

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-31395

(P2020-31395A)

(43) 公開日 令和2年2月27日(2020.2.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1Q 13/08 (2006.01)	HO1Q 13/08	5J045
HO1Q 9/40 (2006.01)	HO1Q 9/40	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2018-157467 (P2018-157467)	(71) 出願人	504255685 国立大学法人京都工芸繊維大学 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地
(22) 出願日	平成30年8月24日(2018.8.24)	(74) 代理人	100101454 弁理士 山田 卓二
		(72) 発明者	上田 哲也 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内
		(72) 発明者	寺田 周平 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内
		(72) 発明者	山上 航平 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内
		Fターム(参考)	5J045 AA02 AA05 CA03 DA10 EA07 HA03

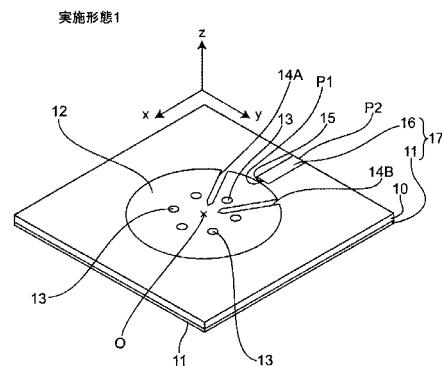
(54) 【発明の名称】 アンテナ装置

(57) 【要約】

【課題】従来例に係るアンテナ装置に比較して動作帯域を広くすることができるアンテナ装置を提供する。

【解決手段】本発明に係るアンテナ装置は、接地導体と、前記接地導体と対向するように所定の間隔で配置されたパッチ導体と、前記パッチ導体と前記接地導体とを電氣的に接続する複数の短絡導体と、前記パッチ導体の外縁部に配置される給電点とを備える。前記アンテナ装置において、前記複数の短絡導体のうち前記給電点に最も近い少なくとも1つの短絡導体を挟むように、前記パッチ導体の外縁部から前記パッチ導体の中心に向かって延在するように形成された2個のスリットを備える。ここで、上記2個のスリットは、前記パッチ導体の外縁部から前記パッチ導体の中心までの長さよりも短い長さを有する。さらに、前記アンテナ装置において、前記パッチ導体と前記接地導体との間に挿入される誘電体基板をさらに備えてもよい。

【選択図】 図1A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

接地導体と、
前記接地導体と対向するように所定の間隔で配置されたパッチ導体と、
前記パッチ導体と前記接地導体とを電氣的に接続する複数の短絡導体と、
前記パッチ導体の外縁部に配置される給電点と
を備えたアンテナ装置であって、
前記複数の短絡導体のうち前記給電点に最も近い少なくとも 1 つの短絡導体を挟むように、前記パッチ導体の外縁部から前記パッチ導体の中心に向かって延在するように形成された 2 個のスリットを備えたことを特徴とするアンテナ装置。

10

【請求項 2】

前記 2 個のスリットは、前記パッチ導体の外縁部から前記パッチ導体の中心までの長さよりも短い長さを有することを特徴とする請求項 1 記載のアンテナ装置。

【請求項 3】

前記パッチ導体は、円形状、楕円形状、長方形状、又は菱形形状を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のアンテナ装置。

【請求項 4】

前記給電点に接続される給電線路をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

20

【請求項 5】

前記パッチ導体と前記接地導体との間に挿入される誘電体基板をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、平板構造を有する低姿勢のアンテナ装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 において、接地導体に対向するように配置されたパッチ導体と、接地導体とパッチ導体とを電氣的に接続する短絡導体とを備える、従来例 1 に係るアンテナ装置が提案されている。当該アンテナ装置では、接地導体とパッチ導体との間に形成される静電容量と、短絡導体が備えるインダクタンスとによって、その静電容量とインダクタンスに応じた周波数において並列共振を生じさせる。ここで、接地導体とパッチ導体との間に形成される静電容量は、パッチ導体の面積に応じて定まるので、パッチ導体の面積を調整することで、当該アンテナ装置の共振周波数である送受信周波数を調整できる。また、従来例 1 には、パッチ導体と短絡導体をそれぞれ備える複数のパッチユニットを有することで、互いに異なる複数の周波数で動作させることができる。

30

【0003】

しかしながら、近年においては、携帯電話機向けの無線通信規格の周波数帯が多様化しており、それに伴い、動作帯域を広帯域化することが要求されている。従来例の構成によれば、複数のパッチユニットを配置することで複数の離散的な周波数でアンテナ装置を動作させることはできるが、一つのパッチアンテナで動作帯域を広帯域化させることはできない。

40

【0004】

この問題点を解決するために、本発明者らは、特許文献 2 において開示された従来例 2 に係るアンテナ装置において、上記パッチ導体の外縁部に対して所定の間隔を有するように配置されたループ部を形成することで、動作帯域を広帯域化させることを提案した。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

50

【特許文献 1】米国特許第 7 9 1 1 3 8 6 号明細書

【特許文献 2】特開 2 0 1 7 - 1 5 3 0 3 2 号公報

【非特許文献】

【0 0 0 6】

【非特許文献 1】D. Sievenpiper, "High-impedance electromagnetic surfaces," Ph. D. dissertation, Department Electrical Engineering, University California at Los Angeles, CA, 1999.

【非特許文献 2】A. Lai et al., "Infinite wavelength resonant antennas with monopolar radiation pattern based on periodic structures," IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. 55, No. 3, pp. 868-876, March 2007. 10

【非特許文献 3】A. Sanada et al., "A planar zeroth-order resonator antenna using a left-handed transmission line," in Proceeding of 34th European Microwave Conference, 2004, pp. 1341-1344.

【非特許文献 4】N. Goto et al., "Ring patch antenna for dual frequency use," Proceeding of 1987 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, pp. 944-947, June 1987.

【非特許文献 5】H. Arai et al., "A flat energy density antenna system," Proceedings of 1990 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, pp. 1731-1732, May 1990.

【非特許文献 6】S. Otto et al., "Dual-mode zeroth order ring resonator with tuning capability and selective mode excitation," in Proceedings of 35th European Microwave Conference, 2005, pp. 149-152, October 2005. 20

【非特許文献 7】J. Zhu et al., "A Compact Transmission-line metamaterial antenna with extended bandwidth," IEEE Antennas Wireless Propagation, Letters, Vol. 8, pp. 295-298. December 2009.

【非特許文献 8】T. Ueda et al., "Enhancement of bandwidth for low-profile omnidirectional zeroth-order resonant antennas," Proceedings of 2016 International Symposium on Antennas Propagation, pp. 18-19, October 2016.

【非特許文献 9】S. Terada et al., "Equivalent circuit model for wideband zeroth-order resonant antennas," Proceedings of 2017 IEEE Antennas Propagation Society International Symposium, pp. 1731-1732, July 2017. 30

【非特許文献 10】Kin-Lu Wong, "Compact and Broadband Microstrip Antennas," pp. 3-4, New York, Wiley, 2002.

【非特許文献 11】Ji-Y. Park et al., "A compact subdivided square microstrip patch antenna for c-band applications," Proceedings of 2001 Asia-Pacific Microwave Conference, pp. 1143-1146, December 2001.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 7】

しかし、従来例 2 に係るアンテナ装置においても、いまだ動作帯域が狭いという問題点があった。 40

【0 0 0 8】

本発明の目的は以上の問題点を解決し、従来例に係るアンテナ装置と比較して動作帯域を広くすることができるアンテナ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 9】

本発明の一態様にかかるアンテナ装置は、

接地導体と、

前記接地導体と対向するように所定の間隔で配置されたパッチ導体と、

前記パッチ導体と前記接地導体とを電氣的に接続する複数の短絡導体と、 50

前記パッチ導体の外縁部に配置される給電点とを備えたアンテナ装置であって、

前記複数の短絡導体のうち前記給電点に最も近い少なくとも1つの短絡導体を挟むように、前記パッチ導体の外縁部から前記パッチ導体の中心に向かって延在するように形成された2個のスリットを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

従って、本発明に係るアンテナ装置によれば、前記複数の短絡導体のうち前記給電点に最も近い少なくとも1つの短絡導体を挟むように、前記パッチ導体の外縁部から前記パッチ導体の中心に向かって延在するように形成された2個のスリットを備えることで、従来例に係るアンテナ装置に比較して動作帯域を広くすることができるアンテナ装置を提供できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1A】実施形態1に係るアンテナ装置の構成例を示す斜視図である。

【図1B】図1Aのアンテナ装置の平面図である。

【図1C】図1Bのアンテナ装置のスリット14Bの内側先端部付近の拡大図である。

【図1D】図1BのA-A'線についての縦断面図である。

【図1E】図1A～図1Dのアンテナ装置におけるLC共振モードと半波長共振モードに対するスリット長 L_s の周波数特性の一例を示すグラフである。

【図2】比較例1に係るアンテナ装置の構成を示す平面図である。

20

【図3】比較例1及び実施形態に係るアンテナ装置の反射係数の周波数特性を示すグラフである。

【図4】比較例1及び実施形態に係るアンテナ装置の平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【図5】実施形態2に係るアンテナ装置の構成例を示す平面図である。

【図6】比較例2及び実施形態2に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【図7】実施形態3に係るアンテナ装置の構成例を示す平面図である。

【図8】比較例3及び実施形態3に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

30

【図9】実施形態4に係るアンテナ装置の構成例を示す平面図である。

【図10】比較例4及び実施形態4に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【図11】比較例5に係るアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図12】比較例5に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【図13】比較例6に係るアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図14】比較例6に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【図15】比較例7に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

40

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、比較例及び本発明に係る実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下の各実施形態において、同様の構成要素については同一の符号を付している。

【0013】

1. 実施形態の概要

モノポールアンテナのように、水平方向に無指向放射する薄型マッシュルームアンテナの動作帯域幅の広帯域化が提案されている。本実施形態に係るアンテナ装置は非常に簡単な構成で、2つのスリットを有する円形のパッチ導体、複数のピア導体、並びに給電用の

50

マイクロストリップ線路とを備えて構成される。数値シミュレーション及び測定結果から、試作アンテナ装置の利得帯域幅の広帯域化の改善が明確に示されている。

【0014】

2. 概論

無線通信システムでは、モノポールアンテナは最も基本的アンテナ装置の一つであり、垂直偏波を有する水平方向の無指向性放射として有用であるが、基本的に1/4波長の高さを有する。この高さによって生じる問題点は、アンテナ装置の大きさや重さが大きいこと、また高さを低くしようとするればアンテナ性能の劣化、外力に弱く本体が損傷を受けやすいこと、さらにデザインの際に制約をもたらすなど、特に低周波帯では重大な問題を引き起こす。マッシュルーム構造は平面2次元右手/左手系複合(CRLH)メタマテリアルとしてよく知られており、0次共振で無指向放射パターンを示すことから(例えば、非特許文献1参照)、低姿勢アンテナ装置のなかでモノポールアンテナの代わりとなりうる候補である(例えば、非特許文献2参照)。

10

【0015】

0次共振アンテナ装置の魅力的な特徴の1つは、共振周波数が共振器のサイズに依存しないことである。つまり、0次共振器は、他の小型アンテナよりも十分小さくすることができる(例えば、非特許文献3参照)。単位セル構造は、接地面上に置かれた誘電体基板上のパッチ導体と、パッチ導体と接地面を接続するビア導体とから構成され、特に単一セルの場合、従来から良く知られたリングパッチアンテナと同じになる(例えば、非特許文献4, 5参照)。ビア導体のもつ寄生インダクタンスと、各パッチ導体と接地面間のつくる容量との組み合わせにより、LC並列共振器として機能する。金属平行平板に垂直な電界成分と、ビア電流によって誘起される水平磁場成分との組み合わせが効率的な外部放射を励起させる。しかし、典型的な0次共振アンテナは、帯域幅が約2~3%と非常に狭く、実用化する上で問題となる(例えば、非特許文献6参照)。この問題を克服するため、共振周波数の異なる複数の0次共振器を組み合わせたアンテナ装置が広帯域動作を目的として提案された(例えば、非特許文献7参照)。このアプローチは、アンテナ装置の全体サイズが大きくなる一方、帯域幅の拡大を容易に実現する。

20

【0016】

最近では、複数の単位セルをリング共振器として環状に配置することで、0次共振の動作帯域を広帯域化させる別の手法が提案されている。このアンテナ構造は、正三角形の金属パッチとビアからなる複数のマッシュルーム構造において、回転対称性を有するように配置され、さらにパッチの外側にはマイクロストリップリングを挿入し、給電用のマイクロストリップ線路が挿入されている(例えば、非特許文献8参照)。その結果、アンテナはサイズを変えずに約2倍の帯域幅が得られている。

30

【0017】

さらに、放射利得と広帯域動作のための共振の基本的メカニズムを理解するために、この広帯域で動作するアンテナの等価回路モデルが示されている(例えば、非特許文献9参照)。しかしながら、広帯域動作するアンテナ構造を最適に設計して製作する上で依然として困難を有している。また、現状の動作帯域では不十分で、更なる広帯域化が望まれている。

40

【0018】

以下に示す本実施形態では、広帯域動作を目的として、円形パッチ導体内で給電線近傍の2箇所のスリットを装荷し、さらに複数のビア導体が単一のビア導体として動作する単純な構成の薄型マッシュルームアンテナ構造を提案する。従来例のマッシュルームアンテナと比較すると、実測と数値シミュレーション結果いずれにおいても、動作帯域幅が広帯域化されることがわかった。提案するアンテナ装置を議論する前に、リングを用いた広帯域動作可能な低姿勢0次共振マッシュルームアンテナの電流分布を調べている(例えば、非特許文献10, 11参照)。その結果、動作周波数付近の電流密度は、給電線近傍の単位セルにおいて隣接パッチ間の2つのスリットに沿って局在し、集中することが分かった。

50

【0019】

3. 実施形態1及び比較例1

図1Aは実施形態1に係るアンテナ装置の構成例を示す斜視図であり、図1Bは図1Aのアンテナ装置の平面図である。また、図1Cは図1Bのアンテナ装置のスリット14Bの内側先端部付近の拡大図であり、図1Dは図1BのA-A'線についての縦断面図である。

【0020】

図1A～図1Dにおいて、実施形態1に係るアンテナ装置は、いわゆるマッシュルーム型アンテナ装置であって、

(1)裏面に接地導体11が形成された平行平板の誘電体基板10上に、円形平板形状を有するパッチ導体12を、接地導体11と対向するように形成し、

10

(2)パッチ導体12の中心Oから所定の距離(中心Oと外縁までの間の位置であって、概ねより好ましくはパッチ導体12の半径の1/2程度;好ましくは半径の1/5～4/5程度)の同心円状の位置において例えば6個である複数のピア導体13を形成して構成される。

【0021】

ここで、誘電体基板10は例えば回路基板等を用いることができ、複数のピア導体13は、パッチ導体12から誘電体基板10を厚さ方向に貫通して接地導体11に電氣的に短絡接続されるように「短絡導体」としてピア工法で形成される。

【0022】

20

パッチ導体12の外縁の給電点P1は、インピーダンス整合用結合キャパシタ15を介して、誘電体基板10上に形成された給電用ストリップ導体16の一端に電氣的に接続される。ここで、誘電体基板10を挟む給電用ストリップ導体16と接地導体11とにより例えば特性インピーダンス50の給電用マイクロストリップ線路17を構成する。給電用ストリップ導体16の他端は給電ポートP2となり、給電ポートP2は、無線信号を発生する無線送信回路20に接続される。また、給電用ストリップ導体16の近傍に位置する少なくとも1つのピア導体13(複数のピア導体13のうち最も給電点P2に近い(もしくは、より給電点P2に近い)ピア導体13)を挟むように、半径 L_r を有するパッチ導体12の外縁から中心Oに向かって、ストリップ形状を有する所定のスリット長 L_s ($L_s < L_r$)のスリット14A, 14Bがパッチ導体12に形成され、ここで、ピア導体13には接触しないように形成される。スリット14A, 14Bがなす角度は、中心Oを中心として、好ましくは、90度以下に設定される。なお、各スリット14A, 14Bの先端は、例えば図1Cの符号14Beに示すように、無線信号の放射時に外縁部に流れる電流のスムーズな流れを形成するために二等辺三角形を有する。

30

【0023】

ここで、パッチ導体12は、所定の共振周波数において複数(図1Bでは6個)のピア導体13が提供するインダクタンス L とパッチ導体が提供する静電容量 C が、 LC 並列共振を生じさせる静電容量 C を形成する面積を有するように構成される。この LC 並列共振では、当該アンテナ装置の水平方向(パッチ導体12の面と平行な方向)では無指向性であるように無線信号を放射する(LC 共振モードと言う)。

40

【0024】

また、ピア導体13により接続されたパッチ導体12と接地導体11とは、P1を給電点とし、パッチ導体12の直径からピア導体13により構成される仮想直径を差し引いた長さをおおよそ半波長とする半波長共振のパッチアンテナとして動作する(半波長共振モードという)。このアンテナは、パッチ導体12に対して垂直な上向き方向に無線信号を放射する。

【0025】

図1Eは図1A～図1Dのアンテナ装置において、パッチ導体12、接地導体11、ピア導体12の位置と数を一定にしたときにおける LC 共振モードと半波長共振モードに対するスリット長 L_s の周波数特性の一例を示すグラフである。

50

【0026】

以上のように構成されたアンテナ装置アンテナ装置では、以下の2つの共振モードを有して動作する。つまり、

(A) LC並列共振モード：ピア導体13によるインダクタンスと、パッチ導体12と接地導体11との間のキャパシタとの並列共振回路による共振であって、スリット14A, 14Bのスリット長 L_s に共振周波数が依存しない(図1E)共振である。

(B) 半波長共振モード：パッチ導体12と接地導体11とによる、パッチ導体12の直径からピア導体13によって構成される仮想直径を差し引いた長さを半波長とするパッチアンテナの共振であって、スリット14A, 14Bのスリット長 L_s に共振周波数が依存する(図1E)共振である。ここで、パッチ導体12と接地導体11との間でパッチ導体12の径方向で電流分布が定在波分布して垂直上向き放射を行う。

10

【0027】

上記の半波長共振モードのみでは、一般的に狭帯域であるが、当該半波長共振モードに、いわゆるマッシュルーム型アンテナであるLC並列共振を組み合わせることで広帯域化させることを考えた。ここで、図1Eに示すように、2個のスリット14A, 14Bのスリット長さ L_s を大きくすることで半波長共振の共振周波数を低くさせることができる。さらに、スリットを装荷することで電磁界が変化し水平方向に強く放射するようになる。これにより、2つの共振モードの各共振周波数を互いに近づけることができ、これら2つの共振モードで結合され、従来例に比較して広帯域の動作帯域を持ち、水平方向に強く放射するアンテナ装置を実現できる。なお、2個のスリット14A, 14Bのスリット長 L_s を変化させることで、LC共振と半波長共振の2つの共振モードでの結合度合いを変化させ、アンテナ装置の動作帯域を変化させることができる。

20

【0028】

なお、本実施形態にかかるアンテナ装置において、ピア導体13が単体ピア導体の場合、広帯域動作しない。広帯域動作を実現するためには、複数本のピア導体13でいわゆる「仮想ピア導体」を構成する必要がある。これはパッチ導体12に挿入した2本のスリット14A, 14Bを長くする必要があるので、仮想ピア導体の内側まで伸ばさなければ2つの異なる共振モードが十分近接しない。もし径の大きな単体のピア導体13に置き換えた場合、2本のスリット14A, 14Bは単体ピアの径よりも内側に伸ばすことができず、共振モードが十分近接しないことと、スリット14A, 14Bによりパッチ導体12が2つの領域に寸断され、面積の大きい方と小さい方が互いに逆相で共振し、打ち消しあい垂直上向きに強く放射してしまう。一方、複数本のピア導体13で仮想ピア導体を構成する場合、仮想ピア導体の径よりも内側まで延びたスリット14A, 14Bにより分割された2つのパッチ導体部分間に相互作用が残るため、パッチ導体面積の大きい方と小さい方の間の逆相動作が大きく緩和され、打消しが弱まる。また、スリット14A, 14Bの長さを調整することにより、2共振モード間距離の調整、つまり帯域幅設計が容易となる。

30

【0029】

次いで、本発明者によるシミュレーション結果及び実験結果について以下に説明する。

【0030】

図2は、本発明者らによる従来例2に係る特許文献2の図8に開示された、比較例1に係るアンテナ装置の構成を示す平面図である。図2において、比較例1に係るアンテナ装置は、実施形態1に係るアンテナ装置に比較して、以下の点が異なる。

40

(1) パッチ導体12が複数の分割パッチ導体22に分割されて形成される。

(2) 複数の分割パッチ導体22の外縁に沿って、所定の間隔を有して、ループ導体21が形成される。

(3) ループ導体21に結合キャパシタ15を介して給電用ストリップ導体16が接続される。

【0031】

図2の比較例1に係るアンテナ装置は、メタマテリアルの概念に基づいて、以前に提案

50

された 0 次共振アンテナ装置であり、複数のマッシュルーム構造を、回転対称性を有するように配置した C R L H 伝送線路リングにおいて、さらに複数の分割パッチ導体 2 2 の外側にマイクロストリップリングであるループ導体 2 1 を近接配置したことを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

本発明者は、研究を進めることにより従来では解析が難しかった、図 2 のアンテナ装置の動作周波数における、分割パッチ導体 2 2 の表面上に流れる電流密度分布について数値シミュレーションを行った。そのシミュレーション結果から、給電線路近傍の 2 本のスリット（分割パッチ導体 2 2 の外周に位置する）に電流密度が集中していることが分かった。この結果を踏まえて、更に研究を進めて、新たに図 1 A ~ 図 1 D に示すアンテナ装置を提案する。

10

【 0 0 3 3 】

本発明者らは、有限要素法に基づく市販の 3 次元全波電磁界シミュレータ（ANSYS HFSS ver 13）を用いて、実施形態 1 に係るアンテナ装置の給電ポート P 2 における反射係数 $|S_{11}|$ 及び平均利得の周波数特性（放射特性）を数値解析した。数値シミュレーションでの種々の構造パラメータは以下の通りである。

(1) 誘電体基板 1 0 の厚さ = 1 . 6 mm (約 g / 8 0)

(2) 誘電体基板 1 0 の比誘電率 = 2 . 2

(3) 誘電体基板 1 0 の誘電正接 $\tan \delta = 0 . 0 0 0 9$

(4) パッチ導体の半径 = 2 1 . 8 mm

(5) 接地導体 1 1 の寸法 = 7 4 . 6 5 mm x 7 4 . 6 5 mm

20

(6) ピア導体 1 3 の半径 $L_r = 1 . 0$ mm

(7) ピア導体 1 3 の配置 = 半径 8 . 9 mm の円周上に周回方向に等間隔となるよう配置した

(8) スリット 1 4 A , 1 4 B の幅 = 0 . 5 mm

(9) スリット 1 4 A , 1 4 B のスリット長 $L_s = 1 6 . 5$ mm

【 0 0 3 4 】

以上のように構成された実施形態 1 に係るアンテナ装置は、パッチ導体 1 2 と接地導体 1 1 との間の容量と、ピア導体 1 3 のもつ寄生インダクタンスの組み合わせにより、2 . 6 7 GHz で並列共振する。当該アンテナ装置からの放射波は垂直偏波で、水平面内にモノポールアンテナと同様に無指向性の放射パターンを示す。

30

【 0 0 3 5 】

図 3 は比較例 1 及び実施形態に係るアンテナ装置の反射係数の周波数特性を示すグラフであり、図 4 は比較例 1 及び実施形態に係るアンテナ装置の平均利得の周波数特性を示すグラフである。なお、本明細書において、「平均利得」とは x y 面の水平方向の垂直偏波に関する平均利得をいう。また、「- 6 dB 比帯域」とは反射係数が - 6 dB である比帯域をいう。さらに、「- 3 dB i 比帯域」とは平均利得が - 3 dB i である比帯域をいう。

【 0 0 3 6 】

図 3 及び図 4 から明らかなように、実験及び数値シミュレーション結果において良好な一致を得た。図 3 及び図 4 において、比較例 1 に係る 0 次共振アンテナ装置における - 3 dB i 利得の比帯域の数値シミュレーション結果及び実測結果は、それぞれ 5 . 6 % 及び 5 . 4 % となったが、実施形態 1 に係るアンテナ装置の場合、それぞれ 8 . 8 % と 7 . 5 % となった。以上のことから、本実施形態で提案する低姿勢マッシュルーム型アンテナ装置の動作帯域は、従来例及び比較例と比較して大幅に広帯域化していることが明らかとなった。

40

【 0 0 3 7 】

さらに、表 1 において、ピア導体 1 3 の数を変化させたときの - 3 dB i 帯域幅及びピーク利得を示す。

【 0 0 3 8 】

[表 1]

50

ピア導体 1 3 の数	- 3 d B i 帯域幅 [%]	ピーク利得 [d B i]
4	8 . 2 0	- 1 . 8 5
6	8 . 8 4	- 1 . 8 4
8	8 . 6 6	- 1 . 4 8
1 2	8 . 8 7	- 1 . 9 1
1 5	8 . 9 4	- 1 . 6 2

10

【 0 0 3 9 】

表 1 から明らかなように、いずれのピア導体 1 3 の数においても、比較例 1 に比較して広帯域化を実現できることがわかる。

【 0 0 4 0 】

以上説明したように、実施形態 1 に係る、低姿勢で無指向かつ垂直偏波のマッシュルーム型アンテナ装置において、広帯域動作を実現する簡素化された構造を提案した。実施形態 1 に係るアンテナ装置は、2 本のスリット 1 4 A , 1 4 B が装荷されたパッチ導体 1 2 と、複数のピア導体 1 3 と、給電用マイクロストリップ線路 1 7 とを備えて構成される。まず、本実施形態に係るアンテナ装置について議論する前に、比較例 1 に係る低姿勢リング付きマッシュルームアンテナの電流分布について検討し、給電線近傍の隣接パッチ間の 2 つのスリットに沿って電流密度が局在し集中していることが判明した。数値シミュレーション及び実験結果から、実施形態 1 に係るダブルスリットのマッシュルーム型アンテナ装置は、比較例 1 に係るメタ材料アンテナ装置と比較して、水平方向平均利得 - 3 d B i 以上の帯域が広帯域化することが確認された。以上の結果から、実用化のための低姿勢アンテナ構造の簡素化に寄与できる。

20

【 0 0 4 1 】

以上の実施形態 1 では、円平板形状のパッチ導体 1 2 を用いているが、本発明はこれに限らず、楕円平板形状のパッチ導体を用いてもよい。

【 0 0 4 2 】

4 . 実施形態 2 及び比較例 2

図 5 は実施形態 2 に係るアンテナ装置の構成例を示す平面図である。図 5 において、実施形態 2 に係るアンテナ装置は、実施形態 1 に係るアンテナ装置と比較して以下の相違点を有する。

30

- (1) 円形平板形状のパッチ導体 1 2 に代えて、長方形形状のパッチ導体 3 1 を備える。
- (2) 6 個のピア導体 1 3 に代えて、例えば 4 個である複数のピア導体 1 3 を備える。
- (3) 給電点 P 1 近傍のピア導体 1 3 を挟むように、パッチ導体 3 1 の長方形の各角部から中心 O に向かって延在するスリット 3 2 A , 3 2 B を誘電体基板 1 0 上に形成した。

【 0 0 4 3 】

なお、実施形態 2 において、スリット 3 2 A , 3 2 B を有しないアンテナ装置を「比較例 2」に係るアンテナ装置とする。

40

【 0 0 4 4 】

図 6 は比較例 2 及び実施形態 2 に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【 0 0 4 5 】

[表 2]

	比較例 2	実施形態 2
- 6 d B 比帯域	1 . 9 1 %	4 . 4 7 %
- 3 d B i 比帯域	3 . 8 0 %	4 . 1 3 %

50

【 0 0 4 6 】

図 6 及び表 2 から明らかなように、実施形態 2 に係るダブルスリットのマッシュルーム型アンテナ装置は、比較例 2 に係るメタ材料アンテナ装置と比較して、水平方向平均利得 - 3 d B i 以上の帯域が広帯域化することが確認された。以上の結果から、実用化のための低姿勢アンテナ構造の簡素化に寄与できる。

【 0 0 4 7 】

5 . 実施形態 3 及び比較例 3

図 7 は実施形態 3 に係るアンテナ装置の構成例を示す平面図である。図 7 において、実施形態 3 に係るアンテナ装置は、実施形態 2 に係るアンテナ装置と比較して以下の相違点を有する。

(1) 給電点 P 1 近傍のピア導体 1 3 を挟むように、パッチ導体 3 1 の長方形の図上の上部辺 (給電点 P 1 希) の 2 点から中心 O に向かって延在するスリット 3 3 A , 3 3 B を誘電体基板 1 0 上に形成した。すなわち、実施形態 3 において、中心 O を中心として、スリット 3 3 A , 3 3 B がなす角度は、実施形態 2 に係るアンテナ装置のスリット 3 2 A , 3 2 B がなす角度よりも小さい。

【 0 0 4 8 】

なお、実施形態 3 において、スリット 3 3 A , 3 3 B を有しないアンテナ装置を「比較例 3 」に係るアンテナ装置とする。

【 0 0 4 9 】

図 8 は比較例 3 及び実施形態 3 に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【 0 0 5 0 】

[表 3]

	比較例 3	実施形態 3
- 6 d B 比帯域	2 . 8 5 %	6 . 9 6 %
- 3 d B i 比帯域	3 . 9 1 %	5 . 6 2 %

【 0 0 5 1 】

図 8 及び表 3 から明らかなように、実施形態 3 に係るダブルスリットのマッシュルーム型アンテナ装置は、比較例 3 に係るメタ材料アンテナ装置と比較して、水平方向平均利得 - 3 d B i 以上の帯域が広帯域化することが確認された。以上の結果から、実用化のための低姿勢アンテナ構造の簡素化に寄与できる。

【 0 0 5 2 】

6 . 実施形態 4 及び比較例 4

図 9 は実施形態 4 に係るアンテナ装置の構成例を示す平面図である。図 9 において、実施形態 4 に係るアンテナ装置は、実施形態 1 に係るアンテナ装置と比較して以下の相違点を有する。

(1) 円形平板形状のパッチ導体 1 2 に代えて、菱形形状のパッチ導体 1 2 A を備える。
(2) 6 個のピア導体 1 3 に代えて、例えば 8 個である複数のピア導体 1 3 を備える。
(3) 給電点 P 1 近傍のピア導体 1 3 を挟むように、パッチ導体 1 2 A の菱形の図上の上部に位置する隣接する 2 辺から中心 O に向かって延在するスリット 1 4 A , 1 4 B を誘電体基板 1 0 上に形成した。

【 0 0 5 3 】

なお、実施形態 4 において、スリット 1 4 A , 1 4 B を有しないアンテナ装置を「比較例 4 」に係るアンテナ装置とする。

【 0 0 5 4 】

図 1 0 は比較例 4 及び実施形態 4 に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数

10

20

30

40

50

特性を示すグラフである。

【 0 0 5 5 】

[表 4]

	比較例 4	実施形態 4
- 6 d B 比帯域	3 . 6 6 %	8 . 1 8 %
- 3 d B i 比帯域	3 . 6 9 %	7 . 6 6 %

【 0 0 5 6 】

10

図 1 0 及び表 4 から明らかなように、実施形態 4 に係るダブルスリットのマッシュルーム型アンテナ装置は、比較例 4 に係るメタ材料アンテナ装置と比較して、水平方向平均利得 - 3 d B i 以上の帯域が広帯域化することが確認された。以上の結果から、実用化のための低姿勢アンテナ構造の簡素化に寄与できる。

【 0 0 5 7 】

7 . 比較例 5

図 1 1 は比較例 5 に係るアンテナ装置の構成を示す斜視図である。図 1 1 において、比較例 5 に係るアンテナ装置は、実施形態 1 に係るアンテナ装置と比較して、以下の相違点を有する。

20

(1) 給電点 P 1 を、スリット 1 4 A , 1 4 B が挟むパッチ導体 1 2 の外縁の位置から、中心 O を介して反対側の (1 8 0 度回転した) 位置に設けた。

【 0 0 5 8 】

図 1 2 は比較例 5 に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【 0 0 5 9 】

[表 5]

	比較例 5	実施形態 1	比較例 1
- 3 d B i 比帯域	3 . 6 9 %	8 . 8 4 %	5 . 6 0 %

30

【 0 0 6 0 】

図 1 2 及び表 5 から明らかなように、比較例 5 に係るアンテナ装置は、実施形態 1 及び比較例 1 に比較して、動作帯域を広くすることができない。従って、アンテナ装置の広帯域化のためには、給電点 P 1 の位置は、実施形態 1 のように、スリット 1 4 A , 1 4 B を挟むピア導体 1 3 の近傍に配置することが好ましい。

【 0 0 6 1 】

8 . 比較例 6

図 1 3 は比較例 6 に係るアンテナ装置の構成を示す斜視図である。図 1 3 において、比較例 6 に係るアンテナ装置は、実施形態 1 に係るアンテナ装置と比較して、以下の相違点を有する。

40

(1) 給電点 P 1 を、スリット 1 4 A , 1 4 B が挟むパッチ導体 1 2 の外縁の位置から、中心 O を中心として 9 0 度回転した位置に設けた。

【 0 0 6 2 】

図 1 4 は比較例 6 に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。

【 0 0 6 3 】

[表 6]

比較例 6	実施形態 1	比較例 1
-------	--------	-------

50

- 3 d B i 比帯域 3 . 6 9 % 8 . 8 4 % 5 . 6 0 %

【 0 0 6 4 】

図 1 4 及び表 6 から明らかなように、比較例 6 に係るアンテナ装置は、実施形態 1 及び比較例 1 に比較して、動作帯域を広くすることができない。従って、アンテナ装置の広帯域化のためには、給電点 P 1 の位置は、実施形態 1 のように、スリット 1 4 A , 1 4 B を挟むピア導体 1 3 の近傍に配置することが好ましい。

【 0 0 6 5 】

9 . 比較例 7

図 1 5 は比較例 7 に係るアンテナ装置の反射係数及び平均利得の周波数特性を示すグラフである。図 1 5 において、「低次整合」は実施形態 1 において結合キャパシタ 1 5 の容量値が 0 . 3 p F のときの入力インピーダンスの整合状態を示し、「高次整合」は実施形態 1 において結合キャパシタ 1 5 の容量値が 0 . 4 p F のときの入力インピーダンスの整合状態を示す。また、表 7 は、高次整合及び低次整合における - 3 d B i 比帯域を示す。

10

【 0 0 6 6 】

[表 7]

	低次整合	高次整合
--	------	------

20

- 3 d B i 比帯域	5 . 7 8 %	8 . 8 4 %
---------------	-----------	-----------

【 0 0 6 7 】

図 1 5 及び表 7 は、存在する 2 つの共振モードのどちらに重点をおいて入力インピーダンスの整合を取ったほうが広帯域動作を促すかという問題を解決するための説明を示す。ここで、結合キャパシタ 1 5 の容量値を適宜変化させることによって最適な入力インピーダンスの整合を実現できる。特に、図 1 5 及び表 7 から明らかなように、高次の共振を用いて動作帯域を構成するように入力インピーダンスの整合をとることで、放射利得を大幅に拡大できることがわかる。

30

【 0 0 6 8 】

1 0 . 実施形態のまとめ

以上説明したように、実施形態 1 ~ 4 に係る、低姿勢で無指向かつ垂直偏波のマッシュルーム型アンテナ装置において、広帯域動作を実現する簡素化された構造を提案した。実施形態 1 ~ 4 に係るアンテナ装置は、2 本のスリット 1 4 A , 1 4 B が装荷されたパッチ導体 1 2 と、複数のピア導体 1 3 と、給電用マイクロストリップ線路 1 7 とを備えて構成される。数値シミュレーション及び実験結果から、実施形態 1 に係るダブルスリットのマッシュルーム型アンテナ装置はそれぞれ、比較例 1 ~ 4 に係るメタ材料アンテナ装置と比較して、水平方向平均利得 - 3 d B i 以上の帯域が広帯域化することが確認された。以上の結果から、実用化のための低姿勢アンテナ構造の簡素化に寄与できる。

40

【 0 0 6 9 】

1 1 . 変形例

以上の実施形態において、誘電体基板 1 0 を用いているが、本発明はこれに限らず、パッチ導体 1 2 及び接地導体 1 1 を所定の間隔で保持できる手段により、パッチ導体 1 2 と接地導体 1 1 との間は空気などの自由空間であってもよい。

【 0 0 7 0 】

以上の実施形態において、結合キャパシタ 1 5 を用いて送信する無線信号を給電させているが、本発明はこれに限らず、主として容量結合である電磁結合に代えて、直接給電方式で給電してもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 7 1 】

50

以上詳述したように、本発明に係るアンテナ装置によれば、従来例2に係るアンテナ装置に比較して動作帯域を広くすることができるアンテナ装置を提供できる。これにより、例えば携帯電話機等の無線送受信機のための低姿勢の広帯域アンテナ装置として好適である。

【符号の説明】

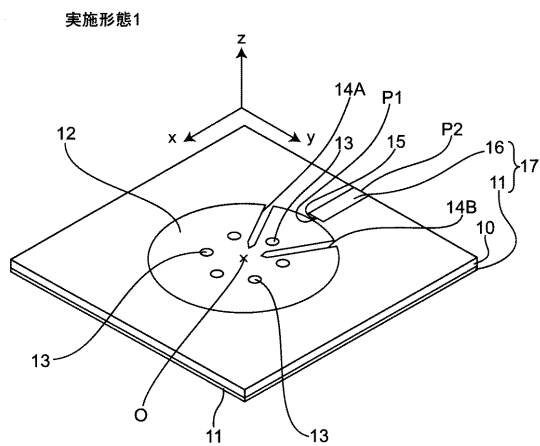
【0072】

- 10 誘電体基板
- 11 接地導体
- 12, 12A パッチ導体
- 13 ピア導体
- 14A, 14B スリット
- 14Be スリットの先端
- 15 結合キャパシタ
- 16 給電用ストリップ導体
- 17 マイクロストリップ線路
- 20 無線送信回路
- 21 ループ導体
- 22 分割パッチ導体
- 31 パッチ導体
- 32A, 32B スリット
- 33A, 33B スリット
- P1 給電点
- P2 給電ポート

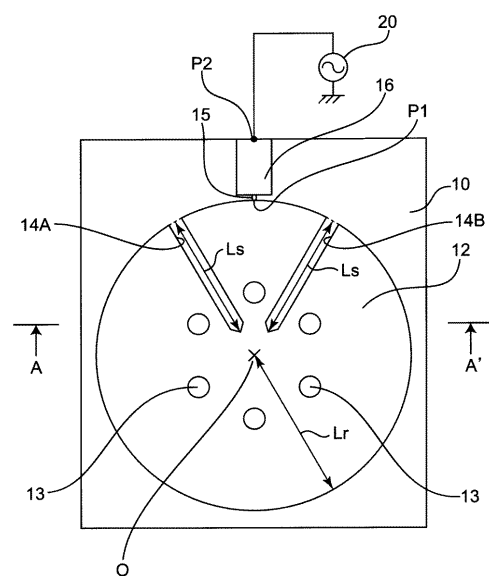
10

20

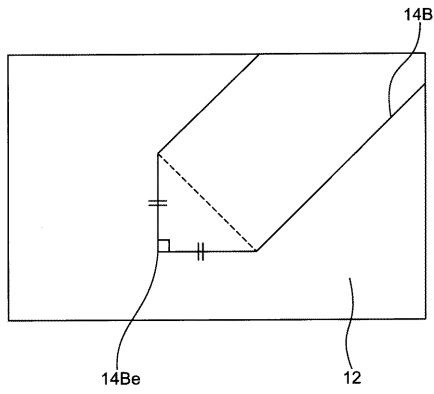
【図1A】



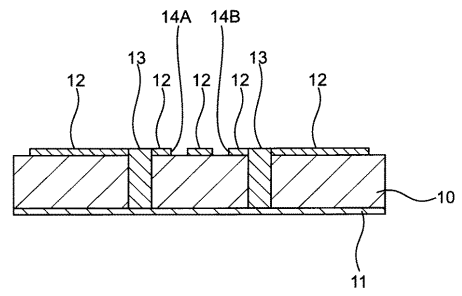
【図1B】



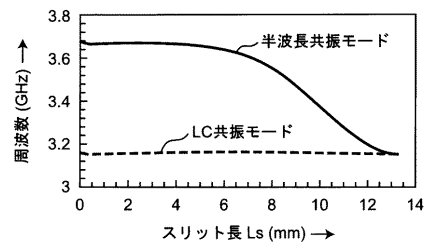
【図1C】



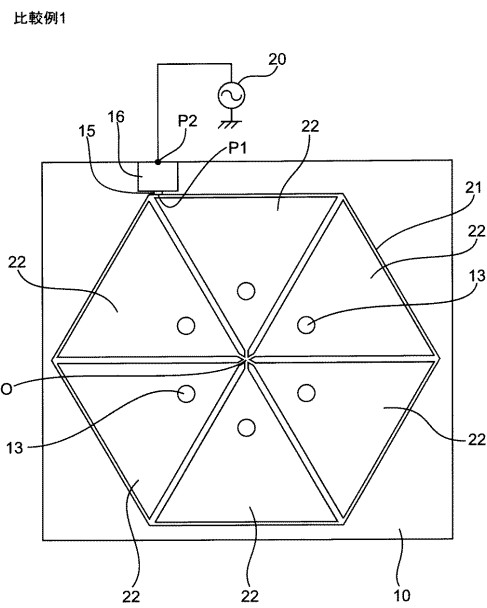
【図1D】



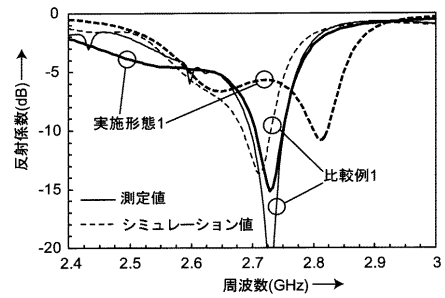
【図1E】



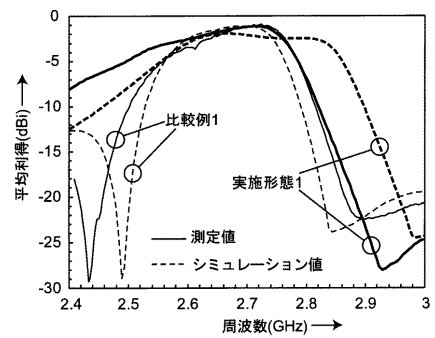
【図2】



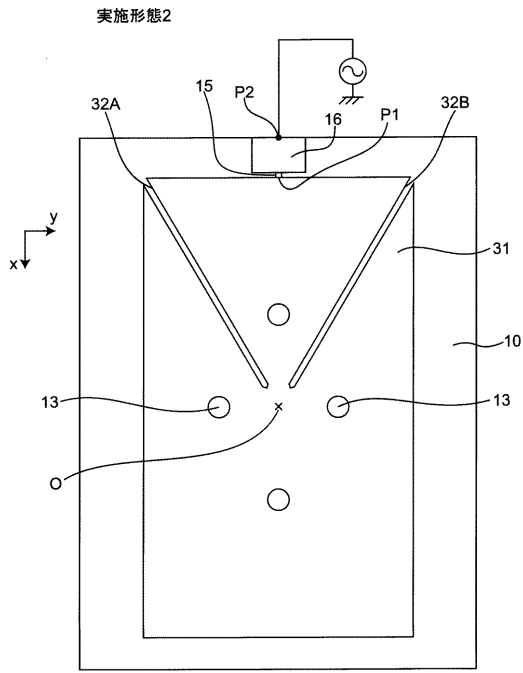
【図3】



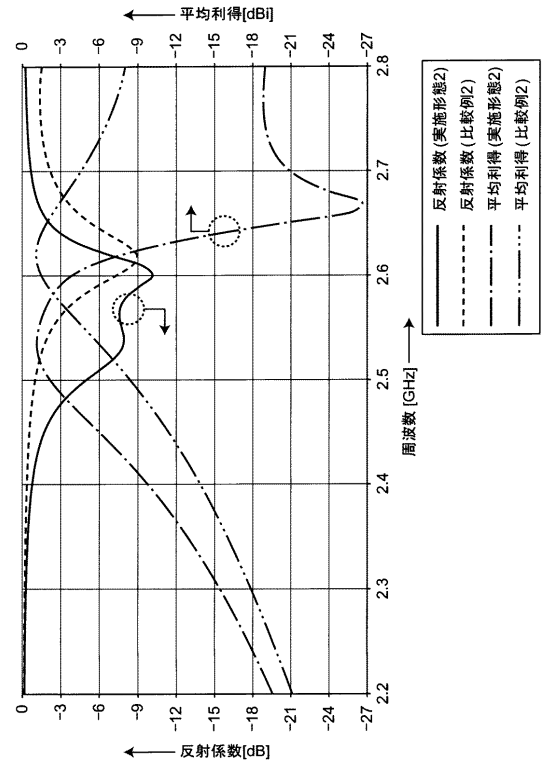
【図4】



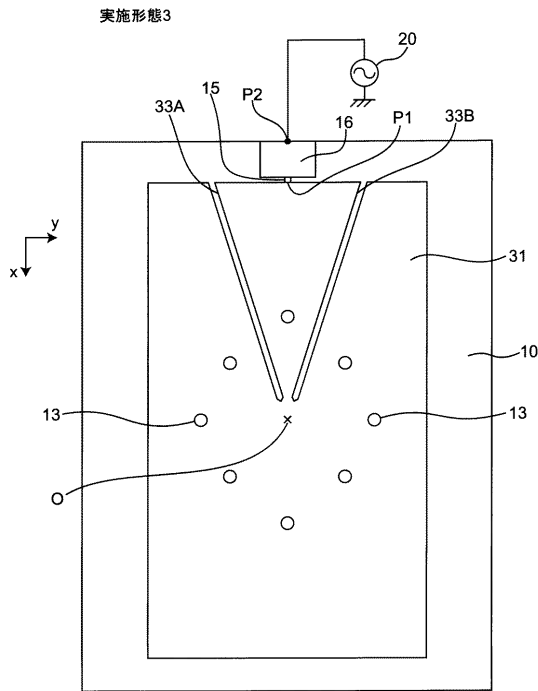
【 図 5 】



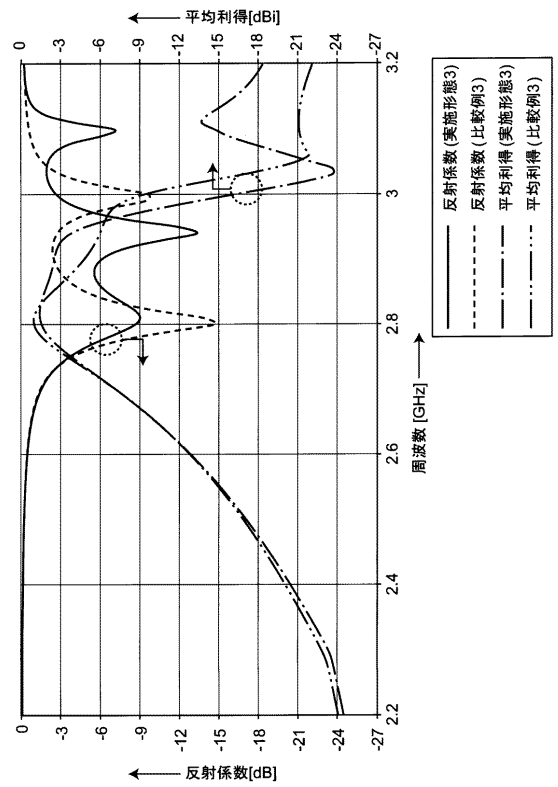
【 図 6 】



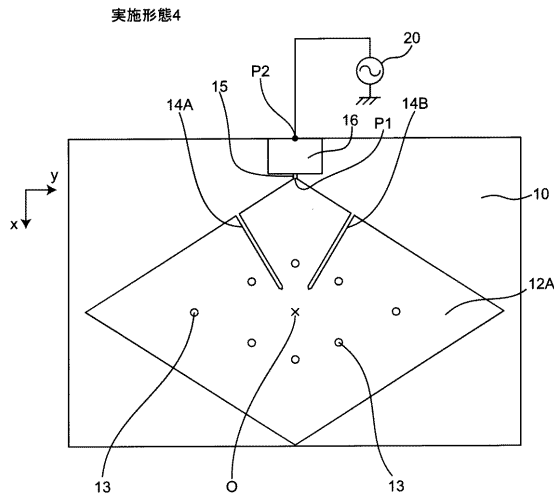
【 図 7 】



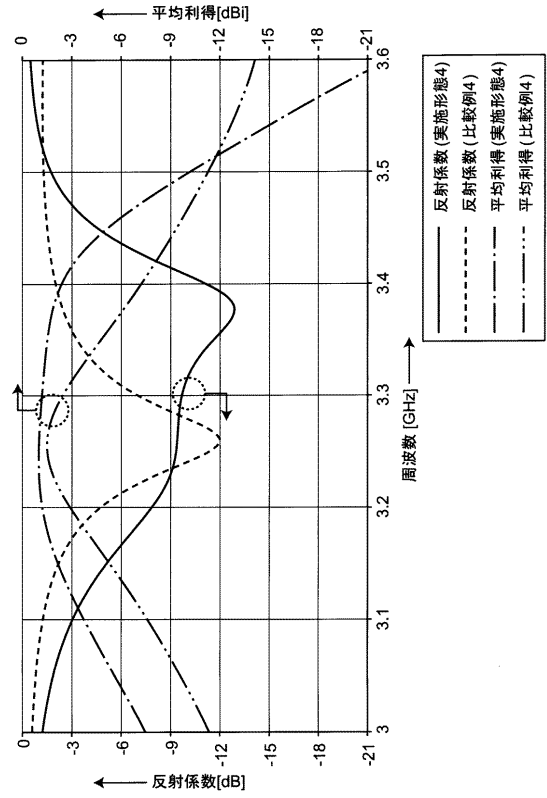
【 図 8 】



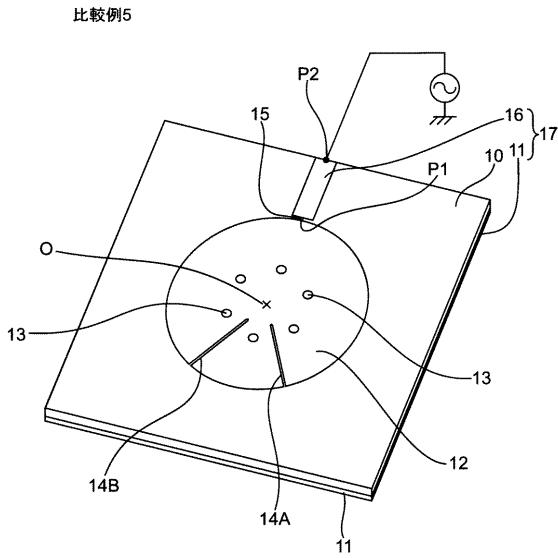
【 図 9 】



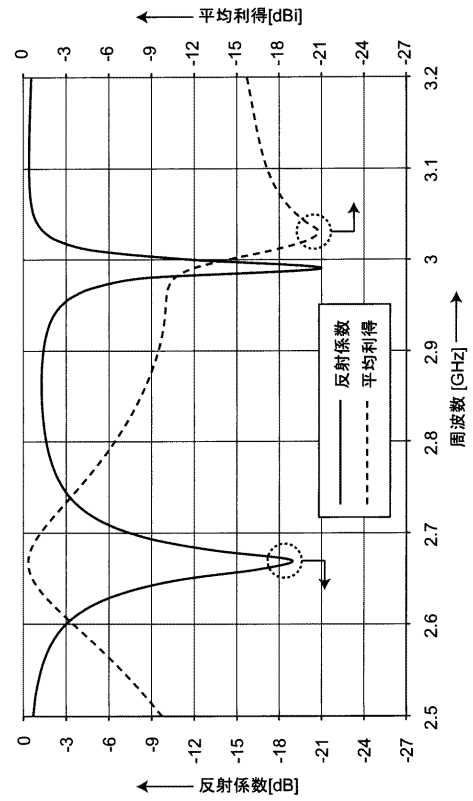
【 図 10 】



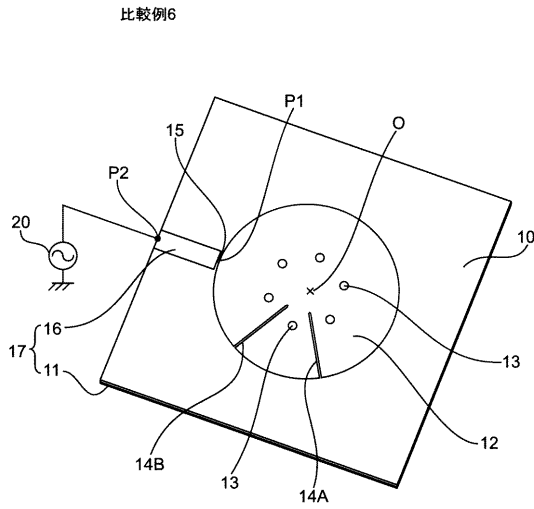
【 図 11 】



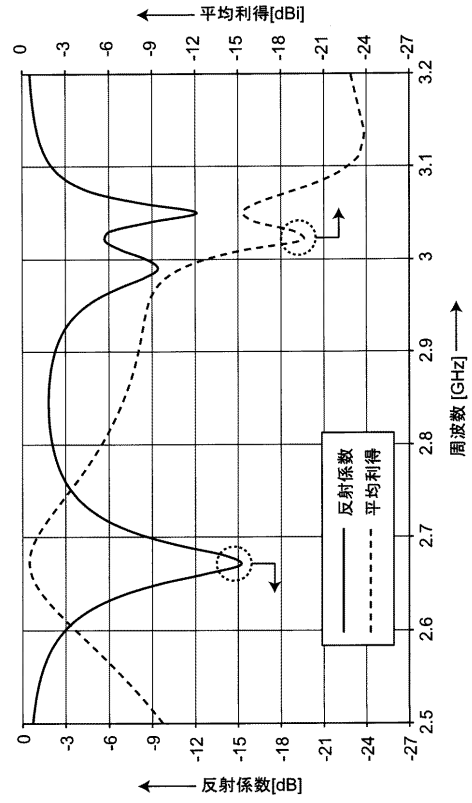
【 図 12 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

