

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6579298号
(P6579298)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 Q 5/307 (2015.01) HO 1 Q 5/307
 HO 1 Q 13/08 (2006.01) HO 1 Q 13/08

請求項の数 22 (全 31 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2019-536237 (P2019-536237)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成31年2月12日 (2019.2.12)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2019/004890</p> <p>審査請求日 令和1年7月2日 (2019.7.2)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2018-24103 (P2018-24103)</p> <p>(32) 優先日 平成30年2月14日 (2018.2.14)</p> <p>(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000005083 日立金属株式会社 東京都港区港南一丁目2番70号</p> <p>(74) 代理人 100101683 弁理士 奥田 誠司</p> <p>(74) 代理人 100155000 弁理士 喜多 修市</p> <p>(74) 代理人 100180529 弁理士 梶谷 美道</p> <p>(72) 発明者 高木 保規 東京都港区港南一丁目2番70号 日立金属株式会社内</p> <p>(72) 発明者 林 健児 東京都港区港南一丁目2番70号 日立金属株式会社内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 マルチバンドアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1軸方向、第2軸方向および第3軸方向を有する第1右手直交座標系の前記第2軸方向に伸びる矩形形状の第1スリットを有する放射導体と、

前記第3軸方向において、前記放射導体と所定の間隔で離間して配置された地導体と、
前記放射導体と前記地導体との間に配置され、前記第1軸方向に伸びる第1ストリップ導体と、

を備え、

前記第3軸方向から見て前記第1ストリップ導体の端部は前記第1スリットと重なっている、マルチバンドアンテナ。

【請求項 2】

前記第3軸方向から見て前記第1ストリップ導体の端部は前記第1スリットの中央近傍と重なっている、請求項1に記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 3】

前記放射導体は、前記第1軸方向の中央において前記第2軸方向に伸びる境界線によって分けられる第1領域および第2領域を含み、

前記第3軸方向から見て前記第1ストリップ導体は、前記放射導体の前記第1領域と重なっており、前記第2領域とは重なっていない、請求項1または2に記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 4】

前記放射導体は、前記第 1 軸方向に伸び矩形の第 2 スリットをさらに有する、請求項 1 から 3 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 5】

前記放射導体において、前記第 2 スリットは前記第 1 スリットと離間している、請求項 4 に記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 6】

前記放射導体において、前記第 2 スリットは前記第 1 スリットと交差または接続している、請求項 4 に記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 7】

前記放射導体において、前記第 1 スリットおよび前記第 2 スリットは、前記第 3 軸方向から見て前記第 1 右手直交座標系の原点を通り、前記第 1 軸と 45 度の角度をなす直線に対して、互いに線対称に配置されている、請求項 4 から 6 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

10

【請求項 8】

前記放射導体と前記地導体との間に配置され、前記第 2 軸方向に伸びる第 2 ストリップ導体をさらに備え、

前記第 3 軸方向から見て前記第 2 ストリップ導体の端部は前記第 2 スリットと重なっており、前記第 1 スリットとは重なっていない、請求項 4 から 7 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 9】

20

前記第 1 ストリップ導体の両端は、前記第 3 軸方向において異なる高さに位置している、請求項 1 から 8 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 10】

前記第 1 軸方向または前記第 2 軸方向に配置された前記放射導体の一对の辺のうち、少なくとも一方に隣接して配置された少なくとも 1 つの無給電放射導体をさらに備える請求項 1 から 9 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 11】

前記第 3 軸方向から見て前記放射導体を囲んでおり、前記放射導体から離間している無給電放射導体をさらに備える請求項 1 から 9 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 12】

30

前記放射導体に対して前記第 1 軸方向に離間しており、前記第 2 軸方向に伸びる 1 つまたは 2 つの線状放射導体をさらに備え、

前記放射導体および前記第 1 ストリップ導体および前記地導体は平面アンテナを構成し、

前記線状放射導体は線状アンテナを構成している、請求項 1 から 11 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 13】

前記第 3 軸方向から見て前記線状放射導体は前記地導体と重なっていない、請求項 12 に記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 14】

40

前記第 3 軸方向に垂直な主面を有する誘電体をさらに備え、少なくとも前記地導体および前記第 1 ストリップ導体は前記誘電体内に位置している、請求項 1 から 11 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 15】

前記第 3 軸方向に垂直な主面および前記主面に隣接し、かつ、前記第 1 軸方向に垂直な側面を有する誘電体をさらに備え、

少なくとも前記地導体および前記第 1 ストリップ導体は前記誘電体内に位置しており、前記線状アンテナの前記線状放射導体は、前記側面に近接して配置されている、請求項 12 または 13 に記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 16】

50

前記平面アンテナおよび前記線状放射導体は、前記主面上に位置している、請求項 1 5 に記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 1 7】

前記誘電体は、多層セラミック体である、請求項 1 4 から 1 6 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 1 8】

前記放射導体は、4つの角を有する矩形から、対角方向に位置する一对の角が切り欠かれた形状を有する、請求項 1 から 1 7 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナ。

【請求項 1 9】

請求項 1 から 1 8 のいずれかに記載のマルチバンドアンテナを複数備え、
前記複数のマルチバンドアンテナは前記第 2 軸方向に配列されており、
前記複数のマルチバンドアンテナの前記地導体は、前記第 2 軸方向に接続されている、
マルチバンドアレイアンテナ。

10

【請求項 2 0】

請求項 1 9 に記載のマルチバンドアレイアンテナを備えた無線通信モジュール。

【請求項 2 1】

第 1 軸方向、第 2 軸方向および第 3 軸方向を有する第 2 右手直交座標系において、前記第 3 軸方向に垂直な第 1 主面および第 2 主面と、前記第 1 軸方向に垂直な第 1 側面および第 2 側面と、前記第 2 軸方向に垂直な第 3 側面および第 4 側面と、送信回路および受信回路の少なくとも一方とを有する回路基板と、

20

少なくとも 1 つの請求項 2 0 に記載の無線通信モジュールと、
を備え、

前記無線通信モジュールは、前記第 1 側面、第 2 側面、第 3 側面および第 4 側面のいずれかに配置されている、無線通信装置。

【請求項 2 2】

第 1 軸方向、第 2 軸方向および第 3 軸方向を有する第 2 右手直交座標系において、前記第 3 軸方向に垂直な第 1 主面および第 2 主面と、前記第 1 軸方向に垂直な第 1 側面および第 2 側面と、前記第 2 軸方向に垂直な第 3 側面および第 4 側面と、送信回路および受信回路の少なくとも一方とを有する回路基板と、

少なくとも 1 つの請求項 2 0 に記載の無線通信モジュールと、
を備え、

30

前記無線通信モジュールは、前記第 1 主面の第 1 側面近傍、前記第 1 主面の第 3 側面近傍、前記第 2 主面の第 3 側面近傍および前記第 2 主面の第 4 側面近傍のいずれかに配置されている、無線通信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、マルチバンドアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置に関する。

【背景技術】

40

【0002】

インターネット通信の増大、高画質の映像技術の開発に伴い、無線通信に求められる通信速度も増大しており、より多くの情報が送受信可能な、高周波の無線通信技術が求められている。

【0003】

また、各国、各地域で使用可能な無線通信の周波数帯は異なっている場合が多く、無線通信機器の低コスト化のため、複数の周波数帯域に対応した無線通信機器が求められている。あるいは、異なる周波数帯域の電波を同時に用いることによって、より多くの情報を伝達し得る無線通信器が求められている。

【0004】

50

このような無線通信機器には、複数の異なる周波数帯域で電波の送受信が可能なマルチバンドアンテナが用いられる。例えば、特許文献1は、アンテナ性能を確保しながら小型化が可能なマルチバンドアンテナを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2015-062276号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本願は、準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波の複数の周波数帯域で送受信が可能なマルチバンドアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示のマルチバンドアンテナは、

第1軸方向、第2軸方向および第3軸方向を有する第1右手直交座標系の前記第2軸方向に伸びる矩形形状の第1スリットを有する放射導体と、

前記第3軸方向において、前記放射導体と所定の間隔で離間して配置された地導体と、

前記放射導体と前記地導体との間に配置され、前記第1軸方向に伸びる第1ストリップ導体とを備え、

前記第3軸方向から見て前記第1ストリップ導体の端部は前記第1スリットと重なっている。

【0008】

前記第3軸方向から見て前記第1ストリップ導体の端部は前記第1スリットの中央近傍と重なっていてもよい。

【0009】

前記放射導体は、前記第1軸方向の中央において前記第2軸方向に伸びる境界線によって分けられる第1領域および第2領域を含み、

前記第3軸方向から見て前記第1ストリップ導体は、前記放射導体の前記第1領域と重なっており、前記第2領域とは重なっていてもよい。

【0010】

前記放射導体は、前記第1軸方向に伸びる矩形形状の第2スリットをさらに有していてもよい。

【0011】

前記放射導体において、前記第2スリットは前記第1スリットと離間していてもよい。

【0012】

前記放射導体において、前記第2スリットは前記第1スリットと交差または接続していてもよい。

【0013】

前記放射導体において、前記第1スリットおよび前記第2スリットは、前記第3軸方向から見て前記第1右手直交座標系の原点を通り、前記第1軸と45度の角度をなす直線に対して、互いに線対称に配置されていてもよい。

【0014】

前記放射導体と前記地導体との間に配置され、前記第2軸方向に伸びる第2ストリップ導体をさらに備え、

前記第3軸方向から見て前記第2ストリップ導体の端部は前記第2スリットと重なっており、前記第1スリットとは重なっていてもよい。

【0015】

前記第1ストリップ導体の両端は、前記第3軸方向において異なる高さに位置して

10

20

30

40

50

もよい。

【0016】

マルチバンドアンテナは、前記第1軸方向または前記第2軸方向に配置された前記放射導体の一对の辺のうち、少なくとも一方に隣接して配置された少なくとも1つの無給電放射導体をさらに備えていてもよい。

【0017】

マルチバンドアンテナは、前記第3軸方向から見て前記放射導体を囲んでおり、前記放射導体から離間している無給電放射導体をさらに備えていてもよい。

【0018】

マルチバンドアンテナは、前記放射導体に対して前記第1軸方向に離間しており、前記第2軸方向に伸びる1つまたは2つの線状放射導体をさらに備え、

前記放射導体および前記第1ストリップ導体および前記地導体は平面アンテナを構成し

、前記線状放射導体は線状アンテナを構成していてもよい。

【0019】

前記第3軸方向から見て前記線状放射導体は前記地導体と重なっていてもよい。

【0020】

マルチバンドアンテナは、前記第3軸方向に垂直な主面を有する誘電体をさらに備え、少なくとも前記地導体および前記第1ストリップ導体は前記誘電体内に位置していてもよい。

【0021】

マルチバンドアンテナは、前記第3軸方向に垂直な主面および前記主面に隣接し、かつ、前記第1軸方向に垂直な側面を有する誘電体をさらに備え、

少なくとも前記地導体および前記第1ストリップ導体は前記誘電体内に位置しており、前記線状アンテナの前記線状放射導体は、前記側面に近接して配置されていてもよい。

【0022】

前記平面アンテナおよび前記線状放射導体は、前記主面上に位置していてもよい。

【0023】

前記誘電体は、多層セラミック体であってもよい。

【0024】

前記放射導体は、4つの角を有する矩形から、対角方向に位置する一对の角が切り欠かれた形状を有していてもよい。

【0025】

本開示のマルチバンドアレイアンテナは、上記いずれかに記載のマルチバンドアンテナを複数備え、

前記複数のマルチバンドアンテナは前記第2軸方向に配列されており、

前記複数のマルチバンドアンテナの前記地導体は、前記第2軸方向に接続されていてもよい。

【0026】

本開示の無線通信モジュールは、上記マルチバンドアレイアンテナを備える。

【0027】

本開示の無線通信装置は、

第1軸方向、第2軸方向および第3軸方向を有する第2右手直交座標系において、前記第3軸方向に垂直な第1主面および第2主面と、前記第1軸方向に垂直な第1側面および第2側面と、前記第2軸方向に垂直な第3側面および第4側面と、送信回路および受信回路の少なくとも一方とを有する回路基板と、

少なくとも1つの上記無線通信モジュールとを備え、

前記無線通信モジュールは、前記第1側面、第2側面、第3側面および第4側面のいずれかに配置されている。

【0028】

もよい。	
【0016】	
マルチバンドアンテナは、前記第1軸方向または前記第2軸方向に配置された前記放射導体の一对の辺のうち、少なくとも一方に隣接して配置された少なくとも1つの無給電放射導体をさらに備えていてもよい。	
【0017】	
マルチバンドアンテナは、前記第3軸方向から見て前記放射導体を囲んでおり、前記放射導体から離間している無給電放射導体をさらに備えていてもよい。	
【0018】	
マルチバンドアンテナは、前記放射導体に対して前記第1軸方向に離間しており、前記第2軸方向に伸びる1つまたは2つの線状放射導体をさらに備え、	10
前記放射導体および前記第1ストリップ導体および前記地導体は平面アンテナを構成し	
、	
前記線状放射導体は線状アンテナを構成していてもよい。	
【0019】	
前記第3軸方向から見て前記線状放射導体は前記地導体と重なっていてもよい。	
【0020】	
マルチバンドアンテナは、前記第3軸方向に垂直な主面を有する誘電体をさらに備え、	
少なくとも前記地導体および前記第1ストリップ導体は前記誘電体内に位置していてもよい。	20
【0021】	
マルチバンドアンテナは、前記第3軸方向に垂直な主面および前記主面に隣接し、かつ、	
前記第1軸方向に垂直な側面を有する誘電体をさらに備え、	
少なくとも前記地導体および前記第1ストリップ導体は前記誘電体内に位置しており、	
前記線状アンテナの前記線状放射導体は、前記側面に近接して配置されていてもよい。	
【0022】	
前記平面アンテナおよび前記線状放射導体は、前記主面上に位置していてもよい。	
【0023】	
前記誘電体は、多層セラミック体であってもよい。	
【0024】	30
前記放射導体は、4つの角を有する矩形から、対角方向に位置する一对の角が切り欠かれた形状を有していてもよい。	
【0025】	
本開示のマルチバンドアレイアンテナは、上記いずれかに記載のマルチバンドアンテナを複数備え、	
前記複数のマルチバンドアンテナは前記第2軸方向に配列されており、	
前記複数のマルチバンドアンテナの前記地導体は、前記第2軸方向に接続されていてもよい。	
【0026】	40
本開示の無線通信モジュールは、上記マルチバンドアレイアンテナを備える。	
【0027】	
本開示の無線通信装置は、	
第1軸方向、第2軸方向および第3軸方向を有する第2右手直交座標系において、前記第3軸方向に垂直な第1主面および第2主面と、前記第1軸方向に垂直な第1側面および第2側面と、前記第2軸方向に垂直な第3側面および第4側面と、送信回路および受信回路の少なくとも一方とを有する回路基板と、	
少なくとも1つの上記無線通信モジュールとを備え、	
前記無線通信モジュールは、前記第1側面、第2側面、第3側面および第4側面のいずれかに配置されている。	
【0028】	50

本開示の他の無線通信装置は、

第1軸方向、第2軸方向および第3軸方向を有する第2右手直交座標系において、前記第3軸方向に垂直な第1主面および第2主面と、前記第1軸方向に垂直な第1側面および第2側面と、前記第2軸方向に垂直な第3側面および第4側面と、送信回路および受信回路の少なくとも一方とを有する回路基板と、

少なくとも1つの上記無線通信モジュールとを備え、

前記無線通信モジュールは、前記第1主面の第1側面近傍、前記第1主面の第3側面近傍、前記第2主面の第3側面近傍および前記第2主面の第4側面近傍のいずれかに配置されている。

【発明の効果】

10

【0029】

本開示によれば、準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波の複数の周波数帯域で送受信が可能なマルチバンドアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置が実現することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの第1の実施形態を示す平面図であり、(b)は、(a)に示すマルチバンドアンテナの1B-1B線における断面図である。

【図2】図1に示すマルチバンドアンテナの分解斜視図である。

【図3】図1に示すマルチバンドアンテナにおける電磁波の経路を示す模式図である。

20

【図4】(a)は、シミュレーションによって求めた、図1に示すマルチバンドアンテナの反射損失量の周波数特性の一例を示し、(b)は比較のためのアンテナにおける反射損失量の周波数特性の一例を示す。

【図5】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの第2の実施形態を示す平面図であり、(b)は、(a)に示すマルチバンドアンテナの5B-5B線における断面図である。

【図6】(a)は、図5に示すマルチバンドアンテナにおける電磁波の経路を示す模式図であり、(b)から(d)は、放射導体に設ける第2スリットの他の配置例を示す図である。

【図7】シミュレーションによって求めた、図5に示すマルチバンドアンテナの反射損失量の周波数特性の一例を示す。

30

【図8】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの第3の実施形態を示す平面図であり、(b)は、(a)に示すマルチバンドアンテナの8B-8B線における断面図である。

【図9】シミュレーションによって求めた、図8に示すマルチバンドアンテナの反射損失量の周波数特性の一例を示す。

【図10】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの第3の実施形態の他の例を示す平面図であり、(b)は、(a)に示すマルチバンドアンテナの10B-10B線における断面図である。

【図11】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの第4の実施形態を示す斜視図であり、(b)は、(a)のマルチバンドアンテナの11B-11B線における断面図である。(c)および(d)は、線状アンテナをマルチバンドで使用する場合の構造の一例をしめす。

40

【図12】本開示のマルチバンドアンテナの第5の実施形態を示す斜視図である。

【図13】本開示のマルチバンドアンテナの第5の実施形態の他の例を示す斜視図である。

【図14】本開示のアレイアンテナの実施形態を示す斜視図である。

【図15】図14に示すアレイアンテナから放射される電磁波を示す図である。

【図16】図14に示すアレイアンテナから放射される電磁波を示す図である。

【図17】(a)および(b)は、図14に示すアレイアンテナにおける地導体の他の形状を示す図である。

【図18】本開示の無線通信モジュールの一実施形態を示す模式的断面図である。

50

【図19】(a)および(b)は、本開示の無線通信装置の一実施形態を示す模式的平面図および側面図である。

【図20】(a)、(b)および(c)は、本開示の無線通信装置の他の形態を示す模式的平面図および側面図である。

【図21】(a)および(b)は、シミュレーションによって求めた図20に示す無線通信装置のゲイン分布を示す。

【図22】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの他の形態を示す平面図であり、(b)は、(a)の22B-22B線における断面図である。

【図23】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの他の形態を示す平面図であり、(b)は、(a)の23B-23B線における断面図である。

10

【図24】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの他の形態を示す平面図であり、(b)は、(a)の24B-24B線における断面図である。

【図25】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの他の形態を示す平面図であり、(b)は、(a)の25B-25B線における断面図である。

【図26】(a)は、本開示のマルチバンドアンテナの他の形態を示す平面図であり、(b)は、(a)の26B-26B線における断面図である。

【図27】無線通信モジュールの他の形態を示す模式的断面図である。

【図28】無線通信モジュールの他の形態を示す模式的断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

20

本開示のマルチバンドアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置は、例えば、準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波帯域の無線通信に利用可能である。準マイクロ波帯域の無線通信は、波長が10cm~30cmであり、1GHzから3GHzの周波数の電波を搬送波として用いる。センチメートル波帯域の無線通信は、波長が1cm~10cmであり、3GHzから30GHzの周波数の電波を搬送波として用いる。ミリ波帯域の無線通信は、波長が1mm~10mmであり、30GHzから300GHzの周波数の電波を搬送波として用いる。準ミリ波帯域の無線通信は、波長が10mm~30mmであり、10GHzから30GHzの周波数の電波を搬送波として用いる。これらの帯域の無線通信では、線状アンテナおよび平面アンテナのサイズは数センチからサブミリメートルのオーダーになる。例えば、準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波無線通信回路を、多層セラミック焼結基板によって構成する場合、多層セラミック焼結基板に本開示の多軸アンテナを実装することが可能となる。以下、本実施形態では、特に他の説明をしない限り、準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波の搬送波の一例として、搬送波の周波数が30GHzであり、搬送波の波長が10mmである場合を例に挙げて、マルチバンドアンテナを説明する。

30

【0032】

本開示において、構成要素の配置、方向等を説明するために、右手直交座標系を用いる。具体的には、第1右手直交座標系は互いに直交するx、y、z軸を有し、第2右手直交座標系は、互いに直交するu、v、w軸を有する。第1右手直交座標系と第2右手直交座標系とを区別し、かつ、右手系座標の軸の順序を特定するために、軸に、x、y、z、およびu、v、wのアルファベットを与えるが、これらは、第1、第2、第3軸と呼んでもよい。

40

【0033】

本開示において、2つの方向がそろっているとは、概ね2つの方向のなす角度が0°から約45°の範囲にあることをいう。平行とは、2つの平面、2つの直線、あるいは、平面と直線とのなす角度が0°から約10°の範囲にあることをいう。また、軸を参照して方向を説明する場合において、基準に対して軸の+方向であるのか-方向であるのかが重要である場合には、軸の+と-とを区別し説明する。一方、いずれの軸に沿った方向であるのかが重要であり、軸の+方向であるのか-方向であるのかを問わない場合には、単に「軸方向」と説明する。

50

【0034】

(第1の実施形態)

本開示のマルチバンドアンテナの第1の実施形態を説明する。図1(a)は本開示のマルチバンドアンテナ51を示す模式的上面図である。また、図1(b)は、図1(a)の1B-1B線におけるマルチバンドアンテナ51の模式断面図である。また、図2は、マルチバンドアンテナ51の分解斜視図である。

【0035】

マルチバンドアンテナ51は、平面アンテナであり、パッチアンテナとも呼ばれる。マルチバンドアンテナ51は、放射導体11と、地導体12と第1ストリップ導体13Aとを備える。後述するように、マルチバンドアンテナ51は、さらに誘電体40を備え、放射導体11、地導体12および第1ストリップ導体13Aは誘電体40に設けられている。図2では、誘電体40は省略されている。

10

【0036】

放射導体11は電波を放射する放射素子である。例えば本実施形態では、放射導体11は、矩形(方形)形状を有している。しかし、放射導体11は、円形状あるいは他の形状を有していてもよい。放射導体11は、y軸(第2軸)方向に伸びる矩形形状の第1スリット19Aを有する。第1スリット19Aは好ましくは、平面視、つまり、xy平面に対して垂直なz軸方向から見て、放射導体11の中心と矩形の4つの辺の1つとの間に位置している。つまり、放射導体11は、放射導体11のx軸方向の中央11pにおいてy軸方向に伸びる境界線によって分けられる第1領域R1および第2領域R2を含み、z軸方向から見て第1ストリップ導体13Aは、第1領域R1と重なっており、第2領域R2とは重なっていない。放射導体11のサイズは、例えば、28GHz帯を想定すると0.5~2.5mm×0.5~2.5mmである。放射導体11の形状は、正方形となるか、或いは、少なくとも第1ストリップ導体13Aと平行な方向の長さがf0で共振する長さに規定された長方形となる。

20

【0037】

第1スリット19Aは放射導体11に形成されたy軸(第2軸)方向に伸びる貫通孔である。第1スリット19Aのサイズは、例えば、0.2~1.9mm×0.01~1mmで、x軸方向の長さがy軸方向の長さより短くなる。図1では、例えば放射導体11が1.5mm×1.5mm、第1スリット19Aが1.185mm×0.1mmである。

30

【0038】

地導体12は基準電位に接続される接地電極である。地導体12は、z軸方向に放射導体11から所定の距離で離間して配置されている。地導体12は、z軸方向からみて、放射導体11よりも大きく、かつ、少なくとも放射導体11の下方の領域を含む領域に位置している。

【0039】

第1ストリップ導体13Aは、放射導体11と電磁界結合し、放射導体11に信号電力を供給する。第1ストリップ導体13Aは、放射導体11と地導体12との間に位置し、x軸方向に伸びており、z軸方向から見て一部または全部が放射導体11と重なっている。

40

【0040】

本実施形態では、第1ストリップ導体13Aは、平面ストリップ14、15と導体16とを含む。本実施形態では、z軸方向から見ると、平面ストリップ14はx軸方向およびy軸方向の長さがほぼ等しい矩形形状を有し、平面ストリップ15はx軸方向に長手を有する矩形形状を有する。導体16は、平面ストリップ14および平面ストリップ15の間に位置し、平面ストリップ15の長手方向の一端近傍に接続されている。

【0041】

第1ストリップ導体13Aは、外部から信号電力が供給される第1端部13Aaと、第1端部13Aaからx方向に離間した第2端部13Abとを有する。第2端部13Abと放射導体11とのz軸方向の距離d2は、第1端部13Aaと放射導体11とのz軸方向

50

の距離 d_1 よりも小さい ($d_2 < d_1$)。つまり、第1ストリップ導体13Aと放射導体11との距離、および、第1ストリップ導体13Aと地導体12との距離が第1ストリップ導体13Aの長手方向で変化することによって、放射導体11と地導体12との間に挟まれた誘電体空間内の電磁界の勾配が大きくなる。第1ストリップ導体13Aと地導体12との距離は、第1端部13Aaと第2端部13Abとの間で、段階的に変化していてもよい。この場合、第1ストリップ導体13Aはy軸方向から見て、1または複数の段差を有している。また、第1ストリップ導体13Aと地導体12との距離は、連続的に変化していてもよい。この場合、第1ストリップ導体13Aはy軸方向から見て、放射導体11に対して傾斜している。第1ストリップ導体13Aがこのような構造を有することによって、複数の共振モードが現れやすくなる。これにより、マルチバンドアンテナ51は、複数の異なる周波数において、電磁波を放出することが可能となり、かつ、共振周波数を調整しやすい。

10

【0042】

z軸方向からみて、第1ストリップ導体13Aの端部は第1スリット19Aと重なっている。より具体的には第1ストリップ導体13Aの平面ストリップ14の中心は、放射導体11に設けられた第1スリット19Aのx方向およびy方向の中心と概ね一致していることが好ましい。具体的には、平面ストリップ14の中心と、第1スリット19Aのx方向およびy方向の中心との距離が、搬送波の波長の $1/8$ 以下であることが好ましく、 $1/10$ 以下であることがより好ましく、 $1/20$ 以下であることがさらに好ましい。

20

【0043】

第1ストリップ導体13Aの第1端部13Aaには、導体17の一端が接続されている。導体17は、地導体12に設けられた穴12cに挿入されて、地導体12の下方へ引き出されている。導体17の他端は、たとえば、地導体12の下方に形成された回路パターン(図示していない)と接続される。

【0044】

第1ストリップ導体13Aの平面ストリップ15のサイズは、例えば、 $0.1 \sim 2 \text{ mm} \times 0.02 \sim 1 \text{ mm}$ である。さらに、x軸方向(共振方向)長さが直交する方向(y軸方向)と同じであるか或いはより長くなっている。また、平面ストリップ14のサイズは、例えば、 $0.02 \sim 1 \text{ mm} \times 0.02 \sim 1 \text{ mm}$ である。さらに図3を前提にすると、第1スリット19Aの短手方向(x軸方向)の領域およびその前後の領域(+x方向または-x方向)に対して十分に電界が発生するように、第1スリット19Aの短手方向寸法は平面ストリップ14のx軸方向長さと同じか或いはより大きくなるように設定するのが好ましい。なお、上記の2領域に十分に電界が供給されるのであれば、平面ストリップ14の寸法が小さくてもよい。図1では例えば平面ストリップ14が 0.225 mm (x方向) $\times 0.25 \text{ mm}$ (y方向)、平面ストリップ15が $0.575 \text{ mm} \times 0.125 \text{ mm}$ である。

30

【0045】

放射導体11、地導体12および第1ストリップ導体13Aは、誘電体40内に配置される。放射導体11は電磁波を放出する素子であるため、放射効率を高めるという観点では、放射導体11は誘電体40の1つの主面40a上に配置されていることが好ましい。しかし、主面40aに放射導体11が露出していると、外力等によって変形が生じたり、外部環境に曝されることによって、放射導体11に酸化、腐食等が生じる可能性がある。本願発明者の検討によれば、放射導体11を覆う誘電体の厚さが $70 \mu\text{m}$ 以下であれば、放射導体11を主面40a上に形成し、さらに、保護膜としてAu/Niメッキ層を形成する場合と同等以上の放射効率を実現することができることが分かった。

40

【0046】

放射導体11を覆う誘電体40の部分40hの厚さtは小さいほど損失が少ないため、アンテナ特性の観点では、特に下限に制限はない。しかし、厚さtが小さくなりすぎると、誘電体40の形成方法によっては、厚さtを均一にすることが困難になる場合がある。例えば、誘電体40を多層セラミック体で構成するためには、例えば、厚さtは、 $5 \mu\text{m}$

50

以上であることが好ましい。つまり、厚さ t は $5\ \mu\text{m}$ 以上 $70\ \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。特に誘電体 40 として、比誘電率が $5 \sim 10$ 程度の低比誘電率のセラミックを用いても Au/Ni メッキを施した平面アンテナと同等以上の放射効率を実現するためには、厚さ t は $5\ \mu\text{m}$ 以上、 $20\ \mu\text{m}$ 未満であることが好ましい。

【0047】

誘電体 40 は、 $1.5 \sim 100$ 程度の比誘電率を有する樹脂、ガラス、セラミック等であってよい。好ましくは、誘電体 40 は、樹脂、ガラス、セラミック等からなる複数の層が積層された多層誘電体である。誘電体 40 は、例えば、複数のセラミック層を備えた多層セラミック体であり、複数のセラミック層間に、放射導体 11、地導体 12 および平面ストリップ 14、15 が設けられ、導体 16、17 がビア導体として 1 以上のセラミック層内に設けられる。z 方向におけるこれら構成要素の間隔は、構成要素間に配置するセラミック層の厚さおよび数を変えることによって調節することができる。

10

【0048】

マルチバンドアンテナ 51 の各構成要素は、電気伝導性を有する材料で形成されている。例えば、Au、Ag、Cu、Ni、Al、Mo、W、等の金属を含む材料によって形成されている。

【0049】

マルチバンドアンテナ 51 は、上述した材料の誘電体および導電性材料を用いて、公知の技術を用いて作製することが可能である。特に、樹脂、ガラス、セラミックを用いた多層（積層）基板技術を用いて好適に作製することができる。例えば、誘電体 40 に多層セラミック体を用いる場合には、同時焼成セラミック基板技術を用いて好適に用いることができる。言い換えれば、マルチバンドアンテナ 51 は、同時焼成セラミック基板として作製することができる。

20

【0050】

マルチバンドアンテナ 51 を構成する同時焼成セラミック基板は、低温焼成セラミック（LTCC、Low Temperature Co-fired Ceramics）基板であってもよいし、高温焼成セラミック（HTCC、High Temperature Co-fired Ceramics）基板であってもよい。高周波特性の観点では、低温焼成セラミック基板を用いた方が好ましい場合がある。誘電体 40、放射導体 11、地導体 12、平面ストリップ 14、15 には、焼成温度、用途等および無線通信の周波数等に応じたセラミック材料および導電性材料が用いられる。これらの素子を形成するための導電性ペーストと、誘電体 40 の多層セラミック体を形成するためのグリーンシートが同時に焼成（Co-fired）される。同時焼成セラミック基板が低温焼成セラミック基板である場合、 800 から 1000 程度の温度範囲で焼結することができるセラミック材料および導電性材料を用いる。例えば Al、Si、Sr を主成分とし、Ti、Bi、Cu、Mn、Na、K を副成分とするセラミック材料、Al、Si、Sr を主成分とし、Ca、Pb、Na、K を副成分とするセラミック材料、Al、Mg、Si、Gd を含むセラミック材料、或いは、Al、Si、Zr、Mg を含むセラミック材料が用いられる。また、Ag または Cu を含む導電性材料が用いられる。セラミック材料の誘電率は $3 \sim 15$ 程度である。同時焼成セラミック基板が高温焼成セラミック基板である場合、Al を主成分とするセラミック材料および、W（タングステン）または Mo（モリブデン）を含む導電性材料を用いることができる。

30

40

【0051】

より具体的には、LTCC 材料として、例えば、低誘電率（比誘電率 $5 \sim 10$ ）の Al-Mg-Si-Gd-O 系誘電体材料、 Mg_2SiO_4 からなる結晶相と Si-Ba-La-B-O 系からなるガラス等からなる誘電体材料、Al-Si-Sr-O 系誘電体材料、Al-Si-Ba-O 系誘電体材料、或いは、高誘電率（比誘電率 50 以上）の Bi-Ca-Nb-O 系誘電体材料等様々な材料を用いることができる。

【0052】

例えば、Al-Si-Sr-O 系誘電体材料は、主成分として Al、Si、Sr、Ti

50

の酸化物を含む場合は、主成分であるAl、Si、Sr、Tiをそれぞれ Al_2O_3 、 SiO_2 、 SrO 、 TiO_2 に換算したとき、 Al_2O_3 : 10~60質量%、 SiO_2 : 25~60質量%、 SrO : 7.5~50質量%、 TiO_2 : 20質量%以下(0を含む)を含有することが好ましい。また、その主成分100質量部に対して、副成分として、Bi、Na、K、Coの群のうちの少なくとも1種を Bi_2O_3 換算で0.1~10質量部、 Na_2O 換算で0.1~5質量部、 K_2O 換算で0.1~5質量部、 CoO 換算で0.1~5質量部含有することが好ましく、更に、Cu、Mn、Agの群のうちの少なくとも1種をCuO換算で0.01~5質量部、 Mn_3O_4 換算で0.01~5質量部、Agを0.01~5質量部含有することが好ましい。その他不可避不純物を含有することもできる。

【0053】

次にマルチバンドアンテナ51の動作を説明する。導体17から第1ストリップ導体13Aに信号電力を供給すると、第1ストリップ導体13Aは、放射導体11と電磁界結合し、供給された信号電力による電磁波が放射導体11から放出される。この電磁波は、放射導体11に垂直な方向、つまり、z軸の正方向に最大強度を有し、第1ストリップ導体13Aの延びる方向に平行なxz面に広がった強度分布を有する。このとき、放射導体11では、図3に示すように、第1ストリップ導体13Aの平面ストリップ14に対応する一端から第1スリット19Aを回り込んでスリットから離れた辺11cまでの経路p1と、第1ストリップ導体13Aの平面ストリップ14に対応する一端から直接辺11cを結ぶ経路p2との2つの経路で、電磁波の共振が生じ得る。このため、マルチバンドアンテナ51は、2つの異なる周波数f1およびf2で電磁波を送受信することが可能である。ここで、周波数f2は、周波数f1の高調波ではない周波数であり、 $f1 < f2$ である。第1スリット19Aの位置をx方向に変更する場合、経路p1の長さの変化量に比べて、経路p2の長さの変化量は、第1スリット19A位置に応じて大きく変化する。したがって、第1スリット19の位置をx軸方向に移動させる(変更する)ことによって、マルチバンドアンテナ51の2つの周波数f1、f2のうち、周波数f1を概ね固定したまま、周波数f2を変化させることができる。周波数f1は放射導体11のx軸方向に位置する矩形の2つの辺11c、11dの間隔L1と、第1スリット19Aの位置とによって決まる経路p1によって概ね決定される。周波数f2は第1スリット19Aの中心と辺11cとの距離L2で概ね決定される。なお、第1スリット19の位置を調整する場合、第1ストリップ導体13Aの平面ストリップ14の中心位置は、第1スリット19の中心と一致するように、移動させることが好ましい。

【0054】

図4(a)は、シミュレーションによって求めた本実施形態のマルチバンドアンテナ51の反射減衰量の周波数特性の一例を示す。また、比較のために第1スリット19Aを放射導体に設けない場合のアンテナの反射減衰量の周波数特性を図4(b)に示す。図4(b)に示すように、第1スリット19Aを有しないアンテナでは、約27.3GHz(A1)に基本波のピークが現れ、約54.6GHz(A3)および80.5GHz(A5)に高調波のピークがみられる。

【0055】

また、約64GHzには、第1ストリップ導体13Aの構成要素の形状、および、第1ストリップ導体13Aの構成要素と放射導体11との間の電磁界結合等によって決まる共振のピークがみられる。

【0056】

これに対し本実施形態のマルチバンドアンテナ51では、第1スリット19Aを設けることによって上述の共振ピークよりも低周波数側に新たなピークが45.7GHz(B1)に生じている。20~50GHzの範囲では、ピークA1、B1以外の大きなピーク(反射減衰量が大きく)がなく、ピークA1、B1の周波数で電磁波の送受信が可能なマルチバンドアンテナが実現し得ることが分かる。

【0057】

(第2の実施形態)

10

20

30

40

50

本開示のマルチバンドアンテナの第2の実施形態を説明する。図5(a)はマルチバンドアンテナ52の模式的平面図であり、図5(b)は、図5(a)の5B-5B線におけるマルチバンドアンテナ52の模式断面図である。マルチバンドアンテナ52は、放射導体11が第2スリット19Bをさらに備えている点で、第1の実施形態のマルチバンドアンテナ51と異なる。

【0058】

第2スリット19Bは、x軸方向に伸びる貫通孔であり、例えば、矩形形状を有する。本実施形態では、第2スリット19Bは、第1スリット19Aと接続している。ここで、接続とは、第1スリット19Aおよび第2スリット19Bの一方スリットの一端が、他方に接続されており、かつ一方のスリットの一端は、他方を越えて伸びてはいないことをいう。本実施形態では、第2スリット19Bの一端が、第1スリット19Aの一端に接続されている。これによって、第1スリット19Aおよび第2スリット19Bは、L字形状のスリットを構成している。第1の実施形態で説明したように、第1ストリップ導体13Aの端部は、第1スリット19Aのx方向およびy方向の中心と略一致している。

10

【0059】

第2スリット19Bは、第1スリット19Aのy軸方向における中心からy軸方向のプラス側またはマイナス側のいずれかにずれていれば、いずれの位置で第1スリット19Aと接続されていてもよい。本実施形態では、上述したように、第1スリット19Aの一端において第2スリット19Bが接続されており、z軸から見て、x軸に対して-45°傾いた直線Ls1に対して、第1スリット19Aおよび第2スリット19Bは、互いに線対称に配置されている。

20

【0060】

マルチバンドアンテナ52において、第1ストリップ導体13Aから信号電力が供給されると、放射導体11では、図6(a)に示すように、第1ストリップ導体13Aの平面ストリップ14に対応する第2端部13Abから第1スリット19Aの端部19Aeを回り込んで辺11cまで達する電磁波の経路p1と、第2端部13Abから、第1スリット19Aの端部19Afおよび第2スリット19Bを回り込んで辺11cまで達する電磁波の経路p1'とで、長さが異なる。つまり、経路p1を伝搬する電磁波と、経路p1'を伝搬する電磁波とで、共振周波数が異なる。これによって、マルチバンドアンテナ52の2つの送受信可能な周波数f1、f2のうち、低い側の周波数f1の帯域を広げることができる。

30

【0061】

放射導体11における第2スリット19Bの配置は、上記実施形態に限られず、種々の変更が可能である。例えば、図6(b)に示すように、第2スリット19Bは、第1スリット19Aのy軸方向におけるプラス側の一端に接続されており、z軸から見て、x軸に対して+45°傾いた直線Ls2に対して、第1スリット19Aおよび第2スリット19Bは、互いに線対称に配置されていてもよい。

【0062】

また、図6(c)に示すように、第2スリット19Bは第1スリット19Aと離間していてもよい。この場合、2つのスリット間の距離は、搬送波の波長の $\lambda/8$ 以下であることが好ましく、 $\lambda/10$ 以下であることがより好ましく、 $\lambda/20$ 以下であることがさらに好ましい。図6(c)では、第1スリット19Aおよび第2スリット19Bは、z軸から見て、直線Ls1に対して互いに線対称に配置されている。

40

【0063】

また、図6(d)に示すように、第1スリット19Aと第2スリット19Bとは互いに交差していてもよい。交差とは、一方のスリットの他方のスリットと交わり、他方のスリットを越えて伸びている形態をいう。第1スリット19Aおよび第2スリット19Bは、z軸から見て、直線Ls1に対して互いに線対称に配置されている。

【0064】

図7は、シミュレーションによって求めた本実施形態のマルチバンドアンテナ52の反

50

射減衰量の周波数特性の一例を示す。27.8 GHzのピークA1の近傍である29.3 GHzに新たなピークA1'が生じている。図7に示す例では、ピークA1'はピークA1から約2 GHz離れているが、第2スリット19Bの位置およびサイズを調節することによってピークA1とピークA1'との間隔は狭くすることができ、実質的に1つのピークとなるように重ねることが可能である。

【0065】

このように本実施形態のマルチバンドアンテナによれば、2つの送受信可能な2つの周波数帯域のうち、一方の帯域を広げることが可能である。

【0066】

(第3の実施形態)

本開示のマルチバンドアンテナの第3の実施形態を説明する。図8(a)はマルチバンドアンテナ53の模式的平面図であり、図8(b)は、図8(a)の8B-8B線におけるマルチバンドアンテナ53の模式断面図である。マルチバンドアンテナ53は、第2ストリップ導体13Bをさらに備えている点で、第2の実施形態のマルチバンドアンテナ52と異なる。

【0067】

第2ストリップ導体13Bは、第1ストリップ導体13Aと同様に、放射導体11と地導体12との間に配置されている。第2ストリップ導体13Bはy軸方向に伸びており、z軸方向から見て、第2スリット19Bと重なっている。より具体的には、第2ストリップ導体13Bの一端は、第2スリット19Bのx方向およびy方向の中心と一致するように重なっている。第2ストリップ導体13Bは、第1スリット19Aとは重なっていない。

【0068】

マルチバンドアンテナ53において、信号電力は第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bに供給され得る。第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bは、同時に使用されてもよいし、いずれか一方を選択的に使用してもよい。

【0069】

第1ストリップ導体13Aに信号電力が供給されると、放射導体11は、z軸の正方向に最大強度を有し、第1ストリップ導体13Aの伸びる方向に平行なxz面に広がった強度分布を有する電磁波を放出する。

【0070】

第2ストリップ導体13Bに信号電力が供給されると、放射導体11は、z軸の正方向に最大強度を有し、第2ストリップ導体13Bの伸びる方向に平行なyz面に広がった強度分布を有する電磁波を放出する。この電磁波の最大強度の方向は第1ストリップ導体13Aに給電した場合に生じる電磁波と一致する(z軸の正方向)が、分布は、第1ストリップ導体13Aに給電した場合に生じる電磁波の分布と概ね直交する。したがって、マルチバンドアンテナ53によれば、2つの放射特性を切り替えることが可能である。よって、より広い方位において選択的に電磁波の送受信を行うことが可能である。

【0071】

第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bを同時に使用する場合、マルチバンドアンテナ53は、偏波面が直交した電磁波を送受信する。偏波面が直交した2つの電磁波は干渉が少なく、高品質の状態を送受信が可能であるため、マルチバンドアンテナ53の伝送速度が2倍になり、高速大容量通信が可能となる。

【0072】

図9は、シミュレーションによって求めた本実施形態のマルチバンドアンテナ53の反射減衰量の周波数特性の一例を示す。曲線C1およびC2は、第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bに給電した場合に得られる周波数特性をそれぞれ示している。図9に示されるように、2つの周波数特性は、93 GHz近傍を除き、よく一致している。マルチバンドアンテナ53によれば、偏波方向が異なる電磁波を送受信することが可能である。

10

20

30

40

50

【0073】

なお、本実施形態のマルチバンドアンテナ53において、第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bは、z軸方向において傾斜していた。つまり、図1(b)のような断面でみたときに、第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bの第1端部と第2端部を結ぶ線がx軸方向に対して傾斜している。しかし、マルチバンドアンテナは、z軸方向に傾斜していないストリップ導体を含んでいてもよい。図10(a)および(b)に示すように、マルチバンドアンテナ53'は、第1ストリップ導体13A'および第2ストリップ導体13B'を含み、第1ストリップ導体13A'および第2ストリップ導体13B'は、それぞれ平面ストリップ15のみによって構成されている。

【0074】

この場合、z軸方向からみて、第1ストリップ導体13A'の第2端部13Abおよび第2ストリップ導体13B'の第2端部13Bbは、第1スリット19Aおよび第2スリット19Bよりもそれぞれ放射導体11の中心側に位置していることが好ましい。マルチバンドアンテナ53'では、第1ストリップ導体13A'のx軸方向の長さおよび第2ストリップ導体13B'のy軸方向の長さによって周波数 f_1 が変化する。

【0075】

(第4の実施形態)

本開示のマルチバンドアンテナの第4の実施形態を説明する。図11(a)はマルチバンドアンテナ54の模式的斜視図であり、図11(b)は、図11(a)の11B-11B線におけるマルチバンドアンテナ54の模式断面図である。図11(a)において、内部の構造を示すため、誘電体40は透明であるように示している。

【0076】

マルチバンドアンテナ54は、平面アンテナ10と、線状アンテナ20とを含む。平面アンテナ10は第1から第3の実施形態のマルチバンドアンテナ51~53'のいずれかであり、マルチバンドアンテナ51~53'と同様の構造を備えている。図11に示す形態では、平面アンテナ10は、マルチバンドアンテナ53と同様の構造を備える。ただし、本実施形態において、第2スリット19Bは、第1スリット19Aのy軸におけるプラス側の端部において交差しており、第2ストリップ導体13Bの給電位置はy軸のプラス側に位置している点で、平面アンテナ10は、マルチバンドアンテナ53と異なる。

【0077】

線状アンテナ20は、平面アンテナ10からx軸方向に離間している。線状アンテナ20は、少なくとも1つの線状放射導体を1つ含む。本実施形態では、線状アンテナ20は、線状放射導体21および線状放射導体22を含む。線状放射導体21および線状放射導体22はそれぞれ、y方向に延びるストライプ形状を有し、y方向に近接して配列されている。

【0078】

線状アンテナ20は、線状放射導体21および線状放射導体22に信号電力を供給するために、給電導体23および給電導体24をさらに含む。給電導体23および給電導体24はx方向に延びるストライプ形状を有している。給電導体23および給電導体24の一端は、配列された線状放射導体21および線状放射導体22の互いに隣接する一端にそれぞれ接続されている。

【0079】

線状アンテナ20は用途に応じてシングルバンドアンテナであってもよいし、マルチバンドアンテナであってもよい。線状アンテナ20を2以上の周波数で送受信が可能なマルチバンドアンテナとして使用する場合には、図11(c)に示すように、例えば、使用する周波数に応じて、線状放射導体21および線状放射導体22のy軸方向の長さ L_{d1} および L_{d2} を異ならせる。電磁波の送受信時には、線状放射導体21および線状放射導体22のうち、一方を接地し、他方を送受信回路に接続することによって、長さ L_d または L_{d2} に対応する周波数の電磁波を送受信することが可能である。また、接地および送受信回路への接続を切り替えることによって周波数を切り替えることが可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

また、線状放射導体 2 1 および線状放射導体 2 2 に位相差を与えて信号電力を給電あるいは受信することによって電磁波を送受信してもよい。この場合、図 1 1 (d) に示すように、給電導体 2 3 に例えば、線状放射導体 2 1、2 1' を接続し、線状放射導体 2 1、2 1' の y 軸方向の長さ $L d 1$ 、 $L d 1'$ を異ならせる。同様に、給電導体 2 4 に線状放射導体 2 2、2 2' を接続し、線状放射導体 2 2、2 2' の y 軸方向の長さ $L d 2$ 、 $L d 2'$ を異ならせる。これによって、接続された線状放射導体 2 1、2 1' および線状放射導体 2 2、2 2' のうち送受信の電磁波に対応した長さを有する線状放射導体 2 1、2 1' および線状放射導体 2 2、2 2' を用いて周波数の異なる電磁波を送受信することが可能である。

10

【 0 0 8 1 】

z 軸方向から見て、線状アンテナ 2 0 の線状放射導体 2 1 および線状放射導体 2 2 は地導体 1 2 と重なっていてもよいし、重なっていなくてもよい。z 軸方向から見て、線状アンテナ 2 0 の線状放射導体 2 1、2 2 が地導体 1 2 と重なっていない場合には、線状アンテナ 2 0 の線状放射導体 2 1、2 2 が x 軸方向において、地導体 1 2 の縁から $\lambda/8$ 以上離れていることが好ましい。z 軸方向から見て、線状アンテナ 2 0 の線状放射導体 2 1、2 2 が地導体 1 2 と重なっている場合には、地導体 1 2 と線状放射導体 2 1、2 2 とは z 軸方向に $\lambda/8$ 以上離れていることが好ましい。

【 0 0 8 2 】

線状アンテナ 2 0 の給電導体 2 3 および給電導体 2 4 の他端を含む一部は、z 軸方向から見て、地導体 1 2 と重なっていてもよい。給電導体 2 3 および給電導体 2 4 の他端の一方は、基準電位に接続され、他方は、信号電力が供給される。あるいは、給電導体 2 3 および給電導体 2 4 の他端の両方に信号電力が供給されてもよい。線状放射導体 2 1 および線状放射導体 2 2 の y 方向の長さは、例えば、1.2 mm 程度である。また、x 方向の長さ(幅)は、たとえば、0.2 mm 程度である。給電導体 2 3 および給電導体 2 4 の他端は、導体 1 7 と同様の導体(例えばビア導体)によって、地導体 1 2 の下側に構成される回路等に接続される。

20

【 0 0 8 3 】

次に誘電体 4 0 における線状アンテナ 2 0 の配置を説明する。誘電体 4 0 は例えば、主面 4 0 a、主面 4 0 b と、側面 4 0 c、4 0 d、4 0 e、4 0 f を備える直方体の形状を有する。主面 4 0 a、主面 4 0 b は直方体の 6 つの面のうち、他の面に比べて大きい 2 つの面である。主面 4 0 a、主面 4 0 b は、放射導体 1 1 および地導体 1 2 と平行である。線状放射導体 2 1、2 2 は、誘電体 4 0 の主面 4 0 a または誘電体 4 0 の内部に配置される。線状放射導体 2 1、2 2 は、例えば、z 軸方向において、放射導体 1 1 と同じ高さに配置される。線状放射導体 2 1、2 2 を覆う誘電体 4 0 の部分 4 0 h の厚さ t は、第 1 の実施形態で説明した理由から $5 \mu\text{m}$ 以上、 $20 \mu\text{m}$ 未満であることが好ましい。線状放射導体 2 1、2 2 は、主面 4 0 a に隣接し、x 軸に垂直な側面 4 0 c または 4 0 d に近接していることが好ましい。線状アンテナ 2 0 は - x 軸方向に電磁波を放出するため、線状放射導体 2 1、2 2 を x 軸方向において覆う誘電体 4 0 の厚さが小さいほうが好ましいからである。x 軸方向における側面 4 0 c から線状放射導体 2 1、2 2 までの距離 d は、 $70 \mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $5 \mu\text{m}$ 以上 $70 \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

30

40

【 0 0 8 4 】

線状アンテナ 2 0 の各構成要素は、平面アンテナ 1 0 と同様、電気伝導性を有する材料で形成されている。

【 0 0 8 5 】

マルチバンドアンテナ 5 4 において、第 1 ストリップ導体 1 3 A または第 2 ストリップ導体 1 3 B に信号電力を供給すると、平面アンテナ 1 0 は、z 軸の正方向に最大強度を有し、偏波面が異なる強度分布の電磁波を放出する。一方、線状アンテナ 2 0 に信号電力を供給すると、線状アンテナ 2 0 は、x 軸の負方向に最大強度を有する強度分布の電磁波を放出する。

50

【 0 0 8 6 】

マルチバンドアンテナ 5 4 によれば、平面アンテナ 1 0 と線状アンテナ 2 0 とを用いて、電磁波の送受信を行い、受信した信号の強度が大きいほうのアンテナを選択的に使用することによって、あるいは、基地局等との間で送受信を行い、良好な電磁波の送信が可能なアンテナを使用することによって、良好な通信を行うことが可能となる。また、平面アンテナ 1 0 を用いる場合にも、同様に、第 1 ストリップ導体 1 3 A および第 2 ストリップ導体 1 3 B を用いて送受信を行い、受信した信号の強度や、基地局等との通信の安定性を評価し、より通信状態が良好なストリップ導体を用いて送受信を行うことが可能である。

【 0 0 8 7 】

(第 5 の実施形態)

本開示のマルチバンドアンテナの第 5 の実施形態を説明する。図 1 2 はマルチバンドアンテナ 5 5 の模式的斜視図である。マルチバンドアンテナ 5 5 は、平面アンテナ 1 0 が少なくとも 1 つの無給電放射導体をさらに備えている点で、第 4 の実施形態のマルチバンドアンテナ 5 4 と異なる。

【 0 0 8 8 】

本実施形態において、マルチバンドアンテナ 5 5 の平面アンテナ 1 0 は、 x 軸方向に配置された放射導体 1 1 の一对の辺 1 1 c、1 1 d のうち、少なくとも一方に隣接して配置された少なくとも 1 つの無給電放射導体をさらに備える。より具体的には、平面アンテナ 1 0 は、辺 1 1 c、1 1 d に隣接してそれぞれ配置された無給電放射導体 2 5 A、2 5 B をさらに備える。

【 0 0 8 9 】

無給電放射導体 2 5 A、2 5 B は、第 1 ストリップ導体 1 3 A および第 2 ストリップ導体 1 3 B から電力の供給を受けない。また、放射導体 1 1 から離間して配置されている。無給電放射導体 2 5 A、2 5 B は、例えば、 z 軸方向において、放射導体 1 1 と同じ高さに配置されている。

【 0 0 9 0 】

マルチバンドアンテナ 5 5 において、平面アンテナ 1 0 は、無給電放射導体 2 5 A、2 5 B を備えていることによって、より広い角度でゲインの高い電磁波を放出することが可能である。この効果は、特に第 1 ストリップ導体 1 3 A に信号電力を供給し、電磁波を放射する場合に特に有効である。

【 0 0 9 1 】

無給電放射導体は、 x 方向にかぎられず、放射導体 1 1 の y 方向に配置してもよい。また、放射導体 1 1 の x 方向および y 方向の両方に配置してもよい。例えば、図 1 3 に示すように、マルチバンドアンテナ 5 5 ' は、放射導体 1 1 を囲む無給電放射導体 2 5 を備える。無給電放射導体 2 5 は、矩形環形状を有し、内縁は放射導体 1 1 の外縁から所定の間隙で離間している。マルチバンドアンテナ 5 5 ' において、平面アンテナ 1 0 は、放射導体 1 1 の x 方向および y 方向に隣接する無給電放射導体 2 5 を備える。このため、 z 軸の正方向に最大強度を有し、第 1 ストリップ導体 1 3 A の延びる方向に平行な xz 面に広がった強度分布を有する電磁波、および、 z 軸の正方向に最大強度を有し、第 2 ストリップ導体 1 3 B の延びる方向に平行な yz 面に広がった強度分布を有する電磁波を放出する際、より広い角度でゲインの高い電磁波を放出することが可能である。

【 0 0 9 2 】

(第 6 の実施形態)

本開示のアレイアンテナの実施形態を説明する。図 1 4 はアレイアンテナ 1 0 1 の模式的斜視図である。アレイアンテナ 1 0 1 は、第 1 から第 5 の実施形態のマルチバンドアンテナ 5 1 ~ 5 5 のいずれかを複数含む。例えば、アレイアンテナ 1 0 1 は、複数のマルチバンドアンテナ 5 5 を含む。本実施形態では、アレイアンテナ 1 0 1 は 4 つのマルチバンドアンテナ 5 5 を含んでいるが、マルチバンドアンテナ 5 5 の数は 4 に限られず、アレイアンテナ 1 0 1 は少なくとも 2 つのマルチバンドアンテナ 5 5 を含んでいればよい。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

アレイアンテナ 101 において、複数のマルチバンドアンテナ 55 は y 方向に配列されている。つまり、各マルチバンドアンテナ 55 の放射導体 11 が y 方向に互いに隣接し、線状アンテナ 20 が y 方向で互いに隣接するように配置されている。各マルチバンドアンテナ 55 の地導体 12 は、互いに接続されており、全体として 1 つの導電層を構成している。また、各マルチバンドアンテナ 55 の誘電体 40 も互いに接続されており、全体として 1 つの誘電体を構成している。複数のマルチバンドアンテナ 55 の y 方向の配列ピッチは、 $\lambda/2$ 程度である。

【0094】

図 15 および図 16 を参照しながら、アレイアンテナ 101 の動作を説明する。アレイアンテナ 101 において、各マルチバンドアンテナ 55 の平面アンテナ 10 に第 1 ストリップ導体 13A を介して信号電力を給電すると、図 15 に示すように、各マルチバンドアンテナ 55 の放射導体 11 は、全体として、放射導体 11 に垂直な方向、つまり、z 軸の正方向に最大強度を有し、第 1 ストリップ導体 13A の伸びる方向に平行な xz 面に広がった指向性 $F_{+z}(x, z)$ を有して、xz 面内に平行な偏波面をもつ電磁波を送受信する。また、各マルチバンドアンテナ 55 の平面アンテナ 10 に第 2 ストリップ導体 13B を介して信号電力を給電すると、各マルチバンドアンテナ 55 の放射導体 11 は、全体として、放射導体 11 に垂直な方向、つまり、z 軸の正方向に最大強度を有し、yz 面内に平行な偏波面をもつ電磁波を送受信する。一方、図 16 に示すように、各マルチバンドアンテナ 55 の線状アンテナ 20 に信号電力を供給すると、線状放射導体 21、22 は、全体として、x 軸の負方向に最大強度を有し、xz 面に広がった指向性 F_{-x} を有する電磁波を放出する。

【0095】

アレイアンテナ 101 において、平面アンテナ 10 および線状アンテナ 20 は同時に使用してもよいし、選択的に使用してもよい。また、平面アンテナ 10 において、第 1 ストリップ導体 13A および第 2 ストリップ導体 13B に同時に信号電力を供給してもよい。同時にこれらのアンテナに給電を行うことによって、干渉によりゲインが低下することが好ましくない場合、例えば、同位相の信号電力を平面アンテナ 10 および線状アンテナ 20 に供給する場合には、RF スイッチなどを用い、送受信すべき信号を選択的に、平面アンテナ 10 または線状アンテナ 20 に入力すればよい。

【0096】

平面アンテナ 10 および線状アンテナ 20 を同時に使用する場合には、平面アンテナ 10 および線状アンテナ 20 に入力する信号に位相差を与えることが好ましい。これにより、干渉が抑制され、ゲインが向上し得る。例えば、ダイオードスイッチや MEMS スイッチなどで構成された移相器などを用い、送受信すべき信号を選択的に、平面アンテナ 10 または線状アンテナ 20 に入力すればよい。

【0097】

アレイアンテナ 101 は複数のマルチバンドアンテナ 55 を備える。このため、各マルチバンドアンテナ 55 において、平面アンテナ 10 および線状アンテナ 20 の一方を選択し、同じ位相の信号電力を給電することによって、1 つのマルチバンドアンテナ 55 による強度分布よりも指向性を高めることができる。また、各マルチバンドアンテナ 55 の平面アンテナ 10 または線状アンテナ 20 に給電する信号電力の位相を適切にシフトさせ、各マルチバンドアンテナ 55 間の平面アンテナ 10 または線状アンテナ 20 に位相差を設けること、各マルチバンドアンテナ 55 の平面アンテナ 10 と線状アンテナ 20 との間に位相差を設け、必要に応じて、さらにその位相差をマルチバンドアンテナ 55 間で異ならせることによって、最大強度となる方向を xz 面内 ($\theta = 0$ 度) の ϕ 、および、yz 面内 ($\theta = 90$ 度) の ϕ 方向に変化させることができる。よって、複数のマルチバンドアンテナ 55 を備え、アレイ化することによって、xz 面内および yz 面内において、指向性が高い方向を変化させることが可能である。例えば、送受信時に、各マルチバンドアンテナ 55 間の平面アンテナ 10 または線状アンテナ 20 に位相差を設けて電磁波の送受信を行い、最も受信強度が強い、あるいは、基地局等との電磁波の送受信が最も良好となる方向

10

20

30

40

50

(、)を所定の時間間隔で決定しながら電磁波の送受信を行うことができる。これによって、例えば、アレイアンテナ101を搭載した無線通信機器が移動をする場合に、常時最適な通信状態で電磁波の送受信を行うことができる。

【0098】

このように、本開示のアレイアンテナ101によれば、直交する2方向に電磁波を放射し、また、直交する2方向からの電磁波を受信することが可能である。

【0099】

なお、アレイアンテナ101において、地導体12がy方向につながっているため、第2ストリップ導体13Bに給電を行い、電磁波を放射させる場合、地導体12をy方向に伝搬する電磁波の反射の影響によって電磁波の出力が低下する場合がある。このような出力の低下が好ましくない場合には、図17(a)に示すように、隣接するマルチバンドアンテナ55間において、地導体12にスリット12sを設け、各マルチバンドアンテナ55の地導体12aを電氣的に分離してもよい。

【0100】

また、アレイアンテナ101の各マルチバンドアンテナ55において、平面アンテナ10の第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bに同時に信号電力を供給する場合、地導体12がy方向につながっているため、2つのストリップ導体による電磁波の広がり方が、地導体12の形状による影響を受け、合成された電磁波がy方向に広がってしまう場合がある。合成された電磁波の分布形状が問題となる場合には、図17(b)に示すように、隣接するマルチバンドアンテナ55間において、地導体12に切り欠き12nを設けてもよい。切り欠き12nは、例えば、x軸方向に垂直な辺を底辺とする直角二等辺三角形であってもよい。切り欠き12nを設けることによって、各マルチバンドアンテナ55の地導体12のx方向とy方向とにおける形状の差異を小さくすることができ、合成された電磁波のz軸回りの対称性を高めることができる。

【0101】

ここで、切り欠きは導体部の形状で構成しているが、キャビティなどを設けるなどして同様の効果を実現してもよい。また、スリット、切り欠き或いはキャビティを設ける手法以外にも、電気抵抗の差をつける手法、誘電率に差を持たず手法などを用いてもよい。これらのうち、少なくとも1つの手法を用いることができる。

【0102】

(第7の実施形態)

本開示の無線通信モジュールの実施形態を説明する。図18は、無線通信モジュール112の模式的断面図である。無線通信モジュール112は、第6の実施形態のアレイアンテナ101と、能動素子64、65と、受動素子66と、電極63及びそれに接続したコネクタ67とを備える。無線通信モジュール112は、能動素子64、65および受動素子66を覆うカバー68をさらに備えていてもよい。カバー68は金属などで構成され、電磁シールド、ヒートシンクあるいは両方の機能を有する。

【0103】

アレイアンテナ101の誘電体40の地導体12よりも主面40b側には、平面アンテナ10および線状アンテナ20と接続するための、配線回路パターンを構成する導体61、ビア導体62が設けられている。また、平面アンテナ10および線状アンテナ20と導体61とはビア導体62で接続されている。主面40bには、電極63が設けられている。

【0104】

能動素子64、65は、DC/DCコンバータ、ローノイズアンプ(LNA)、パワーアンプ(PA)、高周波IC等であり、受動素子66は、コンデンサ、コイル、RFスイッチ等である。コネクタ67は、無線通信モジュール112と外部とを中間周波数で接続するためのコネクタである。

【0105】

能動素子64、65、受動素子66およびコネクタ67は、アレイアンテナ101の誘

10

20

30

40

50

電体 40 の主面 40 b の電極 63 と半田等によって接続されることにより、アレイアンテナ 101 の主面 40 b に実装されている。導体 61 およびビア導体 62 によって構成される配線回路、能動素子 64、65、受動素子 66 およびコネクタ 67 によって、信号処理回路等を構成している。

【0106】

無線通信モジュール 112 において、平面アンテナ 10 および線状アンテナ 20 が近接する主面 40 a は、能動素子 64、65 等が接続された主面 40 b と反対側に位置している。このため、能動素子 64、65 等の影響を受けることなく、準ミリ波・ミリ波帯の電磁波を平面アンテナ 10 および線状アンテナ 20 から放射し、また、外部から到達する準ミリ波およびミリ波帯の電波を平面アンテナ 10 および線状アンテナ 20 で受信することができる。したがって、直交する 2 方向において、選択的に電磁波を送受信可能なアンテナを備え、小型の無線通信モジュールが実現し得る。

10

【0107】

(第 8 の実施形態)

本開示の無線通信装置の実施形態を説明する。図 19 (a) および (b) は、無線通信装置 113 の模式的平面図および側面図である。無線通信装置 113 は、メインボード 70 と、1 または複数の無線通信モジュール 112 とを備える。図 19 では、無線通信装置 113 は 4 つの無線通信モジュール 112 A ~ 112 D を備えている。

【0108】

メインボード 70 は、無線通信装置 113 の機能を実現するために必要な電子回路、および無線通信回路等を備えている。メインボード 70 の姿勢および位置を検出するため、地磁気センサ、GPS ユニット等を備えていてもよい。

20

【0109】

メインボード 70 は、主面 70 a、70 b、と 4 つの側部 70 c、70 d、70 e、70 f とを有している。主面 70 a、70 b は、第 2 右手直交座標系における w 軸に垂直であり、側部 70 c、70 e は u 軸に垂直であり、側部 70 d、70 f は、v 軸に垂直である。図 19 では、模式的にメインボード 70 を長方形の主面を有する直方体で示しているが、側部 70 c、70 d、70 e、70 f のそれぞれは、複数の面で構成されていてもよい。

【0110】

無線通信装置 113 において、無線通信モジュール 112 A ~ 112 D は、アレイアンテナ 101 の誘電体 40 の側面 40 c が、側部 70 c、70 d、70 e、70 f の 1 つに近接し、誘電体 40 の主面 40 a がメインボード 70 と反対側に位置するように、主面 70 a または主面 70 b に配置されている。誘電体 40 の側面 40 c は、線状アンテナ 20 の線状放射導体 21、22 が近接しており、側面 40 c から電磁波が放射される。また、誘電体 40 の主面 40 a は、平面アンテナ 10 の放射導体 11 が近接しており、主面 40 a から電磁波が放射される。このため、無線通信モジュール 112 A ~ 112 D から放射される電磁波が、メインボード 70 と干渉しにくい位置および方向に、無線通信モジュール 112 A ~ 112 D はメインボード 70 に配置される。無線通信モジュール 112 A ~ 112 D は u v w 方向にそれぞれ近接していてもよいし、離れていてもよい。

30

40

【0111】

例えば、図 19 に示す例では、無線通信モジュール 112 A、112 C の側面 40 c が、側部 70 c、70 d のいずれかに近接するように無線通信モジュール 112 A、112 C が主面 70 a 上に配置されている。また、無線通信モジュール 112 B、112 D の側面 40 c が、側部 70 e、70 f のいずれかに近接するように無線通信モジュール 112 B、112 D が主面 70 b 上に配置されている。本実施形態では、無線通信モジュール 112 A の側面 40 c は、側部 70 c に、無線通信モジュール 112 B の側面 40 c は、側部 70 e に近接している。また、無線通信モジュール 112 C の側面 40 c は、側部 70 d に、準ミリ波・ミリ波・無線通信モジュール 112 D の側面 40 c は、側部 70 f に近接している。無線通信モジュール 112 A ~ 112 D は、メインボード 70 の中心に対し

50

て点対称に配置されている。

【0112】

このように配置された無線通信モジュール112A～112Dの平面アンテナ10および線状アンテナ20から放射される電磁波の分布における最大強度の方向は、表1に示す通りである。

【0113】

【表1】

準ミリ波・ミリ波無線通信モジュール	平面アンテナ10の放射方向	線状アンテナ20の放射方向
112A	+w	-u
112B	-w	+u
112C	+w	-v
112D	-w	+v

10

【0114】

このように、メインボード70に対して全方位(±u、±v、±w方向)へ電磁波を放射させることができる。たとえば、無線通信装置113のGPSユニットで位置を検出すれば、無線通信装置113の周囲にある位置情報が既知の複数の基地局のうち、最も近い基地局、および、その基地局の無線通信装置113からの方位が決定できる。また、無線通信装置113の地磁気センサを用いれば、無線通信装置113の姿勢が決定でき、現在の無線通信装置113の姿勢において、決定した通信すべき基地局に最も強い強度で電磁波を放射することのできる無線通信モジュール112A～112Dおよび平面アンテナ10/線状アンテナ20を決定することができる。よって、決定した無線通信モジュールおよびアンテナを用いて電磁波の送受信を行うことによって、高品質な通信を行うことが可能となる。

20

【0115】

無線通信モジュール112A～112Dはメインボード70の側部に配置してもよい。図20(a)、(b)および(c)は、無線通信装置114の模式的平面図および側部図である。無線通信装置114において、無線通信モジュール112A～112Dは、アレイアンテナ101の誘電体40の側面40cが、主面70aまたは主面70bに近接し、誘電体40の主面40aがメインボード70と反対側に位置するように、側部70c～70fのいずれかに配置されている。

30

【0116】

図20に示す例では、無線通信モジュール112A、112Bの側面40cが、主面70a、70bのいずれかに近接するように無線通信モジュール112A、112Bが側部70c、70eに配置されている。また、無線通信モジュール112C、112Dの側面40cが、主面70a、70bのいずれかに近接するように無線通信モジュール112C、112Dが側部70d、70fに配置されている。本実施形態では、無線通信モジュール112Aの側面40cは、主面70aに、無線通信モジュール112Bの側面40cは、主面70bに近接している。また、無線通信モジュール112Cの側面40cは、主面70aに、無線通信モジュール112Dの側面40cは、主面70bに近接している。無線通信モジュール112A～112Dは、メインボード70の中心に対して点対称に配置されている。無線通信モジュール112A～112Dのw軸方向の位置は、メインボード70のw軸方向の中心からずれていてもよい。また、無線通信モジュール112A～112Dは、メインボード70の側部70c～70fと接していてもよいし、間隙を設けて配置されていてもよい。

40

【0117】

このように配置された無線通信モジュール112A～112Dの平面アンテナ10および線状アンテナ20から放射される電磁波の分布における最大強度の方向は、表2に示す通りである。

【0118】

50

【表 2】

無線通信モジュール	平面アンテナ 10 の放射方向	線状アンテナ 20 の放射方向
112A	-u	+w
112B	+u	-w
112C	-v	+w
112D	+v	-w

【0119】

このように、図 20 に示す配置でも、無線通信装置 114 は、メインボード 70 に対して全方位 ($\pm u$ 、 $\pm v$ 、 $\pm w$ 方向) へ電磁波を放射させることができる。

10

【0120】

図 21 (a) および (b) は、図 20 に示すように無線通信モジュールが 4 つ配置された無線通信装置 114 から放射される電磁波の強度分布をシミュレーションによって求めた結果の一例を示す。図 21 (a) は、28 GHz の電磁波の分布を示し、図 21 (b) は、39 GHz の電磁波の分布を示す。電磁波の方向を示す θ は、図 20 (a) に示すように、WV 平面において、w 軸を基準とし、w 軸から v 軸方向にプラスを取った角度を示す。 ϕ は、uv 平面において、u 軸を基準とし、u 軸から v 軸方向にプラスを取った角度を示す。ゲインの大きさは、 θ および ϕ の角度によって変化するが、 θ および ϕ のほとんどの領域において、7 dB 以上のゲインが得られている。図 21 (a) および (b) において、ゲインが 7 dB 未満の領域を破線で囲んでいる。28 GHz の電磁波では、全 θ および ϕ の範囲のうち、約 99.8% の範囲で 7 dB 以上のゲインが得られている。また、39 GHz の電磁波では、全 θ および ϕ の範囲のうち、約 99.7% の範囲で 7 dB 以上のゲインが得られている。このように本実施形態によれば、無線通信モジュール 112A ~ 112D を異なる方位に向けて配置し、線状アンテナおよび平面アンテナを選択的に駆動することによって、方位のカバレッジが高く、かつ指向性に優れた無線通信装置が実現し得る。

20

【0121】

(他の実施形態)

本開示のマルチバンドアンテナ、アレイアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置は、円偏波の電磁波の送受信に適合し得る。しかし、より効率よく円偏波を送受信するために、マルチバンドアンテナの構造を改良してもよい。図 22 (a) および (b) は、第 1 の実施形態のマルチバンドアンテナ 51 を右旋円偏波に適合させたマルチバンドアンテナ 56 の平面図、および、(a) の 22B - 22B 線における断面図である。マルチバンドアンテナ 56 は、放射導体 11 の対角方向に位置する一対の角に切り欠きを有する点で、マルチバンドアンテナ 51 と異なる。

30

【0122】

具体的には、マルチバンドアンテナ 56 は放射導体 31 を備える。放射導体 31 は、4 つの角 11e ~ 11h を有する矩形から、対角方向に位置する一対の角が直線状に切り欠かれた形状を有する。図 22 に示す形態では、放射導体 31 の平面上において、放射導体 31 の中心から角 11e ~ 11h を見た場合、第 1 ストリップ導体 13A の右側に位置する角 11h および角 11h に対して対角方向に位置する角 11f が、角 11e、11g を通る直線と略平行な直線によって、切り欠かれている。これにより、マルチバンドアンテナ 56 は、右旋円偏波を効率よく送受信することが可能である。なお、以下においてもストリップ導体に対する右側あるいは左側は、放射導体の中心から角 11e ~ 11h を見た場合におけるストリップ導体の位置関係で表す。

40

【0123】

図 23 (a) および (b) は、第 1 の実施形態のマルチバンドアンテナ 51 を左旋円偏波に適合させたマルチバンドアンテナ 57 の平面図、および、(a) の 23B - 23B 線における断面図である。マルチバンドアンテナ 57 の放射導体 32 は、例えば、4 つの角

50

11e ~ 11fを有する矩形から、対角方向に位置する角11e、11gが直線状に切り欠かれた形状を有する。角11eは、第1ストリップ導体13Aの左側に位置し、角11gは角11eに対して対角方向に位置している。これにより、マルチバンドアンテナ57は、左旋円偏波を効率よく送受信することが可能である。

【0124】

図24(a)および(b)は、第2の実施形態のマルチバンドアンテナ52を右旋円偏波に適合させたマルチバンドアンテナ58の平面図、および、(a)の24B-24B線における断面図である。マルチバンドアンテナ58は、放射導体11の対角方向に位置する一対の角に切り欠きを有する点で、マルチバンドアンテナ52と異なる。

【0125】

具体的には、マルチバンドアンテナ58は放射導体33を備える。放射導体33は、4つの角11e ~ 11hを有する矩形から、対角方向に位置する一対の角が直線状に切り欠かれた形状を有する。図24に示す形態では、第1ストリップ導体13Aの右側に位置する角11hおよび角11hに対して対角方向に位置する角11fが、角11e、11gを通る直線と略平行な直線によって、切り欠かれている。これにより、マルチバンドアンテナ58は、右旋円偏波を効率よく送受信することが可能である。

【0126】

図25(a)および(b)は、第2の実施形態のマルチバンドアンテナ52を左旋円偏波に適合させたマルチバンドアンテナ59の平面図、および、(a)の25B-25B線における断面図である。マルチバンドアンテナ59の放射導体34は、4つの角11e ~ 11hを有する矩形から、対角方向に位置する角11e、11gが直線状に切り欠かれた形状を有する。角11eは、第1ストリップ導体13Aの左側に位置し、角11gは角11eに対して対角方向に位置している。これにより、マルチバンドアンテナ59は、左旋円偏波を効率よく送受信することが可能である。

【0127】

図26(a)および(b)は、第3の実施形態のマルチバンドアンテナ53を円偏波に適合させたマルチバンドアンテナ60の平面図、および、(a)の26B-26B線における断面図である。マルチバンドアンテナ60の放射導体35は、4つの角11e ~ 11hを有する矩形から、対角方向に位置する角11f、11hが直線状に切り欠かれた形状を有する。平面視において、角11hは、第1ストリップ導体13Aと第2ストリップ導体13Bの間に位置している。

【0128】

マルチバンドアンテナ60において、第1ストリップ導体13Aを用いる場合には、右旋円偏波の送受信が可能であり、第2ストリップ導体13Bを用いる場合には、左旋円偏波の送受信が可能である。また、上述したように、第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bに同時に信号電力を供給すれば、右旋円偏波および左旋円偏波を同時に送信したり、右旋円偏波および左旋円偏波を含む電磁波を、第1ストリップ導体13Aおよび第2ストリップ導体13Bを用いて分離して検波したりすることも可能である。

【0129】

また、第7の実施形態の無線通信モジュール112は、可撓性配線と好適に組み合わせることができる。図27に示す無線通信モジュール115は、可撓性配線80を備えている点で、無線通信モジュール112と異なる。可撓性配線80は、例えば配線回路が形成されたフレキシブルプリント基板、同軸ケーブル、液晶ポリマー基板等である。特に液晶ポリマーは高周波特性に優れるため、アレイアンテナ101への配線回路として好適に用いることができる。可撓性配線80はコネクタ69を備え、コネクタ69は、主面40bに設けられたコネクタ67に係合している。

【0130】

また、たとえば、複数の無線通信モジュールを備える場合、線状アンテナ20及びマルチバンドアンテナ55を備える無線モジュール同士を、図27で用いたような可撓性配線80を介して回路的に接続することもできる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 1 】

また、可撓性配線に無線通信モジュール 1 1 2 に含まれる放射導体の一部を配置してもよい。図 2 8 に示す無線通信モジュール 1 1 6 において、主面 4 0 b に設けられた複数の電極 6 3 の一部は、可撓性配線 8 1 と電氣的に接続されている。可撓性配線 8 1 の表面および/または内部には、例えば、アレイアンテナ 1 0 1 の一部または全部の線状放射導体 2 1、2 2、給電導体 2 3、2 4 等が設けられている。

【 0 1 3 2 】

無線通信モジュール 1 1 6 によれば、可撓性配線 8 1 に設けられた線状放射導体 2 1、2 2 は、可撓性配線 8 1 を折り曲げることによって、誘電体 4 0 に設けられた線状放射導体 2 1、2 2 とは異なる方向に配置することができる。このため、より広い方位において電磁波を送受することが可能である。なお、図 2 8 に示す形態では、線状アンテナ 2 0 のすべてを可撓性配線 8 1 に配置しているが、アレイアンテナ 1 0 1 の複数の線状アンテナ 2 0 のうち、少なくとも 1 つを可撓性配線 8 1 に形成してもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 3 3 】

本開示のマルチバンドアンテナ、アレイアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置は、種々の高周波無線通信用のアンテナおよびアンテナを含む無線通信回路に好適に用いることが可能であり、特に準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波帯の無線通信装置に好適に用いられる。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 4 】

- 1 0 : 平面アンテナ
- 1 1、3 1 ~ 3 5 : 放射導体
- 1 1 c、d : 辺
- 1 1 e ~ 1 1 h : 角
- 1 1 p : 中央
- 1 2 : 地導体
- 1 2 c : 穴
- 1 2 n : 切り欠き
- 1 2 s : スリット
- 1 3 : ストリップ導体
- 1 3 A : 第 1 ストリップ導体
- 1 3 A a : 第 1 端部
- 1 3 A b : 第 2 端部
- 1 3 B : 第 2 ストリップ導体
- 1 3 B b : 第 2 端部
- 1 4、1 5 : 平面ストリップ
- 1 6 : 導体
- 1 7 : 導体
- 1 9 A : 第 1 スリット
- 1 9 A e、1 9 A f : 端部
- 1 9 B : 第 2 スリット
- 2 0 : 線状アンテナ
- 2 1、2 1'、2 2、2 2' : 線状放射導体
- 2 3、2 4 : 給電導体
- 2 5、2 5 A、2 5 B : 無給電放射導体

- 4 0 : 誘電体
- 4 0 a、4 0 b : 主面
- 4 0 c ~ 4 0 f : 側面

10

20

30

40

50

40h : 厚さ t の誘電体の部分
 51、52、53、53'、54、55、55'、56 ~ 60 : マルチバンドアンテナ

61 : 導体
 62 : ピア導体
 63 : 電極
 64、65 : 能動素子
 66 : 受動素子
 67、69 : コネクタ
 68 : カバー
 70 : メインボード
 70a、70b : 主面
 70c ~ 70f : 側部
 80、81 : 可撓性配線
 101 : アレイアンテナ
 112、115、116 : 無線通信モジュール
 113、114 : 無線通信装置

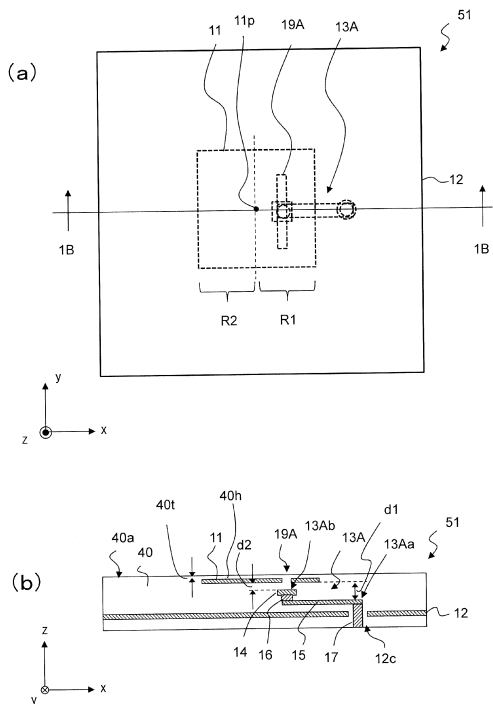
10

【要約】

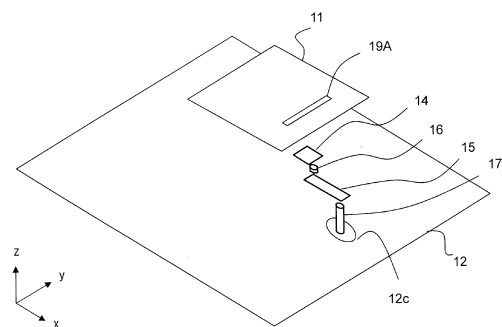
マルチバンドアンテナは、第1軸方向、第2軸方向および第3軸方向を有する第1右手直交座標系の前記第2軸方向に伸びる矩形形状の第1スリットを有する放射導体と、前記第3軸方向において、前記放射導体と所定の間隔で離間して配置された地導体と、前記放射導体と前記地導体との間に配置され、前記第1軸方向に伸びる第1ストリップ導体とを備え、前記第3軸方向から見て前記第1ストリップ導体の端部は前記第1スリットと重なっている。

20

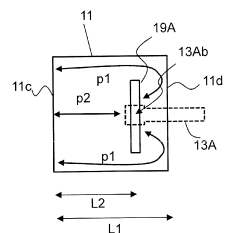
【図1】



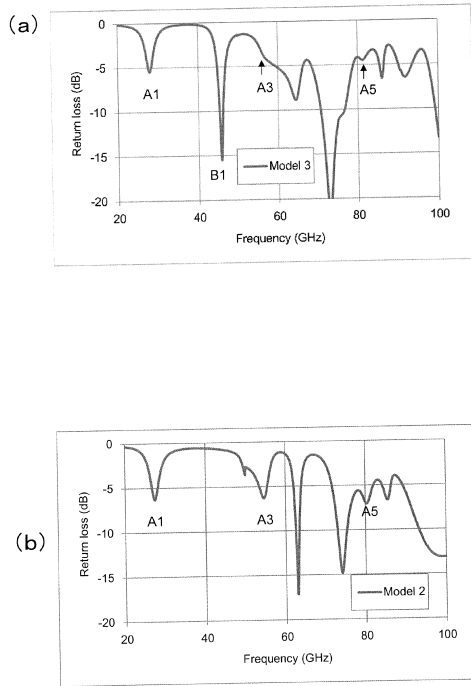
【図2】



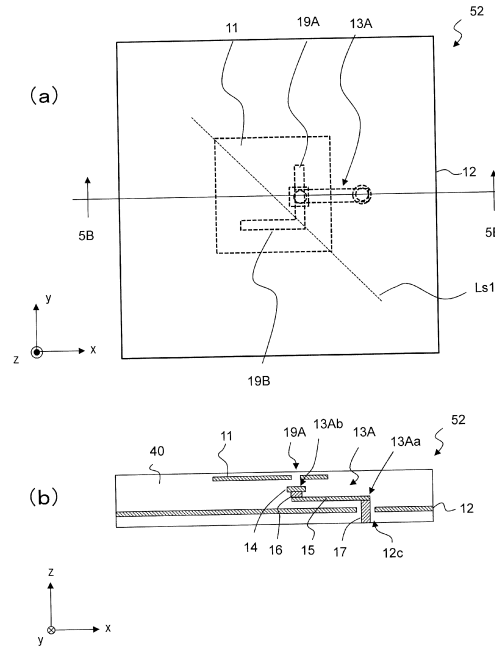
【図3】



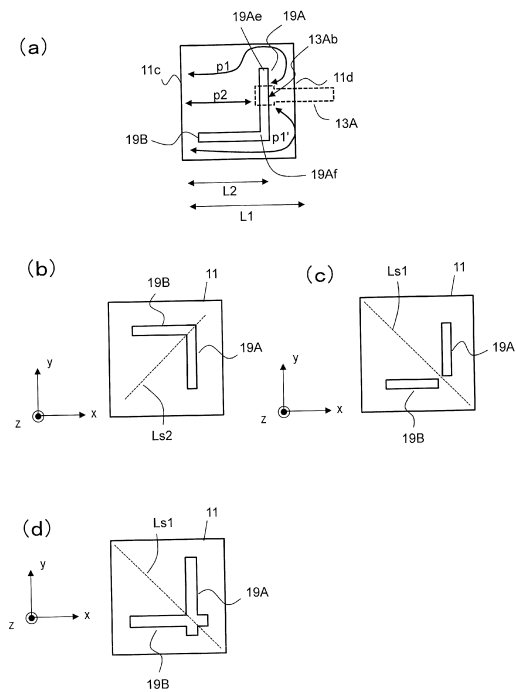
【 図 4 】



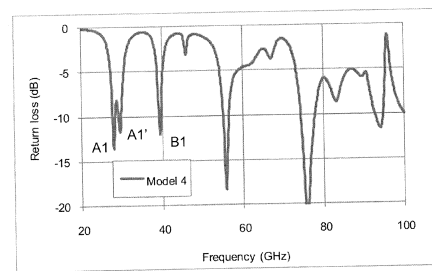
【 図 5 】



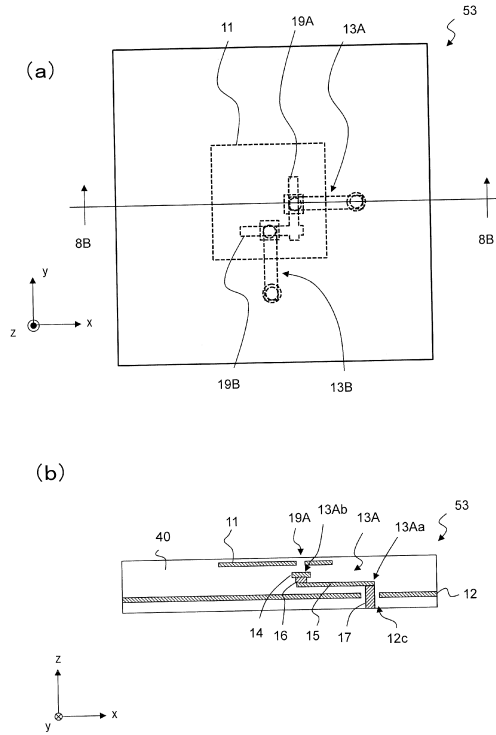
【 図 6 】



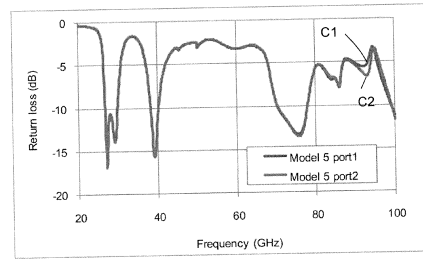
【 図 7 】



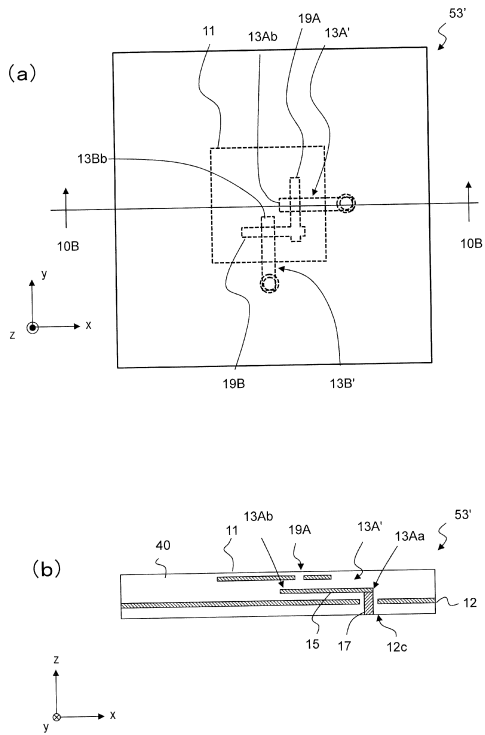
【 図 8 】



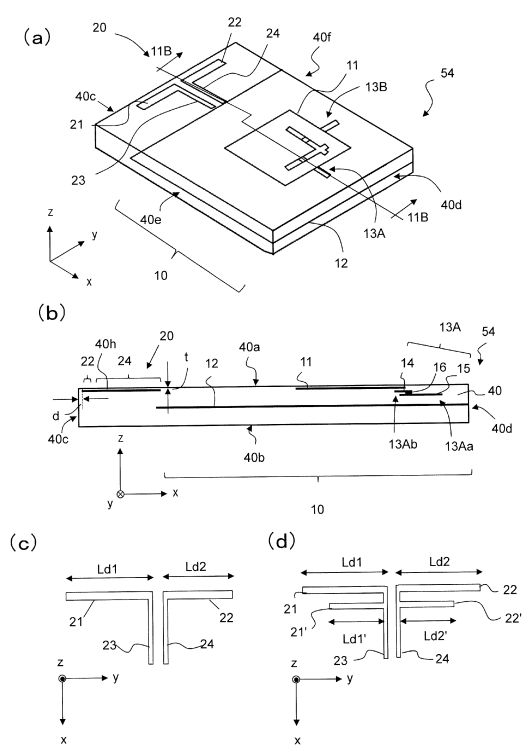
【 図 9 】



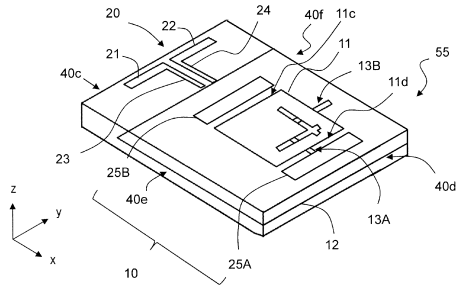
【 図 10 】



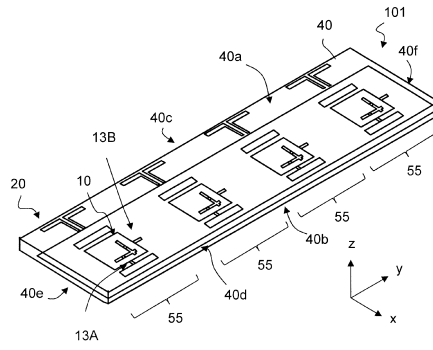
【 図 11 】



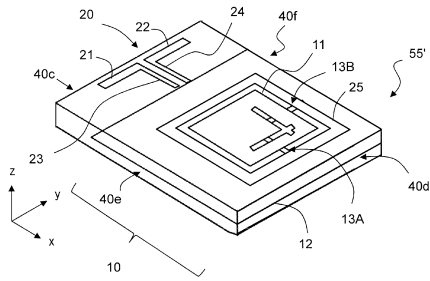
【図12】



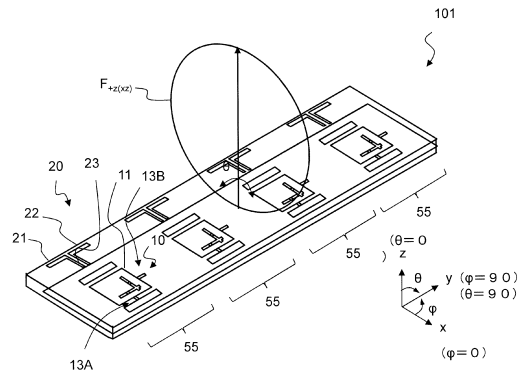
【図14】



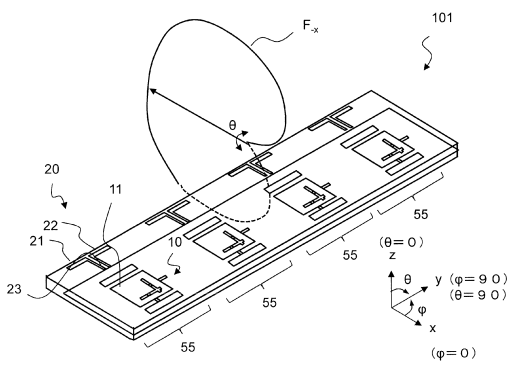
【図13】



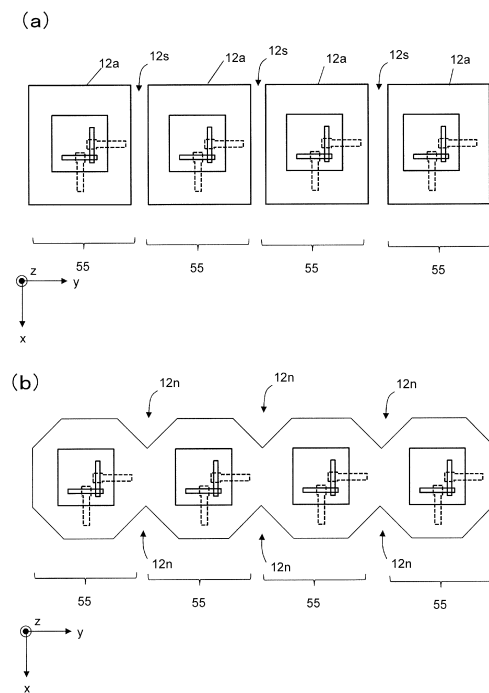
【図15】



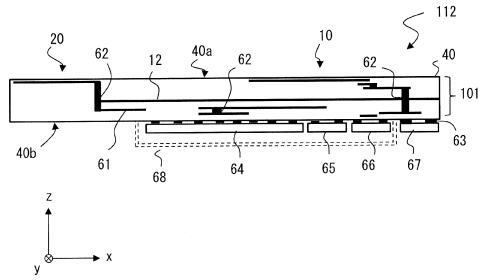
【図16】



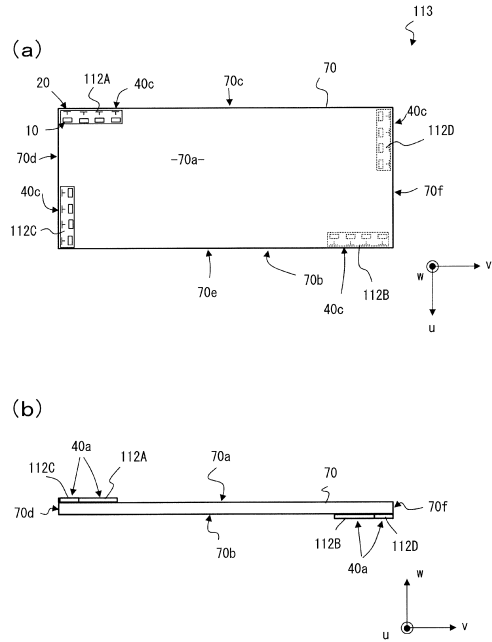
【図17】



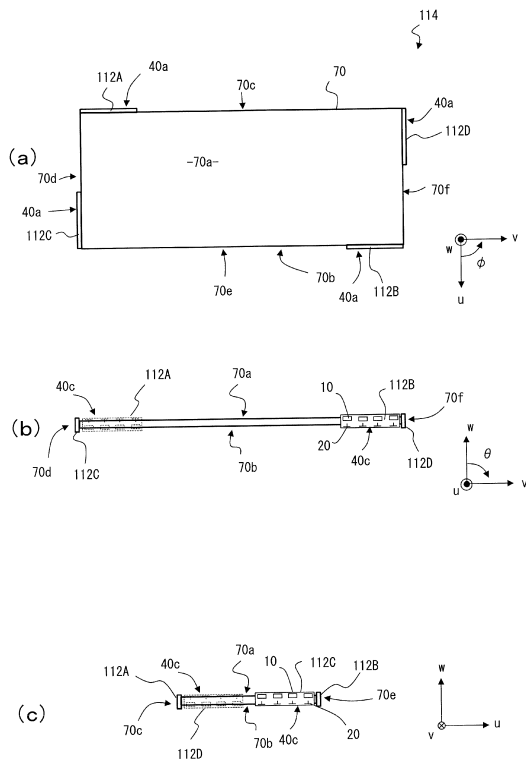
【図18】



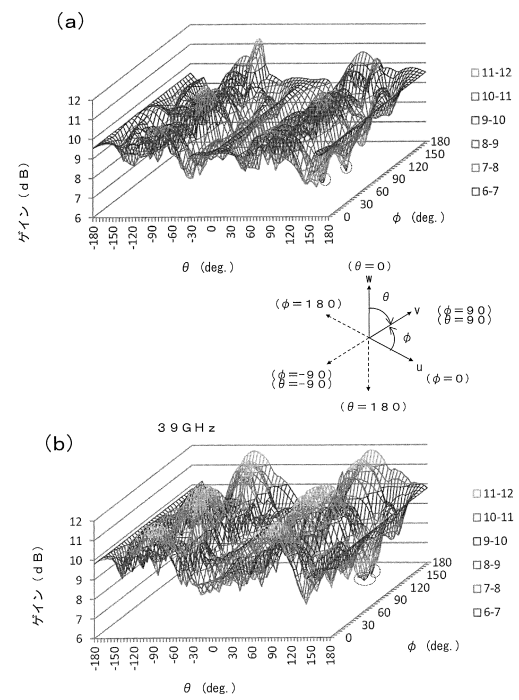
【図19】



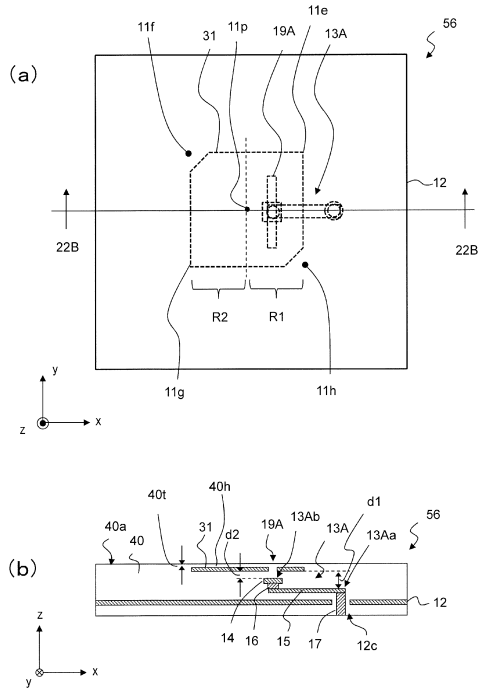
【図20】



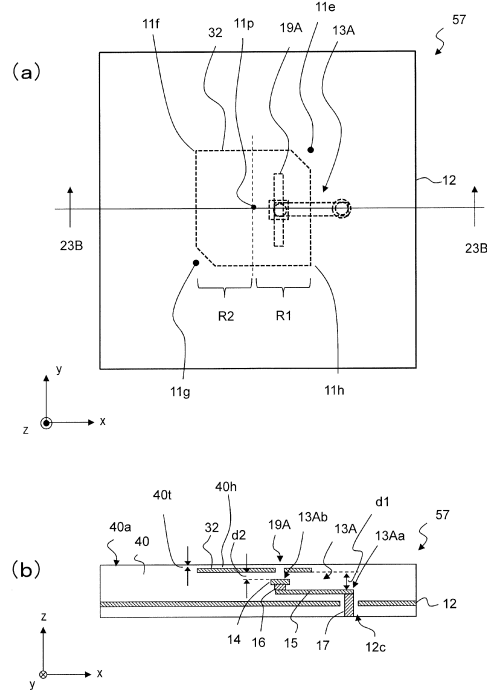
【図21】



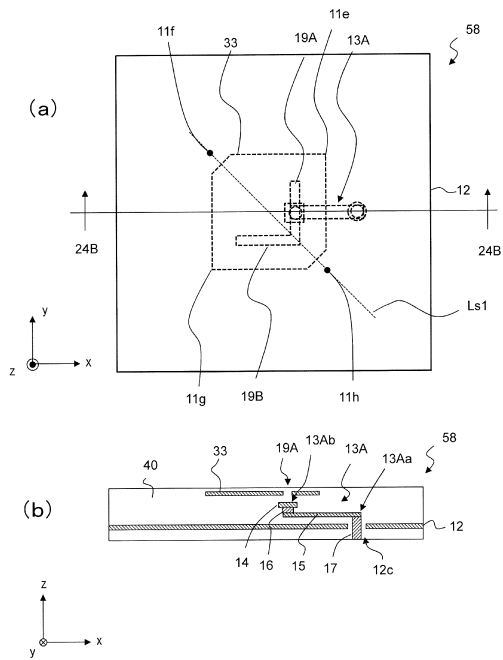
【 図 2 2 】



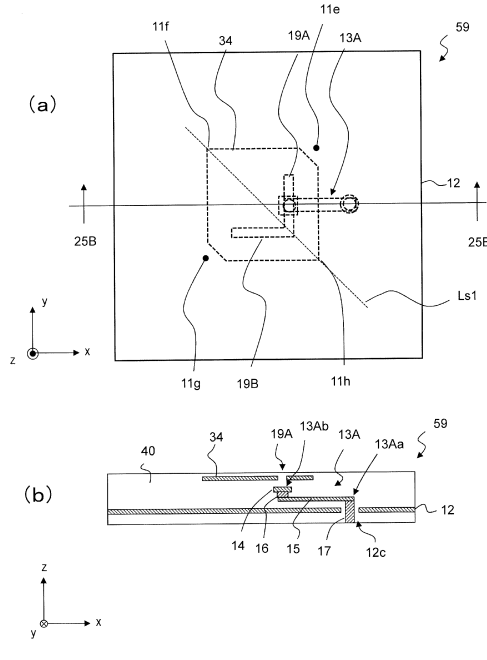
【 図 2 3 】



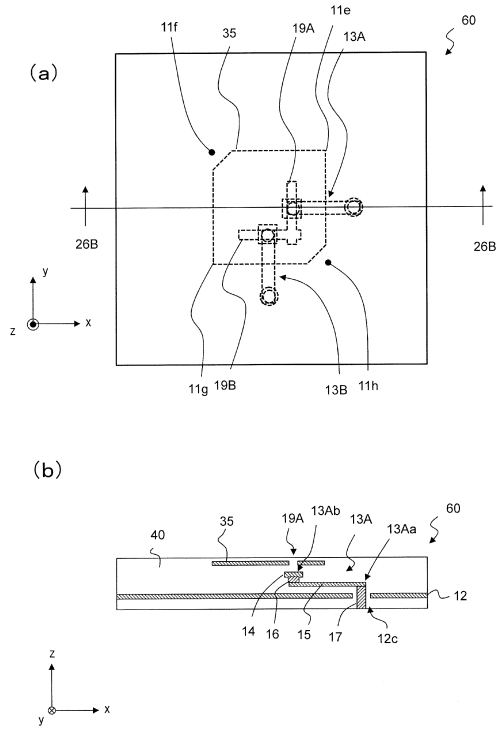
【 図 2 4 】



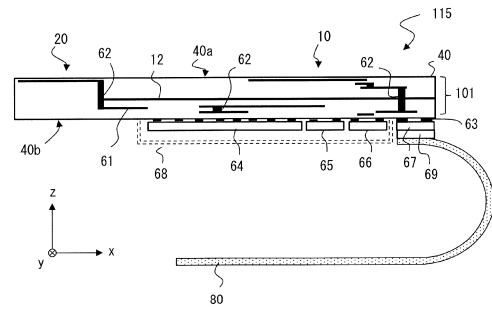
【 図 2 5 】



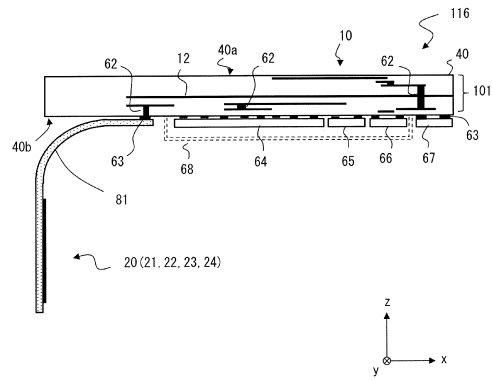
【 26 】



【 27 】



【 28 】



フロントページの続き

審査官 佐藤 当秀

(56)参考文献 米国特許出願公開第2001 / 0043157 (U S , A 1)
米国特許出願公開第2006 / 0001574 (U S , A 1)
米国特許第06317084 (U S , B 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 Q 5 / 0 0 - 5 / 5 5

H 0 1 Q 9 / 0 4

H 0 1 Q 1 3 / 0 8