(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 7 月 17 日(17.07.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/109397 A1

(51) 国際特許分類:
H01Q 21/28 (2006.01) *H01Q 21/24* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/050356

(22) 国際出願日: 2014 年 1 月 10 日(10.01.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2013-002988 2013 年 1 月 10 日(10.01.2013) JP

(71) 出願人: 旭硝子株式会社 (**ASAHI GLASS COMPANY, LIMITED**) [JP/JP]; 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 園田 龍太 (**SONODA, Ryuta**); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP). 井川 耕司 (**IKAWA, Koji**); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP). 佐山 稔貴 (**SAYAMA, Toshiki**); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外 (**ITOH, Tadashige** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ （明治安田生命ビル） １６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

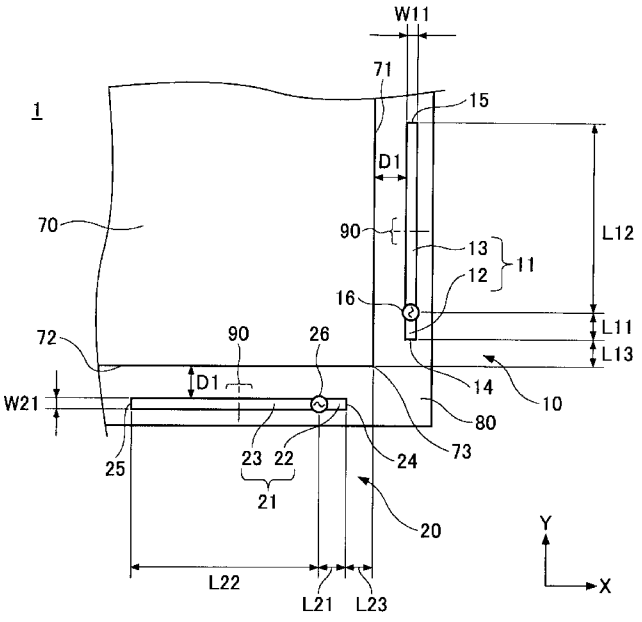
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) **Title**: MIMO ANTENNA AND WIRELESS DEVICE

(54) 発明の名称 : ＭＩＭＯアンテナおよび無線装置

[図1]



(57) **Abstract**: A MIMO antenna which comprises a ground plane (70) and dipole antenna elements (10, 20) that are arranged in the vicinity of the ground plane (70). The dipole antenna element (10) is provided with: a radiation element (11) that has conductor portions (12, 13) extending along the outer edge (71) of the ground plane (70); and a feed unit (16) that feeds power to the radiation element (11). The dipole antenna element (20) is provided with: a radiation element (21) that has conductor portions (22, 23) extending along the outer edge (71) of the ground plane (70); and a feed unit (26) that feeds power to the radiation element (21).

(57) 要約: グランドプレーン７０と、グランドプレーン７０の近傍に配置されたダイポールアンテナ素子１０，２０とを有し、ダイポールアンテナ素子１０は、グランドプレーン７０の外縁部７１に沿った導体部分１２，１３を有する放射素子１１と、放射素子１１に給電する給電部１６とを備え、ダイポールアンテナ素子２０は、グランドプレーン７０の外縁部７１に沿った導体部分２２，２３を有する放射素子２１と、放射素子２１に給電する給電部２６とを備える、ＭＩＭＯアンテナ。

WO 2014/109397 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： ＭＩＭＯアンテナおよび無線装置

技術分野

[0001] 本発明は、複数のアンテナ素子を有するＭＩＭＯ（Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ｉｎｐｕｔ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ｏｕｔｐｕｔ）アンテナおよび無線装置に関する。

背景技術

[0002] アンテナ素子間の距離を十分に確保できない携帯端末等の通信装置の分野では、良好なＭＩＭＯ効果を確保するため、アンテナ利得が高く、アンテナ素子間の相関係数が低いＭＩＭＯアンテナが求められている。ＭＩＭＯアンテナは、複数のアンテナ素子を用いて所定の周波数において多重の入出力が可能なマルチアンテナである。特許文献１には、複数のアンテナ素子として、グランドプレーンを利用するモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１０－１３０１１５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ＭＩＭＯアンテナでは、それぞれのアンテナ素子間の相関係数を低くすることが必要となるが、モノポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナでは、モノポールアンテナ素子をグランドプレーンから離さなければ、相関係数を下げることができなかった。モノポールアンテナ素子をグランドプレーンから離すと、アンテナ素子の設置に必要なスペースが広がるため、アンテナ素子の設置スペースの縮小とそれぞれのアンテナ素子間の相関係数を下げることとを両立させることが難しい。

[0005] 本発明は、アンテナ素子の設置スペースの縮小と相関係数を下げることと

を両立させることができる、ＭＩＭＯアンテナおよび無線装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため、本発明は、

グランドプレーンと、

前記グランドプレーンの近傍に配置された複数のダイポールアンテナ素子とを有し、

前記複数のダイポールアンテナ素子は、それぞれ、

前記グランドプレーンの外縁部に沿った導体部分を有する放射素子と、

前記放射素子に給電する給電部とを備えることを特徴とするＭＩＭＯアンテナを提供するものである。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、アンテナ素子の設置スペースの縮小と相関係数を下げることとを両立させることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]放射素子が直交する複数のダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの平面図

[図2]放射素子が直交する非接触給電の複数のダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの平面図

[図3]ＭＩＭＯアンテナの各構成の位置関係の例を模式的に示した図

[図4]放射素子が直交する複数のモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの平面図

[図5]アンテナ素子とグランドプレーンとの距離Ｄ２と、アンテナ素子間の相関係数との関係を示したグラフ

[図6]ダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナのＳパラメータの特性図

[図7]ダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの相関係数の特性図

[図8]放射素子の中央部と給電部とのオフセット距離を変えたときのＳパラメ

ータの特性図

[図9]放射素子とグランドプレーンとの距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナのＳ１１特性図

[図10]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの相関係数の特性図

[図11]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの動作利得の特性図

[図12]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交し電磁界結合するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナのＳ１１特性図

[図13]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交し電磁界結合するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの相関係数の特性図

[図14]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交し電磁界結合するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの動作利得の特性図

[図15]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交するモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナのＳ１１特性図

[図16]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交するモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの相関係数の特性図

[図17]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が直交するモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの動作利得の特性図

[図18]放射素子が平行な複数のダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの平面図

[図19]放射素子が平行な非接触給電の複数のダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの平面図

[図20]放射素子が平行な複数のモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの平面図

[図21]放射素子とグランドプレーンとの距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行なダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナのＳ１１特

性図

[図22]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行なダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの相関係数の特性図

[図23]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行なダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの動作利得の特性図

[図24]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行な電磁界結合するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナのＳ１１特性図

[図25]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行な電磁界結合するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの相関係数の特性図

[図26]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行な電磁界結合するダイポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの動作利得の特性図

[図27]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行なモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナのＳ１１特性図

[図28]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行なモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの相関係数の特性図

[図29]距離Ｄ１を変化させたときの、放射素子が平行なモノポールアンテナ素子を有するＭＩＭＯアンテナの動作利得の特性図

発明を実施するための形態

[0009] ＜ＭＩＭＯアンテナ１の構成＞

図１は、本発明の一実施形態であるＭＩＭＯアンテナ１の動作を解析するためのコンピュータ上のシミュレーションモデルを示した平面図である。電磁界シミュレータとして、Ｍｉｃｒｏｗａｖｅ　Ｓｔｕｄｉｏ（登録商標）（ＣＳＴ社）を使用した。ＭＩＭＯアンテナ１は、グランドプレーン７０と、ダイポールアンテナ素子１０と、ダイポールアンテナ素子２０とを備えたマルチアンテナである。

[0010] グランドプレーン７０は、例えば、少なくとも一つの角部７３を有するグランド部位であり、角部７３からＹ軸方向に直線的に延伸する外縁部７１と、角部７３からＸ軸方向に直線的に延伸する外縁部７２とを有している。外

縁部７１は外縁部７２の延伸方向に直交するように延伸することが好ましいが、本発明の効果を損なわない範囲で、例えば、互いの延伸方向の交わる角度は、７０°以上１１０°以下であることが好ましく、８０°以上１００°以下であることがより好ましい。

[0011] ダイポールアンテナ素子１０，２０は、例えば、グランドプレーン７０の角部７３の近傍に配置されている。ダイポールアンテナ素子１０は、外縁部７１に沿うように配置され、例えばＸ軸方向に所定距離Ｄ１離れた状態で外縁部７１に平行にＹ軸方向に延在している。ダイポールアンテナ素子２０は、外縁部７２に沿うように配置され、例えばＹ軸方向に所定距離Ｄ１離れた状態で外縁部７２に平行にＸ軸方向に延在している。図１では、ダイポールアンテナ素子１０と外縁部７１との所定距離Ｄ１とダイポールアンテナ素子２０と外縁部７２との所定距離Ｄ１は等しく設定されているが、必ずしも等しく設定されてなくてもよい。なお、ダイポールアンテナ素子１０と外縁部７１とがＸ軸方向と厚み方向（Ｚ軸方向）の両方向に離間して設けられている場合、ダイポールアンテナ素子１０と外縁部７１との最短距離Ｄ２は、ダイポールアンテナ素子１０と外縁部７１との最近接部分を直線で結んだ距離に相当する。同様に、ダイポールアンテナ素子２０と外縁部７２とがＹ軸方向と厚み方向（Ｚ軸方向）の両方向に離間して設けられている場合、ダイポールアンテナ素子２０と外縁部７２との最短距離Ｄ２は、ダイポールアンテナ素子２０と外縁部７２との最近接部分を直線で結んだ距離に相当する。

[0012] 複数のダイポールアンテナ素子は、例えば、それぞれ、それらの複数のダイポールアンテナ素子の中で他のダイポールアンテナ素子の導体部分の延伸方向に直交するように延伸する導体部分を有する放射素子を備えている。ダイポールアンテナ素子１０は、放射素子１１を備え、ダイポールアンテナ素子２０は、放射素子２１を備えている。放射素子１１は、給電部１６を給電点とするアンテナとして機能するアンテナ導体であり、放射素子２１は、給電部２６を給電点とするアンテナとして機能するアンテナ導体である。

[0013] ダイポールアンテナ素子１０の放射素子１１は、ダイポールアンテナ素子

１０とは別の他のダイポールアンテナ素子２０の放射素子２１に構成される導体部分２２又は導体部分２３の延伸方向に直交するように延伸する導体部分１２及び導体部分１３を有している。導体部分１２，１３は、外縁部７１に沿うように配置された線状のアンテナ導体部分であり、例えばＸ軸方向に所定距離Ｄ１離れた状態で外縁部７１に平行にＹ軸方向に延在している。放射素子１１が、外縁部７１に沿った導体部分１２，１３を有することによって、例えばＭＩＭＯアンテナ１の指向性を容易に制御することが可能となる。

[0014] ダイポールアンテナ素子２０の放射素子２１は、ダイポールアンテナ素子２０とは別の他のダイポールアンテナ素子１０の放射素子１１に構成される導体部分１２又は導体部分１３の延伸方向に直交するように延伸する導体部分２２及び導体部分２３を有している。導体部分２２，２３は、外縁部７２に沿うように配置された線状のアンテナ導体部分であり、例えばＹ軸方向に所定距離Ｄ１離れた状態で外縁部７１に平行にＸ軸方向に延在している。放射素子２１が、外縁部７２に沿った導体部分２２，２３を有することによって、例えばＭＩＭＯアンテナ１の指向性を容易に制御することが可能となる。

[0015] 放射素子１１，２１は、例えば、誘電体基板８０に設けられ、誘電体基板８０の表面に設置されてもよいし、誘電体基板８０の内部に設置されてもよい。誘電体基板８０は、例えば樹脂製の基板であるが、樹脂以外の誘電体として、例えばガラスやガラスセラミックス、ＬＴＣＣ（Ｌｏｗ　Ｔｅｍｐｅｒａｔｕｒｅ　Ｃｏ－Ｆｉｒｅｄ　Ｃｅｒａｍｉｃｓ）などを利用することができる。グランドプレーン７０は、誘電体基板８０に形成された部位でもよいし、誘電体基板８０とは別の部材に形成された部位でもよい。図示の場合、放射素子１１，２１は、誘電体基板８０の同じ表層に設置されているが、Ｚ軸方向において互いに異なる層に設置されてもよい。また、放射素子１１又は放射素子２１は、Ｚ軸方向において、グランドプレーン７０と同じ層に設置されてもよいし、グランドプレーン７０とは異なる層に設置されても

よい。

[0016] ダイポールアンテナ素子１０は、放射素子１１に給電する給電部１６を備えている。給電部１６は、放射素子１１の一方の端部１４と他方の端部１５との間の導体部分に挿入される給電点である。

[0017] 図１の場合、給電部１６は、放射素子１１の端部１４と端部１５との間の中央部９０以外の部位（中央部９０と端部１４又は端部１５との間の部位）に位置している。このように、給電部１６を中央部９０以外の放射素子１１の部位に位置させることによって、ダイポールアンテナ素子１０のマッチングを容易に取ることができる。例えば、ダイポールアンテナ素子１０のマッチングを容易に取るために、給電部１６は、放射素子１１の中央部９０から放射素子１１の全長の１／８以上（好ましくは、１／６以上、さらに好ましくは、１／４以上）の距離を離した部位に位置するとよい。図１の場合、放射素子１１の全長は、Ｌ１１＋Ｌ１２に相当し、給電部１６は、中央部９０よりもグランドプレーン７０の角部７３側に位置している。

[0018] ダイポールアンテナ素子１０のマッチングを容易に取るために、給電部１６は、例えば、端部１４と端部１５との間の中央部９０よりもインピーダンスの高い部位に位置する給電点であってもよい。放射素子１１のインピーダンスは、放射素子１１の中央部９０から端部１４又は端部１５の方に離れるにつれて高くなり、図１の場合、給電部１６は、放射素子１１の中央部９０に対して端部１４寄りに配置されている。

[0019] ダイポールアンテナ素子２０は、放射素子２１に給電する給電部２６を備えている。給電部２６は、放射素子２１の一方の端部２４と他方の端部２５との間の導体部分に挿入される給電点である。

[0020] 図１の場合、給電部２６は、放射素子２１の端部２４と端部２５との間の中央部９０以外の部位（中央部９０と端部２４又は端部２５との間の部位）に位置している。このように、給電部２６を中央部９０以外の放射素子２１の部位に位置させることによって、ダイポールアンテナ素子２０のマッチングを容易に取ることができる。例えば、ダイポールアンテナ素子２０のマッ

チングを容易に取るために、給電部２６は、放射素子２１の中央部９０から放射素子２１の全長の１／８以上（好ましくは、１／６以上、さらに好ましくは、１／４以上）の距離を離した部位に位置するとよい。図１の場合、放射素子２１の全長は、Ｌ２１＋Ｌ２２に相当し、給電部２６は、中央部９０よりもグランドプレーン７０の角部７３側に位置している。

[0021] ダイポールアンテナ素子２０のマッチングを容易に取るために、給電部２６は、例えば、端部２４と端部２５との間の中央部９０よりもインピーダンスの高い部位に位置する給電点であってもよい。放射素子２１のインピーダンスは、放射素子２１の中央部９０から端部２４又は端部２５の方に離れるにつれて高くなり、図１の場合、給電部２６は、放射素子２１の中央部９０に対して端部２４寄りに配置されている。

[0022] 給電部１６と給電部２６は、互いに近づく方向に中央部９０からシフトした部位に位置している。これにより、ダイポールアンテナ素子１０，２０のマッチングを容易に取ることができる上、給電部１６，２６それぞれに接続される伝送線路を互いに近づけることができるので、ダイポールアンテナ素子１０，２０の設置に必要なスペースを容易に縮小できる。

[0023] なお、給電部１６と給電部２６に給電する方法としては、例えば不平衡系の同軸ケーブルを放射素子１１、２１に直接接続してもよく、またバランを介して平衡系線路に変換して直接接続してもよい。また、グランドプレーンを有する誘電体基板上に放射素子１１，２１が形成される場合、平面伝送線路で接続されてもよい。さらに、放射素子１１，２１が形成される誘電体基板とは別の誘電体基板から金属ピンを用いて放射素子１１，２１の導体部分に接続してもよい。以上のように、ダイポールアンテナ素子１０，２０への給電は、実装環境に合わせた最適な方法を選択することができる。

[0024] ＜ＭＩＭＯアンテナ２の構成＞

図２は、本発明の他の実施形態であるＭＩＭＯアンテナ２の動作を解析するためのコンピュータ上のシミュレーションモデルを示した平面図である。電磁界シミュレータとして、Ｍｉｃｒｏｗａｖｅ　Ｓｔｕｄｉｏ（登録商標

）（ＣＳＴ社）を使用した。上述の実施形態と同様の構成につていの説明は省略又は簡略する。ＭＩＭＯアンテナ２は、グランドプレーン７０と、ダイポールアンテナ素子３０と、ダイポールアンテナ素子４０とを備えたマルチアンテナである。

[0025] ダイポールアンテナ素子３０，４０は、例えば、グランドプレーン７０の角部７３の近傍に配置されている。ダイポールアンテナ素子３０は、ダイポールアンテナ素子４０の導体部分の延伸方向に直交するように延伸する導体部分を有する放射素子として、放射素子３１を備えている。ダイポールアンテナ素子４０は、ダイポールアンテナ素子３０の導体部分の延伸方向に直交するように延伸する導体部分を有する放射素子として、放射素子４１を備えている。ダイポールアンテナ素子４０は、ダイポールアンテナ素子３０と同様の構成を有しているため、ダイポールアンテナ素子４０の説明は、ダイポールアンテナ素子３０の説明を援用する。

[0026] ダイポールアンテナ素子３０の放射素子３１は、他のダイポールアンテナ素子４０の放射素子４１の導体部分の延伸方向に直交するように延伸する導体部分を有している。放射素子３１の導体部分は、外縁部７１に沿うように配置された線状のアンテナ導体部分であり、例えばＸ軸方向に所定距離Ｄ１離れた状態で外縁部７１に平行にＹ軸方向に延在している。放射素子３１が、外縁部７１に沿った導体部分を有することによって、例えばＭＩＭＯアンテナ２の指向性を容易に制御することが可能となる。なお、放射素子３１と外縁部７１とがＸ軸方向と厚み方向（Ｚ軸方向）の両方向に離間して設けられている場合、放射素子３１と外縁部７１との最短距離Ｄ２は、放射素子３１と外縁部７１との最近接部分を直線で結んだ距離に相当する。

[0027] ダイポールアンテナ素子３０は、放射素子３１に給電する給電部３６と、放射素子３１からＺ軸方向に所定距離離れて配置された導体である給電素子３７とを備えている。なお、図２の場合、放射素子３１と給電素子３７は、Ｚ軸方向での平面視において重複しているが、給電素子３７が放射素子３１に非接触で給電可能な距離離れていれば、必ずしもＺ軸方向での平面視にお

いて重複していなくてもよい。例えば、Ｘ軸又はＹ軸方向などの任意の方向での平面視において重複していてもよい。

[0028] 給電素子３７と放射素子３１は、互いに電磁界結合可能な距離で離れて配置されている。放射素子３１は、給電部３６で給電素子３７を介して電磁界結合によって非接触で給電される。このように給電されることによって、放射素子３１は、アンテナの放射導体として機能する。図２に示すように、放射素子３１が２点間を結ぶ線状導体である場合、半波長ダイポールアンテナと同様の共振電流（分布）が放射素子３１上に形成される。すなわち、放射素子３１は、所定の周波数の半波長で共振するダイポールアンテナとして機能（以下、ダイポールモードという）する。

[0029] 電磁界結合とは、電磁界の共鳴現象を利用した結合であり、例えば非特許文献（Ａ.Ｋｕｒｓ，ｅｔ ａｌ，“Ｗｉｒｅｌｅｓｓ Ｐｏｗｅｒ Ｔｒａｎｓｆｅｒ ｖｉａ Ｓｔｒｏｎｇｌｙ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｍａｇｎｅｔｉｃ Ｒｅｓｏｎａｎｃｅｓ，”Ｓｃｉｅｎｃｅ Ｅｘｐｒｅｓｓ，Ｖｏｌ.３１７，Ｎｏ.５８３４，ｐｐ.８３－８６，Ｊｕｌ．２００７）に開示されている。電磁界結合は、電磁界共振結合又は電磁界共鳴結合とも称され、同じ周波数で共振する共振器同士を近接させ、一方の共振器を共振させると、共振器間に作られるニアフィールド（非放射界領域）での結合を介して、他方の共振器にエネルギーを伝送する技術である。また、電磁界結合とは、静電容量結合や電磁誘導による結合を除いた高周波における電界及び磁界による結合を意味する。なお、ここでの「静電容量結合や電磁誘導による結合を除いた」とは、これらの結合が全くなくなることを意味するのではなく、影響を及ぼさない程度に小さいことを意味する。給電素子３７と放射素子３１との間の媒体は、空気でもよいし、ガラスや樹脂材等の誘電体でもよい。なお、給電素子３７と放射素子３１との間には、グランドプレーンやディスプレイ等の導電性材料を配置しないことが好ましい。

[0030] 給電素子３７と放射素子３１を電磁界結合させることによって、衝撃に対して強い構造が得られる。すなわち、電磁界結合の利用によって、給電素子

３７と放射素子３１を物理的に接触させることなく、給電素子３７を用いて放射素子３１に給電できるため、物理的な接触が必要な接触給電方式に比べて、衝撃に対して強い構造が得られる。

[0031] 給電素子３７と放射素子３１を電磁界結合させることによって、非接触給電を簡易な構成で実現できる。すなわち、電磁界結合の利用によって、給電素子３７と放射素子３１を物理的に接触させることなく、給電素子３７を用いて放射素子３１に給電できるため、物理的な接触が必要な接触給電方式に比べて、簡易な構成での給電が可能である。また、電磁界結合の利用によって、容量板などの余計な部品を構成してなくても、給電素子３７を用いて放射素子３１に給電できるため、静電容量結合で給電する場合に比べて、簡易な構成での給電が可能である。

[0032] また、電磁界結合で給電する場合の方が、静電容量結合で給電する場合に比べて、給電素子３７と放射素子３１の離間距離（結合距離）を長くしても、放射素子３１の動作利得（アンテナ利得）は低下しにくい。ここで、動作利得とは、アンテナの放射効率×リターンロスで算出される量であり、入力電力に対するアンテナの効率として定義される量である。したがって、給電素子３７と放射素子３１を電磁界結合させることで、給電素子３７と放射素子３１の配置位置を決める自由度を高めることができ、位置ロバスト性も高めることができる。なお、位置ロバスト性が高いとは、給電素子３７及び放射素子３１の配置位置等がずれても、放射素子３１の動作利得に与える影響が低いことを意味する。また、給電素子３７と放射素子３１の配置位置を決める自由度が高いため、ダイポールアンテナ素子３０，４０の設置に必要なスペースを容易に縮小できる点で有利である。

[0033] また、図２の場合、給電素子３７が放射素子３１に給電する部位である給電部３６は、放射素子３１の一方の端部３４と他方の端部３５との間の中央部９０以外の部位（中央部９０と端部３４又は端部３５との間の部位）に位置している。このように、給電部３６を放射素子３１の基本モードの共振周波数における最も低いインピーダンスになる部分（この場合、中央部９０）

以外の放射素子３１の部位に位置させることによって、ダイポールアンテナ素子３０のマッチングを容易に取ることができる。給電部３６は、放射素子３１と給電素子３７とが最近接する放射素子３１の導体部分のうち給電点３８に最も近い部分で定義される部位である。

[0034] 放射素子３１のインピーダンスは、放射素子３１の中央部９０から端部３４又は端部３５の方に離れるにつれて高くなる。電磁界結合における高インピーダンスでの結合の場合、給電素子３７と放射素子３１間のインピーダンスが多少変化しても一定以上の高インピーダンスで結合していればインピーダンスマッチングに対する影響は小さい。よって、マッチングを容易に取るために、放射素子３１の給電部は、放射素子３１の高インピーダンスの部分に位置することが好ましい。

[0035] 例えば、ダイポールアンテナ素子３０のインピーダンスマッチングを容易に取るために、給電部３６は、放射素子３１の基本モードの共振周波数における最も低いインピーダンスになる部分（この場合、中央部９０）から放射素子３１の全長の１／８以上（好ましくは、１／６以上、さらに好ましくは、１／４以上）の距離を離した部位に位置するとよい。図２の場合、放射素子３１の全長は、Ｌ３２に相当し、給電部３６は、中央部９０よりもグランドプレーン７０の角部７３側に位置している。

[0036] ダイポールアンテナ素子４０の放射素子４１は、前述のダイポールアンテナ素子３０の放射素子３１の導体部分の延伸方向に直交するように延伸する導体部分を有している。ダイポールアンテナ素子４０は、放射素子４１に給電する給電部４６と、放射素子４１からＺ軸方向に所定距離離して配置された導体である給電素子４７とを備えている。なお、図２の場合、ダイポールアンテナ素子４０の放射素子４１、給電部４６および放射素子４１は、放射素子３１の延伸方向と放射素子４１の延伸方向とが直交するように配置されている点で異なるだけであり、ダイポールアンテナ素子３０の放射素子３１、給電部３６および給電素子３７と同じ構成を有しているため説明を省略する。

[0037] 給電部３６と給電部４６は、互いに近づく方向に中央部９０からシフトした部位に位置している。これにより、ダイポールアンテナ素子３０，４０のマッチングを容易に取ることができる上、給電部３６，４６それぞれに接続される伝送線路を互いに近づけることができるので、ダイポールアンテナ素子３０，４０の設置に必要なスペースを容易に縮小できる。

[0038] 給電素子３７は、マイクロストリップライン等の伝送線路に接続される給電点３８に接続され、給電部３６を介して、放射素子３１に対して非接触で給電可能な線状導体である。図２には、グランドプレーン７０の外縁部７１に対して直角且つＸ軸に平行な方向に延在する直線状導体と、Ｙ軸に平行な外縁部７１に並走して延在する直線状導体とによって、Ｌ字状に形成された給電素子３７が例示されている。図２の場合、給電素子３７は、給電点３８を起点にＸ軸方向に延伸してからＹ軸方向に折り曲げられ、Ｙ軸方向への延伸の端部３９まで延伸している。給電素子４７もＸ軸方向とＹ軸方向が異なるだけで同様に構成されている。

[0039] 図３は、ＭＩＭＯアンテナ２の各構成のＺ軸方向の位置関係を模式的に示した図である。給電素子３７は、図３の場合、誘電体基板８０の表面に設けられているが、誘電体基板８０の内部に設置されてもよい。放射素子３１は、給電素子３７から離れて配置され、例えば図３に示されるように、誘電体基板８０から距離Ｈ２離れて誘電体基板８０に対向する誘電体基板１１０に設けられている。誘電体基板１１０は、例えば樹脂製の基板であるが、樹脂以外の誘電体、例えばガラスやガラスセラミックス、ＬＴＣＣ、アルミナなどを利用することができる。放射素子３１は、図３では誘電体基板１１０の給電素子３７に対向する側の表面に配置されているが、誘電体基板１１０の給電素子３７に対向する側とは反対側の表面に配置されてもよいし、誘電体基板１１０の側面に配置されてもよい。

[0040] なお、図面を見えやすくするため、図２では図３に示した誘電体基板１１０の図示が省略されている。また、放射素子４１と給電素子４７とのＺ軸方向の位置関係は、図３に示した構成と同様のため、その説明を省略する。

[0041] また、放射素子３１の基本モードの共振周波数における真空中の電波波長をλ$_0$とする場合、給電素子３７と放射素子３１との最短距離Ｈ４（≒Ｈ２＞０）は、０．２×λ$_0$以下（より好ましくは、０．１×λ$_0$以下、更に好ましくは、０．０５×λ$_0$以下）であると好適である。給電素子３７と放射素子３１をこのような最短距離Ｈ４だけ離して配置することによって、放射素子３１の動作利得を向上させる点で有利である。

[0042] なお、最短距離Ｈ４とは、給電素子３７と放射素子３１において、最も近接している部位間の直線距離である。また、給電素子３７と放射素子３１は、両者が電磁界結合していれば、任意の方向から見たときに、交差しても交差しなくてもよいし、その交差角度も任意の角度でよい。

[0043] また、給電素子３７と放射素子３１とが最短距離ｘで並走する距離は、放射素子３１の物理的な長さの３／８以下であることが好ましい。より好ましくは、１／４以下、更に好ましくは、１／８以下である。最短距離ｘとなる位置は給電素子３７と放射素子３１との結合が強い部位であり、最短距離ｘで並走する距離が長いと、放射素子３１のインピーダンスが高い部分と低い部分の両方と強く結合することになるため、インピーダンスマッチングが取れない場合がある。よって、放射素子３１のインピーダンスの変化が少ない部位のみと強く結合するために最短距離ｘで並走する距離は短い方がインピーダンスマッチングの点で有利である。

[0044] また、給電素子３７の共振の基本モードを与える電気長をＬｅ３７、放射素子３１の共振の基本モードを与える電気長をＬｅ３１、放射素子３１の基本モードの共振周波数ｆにおける給電素子３７または放射素子３１上での波長をλとして、Ｌｅ３７が、（３／８）・λ以下であり、かつ、Ｌｅ３１が、（３／８）・λ以上（５／８）・λ以下であることが好ましい。

[0045] また、外縁部７１が放射素子３１に沿うようにグランドプレーン７０が形成されているので、給電素子３７は、外縁部７１との相互作用により、給電素子３７とグランドプレーン７０上に、共振電流（分布）を形成することができ、放射素子３１と共鳴して電磁界結合する。そのため、給電素子３７の

電気長Ｌｅ３７の下限値は特になく、給電素子３７が放射素子３１と物理的に電磁界結合できる程度の長さであればよい。

[0046] また、前記Ｌｅ３７は、給電素子３７の形状に自由度を与えたい場合には、（１／８）・λ以上（３／８）・λ以下がより好ましく、（３／１６）・λ以上（５／１６）・λ以下が特に好ましい。Ｌｅ３７がこの範囲内であれば、給電素子３７が放射素子３１の設計周波数（共振周波数ｆ）にて良好に共振するため、グランドプレーン７０に依存せずに給電素子３７と放射素子３１とが共鳴して良好な電磁界結合が得られ好ましい。

[0047] なお、電磁界結合が実現しているとは整合が取れているということを意味している。また、この場合、給電素子３７が放射素子３１の共振周波数に合わせて電気長を設計する必要がなく、給電素子３７を放射導体として自由に設計することが可能になるため、ダイポールアンテナ素子３０の多周波化を容易に実現できる。なお、放射素子３１に沿うグランドプレーン７０の外縁部７１は、給電素子３７の電気長と合計して設計周波数（共振周波数ｆ）の（１／４）・λ以上の長さであることがよい。

[0048] なお給電素子３７の物理的な長さＬ３７は、整合回路などを含んでいない場合、放射素子の基本モードの共振周波数における真空中の電波の波長をλ_0として、実装される環境による波長短縮効果の短縮率をk_1としたとき、$\lambda_{g1}=\lambda_0\cdot k_1$によって決定される。ここで$k_1$は、給電素子３７の環境の実効比誘電率（$\varepsilon_{r1}$）および実効比透磁率（$\mu_{r1}$）などの給電素子が設けられた誘電体基材等の媒質（環境）の比誘電率、比透磁率、および厚み、共振周波数などから算出される値である。すなわち、Ｌ３７は、（３／８）・λ_{g1}以下である。なお、短縮率は上記の物性から算出してもよいし、実測により求めても良い。例えば、短縮率を測定したい環境に設置された対象となる素子の共振周波数を測定し、任意の周波数ごとの短縮率が既知である環境において同じ素子の共振周波数を測定し、これらの共振周波数の差から短縮率を算出してもよい。

[0049] 給電素子３７の物理的な長さをＬ３７（図２の場合、Ｄ１＋Ｌ３１に相当

）とすると、Ｌ３７はＬｅ３７を与える物理的な長さであり、その他の要素を含まない理想的な場合、Ｌｅ３７と等しい。給電素子３７が、整合回路などを含む場合、Ｌ３７は、ゼロを超え、Ｌｅ３７以下が好ましい。Ｌ３７はインダクタ等の整合回路を利用することにより短く（サイズを小さく）することが可能である。

[0050] また、放射素子の共振の基本モードがダイポールモード（放射素子の両端が開放端であるような線状の導体）であり、前記Ｌｅ３１は、（３／８）・λ以上（５／８）・λ以下が好ましく、（７／１６）・λ以上（９／１６）・λ以下がより好ましく、（１５／３２）・λ以上（１７／３２）・λ以下が特に好ましい。また、高次モードを考慮すると、前記Ｌｅ３１は、（３／８）・λ・ｍ以上（５／８）・λ・ｍ以下が好ましく、（７／１６）・λ・ｍ以上（９／１６）・λ・ｍ以下がより好ましく、（１５／３２）・λ・ｍ以上（１７／３２）・λ・ｍ以下が特に好ましい。ただし、ｍは高次モードのモード数であり、自然数である。ｍは１～５の整数が好ましく、１～３の整数が特に好ましい。ｍ＝１の場合は基本モードである。Ｌｅ３１がこの範囲内であれば、放射素子３１が充分に放射導体として機能し、ダイポールアンテナ素子３０の効率が良く好ましい。

[0051] なお放射素子３１の物理的な長さＬ３１は、放射素子の基本モードの共振周波数における真空中の電波の波長をλ_0として、実装される環境による短縮効果の短縮率をk_2としたとき、$\lambda_{g2}=\lambda_0\cdot k_2$によって決定される。ここで$k_2$は、放射素子３１の環境の実効比誘電率（$\varepsilon_{r2}$）および実効比透磁率（$\mu_{r2}$）などの放射素子が設けられた誘電体基材等の媒質（環境）の比誘電率、比透磁率、および厚み、共振周波数などから算出される値である。すなわち、放射素子の共振の基本モードがダイポールモードであり、Ｌ３１は、（１／２）・λ_{g2}であることが理想的である。放射素子３１の長さＬ３１は、好ましくは、（１／４）・λ_{g2}以上（５／８）・λ_{g2}以下であり、さらに好ましくは、（３／８）・λ_{g2}以上である。放射素子３１の物理的な長さＬ３１は、Ｌｅ３１を与える物理的な長さであり、その他の要素を含まない理想的

な場合、Ｌｅ３１と等しい。Ｌ３１は、インダクタ等の整合回路を利用することにより短くしたとしても、ゼロを超え、Ｌｅ３１以下が好ましく、Ｌｅ３１の０．４倍以上１倍以下が特に好ましい。放射素子３１の長さＬ３１をこのような長さに調整することによって、放射素子３１の動作利得を向上させる点で有利である。

[0052] 例えば、誘電体基材として比誘電率＝３．４、ｔａｎδ＝０．００３、基板厚０．８ｍｍであるＢＴレジン（登録商標）ＣＣＬ－ＨＬ８７０（Ｍ）（三菱ガス化学製）を使用した場合のＬ３７の長さは、設計周波数を３．５ＧＨｚとしたときに、２０ｍｍであり、Ｌ３１の長さは、設計周波数を２．２ＧＨｚとしたときに、３４ｍｍである。

[0053] なお、給電素子４７と放射素子４１との電磁界結合及び長さの関係は、上述の説明と同様であるため、その説明を省略する。

[0054] 放射素子３１は、給電素子３７によって給電部３６で非接触に給電されることにより（特には、電磁界結合で給電されることにより）、ダイポールモードで動作するアンテナとして機能するアンテナ導体である。同様に、放射素子４１は、給電素子４７によって給電部４６で非接触に給電されることにより（特には、電磁界結合で給電されることにより）、ダイポールモードで動作するアンテナとして機能するアンテナ導体である。

[0055] ＜アンテナ素子間の相関係数について＞

本発明の実施形態に係るＭＩＭＯアンテナは、ダイポールアンテナ素子間の相関係数が低いため、ダイポールアンテナ素子とグランドプレーンの外縁部との距離を自由に設計でき、特にモノポールアンテナ素子の場合と比較してダイポールアンテナ素子とグランドプレーンの外縁部とを互いに近づけることが可能である。すなわち、ダイポールアンテナ素子の放射素子の設計周波数における真空中の波長をλ_0とする場合、放射素子とグランドプレーンの外縁部との最短の距離Ｄ２（＞０）は、０．０５・λ_0以下とすることが可能である。さらに、距離Ｄ２は、０．０４３・λ_0以下とすることが可能である。さらに、距離Ｄ２は、０．０３４・λ_0以下とすることが可能である。距離

Ｄ２をこのような値に設定することにより、ダイポールアンテナ素子間の相関係数を低く保ったまま、ダイポールアンテナ素子の設置スペースを削減する点で有利である。例えば、設計周波数を２．５ＧＨｚに設定した場合、距離Ｄ２は、好ましくは６ｍｍ以下であり、さらに好ましくは、５ｍｍ以下である。さらに好ましくは、４ｍｍ以下である。

[0056] 次に、アンテナ素子間の相関係数について、本発明の実施形態とは異なるモノポールアンテナ素子の場合と本発明の実施形態に係るダイポールアンテナ素子の場合とを比較して説明する。

[0057] 図４は、本発明の実施形態とは異なる２つのモノポールアンテナ素子５０，６０を使用するＭＩＭＯアンテナ１００の平面図である。モノポールアンテナ素子５０，６０は、グランドプレーン７０の角部７３の近傍に配置されたＬ字状のアンテナ導体である。モノポールアンテナ素子５０は、給電点５６を介して給電される放射素子５１を備え、モノポールアンテナ素子６０は、給電点６６を介して給電される放射素子６１を備えている。放射素子５１，６１は、誘電体基板８０に設置されている。

[0058] 図５は、アンテナ素子の放射素子とグランドプレーン７０の外縁部との最短の距離Ｄ２と、アンテナ素子間の相関係数との関係を示したグラフである。図５は、放射素子の共振周波数を２．５ＧＨｚに固定（つまり、放射素子の全長を固定）した状態で、グランドプレーン７０からＸ軸方向またはＹ軸方向の距離Ｄ１を変化させることで最短距離Ｄ２を変化させたときの相関係数の変化を示している。なお、相関係数は以下の式より算出した。

[0059] [数1]

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

[0060] モノポールアンテナ素子５０，６０を用いるＭＩＭＯアンテナ１００の場合、放射素子５１，６１がグランドプレーン７０に近づくほど、相関係数が上昇する（アンテナ利得が低下）する。つまり、アンテナ利得を向上させるには、距離Ｄ２を大きくしなければならない。そのため、放射素子５１，６１とグランドプレーン７０の外縁部７１，７２との間の不要スペースが大きくなり、設置スペースが増大する。

[0061] これに対し、本実施形態に係るＭＩＭＯアンテナ１，２に構成されるダイポールアンテナ素子はグランドプレーンを利用しないため、放射素子をグランドプレーンに近づけても、ダイポールアンテナ素子間の相関係数を低く保つことができる。つまり、ダイポールアンテナ素子の設置スペースの縮小と相関係数を下げることを両立させることができる。

[0062] なお、本発明の実施形態に係る複数のダイポールアンテナ素子は、それぞれの放射素子の導体部分の延伸方向が直交するように延伸している（例えば、図１のＭＩＭＯアンテナ１の場合、放射素子１１の導体部分１２，１３の延伸方向と放射素子２１の導体部分２２，２３の延伸方向とが互いに直交している）。しかしながら、ダイポールアンテナ素子であれば、ダイポールアンテナ素子間の相関係数を下げることができるため、それぞれの放射素子が必ずしも互いに直交配置されていなくてもよい。例えば、複数のダイポールアンテナ素子それぞれの放射素子の導体部分の延伸方向が互いに平行又は斜めに配置されていてもよい。

[0063] ＜マルチバンド化について＞

また、本発明の実施形態に係るＭＩＭＯアンテナは、複数のダイポールアンテナ素子を有するので、放射素子の基本モードと、その基本モードの共振周波数の整数倍で放射素子が共振する高次モードとを組み合わせたマルチバンド化が容易に可能となる。これに対し、複数のモノポールアンテナ素子を利用するＭＩＭＯアンテナは、高次モードの共振周波数が基本モードの共振周波数から離れすぎるため（２次モードの共振周波数は、基本モードの３倍）、マルチバンドに適用することが難しい。

[0064] 図６は、基本モードの共振周波数を２．４ＧＨｚで設計したＭＩＭＯアンテナ１のＳパラメータの特性図である。図７は、基本モードの共振周波数を２．４ＧＨｚで設計したＭＩＭＯアンテナ１の各周波数における相関係数を示した図である。図６，図７に示されるように、基本モードの共振周波数２．４ＧＨｚの約２倍の４．８ＧＨｚ付近に、２次モードの共振が生じており、それぞれの共振周波数において相関係数は小さい。つまり、２．４ＧＨｚ付近の帯域と４．８ＧＨｚ付近の帯域とを比較的高いアンテナ利得で受信可能なマルチバンドアンテナが実現されている。

[0065] ＜給電部のオフセットについて＞

ダイポールアンテナ素子とグランドプレーンとを近づけすぎると、放射素子とグランドプレーンとの結合により、放射素子の放射抵抗が低下し、ＭＩＭＯアンテナのマッチングがとりにくい。しかしながら、本発明の実施形態に係るＭＩＭＯアンテナでは、給電部を、放射素子の中央部以外の部位（例えば、中央部よりもインピーダンスの高い部位）に配置しているので、ＭＩＭＯアンテナのマッチングが容易になる。これにより、ダイポールアンテナ素子の放射素子とグランドプレーンとの外縁部との距離Ｄ２を容易に近づけることができるため、ダイポールアンテナ素子の設置スペースの縮小とＭＩＭＯアンテナのアンテナ利得の向上を両立させることができる。

[0066] 特に、距離Ｄ２を０．０５・λ_0以下（好ましくは、０．０４３・λ_0以下、さらに好ましくは０．０３４・λ_0以下）にする場合、給電部を放射素子の中央部からオフセットさせると、ダイポールアンテナ素子のマッチングを容易に取ることができるという点で有利である。例えば、距離Ｄ２を０．０５・λ_0以下（好ましくは、０．０４３・λ_0以下、さらに好ましくは０．０３４・λ_0以下）にする場合、放射素子の中央部から放射素子２１の全長の１／８以上（好ましくは、１／６以上、さらに好ましくは、１／４以上）の距離を離して給電部をオフセットさせるとよい。

[0067] 図８は、基本モードの共振周波数を２．４ＧＨｚで設計したＭＩＭＯアンテナ１において、給電部１６（又は、給電部２６）と中央部９０との間の距

離であるオフセット距離を変えたときのＳパラメータの変化を示した特性図である。図８の測定では、オフセット距離がＭＩＭＯアンテナ１の反射損失（リターンロス）に与える影響を評価するため、距離Ｄ２を２．８ｍｍに設定している。図８に示されるように、オフセット距離を大きくするにつれて（図１の場合、給電部１６，２６を端部１４，２４に近づけるにつれて）、反射損失を低下させることができ、ＭＩＭＯアンテナ１のマッチングが容易になる。

[0068] ＜ＭＩＭＯアンテナの搭載装置＞

本発明の実施形態に係るＭＩＭＯアンテナは、無線装置（例えば、人が携帯可能な通信端末等の無線通信装置）に搭載される。無線装置の具体例として、情報端末機、携帯電話、スマートフォン、パソコン、ゲーム機、テレビ、音楽や映像のプレーヤーなどの電子機器が挙げられる。

[0069] 例えば図３において、ＭＩＭＯアンテナ２がディスプレイを有する無線通信装置に搭載される場合、誘電体基板１１０は、例えば、ディスプレイの画像表示面を全面的に覆うカバーガラスであってもよいし、誘電体基板８０が固定される筐体（特には、表蓋、裏蓋、側壁など）であってもよい。カバーガラスは、ディスプレイに表示される画像を透明又はユーザが視認可能な程度に半透明な誘電体基板であって、ディスプレイの上に積層配置された平板状の部材である。

[0070] 放射素子３１がカバーガラスの表面に設けられる場合、放射素子３１は、銅や銀などの導体ペーストをカバーガラスの表面に塗って焼成して形成されるとよい。このときの導体ペーストとして、カバーガラスに利用される化学強化ガラスの強化が鈍らない程度の温度で焼成できる低温焼成可能な導体ペーストを利用するとよい。また、酸化による導体の劣化を防ぐために、メッキなどを施してもよい。また、カバーガラスには加飾印刷が施されていてもよく、加飾印刷された部分に導体が形成されていてもよい。また、配線などを隠す目的でカバーガラスの周縁に黒色隠蔽膜が形成されている場合、放射素子３１が黒色隠蔽膜上に形成されてもよい。

[0071] また、給電素子３７，４７及び放射素子３１，４１、並びにグランドプレーン７０のＺ軸に平行な高さ方向における各位置は、互いに異なっていてもよい。また、給電素子３７，４７及び放射素子３１，４１、並びにグランドプレーン７０の高さ方向の各位置が全て又は一部のみが同じでもよい。

[0072] また、一つの給電素子３７で複数の放射素子に給電してもよい。複数の放射素子を利用することにより、マルチバンド化、ワイドバンド化、指向性制御等の実施が容易となる。また、複数のＭＩＭＯアンテナが一つの無線装置に搭載されてもよい。

実施例 １

[0073] 図１～４で示した形態の各ＭＩＭＯアンテナをシミュレーション解析したときにおいて、距離Ｄ１を１～６ｍｍまで１ｍｍ毎に変化させることで最短距離Ｄ２を変化させたときの、Ｓ１１特性、相関係数特性及び動作利得特性（アンテナ利得特性）について説明する。Ｓ１１特性とは、高周波電子部品等の特性の一種であり、本明細書においては周波数に対する反射損失（リターンロス）で表す。電磁界シミュレータとして、Ｍｉｃｒｏｗａｖｅ Ｓｔｕｄｉｏ（登録商標）（ＣＳＴ社）を使用した。各放射素子の基本モードの共振周波数を２．４ＧＨｚ付近に設定した。

[0074] 特性測定時の図１で示した各寸法は、単位をｍｍとすると、

Ｌ１１，Ｌ２１：４

Ｌ１２，Ｌ２２：３４

Ｌ１３，Ｌ２３：３．５

Ｗ１１，Ｗ２１：１．９

とした。

[0075] 特性測定時の図２で示した各寸法は、単位をｍｍとすると、

Ｌ３１，Ｌ４１：１０．９５

Ｌ３２，Ｌ４２：３０

Ｌ３３，Ｌ４３：４．０５

Ｗ３１，Ｗ４１：１．９

Ｗ３２，Ｗ４２：１．９

Ｗ３３，Ｗ４３：１

とした。

[0076] 特性測定時の図４で示した各寸法は、単位をｍｍとすると、

Ｌ５１，Ｌ６１：２２．９５（Ｄ１＝１）

Ｌ５１，Ｌ６１：２１．９５（Ｄ１＝２）

Ｌ５１，Ｌ６１：２０．９５（Ｄ１＝３）

Ｌ５１，Ｌ６１：１９．９５（Ｄ１＝４）

Ｌ５１，Ｌ６１：１８．９５（Ｄ１＝５）

Ｌ５１，Ｌ６１：１７．９５（Ｄ１＝６）

Ｌ５２，Ｌ６２：５

Ｗ５１，Ｗ６１：１．９

Ｗ５２，Ｗ６２：１．９

とした。

[0077] また、グランドプレーン７０、給電素子及び放射素子において、Ｚ軸方向の厚さ（高さ）は０．０１８ｍｍとした。また、誘電体基板８０は、比誘電率ε_r＝３．３、ｔａｎδ＝０．００３に設定し、誘電体基板１１０は、比誘電率ε_r＝８．６、ｔａｎδ＝０．０００３２６に設定した。また、図３において、Ｈ１を０．８ｍｍ、Ｈ２を２ｍｍ、Ｈ３を１ｍｍに設定した。また、グランドプレーン７０の形状は、Ｘ軸方向が５０ｍｍでＹ軸方向が１２０ｍｍの長方形とし、誘電体基板８０の形状は、Ｘ軸方向が６０ｍｍでＹ軸方向が１３０ｍｍの長方形とした。

[0078] 図９は、直接給電したダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１のＳ１１特性図である。図１０は、ＭＩＭＯアンテナ１の相関係数の特性図である。図１１は、ＭＩＭＯアンテナ１の動作利得の特性図である。図１２は、電磁界結合によって給電したダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ２のＳ１１特性図である。図１３は、ＭＩＭＯアンテナ２の相関係数の特性図である。図１４は、ＭＩＭＯアンテナ２の動作利得の特性

図である。図１５は、モノポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１００のＳ１１特性図である。図１６は、ＭＩＭＯアンテナ１００の相関係数の特性図である。図１７は、ＭＩＭＯアンテナ１００の動作利得の特性図である。

[0079] なお、図９から図１７において、１ｍｍ、２ｍｍ、３ｍｍ、４ｍｍ、５ｍｍ、６ｍｍは距離Ｄ１を示しており、最短距離Ｄ２に換算した場合、それぞれ３ｍｍ、３．４ｍｍ、４．１ｍｍ、４．９ｍｍ、５．７ｍｍ、６．６ｍｍとなる。

[0080] ダイポールアンテナ素子を使用するＳ１１（図９，図１２）は、モノポールアンテナ素子を使用するＳ１１（図１５）に比べて、共振周波数２．４ＧＨｚ付近で大きく低下している。そのため、ダイポールアンテナ素子を使用する場合の方が、モノポールアンテナ素子を使用する場合に比べて、共振周波数でマッチングすることに優れていることがわかる。

[0081] ダイポールアンテナ素子を使用する相関係数（図１０，図１３）も、モノポールアンテナ素子を使用する相関係数（図１６）に比べて、共振周波数２．４ＧＨｚ付近で大きく０付近に低下していることがわかる。

[0082] 一方、ダイポールアンテナ素子を使用する動作利得（図１１，図１４）は、モノポールアンテナ素子を使用する動作利得（図１７）に比べて、共振周波数２．４ＧＨｚ付近で大きく向上していることがわかる。

[0083] このように、アンテナ素子の設置スペースの縮小と相関係数を下げることとの両立が実現されている。

実施例 2

[0084] 次に、各放射素子が互いに直交する導体部分を有するＭＩＭＯアンテナ１，２，１００（図１，図２，図４）それぞれについてマッチングが最も取れた共振周波数で、ＭＩＭＯアンテナ１，２，１００の特性を比較した結果について説明する。具体的には、距離Ｄ１を１～６ｍｍまで１ｍｍ毎に変化させることで最短距離Ｄ２を変化させたときの、Ｓ１１特性、相関係数特性、動作利得特性について比較する。

[0085] 特性測定時の各部の寸法は、実施例１と同じである。また、グランドプレーン７０、各素子の厚さ及び誘電体基板の各部の寸法も、実施例１と同じである。

[0086] [表1]

S11が最小となる周波数 [GHz]	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm
MIMOアンテナ100	2.34	2.41	2.45	2.47	2.50	2.52
MIMOアンテナ1	2.39	2.36	2.34	2.34	2.34	2.35
MIMOアンテナ2	2.76	2.66	2.57	2.49	2.44	2.40

[0087] 表１は、ＭＩＭＯアンテナ１，２，１００のＳ１１特性図（図９，図１２，図１５）から、Ｓ１１が最小となる周波数（すなわち、マッチングが最も取れた共振周波数）を抽出してまとめたものである。

[0088] [表2]

相関係数	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm
MIMOアンテナ100	0.35	0.25	0.18	0.13	0.090	0.0064
MIMOアンテナ1	0.020	0.010	0.0073	0.0059	0.0071	0.0011
MIMOアンテナ2	0.011	0.00036	0.000024	0.00014	0.00058	0.0014

[0089] 表２は、ＭＩＭＯアンテナ１，２，１００の相関係数の特性図（図１０，図１３，図１６）から、Ｓ１１が最小となる周波数における相関係数を抽出してまとめたものである。表２によれば、ダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１，２の相関係数は、モノポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１００の相関係数よりも低いという結果が得られた。

[0090]

[表3]

動作利得	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm
MIMOアンテナ100	0.48	0.62	0.69	0.73	0.76	0.76
MIMOアンテナ1	0.55	0.63	0.69	0.75	0.78	0.79
MIMOアンテナ2	0.80	0.96	0.99	0.99	0.97	0.95

[0091] 表３は、ＭＩＭＯアンテナ１，２，１００の動作利得の特性図（図１１，図１４，図１７）から、Ｓ１１が最小となる周波数における動作利得を抽出してまとめたものである。表３によれば、ダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１，２の動作利得は、モノポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１００の動作利得よりも高いという結果が得られた。

[0092] なお、表１から表３において、１ｍｍ、２ｍｍ、３ｍｍ、４ｍｍ、５ｍｍ、６ｍｍは距離Ｄ１を示しており、最短距離Ｄ２に換算した場合、それぞれ３ｍｍ、３．４ｍｍ、４．１ｍｍ、４．９ｍｍ、５．７ｍｍ、６．６ｍｍとなる。

実施例 3

[0093] 次に、各放射素子が互いに平行な導体部分を有するＭＩＭＯアンテナ３，４，１０１（図１８，図１９，図２０）それぞれについてマッチングが最も取れた共振周波数で、ＭＩＭＯアンテナ３，４，１０１の特性を比較した結果について説明する。具体的には、距離Ｄ１を１～６ｍｍまで１ｍｍ毎に変化させることで最短距離Ｄ２を変化させたときの、Ｓ１１特性、相関係数特性、動作利得特性について比較する。

[0094] 図１８は、本発明の実施形態であるＭＩＭＯアンテナ３の動作を解析するためのコンピュータ上のシミュレーションモデルを示した平面図である。ＭＩＭＯアンテナ３は、グランドプレーン７０と、２つのダイポールアンテナ素子１０，２０とを備えたマルチアンテナである。ＭＩＭＯアンテナ３では

、ダイポールアンテナ素子１０の放射素子１１とダイポールアンテナ素子２０の放射素子２１とが、それぞれ、互いに平行に延伸する導体部分を有している。

[0095] 図１９は、本発明の実施形態であるＭＩＭＯアンテナ４の動作を解析するためのコンピュータ上のシミュレーションモデルを示した平面図である。ＭＩＭＯアンテナ４は、グランドプレーン７０と、２つのダイポールアンテナ素子３０，４０とを備えたマルチアンテナである。ＭＩＭＯアンテナ４では、ダイポールアンテナ素子３０の放射素子３１とダイポールアンテナ素子４０の放射素子４１とが、それぞれ、互いに平行に延伸する導体部分を有している。

[0096] 図２０は、本発明の実施形態とは異なるＭＩＭＯアンテナ１０１の動作を解析するためのコンピュータ上のシミュレーションモデルを示した平面図である。ＭＩＭＯアンテナ１０１は、グランドプレーン７０と、２つのモノポールアンテナ素子５０，６０とを備えたマルチアンテナである。ＭＩＭＯアンテナ１０１では、モノポールアンテナ素子５０の放射素子５１とモノポールアンテナ素子６０の放射素子６１とが、それぞれ、互いに平行に延伸する導体部分を有している。

[0097] 特性測定時の図１８で示した各寸法は、単位をｍｍとすると、

Ｌ１１，Ｌ２１：６．５

Ｌ１２，Ｌ２２：３１．５

Ｌ３：２．１

Ｗ１１，Ｗ２１：１．９

とした。

[0098] 特性測定時の図１９で示した各寸法は、単位をｍｍとすると、

Ｌ３１，Ｌ４１：１０．９５

Ｌ３２，Ｌ４２：３０

Ｌ４：２．１

Ｗ３１，Ｗ４１：１．９

Ｗ３２，Ｗ４２：１．９

Ｗ３３，Ｗ４３：１

とした。

[0099] 特性測定時の図２０で示した各寸法は、単位をｍｍとすると、

Ｌ５１，Ｌ６１：２２．９５（Ｄ１＝１）

Ｌ５１，Ｌ６１：２１．９５（Ｄ１＝２）

Ｌ５１，Ｌ６１：２０．９５（Ｄ１＝３）

Ｌ５１，Ｌ６１：１９．９５（Ｄ１＝４）

Ｌ５１，Ｌ６１：１８．９５（Ｄ１＝５）

Ｌ５１，Ｌ６１：１７．９５（Ｄ１＝６）

Ｌ１０１：２．１

Ｗ５１，Ｗ６１：１．９

Ｗ５２，Ｗ６２：１．９

とした。

[0100] また、グランドプレーン７０、各素子の厚さ及び誘電体基板の各部の寸法は、実施例１と同じである。

[0101] 図２１は、ダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ３のＳ１１特性図である。図２２は、ＭＩＭＯアンテナ３の相関係数の特性図である。図２３は、ＭＩＭＯアンテナ３の動作利得の特性図である。図２４は、電磁界結合するダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ４のＳ１１特性図である。図２５は、ＭＩＭＯアンテナ４の相関係数の特性図である。図２６は、ＭＩＭＯアンテナ４の動作利得の特性図である。図２７は、モノポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１０１のＳ１１特性図である。図２８は、ＭＩＭＯアンテナ１０１の相関係数の特性図である。図２９は、ＭＩＭＯアンテナ１０１の動作利得の特性図である。

[0102]

[表4]

S11が最小となる周波数 [GHz]	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm
MIMOアンテナ101	2.51	2.51	2.54	2.57	2.61	2.66
MIMOアンテナ3	2.45	2.44	2.44	2.44	2.44	2.46
MIMOアンテナ4	2.65	2.58	2.49	2.42	2.38	2.34

[0103] 表４は、ＭＩＭＯアンテナ３，４，１０１のＳ１１特性図（図２１，図２４，図２７）から、Ｓ１１が最小となる周波数（すなわち、マッチングが最も取れた共振周波数）を抽出してまとめたものである。

[0104] [表5]

相関係数	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm
MIMOアンテナ101	0.18	0.20	0.18	0.17	0.17	0.17
MIMOアンテナ3	0.0020	0.015	0.056	0.10	0.12	0.14
MIMOアンテナ4	0.0030	0.0030	0.0020	0.0015	0.0015	0.0014

[0105] 表５は、ＭＩＭＯアンテナ３，４，１０１の相関係数の特性図（図２２，図２５，図２８）から、Ｓ１１が最小となる周波数における相関係数を抽出してまとめたものである。表５によれば、ダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ３，４の相関係数は、モノポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１０１の相関係数よりも低いという結果が得られた。

[0106]

[表6]

動作利得	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm
MIMOアンテナ101	0.41	0.53	0.60	0.61	0.61	0.60
MIMOアンテナ3	0.39	0.42	0.51	0.58	0.61	0.62
MIMOアンテナ4	0.77	0.86	0.95	0.97	0.94	0.92

[0107] 表６は、ＭＩＭＯアンテナ３，４，１０１の動作利得の特性図（図２３，図２６，図２９）から、Ｓ１１が最小となる周波数における動作利得を抽出してまとめたものである。表６によれば、ダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ３の動作利得は、モノポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１０１の動作利得と同等という結果が得られた。また、表６によれば、ダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ４の動作利得は、モノポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１０１の動作利得よりも高いという結果が得られた。

[0108] なお、図２１から図２９および表４から表６において、１ｍｍ、２ｍｍ、３ｍｍ、４ｍｍ、５ｍｍ、６ｍｍは距離Ｄ１を示しており、最短距離Ｄ２に換算した場合、それぞれ３ｍｍ、３．４ｍｍ、４．１ｍｍ、４．９ｍｍ、５．７ｍｍ、６．６ｍｍとなる。

実施例 4

[0109] 次に、放射素子とグランドプレーンとの距離Ｄ２と、放射素子の中央部に対しての給電部のオフセット距離とを変化させたときの、ダイポールアンテナ素子を使用するＭＩＭＯアンテナ１（図１）の電圧定在波比（ＶＳＷＲ）を測定した結果について説明する。なお、オフセット距離は、給電部１６（又は、給電部２６）と中央部９０との間の距離である。

[0110] 放射素子１１，２１の基本モードの共振周波数を２．４ＧＨｚ付近に設定し、ＶＳＷＲ測定時の図１で示した各部の寸法は、実施例１と同じである。

[0111] [表7]

VSWR S11[dB]<-6.0		グランドからの距離							
		0.028	0.039	0.046	0.053	0.068	0.083	0.099
給電位置	0	-3.01	-4.44	-5.25	-6.2	-8.5	-8.19	-9.65
	0.08	-3.1	-4.7	-5.52	-6.5	-9	-8.38	-9.85
	0.11			-5.75				
	0.13			-6.06				
	0.16	-3.7	-5.5	-6.48	-7.5	-10.7	-8.76	-10.1
	0.24	-5.08	-7.4	-8.7	-9.5	-15.2	-8.5	-9.54
	0.32	-8.07	-12.2	-13.7	-12	-31.61	-6.5	-6.97
	0.39	-11.6	-14.4	-12.2	-8	-9.7	-3.4	-3.62

[0112] 表７は、距離Ｄ２とオフセット距離とを変化させたときに測定されたＶＳＷＲからＳ１１を演算した値をまとめたものである。表７に示した「グランドからの距離」は、実際の距離Ｄ２を２．４ＧＨｚの真空中の波長λ_0（＝１２５ｍｍ）で規格化した値（＝Ｄ２／１２５）を表す。表７に示した「給電位置」は、放射素子１１，２１の全長（＝３８ｍｍ）に対する、端部１４，２４側への中央部９０からの給電部１６，２６のシフト量（＝オフセット距離）の割合を表す。この割合が０のとき、給電部１６，２６が中央部９０に位置していることを表す。また、表７において、－６．０未満のＳ１１を点線で囲っている。Ｓ１１が－６．０未満のときにダイポールアンテナ素子のマッチングが良好であるとする。

[0113] そうすると、表７によれば、距離Ｄ２が０．０４６・λ_0よりも大きく０．０５３・λ_0よりも小さい値（例えば、０．０５・λ_0）を超えるほど放射素子がグランドプレーンから離れていれば、給電部が放射素子の中央部付近にあってもよいという結果が得られた。

[0114] また、表７によれば、距離Ｄ２を０．０５・λ_0以下にする場合、放射素子の中央部から放射素子の全長の１／８（＝０．１２５）以上の距離を離して給電部をオフセットさせるとよいという結果が得られた（０．１１＜０．１２５＜０．１３）。また、表７によれば、距離Ｄ２を０．０４３・λ_0以下にする場合、放射素子の中央部から放射素子の全長の１／６（＝０．１６６）以上の距離を離して給電部をオフセットさせるとよいという結果が得られた（０．１６＜０．１６６＜０．２４）。また、表７によれば、距離Ｄ２を０．０３４・λ_0以下にする場合、放射素子の中央部から放射素子の全長の１／４（＝０．２５）以上の距離を離して給電部をオフセットさせるとよいという結果が得られた（０．２４＜０．２５＜０．３２）。

[0115] 以上、ＭＩＭＯアンテナを実施形態例により説明したが、本発明は上記実施形態例に限定されるものではない。他の実施形態例の一部又は全部との組み合わせや置換などの種々の変形及び改良が、本発明の範囲内で可能である。

[0116] 例えば、ＭＩＭＯアンテナは、２つのダイポールアンテナ素子を有するものに限らず、３つ以上のダイポールアンテナ素子を有するものでもよい。

[0117] また、複数のダイポールアンテナ素子は、それぞれ、図示の形態に限られない。例えば、図１のダイポールアンテナ素子１０は、放射素子１１に直接又は接続導体を介して間接的に接続された導体部分を有するものでもよいし、放射素子１１に高周波的（例えば、容量的）に結合された導体部分を有するものでもよい。他のダイポールアンテナ素子も同様である。

[0118] また、ダイポールアンテナ素子は、直線的に延びる線状の導体部分を含むものに限らず、曲がった導体部分を含むものでもよい。例えば、Ｌ字状の導体部分を含むものでもよいし、メアンダ形状の導体部分を含むものでもよいし、途中で分岐した導体部分を含むものでもよい。

[0119] また、給電素子に、スタブを設けてもよいし、整合回路を設けてもよい。これにより、給電素子が基板に占める面積を減らすことができる。

[0120] また、給電部が接続される伝送線路は、マイクロストリップラインに限られない。例えば、ストリップライン、グランドプレーン付きコプレーナウェーブガイド（導体面とは反対側の表面にグランドプレーンが配置されたコプレーナウェーブガイド）などが挙げられる。給電素子と給電点は、これらの異なる複数の種類の伝送線路を介して接続されてもよい。

[0121] 本国際出願は、２０１３年１月１０日に出願した日本国特許出願第２０１３－００２９８８号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願第２０１３－００２９８８号の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

[0122] １，２，３，４，１００，１０１　ＭＩＭＯアンテナ

１０，２０，３０，４０　ダイポールアンテナ素子

１１，２１，３１，４１　放射素子

１２，１３，２２，２３　導体部分

１４，１５，２４，２５　端部

１６，２６，３６，４６　給電部

３７，４７　給電素子

３８，４８　給電点

３９，４９　端部

５０，６０　モノポールアンテナ素子

９０　中央部

７０　グランドプレーン

７１，７２　外縁部

７３　角部

８０，１１０　誘電体基板

請求の範囲

[請求項1] グランドプレーンと、

前記グランドプレーンの近傍に配置された複数のダイポールアンテナ素子とを有し、

前記複数のダイポールアンテナ素子は、それぞれ、

前記グランドプレーンの外縁部に沿った導体部分を有する放射素子と、

前記放射素子に給電する給電部とを備えることを特徴とするＭＩＭＯアンテナ。

[請求項2] 前記給電部は、前記放射素子の中央部以外の部位に位置する、請求項１に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項3] 前記複数のダイポールアンテナ素子のそれぞれの前記給電部は、互いに近づく方向に前記放射素子の中央部からシフトした部位に位置する、請求項２に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項4] 前記給電部は、前記放射素子の中央部から該放射素子の全長の１／８以上の距離を離した部位に位置する、請求項２または３に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項5] 前記放射素子の設計周波数における真空中の波長をλ_0とする場合、

前記放射素子と前記グランドプレーンとの距離は、０．０５・λ_0以下である、請求項１から４のいずれか一項に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項6] 前記放射素子は、前記給電部を介して非接触で給電される、請求項１から５のいずれか一項に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項7] 前記放射素子から離れて配置され、前記給電部を介して前記放射素子と電磁界結合することにより前記放射素子に前記給電部で給電する給電素子を有する、請求項６に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項8] 前記給電素子の共振の基本モードを与える電気長をＬｅ３７、前記

放射素子の共振の基本モードを与える電気長をＬｅ３１、前記放射素子の基本モードの共振周波数における前記給電素子または前記放射素子上での波長をλとして、Ｌｅ３７が、（３／８）・λ以下であり、かつ、Ｌｅ３１が、（３／８）・λ以上（５／８）・λ以下である請求項７に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項9] 前記放射素子の基本モードの共振周波数における真空中の波長をλ_0とする場合、

前記給電素子と前記放射素子との最短距離が、０．２×λ_0以下である、請求項７又は８に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項10] 前記給電部は、前記放射素子の基本モードの共振周波数における最も低いインピーダンスになる部分以外に位置する、請求項７から９のいずれか一項に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項11] 前記給電部は、前記放射素子の基本モードの共振周波数における最も低いインピーダンスになる部分から前記放射素子の全長の１／８以上の距離を離した部位に位置する、請求項７から１０のいずれか一項に記載のＭＩＭＯアンテナ。

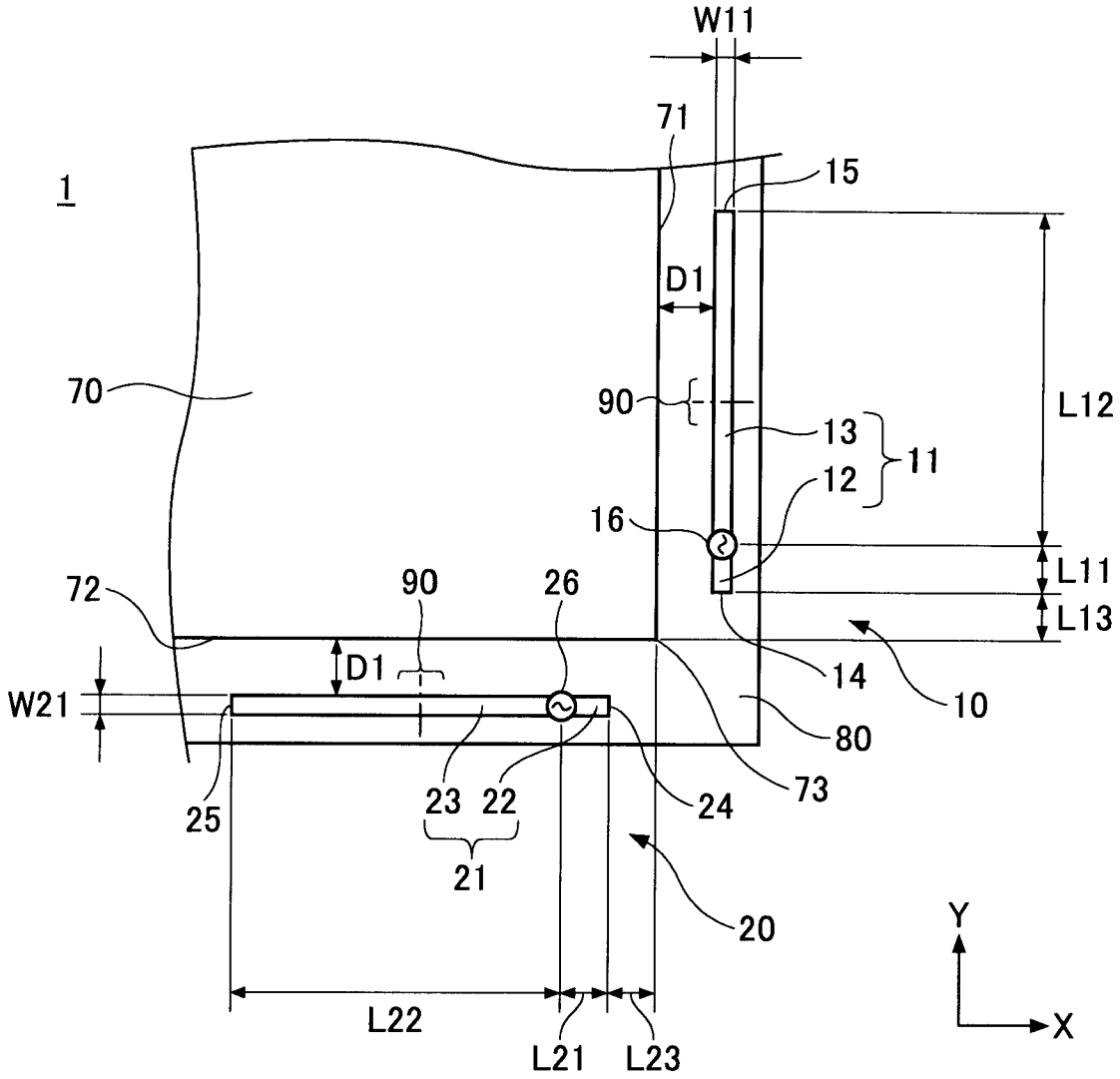
[請求項12] 前記給電素子と前記放射素子とが最短距離で並走する距離は、前記放射素子の長さの３／８以下である、請求項７から１１のいずれか一項に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項13] 前記複数のダイポールアンテナ素子は、それぞれの放射素子の導体部分の延伸方向が直交するように延伸する、請求項１から１２のいずれか一項に記載のＭＩＭＯアンテナ。

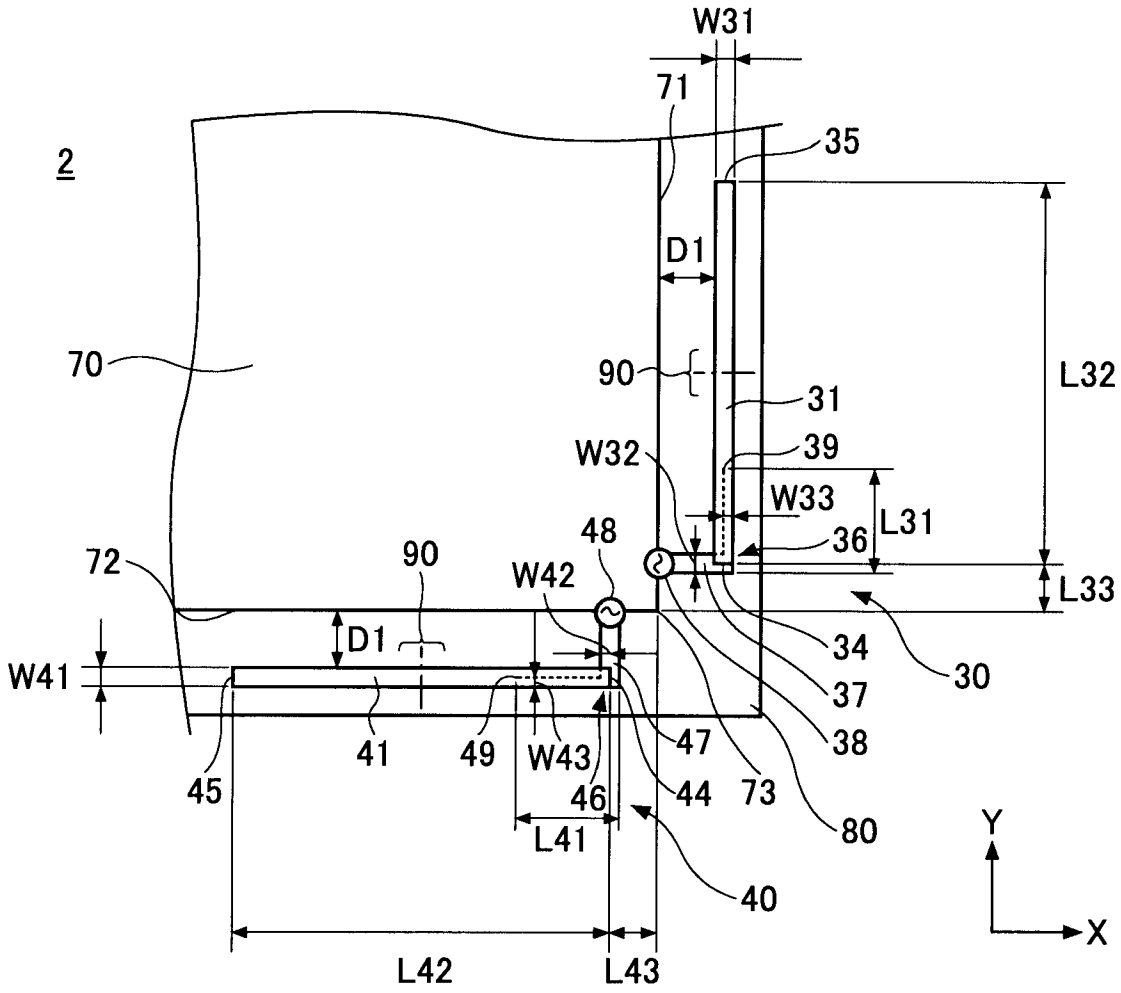
[請求項14] 前記給電部は、前記放射素子の中央部より前記グランドプレーンの角部側に位置する、請求項１３に記載のＭＩＭＯアンテナ。

[請求項15] 請求項１から１４のいずれか一項に記載のＭＩＭＯアンテナを備える無線装置。

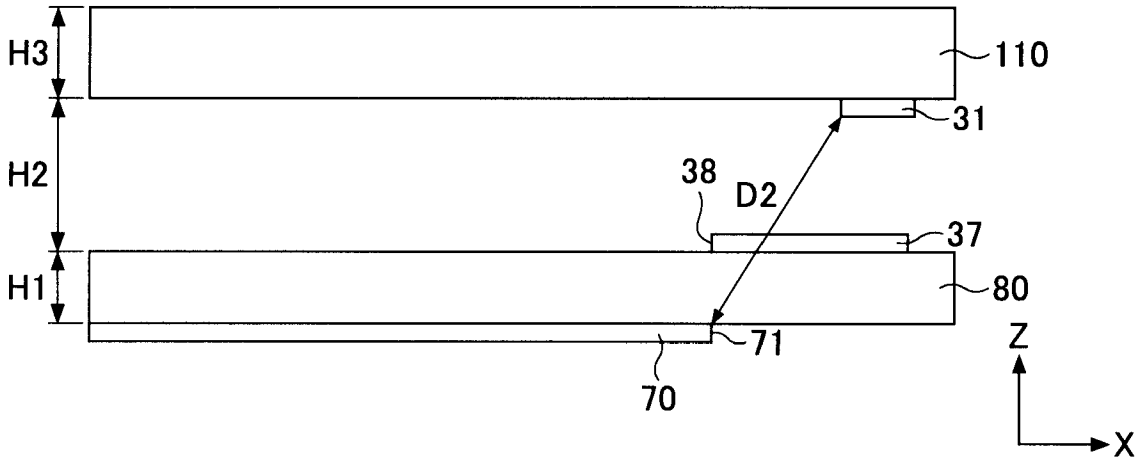
[図1]


W11
71
1
15
D1
70
90
13
11
12
L12
16
L11
L13
72
90
26
D1
14
10
W21
80
73
25
23
22
24
21
20
Y
X
L22
L21
L23

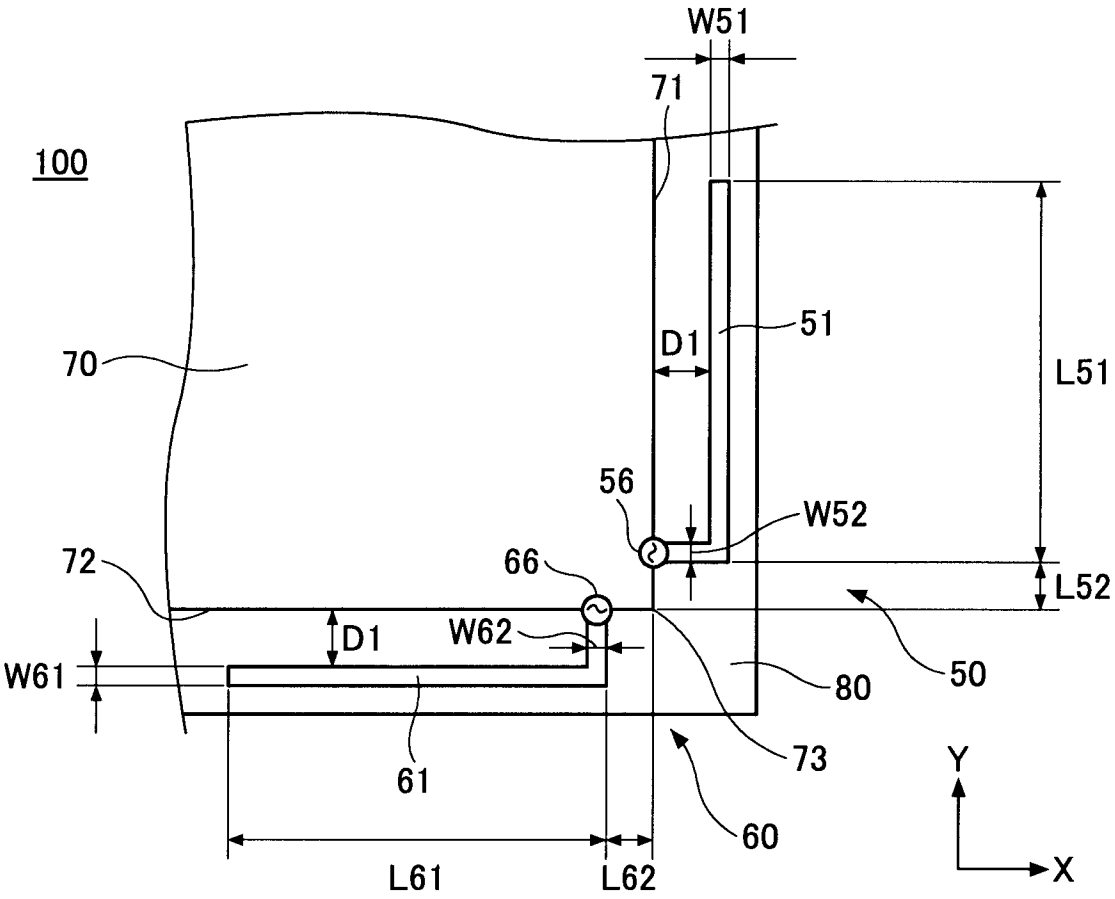
[図2]


W31
71
35
2
D1
70
90
31
L32
W32
39
W33
L31
48
36
72
90
W42
L33
D1
34
30
W41
37
38
41
49
W43
47
45
46
44
73
80
L41
40
Y
X
L42
L43

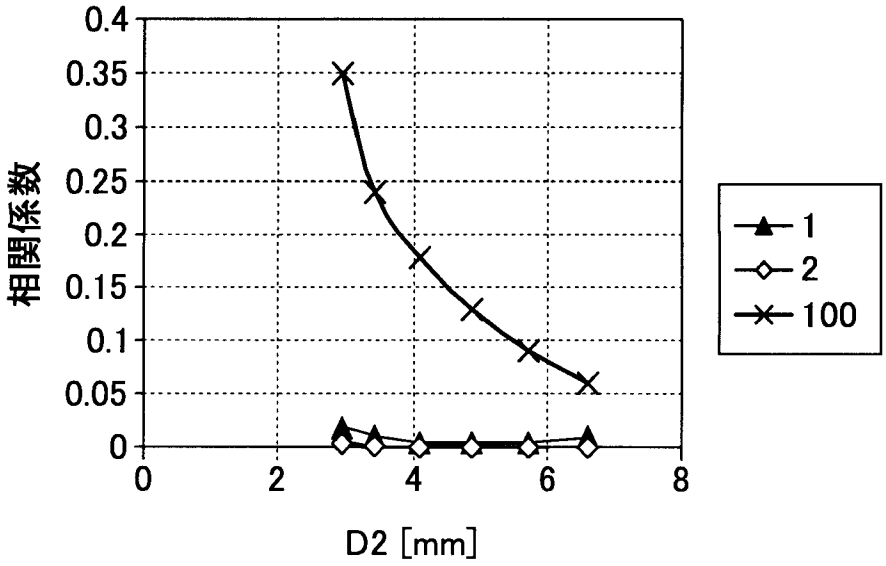
[図3]


H3
110
31
H2
38
D2
37
H1
80
71
Z
70
X

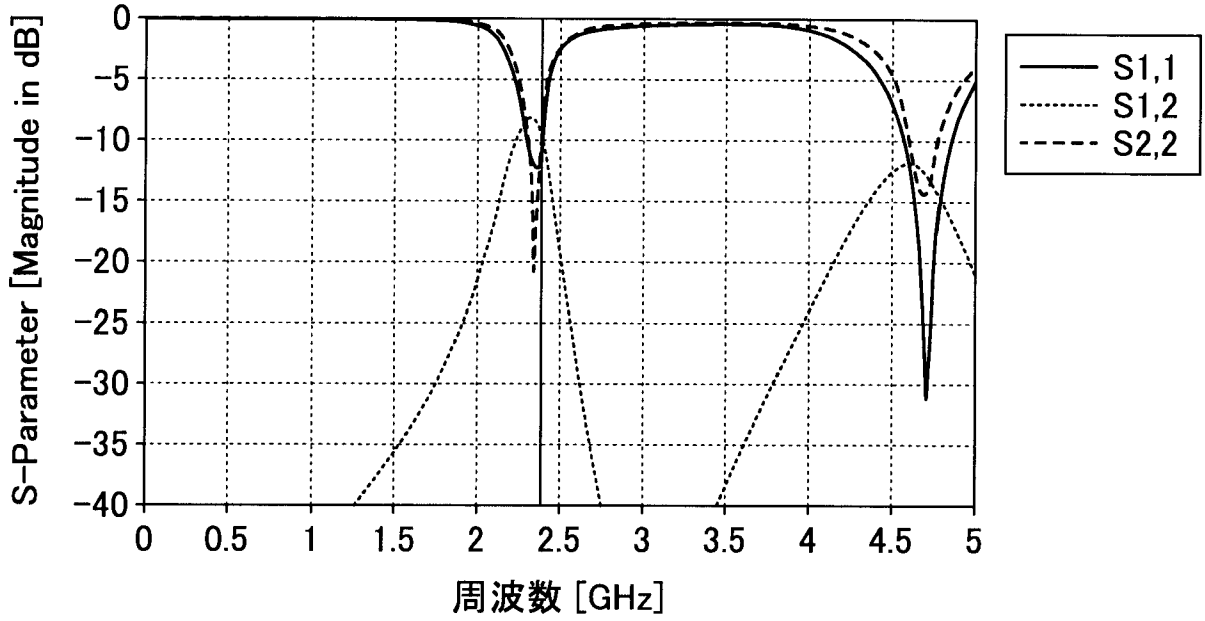
[図4]


W51
71
100
70
D1
51
L51
56
W52
72
66
L52
D1
W62
W61
80
50
73
61
60
Y
X
L61
L62

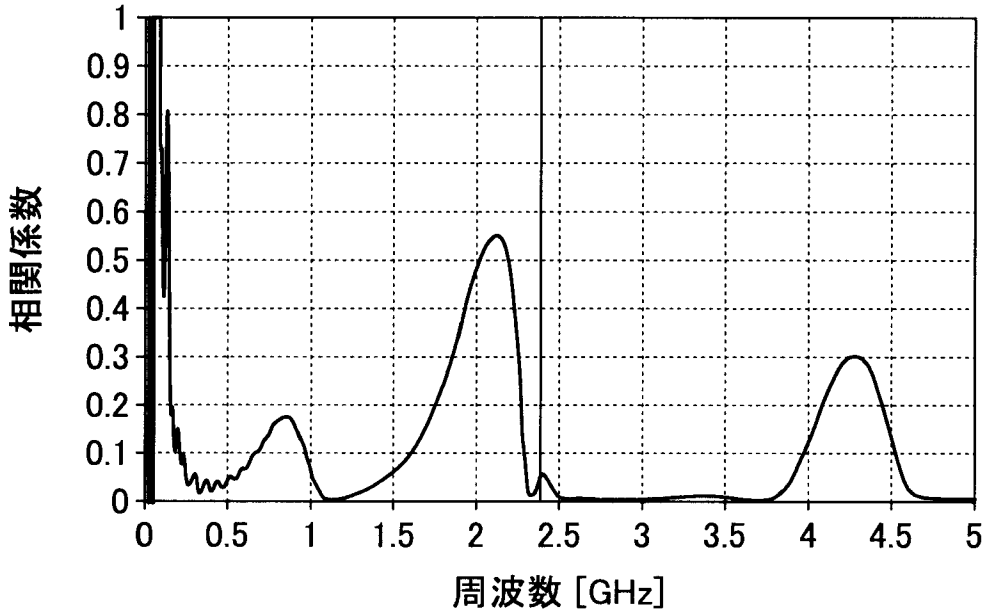
[図5]


0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
相関係数
0
2
4
6
8
D2 [mm]
1
2
100

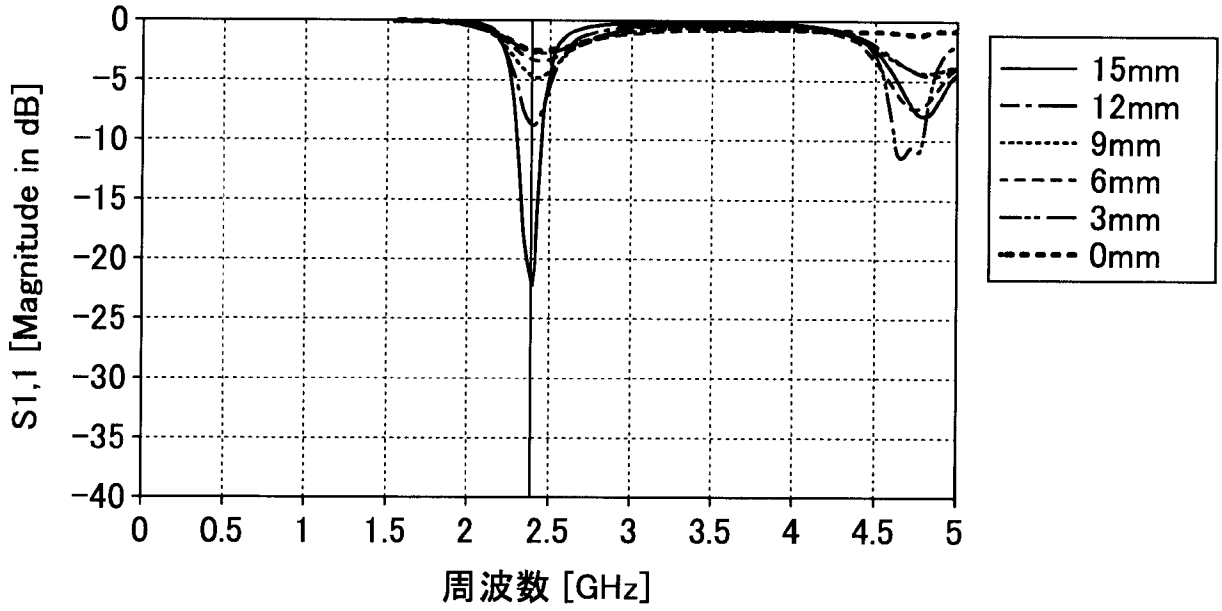
[図6]


S-Parameter [Magnitude in dB]
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
周波数 [GHz]
S1,1
S1,2
S2,2

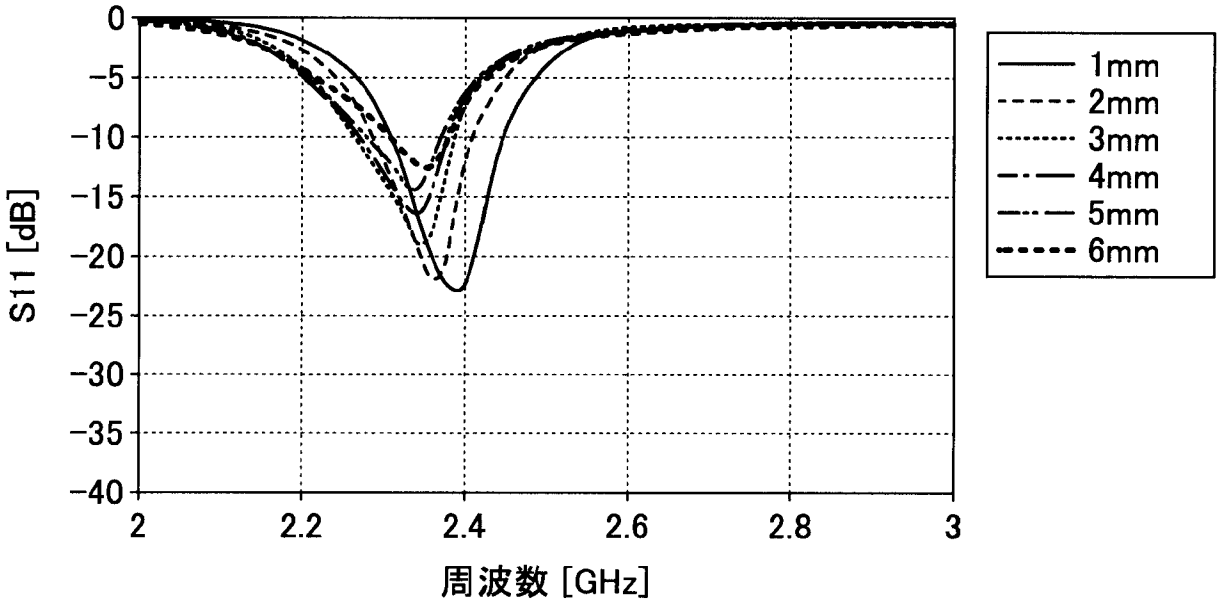
[図7]


相関係数
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
周波数 [GHz]

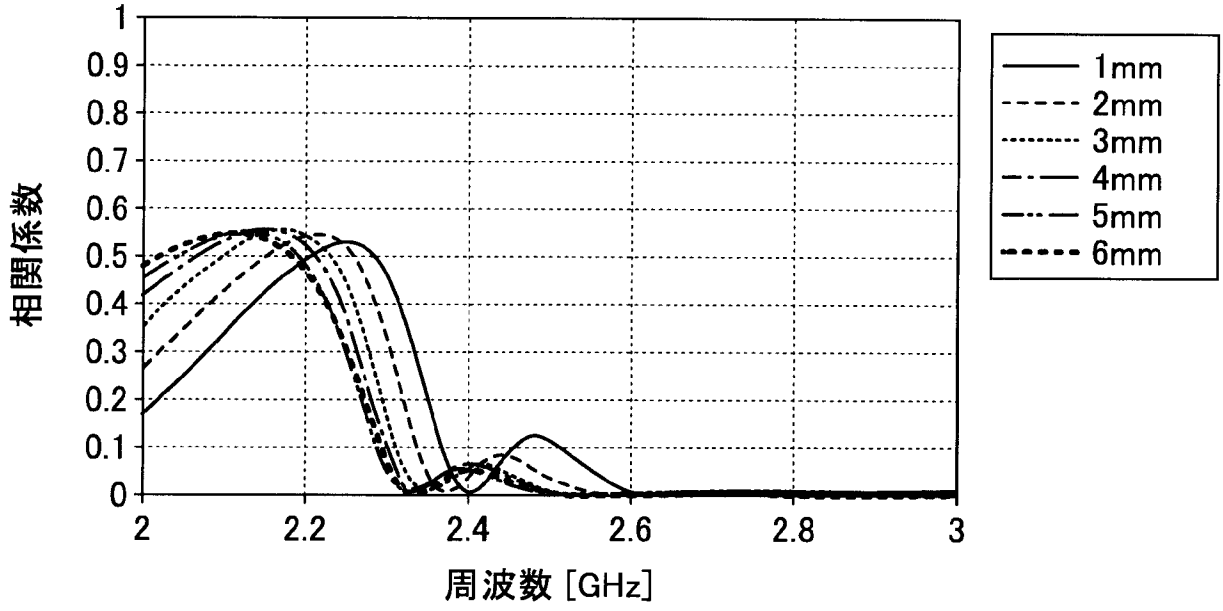
[図8]


S1,1 [Magnitude in dB]
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
周波数 [GHz]
15mm
12mm
9mm
6mm
3mm
0mm

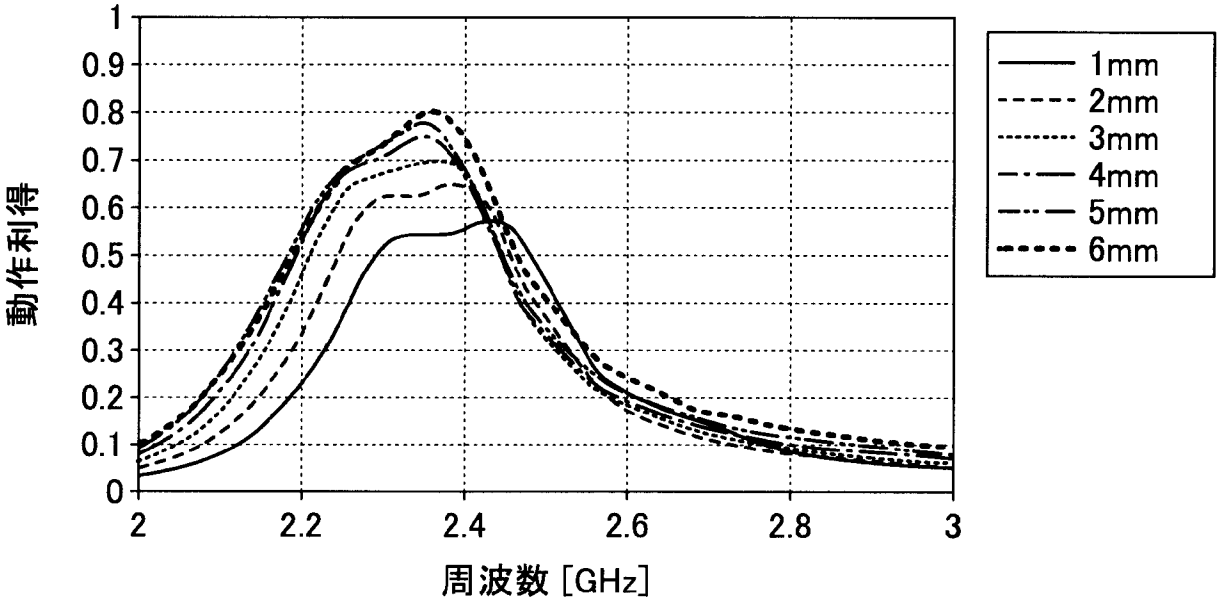
[図9]


S11 [dB]
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

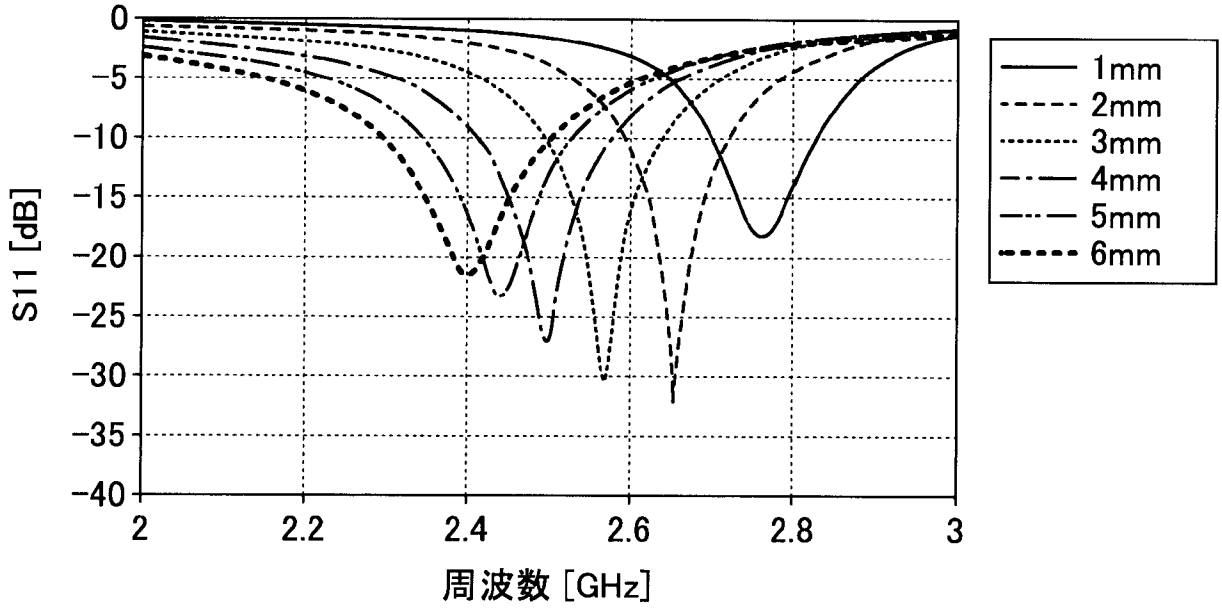
[図10]


相関係数
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

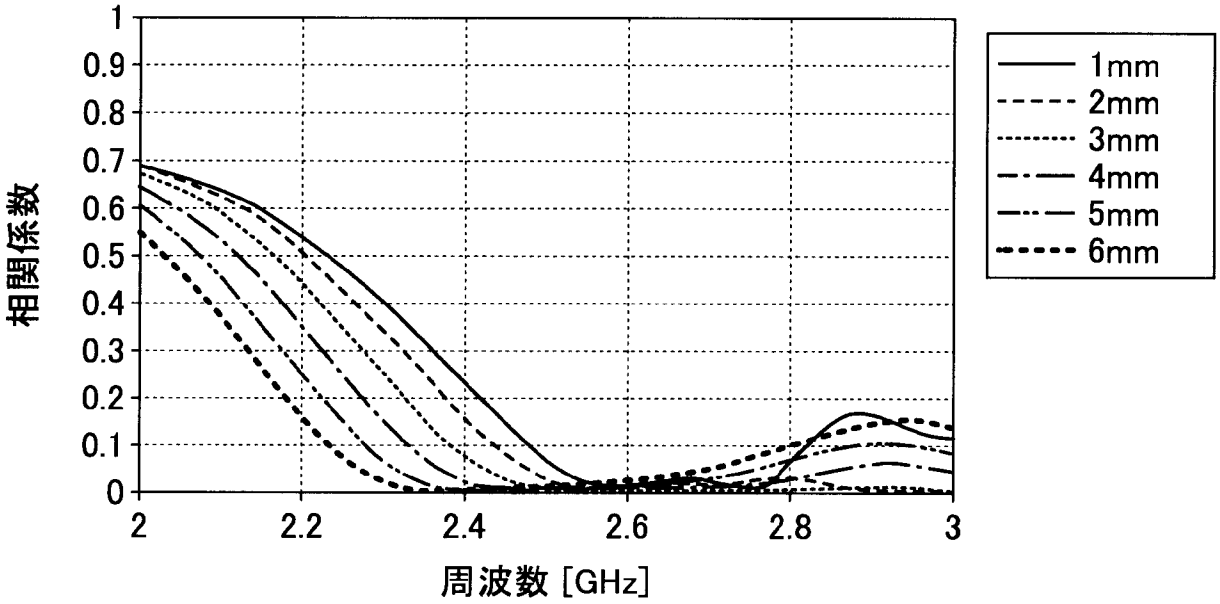
[図11]


動作利得
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

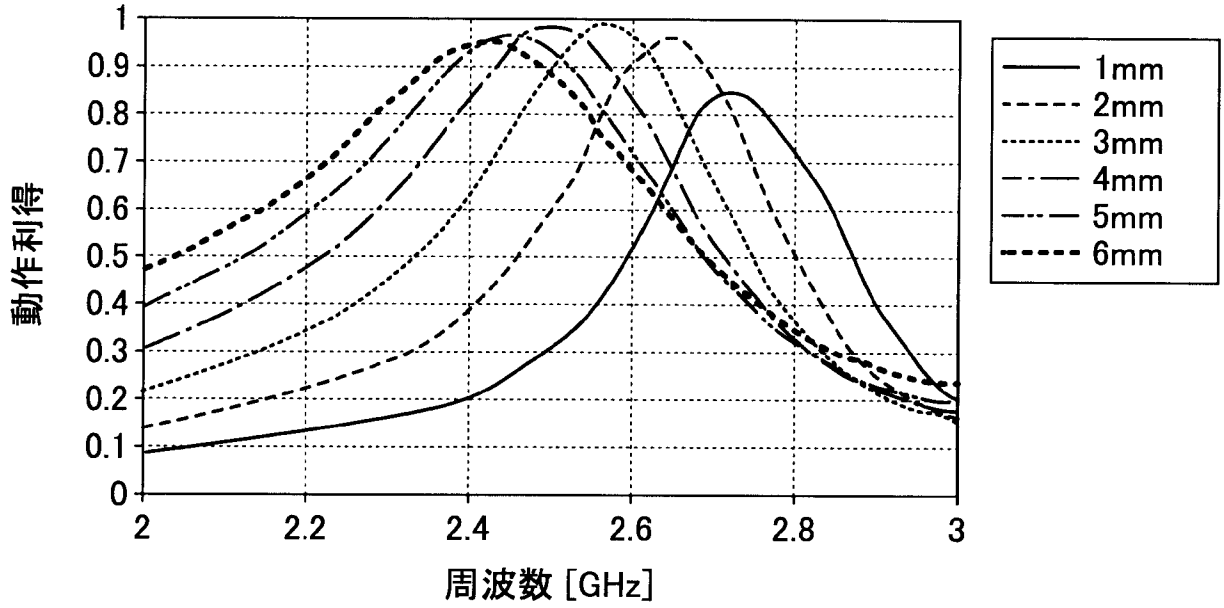
[図12]


0
−5
−10
−15
−20
−25
−30
−35
−40
S11 [dB]
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

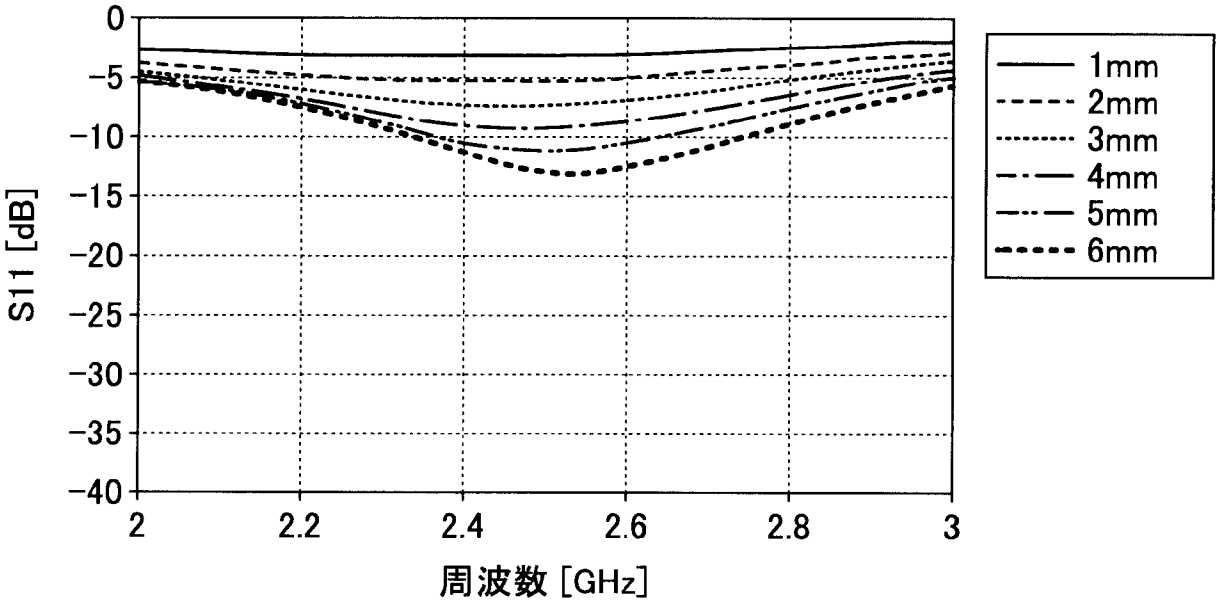
[図13]


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
相関係数
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

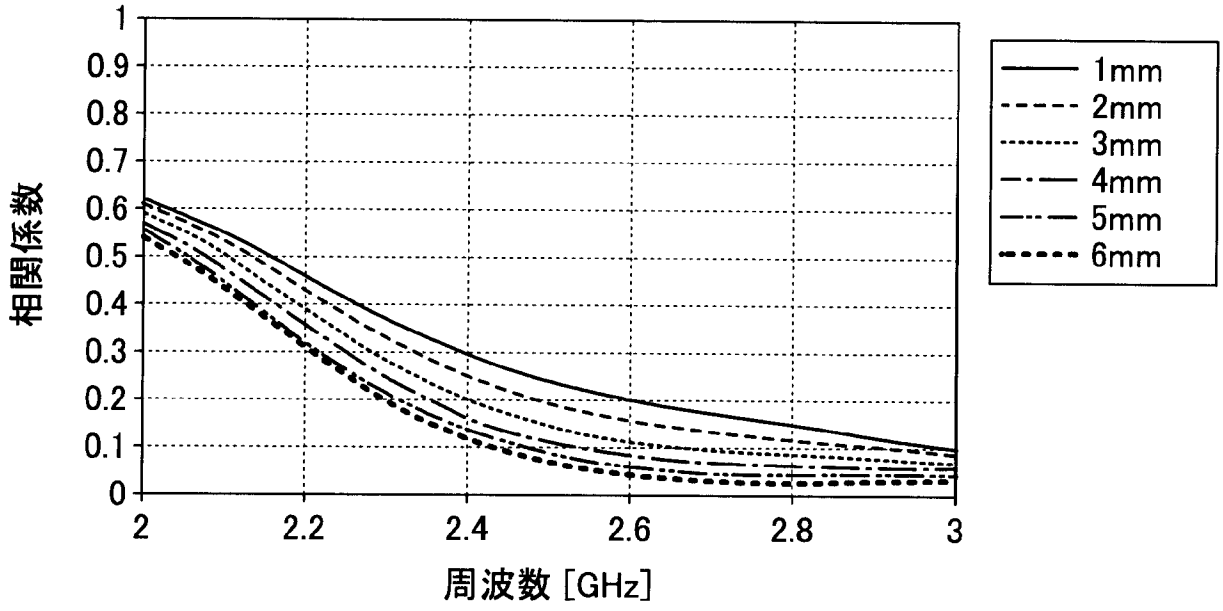
[図14]


動作利得
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

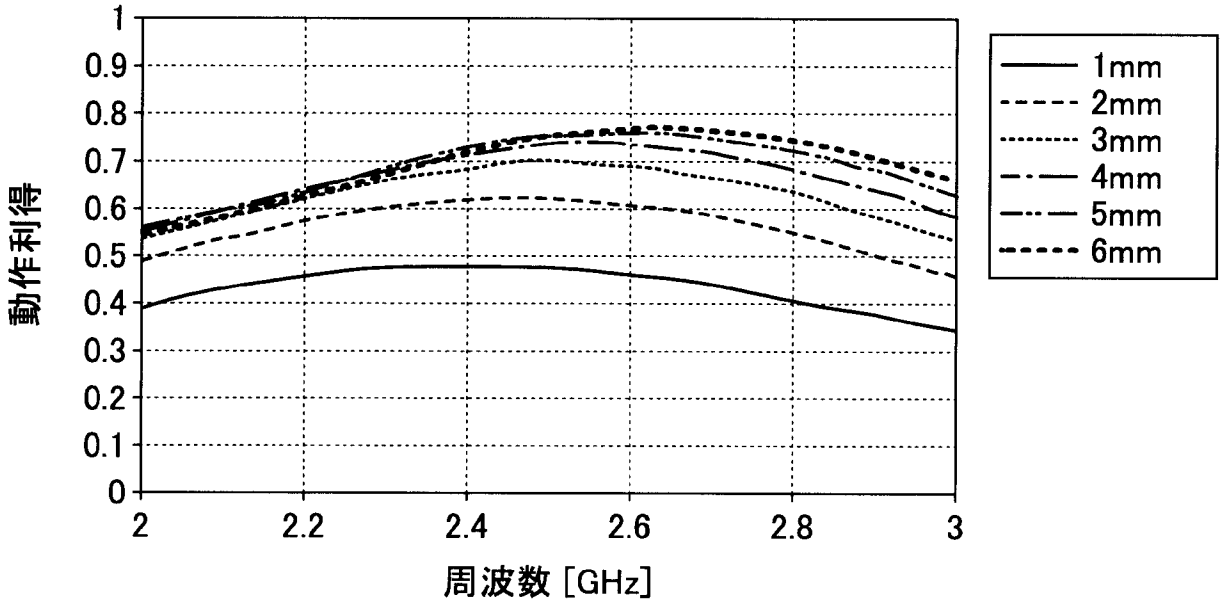
[図15]


S11 [dB]
0
−5
−10
−15
−20
−25
−30
−35
−40
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

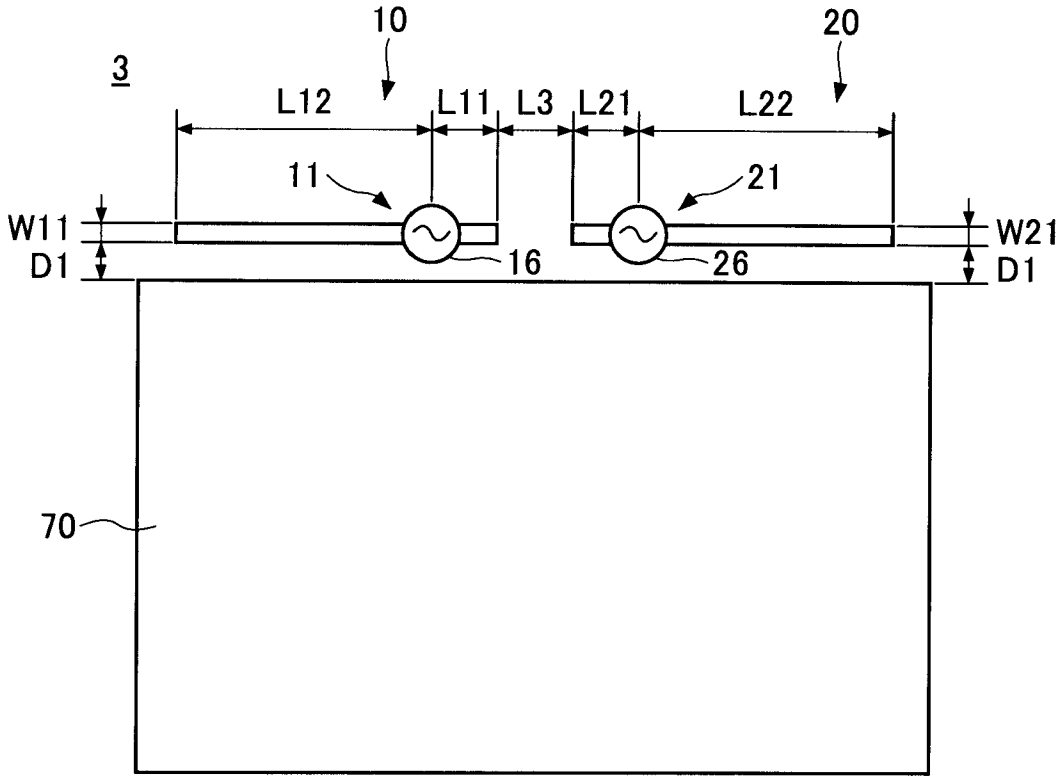
[図16]


相関係数
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

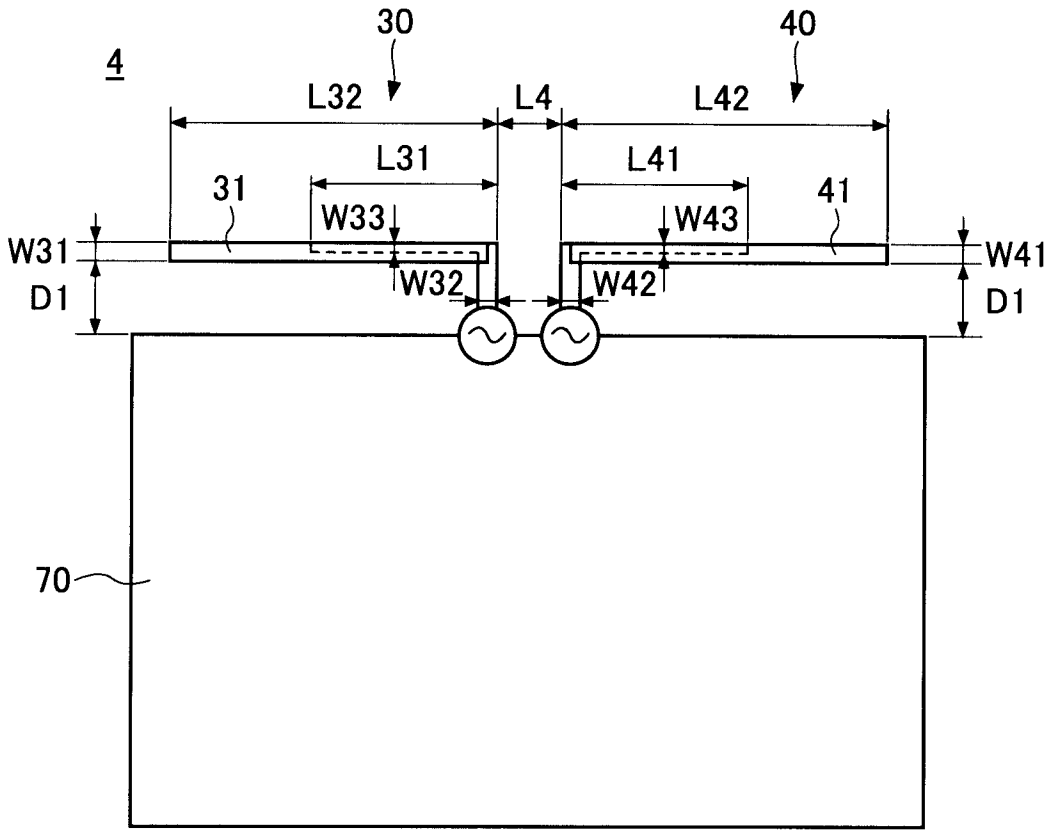
[図17]


動作利得
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

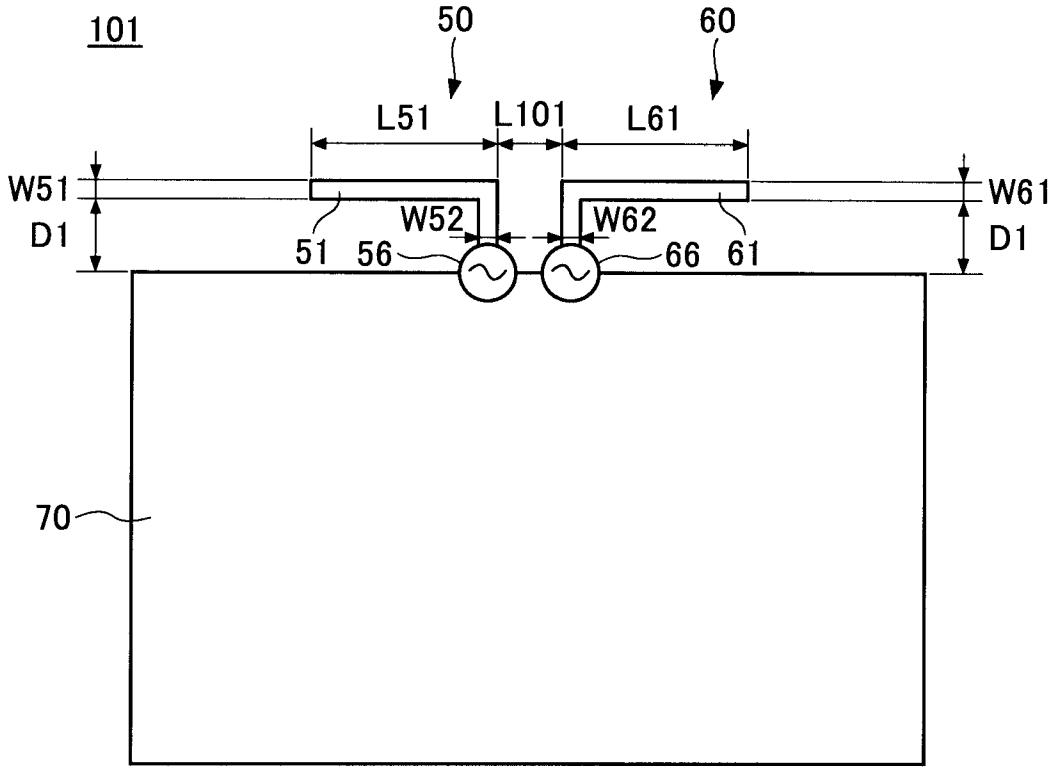
[図18]



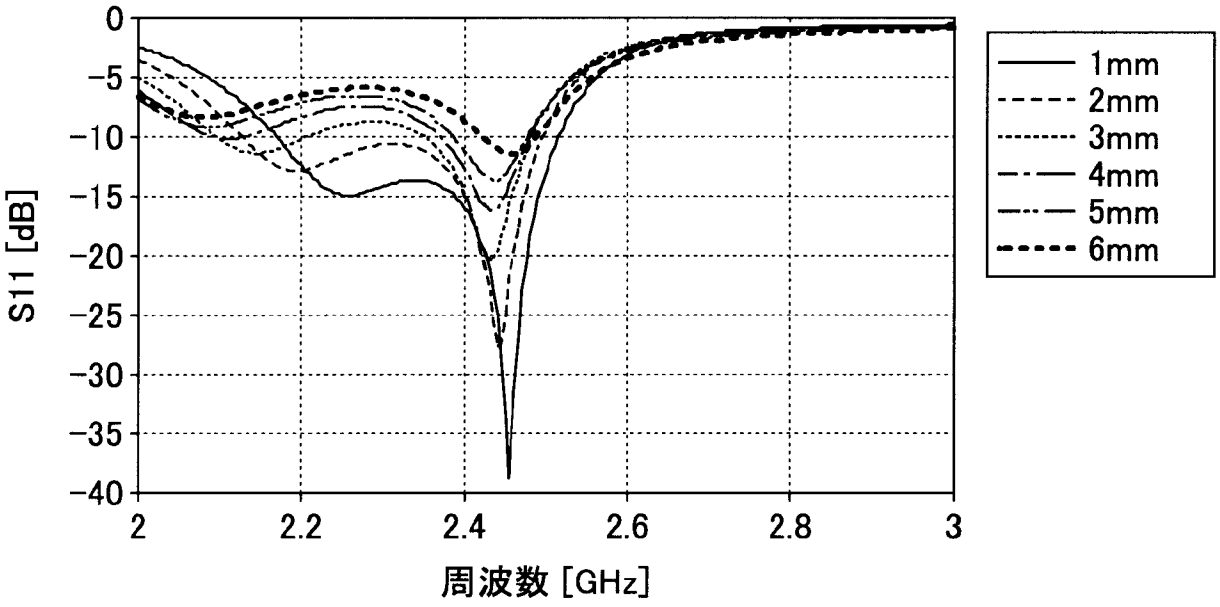
[図19]



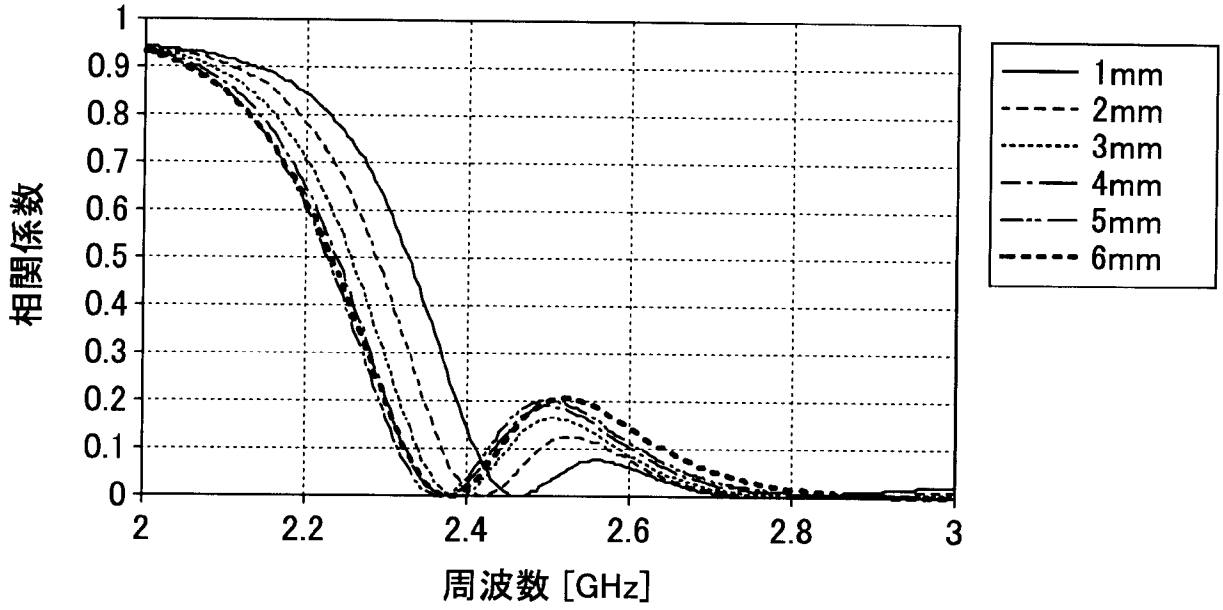
[図20]


101
50
60
L51
L101
L61
W51
D1
W52
W62
W61
D1
51
56
66
61
70

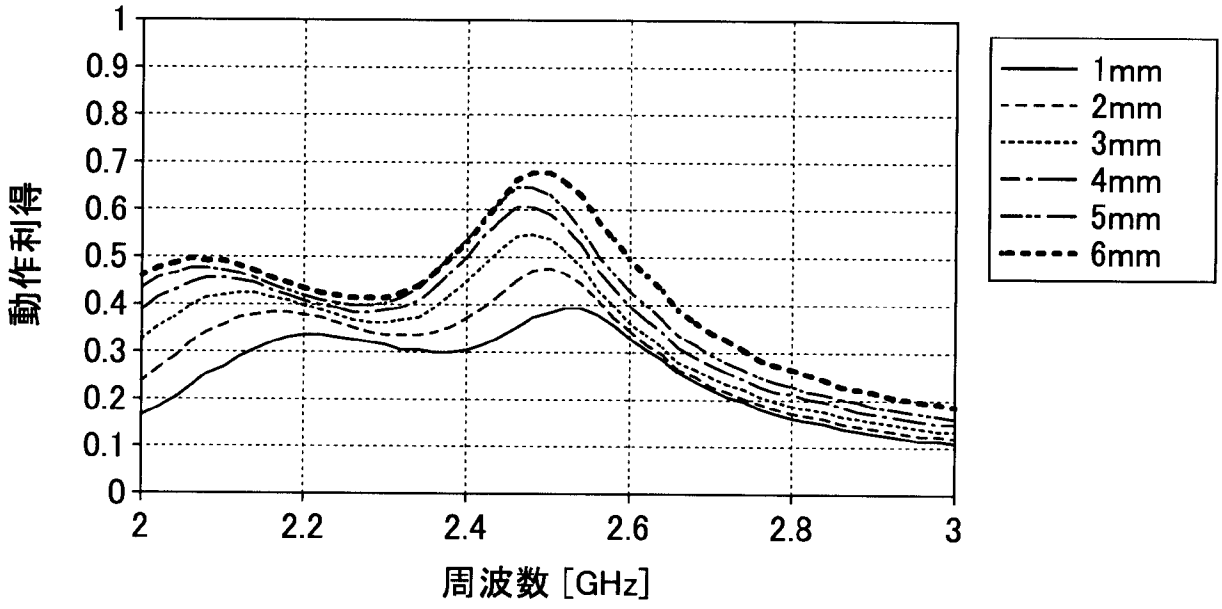
[図21]


0
−5
−10
−15
−20
−25
−30
−35
−40
S11 [dB]
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

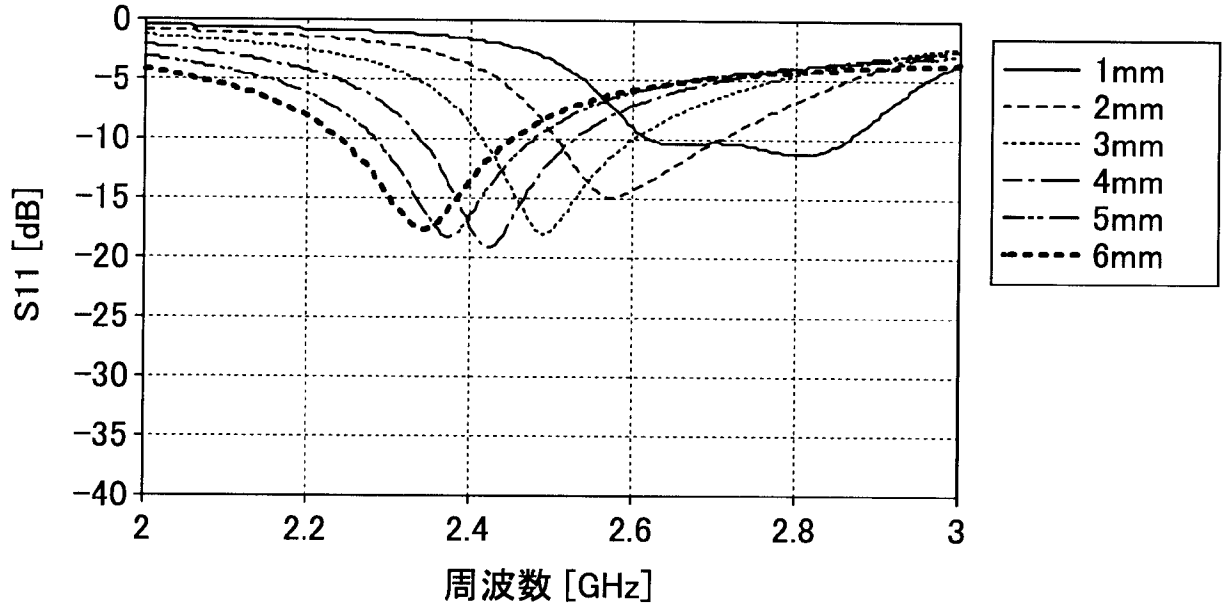
[図22]


相関係数
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

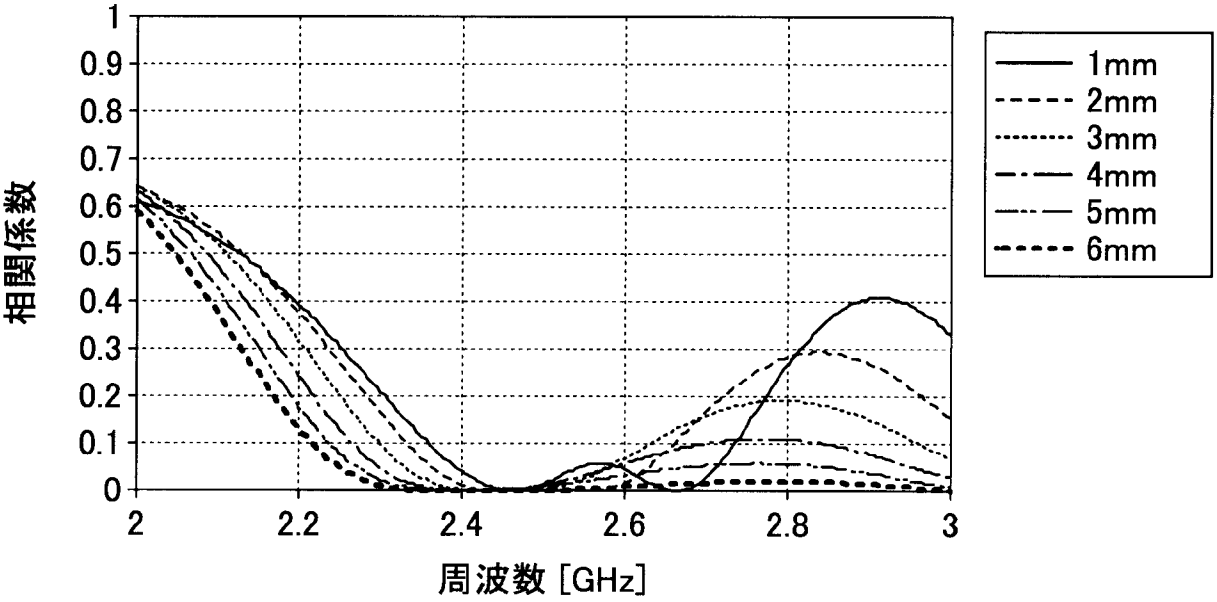
[図23]


動作利得
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

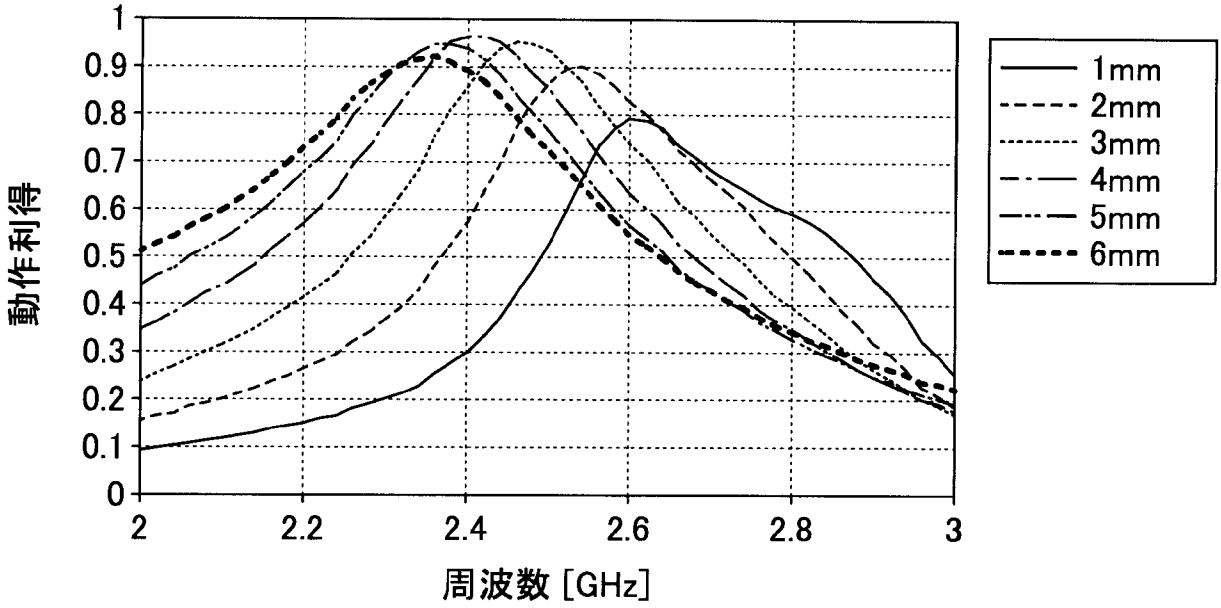
[図24]


0
−5
−10
−15
−20
−25
−30
−35
−40
S11 [dB]
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

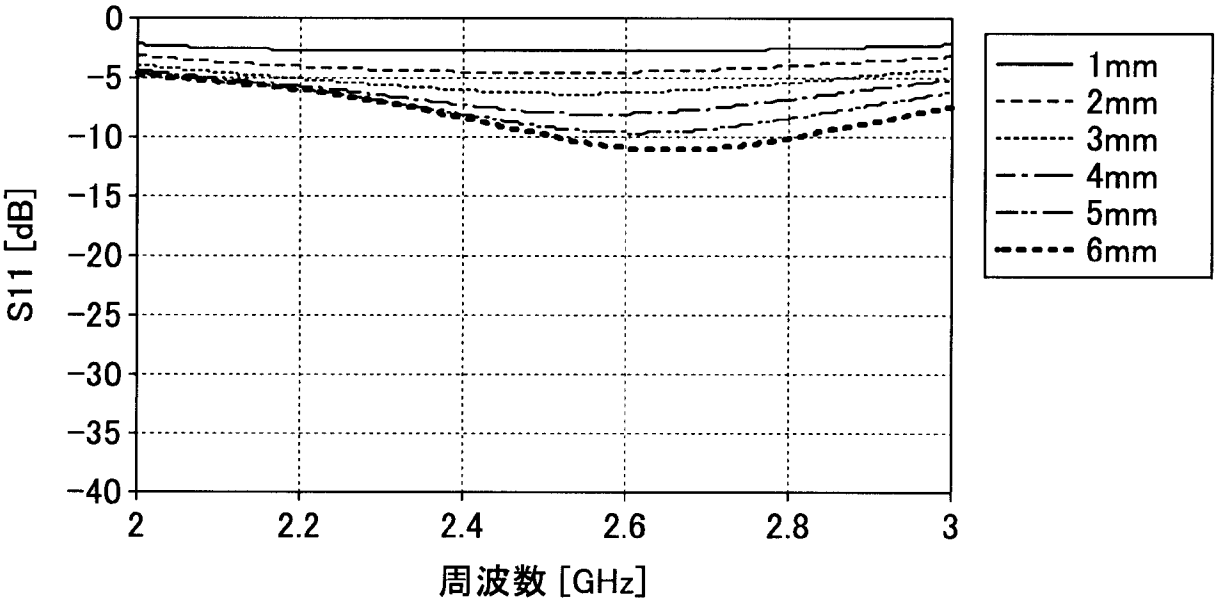
[図25]


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
相関係数
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

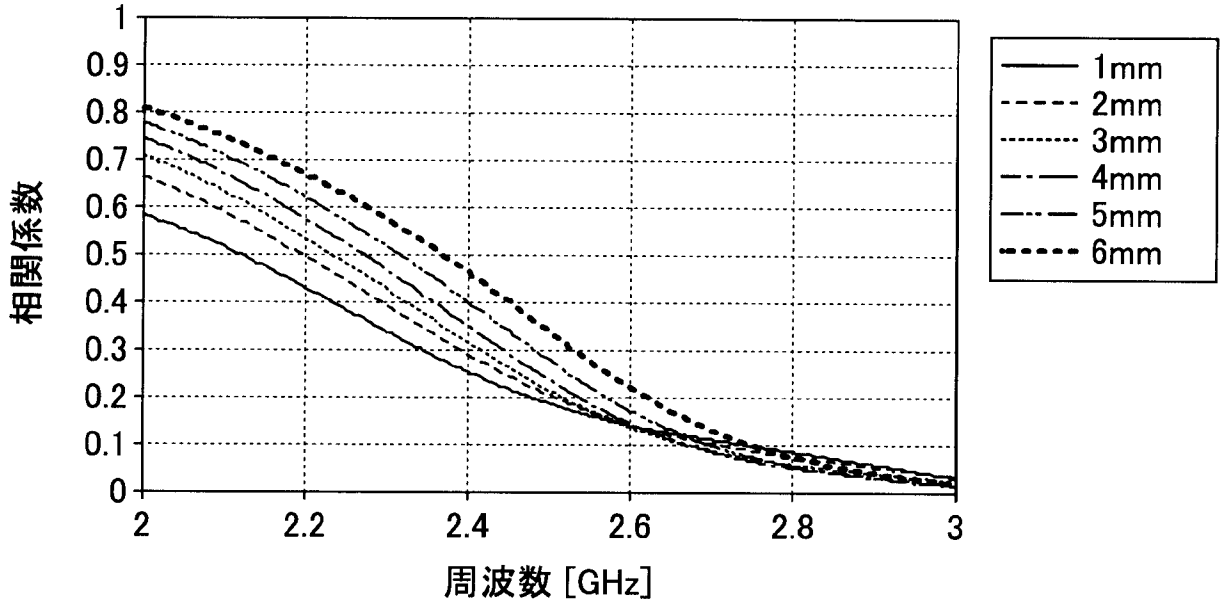
[図26]


動作利得
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

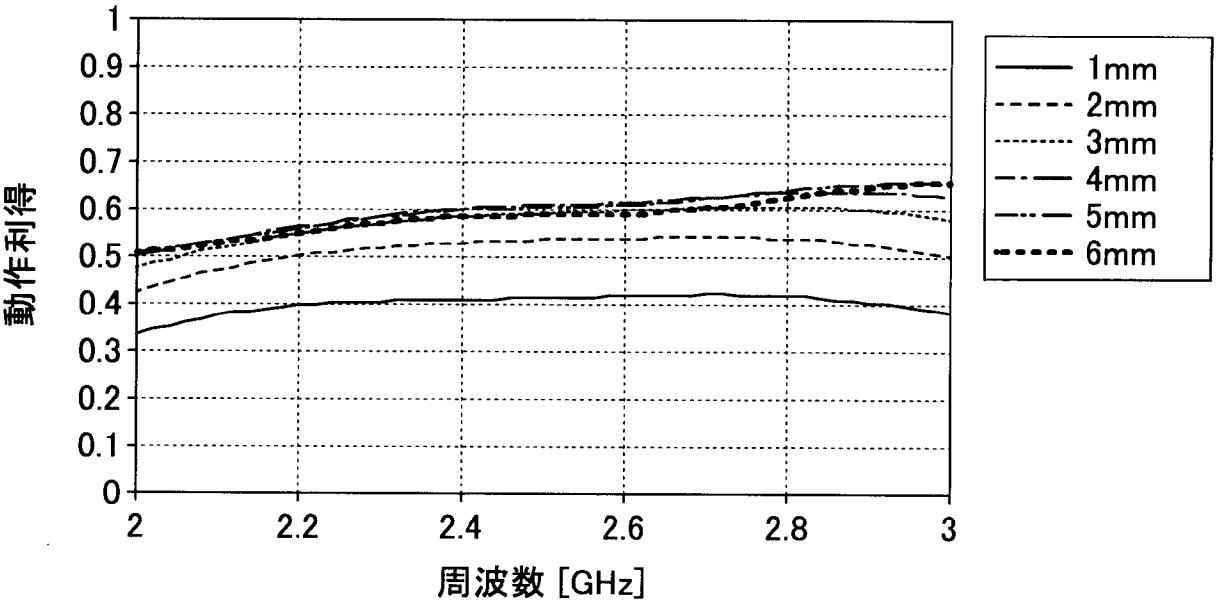
[図27]


S11 [dB]
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

[図28]


相関係数
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

[図29]


動作利得
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
周波数 [GHz]
1mm
2mm
3mm
4mm
5mm
6mm

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/050356

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01Q21/28(2006.01)i, *H01Q21/24*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01Q21/28, H01Q21/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-100444 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 07 May 2009 (07.05.2009), paragraph [0013]; fig. 1 & US 2009/0102742 A1 & EP 2053692 A2 & KR 10-2009-0039103 A	1-15
Y	JP 2005-57723 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 03 March 2005 (03.03.2005), fig. 1 (Family: none)	1-5,13-15
Y	JP 2011-120164 A (Alps Electric Co., Ltd.), 16 June 2011 (16.06.2011), paragraph [0015]; fig. 2, 3 & US 2011/0133992 A1	6-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 13 March, 2014 (13.03.14)	Date of mailing of the international search report 08 April, 2014 (08.04.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０５０３５６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01Q21/28(2006.01)i, H01Q21/24(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01Q21/28, H01Q21/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2009-100444 A (三星電子株式会社) 2009.05.07, [0013], 図１& US 2009/0102742 A1 & EP 2053692 A2 & KR 10-2009-0039103 A	1-15
Y	JP 2005-57723 A (松下電器産業株式会社) 2005.03.03, 図１(ファミリーなし)	1-5,13-15
Y	JP 2011-120164 A (アルプス電気株式会社) 2011.06.16, [0015], 図2,3 & US 2011/0133992 A1	6-12

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１３．０３．２０１４	０８．０４．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｋ　２９５３
麻生　哲朗
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５６