

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6592829号
(P6592829)

(45) 発行日 令和1年10月30日 (2019. 10. 30)

(24) 登録日 令和1年10月4日 (2019. 10. 4)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 Q	9/40	(2006. 01)	HO 1 Q 9/40
HO 1 Q	1/38	(2006. 01)	HO 1 Q 1/38

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-559103 (P2016-559103)	(73) 特許権者	504205521
(86) (22) 出願日	平成27年11月12日 (2015. 11. 12)		国立大学法人 長崎大学
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/081845		長崎県長崎市文教町 1 - 1 4
(87) 国際公開番号	W02016/076389	(73) 特許権者	504030495
(87) 国際公開日	平成28年5月19日 (2016. 5. 19)		株式会社日本ジー・アイ・ティー
審査請求日	平成30年10月22日 (2018. 10. 22)		滋賀県栗東市野尻 5 9 0 番地
(31) 優先権主張番号	特願2014-229883 (P2014-229883)	(74) 代理人	110001209
(32) 優先日	平成26年11月12日 (2014. 11. 12)		特許業務法人山口国際特許事務所
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(72) 発明者	藤本 孝文
			長崎県長崎市文教町 1 番 1 4 号 国立大学 法人長崎大学内
		審査官	佐藤 当秀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広帯域円偏波平面アンテナ及びアンテナ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

誘電体基板の表面に、滑らかな輪郭線を持ち長軸を有する形状のパッチ導体と、
 前記パッチ導体の基部に接続された直線状のマイクロストリップ線路と、
 前記誘電体基板の裏面側であって、前記パッチ導体の基部側に形成され、前記パッチ導体の基部の輪郭線と間隔を持って沿う輪郭の窪み部を、前記パッチ導体側の長辺に有する略矩形の外形である接地導体板とからなり、
 前記パッチ導体は、長軸が前記接地導体板の長辺方向に対して所定角度 θ となるよう傾斜するようになされ、

前記接地導体板は、前記パッチ導体の長軸の傾斜とは逆方向の対角線が、前記パッチ導体の長軸とほぼ直交するようになされた
 ことを特徴とする広帯域円偏波平面アンテナ。

【請求項 2】

前記マイクロストリップ線路と前記パッチ導体の長軸の長さの合計が、前記接地導体板の前記対角線の長さにほぼ等しくなされた
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の広帯域円偏波平面アンテナ。

【請求項 3】

前記パッチ導体の傾き θ は、 $40^\circ < \theta < 80^\circ$ に選定された
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の広帯域円偏波平面アンテナ。

【請求項 4】

10

20

前記パッチ導体の傾き θ は、 $\theta = 50^\circ$ か、 $\theta = 60^\circ$ あるいはその中間の値に選定された

ことを特徴とする請求項 3 に記載の広帯域円偏波平面アンテナ。

【請求項 5】

前記パッチ導体の形状が楕円形状である

ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載の広帯域円偏波平面アンテナ。

【請求項 6】

前記パッチ導体の長軸は前記誘電体基板の中心点を通り、前記パッチ導体の中心は前記長軸上にあって、前記誘電体基板の中心点に対して、前記直線状のマイクロストリップ線路の中心線が前記長軸と交わる位置とは反対側にある

10

ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の広帯域円偏波アンテナ。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載の広帯域円偏波平面アンテナを搭載した

ことを特徴とするアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は広帯域円偏波平面アンテナ及びアンテナ装置に関する。詳しくは、特に 2 . 0 GHz ~ 5 . 0 GHz 帯の W i F i (Wireless Fidelity: ブランド名) や、W i M A X (Worldwide Interoperability for Microwave Access) 及び 3 . 1 GHz ~ 10 . 6 GHz 帯の U W B (Ultra Wide Band) 無線通信等に用いることができるプリント基板型の広帯域円偏波平面アンテナ及びアンテナ装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

円偏波は G P S 用の電波、衛星デジタル放送用の衛星電波、E T C 用などの電波に使用されており、種々の円偏波アンテナ (特許文献 1 など) が提案されている。

近年、W i F i に代表される無線 L A N や、中距離通信や移動体通信等に使用される W i M A X や U W B などの無線通信に対しても円偏波の利用が拡大してきている。これらの無線通信機器に実装される円偏波アンテナは、薄型・軽量が要求されるため、プリント基板等によって形成される平面アンテナが主流となりつつある。

30

【0003】

これに対応する広帯域円偏波平面アンテナがいくつか提案されている。例えば、発明者等が提案した非特許文献 1 は、矩形のアンテナ素子を斜めに配置するものである。また、非特許文献 2 は矩形のアンテナ素子の内側に入れ子構造のサブパターンを設けるもの、非特許文献 3 はアンテナ素子を矩形のループパターンとするものである。

広帯域直線偏波平面アンテナとして楕円型のアンテナ素子 (非特許文献 4) が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

40

【特許文献 1】特開 2005 - 236656 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】IET Microw. Antennas Propag., pp.1-8 doi:10.1049/iet-map.2013.0460

【非特許文献 2】ITE Technical Report Vol.38, No.5 BCT2014-2 (Jan.2014)

【非特許文献 3】IET Microw. Antennas Propag., 2014, Vol.8, Iss.4, pp.263-271 doi:10.1049/iet-map.2013.0249

【非特許文献 4】IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL.55, NO.4, APRIL. 2007

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述した広帯域円偏波平面アンテナ及びアンテナ装置によれば、次のような問題がある。

【0007】

非特許文献1は、プリント基板型で方形のモノポールアンテナであるために、アンテナ素子が単純な矩形であり、アンテナ特性が量産したときの製作誤差の影響を受けにくいという利点がある。しかし、周波数帯域幅として1.75～4.22GHz（リターンロス10dB以下を満たす周波数帯域幅、軸比ARが3dB以下を満たす周波数帯域幅では、1.73～4.27GHz）という周波数帯が確保されてはいるものの、まだ満足すべき広帯域幅は得られていない。

10

【0008】

非特許文献2、3は、周波数帯域幅は広いが、サブパターンを装荷したり、矩形ループを形成しなければならないので、アンテナ素子の形状が複雑である。そのため、アンテナやアンテナ装置を量産したときの製作誤差の影響を受け易く、特に円偏波特性を示す軸比特性が安定しないという問題がある。

【0009】

また、非特許文献4のように、広帯域直線偏波平面アンテナとしてモノポールアンテナ構成の楕円型のアンテナ素子が知られている。これは楕円パッチからの放射は楕円パッチの長軸方向にベクトルの向きを持つ電界が発生し、接地導体部の電流は楕円パッチの長軸あるいはマイクロストリップ線路に対して対称に流れるため接地導体部からも楕円パッチの長軸方向に電界の向きを持つ電界が発生する。したがって楕円パッチの長軸方向に電界の向きを持つ直線偏波しか放射することができない。円偏波は放射することができず、UHF帯やSHF帯の円偏波アンテナとしては使用できない。

20

【0010】

そこで本発明は、このような従来の課題を解決したものであって、アンテナ素子が単純な形状であって、かつ周波数帯域幅を広く取れる広帯域の円偏波平面アンテナ及びアンテナ装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0011】

上述した課題を解決するため、請求項1に記載したこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナでは、誘電体基板の表面に、滑らかな輪郭線を持ち、長軸を有する形状のパッチ導体と、前記パッチ導体の基部に接続され、直線状の中心軸を有するマイクロストリップ線路と、前記誘電体基板の裏面側であって、前記パッチ導体の基部側に形成された接地導体板とからなり、

前記パッチ導体を、長軸が前記マイクロストリップ線路の中心軸の直交方向に対して所定角度 θ となるよう傾斜させるとともに、前記接地導体板は、略矩形の外形であって、前記パッチ導体の基部の輪郭線と間隔を持って沿う輪郭の窪み部を有し、前記パッチ導体の長軸の傾斜とは逆方向の対角線が、前記パッチ導体の長軸とほぼ直交するようになされたことを特徴とする。

40

【0012】

請求項2に記載した広帯域円偏波平面アンテナは、前記マイクロストリップ線路と前記パッチ導体の長軸の長さの合計が、前記接地導体板の前記対角線の長さにほぼ等しくなされたことを特徴とする。

【0014】

請求項3に記載したこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナは、前記パッチ導体の傾き θ は、 $40^\circ < \theta < 80^\circ$ に選定されたことを特徴とする。

【0015】

請求項4に記載したこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナは、前記パッチ導体の傾

50

き θ は、 $\theta = 50^\circ$ か、 $\theta = 60^\circ$ あるいはその中間の値に選定されたことを特徴とする。

請求項5に記載したこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナは、前記パッチ導体の形状が楕円形状であることを特徴とする。

請求項6に記載したこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナは、前記パッチ導体の長軸は前記誘電体基板の中心点を通り、前記パッチ導体の中心は前記長軸上において、前記誘電体基板の中心点に対して、前記直線状のマイクロストリップ線路の中心線が前記長軸と交わる位置とは反対側にあることを特徴とする。

【0016】

また請求項7に記載したアンテナ装置は、請求項1～6の何れか一項に記載の広帯域円偏波平面アンテナを搭載したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

この発明では、パッチ導体と接地導体板のそれぞれから放射される電界の振幅の大きさが同じであり、パッチ導体を所定角度だけ傾斜させると共に、パッチ導体から放射される電界と接地導体板側から放射される電界の位相が略 90° となるように構成することで、広帯域な円偏波平面アンテナを実現したものである。

【0018】

これによれば、アンテナの構造が極めて簡単であり、しかも薄型で軽量化できるため、携帯性に優れた平面アンテナを提供できる。また円偏波特性に関しても、VSWR（定在波比）が2以下で、軸比が3dB以下を満たす周波数帯域幅が88.4%となり、従来では得られない周波数の広帯域化（2.1～5.5GHz帯および3.1～10.6GHz帯）を実現できる。

【0019】

しかも天頂方向に関して周波数に依存しない様な放射指向性が得られるため、アンテナの向きを考慮することなくこの平面アンテナを設置できる特徴を有する。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】この発明に係る広帯域円偏波平面アンテナの一例を示す平面図である。

【図2】その側面図である。

【図3A】この発明に係る平面アンテナの電流分布状態を示す図である（ $\omega t = 10^\circ$ ）。

【図3B】この発明に係る平面アンテナの電流分布状態を示す図である（ $\omega t = 100^\circ$ ）。

【図3C】この発明に係る平面アンテナの電流分布状態を示す図である（ $\omega t = 190^\circ$ ）。

【図3D】この発明に係る平面アンテナの電流分布状態を示す図である（ $\omega t = 280^\circ$ ）。

【図4】軸比特性とVSWR特性を示す特性図である。

【図5】VSWR特性のシミュレーション値と測定値の関係を示す特性図である。

【図6】軸比特性のシミュレーション値と測定値の関係を示す特性図である。

【図7】天頂方向の利得特性を示す特性図である。

【図8】2GHz帯での放射指向性を示す特性図である。

【図9】3GHz帯での放射指向性を示す特性図である。

【図10】4GHz帯での放射指向性を示す特性図である。

【図11】5GHz帯での放射指向性を示す特性図である。

【図12】UWB帯に適用したときのアンテナ特性（軸比特性）であって、パッチ導体の傾き θ を変えたときの特性曲線図である。

【図13】UWB帯に適用したときのアンテナ特性（定在波比特性）であって、パッチ導体の傾き θ を変えたときの特性曲線図である。

10

20

30

40

50

【図 1 4】従来例の平面アンテナの電流分布状態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

続いて、この発明に係る広帯域円偏波平面アンテナの一例を説明する。

【実施例 1】

【0022】

この発明に係る広帯域円偏波平面アンテナは、パッチ導体と接地導体板のそれぞれから放射される電界の振幅の大きさが同じであり（条件 1）、パッチ導体から放射される電界と接地導体板側から放射される電界の位相が略 90° となる（条件 2）ように構成することで、広帯域な円偏波特性を実現したものである。この例では、パッチ導体から放射される電界と接地導体板側から放射される電界の位相を 90° として説明した。

10

【0023】

条件 1 について説明する。パッチ導体からはその長軸方向に沿った方向の向きを持つ電界が発生し、接地導体板からは、その対角線に沿った方向の向きを持つ電界が発生するので、マイクロストリップ線路を含めたパッチ導体の長さ t と接地導体板の対角線の長さ h がほぼ一致するように、両者の長さを選定すると、パッチ導体から放射される電界の振幅と、接地導体板から放射される電界の振幅がほぼ一致する。

【0024】

条件 2 について説明する。パッチ導体の長軸方向と接地導体板の対角線方向とをほぼ直交させることによって、両者から放射される電波は $\omega t = 90^\circ$ だけずれる。そのため直交する 2 つの電界の位相は 90° となつて、円偏波を発生させることができる。パッチ導体の長軸方向と接地導体板の対角線方向とをほぼ直交させるために、パッチ導体は誘電体基板に対して θ だけ傾斜させる。

20

【0025】

図 1 は円偏波用プリント基板型モノポールアンテナで構成された広帯域円偏波平面アンテナ 10 の一例を示す。

【0026】

この平面アンテナ 10 は矩形形状の誘電体基板 20 を有し、その表面 20a に被着形成されたパッチ導体 30（アンテナ素子）と、このパッチ導体 30 に接続されるマイクロストリップ線路 40 および誘電体基板 20 の裏面 20b に被着形成された接地導体板 50 とで構成される。

30

【0027】

誘電体基板 20 は縦の長さ $W1$ で、横の長さ $W2$ 、厚みが h の矩形基板が使用される。その比誘電率を ϵ_r とする。この例では、誘電体基板 20 としてプリント基板が使用されている。

パッチ導体 30 は滑らかな輪郭線を持つ長手方向を有する形状で、この例では楕円形となされ、長軸 t_1 と短軸 t_2 の長さによって楕円の形状が決まる。パッチ導体 30 には所定の幅 s となされたマイクロストリップ線路 40 が接続され、このマイクロストリップ線路 40 を介して送受信信号が給電される。マイクロストリップ線路 40 の所定点には給電点 60 が設けられる。

40

【0028】

パッチ導体 30 は誘電体基板 20 のほぼ中央部に位置し、誘電体基板 20 の直交軸に対して θ だけ傾けて形成される（パッチ導体の中心 (x_0, y_0) を基準にして θ だけ傾斜している）。この例では、 $\theta = 50^\circ$ の場合を示す。

【0029】

パッチ導体 30 の長軸は誘電体基板 20 の中心点 P を通り、中心点 P よりも僅かに前方にパッチ導体 30 の中心 (x_0, y_0) が位置するように設定されている。そして、長軸 t_1 よりも僅かに右側にシフトしたパッチ導体 30 の周端縁にマイクロストリップ線路 40 の端縁が位置するように両者の接続位置関係が選定されている。つまり、パッチ導体 30 に接続されるマイクロストリップ線路 40 の位置が、アンテナ中心 P （誘電体基板 20 の中心

50

点) に対し S_p だけずらされている。

【0030】

マイクロストリップ線路 40 は誘電体基板 20 の縦側端縁と平行で、横側端縁まで到達するように被着形成され、横側端縁より S_d だけ離れた位置 (誘電体基板 20 の中心点 P より S_p だけ離れた位置) に給電点 60 が設けられている。

【0031】

誘電体基板 20 の裏面 20b 側には、接地導体板 50 が被着形成されるが、この接地導体板 50 は表面 20a に被着形成されたパッチ導体 30 とは重ならない位置であって、誘電体基板よりも小さな面積を覆うように被着形成される。

【0032】

具体的には、接地導体板 50 は、誘電体基板 20 の $1/2$ 以下の面を覆うような面積 ($d \times (L_1 + L_2)$) となされ、そして、パッチ導体 30 の下側周縁部に対応した接地導体板 50 は、この例ではパッチ導体 30 の下側周縁部とは重ならないように、下側周縁部に沿った形状 (ほぼ U 字状) の溝が形成される。その結果、パッチ導体 30 側から見たとき下側周縁部と所定のギャップ g_1, g_2 が空くような曲面形状となされる。ギャップ g_1 と g_2 とは僅かに異なるように選ばれている ($g_1 > g_2$)。

【0033】

マイクロストリップ線路 40 への給電は誘電体基板 20 の裏面 20b 側から行われる。そのため図 2 に示すようにマイクロストリップ線路 40 が形成されている誘電体基板 20 には給電点用のスルホールが設けられ、裏面側から給電線 70 が取り付けられる。給電線 70 としては同軸ケーブルが使用され、その芯線 (内部導体) 70a がマイクロストリップ線路 40 に接続され、アース線 (外部導体: 網線) 70b が接地導体板 50 に接続される。

【0034】

接地導体板 50 はほぼ矩形状をなし、頂点 q_1, q_2 を結ぶ対角線の長さは、長辺 ($L_1 + L_2$) と短辺 d によって決まるので、この対角線の長さが、ほぼ上述したマイクロストリップ線路 40 の長さと同軸ケーブルの長さを合わせた長さとなるように選定される。

【0035】

このようにパッチ導体 30 を θ だけ傾け、マイクロストリップ線路の位置を、アンテナ中心 P から S_p だけ離すと共に、パッチ導体 30 の中心 (x_0, y_0) をアンテナ中心 P から上方にずらし、パッチ導体 30 の長軸 t_1 が接地導体板 50 の対角線とほぼ直交するように接地導体板 50 の大きさを選定し、さらにはマイクロストリップ線路 40 を含めたパッチ導体 30 の長さをほぼ上述した対角線の長さとする。

【0036】

なお、図 1 では長軸 t_1 と接地導体板 50 の対角線とのなす角は、図示の関係上直交していない。

【0037】

このように平面アンテナ 10 の各寸法等を設定することにより、パッチ導体 30 と接地導体板 50 のそれぞれから放射される電界の振幅の大きさが同じとなる (条件 1) を満足し、またパッチ導体 30 から放射される電界と接地導体板 50 側から放射される電界の位相が 90° となる (条件 2) を満足することになる。

【0038】

続いて、このように構成された広帯域円偏波平面アンテナ 10 の諸元 (パラメータ) の一例を以下に示す。

【0039】

< 諸元例 >

誘電体基板 20 の長さ (縦) $W_1 \cdots 50 \text{ mm}$

誘電体基板 20 の長さ (横) $W_2 \cdots 60 \text{ mm}$

誘電体基板 20 の厚み $h \cdots 1.6 \text{ mm}$

10

20

30

40

50

誘電体基板 20 の比誘電率 $\epsilon_r \cdots 2.6$
 パッチ導体 30 の長軸 $t_1 \cdots 20 \text{ mm}$
 パッチ導体 30 の短軸 $t_2 \cdots 10 \text{ mm}$
 パッチ導体 30 の傾き $\theta \cdots 50^\circ$
 マイクロストリップ線路 40 の幅 $S \cdots 4 \text{ mm}$
 接地導体板 50 の長さ $L_1 \cdots 30 \text{ mm}$
 接地導体板 50 の長さ $L_2 \cdots 30 \text{ mm}$
 接地導体板 50 の長さ $d \cdots 23 \text{ mm}$
 ギャップ $g_1 \cdots 0.6 \text{ mm}$
 ギャップ $g_2 \cdots 0.4 \text{ mm}$
 給電点 60 までの距離 $S_d \cdots 3 \text{ mm}$
 給電点 60 と中心点 P とのずれ $S_p \cdots 7.5 \text{ mm}$

続いてこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナ 10 の諸特性について説明する。

【0040】

図 3 A ~ 図 3 D はこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナ 10 の動作時における電流分布状態を示すもので、使用した周波数は 2.3 GHz である。代表的な位相角 ωt を用いて説明するが、説明する初期位相角 ωt としては、 $\omega t = 0^\circ$ ではなく、この例では $\omega t = 10^\circ$ を基準にして、それぞれ 90° ずつ離れた角度において考察した。

【0041】

図 3 A は、 $\omega t = 10^\circ$ におけるパッチ導体 30 と接地導体板 50 を流れる電流分布を示す。同図からも明らかなようにパッチ導体 30 上を流れる電流はパッチ導体 30 の左側周縁部側と右側周縁部側とでは逆向きになるので、マイクロストリップ線路 40 を境にして互いに電流が逆方向に流れている。そのため、パッチ導体 30 上を流れる電流は相殺され、これら電流は放射には寄与していないことが判る。

【0042】

これに対し、接地導体板 50 上では左上から右下方向にのみ電流が流れているので、 $\omega t = 10^\circ$ の位相角においては接地導体板 50 上を流れる電流が放射に寄与していることが判る。

【0043】

図 3 B は、 $\omega t = 100^\circ$ におけるパッチ導体 30 と接地導体板 50 を流れる電流分布を示す。同図からも明らかなように、接地導体板 50 上ではマイクロストリップ線路 40 を境にして互いに反対向きに電流が流れているので、接地導体板 50 上を流れる電流は放射には寄与していない。

【0044】

これに対し、パッチ導体 30 上を流れる電流はパッチ導体 30 の左側周縁部側と右側周縁部側とではマイクロストリップ線路 40 を境にして左下から右上に向かう電流が流れている。したがって $\omega t = 100^\circ$ では、パッチ導体 30 上を流れる電流が放射に寄与する。

【0045】

図 3 C は、 $\omega t = 190^\circ$ におけるパッチ導体 30 と接地導体板 50 を流れる電流分布を示す。同図からも明らかなようにパッチ導体 30 上を流れる電流はパッチ導体 30 の左側周縁部側と右側周縁部側とではマイクロストリップ線路 40 を境にして互いに逆方向に流れている（図 3 A と同じ）。そのため、パッチ導体 30 上を流れる電流は放射には寄与していない。

【0046】

一方、接地導体板 50 上では右下から左上方向にのみ電流が流れているので、 $\omega t = 190^\circ$ の位相角では接地導体板 50 上を流れる電流が放射に寄与していることが判る。

【0047】

図 3 D は、 $\omega t = 280^\circ$ におけるパッチ導体 30 と接地導体板 50 を流れる電流分布を示す。同図からも明らかなように、接地導体板 50 上ではマイクロストリップ線路 40

10

20

30

40

50

を境にして互いに反対向きに電流が流れているので、接地導体板 50 上を流れる電流は放射には寄与しない。

【0048】

これに対し、パッチ導体 30 上を流れる電流はパッチ導体 30 の左側周縁部側と右側周縁部側とではマイクロストリップ線路 40 を境にして右上から左下に向かって電流が流れている。したがって $\omega t = 280^\circ$ ではパッチ導体 30 上を流れる電流が放射に寄与していることが判る。

【0049】

図 3A ~ 図 3D の電流の流れる方向からも明らかなように、それぞれの位相角での電流の向きが時計方向に回転しているので、電流分布は、 $\omega t = 0^\circ$ を基準にすると、 $90^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 270^\circ$ に向かって回転（この例では右旋回）していることが判る。その結果、この発明に係る広帯域の平面アンテナは円偏波平面アンテナとして機能することが判る。

10

【0050】

図 4 はこの発明に係る平面アンテナ 10 のアンテナ特性のうち周波数帯域幅を示す。円偏波用アンテナでは軸比特性が 3 dB 以下で、かつ VSWR 特性値 2 以下となる帯域が当該アンテナの動作周波数帯域幅となる。

【0051】

ここに、軸比とは楕円偏波において、その長軸 t_1 と短軸 t_2 の比で表され、軸比 = 3 dB 以下が円偏波特性を呈するものとされている。また VSWR（定在波比）はアンテナ給電点 60 での入力電圧の反射係数を意味する。VSWR = 2 は、S パラメータ（特性パラメータ） S_{11} で -10 dB に相当する。

20

【0052】

図 4 において、実線曲線は軸比特性のシミュレーション値を示し、破線曲線は VSWR 値のシミュレーション値を示す。軸比が 3 dB 以下で、かつ VSWR 値が 2 以下の両者を満足する周波数の下限値 f_1 は大凡 2.12 GHz であり、その上限値 f_2 は 5.48 GHz であるから、この平面アンテナ 10 の周波数帯域幅は、88.4% となる。周波数帯域としては UHF 帯と SHF 帯の一部の範囲がカバーされている。

【0053】

図 5 と図 6 は上述したシミュレーション値と、実測値（測定値）の関係を示す。図 5 において、破線図示の曲線は VSWR のシミュレーション値を示し、実線図示の曲線はその測定値を示す。両者は非常に近似していることが判る。

30

【0054】

同様に、図 6 の破線図示の曲線は軸比のシミュレーション値を示し、実線図示の曲線はその測定値を示す。前者は上述したように 88.4% であるのに対し、図示のように実測値では $f_1 = 2.21$ GHz、 $f_2 = 5.36$ GHz となったため、動作周波数帯域幅は 83.2% となる。したがってほぼシミュレーション通りの性能が得られていることが判る。

【0055】

このように図 4 ~ 図 6 のアンテナ特性から、この発明に係る平面アンテナ 10 は非常に広帯域の動作周波数帯域をカバーしていることが判る。

40

【0056】

図 7 は天頂方向におけるアンテナ特性（放射利得特性）のうち動作周波数帯域幅を示す。実線図示の特性曲線はこの発明に係る放射利得特性を示し、破線図示の特性曲線は非特許文献 1 に開示された矩形モノポールアンテナの動作周波数帯域幅を示す。

【0057】

同図より明らかなように非特許文献 1 の動作周波数帯域幅よりもこの発明における平面アンテナの天頂方向における動作周波数帯域幅は、数倍広帯域で、しかも一様な放射利得特性が得られる。

【0058】

50

図 1 4 は非特許文献 1 の電流分布状態の一例を示すものである。この例では $\omega t = 0^\circ$ で、パッチ導体 1 3 0 上を流れる電流はパッチ導体 1 3 0 の左側周縁部側と右側周縁部側とではマイクロストリップ線路 1 4 0 を境にして右下から左上に向かう電流が流れており、パッチ導体 1 3 0 上を流れる電流が放射に寄与している。左側周縁部および右側周縁部に着目すると、電流はパッチ導体 1 3 0 の輪郭線に拘束されて自由に流れることができていない。したがって、輪郭線付近の電流の波長は連続的に変化していない。なお、1 5 0 は接地導体板である。

【 0 0 5 9 】

一方、本発明の電流分布状態の一例を示す図 3 B においては、パッチ導体 3 0 上を流れる電流はパッチ導体 3 0 の左側周縁部側と右側周縁部側とではマイクロストリップ線路 4 0 を境にして左下から右上に向かう電流が流れており、パッチ導体 3 0 上を流れる電流が放射に寄与している。左側周縁部および右側周縁部に着目すると、非特許文献 1 の図 1 2 と異なり、この発明の平面アンテナ 1 0 では、図 3 B や図 3 D から明らかなように電流がパッチ導体 3 0 の中心を通る場合から輪郭線に沿って流れる場合まで、連続的に変化する波長の電流が存在する。このように連続的かつ波長の範囲の広い電流が流れるため、周波数帯域幅の向上につながっている。したがってパッチ導体 3 0 の形状は、楕円形状に限らず、二次曲線、放物線などの滑らかな曲線の組み合わせで構成してもよい。

【 0 0 6 0 】

図 8 から図 1 1 までは放射指向特性を、2 G H z から 5 G H z まで 1 G H z ごとに測定した結果を示す。図 8 は 2 G H z 帯での (x z 面) と (y z 面) における放射指向特性 (d B i) を示す。図示する (x z 面) および (y z 面) から、+ z 軸方向に対して右旋円偏波 (R H C P) が一様に放射され、また、- z 軸方向にも左旋円偏波 (L H C P) が一様に放射されていることが確認できる。

【 0 0 6 1 】

同様に、図 9 は 3 G H z 帯での (x z 面) と (y z 面) における放射指向特性を示す。この場合においても、+ z 軸方向に対して右旋円偏波 (R H C P) が一様に放射され、- z 軸方向にも左旋円偏波 (L H C P) が一様に放射されていることが確認できる。

【 0 0 6 2 】

図 1 0 は 4 G H z 帯での (x z 面) と (y z 平面) における放射指向特性を示す。4 G H z 帯においても、+ z 軸方向に対して右旋円偏波 (R H C P) が一様に放射され、- z 軸方向にも左旋円偏波 (L H C P) が一様に放射されていることが確認できる。

【 0 0 6 3 】

また、図 1 1 は 5 G H z 帯での (x z 面) と (y z 面) における放射指向特性を示す。この 5 G H z 帯においても、+ z 軸方向に対して右旋円偏波 (R H C P) が放射され、- z 軸方向にも左旋円偏波 (L H C P) が放射されているが、他の周波数帯に比べて多少の歪みを持った放射指向特性となっているものの、全体として概ね良好な放射指向特性となっている。

【 0 0 6 4 】

広帯域アンテナでは、一般に動作周波数帯域幅において一様な放射指向特性が求められているが、この発明の場合にはほぼ一様な放射指向特性を有することが確認できる。そして、図 1 から図 1 1 に示すように平面アンテナとして特に W i F i 帯域で使用する場合には、誘電体基板 2 0 として 5 0 ~ 6 0 m m の矩形体が使用され、そのときの傾き θ も $30^\circ \sim 60^\circ$ が好ましく、特に $\theta = 50^\circ$ 程度の傾き θ が好適である。

【 0 0 6 5 】

図 1 1 までの実施例は、特に W i F i (~ 5 . 0 M H z 帯) を使用するときのアンテナ特性を示したが、図 1 2 以下は、より高域周波数帯での適用例を示す。具体的には、レーダなどで使用されている U W B 帯である。U W B は、3 . 1 ~ 1 0 . 6 M H z 帯を総称する周波数帯であるが、以下に示す実施例は、U W B でも特に 7 M H z 以上の帯域 (7 . 2 5 ~ 1 0 . 2 5 M H z) (U W B - H i g h _ B a n d 帯) における適用例である。

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

50

誘電体基板 20 の直交軸に対するパッチ導体 30 の傾き θ を調整することによって、円偏波平面アンテナ 10 が有すべきアンテナ特性を決定することができる。ここに、アンテナ特性とは、上述したように 7.0 GHz 以上での高域周波帯において、軸比 AR が 3 以下で、定在波比 VSWR が 2 以下（特性パラメータ $S_{11} = -10 \text{ dB}$ ）を満足するアンテナ特性である。

【0067】

図 12 は、6.0 GHz 以上の高帯域における軸比（AR）特性であって、傾き θ を 40° から 80° まで変化させたときの値である。このときに使用した平面アンテナ 10 は、テフロン（登録商標）材からなる方形の誘電体基板 20 であって、19 ~ 20 mm 角以下の基板が使用される。具体的には、この誘電体基板 20 は、

長さ $W1 (= W2) \cdots 19.34 \text{ mm}$

厚み $h \cdots 1.6 \text{ mm}$

比誘電率 $\cdots 2.6$

誘電正接 ($\tan \delta$) $\cdots 0.001$

である。その他の諸元は、傾き θ に応じて適宜調整している。

図 12 において、長目の破線は、 $\theta = 40^\circ$ の時の AR 特性であり、以下、細い実線は、 $\theta = 50^\circ$ のときの AR 特性であり、一点鎖線は 60° のときの AR 特性である。また短めの破線は、 $\theta = 70^\circ$ のときの AR 特性であり、太めの実線は、 $\theta = 80^\circ$ のときの AR 特性である。

【0068】

全ての傾き θ において、AR 値が「3」以下となる周波数帯域は、7.25 ~ 10.25 GHz となる。このうち、AR 値としては、傾き θ が、50° か 60° が好ましく、より好ましくはその中間値（50° から 60° の間。ただし、図示はしていない）である。このように上述した傾き θ （40° ~ 80°）をそれぞれ採用することで、UWB 高域領域での広帯域化を実現できる。

【0069】

図 13 は、図 12 において使用したのと同じ円偏波平面アンテナ 10 を用いたときの 6.0 GHz 以上の高帯域における定在波比（VSWR）特性を示す。図 12 と同様に、傾き θ を 40° から 80° まで変化させたときの値である。図 13 において長目の破線は、 $\theta = 40^\circ$ のときの VSWR 特性であり、以下、細い実線は、 $\theta = 50^\circ$ のときの VSWR 特性であり、一点鎖線は 60° のときの VSWR 特性である。また短めの破線は、 $\theta = 70^\circ$ のときの VSWR 特性であり、太めの実線は、 $\theta = 80^\circ$ のときの VSWR 特性である。ただし、縦軸は、図 4 の場合と異なり、特性パラメータ S_{11} の値を示す。上述したように、 $S_{11} = -10 \text{ dB}$ は、 $VSWR = 2$ に相当し、この値以下が好ましい。

【0070】

VSWR の場合も、パッチ導体 30 の傾き θ としては、50° か 60° が好ましく、より好ましくはその中間値（50° から 60° の間。ただし、図示はしていない）である。

【0071】

このように、全ての傾き θ において $S_{11} = -10 \text{ dB}$ 以下となる周波数帯域幅は、7.25 ~ 10.25 GHz となる。このことから上述した傾き θ （40° ~ 80°）を採用することで、UWB 高域領域（UWB - High Band）での高周波数帯域幅は 88.4 % となり、広帯域化を実現できる。したがって、AR 特性と VSWR 特性の双方を満足するアンテナ特性としては、パッチ導体 30 として 40° ~ 80° の傾き θ に選定された平面アンテナが好ましく、こうすることによって UWB での広帯域化が要望されている各種のレーダ用アンテナに適用することができる。

【0072】

このように楕円型の平面モノポールアンテナを使用したこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナ 10 によれば、誘電体基板 20 としてプリント基板を使用した楕円型モノポールアンテナであるので、平面アンテナの製作が容易であると共に、薄型化および軽量化を実現できるので、アンテナ設置が簡単となり、携帯性にも優れている。加えて、アンテナ

10

20

30

40

50

特性として動作周波数帯域幅は 88.4% を達成できるので広帯域アンテナを実現できると共に、天頂方向の放射指向特性も一様な利得特性が得られるため、アンテナの向きを考慮することなく使用できる。

【0073】

また誘電体基板 20 の形状、大きさ、パッチ導体 30 の傾き θ を選定するなど、広帯域円偏波平面アンテナ 10 の諸元（パラメータ）を適宜選定することで、目的の周波数帯域および帯域幅を容易に設定することができる。そのため、この発明に係る広帯域円偏波平面アンテナ 10 は、レーダ用アンテナを始めとして自動車衝突防止のためのレーダ用アンテナ、生体観察用アンテナ、ETC 用アンテナ、衛星用アンテナなどに適用できると共に、本発明に係るモノポールアンテナを使用したこれら広帯域円偏波平面アンテナと送信回路および受信回路もしくはその一方を搭載したアンテナ装置に適用できる。

10

【0074】

なお、図 1 ではパッチ導体 30 を誘電体基板 20 の直交軸に対して右側に θ だけ傾けた実施例を説明したが、これとは逆にパッチ導体 30 を誘電体基板 20 の直交軸に対して左側に θ だけ傾けてもよい。この場合には、接地導体板 50 も逆向きとなり、図 1 を裏返した形状となる。

【0075】

またこの発明に係る広帯域円偏波平面アンテナ 10 は、図 1 の +z 軸方向に対して右旋円偏波が放射され、-z 軸方向に左旋円偏波が放射されるが、一方向のみに放射させたい場合には、他方の側に反射板を設けることによって反射波の旋回方向が反転するため、所定の方向に所定の旋回方向の円偏波を放射させることができる。

20

【産業上の利用可能性】

【0076】

この発明は、アンテナの向きを考慮する必要がないので、レーダ用アンテナや自動車衝突防止用レーダ、衛星用を始めとして、生体観察や治療用などのアンテナ（広帯域円偏波平面アンテナ）およびこの広帯域円偏波平面アンテナを搭載したアンテナ装置に適用して効果がある。

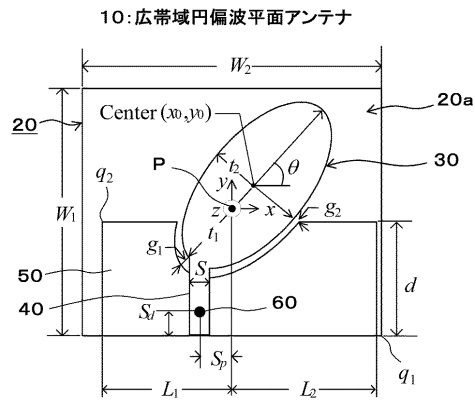
【符号の説明】

【0077】

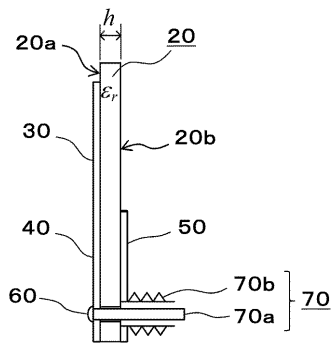
- 10・・・広帯域円偏波平面アンテナ
- 20・・・誘電体基板
- 30・・・パッチ導体
- 40・・・マイクロストリップ線路
- 50・・・接地導体板
- 60・・・給電点
- 70・・・同軸ケーブル
- θ ・・・パッチ導体 30 の傾き

30

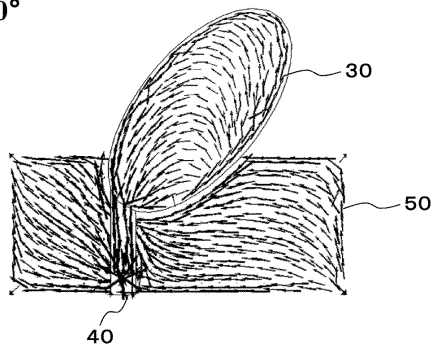
【図 1】



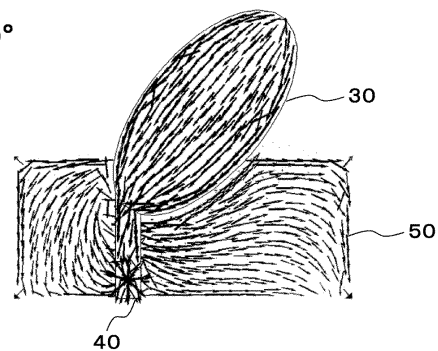
【図 2】



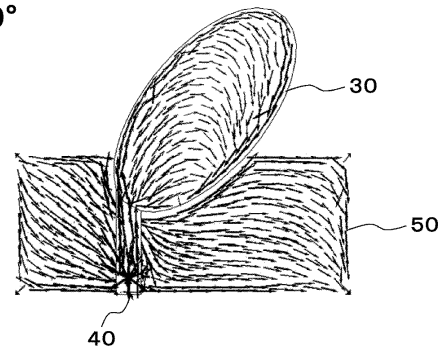
【図 3 C】

 $\omega t = 190^\circ$ 

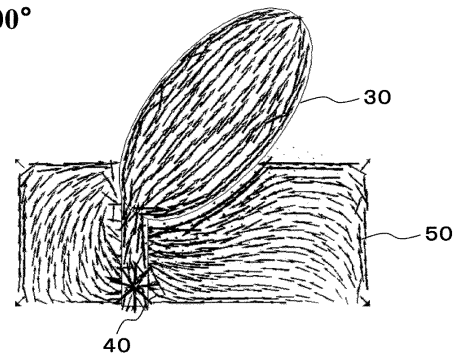
【図 3 D】

 $\omega t = 280^\circ$ 

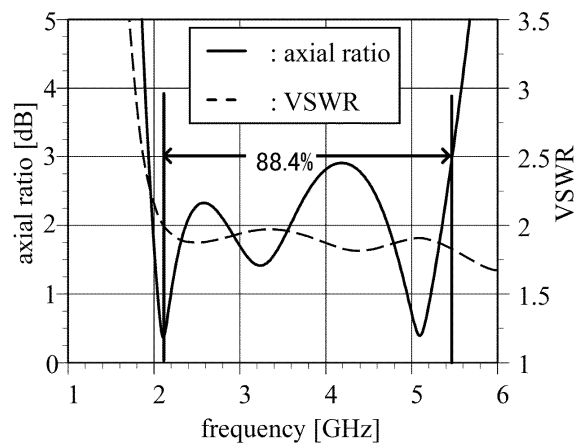
【図 3 A】

 $\omega t = 10^\circ$ 

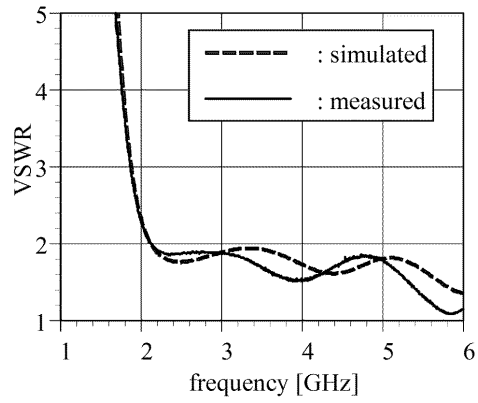
【図 3 B】

 $\omega t = 100^\circ$ 

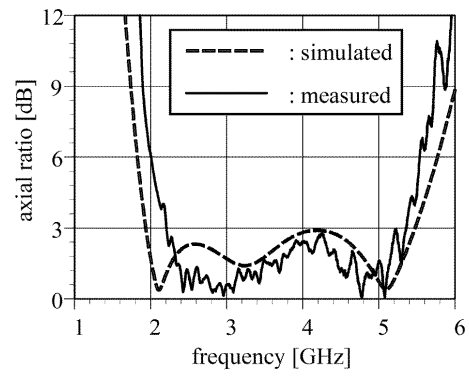
【図 4】



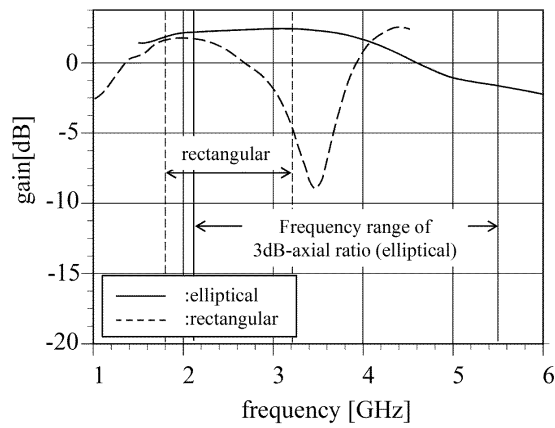
【図 5】



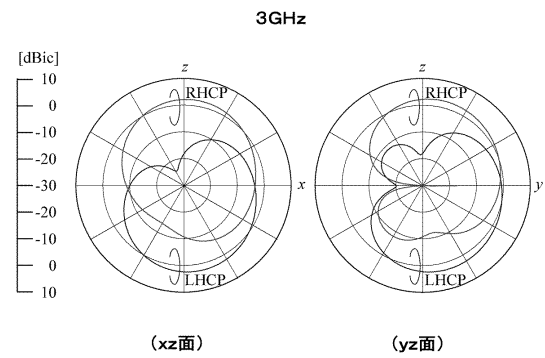
【図 6】



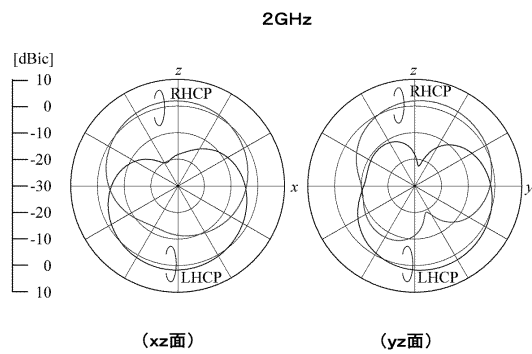
【図 7】



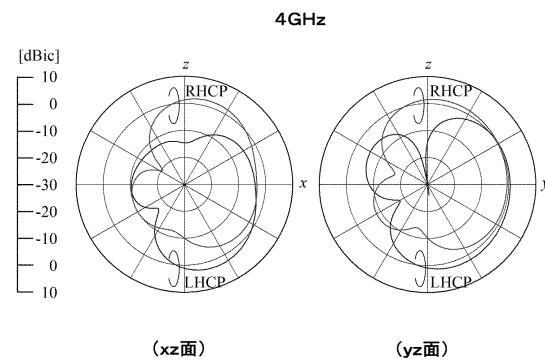
【図 9】



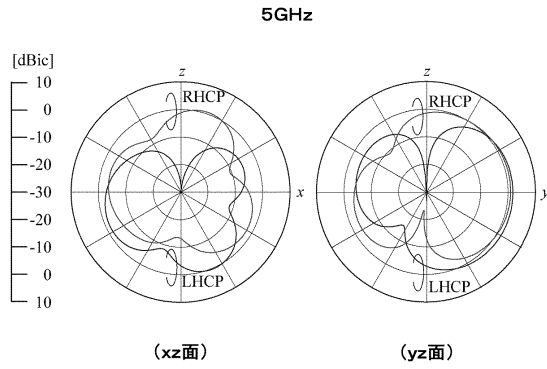
【図 8】



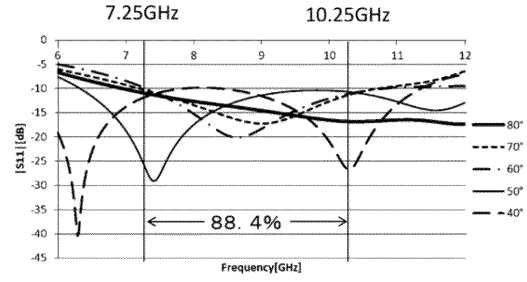
【図 10】



【図 1 1】

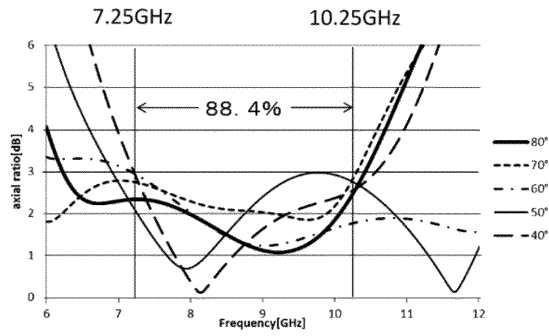


【図 1 3】



パッチ導体30の傾き θ を変化させた時の $|S_{11}|$ 特性
 $(\theta=40^\circ \sim 80^\circ$ において $|S_{11}| \leq -10\text{dB}$)

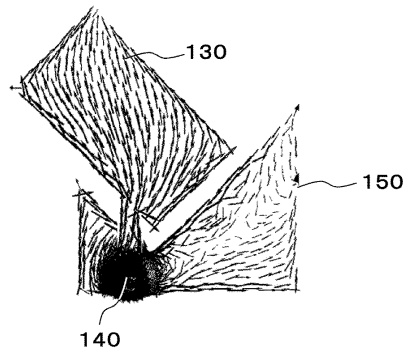
【図 1 2】



パッチ導体30の傾き θ を変化させた時の軸比特性
 $(\theta=40^\circ \sim 80^\circ$ において軸比 $\leq 3\text{dB}$)

【図 1 4】

$\omega = 0^\circ$



フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2003 / 0063031 (U S , A 1)
米国特許出願公開第2009 / 0009400 (U S , A 1)
米国特許出願公開第2005 / 0110683 (U S , A 1)
国際公開第2003 / 103087 (W O , A 2)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 Q 1 / 3 8

H 0 1 Q 9 / 0 4