2つの平衡アンテナ10は、それぞれ基板162の短手方向に沿った方向に筐体アンテナ100から約30.64mm分離され、基板162の長手方向に沿って互いに約19.29mm分離されている。

【0110】

この実施形態において、ポート1およびポート2は平衡アンテナ10のそれぞれに接続され、それぞれの整合回路とポート3とは、筐体アンテナ100(およびその最適化された整合回路)の大きな結合素子112に接続されている。小さな結合素子114は、この実施形態における開回路として残される。

【0111】

図19は、整合回路を組み込む平衡アンテナ10の第1反射損失が約-28.32dBであるが、一方、整合回路を組み込む平衡アンテナ10の第2反射損失が約-12.14dBであり、整合回路を組み込む大きな結合素子112の反射損失が約-23.41dBであることを示す。また、適合は、これらのアンテナ間のアイソレーションは、2つの平衡アンテナの間で約-10.885dB、筐体アンテナと第2平衡アンテナとの間で-16.88dB、筐体アンテナと第1平衡アンテナとの間で-17.07dBであることを示している。

【0112】

図20は、本発明の実施形態で用いることができる代替のバラン170の回路図を示す。バラン170は、IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol. 15, No.2, February 2005で出版された「Compact 28-GHz Subharmonically Pumped Resistive Mixer MMIC Using a Lumped-Element High-Pass/Band-Pass Balun」においてYeh, LiuおよびChiouによって実質的に記載されたようなLC回路を含む。

【0113】

図示されるように、バラン170は、ハイパスフィルタ(第1フィルタ)172と、バンドパスフィルタ(第2フィルタ)174とを備える。第1(アンバランス)ポートZ_uは、T結合を介してハイパスフィルタ172と、バンドパスフィルタ174とに接続されている。ハイパスフィルタ172は、キャパシタCとインダクタLとを備え、インピーダ

10

20

30

40

50

ンス Z_{b1} から構成される出力を備える。バンドパスフィルタ174は、3つのインダクタと、2つのコンパクタとを備え、インピーダンス Z_{b2} から構成される出力を備える。本実施形態においてインダクタLは全て同一であるが、バンドパスフィルタ174において(2Cで表わされた分路キャパシタを構成する)キャパシタの1つは、他のキャパシタCの2倍の値である。

【0114】

本質的に、バラン170は並列に接続された、1つのハイパスフィルタ172と1つのバンドパスフィルタ174とを含む異相パワースプリッタであることに気付くであろう。このバラン170は、広帯域動作をもたらすことができる(また、より少ない損失をもたらす上述のバラン50よりも少ない構成要素を有する)が、実際には、バラン170は、アンバランス出力 Z_{b1} と Z_{b2} との間に180°未満の位相差をもたらしてもよい。したがって、180°の位相差が必要な実施形態では、図2に示される種類のバランを採用することがより便利であり、180°の位相差が必要ない実施形態では、図20に示される種類のバランを採用することがより便利であろう。

【0115】

また、バラン170が本発明の実施形態において採用される場合、ただ1つのバラン170構造と、それぞれ第1および第2整合回路のただ2つの構造を採用することによって約470~2200MHzの所望の同調範囲を得ることができる。したがって、図5に示される実施形態に比べて単純な回路を採用することができる。

【0116】

本発明のさらなる実施形態に係る平衡アンテナシステム200は、図21A~図21Cに示される。上述のように、平衡アンテナシステム200は、以下でより詳細に説明するように、再構成可能であり、携帯電話、ラップトップまたはPDAなどの携帯製品において用いるために設計される。

【0117】

平衡アンテナシステム200は、当該システムが容易に従来の携帯電話に収容できるように、約110mmの長さ L_1 、約40mmの幅W、および約5mmの厚みHを有するマイクロ波基板202(たとえば、プリント回路基板、PCB)に設けられる。

【0118】

図21Cに最もよく示されるように、第1の放射素子204は、基板202の第1の端部208において、基板202の第1の側面206に設けられている。第1の放射素子204は、第1の端部208に向かって基板202の半分に位置し、かつその開放面212が第1の端部208の中央領域に向かって内方に臨むように配向される実質的にL字状の第1のストリップ層によって構成されている。短い給電ライン214は、基板202の中央に近接する第1の放射素子204の始点に設けられ、基板202の長辺に沿って延びている。

【0119】

第1の放射素子204と実質的に類似する第2の放射素子216も、基板202の第1の側面206に設けられ、基板202の第1の端部208の隣接する半分に位置している。したがって、第2の放射素子216は、実質的にL字型の第2のストリップ層によって構成され、当該第2のストリップ層は、その開放面220が第1端部208の中央領域に向かって内方に臨むように配向される。したがって、第2の放射素子216は、第1の放射素子204とは反対方向に配向される。短い給電ライン222は、基板202の中央に最も近い第2の放射素子216の始点に改めて設けられ、基板202の長辺に沿って延びる。

【0120】

間隙224は、第1および第2の放射素子204, 216のそれぞれの給電ライン214, 222の間と、第1および第2のストリップのそれぞれの端226の間とに設けられる。したがって、第1および第2の放射素子204, 216は、大きなダイポールアンテナ227を形成する。図21Cに示される実施形態において、第1および第2の放射素子

10

20

30

40

50

204, 166は、基板202の長辺に沿って約70mm延びる長辺 l_1 と、基板202の幅に沿って約19mm延びる短辺 l_2 とを有する。それぞれ第1および第2のストリップの幅 W は、約1mmであり、間隙224は約2mmの範囲 d を有する。給電ライン214, 222のそれぞれは、約10mmの長さ l_3 を有する。

【0121】

図21Bに示されるように、グランドプレーン228は、第1の側面206とは反対側の、基板202の第2の側面230に設けられる。グランドプレーン228は、実質的に矩形であり、基板202の(第1端部208とは反対の)第2端232から給電ライン214, 222の自由端に実質的に対向する位置まで基板202全体を実質的に占める。グランドプレーン228は、約100mmの長辺 L_2 を有し、基板202の全幅 W にわたって延びる。

10

【0122】

また、平衡アンテナシステム200は、バランと、第1および第2の放射素子204, 216に接続される2つの整合回路とを含み、第1および第2の放射素子は、明瞭化のために図21A~21Cに示されていないが、グランドプレーン228に対向して、基板202の第1の側面206上に設けられるであろう。

【0123】

図22は、適切なバラン240と、図21A~図21Cのアンテナ200のための整合回路配置250との回路図を示している。バラン240は、(1nHの)1つのインダクタ L_5 と、(0.1pFの)1つのキャパシタ C とを含み、当該インダクタ L_5 およびキャパシタ C は、不平衡信号 Z_u を分割するT結合242から並列分岐して接続される。整合回路装置250は、バラン240のインダクタ L_5 に接続され、実際に第1の放射素子204の給電ライン214に供給される平衡信号 Z_{b1} で終端する第1の整合回路252と、バラン240のキャパシタ C_3 に接続され、実際に第2の放射素子216の給電ライン222に供給される平衡信号 Z_{b2} で終端する第2の整合回路254とを備える。第1および第2の整合回路252, 254は、それぞれ、インダクタ L_3, L_4 (それぞれ3.5nH)と、キャパシタ C_1, C_2 (それぞれ10pF)と、第2インダクタ L_1, L_2 (それぞれ9.4nH)とを備える。それぞれの場合において、キャパシタ C_1, C_2 は、10pFから0.2pFまで変化させることができるバラクタで置き換えられてもよい。

20

30

【0124】

図23に示されるように、平衡給電 Z_{b1} および Z_{b2} を必要な動作帯域幅内の不平衡給電 Z_u に変換するために、第1の整合回路252および第2の整合回路254とバラン240との統合は、約180°の所要の位相差がもたらされるように最適化された。

【0125】

図24は、図22の回路によって給電されたとき、大きな平衡アンテナ200用の周波数に対するシミュレートされた反射係数を示す。より具体的には、平衡アンテナは、同時に3つの共振をもたらすように構成されており、整合回路配置250におけるバラクタ(C_1 および C_2 で示される)は、上述の6dBの反射損失を維持したままで、3つの共振周波数を同時に移動させ、低帯域(700MHz~1010MHz)、中帯域(1620MHz~2490MHz)、高帯域(2740MHz~3000MHz)をカバーするように10pFから0.2pFまで変化させることができる。したがって、本アンテナ構造体200は、現実の部品の損失を考慮しても、必要な動作帯域内で高い効率をもたらすことができる。アンテナ構造体のさらなる最適化、またはさらなる整合回路の追加は、関心のある任意の残りの周波数帯域をカバーするように用いられてもよい。

40

【0126】

図25A、図25Bおよび図25Cは、他の実施形態に係る、単一の可変共振周波数を有する再構成可能な平衡ダイポールアンテナ300を示す。平衡アンテナ300は、2.33の誘電率、0.0009の損失正接、1.143mmの厚み、約114mmの長さ L_1 および約40mmの幅 W を有するマイクロ波基板302であるTaconic TLY

50

- 3 - 0 4 5 0 - C 5 上に設けられる。アンテナ 3 0 0 は、基板 3 0 2 の第 1 端 3 0 6 に取り付けられた 2 つの金属放射素子 3 0 4 を備え、それらは約 4 0 mm × 1 4 mm の総面積を占めるように基板 3 0 2 の幅 W 上に実質的に延びている。放射素子 3 0 4 は、0 . 0 1 7 7 8 mm の金属の厚みを有し、たとえばスペーサ (図示せず) を用いて、基板 3 0 2 上 5 mm の高さ H に取り付けられている。したがって、アンテナ 3 0 0 を容易に従来の携帯電話に収容することができる。

【 0 1 2 7 】

図 2 5 B に示されるように、金属グランドプレーン 3 0 7 は、基板 3 0 2 の背面に設けられている。グランドプレーン 3 0 7 は、1 0 0 × 4 0 mm² の面積を占め、放射素子 3 0 4 が配置された領域の端に対向する位置で終端する。

【 0 1 2 8 】

放射素子 3 0 4 は、各放射素子 3 0 4 間に 2 mm の間隙が設けられるようにして、基板 3 0 2 の長手方向の中心軸の両側に対称に配置される。各放射素子 3 0 4 は、実質的には長方形状であるが、各長方形の内側部分 3 1 0 が、第 1 の端部 3 0 6 で欠落し、欠落した内側部分 3 1 0 から、基板 3 0 2 の縁に近接する位置であって、その縁から間を空けた位置まで延びる横スリット 3 1 2 が、第 1 の端部 3 0 6 から少し離れて設けられるように、L 字型の切欠き 3 0 8 が第 1 の端部 3 0 6 に隣接して設けられる。各放射素子 3 0 4 の外側の縁で、第 1 の端部 3 0 6 とは反対側の端部には、小さな長方形 3 1 4 の形をした切欠きがさらに設けられる。給電ライン 3 1 5 は、放射素子 3 0 4 を後述する制御回路に接続するために、第 1 の端部 3 0 6 とは反対側の端部において、放射素子 3 0 4 のそれぞれの内側の縁に隣接して設けられる。平衡アンテナ 3 0 0 のすべての特徴の寸法が、以下の表 3 で与えられる。

【 0 1 2 9 】

【表 3】

H	5 mm	w ₄	1 2 mm
W	4 0 mm	w ₅	1 4 mm
L ₁	1 1 4 mm	l ₁	2 mm
L ₂	1 0 0 mm	l ₂	1 0 mm
w ₁	1 4 mm	l ₃	2 mm
w ₂	5 mm	l ₄	2 mm
w ₃	1 7 mm	l ₅	1 2 mm

表 3 図 2 5 A ~ 図 2 5 C に示されるアンテナの寸法

【 0 1 3 0 】

図 2 6 は、図 2 5 A ~ 図 2 5 C のアンテナ 3 0 0 のためのバラン 3 2 0 と整合回路 3 2 2 とを含む回路図である。実際には、バラン 3 2 0 および整合回路 3 2 2 は、基板 3 0 2 上であって、グランドプレーン 3 0 7 とは反対側に設けられ、給電ライン 3 1 5 を介して放射素子 3 0 4 に接続される。本実施形態では、バラン 3 2 0 は、並列に接続された 1 0 . 4 nH のインダクタと 1 . 9 pF のキャパシタとを含んでいる。整合回路 3 2 2 は、2 つの同一の回路を含み、その 2 つの回路はそれぞれ、バラン 3 2 0 の枝と放射素子 3 0 4 の 1 つとの間に接続され、また、4 1 nH のインダクタと直列に接続された、最大で 1 0 pF のバラクタ C₁ と並列に接続された 1 . 3 nH のインダクタを含んでいる。

【 0 1 3 1 】

図 2 7 に示すように、図 2 6 のバラクタ C₁ を 1 0 pF から 0 . 1 pF まで変化させることによって、少なくとも 6 dB の反射損失で、アンテナ 3 0 0 の周波数を、およそ 7 0 0 MHz から最大で 2 4 3 4 MHz まで同調することができる。DVB-H の帯域もしくは 2 5 0 0 MHz を超える帯域のためには、さらなる整合回路が設けられるであろう。こ

のように、アンテナ 300 は、回路内における集中定数素子に関して散逸損失が高く、700 MHz のような低い周波数で低効率であるが、そのサイズは、たとえば腕時計型携帯電話などの小さな端末における MIMO 用途に適している。

【0132】

本発明のさらなる実施形態では、図 21A ~ 図 21C に示されている構造と同じ構造であって、以下の表 4 に列挙された寸法を有する再構成可能な平衡アンテナが与えられる。

【0133】

【表 4】

H	5 mm	L ₁	110 mm
W	40 mm	L ₂	100 mm
l ₁	50 mm	l ₂	19 mm
l ₃	10 mm	d	2 mm
w	1 mm	—	—

10

表 4 図 21A ~ 図 21C に示されるアンテナの寸法

【0134】

このように、アンテナは、大きさが 50 mm × 40 mm で、1 mm のトラック幅を有し、金属の厚みが 0.01778 mm である L 字型のダイポールアームを含み、全体的な大きさが 110 × 40 mm² であり、100 × 40 mm² の大きさのグランドプレーンを有している。そのアンテナは、マイクロ波基板物質である Taconic TLY-3-0450-C5 上に形成され、そのマイクロ波基板材料は、誘電率が 2.33 であり、損失正接が 0.0009 であり、厚みが 1.143 mm である。

20

【0135】

図 28 は、上記のアンテナのための回路図を示している。この回路は、基板 202 上であって、グランドプレーン 228 とは反対側に設けられ、かつ給電ライン 214, 222 を介して放射素子 204, 216 に接続される、バラン 330 と整合回路 332 とを含んでいる。本実施形態では、バラン 330 は、並列に接続された 12 nH のインダクタと 2 pF のキャパシタとを含んでいる。整合回路 332 は、2 つの同一の回路を含み、その 2 つの回路はそれぞれ、バラン 330 の分岐部と放射素子 204, 216 の 1 つとの間に接続され、また、26 nH のインダクタと直列接続された、最大で 10 pF のバラクタ C₁ と並列接続された 7.3 nH のインダクタを含んでいる。

30

【0136】

図 29 に示すように、図 28 のバラクタ C₁ を 10 pF から 0.1 pF まで変化させることによって、少なくとも 6 dB の反射損失で、633 MHz から 3000 MHz を超える値までの範囲を同時にカバーするように 3 つの離れた周波数を同調することができる。より具体的には、6 dB を超える反射損失を維持しながら、低帯域の共振周波数を 648 MHz から 1616 MHz までの範囲で、中間帯域の共振周波数を 1704 MHz から 2560 MHz までの範囲で、高帯域の共振周波数を 2280 MHz から 3000 MHz を超えるまでの範囲で同調することができる。DVB-H の帯域のためには、さらなる整合回路が用いられるであろう。このように、集中定数素子および基板において、低い周波数で低効率をもたらす散逸損失があるにもかかわらず、並外れた同調範囲により、このアンテナを、特に低損失材料から形成する場合に、小さな端末における MIMO 用途に適したものにしている。

40

【0137】

図 30 は、本発明の実施形態に係るさらなる再構成可能な平衡アンテナ 400 の正面図および背面図を示している。アンテナ 400 は、図 21A ~ 図 21C に示されている上記のアンテナに類似しているが、今回は、以下の表 5 に列挙された寸法を有している。

【0138】

50

【表 5】

H	5 mm	L_1	110 mm
W	40 mm	L_2	100 mm
l_1	70 mm	l_2	19 mm
l_3	10 mm	d	2 mm
w	1 mm	—	—

表5 図30に示されるアンテナの寸法

10

【0139】

このように、アンテナ400は、大きさが70 mm×40 mmで、1 mmのトラック幅を有し、金属の厚みが0.01778 mmであるL字型のダイポール放射素子404を含み、全体的な大きさが110×40 mm²であり、100×40 mm²の大きさのグラウンドプレーン406を有している。そのアンテナは、マイクロ波基板材料402であるTaconic TLY-3-0450-C5上に形成され、そのマイクロ波基板物質402は、誘電率が2.33であり、損失正接が0.0009であり、厚みが1.143 mmである。ポート408は、適切な回路を介して、放射素子404を駆動するグラウンドプレーン406上に設けられる。

【0140】

20

図31は、アンテナ400のための回路図を示している。この回路は、基板402上であって、グラウンドプレーン406とは反対側に設けられ（ポート408を介して駆動可能であるが）、かつ給電ラインを介して放射素子404に接続される、バラン410と整合回路412とを含んでいる。本実施形態では、バラン410は、並列に接続された13.2 nHのインダクタと2.3 pFのキャパシタとを含んでいる。整合回路412は、2つの同一の回路を含み、その2つの回路はそれぞれ、バラン410の枝と放射素子404の1つとの間に接続され、また、9.4 nHのインダクタと直列に接続された、最大で10 pFのバラクタC₁と並列に接続された1.9 nHのインダクタを含んでいる。

【0141】

図32に示すように、図31のバラクタC₁を10 pFから0.28 pFまで変化させることによって、少なくとも6 dBの反射損失で、705 MHzから3000 MHzを超えるまでの範囲を同時にカバーするように3つの離れた周波数を同調することができる。より具体的には、6 dBを超える反射損失を維持しながら、低帯域の共振周波数を705 MHzから951 MHzまでの範囲で、中間帯域の共振周波数を1692 MHzから2457 MHzまでの範囲で、高帯域の共振周波数を2826 MHzから3000 MHzを超えるまでの範囲で同調することができる。理想的な構成要素を用いたシミュレーション結果では、アンテナ400が、3つの帯域の挙動を有することを示している。低帯域は、LTE700, GSM850およびEGSM900をカバーするように同調可能であり、中間帯域は、PCN, GSM1800, GSM1900, PCSおよびUMTSをカバーするように同調可能であるので、低帯域および中間帯域は、既存の携帯電話サービスのほとんどもをカバーすることができる。出願人はまた、実在の部品を組み込むことにより、684 MHzで全効率について少なくとも-3.77 dBが与えられることを見出した。したがって、アンテナ400は、先の実施形態に関連した低い周波数での低効率の問題に対処することができると考えられる。

【0142】

図33Aおよび図33Bはそれぞれ、本発明の実施形態に係る、MIMO (Multiple-Input-Multiple-Output) 用途に適した別の平衡アンテナ500の正面図および背面図を示している。アンテナ500は、本質的に、図9Aおよび図9Bに示されている上記の2ポート筐体アンテナ100と組み合わされた図30のアンテナ400を含んでいる。このように、2ポート筐体アンテナ100は、GB0918477.1に詳細に記載された種類

50

のものであり、同時デュアルバンド動作可能な一対の非共振の結合素子 1 1 2 , 1 1 4 を含んでいる。

【 0 1 4 3 】

MIMOアンテナ 5 0 0 は、全体的な大きさが $118 \times 40 \text{ mm}^2$ であり、 $100 \times 40 \text{ mm}^2$ のグラウンドプレーン 5 0 2 を有している。筐体アンテナ 1 0 0 は、 $40 \times 4 \times 7 \text{ mm}^3$ という小さな体積を占め、基板 4 0 2 の、放射素子 4 0 4 が配置される端部とは反対側の第 2 の端部から離れて実装される。図 3 3 A に示すように、放射素子 4 0 4 は、機械的な支持を受けるために、放射素子 4 0 4 自体よりも幅広で長尺である追加の U 字型の基板 5 0 4 上に設けられている。平衡アンテナ素子 4 0 0 および筐体アンテナ 1 0 0 内の結合素子 1 1 2 , 1 1 4 は、ロハセル (Rohacell (商標)) 材料によって支持されている。第 1 のポートであるポート 1 は、適切な回路を介して、放射素子 4 0 4 を駆動するグラウンドプレーン 5 0 2 を通じて設けられている。同様に、第 2 のポートであるポート 2 は、結合素子 1 1 4 を駆動する基板 4 0 2 の縁に設けられ、第 3 のポートであるポート 3 は、結合素子 1 1 2 を駆動するグラウンドプレーン 5 0 2 の第 2 の端部を通じて設けられている。

10

【 0 1 4 4 】

図 3 4 は、各ポートと放射素子 4 0 4 および結合素子 1 1 2 , 1 1 4 のそれぞれとの間に設けられた要素のための回路図を示している。このように、平衡アンテナ 4 0 0 に関して、ポート 1 は、並列に接続された 13 nH のインダクタと 3 pF のキャパシタとを含むバラン 5 1 0 に接続される。バラン 5 1 0 の各腕は、同一の整合回路 5 1 2 を介して、放射素子 4 0 4 の 1 つに接続される。各整合回路 5 1 2 は、 5.6 nH のインダクタと直列に接続された、最大で 10 pF のバラクタ C_1 と並列に接続された 1.9 nH のインダクタを含んでいる。筐体アンテナ 1 0 0 に関して、第 1 の L 形回路網の整合回路 5 1 4 は、ポート 2 と結合素子 1 1 4 との間に接続され、第 2 の L 形回路網の整合回路 5 1 6 は、ポート 3 と結合素子 1 1 2 との間に接続される。第 1 の整合回路 5 1 4 は、 27 nH のインダクタと直列に接続された、最大で 10 pF のバラクタ C_2 に並列に接続された 5.1 nH のインダクタを含んでいる。第 2 の整合回路 5 1 6 は、 2 nH のインダクタと直列に接続された、最大で 10 pF のバラクタ C_3 に並列に接続された 2.4 nH のインダクタを含んでいる。

20

【 0 1 4 5 】

MIMOアンテナ 5 0 0 は、CST Microwave Studio (登録商標) でシミュレートされ、そのアンテナの周波数応答を示す s 4 p ファイルが、Applied Wave Research 社の Microwave Office を用いて、各整合回路に関して上記で列挙された最適なコンポーネントの値を決定するために用いられた。

30

【 0 1 4 6 】

アンテナ 5 0 0 はまた、型式が MV 3 4 0 0 3 - 1 5 0 A であり、0 V から 1 5 V までの印加電圧に対して、キャパシタンスが 0.409 pF から 15.435 pF (上記の範囲よりも広範である) までの間で可変である 4 つのバラクタダイオード C_1 , C_1 , C_2 , C_3 を用いて実証された。 10 k の抵抗が組み込まれた直流バイアス線路が、正電圧を供給するために、各バラクタのアノードに取り付けられた。その抵抗は、直流線路上に現れる残留高周波信号を減衰させるために用いられた。負電圧は、Mini-Circuit 社のバイアスティー Z X 8 5 - 1 2 2 G - S + を使用することによって、SMA コネクタ (たとえば、インピーダンスが 50 オーム の同軸高周波コネクタ) の内部のコンダクタから供給された。

40

【 0 1 4 7 】

図 3 5 は、図 3 4 の回路におけるバラクタを、およそ 15.4 pF から 0.4 pF まで変化させたときの周波数に対する測定された反射係数を示している。このように、アンテナ 5 0 0 は、3 つの同時に存在する帯域において動作可能であることが分かる。筐体アンテナ 1 0 0 のポート 2 および 3 は、測定中には開回路とした。すべてのバラクタで電圧を 0 V から 1 5 V を変化させると、その結果として、 6 dB を超える反射損失を維持しながら

50

ら、共振周波数が、低帯域では646 MHzから848 MHzまで変化し、中間帯域では1648 MHzから2074 MHzまで変化し、高帯域では2512 MHzから3000 MHzを超える値まで変化した。以下の表6は、バラクタ電圧を0 Vから15 Vまで変化させながら、筐体アンテナ100の両方のポートに関して測定された反射係数を示している。各ポートについての測定中、他の2つのポートは開回路のままである。平衡アンテナ400とは異なって、筐体アンテナ100の各ポートは、単一の共振を生じさせる。各ポートの周波数はそれぞれ、597 MHzから1124 MHzまで、および1586 MHzから2332 MHzまで変化する。このように、アンテナ500は、646 MHzから848 MHzまで、および1648 MHzから2074 MHzまで、MIMO動作を与える。もしバラクタのキャパシタンス同調範囲がより広ければ、周波数同調範囲は増大し得るであろう。

10

【0148】

ポート2および3に関する様々な周波数での瞬間的な帯域幅が、表6に示されている。同じ周波数に関するポート1の帯域幅についても示されている。これらのうちの最小のものは、瞬間的なMIMOの帯域幅を表している。ポート2が、ポート3よりもかなり狭い帯域幅を与えていることが分かる。表6は、最小のMIMOの帯域幅が14 MHz（中心周波数771 MHzのとき）であり、最大のMIMOの帯域幅が93 MHz（中心周波数1812 MHzのとき）であることを示している。

【0149】

【表6】

20

	電圧 (V)	周波数 (MHz)	反射係数 (dB)	6 dBでの 帯域幅 (MHz)	同一周波数での ポート1の帯域幅 (MHz)
ポート2	0	597	-19.72	39	-
	1	644	-21.30	42	17
	3.5	771	-32.71	34	14
	7	921	-18.32	44	-
	12	1075	-12.03	41	-
	15	1124	-10.62	35	-
ポート3	0	1586	-21.60	236	-
	1	1631	-25.97	289	73
	3.5	1812	-15.89	233	93
	7	2067	-18.41	224	61
	12	2300	-25.11	204	-
	15	2332	-23.91	189	-

30

表6 バラクタを0 Vから15 Vまでそれぞれ変化させたときにポート2および3（筐体アンテナ）に対する測定された反射係数

40

【0150】

以下の表7は、MIMOアンテナ500に関する測定されたSパラメータを与えている。これらの結果から、S21が帯域の全体にわたって少なくとも15 dBであるので、アイソレーションが良好であることが明らかである。

【0151】

【表 7】

電圧 (V)	ポート	周波数 (MHz)	S 1 1 (dB)	S 2 2 (dB)	S 2 1 (dB)
0* & 1.3+	1 & 2	646	-16.85	-32.14	-20.15
1.72* & 2.53+	1 & 2	710	-16.25	-27.21	-17.17
6.85* & 5.6+	1 & 2	850	-10.85	-36.53	-18.25
0* & 1.1+	1 & 3	1645	-14.62	-25.36	-26.57
1.9* & 2.1+	1 & 3	1710	-16.01	-18.71	-25.40
12* & 6.4+	1 & 3	2050	-13.09	-14.54	-15.58

表 7 図 3 3 AおよびBのMIMOアンテナに対する測定されたSパラメータ

*平衡アンテナのバラクタへの印加電圧

【 0 1 5 2 】

図 3 6 は、図 3 3 B に類似しているが、グラウンドプレーン 5 0 2 がポート 1 のまわりに U 字型のスロット 5 2 0 を含むように変更されている。ある用途に関して、MIMO アンテナ 5 0 0 は、主要な送信および受信アンテナ（たとえば筐体アンテナ 1 0 0 ）のために少なくとも - 4 . 5 dB の全効率を有し、2 番目の受信アンテナ（たとえば平衡アンテナ 4 0 0 ）のために - 5 . 5 dB を有することが好ましい。しかしながら、筐体アンテナ 1 0 0 の実現利得は、図 3 3 A および図 3 3 B に従って平衡アンテナ 4 0 0 を一体化したときに、低い周波数で少なくとも 5 dB 低下する。この問題に対処するために、出願人は、図 3 6 に示すように、グラウンドプレーン 5 0 2 内にスロット 5 2 0 を導入することによって、平衡アンテナ 4 0 0 および筐体アンテナ 1 0 0 の整合回路を分離することを提案している。

【 0 1 5 3 】

以下の表 8 は、図 3 6 に示すように、スロット 5 2 0 を含む MIMO アンテナ 5 0 0 に関する、シミュレートされた反射係数、放射効率、全効率および実現利得を示している。この実施形態では、筐体アンテナ 1 0 0 に関する実現利得は、現在 6 8 7 MHz で - 7 . 8 9 MHz であるので、他のパラメータに影響を与えることなく、単にスロット 5 2 0 を含むことによって、6 . 2 8 dB (7 9 . 6 %) だけ改善している。

【 0 1 5 4 】

【表 8】

平衡アンテナ						筐体アンテナ				
平衡アンテナ のキャパシタ	周波数 (MHz)	シミュレート された 反射係数 (dB)	シミュレート された 放射効率 (dB)	シミュレート された 全効率 (dB)	シミュレート された 実現利得 (dB)	シミュレート された 反射係数 (dB)	シミュレート された 放射効率 (dB)	シミュレート された 全効率 (dB)	シミュレート された 実現利得 (dB)	シミュレート された アイソレーション (dB)
10pF	687	-20.16	-3.34	-3.38	-2.10	-12.92	-3.36	-3.59	-1.61	-48.92
	1722	-12.64	-1.24	-1.70	1.80	-10.01	-0.45	-0.70	4.49	-28.99
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 8 図 3 6 のアンテナに対するシミュレートされた反射係数、放射効率、全効率および実現利得

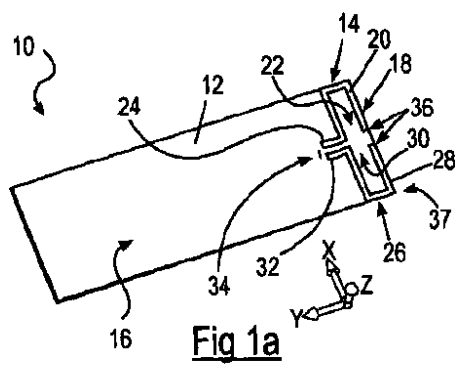
【 0 1 5 5 】

上記のことから、本発明の実施形態は、幅広い周波数範囲（たとえば、6 4 6 MHz から 3 0 0 0 MHz を超えるまで）にわたって同調可能であるとともに、別のアンテナとともに良好なアンテナアイソレーションを有する MIMO アンテナ構造体に組み入れられ得る再構成可能な平衡アンテナを提供することができることが明らかである。平衡アンテナは、DVB-H, GSM 7 1 0, GSM 8 5 0, GSM 9 0 0, GPS 1 5 7 5, GSM 1 8 0 0, PCS 1 9 0 0 および UMTS 2 1 0 0 として知られる既存の携帯電話サービスの帯域をカバーすることができ、MIMO 用途、特にモバイル装置、ラップトップおよび PDA のような小さな端末に理想的な候補である。

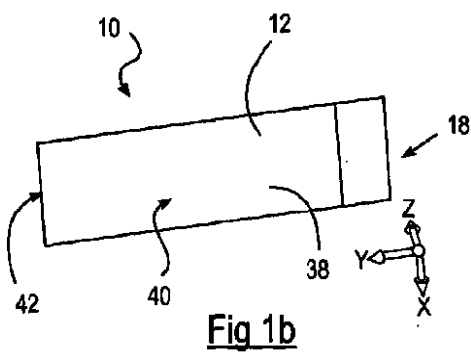
【 0 1 5 6 】

本発明の要旨を逸脱しない範囲で、上記の実施形態に様々な変更が加えられてもよいことが、当業者に理解されるであろう。特に、一の実施形態に関連して記載された特徴は、他の実施形態に組み込まれてもよい。

【図 1 a】



【図 1 b】



【図 2】

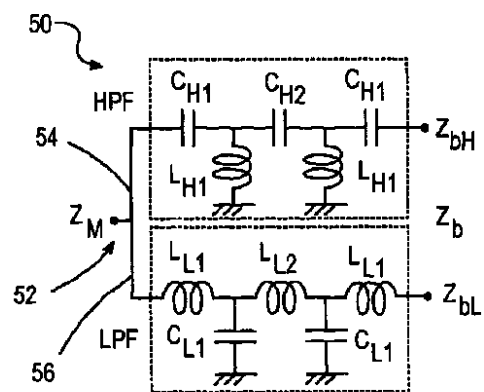


Fig 2

【図 3】

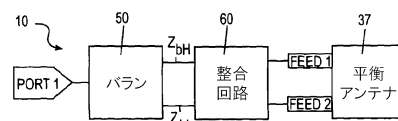
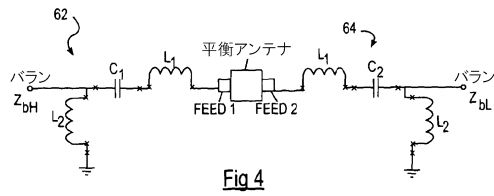


Fig 3

【 図 4 】



【 図 5 - 1 】

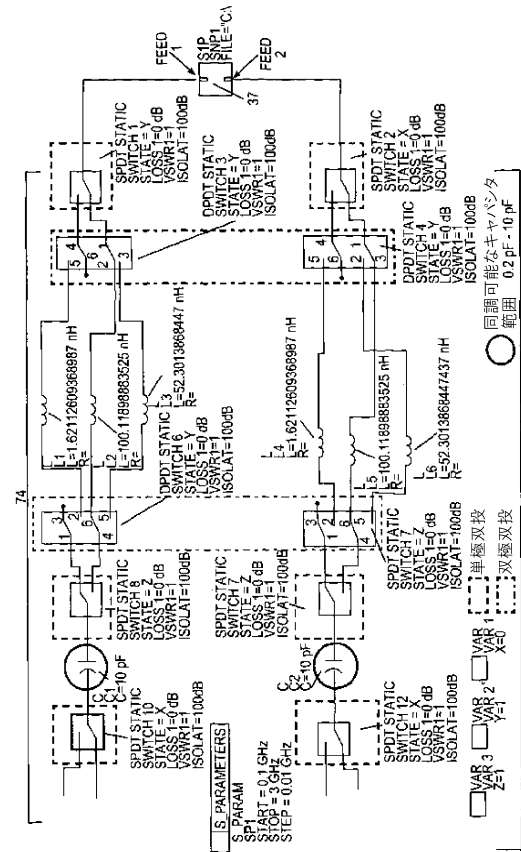
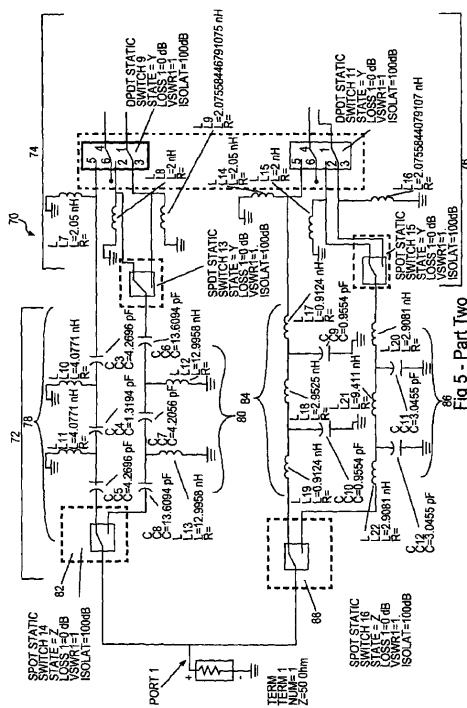


Fig 5 - Part One

【 図 5 - 2 】



【 図 6 】

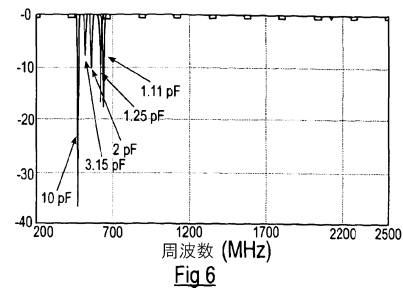


Fig 6

【 図 7 】

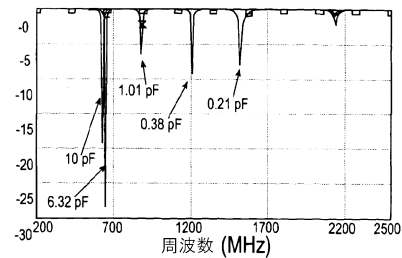
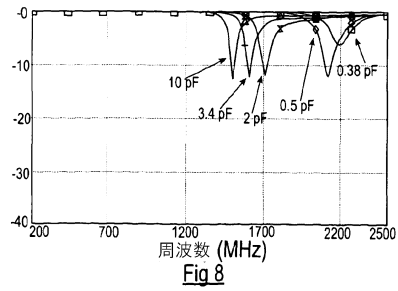
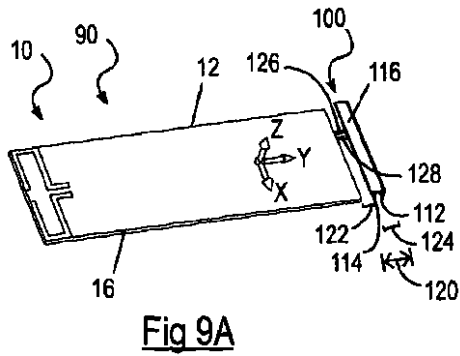


Fig 7

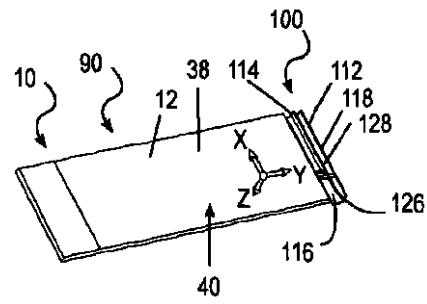
【図 8】



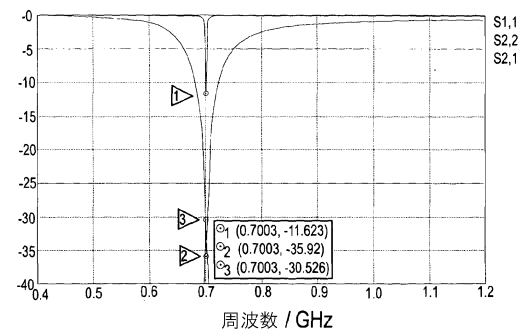
【図 9 A】



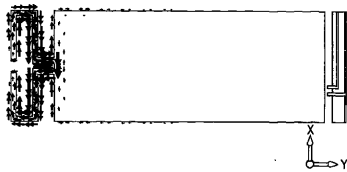
【図 9 B】



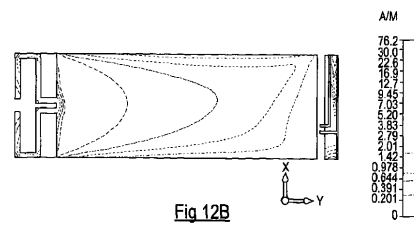
【図 10】



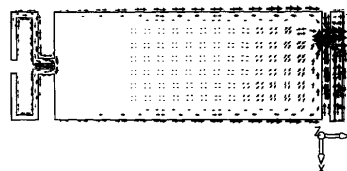
【図 11 A】



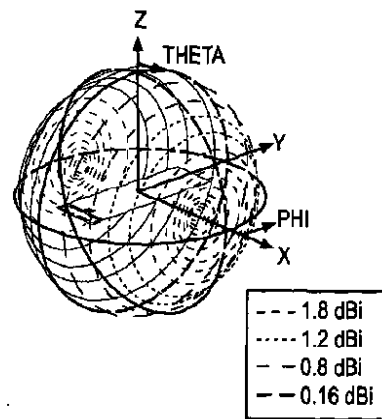
【図 12 B】



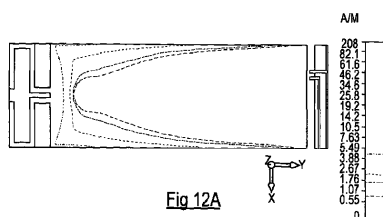
【図 11 B】



【図 13 A】



【図 12 A】



【図 13 B】

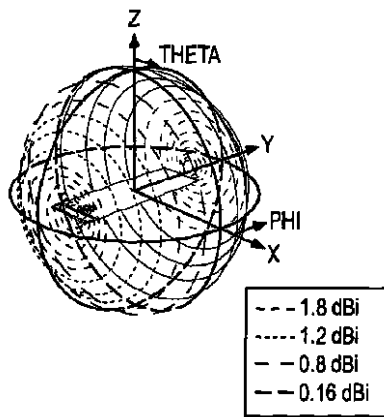


Fig 13B

【図 14 A】

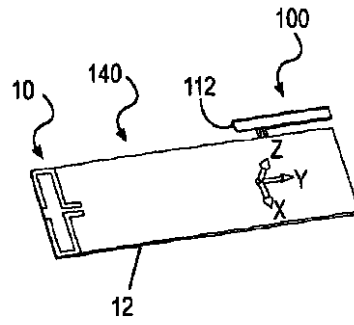


Fig 14A

【図 14 B】

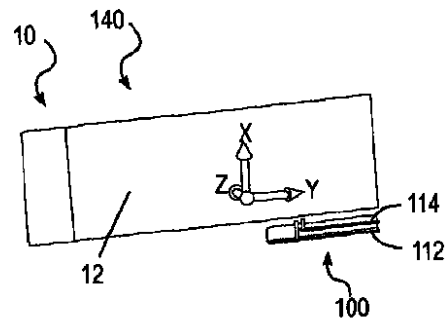


Fig 14B

【図 15】

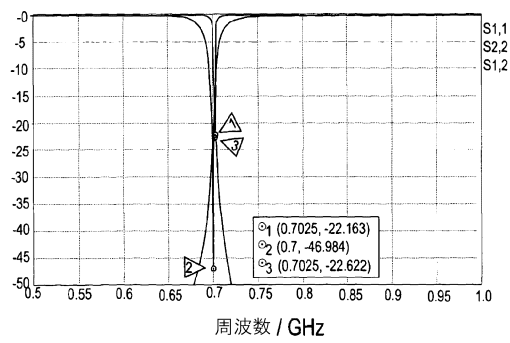


Fig 15

【図 16 B】

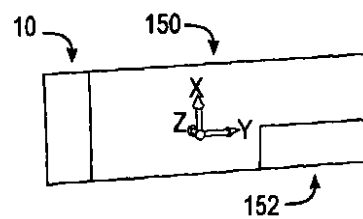


Fig 16B

【図 16 A】

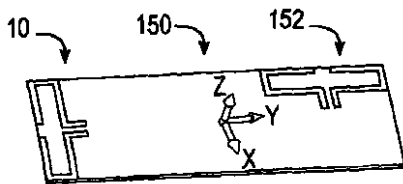


Fig 16A

【図 17】

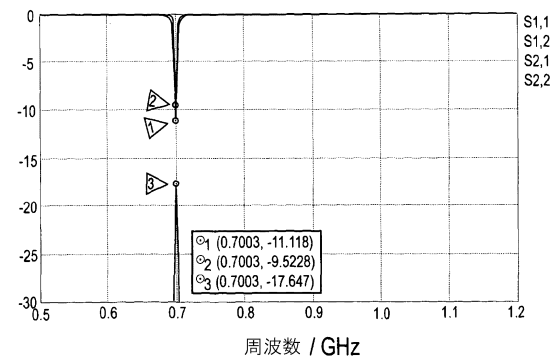


Fig 17

【図 18 A】

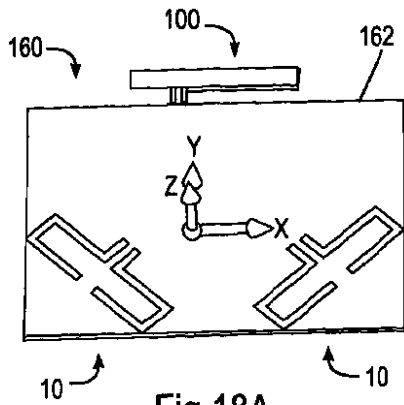


Fig 18A

【図 18 B】

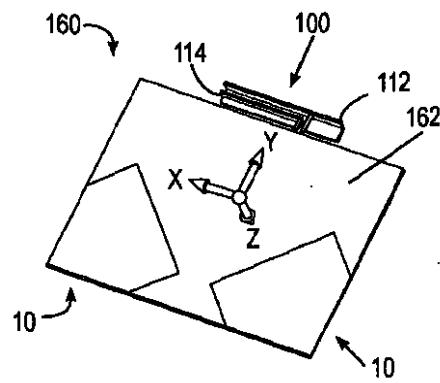
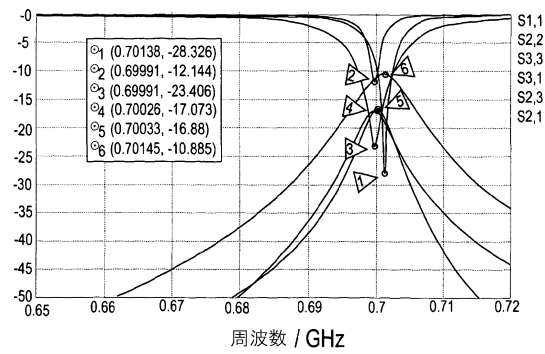


Fig 18B

【図 19】



周波数 / GHz

Fig 19

【図 20】

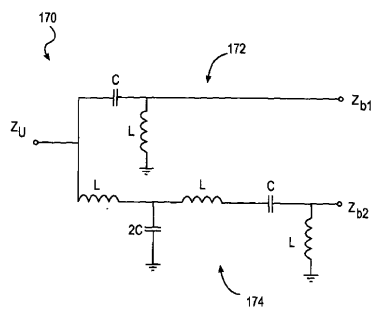


Fig 20

【図 21 A】

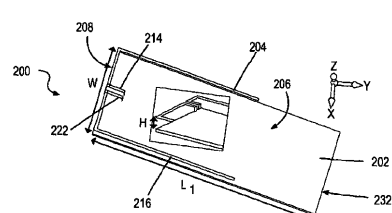


Fig 21A

【図 21 B】

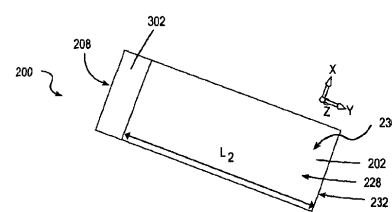


Fig 21B

【図 21 C】

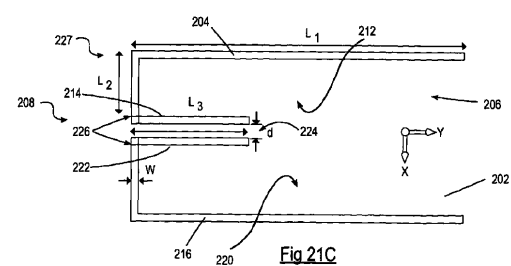


Fig 21C

【図 22】

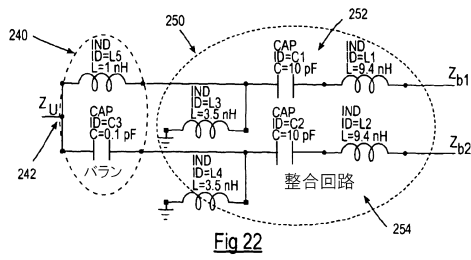


Fig 22

【図 23】

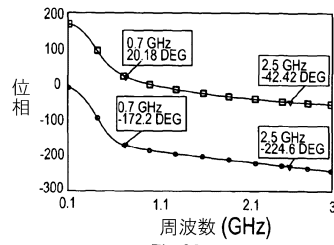


Fig 23

【図 24】

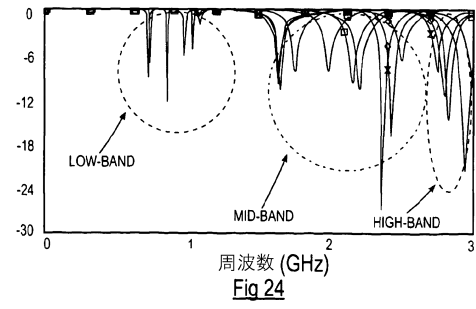


Fig 24

【図 25 A】

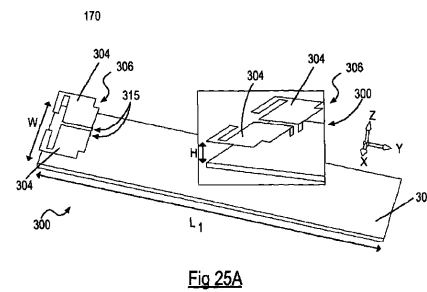


Fig 25A

【図 25 B】

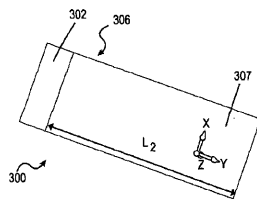


Fig 25B

【図 25 C】

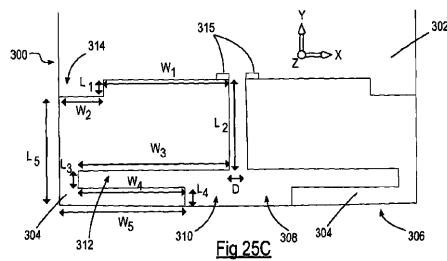


Fig 25C

【図 26】

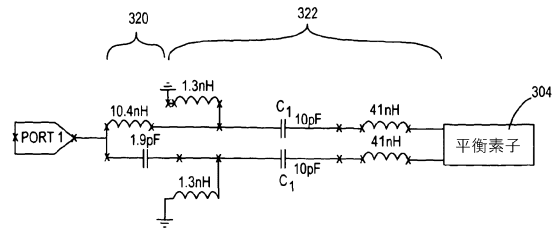


Fig 26

【図 27】

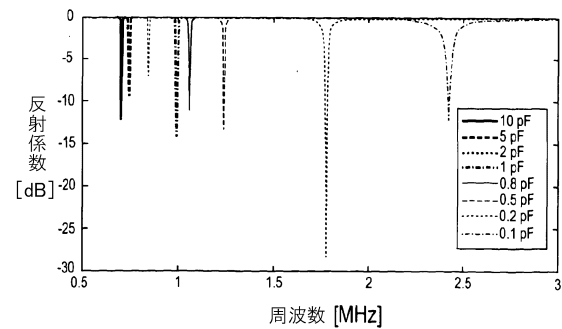


Fig 27

【図 28】

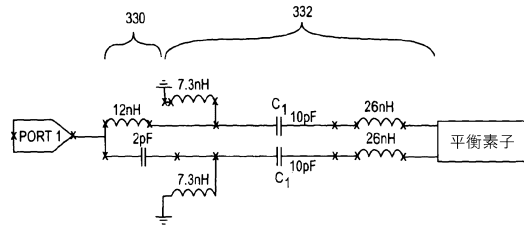


Fig 28

【図 29】

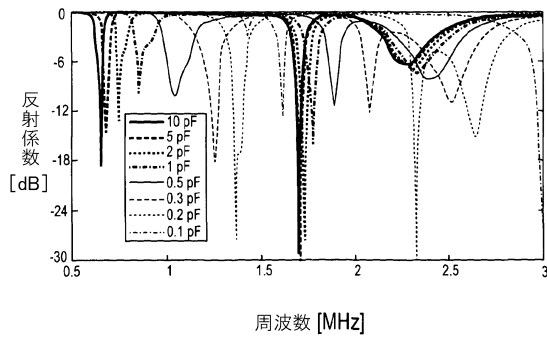


Fig 29

【図 30】

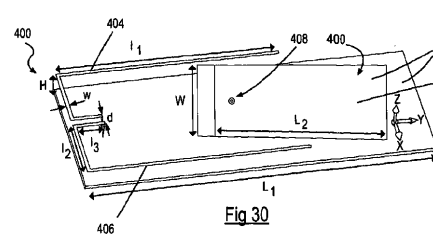


Fig 30

【図 31】

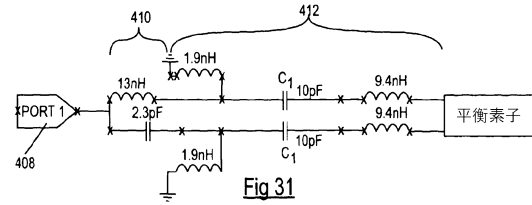


Fig 31

【図 32】

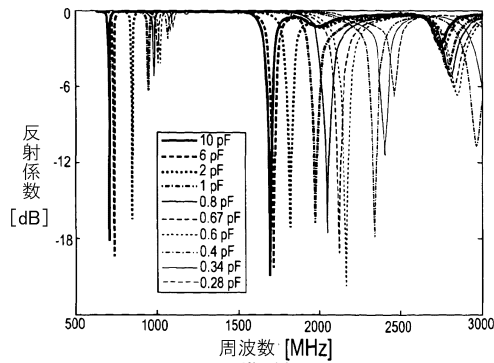


Fig 32

【図 33 B】

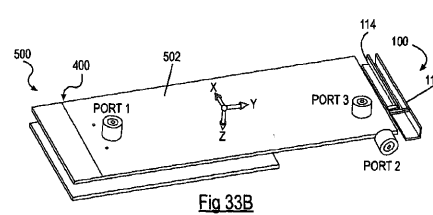


Fig 33B

【図 34】

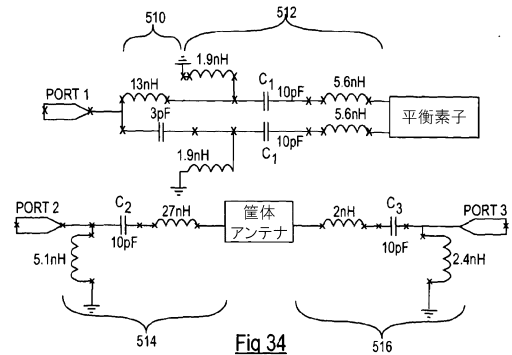


Fig 34

【図 33 A】

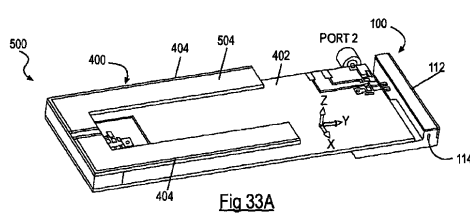


Fig 33A

【図 35】

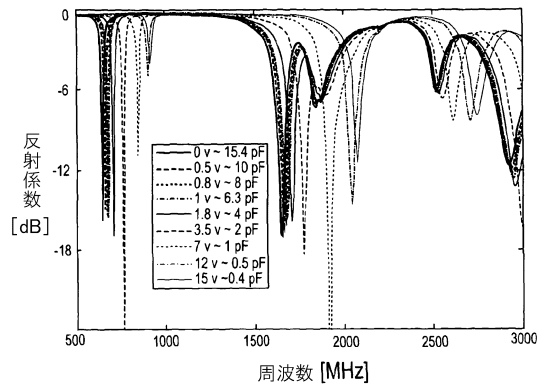


Fig. 35

【図 36】

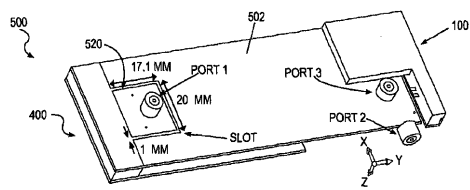


Fig. 36

フロントページの続き

審査官 佐藤 当秀

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 3 1 8 6 3 6 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 9 8 1 6 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 P	5 / 0 0 -	5 / 2 2
H 0 1 Q	1 / 0 0 -	1 / 5 2
H 0 3 H	7 / 3 0 -	7 / 5 4