

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5686823号
(P5686823)

(45) 発行日 平成27年3月18日(2015.3.18)

(24) 登録日 平成27年1月30日(2015.1.30)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 Q 1/52	(2006.01)	HO 1 Q	1/52
HO 1 Q 13/08	(2006.01)	HO 1 Q	13/08
HO 1 Q 9/16	(2006.01)	HO 1 Q	9/16
HO 1 Q 9/30	(2006.01)	HO 1 Q	9/30

請求項の数 21 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2012-555578 (P2012-555578)	(73) 特許権者	514136668
(86) (22) 出願日	平成23年10月28日(2011.10.28)		パナソニック インテレクトチュアル プロパティ コーポレーション オブ アメリカ
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/006056		カ
(87) 国際公開番号	W02012/104941		Panasonic Intellectual Property Corporation of America
(87) 国際公開日	平成24年8月9日(2012.8.9)		アメリカ合衆国 90503 カリフォルニア州, トーランス, スイート 200, マリナー アベニュー 20000
審査請求日	平成26年6月4日(2014.6.4)	(74) 代理人	100081422
(31) 優先権主張番号	特願2011-22278 (P2011-22278)		弁理士 田中 光雄
(32) 優先日	平成23年2月4日(2011.2.4)	(74) 代理人	100100158
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 鯨島 睦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンテナ装置及び無線通信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ周を有する導体板にてなる少なくとも2つのアンテナ素子を備えたアンテナ装置であって、

上記各アンテナ素子は、上記アンテナ装置の第1の位置と第2の位置とを通る基準軸に沿って、上記第1の位置と上記第2の位置との間の区間に近接するように設けられ、

上記各アンテナ素子は、当該アンテナ素子の周に沿って、上記基準軸に近接しかつ他のアンテナ素子に電磁的に結合した第1の部分と、上記基準軸から遠隔した第2の部分とを有し、

上記各アンテナ素子の上記第1の部分は、上記第1の位置の近傍において互いに最も近接し、上記第1の位置から上記第2の位置への方向に向かうにつれて上記各アンテナ素子間の距離が次第に増大する形状を有し、

上記アンテナ装置は、上記第1の位置の近傍において上記各アンテナ素子にそれぞれ設けられた給電点を備えたことを特徴とするアンテナ装置。

【請求項 2】

上記各給電点はそれぞれ上記基準軸に近接して設けられたことを特徴とする請求項1記載のアンテナ装置。

【請求項 3】

上記各給電点はそれぞれ上記基準軸から所定距離を有して設けられたことを特徴とする請求項1記載のアンテナ装置。

10

20

【請求項 4】

上記各アンテナ素子はそれぞれ、上記各給電点を介して励振することにより異なる無線信号を同時に送信又は受信することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【請求項 5】

上記各アンテナ素子は、上記基準軸に対して対称な形状を有することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【請求項 6】

上記各アンテナ素子は、上記基準軸に対して非対称な形状を有することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

10

【請求項 7】

上記各アンテナ素子は、上記第 1 の部分においてスリットを有することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【請求項 8】

上記各アンテナ素子において、上記スリットは上記給電点に向かって延在する部分を有することを特徴とする請求項 7 記載のアンテナ装置。

【請求項 9】

上記アンテナ装置は、2つのアンテナ素子と、導体板にてなる接地導体とを備え、
上記2つのアンテナ素子は上記接地導体と同一平面内に設けられたことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

20

【請求項 10】

上記アンテナ装置は、
導体板にてなる接地導体と、
上記接地導体上に重なるように、上記接地導体から所定距離だけ離隔して平行に設けられた2つのアンテナ素子と、
上記2つのアンテナ素子を上記接地導体にそれぞれ接続する短絡導体とを備え、板状逆F型アンテナ装置として構成されたことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【請求項 11】

上記各アンテナ素子はダイポールアンテナであることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

30

【請求項 12】

上記アンテナ装置は導体板にてなる接地導体を備え、
上記各アンテナ素子は上記接地導体上に垂直に設けられたことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【請求項 13】

上記各アンテナ素子は、少なくとも1カ所で折り曲げられていることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【請求項 14】

上記アンテナ装置は、上記各アンテナ素子の上記第 1 の部分において上記各アンテナ素子を互いに接続するように設けられ、第 1 の周波数帯で上記各アンテナ素子間の電磁結合を調整する電磁結合調整素子をさらに備え、

40

上記電磁結合調整素子は、上記各アンテナ素子のうちの任意の一对の第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間において、上記第 1 の周波数帯で上記第 1 のアンテナ素子の給電点に給電したときに上記第 1 及び第 2 のアンテナ素子間の電磁結合により上記第 2 のアンテナ素子に流れる電流を実質的に相殺する電流を流れさせる電流経路を形成することを特徴とする請求項 1 ~ 13 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【請求項 15】

上記電磁結合調整素子は、所定のサセプタンス値を有する複数の回路素子を含む低結合回路であることを特徴とする請求項 14 記載のアンテナ装置。

50

【請求項 16】

上記電磁結合調整素子は複数の振幅調整器及び複数の移相器を含むことを特徴とする請求項 14 記載のアンテナ装置。

【請求項 17】

上記電磁結合調整素子は導電性素子であることを特徴とする請求項 14 記載のアンテナ装置。

【請求項 18】

上記導電性素子は、上記各アンテナ素子と一体的に形成されたことを特徴とする請求項 17 記載のアンテナ装置。

【請求項 19】

上記電磁結合調整素子は、フィルタを含むことを特徴とする請求項 14 記載のアンテナ装置。

【請求項 20】

上記各アンテナ素子の上記第 1 の部分において上記各アンテナ素子を互いに接続するように設けられ、上記第 1 の周波数帯とは異なる周波数帯で上記各アンテナ素子間の電磁結合を調整する少なくとも 1 つの追加の電磁結合調整素子を備えたことを特徴とする請求項 14 ~ 19 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【請求項 21】

請求項 1 ~ 20 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置を備えたことを特徴とする無線通信装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、主として携帯電話機などの移動体通信用のアンテナ装置とそれを備えた無線通信装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

携帯電話機等の携帯無線通信装置の小型化、薄型化が急速に進んでいる。また、携帯無線通信装置は、従来の電話機として使用されるのみならず、電子メールの送受信や WWW (ワールドワイドウェブ) によるウェブページの閲覧などを行うデータ端末機に変貌を遂げている。取り扱う情報も従来の音声や文字情報から写真や動画像へと大容量化を遂げており、通信品質のさらなる向上が求められている。このような状況にあって、所定の周波数帯において電磁結合を低減し、高速無線通信が可能なアレーアンテナ装置や広い動作帯域幅を有する広帯域アンテナ装置が提案されている。

【0003】

特許文献 1 は、複数のアンテナ素子と、それらを電氣的に接続する連結素子を備えたマルチモードアンテナ装置を開示している。このマルチモードアンテナ装置は、アンテナ素子を流れる電流と、連結素子をバイパスして流れる電流により、上記複数のアンテナ素子間の電磁結合を特定周波数において低減することができ、複数の狭帯域無線信号を同時に送受信することができる。

【0004】

特許文献 2 は、一端が放射開口部となるように放射導体の素子間距離が漸次拡大するテーパースロットアンテナを開示している。このテーパースロットアンテナは、広帯域にわたって放射導体が電磁結合するので、単一の広帯域信号を送受信することができる。

【0005】

特許文献 3 は、テーパースロットアンテナを複数配置したことにより複数の広帯域無線信号を同時に送受信することができるアレーアンテナ装置を開示している。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

10

20

30

40

50

【特許文献1】米国特許出願公開2008/0258991号明細書

【特許文献2】特開2009-005086号明細書

【特許文献3】米国特許第6552691号

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】Blanch, S. ; Romeu, J. ; Corbella, I., "Exact representation of antenna system diversity performance from input parameter description" Electronics Letters, Volume 39, Issue 9, pp.705-707, May 2003

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

近年、携帯電話機によるデータ伝送の高速化のニーズが高まり、次世代携帯電話規格である3G-LTE(3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution)が検討されてきた。3G-LTEでは、無線伝送の高速化を実現するための新技術として、複数のアンテナを用いて複数のサブストリームの無線信号を空間分割多重により同時に送受信するMIMO(Multiple Input Multiple Output)アンテナ装置の採用が決定している。MIMOアンテナ装置は、送信機側と受信機側で複数のアンテナを備え、空間的にデータストリームを多重することで伝送速度の高速化を可能にする。MIMOアンテナ装置は複数のアンテナを同一の周波数で同時に動作させるので、小型な携帯電話機内にアンテナが近接して実装される状況下ではアンテナ間の電磁結合が非常に強くなる。アンテナ間の電磁結合が強くなるとアンテナの放射効率が劣化する。それに伴い、受信電波が弱くなり伝送速度の低下を招く。そのため、複数のアンテナを近接配置した状態で低結合なアレーアンテナが必要となる。また、MIMOアンテナ装置は、空間分割多重を実現するために、放射パターン又は偏波特性などを相違させることにより、互いに低相関である複数の無線信号の送受信を同時に実行する必要がある。さらに、通信の高速化のためアンテナの広帯域化技術が求められている。

20

30

【0009】

特許文献1のアンテナ装置は、電磁結合の低減はできるが、アンテナ素子が線状構造であるので動作可能な周波数帯域が狭いという課題を有する。

【0010】

特許文献2のアンテナ装置は、広帯域無線信号の送受信はできるが、給電点は1箇所であるので複数の広帯域無線信号の送受信を同時に実行することができないという課題を有する。

【0011】

このため、特許文献3のように広帯域アンテナを複数配置するアレーアンテナ構成が考えられるが、設置面積が増大するので、携帯電話機などの小型の無線端末には不向きである。

40

【0012】

本発明の目的は、以上の問題点を解決し、小型かつ簡単な構成でありながら、アンテナ素子間でアイソレーションを確保し、複数の広帯域無線信号を同時に送受信できるアンテナ装置を提供し、また、そのようなアンテナ装置を備えた無線通信装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の第1の態様に係るアンテナ装置は、

それぞれ周を有する導体板にてなる少なくとも2つのアンテナ素子を備えたアンテナ装

50

置であって、

上記各アンテナ素子は、上記アンテナ装置の第1の位置と第2の位置とを通る基準軸に沿って、上記第1の位置と上記第2の位置との間の区間に近接するように設けられ、

上記各アンテナ素子は、当該アンテナ素子の周に沿って、上記基準軸に近接しかつ他のアンテナ素子に電磁的に結合した第1の部分と、上記基準軸から遠隔した第2の部分とを有し、

上記各アンテナ素子の上記第1の部分は、上記第1の位置の近傍において互いに最も近接し、上記第1の位置から上記第2の位置への方向に向かうにつれて上記各アンテナ素子間の距離が次第に増大する形状を有し、

上記アンテナ装置は、上記第1の位置の近傍において上記各アンテナ素子にそれぞれ設けられた給電点を備えたことを特徴とする。 10

【0014】

上記アンテナ装置において、上記各給電点はそれぞれ上記基準軸に近接して設けられたことを特徴とする。

【0015】

上記アンテナ装置において、上記各給電点はそれぞれ上記基準軸から所定距離を有して設けられたことを特徴とする。

【0016】

上記アンテナ装置において、上記各アンテナ素子はそれぞれ、上記各給電点を介して励振することにより異なる無線信号を同時に送信又は受信することを特徴とする。 20

【0017】

上記アンテナ装置において、上記各アンテナ素子は、上記基準軸に対して対称な形状を有することを特徴とする。

【0018】

上記アンテナ装置において、上記各アンテナ素子は、上記基準軸に対して非対称な形状を有することを特徴とする。

【0019】

上記アンテナ装置において、上記各アンテナ素子は、上記第1の部分においてスリットを有することを特徴とする。

【0020】

上記アンテナ装置において、上記各アンテナ素子において、上記スリットは上記給電点に向かって延在する部分を有することを特徴とする。 30

【0021】

上記アンテナ装置は、2つのアンテナ素子と、導体板にてなる接地導体とを備え、

上記2つのアンテナ素子は上記接地導体と同一平面内に設けられたことを特徴とする。

【0022】

上記アンテナ装置は、
導体板にてなる接地導体と、

上記接地導体上に重なるように、上記接地導体から所定距離だけ離隔して平行に設けられた2つのアンテナ素子と、 40

上記2つのアンテナ素子を上記接地導体にそれぞれ接続する短絡導体とを備え、板状逆F型アンテナ装置として構成されたことを特徴とする。

【0023】

上記アンテナ装置において、上記各アンテナ素子はダイポールアンテナであることを特徴とする。

【0024】

上記アンテナ装置は導体板にてなる接地導体を備え、

上記各アンテナ素子は上記接地導体上に垂直に設けられたことを特徴とする。

【0025】

上記アンテナ装置において、上記各アンテナ素子は、少なくとも1カ所で折り曲げられ 50

ていることを特徴とする。

【0026】

上記アンテナ装置は、上記各アンテナ素子の上記第1の部分において上記各アンテナ素子を互いに接続するように設けられ、第1の周波数帯で上記各アンテナ素子間の電磁結合を調整する電磁結合調整素子をさらに備え、

上記電磁結合調整素子は、上記各アンテナ素子のうちの任意の一对の第1及び第2のアンテナ素子の間において、上記第1の周波数帯で上記第1のアンテナ素子の給電点に給電したときに上記第1及び第2のアンテナ素子間の電磁結合により上記第2のアンテナ素子に流れる電流を実質的に相殺する電流を流れさせる電流経路を形成することを特徴とする。

10

【0027】

上記アンテナ装置において、上記電磁結合調整素子は、所定のサセプタンス値を有する複数の回路素子を含む低結合回路であることを特徴とする。

【0028】

上記アンテナ装置において、上記電磁結合調整素子は複数の振幅調整器及び複数の移相器を含むことを特徴とする。

【0029】

上記アンテナ装置において、上記電磁結合調整素子は導電性素子であることを特徴とする。

【0030】

上記アンテナ装置において、上記導電性素子は、上記各アンテナ素子と一体的に形成されたことを特徴とする。

20

【0031】

上記アンテナ装置において、上記電磁結合調整素子は、フィルタを含むことを特徴とする。

【0032】

上記アンテナ装置において、上記各アンテナ素子の上記第1の部分において上記各アンテナ素子を互いに接続するように設けられ、上記第1の周波数帯とは異なる周波数帯で上記各アンテナ素子間の電磁結合を調整する少なくとも1つの追加の電磁結合調整素子を備えたことを特徴とする。

30

【0033】

本発明の第2の態様に係る無線通信装置によれば、第1の態様に係るアンテナ装置を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0034】

本発明のアンテナ装置及び無線通信装置によれば、小型かつ簡単な構成でありながら、アンテナ素子間のアイソレーションを広帯域で確保することができる。さらに、アンテナ素子間の相関係数を低減し、互いに低相関である複数の広帯域無線信号を同時に送受信できる。

【0035】

さらに、本発明のアンテナ装置及び無線通信装置によれば、テーパ形状のアンテナ素子とアンテナ素子間に設けられた電磁結合調整素子により電磁結合を低減し、アンテナ素子間のアイソレーションをさらに向上させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1のアンテナ装置の電流経路を示す図である。

【図3】比較例に係るアンテナ装置の概略構成及び電流経路を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施形態の第1の変形例に係るアンテナ装置の概略構成及び電流経路を示す図である。

50

【図5】本発明の第1の実施形態の第2の変形例に係るアンテナ装置の概略構成及び電流経路を示す図である。

【図6】本発明の第1の実施形態の第3の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図7】本発明の第1の実施形態の第4の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図8】本発明の第1の実施形態の第5の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図9】本発明の第1の実施形態の第6の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

10

【図10】本発明の第1の実施形態の第7の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図11】本発明の第1の実施形態の第8の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図12】図1のアンテナ装置のVSWRの周波数特性を概略的に示すグラフである。

【図13】図11のアンテナ装置のVSWRの周波数特性を概略的に示すグラフである。

【図14】本発明の第1の実施形態の第9の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図15】本発明の第1の実施形態の第10の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

20

【図16】本発明の第1の実施形態の第11の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図17】本発明の第1の実施形態の第12の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図18】本発明の第1の実施形態の第13の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図19】本発明の第2の実施形態に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図20】図19のアンテナ装置の電流経路を示す図である。

【図21】図19の電磁結合調整素子D1の第1の実施例を等価的に示す回路図である。

【図22】図19の電磁結合調整素子D1の第2の実施例を等価的に示す回路図である。

30

【図23】図19の電磁結合調整素子D1の第3の実施例を等価的に示す回路図である。

【図24】図19の電磁結合調整素子D1の第4の実施例を等価的に示す回路図である。

【図25】本発明の第2の実施形態の第1の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図26】本発明の第2の実施形態の第2の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図27】本発明の第2の実施形態の第3の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図28】本発明の第2の実施形態の第4の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

40

【図29】本発明の第2の実施形態の第5の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図30】本発明の第2の実施形態の第6の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図31】本発明の第2の実施形態の第7の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図32】本発明の第2の実施形態の第8の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図33】本発明の第2の実施形態の第9の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

50

【図34】本発明の第2の実施形態の第10の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図35】図34の電磁結合調整素子D1, D2の第1の実施例を示す回路図である。

【図36】図34の電磁結合調整素子D1, D2の第2の実施例を示すグラフである。

【図37】図34の電磁結合調整素子D1, D2の第3の実施例を示すグラフである。

【図38】図34の電磁結合調整素子D1, D2の第4の実施例を示すグラフである。

【図39】本発明の第2の実施形態の第11の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図40】本発明の第2の実施形態の第12の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

10

【図41】第1の比較例に係るアンテナ装置の概略構成を示す展開図である。

【図42】図41のアンテナ装置の概略構成を示す斜視図である。

【図43】図41のアンテナ装置の反射係数S11及び透過係数S21を示すグラフである。

【図44】本発明の第1の実施例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図45】図44のアンテナ装置の概略構成を示す斜視図である。

【図46】図44のアンテナ装置の反射係数S11及び透過係数S21を示すグラフである。

【図47】本発明の第2の実施例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図48】図47のアンテナ装置の概略構成を示す斜視図である。

20

【図49】図47のアンテナ装置の反射係数S11及び透過係数S21を示すグラフである。

【図50】図41、図44、及び図47のアンテナ装置の放射効率を示す表である。

【図51】本発明の第3の実施例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図52】図51の電磁結合調整素子D1を等価的に示す回路図である。

【図53】図51のアンテナ装置のアンテナ素子A1, A2間の電磁結合を示すグラフである。

【図54】第2の比較例のアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図55】図54の電磁結合調整素子D1を等価的に示す回路図である。

【図56】図54のアンテナ装置のアンテナ素子A111, A112間の電磁結合を示すグラフである。

30

【図57】図51及び図54のアンテナ装置の放射効率を示すグラフである。

【図58】図51及び図54のアンテナ装置の相関係数を示すグラフである。

【図59】本発明の第4の実施例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。

【図60】図59のアンテナ装置の反射係数S11及び透過係数S21を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0037】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、同様の構成要素については同一の符号を付している。

40

【0038】

第1の実施形態 .

図1は、本発明の第1の実施形態に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。本実施形態のアンテナ装置は、導体板にてなる接地導体G1と、それぞれ導体板にてなる2つのアンテナ素子A1, A2とを備えている。接地導体G1とアンテナ素子A1, A2は、例えば同一平面内に設けられる。各アンテナ素子A1, A2は、アンテナ装置の第1の基準点Paと第2の基準点Pbとを通る仮想的な基準軸(図1において垂直な点線で示す)に沿って、第1の基準点Paと第2の基準点Pbとの間の区間に近接するように設けられる。アンテナ素子A1, A2のそれぞれは、当該アンテナ素子の周に沿って、基準軸に近接しかつ他方のアンテナ素子に電磁的に結合した第1の部分と、基準軸から遠隔した第2

50

の部分とを有する。各アンテナ素子 A 1 , A 2 の第 1 の部分は、第 1 の基準点 P a の近傍において互いに最も近接し、第 1 の基準点 P a から第 2 の基準点 P b へ方向に向かうにつれてアンテナ素子 A 1 , A 2 間の距離が次第に増大する形状（テーパ形状）を有する。さらに、アンテナ装置は、第 1 の基準点 P a の近傍において各アンテナ素子 A 1 , A 2 にそれぞれ設けられた給電点 P 1 , P 2 を備える。給電点 P 1 , P 2 は、好ましくは、それぞれ基準軸に近接して設けられる。接地導体 G 1 とアンテナ素子 A 1 , A 2 とが対向した部分において、給電点 P 1 , P 2 を含む給電部が設けられる。給電部において、アンテナ素子 A 1 上の給電点 P 1 と接地導体 G 1 上の接地点 P 3 とに第 1 の信号源 Q 1 が接続され、アンテナ素子 A 2 上の給電点 P 2 と接地導体 G 1 上の接地点 P 4 とに第 2 の信号源 Q 2 が接続される。各アンテナ素子 A 1 , A 2 はそれぞれ、各給電点 P 1 , P 2 を介して励振することにより異なる無線信号（例えば、MIMO 通信の複数のサブストリームの無線信号）を同時に送信（又は受信）することができる。

10

【0039】

本実施形態のアンテナ装置によれば、アンテナ素子 A 1 , A 2 が互いに近接していても、アンテナ素子 A 1 , A 2 間のアイソレーションを確保しながら動作することができる。アンテナ装置の放射方向は、例えば、アンテナ素子 A 1 , A 2 間の互いに最も近接した部分からテーパの開口に向かう方向（すなわち、第 1 の基準点 P a から第 2 の基準点 P b へ方向）になる。

【0040】

図 2 は、図 1 のアンテナ装置の電流経路を示す図である。アンテナ素子 A 1 , A 2 の第 1 の部分（基準線に近接した部分）において、アンテナ素子 A 1 の給電点 P 1 からアンテナ素子 A 1 の放射方向側の端点 P 5 までの長さは、例えば、動作波長 λ について約 $\lambda/4$ の長さに構成され、同様に、アンテナ素子 A 2 の給電点 P 2 からアンテナ素子 A 2 の放射方向側の端点 P 6 までの長さもまた、例えば、約 $\lambda/4$ の長さに構成される。図 2 の電流経路は、信号源 Q 1 のみを動作させ、信号源 Q 2 を動作させない（従って、図 2 では信号源 Q 2 を負荷として示す）場合を示す。給電点 P 1 を介してアンテナ素子 A 1 を電圧 V 1 で励振させると、アンテナ素子 A 1 の第 1 の部分（基準線に近接した部分）に電流 I 1 が流れ、アンテナ素子 A 1 の第 2 の部分（基準線から遠隔した部分）に電流 I 3 が流れる。その際、アンテナ素子 A 1 , A 2 間に電磁結合が生じ、給電点 P 2 に逆起電力 V 2 が生じる。そのため、アンテナ素子 A 2 にはアンテナ素子 A 1 の電流 I 1 と逆相の電流 I 2 が流れる。図 1 のアンテナ装置では、第 1 の基準点 P a から第 2 の基準点 P b へ方向に向かうにつれてアンテナ素子 A 1 , A 2 間の距離が次第に増大することにより、第 1 の基準点 P a から第 2 の基準点 P b へ方向に向かうにつれてアンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合が次第に低下する。このため、電流 I 1 , I 2 は部分的に空間に放射されやすくなる。

20

30

【0041】

図 3 は、比較例に係るアンテナ装置の概略構成及び電流経路を示す図である。図 3 のアンテナ装置は、それぞれ矩形形状の導体板にてなるアンテナ素子 A 101 , A 102 を備え、アンテナ素子 A 101 , A 102 は、その間に一定の距離を有して互いに近接している。図 3 のアンテナ装置において、給電点 P 1 を介してアンテナ素子 A 101 を励振した場合、図 2 の場合と同様に、アンテナ素子 A 101 に電流 I 1 , I 3 が流れ、アンテナ素子 A 101 , A 102 間の電磁結合によりアンテナ素子 A 102 に電流 I 2 が流れる。このとき、電流 I 1 , I 2 の強さは給電点 P 1 , P 2 の付近で最大になる。電流 I 1 , I 2 が互いに逆相でなければ放射に寄与するが、電流 I 1 , I 2 は互いに逆相であるので相殺し、図 3 のアンテナ装置では良好な放射を実現することはできない。一方、図 1 のアンテナ装置では、前述のように、互いに逆相の電流 I 1 , I 2 を発生させながら良好な放射を実現することができる。

40

【0042】

なお、各アンテナ素子 A 1 , A 2 に流れる電流は互いに逆相であるので、本実施形態のアンテナ装置は、一種のテーパスロットアンテナ（例えば、特許文献 2 参照）のように動作し、テーパ開口部により広帯域の無線信号を効率よく送信あるいは受信することが

50

できる。

【0043】

動作波長 について、アンテナ素子 A 1 , A 2 間の距離が少なくとも一部で例えば $\lambda/2$ 以下になるとき、アンテナ素子 A 1 , A 2 間には強い電磁結合が生じる。さらに、アンテナ素子 A 1 , A 2 間の距離が少なくとも一部で例えば $\lambda/10$ 以下になるとき、アンテナ素子 A 1 , A 2 間には非常に強い電磁結合が生じる。このように、アンテナ素子 A 1 , A 2 が互いに近接していても、本実施形態のアンテナ装置によれば、アンテナ素子 A 1 , A 2 間のアイソレーションを確保しながら動作することができる。

【0044】

図 1 では、アンテナ素子 A 1 , A 2 の第 1 の部分においてアンテナ素子 A 1 , A 2 間の距離が次第に増大する部分を曲線状に示したが、この部分は直線であってもよく、又は、少なくとも部分的に曲線及び $\lambda/2$ 又は直線を含んでもよい。また、図 1 では接地導体 G 1 を長方形の導体板として示したが、接地導体 G 1 は長方形に限定されるものではなく、他の多角形、円形、楕円形などであってもよい。また、アンテナ素子 A 1 , A 2 と接地導体 G 1 とは、同一平面内に設けなくてもよい。

10

【0045】

図 1 及び他の各図では、アンテナ装置の放射方向を、第 1 の基準点 P a から第 2 の基準点 P b へ方向と一致するように示したが、アンテナ装置の放射特性はこれに限定されるものではなく、他の放射方向を有してもよい。

【0046】

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態の第 1 の変形例に係るアンテナ装置の概略構成及び電流経路を示す図であり、図 5 は、本発明の第 1 の実施形態の第 2 の変形例に係るアンテナ装置の概略構成及び電流経路を示す図である。給電点 P 1 , P 2 は、基準軸に近接するのではなく、それぞれ基準軸から所定距離を有して設けられてもよい。図 1 に示すように給電点 P 1 , P 2 がそれぞれ基準軸に近接して設けられている場合、電流 I 1 , I 2 (図 2 参照) の位相がほぼ逆相になるので、アンテナ装置はテーパスロットアンテナと類似の動作モードで動作することができ、アイソレーションを確保しやすくなる。一方、図 4 は、給電点 P 1 , P 2 が基準軸から図 1 の場合よりも大きな距離を有して設けられた場合を示し、図 5 は、給電点 P 1 , P 2 が基準軸から図 4 の場合よりもさらに大きな距離を有して設けられた場合を示す。基準軸から給電点 P 1 , P 2 までの距離が増大すると、電流 I 1 , I 2 の位相が完全な逆相ではなくなるのでアイソレーションは低下するが、給電点 P 1 , P 2 からアンテナ素子 A 1 , A 2 の開放端 P 5 , P 6 までの電流経路長が長くなるので、低い周波数帯でも整合がとりやすくなるという効果がある。言い換えれば、アンテナ装置が小型化される。基準軸から給電点 P 1 , P 2 までの距離は、アイソレーションと整合とのトレードオフを考慮して、目標周波数において最適になるように設計することができる。

20

30

【0047】

図 6 ~ 9 は、本発明の第 1 の実施形態の第 3 ~ 第 6 の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図 6 のアンテナ装置では、アンテナ素子 A 1 a , A 2 a の第 1 の部分(基準線に近接した部分)においてアンテナ素子 A 1 a , A 2 a 間の距離が次第に増大する部分の長さが、図 1 のアンテナ装置の場合よりも短縮され、従って、アンテナ素子 A 1 a , A 2 a 間の距離が図 1 のアンテナ装置の場合よりも急激に増大している。この結果、図 6 のアンテナ装置では、アンテナ素子 A 1 a , A 2 a の第 1 の部分においてアンテナ素子 A 1 a , A 2 a が互いに平行になる部分の長さが増大している。また、図 7 のアンテナ装置では、アンテナ素子 A 1 b , A 2 b の第 1 の部分においてアンテナ素子 A 1 b , A 2 b 間の距離が次第に増大する部分を直線状に構成している。また、図 1 のアンテナ装置では、第 1 の基準点 P a から第 2 の基準点 P b へ方向に向かうにつれて各アンテナ素子 A 1 , A 2 が急な角度で広がるように構成したが、図 8 のアンテナ装置では、第 1 の基準点 P a から第 2 の基準点 P b へ方向に向かうにつれて各アンテナ素子 A 1 c , A 2 c がゆるやかに広がるように構成している。また、図 9 のアンテナ装置では、アンテナ素子 A

40

50

1 d, A 2 dを第2の基準点P bから第1の基準点P aへの方向に延長し、さらに、アンテナ素子A 1 d, A 2 dは、アンテナ素子A 1 d, A 2 d間の最も近接した部分から第1の基準点P aの方向に向かうにつれてアンテナ素子A 1 d, A 2 d間の距離が次第に増大する形状を有する。図9のアンテナ装置によれば、アンテナ素子A 1 d, A 2 dを流れる電流の経路長を長くすることができ、より低い周波数での動作を実現できるという効果がある。図6～図9のアンテナ装置でも、図1のアンテナ装置と同様の効果が得られる。

【0048】

図10は、本発明の第1の実施形態の第7の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図10のアンテナ装置では、アンテナ素子A 1 e, A 2 eの第1の部分(基準線に近接した部分)にスリットN 1, N 2を設けている。図10のアンテナ装置によれば、アンテナ素子A 1 e, A 2 eを流れる電流の経路長を長くすることができ、より低い周波数での動作を実現できるという効果がある。なお、アンテナ素子毎に複数個のスリット(コルゲートと呼ぶ)を設けてもよい。この場合、1つのスリットを備えたときよりも、動作周波数をさらに低くすることができる。

10

【0049】

図11は、本発明の第1の実施形態の第8の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図12は、図1のアンテナ装置のVSWRの周波数特性を概略的に示すグラフであり、図13は、図11のアンテナ装置のVSWRの周波数特性を概略的に示すグラフである。図11のアンテナ装置は、図10のスリットN 1, N 2に代えて、給電点P 1, P 2に向かって延在する部分を有するスリットN 3, N 4をアンテナ素子A 1 f, A 2 fの第1の部分(基準線に近接した部分)に備えている。スリットN 3, N 4のスリット長は、動作波長 λ_0 に対して $\lambda_0/4$ となるように構成される。前述のように、図10のアンテナ装置では、アンテナ素子A 1 e, A 2 eの第1の部分にスリットN 1, N 2を設けることでアンテナ素子A 1 e, A 2 eを流れる電流の経路長を長くし、より低い周波数での動作を実現した。図11のアンテナ装置によれば、スリットN 3, N 4のスリット長が $\lambda_0/4$ となる周波数 f_0 において帯域阻止を実現し、不要輻射を抑圧できるという効果がある。

20

【0050】

図6～図11の各アンテナ素子の形状を組み合わせてもよい。

【0051】

図14は、本発明の第1の実施形態の第9の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図1のアンテナ装置では、基準軸に対してアンテナ素子A 1, A 2が対称であるように示したが、本発明の実施形態はこれに限定されるものではない。図14のアンテナ装置では、アンテナ素子A 1 g, A 2 gの形状が異なり、基準軸に対してアンテナ素子A 1 g, A 2 gが非対称であるように構成される。このように2つのアンテナ素子A 1 g, A 2 gを非対称にすることで各アンテナ素子A 1 g, A 2 gの放射パターンを非対称にし、各アンテナ素子A 1 g, A 2 gから送受信される無線信号間の相関を3次的に低減することが可能となる。

30

【0052】

図15は、本発明の第1の実施形態の第10の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図15のアンテナ装置は、板状逆F型アンテナ装置として構成されている。図15のアンテナ装置において、アンテナ素子A 1, A 2と接地導体G 1とは、互いに重なりあうように、所定距離だけ離隔して平行に設けられる。さらに、アンテナ素子A 1, A 2と接地導体G 1との間に短絡導体3 1, 3 2がそれぞれ接続されている。このように、図15のアンテナ装置を板状逆F型アンテナ装置として構成することで、図1のアンテナ装置よりさらに小型化かつ低姿勢化することが可能となる。なお、短絡導体3 1, 3 2はインピーダンス調整のために必要となるが、アンテナ装置の構成によっては不要となる場合もある。

40

【0053】

図16は、本発明の第1の実施形態の第11の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を

50

示す図である。接地導体は、図1のアンテナ装置のように単一の導体板により構成されることに限定されるものではない。図16のアンテナ装置では、図1の接地導体G1に代えて、アンテナ素子A1に対応する接地導体G2と、アンテナ素子A2に対応する接地導体G3とを備え、アンテナ素子A1及び接地導体G2からなるダイポールアンテナと、アンテナ素子A2及び接地導体G3からなるダイポールアンテナとして構成されている。接地導体G2, G3は、それぞれ導体板にてなる。第1の基準点Paと第2の基準点Pbとを通る基準軸上において、第1の基準点Paに対して、第2の基準点Pbとは逆の側に第3の基準点Pcをおく。各接地導体G2, G3は、基準軸に沿って、第1の基準点Paと第3の基準点Pcとの間の区間に近接するように設けられる。接地導体G2, G3のそれぞれは、当該接地導体の周に沿って、基準軸に近接しかつ他方の接地導体に電磁的に結合した第1の部分と、基準軸から遠隔した第2の部分とを有する。各接地導体G2, G3の第1の部分は、第1の基準点Paの近傍において互いに最も近接し、第1の基準点Paから第3の基準点Pcへ方向に向かうにつれて接地導体G2, G3間の距離が次第に増大する形状(テーパ形状)を有する。図16のアンテナ装置をダイポールモードで動作させることで、放射抵抗を増加させ、効率よく放射することが可能となる。なお、図16のアンテナ装置では、基準軸に対して接地導体G2, G3が対称であるように示したが、本発明の実施形態はこれに限定されるものではない。

【0054】

図17は、本発明の第1の実施形態の第12の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。本発明の実施形態は、以上説明したように2つのアンテナ素子を備えた構成に限定されるものではなく、3つ以上のアンテナ素子を備えてもよい。図17のアンテナ装置は、4つのアンテナ素子A11~A14を備えた場合を示す。図17のアンテナ装置は、導体板にてなる接地導体G4と、接地導体G4上にそれぞれ垂直に設けられた導体板にてなるアンテナ素子A11~A14とを備える。各アンテナ素子A11~A14は、アンテナ装置の第1の基準点Paと第2の基準点Pbとを通る仮想的な基準軸(図17において垂直な点線で示す)に沿って、第1の基準点Paと第2の基準点Pbとの間の区間に近接するように設けられる。アンテナ素子A11~A14のそれぞれは、当該アンテナ素子の周に沿って、基準軸に近接しかつ他のアンテナ素子に電磁的に結合した第1の部分と、基準軸から遠隔した第2の部分とを有する。各アンテナ素子A11~A14の第1の部分は、第1の基準点Paの近傍において互いに最も近接し、第1の基準点Paから第2の基準点Pbへ方向に向かうにつれてアンテナ素子A11~A14間の距離が次第に増大する形状(テーパ形状)を有する。さらに、アンテナ装置は、第1の基準点Paの近傍において各アンテナ素子A11~A14にそれぞれ設けられた給電点(図示せず)を備える。給電点は、好ましくは、それぞれ基準軸に近接して設けられる。各アンテナ素子A11~A14は、基準軸に沿って、好ましくは互いに90度の角度を有して設けられる。本実施形態のアンテナ装置によれば、アンテナ素子数を増やすことで通信の高速化が可能となる。

【0055】

図18は、本発明の第1の実施形態の第13の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図18のアンテナ装置は、6つのアンテナ素子A21~A26を備えた場合を示す。各アンテナ素子A21~A26は、基準軸に沿って、好ましくは互いに60度の角度を有して設けられる。

【0056】

本実施形態のアンテナ装置は、2つ、4つ又は6つアンテナ素子を備えた構成に限定されるものではなく、他の個数のアンテナ素子を備えていてもよい。また、図17~図18では、アンテナ素子A11~A14, A21~A26の形状は、図1のアンテナ素子A1, A2と同様であるように示しているが、例えば図6~図10に示すもの等の他の形状を有するアンテナ素子を用いてもよい。

【0057】

第2の実施形態 .

10

20

30

40

50

図19は、本発明の第2の実施形態に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。本実施形態のアンテナ装置は、図1のアンテナ装置の構成に加えて、アンテナ素子A1、A2の第1の部分（基準線に近接した部分）においてアンテナ素子A1、A2を互いに接続するように設けられ、所定の周波数帯でアンテナ素子A1、A2間の電磁結合を調整する電磁結合調整素子D1を備える。電磁結合調整素子D1は、所定の周波数帯でアンテナ素子A1上の給電点P1（又はアンテナ素子A2上の給電点P2）に給電したときに、アンテナ素子A1、A2間の電磁結合によりアンテナ素子A2（又はアンテナ素子A1）に流れる電流を実質的に相殺する電流を流れさせる電流経路を形成する。この電磁結合調整素子D1を流れる電流により、アンテナ素子A1、A2間の電磁結合を低減することができる。本実施形態のアンテナ装置によれば、電磁結合調整素子D1を備えたことにより、アンテナ素子A1、A2間のアイソレーションをさらに向上させることができる。

10

【0058】

図20は、図19のアンテナ装置の電流経路を示す図である。図20の電流経路は、信号源Q1のみを動作させ、信号源Q2を動作させない（従って、図20では信号源Q2を負荷として示す）場合を示す。給電点P1を電圧V1で励振させると、アンテナ素子A1の第1の部分（基準線に近接した部分）に電流I1が流れ、アンテナ素子A1の第2の部分（基準線から遠隔した部分）に電流I3が流れる。その際、アンテナ素子A1、A2間に電磁結合が生じ、給電点P2に逆起電力V2が生じる。そのため、アンテナ素子A2にはアンテナ素子A1の電流I1と逆相の電流I2が流れる。電磁結合調整素子D1は、この電磁結合を打ち消すために、給電点P1から電磁結合調整素子D1を介して給電点P2に流れる電流 $I_d1 = -I2$ を生じさせるために設けられる。信号源Q2のみを動作させ、信号源Q1を動作させない場合も同様に、電磁結合調整素子D1は、アンテナ素子A1、A2間の電磁結合を打ち消すために、給電点P2から電磁結合調整素子D1を介して給電点P1に流れる電流を生じさせる。また、両方の信号源Q1、Q2を動作させる場合も同様に、電磁結合調整素子D1は、アンテナ素子A1、A2間の電磁結合を打ち消すための電流を生じさせる。

20

【0059】

図21～図24に、図19の電磁結合調整素子D1のいくつかの実施例を示す。

【0060】

図21は、図19の電磁結合調整素子D1の第1の実施例を等価的に示す回路図である。図21の電磁結合調整素子D1は、複数のサセプタンス素子（所定のサセプタンス値 $b_1 \sim b_9$ を有する回路素子）1～9から構成された低結合回路であり、小型化に適している。サセプタンス素子1～9を望ましくは無損失のインダクタやキャパシタを用いて実装することにより、電磁結合調整素子D1を高効率化することができる。電磁結合調整素子D1は、この構成を備えたことにより、アンテナ素子A1、A2間の電磁結合を打ち消すための電流を生じさせる。なお、設計周波数においてサセプタンス値 $b_1 \sim b_9$ が実質的に0と見なせる場合は、サセプタンス素子1～9に代えて回路を開にしてもよい。この場合、回路素子数を削減することで、アンテナ装置の製造コストを削減することができる。

30

【0061】

図22は、図19の電磁結合調整素子D1の第2の実施例を等価的に示す回路図である。電磁結合調整素子D1は、サセプタンス素子1～9から構成された低結合回路に限定されるものではなく、例えば図22に示すように、振幅調整器11、13、15及び移相器12、14、16を用いた構成も可能である。例えば信号源Q1を動作させた場合、給電点P1から給電点P2に至る電流経路は、アンテナ素子A1、A2間の電磁結合を介する電流経路と、振幅調整器15及び移相器16を介する電流経路との2つを含む。これらの電流経路を流れる電流を互いに相殺させるためには、各振幅調整器11、13、15の振幅 M_1, M_2, M_3 と、各移相器12、14、16の移相量 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 とを調整すればよい。その条件は、図22の基準線a-a'より上におけるアンテナ素子A1、A2間の透過係数を S_{21a} とし、図22の基準線b-b'より上におけるアンテナ素子A1、A2間の透過係数を S_{21b} とし、振幅調整器15及び移相器16を通る給電点P1、

40

50

P 2 間の透過係数を S_{21c} とするとき、以下の手順で算出される。なお、以下の説明では、数式の後に記載した括弧の数字により各数式を参照する。

【0062】

アンテナ素子 A 1 , A 2 間の透過係数 S_{21a} を、所定の振幅 M 及び所定の移相量 により以下の式 (1) で表す。

【0063】

$$S_{21a} = M \times \exp(j \quad) \quad (1)$$

【0064】

また、各振幅調整器 1 1 , 1 3 , 1 5 の振幅 M 1 , M 2 , M 3 と、各移相器 1 2 , 1 4 , 1 6 の移相量 1 , 2 , 3 とを調整することにより、透過係数 S_{21b} , S_{21c} が以下の式 (2) 及び式 (3) で表されるものとする。

【0065】

$$\begin{aligned} S_{21b} &= S_{21a} \times M_1 \times M_2 \times \exp(j (\quad 1 + \quad 2)) \\ &= M \times M_1 \times M_2 \times \exp(j (\quad + \quad 1 + \quad 2)) \quad (2) \end{aligned}$$

【0066】

$$S_{21c} = M_3 \times \exp(j \quad 3) \quad (3)$$

【0067】

このとき、給電点 P 1 , P 2 間の透過係数 S_{21} をゼロにするには、以下の式 (4) が成り立てばよい。

【0068】

$$S_{21} = S_{21b} + S_{21c} = 0 \quad (4)$$

【0069】

上式から、振幅特性と位相特性に分けて条件を整理すると、以下の式 (5) 及び式 (6) が得られる。

【0070】

$$3 + \quad = \quad + \quad 1 + \quad 2 \quad (5)$$

【0071】

$$M_3 = M_1 \times M_2 \times M \quad (6)$$

【0072】

式 (5) 及び式 (6) が成り立つとき、給電点 P 1 , P 2 間の透過係数 S_{21} をゼロになる。式 (5) 及び式 (6) が成り立つように電磁結合調整素子 D 1 を構成することにより、電磁結合調整素子 D 1 は、アンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合を打ち消すための電流を生じさせる。

【0073】

図 2 3 は、図 1 9 の電磁結合調整素子 D 1 の第 3 の実施例を等価的に示す回路図であり、図 2 4 は、図 1 9 の電磁結合調整素子 D 1 の第 4 の実施例を等価的に示す回路図である。図 2 2 の電磁結合調整素子 D 1 を図 2 3 のように単純化してもよい。さらに、図 2 3 の電磁結合調整素子 D 1 と等価な回路を、図 2 3 の振幅調整器 1 5 及び移相器 1 6 に代えて、図 2 4 の導電性素子 2 1 を用いて構成してもよい。図 2 4 の電磁結合調整素子 D 1 によれば、導電性素子 2 1 の電気長 d を変化させることで位相を変化させ、導電性素子 2 1 の幅 w を変化させることで振幅を変化させることが可能である。導電性素子 2 1 を用いた構成は、すべてのアンテナ装置に適用できるわけではないものの、構造が単純であり製作が容易であるという効果がある。例えば、図 5 9 に示すように、アンテナ素子 A 1 , A 2 と導電性素子 2 1 とを単一の導体板から一体的に形成してもよい。電磁結合調整素子 D 1 は、この構成を備えたことにより、アンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合を打ち消すための電流を生じさせる。

【0074】

アンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合を打ち消すための電流を生じさせるために、図 2 1 ~ 図 2 4 の電磁結合調整素子 D 1 の組み合わせて用いてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

なお、本実施形態のアンテナ装置によれば、さらなる効果として、以下の式（ 7 ）で定義される相関係数（非特許文献 1 参照）を低減することができる。

【 0 0 7 6 】

【 数 1 】

$$\rho = \frac{|S_{11}^* S_{12} + S_{21}^* S_{22}|^2}{(1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2)(1 - |S_{22}|^2 - |S_{12}|^2)} \quad (7)$$

10

【 0 0 7 7 】

給電点 P 1 , P 2 間の通過係数 (S _{2 1} , S _{1 2}) を低減し、各給電点 P 1 , P 2 における反射係数 (S _{1 1} , S _{2 2}) を低減することにより、上式の分子は実質的に 0 に近づき、分母は実質的に 1 に近づき、相関係数が低減される。その結果、本実施形態のアンテナ装置は、互いに低相関である複数の広帯域無線信号を効率よく同時に送受信することができる。

【 0 0 7 8 】

図 2 5 ~ 図 3 3 は、本発明の第 2 の実施形態の第 1 ~ 第 9 の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図 2 5 ~ 図 3 3 のアンテナ装置は、図 6 ~ 図 1 1、図 1 4 ~ 図 1 6 のアンテナ装置に電磁結合調整素子 D 1 を追加した構成を有する。これらの変形例のアンテナ装置によれば、電磁結合調整素子 D 1 を備えたことにより、アンテナ素子 A 1 , A 2 間のアイソレーションを第 1 の実施形態の場合よりもさらに向上させることができる。

20

【 0 0 7 9 】

図 3 4 は、本発明の第 2 の実施形態の第 1 0 の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。アンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合を調整する電磁結合調整素子は 1 つに限定されず、図 3 4 のアンテナ装置は、図 1 9 のアンテナ装置の構成に加えて、アンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合を調整する追加の電磁結合調整素子 D 2 をさらに備えている。電磁結合調整素子 D 2 は、アンテナ素子 A 1 , A 2 の第 1 の部分（基準線に近接した部分）においてアンテナ素子 A 1 , A 2 を互いに接続するように、電磁結合調整素子 D 1 よりも給電点 P 1 , P 2 から離れて設けられる。電磁結合調整素子 D 2 は、電磁結合調整素子 D 1 を通る電流経路が形成されるときに周波数帯よりも低い周波数帯でアンテナ素子 A 1 上の給電点 P 1（又はアンテナ素子 A 2 上の給電点 P 2）に給電したときに、アンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合によりアンテナ素子 A 2（又はアンテナ素子 A 1）に流れる電流を実質的に相殺する電流 I d 2 を流れさせる電流経路を形成する。従って、図 3 4 のアンテナ装置は、複数の電磁結合調整素子 D 1 , D 2 を備えたことにより、異なる周波数帯においてアンテナ素子 A 1 , A 2 間の電流経路を形成し、各電磁結合調整素子 D 1 , D 2 を流れる電流 I d 1 , I d 2 により、異なる周波数帯においてアンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合を低減すること（マルチバンド化）ができる。

30

【 0 0 8 0 】

図 3 5 は、図 3 4 の電磁結合調整素子 D 1 , D 2 の第 1 の実施例を示す回路図である。電磁結合調整素子 D 1 , D 2 として、例えば、インダクタ L とキャパシタ C を用いた共振回路を考える。この場合、電磁結合調整素子 D 1 は、周波数 f 1 の電流を通し、周波数 f 1 よりも低い周波数 f 2 の電流を通さないように回路素子値を設定することで、周波数 f 1 の電流だけ選択して流すことが可能であり、電磁結合調整素子 D 2 は、周波数 f 2 の電流を通し、周波数 f 1 の電流を通さないように回路素子値を設定することで、周波数 f 2 の電流だけ選択して流すことが可能である。

40

【 0 0 8 1 】

図 3 6 ~ 図 3 8 は、図 3 4 の電磁結合調整素子 D 1 , D 2 の第 2 の実施例を示すグラフである。電磁結合調整素子 D 1 , D 2 の実施例は図 3 5 の回路に限られるものではなく、

50

図36～図38のグラフに示すように複数のフィルタを組み合わせてもよい。図36は、電磁結合調整素子D1、D2が帯域通過フィルタとして構成された場合を示し、電磁結合調整素子D1は、周波数f1の電流を通過させて周波数f2の電流を阻止し、電磁結合調整素子D2は、周波数f2の電流を通過させて周波数f1の電流を阻止する。図37は、電磁結合調整素子D1、D2が帯域阻止フィルタとして構成された場合を示し、電磁結合調整素子D1は、周波数f3の電流を阻止して、周波数f3よりも高い周波数f4の電流を通過させ、電磁結合調整素子D2は、周波数f4の電流を阻止して、周波数f3の電流を通過させる。図38は、電磁結合調整素子D1が高域通過フィルタとして構成され、電磁結合調整素子D2が低域通過フィルタとして構成された場合を示し、電磁結合調整素子D1は、周波数f6の電流を通過させ、周波数f6よりも低い周波数f5以下の電流を阻止し、電磁結合調整素子D2は、周波数f5の電流を通過させて、周波数f6以上の電流を阻止する。

10

【0082】

電磁結合調整素子の個数は2つまでに限定されるものではなく、同様に3つ以上の電磁結合調整素子を備えてもよい。

【0083】

図39は、本発明の第2の実施形態の第11の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図39のアンテナ装置は、図17のアンテナ装置の構成に加えて、アンテナ素子A11～A14の第1の部分（基準線に近接した部分）においてアンテナ素子A11～A14を互いに接続するように設けられ、所定の周波数帯でアンテナ素子A11～A14間の電磁結合を調整する電磁結合調整素子D3を備える。電磁結合調整素子D3は、アンテナ素子A11～A14のうちの任意の一对の第1及び第2のアンテナ素子の間において、所定の周波数帯で第1のアンテナ素子の給電点に給電したときに第1及び第2のアンテナ素子間の電磁結合により第2のアンテナ素子に流れる電流を実質的に相殺する電流を流れさせる電流経路を形成する。この電磁結合調整素子D3を流れる電流により、アンテナ素子A11～A14間の電磁結合を低減することができる。図39のアンテナ装置によれば、電磁結合調整素子D3を備えたことにより、アンテナ素子A11～A14間のアイソレーションを図17のアンテナ装置の場合よりもさらに向上させることができる。

20

【0084】

図40は、本発明の第2の実施形態の第12の変形例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図40のアンテナ装置は、図18のアンテナ装置の構成に加えて、アンテナ素子A21～A26の第1の部分（基準線に近接した部分）においてアンテナ素子A21～A26を互いに接続するように設けられ、所定の周波数帯でアンテナ素子A21～A26間の電磁結合を調整する電磁結合調整素子D4を備える。図40のアンテナ装置によれば、電磁結合調整素子D4を備えたことにより、アンテナ素子A21～A26間のアイソレーションを図18のアンテナ装置の場合よりもさらに向上させることができる。

30

【0085】

以上説明した各実施形態及び各変形例を組み合わせてもよい。

【実施例1】

【0086】

以下、図41～図50を参照して、本発明の第1の実施形態に係るアンテナ装置のシミュレーション結果について説明する。

40

【0087】

図41は、第1の比較例に係るアンテナ装置の概略構成を示す展開図であり、図42は、図41のアンテナ装置の概略構成を示す斜視図である。図41のアンテナ装置は、図3の比較例に係るアンテナ装置に対応する。本シミュレーションでは、図41のアンテナ装置をアンテナ素子A101、A102上の点線において折り曲げ、図42に示すように構成した。これにより、アンテナ装置を小型化することができる。図43は、図41のアンテナ装置の反射係数S11及び透過係数S21を示すグラフである。アイソレーションを確保するために、透過係数S21は-10dB以下になることが望ましい。図43を参照

50

すると、図 4 1 のアンテナ装置では、透過係数 S_{21} の十分な低減が達成されていないことがわかる。

【 0 0 8 8 】

図 4 4 は、本発明の第 1 の実施例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図であり、図 4 5 は、図 4 4 のアンテナ装置の概略構成を示す斜視図である。図 4 4 のアンテナ装置は、図 7 のアンテナ装置に対応する。本シミュレーションでは、図 4 4 のアンテナ装置をアンテナ素子 A 1 b , A 2 b 上の点線において折り曲げ、図 4 5 に示すように構成した。図 4 6 は、図 4 4 のアンテナ装置の反射係数 S_{11} 及び透過係数 S_{21} を示すグラフである。図 4 6 を参照すると、図 4 4 のアンテナ装置では、図 4 1 のアンテナ装置に比べて、広帯域にわたって透過係数 S_{21} を低減できていることがわかる。

10

【 0 0 8 9 】

図 4 7 は、本発明の第 2 の実施例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図であり、図 4 8 は、図 4 7 のアンテナ装置の概略構成を示す斜視図である。図 4 7 のアンテナ装置は、図 1 のアンテナ装置に対応する。本シミュレーションでは、図 4 7 のアンテナ装置をアンテナ素子 A 1 , A 2 上の点線において折り曲げ、図 4 8 に示すように構成した。図 4 9 は、図 4 7 のアンテナ装置の反射係数 S_{11} 及び透過係数 S_{21} を示すグラフである。図 4 9 を参照すると、図 4 7 のアンテナ装置もまた、図 4 1 のアンテナ装置に比べて、広帯域にわたって透過係数 S_{21} を低減できていることがわかる。さらに、図 4 7 のアンテナ装置は、図 4 4 のアンテナ装置に比べて、反射係数 S_{11} も低減していることがわかる。これは、図 4 4 のアンテナ装置ではアンテナ素子 A 1 b , A 2 b 間の距離が次第に増大する部分が直線状であったのに対して、図 4 7 のアンテナ装置ではアンテナ素子 A 1 , A 2 間の距離が次第に増大する部分が曲線状のテーパ形状になっていて、これにより、テーパスロットアンテナと同様の動作モードに近づくからであると考えられる。

20

【 0 0 9 0 】

図 5 0 は、図 4 1、図 4 4、及び図 4 7 のアンテナ装置の放射効率を示す表である。表において、単位は dB である。第 1 の実施例 (図 4 4) 及び第 2 の実施例 (図 4 7) における太線の欄は、第 1 の比較例 (図 4 1) に比べて高い放射効率を得られた動作周波数を示している。表に示す放射効率の計算結果によれば、本発明の実施例のアンテナ装置は、第 1 の比較例のアンテナ装置に比べて、広帯域にわたって放射効率を改善できていることがわかる。第 1 の実施例のアンテナ装置では、透過係数 S_{21} の低減により放射効率が改善し、第 2 の実施例のアンテナ装置では、透過係数 S_{21} 及び反射係数 S_{11} の低減により放射効率が改善した。

30

【 0 0 9 1 】

以上の結果より、本発明の実施例のアンテナ装置は、小型かつ簡単な構成でありながら、アンテナ素子間でアイソレーションを確保し、複数の広帯域無線信号を同時に送受信できる広帯域アンテナ装置として動作可能である。

【実施例 2】

【 0 0 9 2 】

以下、図 5 1 ~ 図 6 0 を参照して、本発明の第 2 の実施形態に係るアンテナ装置のシミュレーション結果について説明する。

40

【 0 0 9 3 】

図 5 1 は、本発明の第 3 の実施例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。図 5 1 のアンテナ装置は、図 1 9 のアンテナ装置に対応する。アンテナ素子 A 1 , A 2 は 27×90 mm の大きさであり、接地導体 G 1 は 57×90 mm の大きさであり、アンテナ素子 A 1 , A 2 は、接地導体 G 1 と同一平面状において、接地導体 G 1 から 1 mm の間隔を空けて配置されている。アンテナ素子 A 1 , A 2 は、アンテナ素子 A 1 , A 2 間の距離が次第に増大するようなテーパ形状を有する。図 5 2 は、図 5 1 の電磁結合調整素子 D 1 を等価的に示す回路図である。図 5 2 の電磁結合調整素子 D 1 は、 1000 MHz においてアンテナ素子 A 1 , A 2 間の電磁結合が低減されるように設計した。

【 0 0 9 4 】

50

図54は、第2の比較例のアンテナ装置の概略構成を示す図である。図51のアンテナ装置が広帯域モデル(Wideband Model)であるのに対して、図54のアンテナ装置は、特許文献1に示されているようなアンテナ素子を互いに平行に配置した狭帯域モデル(Narrowband Model)である。アンテナ素子A111, A112は2×90mmの大きさであり、接地導体G1は57×90mmの大きさであり、アンテナ素子A111, A112は、接地導体G1と同一平面状において、接地導体G1から1mmの間隔を空けて配置されている。図55は、図54の電磁結合調整素子D1を等価的に示す回路図である。図55の電磁結合調整素子D1は、1000MHzにおいてアンテナ素子A111, A112間の電磁結合が低減されるように設計した。

【0095】

図53は、図51のアンテナ装置のアンテナ素子A1, A2間の電磁結合を示すグラフであり、図56は、図54のアンテナ装置のアンテナ素子A111, A112間の電磁結合を示すグラフである。図53及び図56のグラフは、周波数に対する給電点P1, P2間の透過係数S21を示す。第3の実施例(図51)及び第2の比較例(図54)のアンテナ装置から電磁結合調整素子D1を除去した場合には、いずれの結果でも、1000MHzにおいて透過係数S21が-5dB以上という高い値を示している。一方、電磁結合調整素子D1がある場合は、いずれの結果でも、1000MHzにおいて透過係数S21を-10dB以下に低減できていることがわかる。ただし、透過係数S21が-10dB以下となる周波数帯域幅を比較すると、第2の比較例のアンテナ装置は6MHzであるのに対して、第3の実施例のアンテナ装置は260MHz以上確保しており、第3の実施例のほうが43倍広いことがわかる。

【0096】

図57は、図51及び図54のアンテナ装置の放射効率を示すグラフである。第3の実施例のアンテナ装置及び第2の比較例のアンテナ装置ともに、1000MHzにおいて放射効率を最大化できていることがわかる。ただし、放射効率が3dB以上となる周波数帯域幅を比較すると、第2の比較例のアンテナ装置は64MHzであるのに対して、第3の実施例のアンテナ装置は330MHzであり、第3の実施例のほうが5倍広いことがわかる。

【0097】

図58は、図51及び図54のアンテナ装置の相関係数を示すグラフである。第3の実施例のアンテナ装置及び第2の比較例のアンテナ装置ともに、1000MHzにおいて相関係数を最小化できていることがわかる。ただし、相関係数が0.6以下となる周波数帯域幅を比較すると、第2の比較例のアンテナ装置は14MHzであるのに対して、第3の実施例のアンテナ装置は400MHzであり、第3の実施例のほうが29倍広いことがわかる。

【0098】

なお、本実施例は1000MHzにおいてアンテナ素子A1, A2間の電磁結合が低減されるように設計したが、これに限らず他の周波数でも適用可能である。

【0099】

図59は、本発明の第2の実施形態の第4の実施例に係るアンテナ装置の概略構成を示す図である。本実施例のアンテナ装置は、図24の電磁結合調整素子D1の一例を含み、アンテナ素子A1, A2及び電磁結合調整素子D1を単一の導体板から一体的に形成している。図60は、図59のアンテナ装置の反射係数S11及び透過係数S21を示すグラフである。反射係数S11及び透過係数S21ともに、2100~2300MHz付近で-10dB以下に低減できていることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0100】

以上説明したように、本発明のアンテナ装置は、小型かつ簡単な構成でありながら、アンテナ素子間でアイソレーションを確保し、複数の広帯域無線信号を同時に送受信できる広帯域アンテナ装置として動作可能である。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

本発明のアンテナ装置及びそれを用いた無線通信装置によれば、例えば携帯電話機として実装することができ、あるいは無線LAN用の装置として実装することもできる。このアンテナ装置は、例えばMIMO通信を行うための無線通信装置に搭載することができるが、MIMOに限らず、複数のアプリケーションのための通信を同時に実行可能（マルチアプリケーション）なアダプティブアレーアンテナや最大比合成ダイバーシチアンテナ、フェーズドアレーアンテナといったアレーアンテナ装置に搭載することも可能である。

【符号の説明】

【 0 1 0 2 】

A 1 , A 2 , A 1 a ~ A 1 g , A 2 a ~ A 2 g , A 1 1 ~ A 1 4 , A 2 1 ~ A 2 6 ...アンテナ素子、 10

G 1 , G 2 , G 3 , G 4 ... 接地導体、

D 1 , D 2 , D 3 , D 4 ... 電磁結合調整素子、

I 1 , I 3 ... アンテナ素子 A 1 の電流、

I 2 ... アンテナ素子 A 2 の電流、

I d 1 ... 電磁結合調整素子 D 1 の電流、

I d 2 ... 電磁結合調整素子 D 2 の電流、

N 1 ~ N 4 ... スリット、

P a , P b , P c ... 基準点、

P 1 , P 2 ... 給電点、 20

P 3 , P 4 ... 接地点、

P 5 , P 6 ... アンテナ素子 A 1 , A 2 の放射方向側の端点、

Q 1 , Q 2 ... 信号源、

1 ~ 9 ... サセプタンス素子、

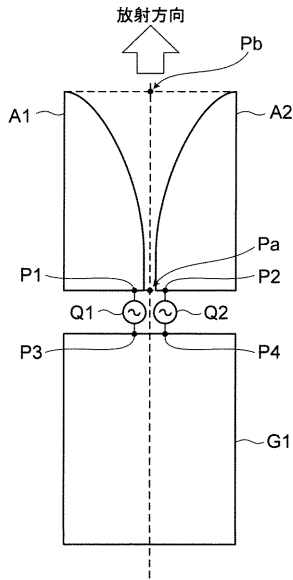
1 1 , 1 3 , 1 5 ... 振幅調整器、

1 2 , 1 4 , 1 6 ... 移相器、

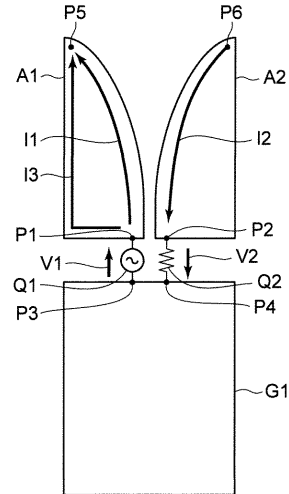
2 1 ... 導電性素子、

3 1 , 3 2 ... 短絡導体。

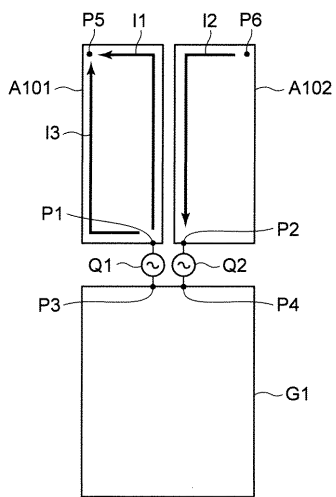
【 図 1 】



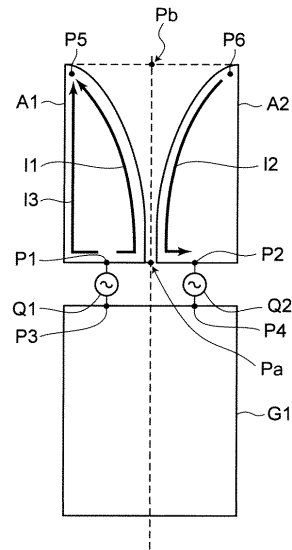
【 図 2 】



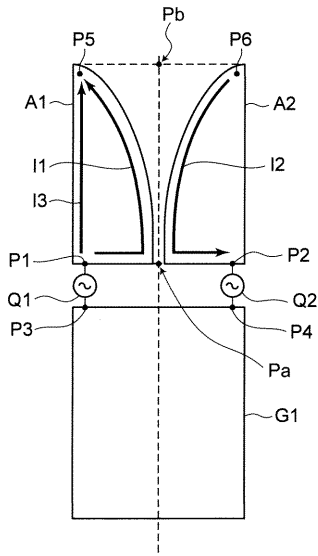
【 図 3 】



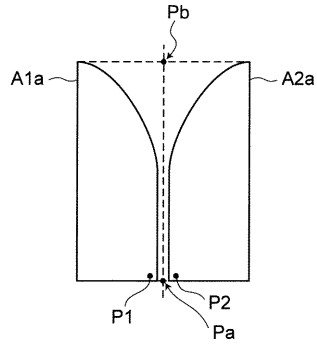
【 図 4 】



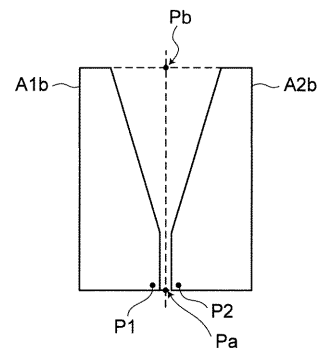
【図 5】



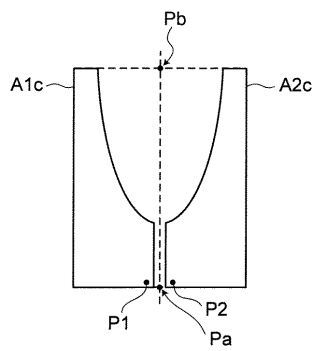
【図 6】



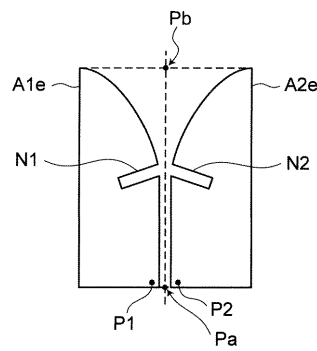
【図 7】



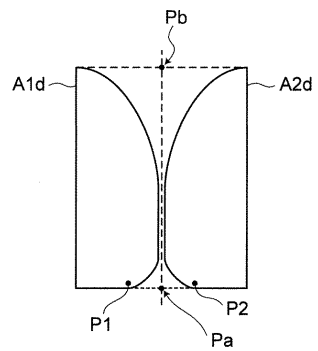
【図 8】



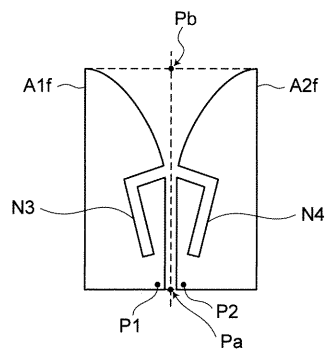
【図 10】



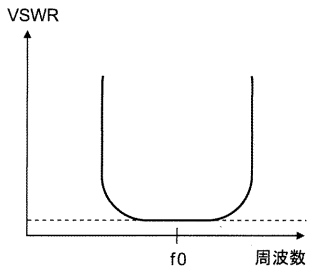
【図 9】



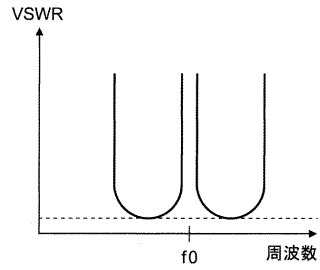
【図 11】



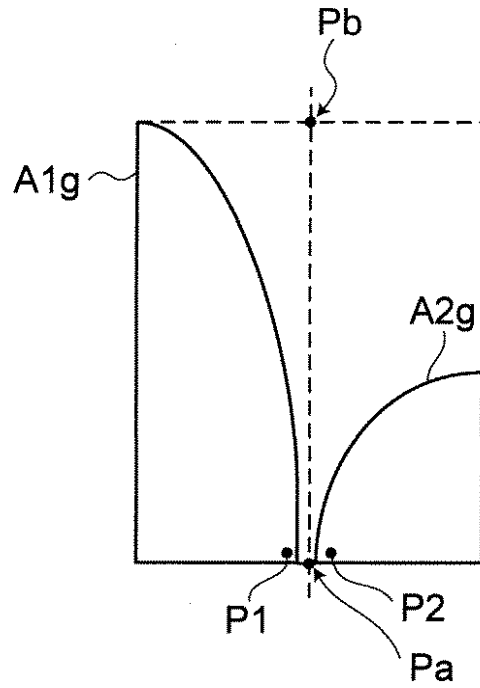
【図 1 2】



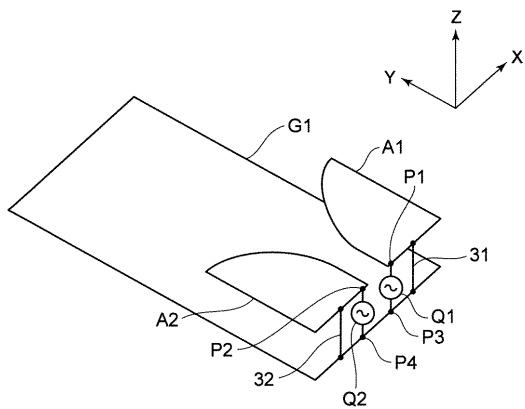
【図 1 3】



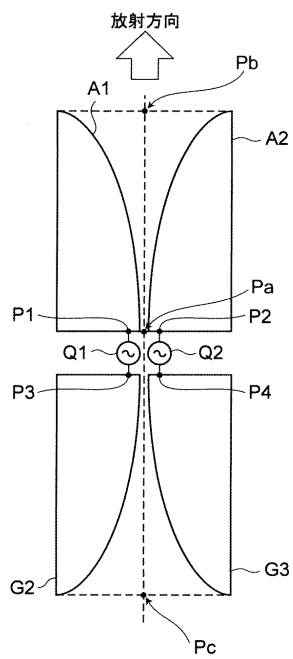
【図 1 4】



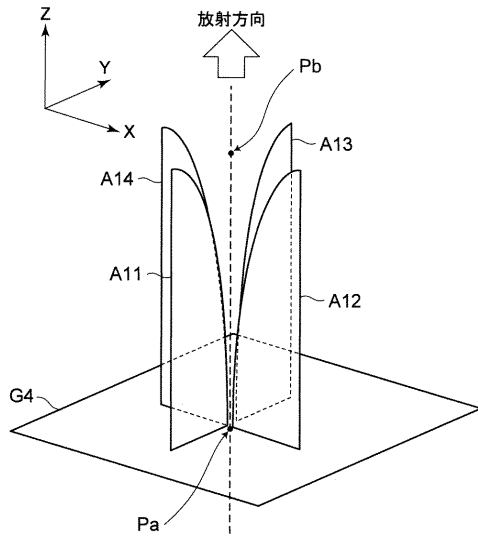
【図 1 5】



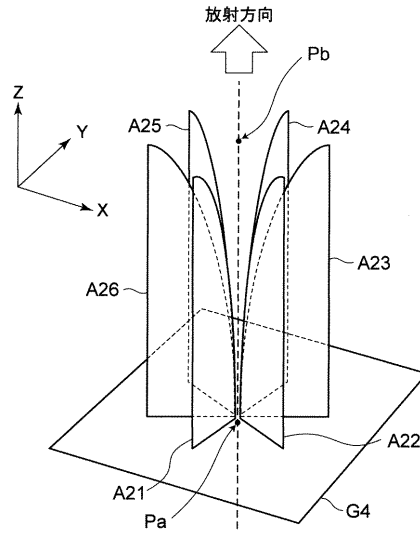
【図 1 6】



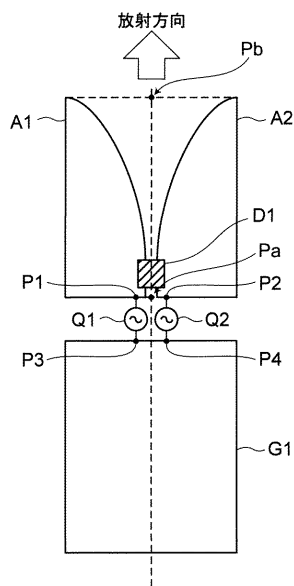
【図 17】



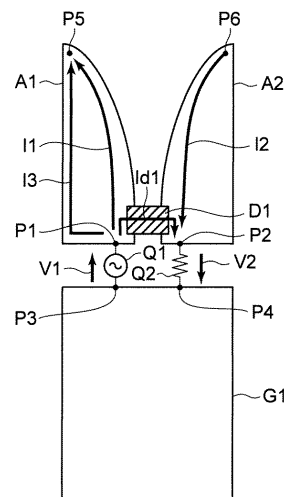
【図 18】



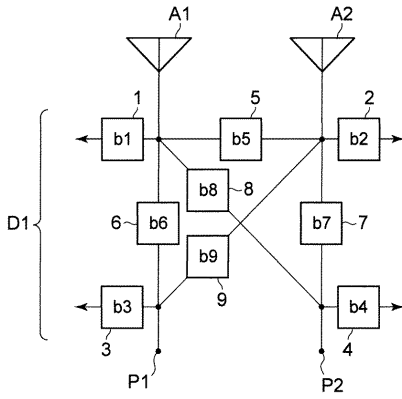
【図 19】



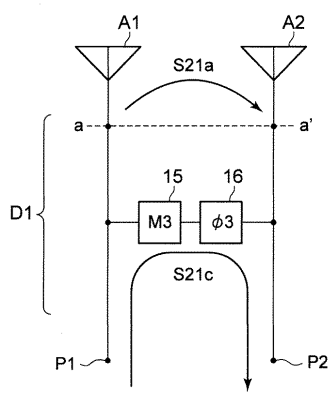
【図 20】



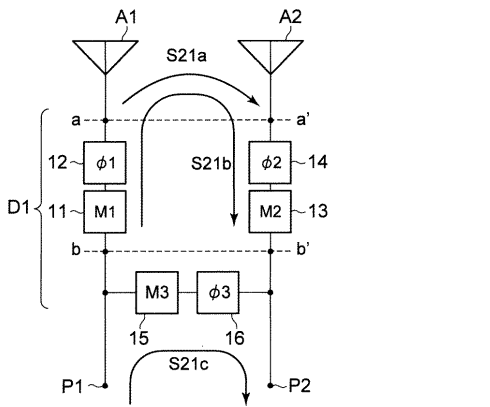
【図 2 1】



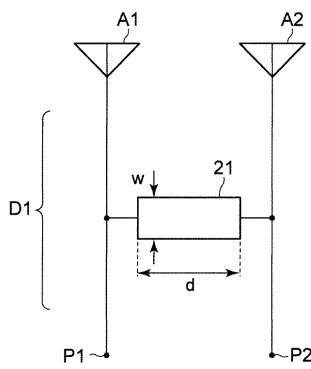
【図 2 3】



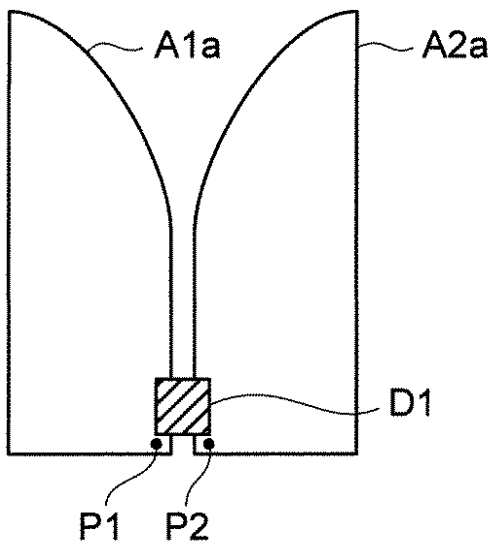
【図 2 2】



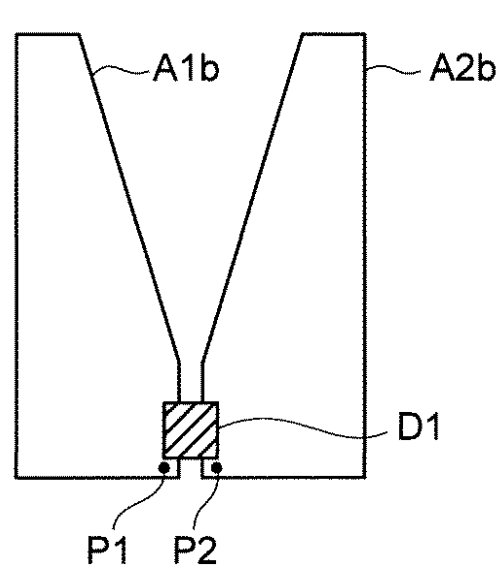
【図 2 4】



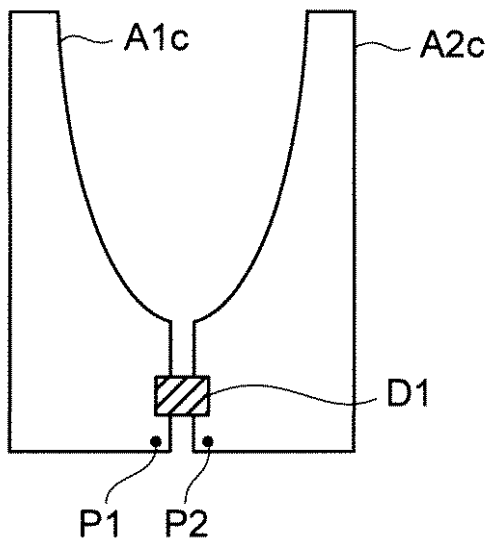
【図 2 5】



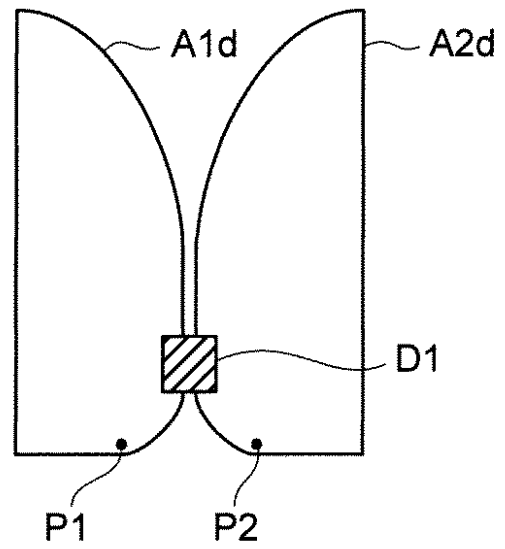
【図 2 6】



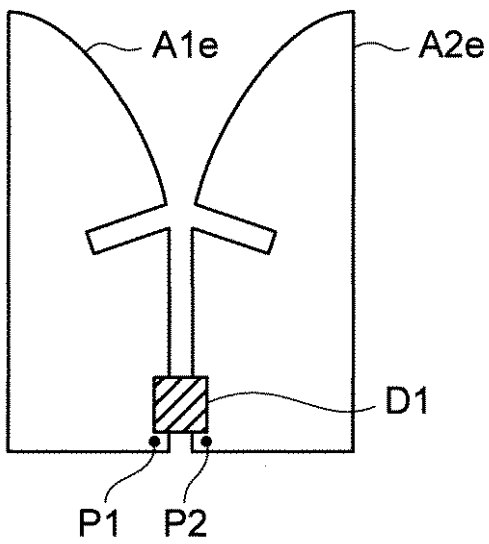
【図 27】



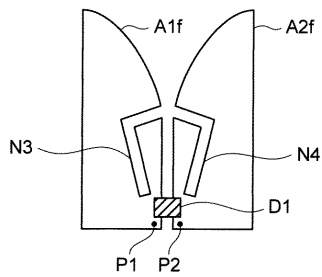
【図 28】



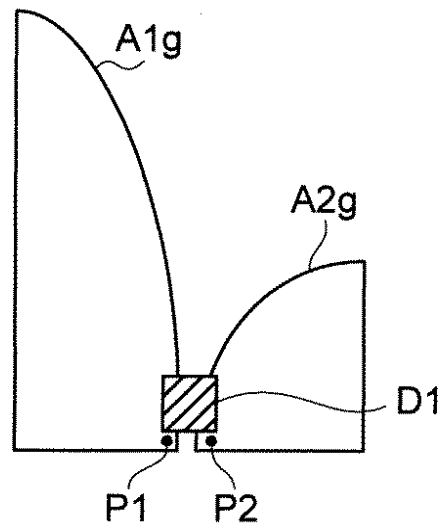
【図 29】



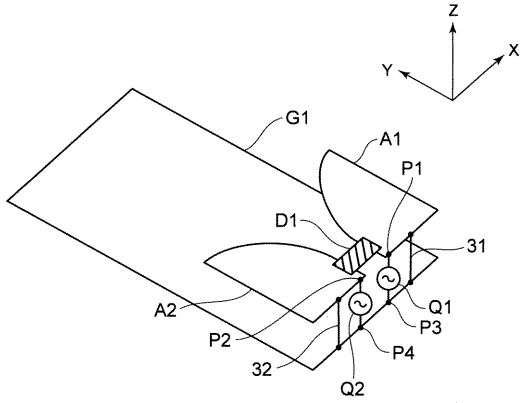
【図 30】



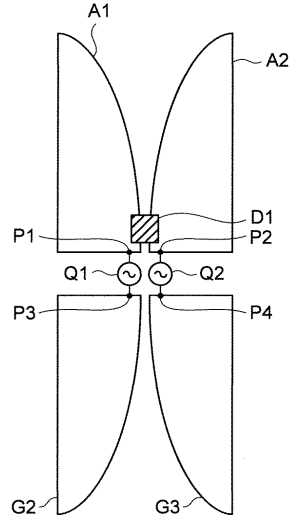
【図 31】



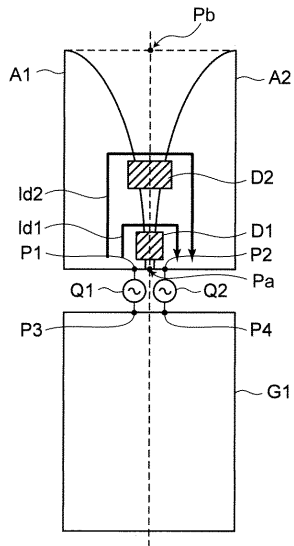
【図 3 2】



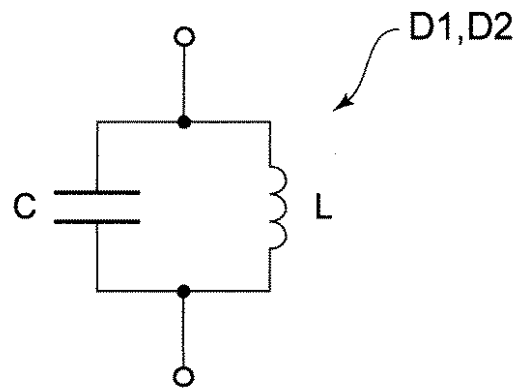
【図 3 3】



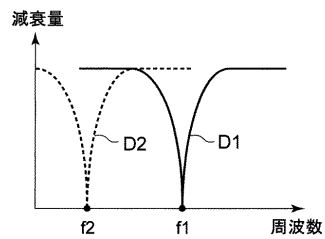
【図 3 4】



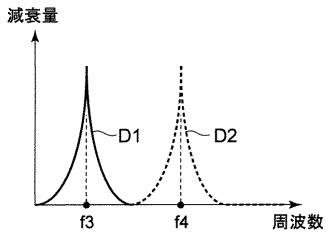
【図 3 5】



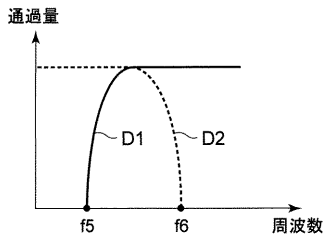
【図 3 6】



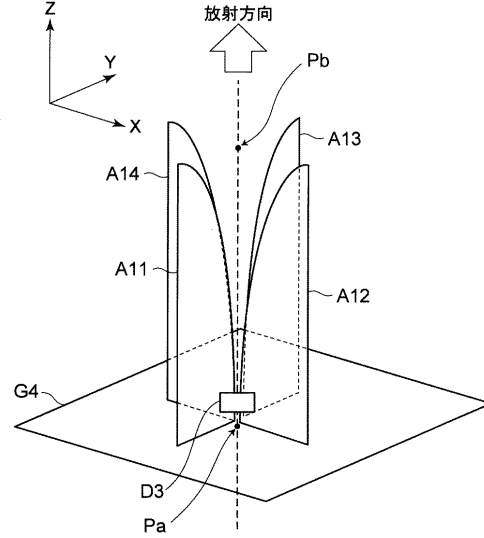
【 図 3 7 】



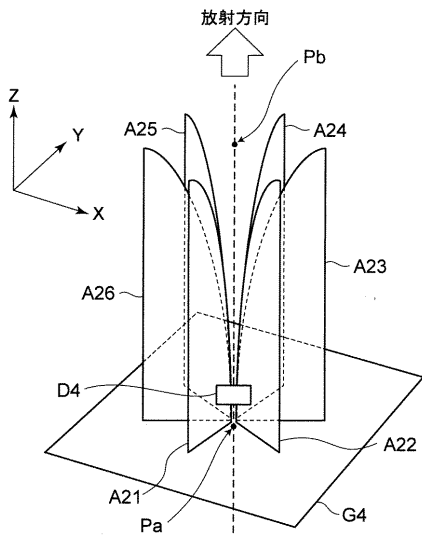
【 図 3 8 】



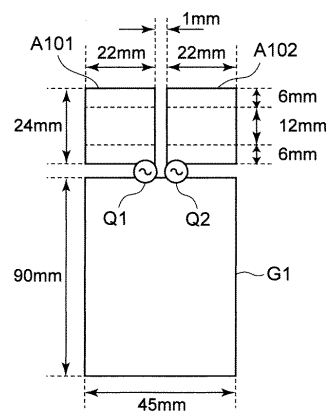
【 図 3 9 】



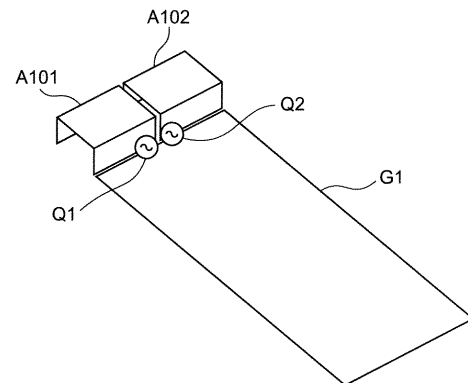
【 図 4 0 】



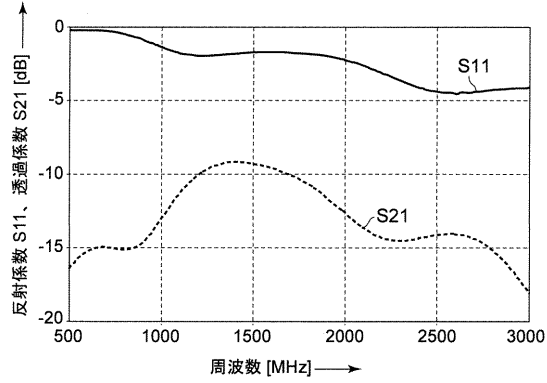
【 図 4 1 】



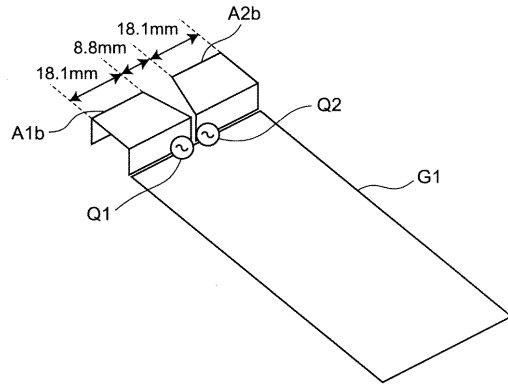
【 図 4 2 】



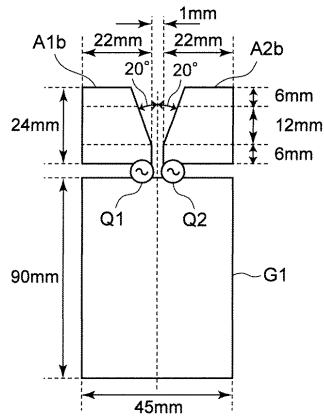
【図43】



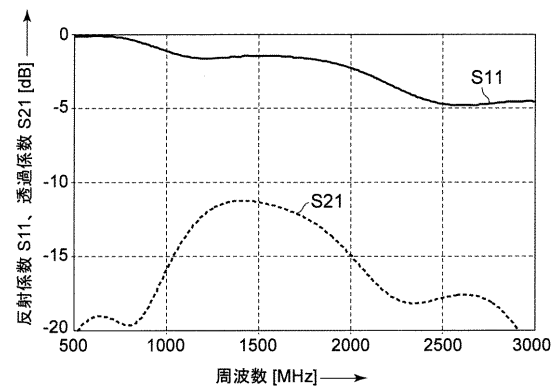
【図45】



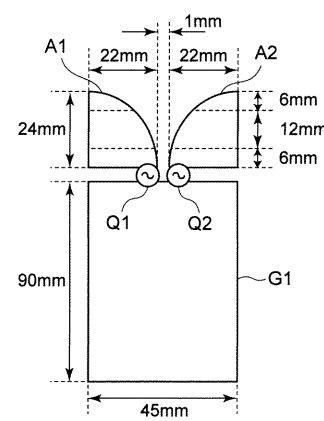
【図44】



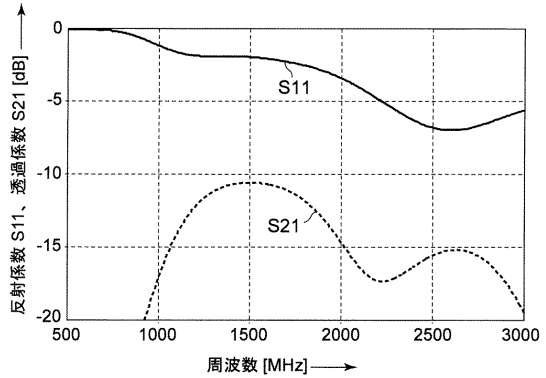
【図46】



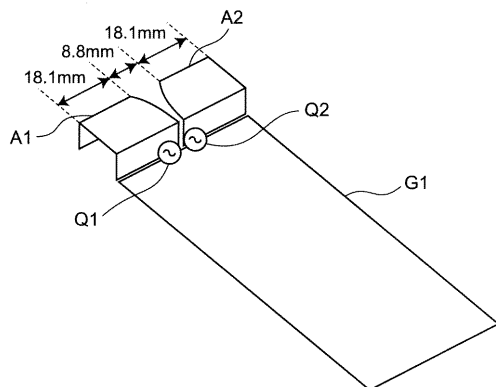
【図47】



【図49】



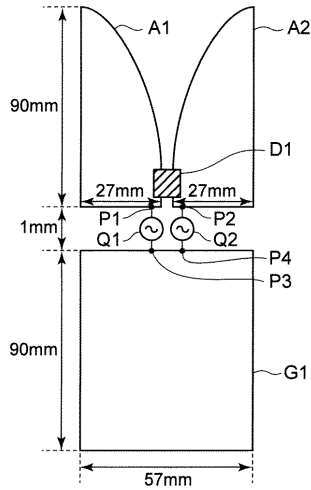
【図48】



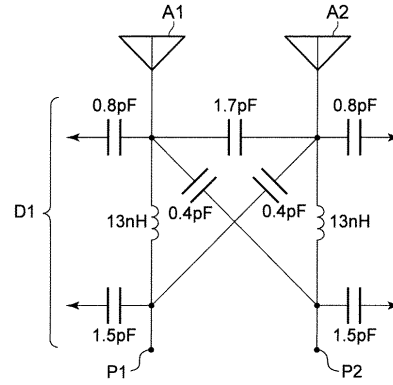
【図50】

周波数 [MHz]	第1の比較例	第1の実施例	第2の実施例
1428	-6.7	-6.7	-5.6
1501	-6.8	-6.7	-5.5
1710	-6.4	-6.1	-4.7
1880	-5.5	-5.1	-3.7
1940	-5.1	-4.7	-3.3
2170	-3.4	-3.0	-2.0
2690	-2.2	-1.9	-1.2
3000	-2.2	-1.9	-1.5

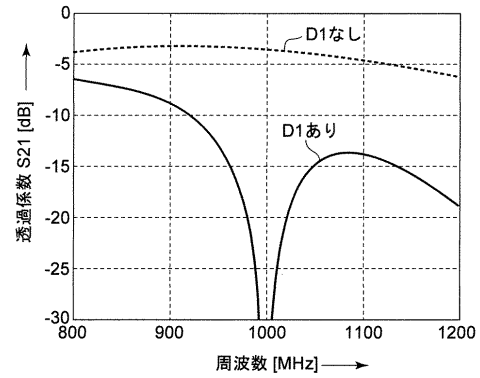
【図 5 1】



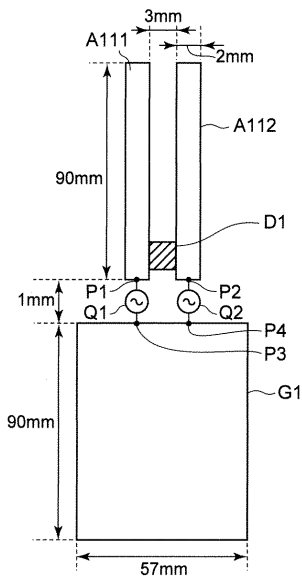
【図 5 2】



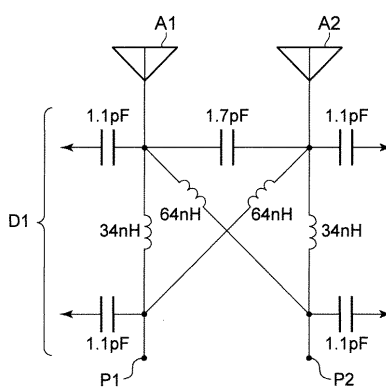
【図 5 3】



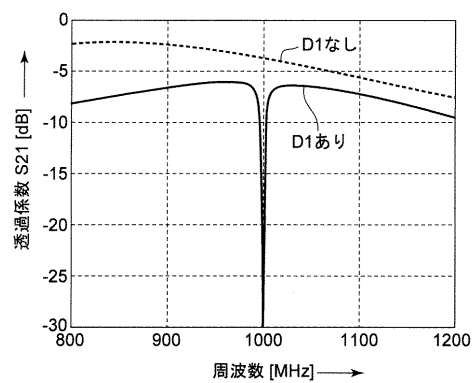
【図 5 4】



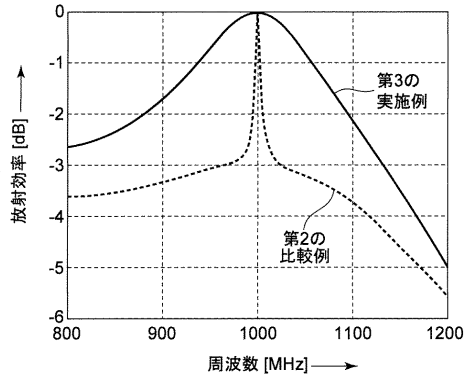
【図 5 5】



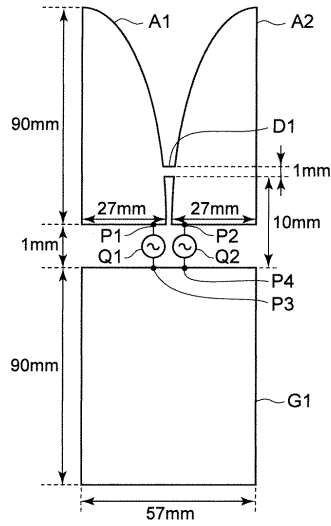
【図 5 6】



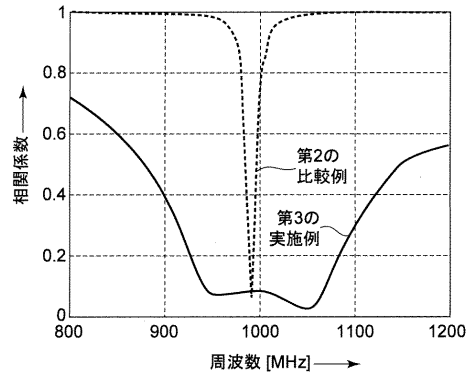
【図57】



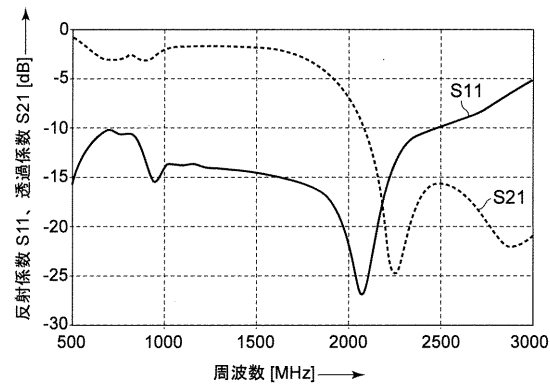
【図59】



【図58】



【図60】



フロントページの続き

(74)代理人 100125874

弁理士 川端 純市

(72)発明者 浅沼 健一

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 山本 温

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 坂田 勉

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

審査官 米倉 秀明

(56)参考文献 特開2011-024176(JP,A)

特開2010-028413(JP,A)

特開2008-199588(JP,A)

特開2009-171096(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 1/52

H01Q 9/16

H01Q 9/30

H01Q 13/08