

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7673048号  
(P7673048)

(45)発行日 令和7年5月8日(2025.5.8)

(24)登録日 令和7年4月25日(2025.4.25)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 1 Q 19/28 (2006.01) H 0 1 Q 19/28

請求項の数 13 (全20頁)

(21)出願番号	特願2022-509320(P2022-509320)	(73)特許権者	000006758 株式会社ヨコオ 東京都千代田区神田須田町一丁目25番 地J R神田万世橋ビル14階
(86)(22)出願日	令和3年1月21日(2021.1.21)	(74)代理人	100099324 弁理士 鈴木 正剛
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/002064	(72)発明者	三木 健一 群馬県富岡市神農原1112番地 株式 会社ヨコオ 富岡工場内
(87)国際公開番号	WO2021/192560	審査官	岸田 伸太郎
(87)国際公開日	令和3年9月30日(2021.9.30)		
審査請求日	令和5年11月14日(2023.11.14)		
(31)優先権主張番号	特願2020-56686(P2020-56686)		
(32)優先日	令和2年3月26日(2020.3.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 平面アンテナおよびそれを備える高周波モジュール

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

裏面がグランド面となる基板の表面に形成される平面アンテナであって、  
放射素子と、  
前記放射素子に接続される給電線路と、  
それぞれ前記グランド面と導通し、前記給電線路を挟んで互いに対向するように配置された第1グランド素子および第2グランド素子と、  
前記第1グランド素子から前記放射素子の少なくとも一部を囲むように延びる第1無給電素子と、  
前記第2グランド素子から前記第1無給電素子とは反対の方向から前記放射素子の少なくとも一部を囲むように延びる第2無給電素子とを有し、  
前記第1グランド素子および第2グランド素子が前記給電線路のインピーダンス整合器として動作し、前記第1無給電素子および前記第2無給電素子が前記放射素子の信号位相の調整器として動作し、さらに、  
前記第1グランド素子および前記第2グランド素子が前記放射素子の反射器として動作する、平面アンテナ。

10

【請求項2】

裏面がグランド面となる基板の表面に形成される平面アンテナであって、  
放射素子と、  
前記放射素子に接続される給電線路と、

20

それぞれ前記グランド面と導通し、前記給電線路を挟んで互いに対向するように配置された第1グランド素子および第2グランド素子と、

前記第1グランド素子から前記放射素子の少なくとも一部を囲むように延びる第1無給電素子と、

前記第2グランド素子から前記第1無給電素子とは反対の方向から前記放射素子の少なくとも一部を囲むように延びる第2無給電素子とを有し、

前記第1グランド素子および第2グランド素子が前記給電線路のインピーダンス整合器として動作し、前記第1無給電素子および前記第2無給電素子が前記放射素子の信号位相の調整器として動作し、さらに、

前記第1無給電素子および前記第2無給電素子が前記放射素子の導波器として動作する、  
平面アンテナ。

10

【請求項3】

前記給電線路が面状線路であり、前記放射素子との接続部位における前記給電線路の幅が他の部位の幅と比べ最も小さい、

請求項1または2に記載の平面アンテナ。

【請求項4】

前記給電線路の特性インピーダンスが、前記放射素子との接続部位で最も大きい、

請求項1から3のいずれか一項に記載の平面アンテナ。

【請求項5】

前記接続部位が前記放射素子において高周波電流が打ち消される領域である、

請求項4に記載の平面アンテナ。

20

【請求項6】

前記放射素子は、それ自体が第1周波数で共振するとともに、前記第1無給電素子および前記第2無給電素子との間で前記第1周波数と異なる第2周波数で複共振する、請求項1から5のいずれか一項に記載の平面アンテナ。

【請求項7】

前記放射素子および前記給電線路の各々の形状および配設位置が、前記給電線路の中心軸に対して対称であり、

前記第1グランド素子および前記第1無給電素子の配置位置と、前記第2グランド素子および前記第2無給電素子の配設位置とは、前記給電線路の中心軸に対して対称である、

請求項1から6のいずれか一項に記載の平面アンテナ。

30

【請求項8】

前記第1無給電素子および前記第2無給電素子は、それぞれ所定の距離で対向する開放端を有し、

前記放射素子と略平行となる前記開放端の一部が、前記放射素子の前記導波器として動作するように位置する、請求項2または請求項2に従属する請求項3から7のいずれか一項に記載の平面アンテナ。

【請求項9】

前記第1無給電素子の開放端と前記第2無給電素子の開放端との間を、前記放射素子を基端として延びる伝送線路が通過し、前記伝送線路の終端が第2放射素子と導通接続されている、請求項8に記載の平面アンテナ。

40

【請求項10】

前記第1無給電素子の開放端および前記第2無給電素子の開放端を中心として前記放射素子とは反対側に、前記放射素子の導波器として動作する少なくとも1つの補助無給電素子が位置する、請求項9に記載の平面アンテナ。

【請求項11】

端部を備えた板金素子を有し、

前記端部が前記第1無給電素子の開放端および前記第2無給電素子の開放端と容量結合し、前記板金素子は、前記放射素子の表面に導通接続されている、

請求項8から10のいずれか一項に記載の平面アンテナ。

50

**【請求項 1 2】**

前記板金素子が前記放射素子に対する導波器として動作する、  
請求項 1 1 に記載の平面アンテナ。

**【請求項 1 3】**

裏面がグランド導体となる基板の表面に存在するアンテナ部を含む高周波モジュールであって、

前記アンテナ部が、請求項 1 から 1 2 のいずれか一項の平面アンテナであり、  
前記平面アンテナが、2 6 G H z 帯以上の周波数帯で動作するサイズである、  
高周波モジュール。

**【発明の詳細な説明】**

10

**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、準ミリ波帯以上の周波数帯で使用可能な平面アンテナおよびそれを備える高周波モジュールに関する。

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

マイクロ波帯以上の高周波帯で使用される平面アンテナは、給電線路との整合の良否やアンテナ近辺に配置された他の高周波部品の有無などによる影響を大きく受ける。また、この種の平面アンテナには、使用可能な周波数領域の広帯域化の要請がある。

**【0 0 0 3】**

20

この点に関し、特許文献 1 に開示された平面アンテナは、平面アンテナと同一平面上に配置される中心導体とグランド導体とを備える。中心導体は、平面アンテナに導通接続される。グランド導体は、中心導体の両側に、中心導体から間隔をもって形成される。グランド導体のうち、平面アンテナとの接続部付近には、その縁部の中心導体との距離が平面アンテナに近づくにつれてほぼ単調に増大するテーパ領域が形成される。テーパ領域を形成することで、平面型でありながら比較的広い帯域の周波数領域にわたって平面アンテナと伝送線路の整合が行なわれる。

**【0 0 0 4】**

特許文献 2 に開示された平面アンテナは、特許文献 1 のように伝送線路であるグランド導体の形状を調整するのではなく、複共振の効果を利用して広帯域化させている。すなわち、誘電体基板上に、ギャップを有するループ導体を配置するとともにループ導体の内部に直線導体を配置する。そして、直線導体の基端部とループ導体とを平衡給電する。これにより、ループ導体をループ放射素子として動作させるとともに、直線導体をモノポールアンテナの放射素子として動作させる。

30

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0 0 0 5】**

【文献】特開 2 0 0 6 - 1 2 1 6 4 3 号公報

【文献】特開 2 0 1 1 - 2 1 7 2 0 4 号公報

**【発明の概要】**

40

**【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 6】**

特許文献 1 に開示された平面アンテナにおいて、中心導体とグランド導体をマイクロストリップで構成する場合、使用周波数が高くなるほど基板や各導体のサイズが小さくなる。そのため、調整可能なインピーダンスの変化量が少ないものとなる。また、テーパ領域の調整は、矩形領域を切り取ったりする場合に比べて作業が複雑となる。そのため、整合のための調整作業に時間がかかる。

**【0 0 0 7】**

特許文献 2 の平面アンテナの構成では、誘電体基板の裏面をグランド面とすることができない。そのため、誘電体基板の裏面側に、使用周波数の波長の 0 . 1 程度離して金属反

50

射板を平行に配置しなければならない。

【0008】

また、1～10GHz帯前後で使用される基板は、ガラスエポキシを基調とするFR(F  
lame Retardant) - 4グレードのプリント基板(「FR - 4基板」)が一般的である。  
プリント基板は、絶縁体の誘電率が低いほど信号の伝送速度が高速になり、使用周波数  
帯が高くなるほど伝送損失が大きくなる。そのため、従来、準ミリ波帯以上の周波数で使  
用するプリント基板には、誘電率が高くなるFR - 4基板ではなく、低誘電率で低損失  
のフッ素樹脂を絶縁体とした高周波基板が用いられてきた。しかし、高周波基板は、FR  
- 4基板の数十倍も高価である。そればかりでなく、機械的特性(強度・耐性)、加工の  
点でFR - 4基板に劣る。そのため、準ミリ波帯以上で使用可能な平面アンテナの量産化  
が著しく困難であった。

10

【0009】

さらに、放射素子を実装する基板を厚くすると、放射効率や耐久面で性能が良くなるが  
、不整合が生じやすくなる。例えば後段の電子回路と接続される給電線路の特性インピー  
ダンスが50Ωであるとする。この場合、基板の誘電率に適合する給電線路の幅が大きくな  
らざるを得ないが、給電線路の幅が大きくなると、整合が難しくなる。さらに、不整合  
が生じると、給電線路自体が放射素子として動作し、不要輻射による放射利得の低下や電  
界強度の拡がりであるビームの歪みが生じてしまう。

【0010】

本発明の目的の一例は、平面アンテナ、あるいはそれを備える高周波モジュールは、低  
コストでありながら準ミリ波帯での使用を可能とすることである。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一つの態様は、裏面がグランド面となる基板の表面に形成される平面アンテナ  
であって、放射素子と、前記放射素子に接続される給電線路と、それぞれ前記グランド面  
と導通し、前記給電線路を挟んで反対方向に敷設された第1グランド素子および第2グラ  
ンド素子と、前記第1グランド素子から前記放射素子の少なくとも一部を囲むように延び  
る第1無給電素子と、前記第2グランド素子から前記第1無給電素子とは反対の方向から  
前記放射素子の少なくとも一部を囲むように延びる第2無給電素子とを有し、前記第1グ  
ランド素子および第2グランド素子が前記給電線路のインピーダンス整合器および前記放  
射素子の反射器として動作し、前記第1無給電素子および前記第2無給電素子が前記放  
射素子の信号位相の調整器および導波器として動作することを特徴とする平面アンテナであ  
る。

30

【0012】

本発明の他の態様は、裏面がグランド導体となるプリント基板の表面に存在するアンテ  
ナ部を含む高周波モジュールであって、前記アンテナ部が、上記態様の平面アンテナであ  
り、この平面アンテナが、26GHz帯以上の周波数帯で動作することを特徴とする高周  
波モジュールである。

【発明の効果】

【0013】

上記各態様によれば、平面アンテナ、あるいはそれを備える高周波モジュールにおいて  
、放射素子の近辺に配置された他の高周波部品の有無などによる影響を抑制することがで  
きる。また、準ミリ波帯以上の周波数で、広帯域にわたるインピーダンス整合のための調  
整が容易な構造を低コストで実現することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1実施形態の平面アンテナの構成例を示す六面図。

【図2】第1実施形態の平面アンテナのサイズ等を示す説明図。

【図3】第1実施形態の平面アンテナにおける周波数 - VSWR特性図。

【図4】第1実施形態の平面アンテナにおける放射パターンを示す図。

50

【図5】比較例1の平面アンテナにおける放射パターンを示す図。

【図6】比較例2の平面アンテナにおける放射パターンを示す図。

【図7A】放射素子の近辺に高周波電子部品などが存在しない場合の放射パターン。

【図7B】放射素子の近辺に高周波電子部品などが存在する場合の放射パターンを示す図。

【図8】第2実施形態の平面アンテナの構成の一部を示す図。

【図9】第3実施形態の平面アンテナの構成の一部を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

[第1実施形態]

以下、本発明を、5G(第五世代移動通信システム)のハイバンドである28GHz帯(26.5GHz~29.5GHz)での使用が可能で、チルト角が、接地面から鉛直上方に対して約15度となる平面アンテナに適用した場合の実施の形態例を説明する。

図1は、第1実施形態に係る平面アンテナの構成例を示す六面図である。図2は、各構成要素のサイズおよび配置間隔等を示す図である。

【0016】

図1に示される平面アンテナ1は、裏面がグランド面11となるプリント基板10の表面に敷設されたアンテナ部20を有する。

プリント基板10は、本願の出願時点の技術水準において、強度的や耐久性の視点では充分であるが、5Gの周波数帯では損失が大きくなるため使用に適さないとされているガラスエポキシ基板、例えばFR-4基板(両面基板)である。

第1実施形態では、プリント基板10をできるだけ小型にするため、長辺サイズ $W_{10}$ が18mm、短辺サイズ $D_{10}$ が15mm、厚み $T_{10}$ が0.6mm、誘電率が4.0の汎用品のプリント基板10とした。プリント基板10の裏面のグランド面11は、厚さ18 $\mu$ mの銅箔面である。このような汎用かつ安価なFR-4基板をプリント基板10として用いながら、5Gのハイバンドである28GHz帯で使用可能な平面アンテナ1を実現できるのは、以下に説明するアンテナ部20の特徴的な構造による。

【0017】

アンテナ部20は、厚さ18 $\mu$ mの導体膜でパターンニングされた、放射素子21、給電線路22、第1グランド素子23、第2グランド素子24、第1無給電素子25、第2無給電素子26を有する。導体膜は、例えば銅箔、銀箔、金箔のいずれかであり、マイクロストリップを構成する。これらの構成要素21~26の形状および配設位置は、図1および図2に示されるように、給電線路22の中心軸の延長線に対して対称となる。厚みが極小であることから、図1の左側面、前面、後面および図2の前面では、これらの構成要素21~26を省略してある。

アンテナ部20は、また、例えば平面展開時および上面視で長方形状、側面視で略コ字状(略J字形状)となる板金素子27を備えている。なお、板金素子27は側面視で略L字形状でも良い。板金素子27の形状・構造については、後述する。

【0018】

放射素子21は、共振型アンテナとして動作する任意の形状であって良い。第1実施形態の放射素子21は、28GHz帯で共振するサイズに設計された略長方形状である。この放射素子21の短辺のサイズ $L_{211}$ は、28GHz帯の中心周波数(28.0GHz)の波長の略3/8(本例では2.35mm)であり、長辺のサイズ $L_{212}$ は、上記波長の略1/2(本例では2.9mm)である。

【0019】

放射素子21にはNULL点が生じる。NULL点は、放射時の反射波又は干渉波などの影響で高周波電流が打ち消される領域である。アンテナ工学では、NULL点の発生をできるだけ少なくなるように放射素子の形状やサイズを設計し、その発生が不可避の場合には反射波に位相差をつけるなどの工夫をして回避するのが一般的である。しかし、第1実施形態では、このNULL点を積極的に活用する。

【0020】

10

20

30

40

50

すなわち、放射素子 2 1 において N U L L 点が生じる部位を、第 1 実施形態では、給電線路 2 2 との接続部位である給電点 2 1 1 とした。これにより、プリント基板 1 0 が厚くなることで給電線路 2 2 の幅が大きくなり、あるいは、プリント基板 1 0 の誘電率 にバラツキが生じ、それ故に不整合が生じやすくなることがあったとしても、それに起因するアンテナ特性 ( V S W R 等、指向特性など ) に与える影響を極小にすることができる。また、そのことによる給電線路 2 2 からの不要放射を防止することができる。これが、準ミリ波帯以上の高い周波数帯においても、安価な F R - 4 基板を使用することができる理由の一つである。

#### 【 0 0 2 1 】

給電点 2 1 1 の形状は、放射素子 2 1 と給電線路 2 2 との不要な反射を無くするため、あるいはインピーダンス整合の微調整のため、図 1 および図 2 の例では、僅かに給電線路 2 2 の方向に突出する矩形の例が示されている。しかし、突出部分の外縁形状は、図示の形状に限定されるものではない。例えば弧状あるいは台形状であっても良い。また、給電線路 2 2 に向かって突出する形状ではなく、放射素子 2 1 の内部に凹状となり、最も窪んだ部位を給電点 2 1 1 としても良い。

10

#### 【 0 0 2 2 】

給電線路 2 2 は、図示しない外部回路から延びてきた部分の線路幅  $W_{221}$  ( 本例では 1 . 1 mm ) が、やがて段階的に線路幅  $W_{222}$  ( 本例では 0 . 8 mm ) まで小さくなり、給電点 2 1 1 付近で最も小さい線路幅  $W_{223}$  ( 本例では 0 . 2 mm ) となるように成形してある。

20

給電線路 2 2 の特性インピーダンスは、線路幅  $W$  やプリント基板 1 0 の誘電率 等を変数に含む周知のマイクロストリップ線路の特性インピーダンスの計算式から一意に導出される。本例では、給電点 2 1 1 の部分で約 2 1 0 ~ 2 3 0 ( 上記突出部分の外縁形状の調整で約 2 0 0 に補正 )、線路幅  $W_{221}$  の部分で図示しない電子回路の出力に合わせた特性インピーダンス、線路幅  $W_{222}$  の部分で約 5 0 、線路幅  $W_{223}$  の部分で約 1 0 0 となるようにした。つまり、本例の給電線路 2 2 には、線路幅  $W_{221}$  が線路幅  $W_{222}$  に段階的に変わる第 1 の特性インピーダンス変化点と、線路幅  $W_{222}$  が線路幅  $W_{223}$  に変わる第 2 の特性インピーダンス変化点が形成されている。ただし、第 1 の特性インピーダンス変化点および第 2 の特性インピーダンス変化点の位置は、整合に必要な第 1 グランド素子 2 3 および第 2 グランド素子 2 4 との間隔に応じて、適宜調整することができる。

30

#### 【 0 0 2 3 】

なお、特性インピーダンス変化点の数は、第 1 実施形態では 2 つであるが、3 つ以上であっても良い。このように、給電線路 2 2 を、複数の特性インピーダンス変化点を形成する形状にしたので、広い周波数帯にわたってインピーダンス整合をとることができる。

#### 【 0 0 2 4 】

ここで、給電線路 2 2 の線路幅  $W_{221}$  を線路幅  $W_{222}$  に、線路幅  $W_{222}$  を線路幅  $W_{223}$  に、それぞれ段階的に変化させているのは、主として特性インピーダンス整合のための微調整作業を容易にするためである。

すなわち、給電線路 2 2 の両外縁の切取量を正確に一致させる際の作業が、例えばテーパ状に成形されたものよりも遙かに簡略化される。一方、給電線路 2 2 の線路幅  $W_{222}$  から線路幅  $W_{223}$  へは、給電点 2 1 1 に向かうにつれてテーパ状に小さくなるように成形されている。これは、給電点 2 1 1 の場合と同様、線路幅  $W_{223}$  との不要な反射を無くするためである。そのため、不要な反射が生じない場合、線路幅  $W_{222}$  から線路幅  $W_{223}$  への変化の角度は鋭角であってもかまわない。

40

#### 【 0 0 2 5 】

第 1 グランド素子 2 3 および第 2 グランド素子 2 4 は、第 1 実施形態では略長方形の面状であり、それぞれ、プリント基板 1 0 の裏面のグランド面 1 1 と複数の導電性スルーホール 1 1 1 を通じて導通する。そのため、アンテナ部 2 0 に対して十分に大きい面積の接地電位面を提供することで、動作を安定させることができる。

第 1 グランド素子 2 3 の長辺の長さ  $L_{231}$  は、2 8 G H z 帯のうち高域側の周波数に設

50

定することが望ましい。本例では  $29.0 \text{ GHz}$  の周波数の略 1 波長（本例では  $5.0 \text{ mm}$ ）に設定した。また、短辺の長さ  $L_{232}$  は、上記周波数の略  $1/2$  波長または略  $5/8$  波長（本例では  $3.5 \text{ mm}$ ）とした。ただし、給電線路 22 の第 2 の特性インピーダンス変化点に近い部分および放射素子 21 の給電部位に近い部分が、それ以外の部分よりもサイズが少し膨らんでいる。これらは、インピーダンス整合を、より広帯域にするための措置である。

#### 【0026】

放射素子 21、給電線路 22、第 1 グランド素子 23 は、それぞれの間隔で生じるリアクタンスでインピーダンス整合がとられている。ただし、プリント基板 10 の裏面がグランド面 11 のため、放射素子 21 とグランド面 11 とが強固に電界結合している。そのため、放射素子 21 と第 1 グランド素子 23 で大きなリアクタンスを得るために、間隔を狭くして、整合をとる必要がある。しかし、リアクタンス変化が  $28 \text{ GHz}$  帯では敏感であるため、インピーダンスの微調整が困難となる。そのため、第 1 実施形態では、リアクタンスの微調整を容易にするための特性インピーダンス変化部を設けた。

#### 【0027】

特性インピーダンス変化部は、放射素子 21 と第 1 グランド素子 23（又は第 2 グランド素子 24）との間隔（これにより生じる第 1 間隙）と、給電線路 22 と第 1 グランド素子 23（又は第 2 グランド素子 24）との間隔（これにより生じる第 2 間隙）とを主要要素とする。第 1 間隙で必要な大きさのリアクタンスが確保される。また、第 2 間隙が段階的に変わることによって、特性インピーダンスが変化する。第 1 実施形態の特性インピーダンス変化部は、線路幅  $W_{222}$  のうち給電点 211 付近と対向する部分で最も小さい間隔  $D_{223}$ （ $0.15 \text{ mm}$ ）となり、線路幅  $W_{222}$  のうち上記膨らんだ部分以外と対向する部分で最も大きい間隔  $D_{222}$ （ $0.5 \text{ mm}$ ）となり、線路幅  $W_{222}$  のうち上記膨らんだ部分と対向する部分で通常の間隔  $D_{221}$ （ $0.3 \text{ mm}$ ）となる。そして、その間隔内で線路幅  $W_{223}$  と線路幅  $W_{222}$  の変化点、線路幅  $W_{222}$  と線路幅  $W_{221}$  の変化点の位置を調整することで、更にリアクタンスを変化させ、特性インピーダンスの微調整を行い、整合をとることができるようにした。これにより、放射素子 21 の給電部位に近い部分で概ねの整合をとり、給電線路 22 の特性インピーダンス変化点でインピーダンス整合の微調整を行うことができ、広域にわたるインピーダンス整合が可能になる。

#### 【0028】

なお、第 2 グランド素子 24 の形状、サイズおよび配置は、第 1 グランド素子 23 と同じになる。以上の説明は、第 1 グランド素子 23 と放射素子 21 および給電線路 22 との間隔についてのものであるが、この説明は、第 2 グランド素子 23 と放射素子 21 および給電線路 22 との間隔についても同様となる。そのため、図 2 ではサイズ等の説明を省略する。

#### 【0029】

このように、第 1 グランド素子 23 および第 2 グランド素子 24 は、近接する放射素子 21 のインピーダンス整合素子（インピーダンス整合手段の一つ）として動作する。第 1 グランド素子 23 および第 2 グランド素子 24 は、また、上記の通り、線路幅が段階的に変化する給電線路 22 と共に、広帯域にわたるインピーダンス整合を可能にする特性インピーダンス変化部（インピーダンス整合手段の他の一つ）としても動作する。そのため、仮に、プリント基板 10 の誘電率のばらつきがあったとしても、容易にインピーダンス整合をとることができる。

#### 【0030】

つまり、後記する第 1 無給電素子 25 および第 2 無給電素子 26 の共振素子としての動作、あるいは、これらとリアクタンスの段階的な整合の微調整が可能な特性インピーダンス整合手段との協働により、使用可能な周波数帯を広帯域化できる。このことも、汎用かつ安価な FR-4 基板をプリント基板 10 として用い、給電線路 22 の幅を大きくしても、準ミリ波帯で十分なアンテナ特性が得られることの理由の一つである。

#### 【0031】

第1グラウンド素子23および第2グラウンド素子24は、また、それぞれの長辺が、使用周波数で放射素子21の反射器として動作する長さ $L_{231}$ である。そのため、給電線路22の方向への放射素子21からの放射を反射させるように動作し、給電線路22からの不要輻射を防止することができる。また、給電線路22の方向に存在する他の高周波部品などによる放射パターンの歪みや放射利得の低下を抑えることができる。

#### 【0032】

第1グラウンド素子23からは、放射素子21の一部を囲むように第1無給電素子25が延びる。ここでは、放射素子21を略L字形状に囲むように第1無給電素子25が配置されている。この第1無給電素子25の基端は、給電素子21よりも僅かに給電線路22側で、かつ、放射素子21の外縁からも僅かに離れた位置で、第1グラウンド素子23と一体化されている。第1無給電素子25は、平面視で給電線路22の中心軸の延長線と平行に、基端から放射素子21の外縁形状に沿って、ほぼ第1グラウンド素子23の短辺の長さ $L_{232}$ だけ延びる。そして、放射素子21の外縁形状が約90度の変化に伴い、第1無給電素子25も向きを変えてL字状に延び、その先端が開放端となる。開放端の長さ $L_{253}$ は、本例では1.6mmであるが、この限りでない。

10

#### 【0033】

また、第2グラウンド素子24からは、第1無給電素子25とは反対の方向から放射素子21を囲むように第2無給電素子26が上方視でL字状に延びる開放端となる。第1無給電素子25と第2無給電素子26の開放端同士は、間隙 $D_{25}$ をおいて対向する。間隙 $D_{25}$ の中間点は、給電線路22の中心軸の延長線上となる。

20

#### 【0034】

第1無給電素子25は第1グラウンド素子23と導通する。また、第2無給電素子26は第2グラウンド素子24と導通する。さらに、第1グラウンド素子23および第2グラウンド素子24は、プリント基板10の背面のグラウンド面と導通する。そのため、第1無給電素子25および第2無給電素子26は、後記する放射素子21の信号位相の調整器としても動作する。

#### 【0035】

第1無給電素子25および第2無給電素子26は、また、複共振のための共振素子としても動作する。すなわち、各無給電素子25、26に高周波のグラウンド電流が流れ、放射素子21と誘導結合することにより、放射素子21に共振周波数が励振される。各無給電素子25、26は、28GHz帯の中心周波数以外の使用周波数で共振する長さ( $L_{251}$ (本例では5mm) +  $L_{252}$ (本例では2.7mm))に設定される。この放射素子21と各無給電素子25、26とが複共振する効果によって使用可能な周波数を広帯域にすることができる。また、利得を高めることができる。

30

#### 【0036】

各無給電素子25、26は、さらに、第1グラウンド素子23および第2グラウンド素子24の長辺の長さとは平行となる部分の長さ $L_{252}$ を28GHz帯の波長の1/2よりも少し短く設計される。これにより、各無給電素子25、26における第1グラウンド素子23および第2グラウンド素子24の長辺と略平行となる部分が導波器として動作する。そのため、放射素子21からの放射パターンのうち第1グラウンド素子23および第2グラウンド素子24と反対の方向に傾かせることができる。

40

#### 【0037】

第1グラウンド素子23と第1無給電素子25とは、形状は互いに異なるが、給電点211(Null点)から見て、高周波電流的に対称となる位置関係(サイズを含む)にある。すなわち、給電点211における電界同士のバランスおよび磁界同士のバランスが取れている。また、第1グラウンド素子23および第1無給電素子25と放射素子21との間でも、それぞれ高周波電流的に対称となる位置関係(放射素子21との間隔を含む)にある。そのため、第1グラウンド素子23と無給電素子25のみならず、放射素子21を含めても、給電点211における電界同士のバランスおよび磁界同士のバランスが取れている。このような位置関係は、第2グラウンド素子24と第2無給電素子26、並びに、第2グラ

50

ンド素子 2 4 および第 2 無給電素子 2 6 と放射素子 2 1 とにおいても同様となる。

給電線路 2 2 の中心軸を中心として、第 1 グランド素子 2 3 と第 2 グランド素子 2 4 とが互いに対称に配置され、第 1 無給電素子 2 5 と第 2 無給電素子 2 6 とが互いに対称に配置される点は、前述の通りである。すなわち、第 1 グランド素子 2 3 と第 2 グランド素子 2 4、および、第 1 無給電素子 2 5 と第 2 無給電素子 2 6 は、構造的にも対称となる位置関係にある。これにより、平面アンテナ 1 は、給電点 2 1 1 における高周波電流の不均衡が無く、動作が安定する。このとき、給電点 2 1 1 付近での放射は、ダイポールアンテナのように N U L L 点となる。

#### 【 0 0 3 8 】

次に、板金素子 2 7 について、詳しく説明する。板金素子 2 7 は、幅（短辺） $W_{27}$ （本例では 2 . 6 mm）の基端部が放射素子 2 1 の表面にハンダ付される。また、放射素子 2 1 から高さ  $H_{27}$ （本例では 1 . 8 mm）だけ鉛直上方に突出した後、屈曲点で鋭角に向きを変え、放射素子 2 1 と略平行に、長さ  $L_{27}$ （3 . 5 mm）だけ延びて、先端部が自由端となる。

板金素子 2 7 の線路幅  $W_{27}$  は、放射素子 2 1 の長辺よりも同等か少し狭く設定される。これは板金素子 2 7 の自由端を放射素子 2 1 の導波器として動作させるためである。屈曲点で鋭角に向きを変えるのは、そのようにした方が設計し易いためである。自由端の部分は、上面視で第 1 無給電素子 2 5 の開放端の一部および第 2 無給電素子 2 6 の開放端の一部と重なり合う。そのため、電界結合により容量リアクタンスが生じる構造となっている。

#### 【 0 0 3 9 】

板金素子 2 7 は、放射素子 2 1 の信号位相の調整器として動作するとともに、導波器として、放射パターンの指向特性およびチルト角の調整素子としても動作する。

すなわち、平面アンテナ 1 の V S W R 特性や指向特性を安定に維持したり、あるいは N U L L 点の落ち込み（減衰）を大きくするためには、高周波電流のバランスをより確実にとる必要がある。高周波電流のバランスは、各グランド素子 2 3 , 2 4 の形状を変えることで、調整が可能である。しかし、放射素子 2 1 はマイクロストリップ（パッチ）であり、放射素子 2 1、各グランド素子 2 3 , 2 4 のどこかの形状やサイズを変えると、他の部分の形状も連鎖的に変える必要がある。そのため、上記調整は、実際は困難である。

#### 【 0 0 4 0 】

板金素子 2 7 は、その長さ  $L_{27}$  を変え、これにより自由端の部分と各無給電素子 2 5 , 2 6 の開放端との電界結合により生じる容量リアクタンスを変化させるだけで、信号位相の調整手段として使用することができる。そのため、板金素子 2 7 を用いることにより、高周波電流のバランスの調整が容易になる。

また、板金素子 2 7 の長さ  $L_{27}$  を変えることで、高周波電流のベクトルおよび導波器の位置が変わる。そのため、板金素子 2 7 を用いることにより、放射パターンのチルト角の制御も容易となる。本発明者の実験によれば、図 2 に示したサイズ・配置に基づく限り、チルト角を 3 0 度前後まで変化できることが判明している。

#### 【 0 0 4 1 】

第 1 実施形態の平面アンテナ 1 による周波数 - V S W R 特性例を図 3 に示す。図 3 は、上述した各構成要素の材質、形状、サイズ、配置に基づくシミュレータの出力結果である。図 3 によれば、平面アンテナ 1 では、2 8 G H z 帯（2 6 . 5 G H z ~ 2 9 . 5 G H z）で V S W R が 2 以下となることがわかる。これは、主として、第 1 グランド素子 2 3 および第 2 グランド素子 2 4 が給電線路 2 2 のインピーダンス整合手段として有効に動作し、第 1 無給電素子 2 5 および第 2 無給電素子 2 6 が放射素子 2 1 の共振素子として有効に動作しているためと考えられる。

#### 【 0 0 4 2 】

このように、本実施形態の平面アンテナ 1 は、汎用かつ安価な F R - 4 基板を用い、インピーダンス整合およびその微調整も容易な構造で、機械的強度も十分な低コストのアンテナでありながら、2 8 G H z 帯において、3 G H z 以上の広帯域にわたって安定的に利得を確保できることがわかる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 3 】

次に、平面アンテナ 1 における放射パターンについて検証する。図 4 は、上述した各構成要素の材質、形状、サイズ、配置に基づくシミュレータの出力結果を示す図である。便宜上、図 4 において、直交三軸である X 軸、Y 軸、Z 軸を定義する。この直交三軸において、+ Z 方向は給電点 2 1 1 の鉛直上方、+ X 方向は給電点 2 1 1 から直近の第 1 無給電素子 2 5 に向かう方向、- X 方向は給電点 2 1 1 から直近の第 2 無給電素子 2 6 に向かう方向、+ Y 方向は給電点 2 1 1 から間隙  $D_{25}$  の中間点に向かう方向、- Y 方向は給電点 2 1 1 から給電線路 2 2 に向かう方向である。

## 【 0 0 4 4 】

本明細書では、便宜上、プリント基板 1 0 を上面視した面を「XY 面」、プリント基板 1 0 を側面（短辺）視した面を「YZ 面」、プリント基板 1 0 の給電点 2 1 1 を給電線路 2 2 の方向から正面（長辺）視した面を「XZ 面」と称する。

10

## 【 0 0 4 5 】

図 4 において、上面視イメージおよび側面視イメージは、放射素子 2 1 からの放射パターンを示す。図 4 の左図は、その拡がりや電界強度の大きさを視覚化表現した図である。図中、拡がりや電界強度の生じる範囲がブロードになり、色が濃いほど電界強度が大きくなることを表す。また、図 4 の右図は放射利得特性を示す。図中、XZ 面の放射パターンは、XZ 面上で給電点 2 1 1 から + Z 方向を 0 度とし、この 0 度を中心として、+ X 方向に - 5 度ごとに - 9 0 度までの範囲、および - X 方向に + 5 度ごとに + 9 0 度までの範囲で、相対的な放射利得の大きさ (dBi) が、同心円状の破線で 0 . 0 0 、 - 1 0 . 0 0 (dBi)、- 2 0 . 0 0 (dBi) として示されている。YZ 面の放射パターンは、YZ 面上で給電点 2 1 1 から + Z 方向を 0 度とし、この 0 度を中心として、+ Y 方向に - 5 度ごとに - 9 0 度までの範囲、および - Y 方向に + 5 度ごとに + 9 0 度までの範囲で、相対的な放射利得の大きさ (dBi) が、同心円状の破線で 0 . 0 0 、 - 1 0 . 0 0 (dBi)、- 2 0 . 0 0 (dBi) として示されている。

20

## 【 0 0 4 6 】

図 4 を参照すると、平面アンテナ 1 は、XZ 上面では放射パターンが + X 方向および - X 方向にほぼ均等に拡がるが、給電線路 2 2 の近傍では放射利得が相対的に大きく落ち込んでいる。つまり、放射利得が急激に低下している。また、上面視イメージおよび XZ 面の放射パターンに示される通り、+ Z 方向、+ Y 方向および - Y 方向に比べて放射パターンの拡がりや電界強度がビーム状に絞られて、放射利得が高くなっている。さらに、側面視イメージおよび YZ 面の放射パターンに示される通り、YZ 面上では、放射利得の高くなる部分が + Y 方向に傾いている。つまり、放射パターンが + Y 方向にチルトしている。放射パターンが - Y 方向に傾かないので、給電線路 2 2 からの不要輻射や後段側に与える影響が限りなくゼロに近いものとなることがわかる。

30

## 【 0 0 4 7 】

放射パターンが - Y 方向に傾かないのは、第 1 グランド素子 2 3 および第 2 グランド素子 2 4 が放射素子 2 1 の反射器として動作し、第 1 無給電素子 2 5 の + Y 方向の側面部および第 2 無給電素子 2 6 の + Y 方向の側面部および板金素子 2 7 の開放端が放射素子 2 1 の導波器として動作するためである。

40

チルト角は、板金素子 2 7 の長さ  $L_{27}$  および高さ  $H_{27}$ 、第 1 無給電素子 2 5 および第 2 無給電素子 2 6 のそれぞれの開放端との間の容量結合の大きさを変えることで調整が可能（容易）である。あるいは、各グランド素子 2 3、2 4 のサイズを変えて、高周波電流のベクトルの方向を変えることでも、調整が可能（容易）である。

## 【 0 0 4 8 】

放射パターンが、放射素子 2 1 を中心として + X 方向および - X 方向にほぼ均等に拡がり、かつ、ビームが絞れた状態で傾くのは、放射素子 2 1 の周囲の第 1 グランド素子 2 3、第 2 グランド素子 2 4、第 1 無給電素子 2 5、第 2 無給電素子 2 6、板金素子 2 7 が図 2 に示した形状、サイズで配置されているためである。

また、給電線路 2 2 の近傍で放射利得が相対的に小さくなるのは、給電点 2 1 1 を放射

50

素子 2 1 の N U L L 点としたことによるものである。X Y 面における放射パターンは、放射素子 2 1 と第 1 無給電素子 2 5 および第 2 無給電素子 2 6 との間隙などを変えることで、調整が可能である。

このように、プリント基板 1 0 による放射パターンへの影響が少ないことも、汎用かつ安価な F R - 4 基板をプリント基板 1 0 に用いることができる理由の一つである。

【 0 0 4 9 】

[ 比較例 ]

本発明者は、平面アンテナ 1 による各構成要素の作用効果をより詳細に検証するため、各構成要素の一部を削除した比較例 1 の平面アンテナを別途作成し、この平面アンテナについて、平面アンテナ 1 と材質、サイズ、配置を同一とした条件で動作のシミュレーションを行った。

10

【 0 0 5 0 】

図 5 は、比較例 1 の平面アンテナの放射パターンを示した図である。上面視イメージおよび側面視イメージが放射素子からの放射パターンをその拡がりや電界強度の大きさを視覚化表現した図である点、Y Z 面の放射パターンの見方については、図 4 と同じである。この比較例 1 の平面アンテナは、板金素子 2 7 を設けない構成の平面アンテナである。

図 5 では、図 4 に示した X Z 面の放射パターンが省略されているが、これは、板金素子 2 7 を設けない構成でも、X Z 面では放射パターンに顕著な差が顕れなかったことによる。顕著な差が顕れなかったのは、給電点 2 1 1 を放射素子 2 1 の N U L L 点としたこと、および、給電線路 2 2 と第 1 グランド素子 2 3 , 第 2 グランド素子 2 4 とを、インピーダンス整合手段として用いたことによるものと考えられる。

20

【 0 0 5 1 】

平面アンテナ 1 との間で顕著な差が顕れたのは、Y Z 面における放射パターンである。すなわち、比較例 1 の平面アンテナでは、平面アンテナ 1 に比べて + Y 方向のビームの絞りが緩くなり、N U L L 点の落ち込みが小さくなっている。また、給電点付近の放射パターンの拡がりや電界強度が平面アンテナ 1 よりもブロードとなり、しかも側面視イメージに示される通り、- Y 方向の放射パターンの拡がりや電界強度が、やや給電線路 2 2 寄りになっている。これは、比較例 1 の平面アンテナでは、板金素子 2 1 による位相の微調整と導波器動作がなくなったためである。この事実は、裏を返せば、平面アンテナ 1 の板金素子 2 7 は、位相調整と導波器として作用の役割が大きいことを意味する。

30

なお、比較例 1 の平面アンテナにおいても、依然として、放射利得が最も大きくなる方向が + Y 方向に傾いている。これは、第 1 グランド素子 2 3 および第 2 グランド素子 2 4 が放射素子 2 1 の反射器として動作することで、第 1 グランド素子 2 3 の方向、および第 2 グランド素子 2 4 の方向への放射を抑制するためである。また、第 1 無給電素子 2 5 の + Y 方向の側面部および第 2 無給電素子 2 6 の + Y 方向の側面部が、放射素子 2 1 の導波器として動作するためである。

【 0 0 5 2 】

次に、比較例 2 の平面アンテナについて説明する。比較例 2 の平面アンテナは、板金素子 2 7 のほか、第 1 無給電素子 2 5 および第 2 無給電素子 2 6 を設けない構成の平面アンテナである。図 6 は、比較例 2 の平面アンテナの放射パターンを示した図である。上面視イメージおよび側面視イメージが放射素子からの放射パターンをその拡がりや電界強度の大きさを視覚化表現した図である点、および、Y Z 面の放射パターンの見方については、図 4 と同じである。

40

【 0 0 5 3 】

図 6 では、図 4 に示した X Z 面の放射利得特性が省略されているが、これは、X Z 面では放射パターンに顕著な差が顕れなかったためである。この事実もまた、給電点 2 1 1 を放射素子 2 1 の N U L L 点としたこと、および、給電線路 2 2 と第 1 グランド素子 2 3 , 第 2 グランド素子 2 4 を、インピーダンス整合素子として用いたことによるものである。

【 0 0 5 4 】

50

顕著な差が顕れたのは、図5に示した例と同様、YZ面における放射パターンである。すなわち図6の上面視イメージに示される通り、比較例2の平面アンテナでは、ビームの絞りがなく放射利得が低下し、放射パターンの拡がり、+X方向、-X方向、+Y方向、-Y方向のいずれにおいてもブロードとなる。また、放射パターンの拡がり、図5の例よりも、かなり給電線路22の方向に拡がっている。これは、グラウンドの高周波電流のバランスが大きく崩れNULL点の落ち込みが小さくなり、-Y方向の放射が強まったためである。また、YZ面が絞られていないのは、第1無給電素子25および第2無給電素子26の導波器動作がないためである。この事実は、裏を返せば、平面アンテナ1の第1無給電素子25および第2無給電素子26のうち、特に導波器として作用するこれらの+Y方向側面の役割が大きいことを意味する。

10

**【0055】**

+Z方向に指向性を持つ一般的な平面アンテナの場合、放射素子がパターンングされたプリント基板50に放射素子以外の高周波部品が存在しない環境では、図7Aに示される放射パターン70となる。そのプリント基板50に、他の高周波部品60が配置されると、図7Bのように、高周波部品60に引き寄せられた放射パターン71になる。高周波部品60がシールド部材で覆われている場合は、その傾向が顕著になる。この点は、第1実施形態の平面アンテナ1の近辺に他の高周波部品が存在する場合も同様となる。

この場合、予め、板金素子27のサイズなどを変えて放射パターンのチルト角を高周波部品が存在する方向と逆の方向に傾かせておけば、放射パターンが高周波部品に引き寄せられてもその影響を緩和することができる。

20

**【0056】**

このように、第1実施形態では、プリント基板10として用いるFR-4基板が28GHz帯では高損失となるので、そのサイズをできるだけ小型化するとともに、不要輻射対策、指向性対策および位相調整対策により放射利得が実用レベルまで高まるようにした。

**【0057】**

不要輻射対策では、給電点211で導電パターンを対称構造にすることで給電点211付近がNULL点になるようにした。ただし、そうすると+X方向および-X方向に放射パターンが引っ張られる(放射パターンが割れる)おそれがあり、さらに、放射パターンの一部が-Y方向に漏れるおそれがあった。

そこで、第1実施形態の平面アンテナ1では、第1グラウンド素子23および第2グラウンド素子24を放射素子21の反射器としても動作するようにし、給電線路22の不要輻射(放射損失)を無くすとともに、放射パターンが割れることを防止している。

30

**【0058】**

指向性対策では、導波器作用を利用した。すなわち、第1実施形態の平面アンテナ1では、第1無給電素子25の一部および第2無給電素子26の一部、並びに板金素子27の自由端を、放射素子21の導波器としても動作するようにして、放射素子21からの放射パターンをビーム状に絞り、さらに絞った放射パターンが+Y方向に傾くようにした。

**【0059】**

位相調整対策は、放射素子21の周囲に第1グラウンド素子23、第2グラウンド素子24、第1無給電素子25、第2無給電素子26、板金素子27を近接させたことにより生じるおそれのある調整問題を解消する対策である。高周波帯における一般的な考え方では、高周波電流(ベクトル成分を含む)を誘起させる導電要素を近接させない。しかし、第1実施形態の平面アンテナ1では、板金素子27の先端部と第1無給電素子25の開放端および第2無給電素子26の開放端との間で生じる電界結合によるリアクタンスで信号位相の調整が可能であり、しかも無給電素子が2つ存在するので、一つあたりの無給電素子への影響の低減が可能である。

40

**【0060】**

このように、第1実施形態の平面アンテナ1は、磁流(磁界)アンテナを基本としつつ電界アンテナの設計思想が加味された複合アンテナとして動作する。

**【0061】**

50

## [ 第 2 実施形態 ]

図 8 は、本発明の第 2 実施形態に係る平面アンテナ 2 の構成の一部を示した図であり、第 1 実施形態との相違部分のみが示されている。第 1 実施形態で説明した部品と同じ構成要素については、同じ符号を付してその説明を省略する。

この平面アンテナ 2 は、第 1 無給電素子 2 5 の開放端と第 2 無給電素子 2 6 の開放端との間を、伝送線路 3 2 が通過する。この伝送線路 3 2 は、放射素子 2 1 を基端として延び、終端が、第 2 放射素子 3 3 と導通接続される。第 2 放射素子 3 3 は、放射素子 2 1 と同じ形状およびサイズである。第 2 放射素子 3 3 は、また、放射素子 2 1 との間でアレー構造をなす。伝送線路 3 2 は、使用周波数の波長の略  $1/2$  の長さである。伝送線路 3 2 の幅は、給電点 2 1 1 に接続される給電線路 2 2 の線路幅  $W_{223}$  と同一かそれよりも細い。

10

## 【 0 0 6 2 】

この平面アンテナ 2 は、放射素子 2 1 と第 2 放射素子 3 3 との位相合成により、平面アンテナ 1 よりも利得を高めることができる。平面アンテナ 2 は、また、+Y 方向の放射パターンを更に絞ることができる。なお、図 8 では、板金素子 2 7 が省略されているが、平面アンテナ 1 と同様、板金素子 2 7 が存在する構成であっても良い。また、第 2 放射素子 3 3 は、放射素子 2 1 と同じ形状およびサイズに限定されない。第 2 放射素子 3 3 は、放射素子 2 1 と同じような放射を行い、信号位相の調整およびインピーダンス整合がとれる形状およびサイズであればよい。

## 【 0 0 6 3 】

## [ 第 3 実施形態 ]

図 9 は、本発明の第 3 実施形態に係る平面アンテナ 3 の構成の一部を示した図であり、第 1 実施形態との相違部分のみが示されている。第 1 実施形態で説明した部品と同じ構成要素については、同じ符号を付してその説明を省略する。

20

この平面アンテナ 3 は、第 1 無給電素子 2 5 の開放端および第 2 無給電素子 2 6 の開放端を中心として、放射素子 2 1 と反対側に、複数の補助無給電素子 3 6 , 3 7 が存在する。複数の補助無給電素子 3 6 , 3 7 は、各 +Y 方向の第 1 無給電素子 2 5 の側面部および第 2 無給電素子 2 6 の側面部の長さよりも僅かに短いサイズである。複数の補助無給電素子 3 6 , 3 7 は、放射素子 2 1 および各 +Y 方向の第 1 無給電素子 2 5 および第 2 無給電素子 2 6 の側面部の各々と同一平面内に配置される。

## 【 0 0 6 4 】

また、補助無給電素子 3 6 は、第 1 無給電素子 2 5 の +Y 方向の側面部から +Y 方向に、放射素子 2 1 に対する導波器として動作する位置に配置される。補助無給電素子 3 7 は、第 2 無給電素子 2 6 の +Y 方向の側面部から +Y 方向に、放射素子 2 1 に対する導波器として動作する位置に配置される。上記位置は、使用周波数の波長の略  $1/4$  又は略  $1/8$  である。

30

## 【 0 0 6 5 】

この平面アンテナ 3 では、+Y 方向の電界強度が更に強め合い、チルト角をより大きくすることができる。なお、図 9 では、板金素子 2 7 が省略されているが、平面アンテナ 1 と同様、板金素子 2 7 が存在する構成であっても良い。また、図 9 では、2 つの補助無給電素子 3 6 , 3 7 が示されているが、補助無給電素子の数は、導波器として動作する条件を満たす限り、一つだけであっても良く、3 つ以上であっても良い。また、補助無給電素子 3 6 , 3 7 の形状は、導波器として動作する条件を満たす限り、矩形あるいは台形であっても良い。

40

## 【 0 0 6 6 】

## [ 他の実施形態 ]

第 1 から第 3 実施形態では、2.8 GHz 帯 (2.6.5 GHz ~ 2.9.5 GHz) での使用が可能な平面アンテナ 1 , 2 , 3 に適用した場合の例を説明した。しかし、各構成要素のサイズや間隔を変えることで、2.6 GHz 帯 (2.4.25 ~ 2.7.5 GHz) あるいはそれ以外の周波数帯において使用な平面アンテナとして実施することができる。

## 【 0 0 6 7 】

50

また、第1から第3実施形態では、プリント基板10として、FR-4基板を用いた場合の例を説明したが、FR-1、FR-2、FR-3、FR-5のグレードの基板を用いることもできる。また、セラミック基板（アルミナ）、多層基板などを用いることも可能である。

【0068】

また、第1から第3実施形態の平面アンテナ1, 2, 3は、例えばRF検出器あるいはその他の高周波部品と共に、準ミリ波帯で使用可能な一つの高周波モジュールとして実施することができる。

【0069】

[利用分野]

第1から第3実施形態の平面アンテナ1, 2, 3は、監視見守り（セキュリティや介護）、IoT（コンテンツ配信など）、AI（自動運転など）、医療・ヘルスケアなど、さまざま分野におけるアンテナ装置としての適用が期待される。

【0070】

本明細書によれば、以下の態様が提供される。

（態様1）

態様1は、裏面がグランド面となる基板の表面に形成される平面アンテナであって、放射素子と、前記放射素子に接続される給電線路と、それぞれ前記グランド面と導通し、前記給電線路を挟んで互いに対向するように配置された第1グランド素子および第2グランド素子と、前記第1グランド素子から前記放射素子の少なくとも一部を囲むように延びる第1無給電素子と、前記第2グランド素子から前記第1無給電素子とは反対の方向から前記放射素子の少なくとも一部を囲むように延びる第2無給電素子とを有し、前記第1グランド素子および第2グランド素子が前記給電線路のインピーダンス整合器として動作し、前記第1無給電素子および前記第2無給電素子が前記放射素子の信号位相の調整器として動作する、平面アンテナである。

態様1によれば、第1グランド素子および第2グランド素子は、近接する放射素子のインピーダンス整合素子として動作し、かつ、広帯域にわたるインピーダンス整合を可能とする特性インピーダンス変化部としても動作する。そのため、基板の誘電率のばらつきがあったとしても、容易にインピーダンス整合をとることができる。また、第1無給電素子および第2無給電素子は共振素子として動作するため、放射素子と誘導結合し、複共振する。この複共振の効果によって、使用可能な周波数を広帯域化することができる。また、利得を高めることができる。これにより、汎用かつ安価なFR-4基板を基板として用い、給電線路の幅を大きくしたとしても、低コストでも準ミリ波帯で十分なアンテナ特性が得られる平面アンテナを実現することができる。

【0071】

（態様2）

態様2は、前記第1グランド素子および第2グランド素子が前記放射素子の反射器としても動作する、態様1に記載の平面アンテナである。

態様2によれば、給電線路からの不要輻射を防止することができる。また、給電線路の方向に存在するほかの高周波部品などによる放射パターンのゆがみや放射利得の低下を抑えることができる。

【0072】

（態様3）

態様3は、前記第1無給電素子および前記第2無給電素子が前記放射素子の導波器としても動作する、態様1又は態様2に記載の平面アンテナである。

態様3によれば、放射素子からの放射パターンを傾かせることができ、放射パターンのチルト角の制御が可能になる。

【0073】

（態様4）

態様4は、前記給電線路が面状線路であり、その幅が、前記放射素子との接続部位で最

10

20

30

40

50

も小さい、態様 1 から態様 3 のいずれかに記載の平面アンテナである。

態様 4 によれば、インピーダンス整合の微調整が可能になる。また、放射素子と給電線路との不要な反射をなくすることができる。

【 0 0 7 4 】

( 態様 5 )

態様 5 は、前記給電線路の特性インピーダンスが、前記放射素子との接続部位で最も大きい、態様 4 に記載の平面アンテナである。

態様 5 によれば、特性インピーダンス整合のための微調整作業が容易になる。

【 0 0 7 5 】

( 態様 6 )

態様 6 は、前記接続部位が前記放射素子の N U L L 点である、態様 4 又は態様 5 に記載の平面アンテナである。

態様 6 によれば、基板が厚くなることで給電線路の幅が大きくなる、あるいは、基板の誘電率にばらつきが生じる故に、整合難が生じることがあっても、それに起因するアンテナ特性 ( V S W R , 指向性特性など ) に与える影響を極小にすることができる。また、給電線路からの不要輻射を防止することができる。これにより、準ミリ波帯以上の高い周波数帯においても、安価な F R - 4 基板を使用することができる。

【 0 0 7 6 】

( 態様 7 )

態様 7 は、前記放射素子は、それ自体が第 1 周波数で共振するとともに、前記第 1 無給電素子および前記第 2 無給電素子との間で前記第 1 周波数と異なる第 2 周波数で複共振する、態様 1 から態様 6 のいずれかに記載の平面アンテナである。

態様 7 によれば、複共振の効果によって、使用可能な周波数を広帯域化することができ、また、利得を高めることができる。これにより、汎用かつ安価な F R - 4 基板を基板として用い、給電線路の幅を大きくしたとしても、低コストで、準ミリ波帯で十分なアンテナ特性が得られる平面アンテナを得ることができる。

【 0 0 7 7 】

( 態様 8 )

態様 8 は、前記放射素子および前記給電線路の各々の形状および配設位置が、前記給電線路の中心軸に対して対称であり、前記第 1 グランド素子および前記第 1 無給電素子の配置位置と、前記第 2 グランド素子および前記第 2 無給電素子の配設位置とは、前記給電線路の中心軸に対して対称である、態様 1 から 7 のいずれかに記載の平面アンテナである。

態様 8 によれば、給電点における高周波電流が不平衡となることがなくなり、動作を安定させることができる。

【 0 0 7 8 】

( 態様 9 )

態様 9 は、前記第 1 無給電素子および前記第 2 無給電素子は、それぞれ所定の距離で対向する開放端を有し、前記放射素子と略平行となる前記開放端の一部が、前記放射素子の前記導波器として動作するように位置する、態様 1 から態様 8 のいずれかに記載の平面アンテナである。

態様 9 によれば、放射素子からの放射パターンを傾かせることができる。そのため、放射パターンのチルト角の制御が容易になる。

【 0 0 7 9 】

( 態様 1 0 )

態様 1 0 は、前記第 1 無給電素子の開放端と前記第 2 無給電素子の開放端との間を、前記放射素子を基端として延びる伝送線路が通過し、前記伝送線路の終端が第 2 放射素子と導通接続されている、態様 9 に記載の平面アンテナである。

態様 1 0 によれば、第 1 放射素子と第 2 放射素子とでアレーアンテナ構造となる。そのため、放射利得を高めることができる。また、Y 方向の放射パターンを絞ることもできる。

【 0 0 8 0 】

10

20

30

40

50

## ( 態様 1 1 )

態様 1 1 は、前記第 1 無給電素子の開放端および前記第 2 無給電素子の開放端を中心として前記放射素子とは反対側に、前記放射素子の導波器として動作する少なくとも 1 つの補助無給電素子が位置する、態様 1 0 に記載の平面アンテナである。

態様 1 1 によれば、放射素子からの放射パターンを傾かせることができる。そのため、放射パターンのチルト角の制御が容易になる。

## 【 0 0 8 1 】

## ( 態様 1 2 )

態様 1 2 は、前記放射素子の表面に、その端部が前記第 1 無給電素子の開放端および前記第 2 無給電素子の開放端と容量結合する板金素子が導通接続されている、態様 9 から態様 1 1 のいずれかに記載の平面アンテナである。

態様 1 2 によれば、板金素子が第 1 無給電素子の開放端および第 2 無給電素子の開放端と容量結合する。そのため、板金素子が放射素子の信号位相の調整器として動作する。この板金素子の動作により、容量結合の容量リアクタンスを変化させるだけで信号位相を調整することができる。そのため、高周波電流のバランスの調整が容易になる。

## 【 0 0 8 2 】

## ( 態様 1 3 )

態様 1 3 は、前記板金素子が前記放射素子に対する導波器として動作する、態様 1 2 に記載の平面アンテナである。

態様 1 3 によれば、放射素子からの放射パターンを傾かせることができる。そのため、放射パターンのチルト角の制御が容易になる。

## 【 0 0 8 3 】

## ( 態様 1 4 )

態様 1 4 は、裏面がグランド導体となる基板の表面に存在するアンテナ部を含み、前記アンテナ部が、態様 1 から態様 1 3 のいずれかの平面アンテナであり、前記平面アンテナが、26 GHz 帯以上の周波数帯で動作するサイズである、高周波モジュールである。

態様 1 4 によれば、低コストでありながら準ミリ波帯での使用を可能とすることができる高周波モジュールを得ることができる。

10

20

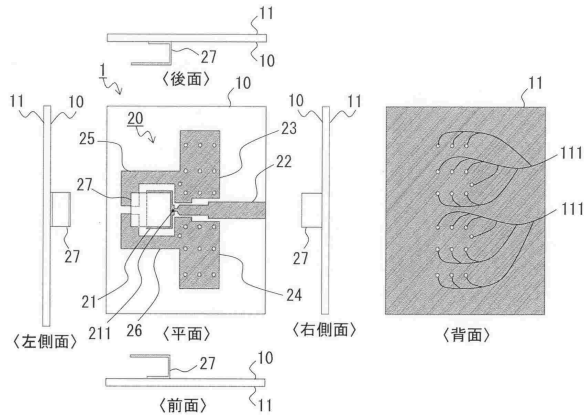
30

40

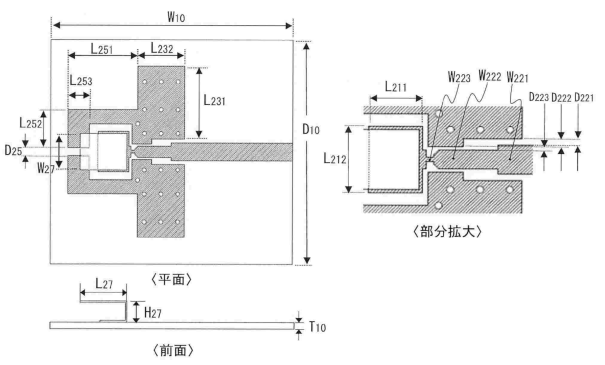
50

【図面】

【図 1】

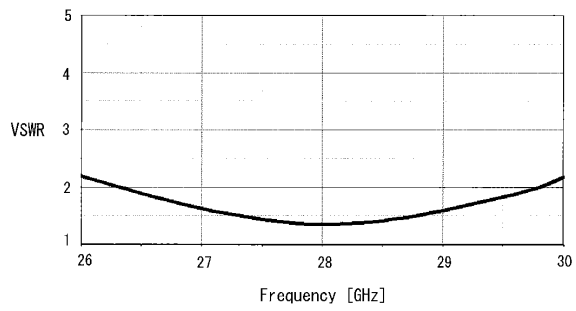


【図 2】

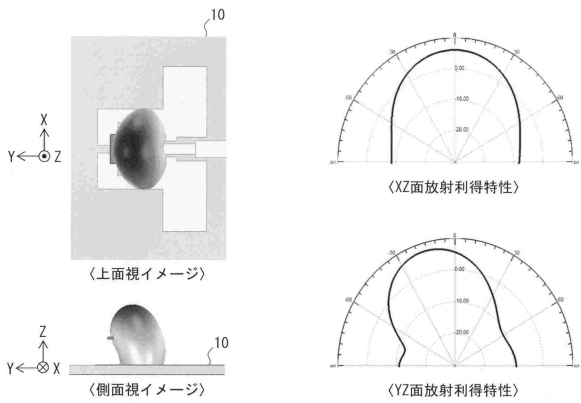


10

【図 3】



【図 4】



20

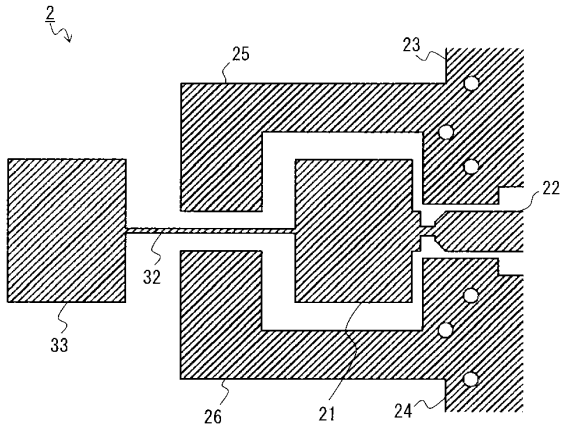
30

40

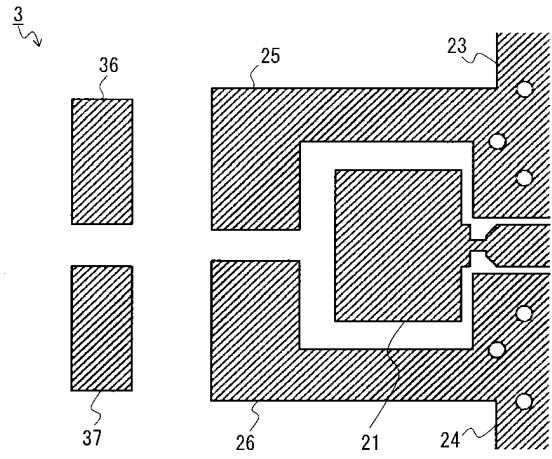
50



【 図 8 】



【 図 9 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 1 9 1 3 1 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 1 9 6 3 4 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 9 - 0 7 1 7 9 3 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 3 1 7 6 1 4 ( J P , A )  
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 9 5 6 6 7 ( U S , A 1 )  
国際公開第 2 0 1 4 / 1 2 2 9 2 5 ( W O , A 1 )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
H 0 1 Q 1 9 / 2 8