

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4051079号
(P4051079)

(45) 発行日 平成20年2月20日(2008.2.20)

(24) 登録日 平成19年12月7日(2007.12.7)

(51) Int. Cl.		F I
HO 1 Q 13/10	(2006.01)	HO 1 Q 13/10
HO 1 Q 13/08	(2006.01)	HO 1 Q 13/08

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2006-509251 (P2006-509251)	(73) 特許権者	594071675
(86) (22) 出願日	平成16年3月23日(2004.3.23)		ハリス コーポレイション
(65) 公表番号	特表2006-522565 (P2006-522565A)		Harris Corporation
(43) 公表日	平成18年9月28日(2006.9.28)		アメリカ合衆国 フロリダ 32919
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/008947		メルバーン, ウェスト・ナサ・ブルバード
(87) 国際公開番号	W02004/112186		1025
(87) 国際公開日	平成16年12月23日(2004.12.23)	(74) 代理人	100070150
審査請求日	平成17年11月18日(2005.11.18)		弁理士 伊東 忠彦
(31) 優先権主張番号	10/404,285	(74) 代理人	100091214
(32) 優先日	平成15年3月31日(2003.3.31)		弁理士 大貫 進介
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100107766
			弁理士 伊東 忠重

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良されたスタブを有する高効率スロット給電マイクロストリップアンテナ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも一つのスロットを有する導電性グラウンドプレーンと、
前記スロットにあるいは前記スロットから、信号エネルギーを伝送する給電線路であって、該給電線路は、前記スロットの外側に広がるスタブを有する、給電線路と、
前記給電線路と前記グラウンドプレーンの間に設置された第1の誘電層であって、該第1の誘電層は、第1の領域に第1の相対誘電率を含む第1組の誘電特性を有し、少なくとも前記第1の誘電層の第2の領域は、第2組の誘電特性を有し、該第2組の誘電特性は、前記第1の相対誘電率よりも大きな相対誘電率を提供し、前記スタブは、前記第2の領域に設置される、第1の誘電層と、
を有するスロット給電マイクロストリップアンテナ。

【請求項 2】

前記第1の誘電層は、磁性粒子を有することを特徴とする請求項1に記載のアンテナ。

【請求項 3】

前記磁性粒子の少なくとも一部は、前記第2の領域に設置されることを特徴とする請求項2に記載のアンテナ。

【請求項 4】

前記第1の誘電層は、セラミック材料を有し、該セラミック材料は、複数のボイドを有し、該ボイドの少なくとも一部には、磁性粒子が満たされることを特徴とする請求項1に記載のアンテナ。

【請求項 5】

前記磁性粒子は、メタ材料を有することを特徴とする請求項 4 に記載のアンテナ。

【請求項 6】

さらに、少なくとも一つのパッチ放射器と、第 2 の誘電層とを有し、該第 2 の誘電層は、前記グラウンドプレーンと前記パッチ放射器の間に設置されることを特徴とする請求項 1 に記載のアンテナ。

【請求項 7】

前記第 2 の誘電層は、第 3 の相対誘電率を含む第 3 組の誘電特性を提供する第 3 の領域と、少なくとも、第 4 組の誘電特性を含む第 4 の領域とを有し、前記第 4 組の誘電特性には、前記第 3 の相対誘電率よりも大きな相対誘電率が含まれ、前記パッチは、前記第 4 の領域に設置されることを特徴とする請求項 6 に記載のアンテナ。

10

【請求項 8】

前記第 4 の領域の固有インピーダンスは、当該アンテナの周囲環境の固有インピーダンスと整合することを特徴とする請求項 7 に記載のアンテナ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、改良されたスタブを有する高効率スロット給電マイクロストリップアンテナに関する。

【背景技術】

20

【0002】

RF 回路、伝送線路およびアンテナ素子は、通常特別に設計された基板ボード上に製作される。従来の回路ボード基板は、一般に一体成形またはスプレーコーティングのようなプロセスによって製作され、これにより基板には、通常均一な誘電率などの物理特性が付与される。

【0003】

RF 回路では、通常インピーダンス特性を慎重に制御し、これを維持することが重要となる。回路の異なる部分のインピーダンスが整合しない場合、結果的に信号が反射され、伝送出力が不十分になる。これらの回路内の伝送線路および放射器の電気的な長さも、重要な設計事項となる。

30

【0004】

回路特性に影響を及ぼす 2 つの重要な因子は、誘電率（時折、相対誘電率または ϵ_r と呼ばれる）および基板誘電体の損失タンジェント（時折、損失因子または $\tan \delta$ と呼ばれる）に関するものである。誘電率は、電波長を定め、従って伝送線路および他の基板上に設置された構成物の電気的長さを定める。損失タンジェントは、信号が基板材料に伝送される際に生じる信号損失量を定める。損失は周波数の増大とともに増大する傾向にある。従って周波数の増大とともに、特に受信機前部および低ノイズ増幅器回路の設計の際の、低損失材料の重要性がより高まる。

【0005】

RF 回路に用いられるプリント伝送線路、パッシブ回路および放射素子は、通常 3 種類のうちのいずれかの方法で構成される。ひとつの構成は、マイクロストリップとして知られており、信号配線を基板表面に設置し、さらに通常グラウンドプレーンと呼ばれる第 2 の導電層を設置するものである。第 2 の構成は、埋設マイクロストリップとして知られており、信号配線が誘電体基板材料で被覆されている以外は、前述の構成と同様のものである。第 3 の構成は、ストリップラインとして知られており、信号配線が 2 つの導電性（グラウンド）プレーンの間に設置されるものである。

40

【0006】

通常、ストリップラインまたはマイクロストリップラインのような平行板伝送線路の特性インピーダンスは、近似的に

【0007】

50

【数 1】

$$\sqrt{L_1/C_1}$$

となる。ここで L_1 は、単位長さあたりのインダクタンス、 C_1 は、単位長さあたりのキャパシタンスである。通常 L_1 と C_1 の値は、配線構造の物理形状および間隔、並びに伝送線路を分離するために使用される誘電体の誘電率によって決まる。

10

【0008】

従来の RF 回路では、基板材料は、単一の誘電率と相対透過率値を有するように選定され、相対透過率値は、約 1 である。基板材料が選定されると、配線とスロットの幾何形状および配線とスロットの結合特性を制御することによって、通常は独立に、配線の特性インピーダンス値が設定される。

【0009】

無線周波数 (RF) 回路には、通常ハイブリッド回路が採用され、複数のアクティブおよびパッシブ回路構成物が、セラミック基板のような電気絶縁性ボード基板の表面に設置され、相互に接続される。通常各種構成物は、銅、金またはタンタルのような、関心周波数範囲において伝送線路 (例えばストリップラインまたはマイクロストリップラインまたはツインライン) として機能するプリント金属導電体によって、相互に接続される。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

伝送線路、パッシブ RF 装置または放射素子に選定された基板材料の誘電率は、その構造の所与の周波数での RF エネルギーの物理的な波長を決める。基板上に形成される各種パッシブ構成物、放射素子および伝送線路回路の全てに合理的に適した誘電体ボード基板を、マイクロストリップライン RF 回路用に選択しようとした場合、問題が生じる。

【0011】

特に、ある回路素子の幾何形状は、そのような素子に要求される特定の電氣的またはインピーダンスの特性によって、物理的に大きくなったり、小さくなったりし得る。例えば、多くの回路素子または同調回路には、波長の $1/4$ の電氣的長さが必要である。同様に多くの場合、極めて大きなまたは小さな特性インピーダンス値が配線幅に要求されると、所与の基板について、実際にこれを実施しようとする、極めて狭小または広幅な配線幅となってしまう。マイクロストリップラインやストリップラインの物理的寸法は、誘電体材料の誘電率に反比例し、伝送線路または放射素子の寸法は、選択された基板ボード材料によって、大きな影響を受け得る。

30

【0012】

また、ある構成物に対して最適な基板材料の設計的選択は、アンテナ素子のような別の構成物のボード基板材料には、最適ではない場合がある。さらに、いくつかの設計対象となる回路構成物が、相互に整合しない場合もある。例えば、アンテナ素子の寸法は小さくすることが好ましい。これは、50乃至100程度の高誘電率値を有するボード材料を選定することで満たされる。しかしながら高誘電率の誘電体を使用すると、通常アンテナの放射効率は著しく低下してしまう。

40

【0013】

アンテナ素子は、時折マイクロストリップスロットアンテナとして構成される。マイクロストリップスロットアンテナは、一般に別の種類のアンテナに比べて、必要空間が少なく、単的で、通常製作コストが低いという利点を有する。またマイクロストリップスロットアンテナは、プリント回路技術と十分な互換性がある。

50

【0014】

高効率マイクロストリップスロットアンテナを構成する際のある重要な因子は、誘電損失を含むいくつかの要因によって生じる、出力損失の最小化である。通常誘電損失は、束縛電荷の不完全な挙動により生じ、誘電体材料が時間変化する電磁場に置かれた際、常に生じる。誘電損失は、しばしば損失タンジェントと称され、誘電媒体の導電率と正比例する。一般に誘電損失は、作動周波数の増大とともに増加する。

【0015】

特定のマイクロストリップスロットアンテナにおける誘電損失の程度は、原則として、放射アンテナ素子（例えばスロット）と給電線路の間の誘電空間の誘電率によって決まる。ほとんどの場合、相対誘電率は真空または空気の値となり、相対透過率は約1である。

10

【0016】

相対誘電率が1に近い誘電体材料は、「良好な」誘電体材料であり、良好な誘電体材料は、感心作動周波数において低い誘電損失を示す。誘電体材料の相対誘電率が実質的に使用周囲材料と等しい場合、インピーダンスの不整合による誘電損失は、有効に解消される。従って、マイクロストリップスロットアンテナシステムにおいて、高い効率を維持させる一つの方法は、放射アンテナスロットとスロットを励起するマイクロストリップ給電線路の間の誘電空間に、相対誘電率の低い材料を用いることである。

【0017】

また誘電率の低い材料を使用した場合、幅広の伝送線路を使用することが可能となり、導電損失が抑制され、マイクロストリップスロットアンテナの放射効率を向上させることができる。しかしながら、誘電率の低い誘電体材料の使用には、誘電率の高い基板上に製作されたスロットアンテナに比べて、誘電率の高い基板上に製作されたスロットアンテナでは寸法が大型化する等の問題がある。

20

【0018】

給電線路に単一の均一誘電率を有する特定の誘電体材料を選択する場合、マイクロストリップスロットアンテナの効率が犠牲となる。誘電率が低いことは、給電線路の広幅化が可能となり、抵抗損失が抑制され、配線誘電損失の最小化や、スロット放射効率の最小化につながるため有益である。しかしながら、誘電体材料がスロットと給電線路の間の接合領域に設置される場合、スロットを介しての結合特性が悪くなり、アンテナの放射効率は低下する。

30

【0019】

通常同調スタブは、マイクロストリップスロットアンテナの余分なりアクタンスを排除するために使用される。しかしながら、一般にスタブのインピーダンスバンド幅は、放射器のインピーダンスバンド幅およびスロットのインピーダンスバンド幅の両方よりも低い。従って、従来のスタブは、アンテナ回路の余分なりアクタンスの排除には使用できるものの、通常、スタブの低いインピーダンスバンド幅では、アンテナ回路全体の特性を制限してしまう。

【0020】

本発明では、このような問題を抑制することのできるスロット給電マイクロストリップパッチアンテナ等のアンテナを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0021】

マイクロストリップアンテナの特性は、給電スタブの特性を向上させることにより、最適化される。通常給電スタブは、スロット給電アンテナの余分なりアクタンスを排除するために使用されるが、共通の均一な誘電体基板により課される制約のため、設計自由度は狭められる。一般に、共通の誘電体基板は、良好な伝送線路特性が得られるように選定される。本発明の利用によって、スロットを横断し、スタブが設置された誘電体基板領域は、良好な伝送線路特性を得るため、誘電体基板特性とは別個に最適化される。

【0022】

またスタブのインピーダンスバンド幅は、高誘電率材料上に給電スタブを設置すること

50

により、改善することができる。高誘電領域は、更なる効率向上のため、追加で磁性粒子を含むことが好ましい。スタブの設置された誘電領域に磁性粒子が含まれることにより、給電線路とスロットの間に設置された誘電接合領域の固有インピーダンスが、スタブの設置された誘電体材料と整合される。これらの領域のインピーダンス整合によって、不連続性により生じる信号歪や共鳴の程度が抑制される。

【 0 0 2 3 】

スロット給電マイクロストリップアンテナは、導電性グラウンドプレーンを有し、該グラウンドプレーンは、少なくとも一つのスロットを有する。給電線路は、前記スロットにあるいは前記スロットから信号エネルギーを伝送する。この給電線路は、スロットの外側に広がるスタブ領域を有する。第1の誘電層は、給電線路と前記グラウンドプレーンの間に設置される。第1の誘電層は、第1の領域に第1の相対誘電率を含む第1組の誘電特性を有し、少なくとも前記第1の誘電層の第2の領域は、第2組の誘電特性を有する。第2組の誘電特性は、第1の相対誘電率よりも大きな相対誘電率を提供する。スタブは、第2の領域に設置される。

10

【 0 0 2 4 】

第1の誘電層は、磁性粒子を有することが好ましい。磁性粒子の少なくとも一部は、スタブが設けられた第2の領域に設置される。第2の領域は、少なくとも1.1の相対透過率を提供する。

【 0 0 2 5 】

給電線路とスロットの間に設置された誘電接合領域の固有インピーダンスは、スタブが設けられた第2の領域とインピーダンス整合される。これにより、共振および信号歪が抑制される。また、誘電接合領域の固有インピーダンスは、アンテナの周囲環境の固有インピーダンスとインピーダンス整合される。ここで「固有インピーダンスの整合」という用語は、相対透過率が各領域で1であると仮定した場合、界面を有する領域の各実際の透過率値によって得られる固有インピーダンス整合に比べて、向上したインピーダンス整合を意味する。前述のように本発明の従来技術では、ボード基板には、単一の相対透過率値を選定することができるものの、利用できるボード基板の相対透過率は、必然的にほぼ1に等しくなる。

20

【 0 0 2 6 】

第1の誘電層は、セラミック材料を有し、該セラミック材料は、複数のボイドを有し、該ボイドの少なくとも一部には、磁性粒子が満たされる。このアンテナは、少なくとも一つのパッチ放射器と、第2の誘電層を有するパッチアンテナとすることができ、第2の誘電層は、グラウンドプレーンとパッチ放射器との間に設置される。第2の誘電層は、第3の領域を有し、この領域は、第3の相対誘電率を含む第3組の誘電特性を提供し、第2の誘電層は、少なくとも、第4の相対誘電率を含む第4組の誘電特性を有する第4の領域を有する。第4の相対誘電率は、第3の相対誘電率よりも大きく、パッチは、第4の領域に設置される。第4の領域は、磁性粒子を有し、相対透過率は、少なくとも1.1である。

30

【 0 0 2 7 】

本発明は、アンテナに設置される各種媒体の界面のインピーダンス整合に利用することができる。例えば、パッチが設けられた第4の領域の固有インピーダンスを、アンテナの周囲環境の固有インピーダンスと整合させることができる。給電線路とスロットの間に設置された誘電接合領域の固有インピーダンスを、第4の領域および/またはスタブが設置された第2の領域の固有インピーダンスと整合させることができる。

40

【 0 0 2 8 】

アンテナは、例えば第1および第2のパッチ放射器のような、複数のパッチを有しても良く、この第1および第2のパッチ放射器は、第3の誘電層によって分離される。第3の誘電層は、前述の第1および第2の誘電層に適用された方法によって構成される。

【 発明を実施するための最良の形態 】**【 0 0 2 9 】**

通常RFの構成の際には、低誘電率ボード材料が選定される。例えばRT/ジュロイド

50

(duroid) (登録商標) 6002 (誘電率 2.94、損失タンジェント 0.0012)、および RT/ジュロイド (登録商標) 5880 (誘電率 2.2、損失タンジェント 0.0007) のような、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) 系の化合物は、ロジャーズマイクロウェーブプロダクト社 (Rogers Microwave Products) の先進回路材料部門、100s、ルーズベルト通り、チャンドラ、AZ85226 より市販されている。これらの材料は、共通のボード材料に選定される。前述のボード材料は、厚さおよび物理的特性が均一なボード領域を提供し、比較的 low 誘電率で、低損失タンジェントの誘電層を提供する。これらの両材料の相対透過率は、ほぼ 1 である。

【0030】

従来のアンテナは、ほぼ均一な誘電体材料を利用するように設計されている。誘電特性の均一性は、必然的にアンテナ特性に影響を及ぼす。誘電率の低い基板は、損失を考慮した場合、アンテナの放射効率の点で、伝送線路には好適であるが、アンテナ寸法を最小化して、エネルギー結合を最適化させるには、高誘電率の基板が好ましい。従って、効率との二律背反の結果、必然的に従来のスロット給電マイクロストリップアンテナとなる。

10

【0031】

アンテナおよび給電線路に分離基板を使用した場合も、各基板の均一な誘電特性とアンテナ特性との間で、妥協を余儀なくされる。例えばスロット給電アンテナにおける低誘電率の基板は、給電線路損失を抑制するが、給電線路からスロットを介してのエネルギー伝送効率は、スロット領域の誘電率が高いため、低下する結果となる。

【0032】

20

一方本発明では、選択的に制御された誘電率や、アンテナの効率、機能性および物理特性を向上するように最適化された透過率特性を有する誘電層またはその一部の使用が可能となるため、回路設計者には自由度が提供される。

【0033】

誘電領域は、分離した基板領域に、1 以外の相対透過率を付与する磁性粒子を含んでも良い。工業分野では、透過率は、しばしば絶対値ではなく相対値で表される。対象材料の相対透過率は、真空空間の透過率に対するその材料の透過率の比であり、 $\mu_r = \mu / \mu_0$ である。真空空間の透過率は、 μ_0 で表され、 $1.257 \times 10^{-6} \text{ H/m}$ である。

【0034】

磁性材料は、相対透過率 μ_r が 1 よりも大きな、あるいは 1 よりも小さな材料である。磁性材料は、通常、以下に示す 3 つのグループに分類される。

30

【0035】

反磁性材料は、相対透過率が 1 よりも小さな材料であり、通常は 0.99900 乃至 0.99999 である。例えばビスマス、鉛、アンチモン、銅、亜鉛、水銀、金および銀は、反磁性材料として知られている。従って磁場が印加された場合、これらの材料は、真空状態と比べて、僅かながら磁束密度が減少する。

【0036】

常磁性材料は、相対透過率が 1 よりも大きく、約 10 以下の材料である。常磁性材料の例は、アルミニウム、白金、マンガンおよびクロムである。常磁性材料は、通常外部磁場が除去されると、直ちにその磁性を喪失する。

40

【0037】

強磁性材料は、相対透過率が 10 を超える材料である。強磁性材料には、多くのフェライト、鉄、鋼、ニッケル、コバルトおよびアルニコやパーアロイのような市販の合金がある。例えばフェライトは、セラミック材料で構成され、相対透過率は、約 50 から 200 の範囲にある。

【0038】

ここで、「磁性粒子」という用語は、誘電体材料と混合された際に、誘電体材料の相対透過率 μ_r が 1 よりも大きくなる粒子を表すために使用される。従って、一般の強磁性および常磁性材料は、この定義に含まれ、反磁性粒子は、通常含まれないことになる。相対透過率 μ_r は、目的の用途に応じて幅広い範囲で提供される。例えば、1.1、2、3、

50

4、6、8、10、20、30、40、50、60、80、100またはこれ以上もしくはこれらの間の値である。

【0039】

誘電体基板の調整可能な、および局所的な電気磁気特性は、誘電体基板がメタ材料を含むことによって実現できる。「メタ材料」という用語は、分子またはナノレベルの極めて微細な状態の、2または3以上の異なる材料で構成される複合材料を意味する。

【0040】

本発明では、スロット給電マイクロストリップアンテナの構造が提供され、従来のスロット給電マイクロストリップアンテナの構造に比べて、効率および特性が向上する。この向上の結果、給電線路とスロット間の電磁エネルギーの結合を向上させるスタブなどが増強される。給電線路とグラウンドプレーンの間に設置された誘電層は、第1の誘電率を有する第1の部分と、第2の誘電率を有する第2の部分とを提供する。第2の誘電率は、第1の誘電率よりも大きい。スタブの少なくとも一部は、誘電率の高い第2の部分に設置される。誘電層の一部は、磁性粒子を含み、スタブ近傍に誘電領域を有することが好ましい。これにより、スロットアンテナの効率および特性全体がさらに増大する。

【0041】

図1には、本発明の実施例によるスロット給電マイクロストリップアンテナ100の側面図を示す。アンテナ100は、基板誘電層105を有する。基板層105は、第1の誘電領域112と、第2の誘電領域(スタブ領域)113と、第3の誘電領域(給電線路とスロットの間に設置された誘電接合領域)114とを有する。第1の誘電領域112は、相対透過率が μ_1 で、相対誘電率(または誘電率)が ϵ_1 であり、第2の誘電領域113は、相対透過率が μ_2 で、相対誘電率(または誘電率)が ϵ_2 であり、第3の誘電領域114は、相対透過率が μ_3 で、相対誘電率(または誘電率)が ϵ_3 である。

【0042】

スロット106を有するグラウンドプレーン108は、誘電体基板105上に設置される。アンテナ100は、グラウンドプレーン108全体を覆うように設置された、追加の誘電被覆層(図示されていない)を有しても良い。

【0043】

給電線路117は、スロットにまたはスロットから信号エネルギーを伝送するために設けられる。給電線路は、スタブ領域118を有する。給電線路117は、マイクロストリップラインまたは他の適当な給電構造であって、適当な導体および界面を介して、各種動力源によって駆動される。

【0044】

第2の誘電領域113は、第1の誘電領域112よりも大きな相対誘電率を有する。例えば誘電領域112の相対誘電率は、2乃至3であるのに対して、誘電領域113の相対誘電率は、少なくとも4である。例えば誘電領域113の相対誘電率は、4、6、8、10、20、30、40、50、60またはこれ以上もしくはこれらの間の値である。

【0045】

グラウンドプレーン108は、単一のスロット106を有するように示されているが、本発明はマルチスロット配置にも適用できる。マルチスロット配置は、ジュアル偏向を生じさせるために使用される。また通常スロットは、給電線路117とスロット106の間に適切な結合を提供することができれば、長方形または環状等、いかなる形状であっても良い。

【0046】

第3の誘電領域114は、誘電領域112よりも大きな相対誘電率を有することが好ましく、これにより、この領域に電磁場を集中させることが可能となる。領域114の相対誘電率は、領域113の相対誘電率より大きくても、小さくても、等しくても良い。本発明の好適実施例では、領域114の固有インピーダンスは、外部環境と整合するように選定される。外部環境が空気であると仮定すると、この環境は真空のような挙動を示す。その場合、 $\mu_2 = \mu_3$ で、領域114と外部環境のインピーダンスが整合する。

10

20

30

40

50

【0047】

誘電領域113は、給電線路117とスロット106の間に放射される電磁場に大きな影響を与える。誘電領域113の材料、寸法、形状および位置を慎重に選定することによって、給電線路117とスロット106の間の結合が、たとえその間の距離が大きくても、改善される。

【0048】

誘電領域113の形状に関しては、領域113は、三角形または楕円形の断面を有する柱状に形成される。別の実施例では、領域113は、円筒状であっても良い。

【0049】

本発明の好適実施例では、スタブ領域113の固有インピーダンスは、接合領域114の固有インピーダンスと整合するように選定される。誘電接合領域114の固有インピーダンスがスタブ領域113の固有インピーダンスと整合することにより、アンテナ100の放射効率が向上する。領域114の固有インピーダンスが空気と整合するように選定されたと仮定すると、 μ_3 は μ_0 と等しくなる。領域113の固有インピーダンスが領域114に整合すると、従来のスロットアンテナにおいて生じるような、スタブとのインピーダンスのミスマッチという大きな問題につながり得る信号歪や信号共鳴が抑制される。

【0050】

好適実施例では、誘電領域113は、そこに設置された複数の磁性粒子を有し、相対透過率が1よりも大きくなる。図2にはアンテナ200を示す。図1に示すアンテナとは、複数の磁性粒子214が、誘電領域113に提供されている点が異なっている。磁性粒子214は、メタ材料粒子であっても良く、これは以下に詳細を示すように、セラミックのような基板105に形成されたボイドに挿入される。磁性粒子は、顕著な磁性透過率を示す領域を有する誘電体基板を提供する。ここで顕著な磁性透過率とは、少なくとも約1.1以上の相対磁性透過率を意味する。従来の基板材料では、相対磁性透過率は約1である。ここで示した方法により、使用目的に応じた広い範囲の μ_r が提供され、この値は例えば、1.1、2、3、4、6、8、10、20、30、40、50、60、80、100またはこれ以上もしくはこれらの間の値である。

【0051】

また本発明は、スロット給電マイクロストリップパッチアンテナに利用することができ、このアンテナは、効率および特性が向上する。図3には、パッチアンテナ300を示すが、パッチアンテナ300は、少なくとも一つのパッチ放射器309と、第2の誘電層305とを有する。第2の誘電層305の下側の構成は、図1および図2の場合と同様であるが、参照符号は300番台のものが示されている。

【0052】

第2の誘電層は、グラウンドプレーン308とパッチ放射器309の間に設置される。第2の誘電体305は、第1の誘電領域310と、第2の誘電領域311とを有し、第1の誘電領域310は、第2の誘電領域311よりも大きな相対誘電率を有することが好ましい。また領域310は、磁性粒子314を有することが好ましい。磁性粒子314を含むことによって、領域310は、領域310の相対誘電率と同等の相対透過率を用いて、空気のようなアンテナの外部環境とインピーダンス整合される。従って、アンテナ300は、(スロット306とパッチ309の間の)領域310の固有インピーダンスと、(給電線路317とスロット306の間の)領域314の固有インピーダンスとの整合によって、放射効率が改善される。

【0053】

例えば、誘電領域311の相対誘電率を2乃至3にして、誘電領域310の相対誘電率を少なくとも4以上にすることができる。例えば誘電領域310の相対誘電率は、4、6、8、10、20、30、40、50、60またはそれ以上あるいはこれらの間の値とすることができる。

【0054】

アンテナ300は、改善されたスタブ318の使用により、給電線路317からスロ

10

20

30

40

50

ト 3 0 6 を介して、パッチ 3 0 9 までの電磁エネルギーの結合を強め、効率を向上することができる。前述のように、改善されたスタブ 3 1 8 は、近接する誘電率の高い領域 3 1 3 を利用することで提供されるが、この領域は、さらに磁性粒子 3 2 4 を含むことが好ましい。前述のように、結合効率は、スタブ 3 1 8 と近接する誘電領域 3 1 3 の、誘電領域 3 1 2 よりも大きな誘電率を利用することにより、さらに改善される。

【 0 0 5 5 】

局部的に磁性および誘電特性を選択することのできるメタ材料部分を有する誘電体基板ボードは、図 4 のように、特別なアンテナ基板を用いて調製される。ステップ 4 1 0 では、誘電ボード基板が調製される。ステップ 4 2 0 では、誘電ボード材料の少なくとも一部が、以下に示すようにメタ材料を用いて、異なる状態に変質され、物理的寸法が縮小し、アンテナおよび関連回路に最適な効率を得られる。変質には、誘電体材料内のボイドの形成や、実質的にボイドの一部または全てを磁性粒子で充填することが含まれる。最後に金属層が設置され、アンテナ素子に関連する導電性トレースおよび表面領域が定められ、パッチ放射器のような対応する給電回路が定められる。

10

【 0 0 5 6 】

ここで「メタ材料」という用語は、オングストロームあるいはナノメートルレベルの極めて微細な寸法の、2 または 3 以上の異なる材料の混合または配置によって形成される複合材料を意味する。メタ材料では、複合材料の電磁気的特性を調整することが可能であり、この特性は、実効誘電率（または相対誘電率）および実効相対透過率によって定められる。

20

【 0 0 5 7 】

ステップ 4 1 0 および 4 2 0 に示す誘電ボード材料の調製および変質のプロセスを以下に詳細に示す。ただし、以降に示す方法は、単なる例示であって、本発明はこれに限定されるものではないことを理解する必要がある。

【 0 0 5 8 】

適当なバルク誘電体基板材料が、ジュポン社やフェロ社のような材料メーカーによる市販の材料から提供される。通常グリーンテープ（登録商標）と呼ばれる未処理材が、バルクの誘電テープから、例えば 6 インチ × 6 インチのような形状に、切断採取される。例えばジュポン社のマイクロ回路材料部門の 9 5 1 低温共熱処理誘電体テープや、フェロ社の電子材料 U L F 2 8 - 3 0 超低温熱処理 C O G 誘電体形成のようなグリーンテープ材料システムが提供される。これらの基板材料は、熱処理後に、比較的中程度の誘電率で、マイクロ波周波数での回路作動時の損失タンジェントが比較的小さな誘電層を提供する際に使用される。

30

【 0 0 5 9 】

複数の誘電体基板材料のシートを用いて、マイクロ波回路を形成するプロセスでは、経路、ボイド、孔またはキャビティのような形状は、1 または 2 以上のテープ層をパンチ加工して形成される。ボイドは、機械的手段（例えばパンチ）または直接エネルギー手段（例えばレーザー穴あけ、写真転写）を用いて形成されるが、ボイドは別のいかなる適当な方法を用いて、定形されても良い。いくつかの経路は、基板の厚みを貫通するように形成しても良く、いくつかのボイドは、基板の厚みを部分的に変化させて形成しても良い。

40

【 0 0 6 0 】

次に経路は、金属または他の誘電材料や磁性材料あるいはこれらの混合物で満たされる。通常は、充填材を正確に設置させるため型板が使用される。テープの個々の層は、従来のプロセスで相互に積層され、完全な多層化基板が形成される。あるいは、テープの個々の層は、相互に積層して、不完全な多層化基板を形成しても良く、これは通常サブスタックと呼ばれる。

【 0 0 6 1 】

ボイドの形成された領域にはボイドを残しておいても良い。選定された充填材で充填する場合、選定材料は、メタ材料を含むことが好ましい。メタ材料組成の選択により、実効誘電率を 1 から約 2 6 5 0 までの比較的連続的な範囲で調整することが可能となる。磁気

50

特性の調整は、あるメタ材料に利用することもできる。例えば適当な材料の選定により、相対実効磁気透過率は、約4から116の範囲とすることができ、これは、ほとんどの実際のRF機器に適用できる。ただし、相対実効磁気透過率は、約1まで下げても、数千の値であっても良い。

【0062】

所与の誘電体基板は、異なる状態に変質されても良い。ここで「異なる状態に変質される」とは、ドーパント処理などによって、誘電体基板層を改質することを意味し、少なくとも一つの誘電特性および磁気特性が、基板のある部分と別の部分とで異なった状態となる。異なる状態に変質されたボード基板は、1または2以上のメタ材料領域を有することが好ましい。例えば、変質は選択的であっても良く、ある誘電層部分が、第1組の誘電または磁性特性を有し、別の誘電層部分では、異なる状態に変質されあるいはそのままの状態に維持され、誘電および/または磁性特性が第1組の特性とは異なるように提供される。異なる状態への変質は、各種異なる方法で実現させることができる。

10

【0063】

ある実施例では、誘電層に追加の誘電層が設置される。スピンコート技術のような各種スプレー技術、スパッタリングのような各種成膜技術などの従来技術を用いて、追加の誘電層が設置される。追加誘電層は、ボイドや孔の周囲など一部の領域に選択的に設置しても良く、誘電層の全体に設置しても良い。例えば、追加誘電層を基板の一部に提供して、実効誘電率を向上させることができる。追加層として設置される誘電層は、各種高分子材料を含んでも良い。

20

【0064】

さらに異なる状態に変質させるステップは、誘電層または追加誘電層に、局部的に追加材料を設置するステップを有しても良い。材料の追加によって、さらに誘電層の実効誘電率または磁気特性を制御して、所与の構造を形成することができる。

【0065】

追加材料は、複数の金属および/またはセラミック粒子を含んでも良い。金属粒子には、鉄、タングステン、コバルト、バナジウム、マンガン、ある希土類金属、ニッケルまたはニオブの粒子が含まれることが好ましい。粒子は、通常サブミクロンの物理的寸法を有するナノメートルサイズの粒子であることが好ましく、これを以降ナノ粒子と呼ぶ。

【0066】

ナノ粒子のような粒子は、有機官能性複合材粒子であることが好ましい。例えば、有機官能性複合材粒子は、電気絶縁コーティングされた金属コアを有する粒子、あるいは金属コーティングされた電気絶縁性コアを有する粒子を含む。

30

【0067】

通常、磁性材料粒子は、以降に示す各種用途の誘電層の磁気特性の制御に適しており、フェライト有機セラミック(Fe_xCyHz) - ($Ca/Sr/Ba$ -セラミック)を含む。これらの粒子は、8 - 40 GHzの周波数範囲での使用に適している。別の方法として、またはこれに加えて、ニオブ系有機セラミック($NbCyHz$) - ($Ca/Sr/Ba$ -セラミック)を使用した場合、これは12 - 40 GHzの周波数範囲に適している。高周波数用に設計された材料を低周波数用に使用することも可能である。これらのおよ

40

【0068】

一般に本発明では、コーティングされた粒子を用いることが好ましい。これらの粒子は、高分子マトリクスで、あるいは側鎖の片側に結合されるからである。誘電体の磁気特性を制御することに加えて、添加粒子を用いて、材料の実効誘電率を制御することも可能である。複合材粒子の充填率を約1から70%として、基板誘電層および/または追加誘電層の一部の誘電率を大きく増減させることが可能である。例えば、誘電層に有機官能性ナノ粒子を設置して、これを用いて変質誘電層の一部の誘電率を増大させることができる。

【0069】

粒子は、高分子混合、混合および攪拌充填のような各種方法で設置することができる。

50

例えば誘電率は、約70%までの各種充填率の粒子を用いることにより、2から約10まで上昇する。この目的に適した金属酸化物には、酸化アルミニウム、酸化カルシウム、酸化マグネシウム、酸化ニッケル、酸化ジルコニウムおよび酸化ニオブ（II、IVおよびV）が含まれる。リチウムニオブ（ LiNbO_3 ）およびカルシウムジルコネートやマグネシウムジルコネートのようなジルコネートが用いられても良い。

【0070】

選択可能な誘電特性は、約10ナノメートルの領域に局在化させることができ、またはボード基板表面全体など大面積領域全体に発現させることができる。写真転写技術や成膜処理後のエッチング技術のような従来の技術を用いて、局部的に誘電および磁気特性を操作することができる。

10

【0071】

材料は、他の材料と混合して調製しても、あるいはポイド領域（通常空気が導入される）の密度を変化させて調製しても良く、他の所望の基板特性と同様に、2から約2650までの実質的に連続的な範囲の実効誘電率が得られる。例えば、低誘電率の材料（<2から約4）は、ポイド領域密度を変化させたシリカを含む。ポイド領域密度を変化させたアルミナでは、誘電率が約4乃至9となる。シリカやアルミナ以外では、著しく大きな磁気透過率は得られない。しかしながら、約20wt%までの磁性粒子を加えることで、これらのおよび他の材料に、磁性を与えることが可能となる。例えば磁気特性は、有機官能基によって調整することができる。添加磁性材料の誘電率に及ぼす影響によって、通常誘電率は増大する。

20

【0072】

一般に中程度の誘電率の材料では、誘電率は70から500±10%の範囲にある。前述のように、これらの材料には、所望の実効誘電率値が得られるように他の材料が混合され、あるいはポイドが形成される。これらの材料には、チタン酸カルシウムがドーピングされたフェライトが含まれる。ドーピング金属には、マグネシウム、ストロンチウムおよびニオブが含まれる。これらの材料は、45乃至600の範囲の相対磁気透過率を有する。

【0073】

高い誘電率を利用する場合、フェライトまたはカルシウムまたはバリウムのチタン酸ジルコネートがドーピングされたニオブが用いられる。これらの材料では、誘電率は約2200から2650である。これらの材料へのドーピング量は、通常約1乃至10%である。これらの材料は、所望の実効誘電率を得るため、別の材料と混合しても良く、またはポイドを形成しても良い。

30

【0074】

これらの材料は、通常各種分子レベルの変質プロセスを用いて改質される。変質プロセスには、ポイド形成工程、および後続の、ポリテトラフルオロエチレンPTFEのような炭素やフッ素系有機官能性材料等による充填工程が含まれる。

【0075】

別の方法として、あるいは有機官能性材料の一体化に加えて、一体自由成形加工（SFF）、光、紫外線、x線、電子ビームまたはイオンビームの照射による方法がある。写真転写技術を用いて、光、紫外線、x線、電子ビームまたはイオンビームの照射を行っても良い。

40

【0076】

メタ材料を含む別の材料を利用して、基板層（サブスタック）に異なる領域を形成することも可能であり、この場合、基板層（サブスタック）の複数の領域が、異なる誘電および/または磁性特性を有するようになる。

【0077】

前述のような充填材を用いて、1または2以上の追加処理ステップにより、局部的にまたはバルクの基板部分全体に、所望の誘電および/または磁性特性を得ることも可能である。

【0078】

50

次に通常、導電体の上部層が変質基板層、サブスタックまたは完全スタックにプリントされる。導電体のトレースは、薄膜技術、厚膜技術、電気鍍金または他の適当な技術を用いて提供される。導電体パターンを定形する際に使用されるプロセスには、これに限られるものではないが、標準的な写真転写および型板処理が含まれる。

【0079】

次に、複数の変質ボード基板を収集し整列配置するベースプレートが提供される。この目的は、複数の基板ボードの各々を通る位置合わせ孔を用いることで、達成される。

【0080】

次に、基板の複数の層、1または2以上のサブスタック、あるいは複数の層とサブスタックとを組み合わせた層は、全方向から材料に圧力を加える静水圧、または一つの軸方向からのみ材料に圧力を加える単軸加圧を用いて、(例えば機械的に加圧されて)相互に積層される。次に積層基板は、前述のように、あるいは炉内に設置され、処理基板に適した温度(前述の材料の場合、約850乃至900)で熱処理される。

【0081】

次に、複数のセラミックテープ層および基板のスタック化されたサブスタックは、使用基板材料に適した速度で昇温制御することの可能な適当な炉を用いて、熱処理される。昇温速度、最終温度、冷却プロファイルおよびその他の必要な保持状態のような熱処理条件は、基板材料や、あらゆる充填材または成膜材に留意して選定される。熱処理後に、スタック化基板ボードは、通常音響式、光学式、電子走査式、またはx線式顕微鏡を用いた欠陥検査に供される。

【0082】

次にスタック化セラミック基板は、必要に応じて、所定の帯状寸法となるように切断され、回路の機能が要求仕様に適合される。最終検査後に、帯状基板の切断試料は、試験治具に取り付けられ、誘電特性、磁性特性および/または電気特性のような各種特性が、指定限界内にあるかどうか評価される。

【0083】

このように、誘電体基板材料は、誘電特性および磁気特性が局部的に調整された状態で提供され、回路、さらにはスロット給電マイクロストリップパッチアンテナのような、マイクロストリップアンテナを構成する部品の密度や特性が向上する。

【実施例】

【0084】

本発明による、磁気粒子を含む誘電体を用いてインピーダンス整合を行う、いくつかの特定の例を以下に説明する。スロット内の給電線路からスタブ内のスロットのインピーダンス整合、およびスロットと外界(例えば空気)とのインピーダンス整合を以下に示す。

【0085】

2つの異なる媒体の界面での固有インピーダンスが等しくなるために必要な条件は、法線入射($\theta_i = 0^\circ$)平面波の場合、 $\mu_n / \epsilon_n = \mu_m / \epsilon_m$ によって与えられる。この式は、スロット内の誘電媒体と、例えば空気環境(例えば上部に空気があるスロットアンテナ)または別の誘電体(例えばパッチアンテナの場合のアンテナ誘電体)のような隣接誘電媒体とのインピーダンス整合を得るために用いられる。外界とのインピーダンス整合は、周波数には依存しない。多くの実用的な利用では、通常合理的な近似として、入射角はゼロと仮定される。ただし入射角が実質的に、ゼロよりも大きな場合は、2媒体の固有インピーダンスの整合のため、前述の式において、コサインの項が用いられる。

【0086】

対象材料は、全て等方性であると仮定する。コンピュータプログラムを用いて、これらの特性を算定することができる。ただし従来より、マイクロ波回路の磁性材料は、2媒体間の固有インピーダンスの整合には用いられていないため、今のところ、インピーダンス整合に必要な材料特性を算定する信頼性のあるソフトウェアは、存在しない。

【0087】

コンピュータ計算は、含まれる物理的原理を表すため、単純化されている。有限要素解

10

20

30

40

50

析法のようなより厳密な手法を用いて、より高精度にこの問題をモデル化することも可能である。

(例1) 上部が空気のスロット

図5に示すように、スロットアンテナ500は、上部が空気(媒体1)である。アンテナ500は、伝送線路505とグラウンドプレーン510とを有し、このグラウンドプレーンは、スロット515を有する。誘電体530は、誘電率 $\epsilon_r = 7.8$ であり、伝送線路505とグラウンドプレーン510の間に設置され、領域/媒体5、領域/媒体4、領域/媒体3および領域/媒体2を有する。領域/媒体3は、対応長さ(L)を有し、これは参照符号532で示されている。伝送線路505のスタブ領域540は、領域/媒体5の下側に設置されている。スタブ540の外側に広がる領域525は、この解析上、ベアリングをほとんど有さないものと仮定しており、無視できる。

10

【0088】

媒体2および3の磁気相対透過率値(μ_{r2} および μ_{r1})は、媒体2および3の固有インピーダンス整合の条件を用いて算定される。媒体2の相対透過率 μ_{r2} は、媒体1(外界)の固有インピーダンスに、媒体2の固有インピーダンスが整合するように定められる。同時に、媒体3の相対透過率 μ_{r3} は、媒体4と媒体2のインピーダンスが整合するように定められる。また、媒体3の整合区画の長さLは、媒体2と4の固有インピーダンスが整合するように定められる。長さLは、選定作動周波数の1/4波長である。

【0089】

まず以下の式を用いて、媒体1と2の界面での反射係数を理論的に消去して、媒体1と2をインピーダンス整合させる。

20

【0090】

【数2】

$$\frac{\mu_{r1}}{\epsilon_{r1}} = \frac{\mu_{r2}}{\epsilon_{r2}} \quad (1)$$

次に、以下のように媒体2の相対透過率を得る。

30

【0091】

【数3】

$$\mu_{r2} = \mu_{r1} \frac{\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r1}} = 1 \cdot \frac{7.8}{1} \quad \mu_{r2} = 7.8 \quad (2)$$

このように、環境側(例えば空気)のスロットを整合させると、媒体(2)の相対透過率 μ_{r2} は、7.8となる。

40

【0092】

次に、媒体4を媒体2とインピーダンス整合させる。媒体3は、媒体2を4に整合する際に用いられ、3GHzと仮定した選定作動周波数の1/4波長の電氣的長さを有する領域3の整合区画532の長さ(L)が用いられる。これにより、整合区画432を1/4波長変成器として利用できる。媒体4を媒体2と整合させるため、1/4波長区画532は、以下の固有インピーダンスである必要がある。

【0093】

【数 4】

$$\eta_3 = \sqrt{\eta_2 \cdot \eta_4} \quad (3)$$

領域 2 の固有インピーダンスは、

【 0 0 9 4 】

【数 5】

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{\mu_{r_2}}{\epsilon_{r_2}}} \eta_0 \quad (4)$$

10

となり、ここで η_0 は、真空空間の固有インピーダンスであり、以下のように与えられる。

【 0 0 9 5 】

【数 6】

$$\eta_0 = 120\pi\Omega \approx 377\Omega \quad (5)$$

20

ここで、媒体 2 の固有インピーダンス η_2 は、

【 0 0 9 6 】

【数 7】

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{7.8}{7.8}} \cdot 377\Omega = 377\Omega \quad (6)$$

30

となる。領域 4 の固有インピーダンスは、

【 0 0 9 7 】

【数 8】

$$\eta_4 = \sqrt{\frac{\mu_{r_4}}{\epsilon_{r_4}}} \eta_0 = \sqrt{\frac{1}{7.8}} \cdot 377\Omega \approx 135\Omega \quad (7)$$

40

となる。(0.3) に (0.7) および (0.6) を代入して、媒体 3 の固有インピーダンスとして、

【 0 0 9 8 】

【数 9】

$$\eta_3 = \sqrt{377 \cdot 135} \Omega = 225.6 \Omega \quad (8)$$

が得られる。次に媒体 3 の相対透過率は、

【0099】

10

【数 10】

$$\eta_3 = 225.6 \Omega = \sqrt{\frac{\mu_3}{\epsilon_3}} \cdot \eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_3}{7.8}} \cdot 377$$

$$\mu_3 = 7.8 \cdot \left(\frac{225.6}{377} \right)^2 = 2.79 \quad (9)$$

20

となる。3 GHz での媒体 3 の導波長は、

【0100】

【数 11】

$$\lambda_3 = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_3 \cdot \mu_3}} = \frac{3 \times 10^{10} \text{ cm/s}}{3 \times 10^9 \text{ Hz}} \cdot \frac{1}{\sqrt{7.8 \cdot 2.79}} = 2.14 \text{ cm} \quad (10)$$

で表される。ここで c は光速であり、 f は作動周波数である。区画 532 と整合する 1 / 4 波長の長さ (L) として、結果的に

30

【0101】

【数 12】

$$L = \frac{\lambda_3}{4} = \frac{2.14}{4} \text{ cm} = 0.536 \text{ cm} \quad (11)$$

40

が得られる。

【0102】

媒体 (2) と (3) の間のリアクタンスは、ゼロまたは極めて小さいことに留意する必要がある。媒体 (2) のインピーダンスは、媒体 (3) に設置された 1 / 4 波長変成器により、媒体 (4) のインピーダンスと整合されるからである。このことは、1 / 4 波長変成器の理論として知られている。

【0103】

同様に、媒体 5 を媒体 2 とインピーダンス整合させることができる。前述のように、高い Q を提供する改良スタブ 540 によって、媒体 5 を媒体 2 とインピーダンス整合させた状態で、高誘電率媒体 / 領域 5 上の設置スタブ 540 により、効率が向上したスロットア

50

ンテナを形成することができる。領域 2 は、空気とインピーダンス整合されるため、領域 5 は、領域 / 媒体 5 の誘電率値と等しい相対透過率値を有する。例えば、 $\mu_r = 20$ のとき、 μ_r は 20 に設定される。

(例 2) 上部に誘電体を有するスロットであって、誘電体は、相対透過率が 1 で誘電率が 10 である。

【0104】

図 6 には、アンテナ誘電体 610 の上に形成されたスロット給電マイクロストリップパッチアンテナ 600 の側面図を示すが、アンテナ誘電体 610 は、誘電率 $\mu_r = 10$ で相対透過率が $\mu_r = 1$ である。アンテナ 600 は、マイクロストリップパッチアンテナ 615 とグラウンドプレーン 620 とを有する。グラウンドプレーン 620 は、スロット 625 を含む開口領域を有する。給電線路誘電体 630 は、グラウンドプレーン 620 とマイクロストリップ給電線路 605 の間に設置される。

10

【0105】

給電線路誘電体 630 は、領域 / 媒体 5、領域 / 媒体 4、領域 / 媒体 3 および領域 / 媒体 2 を有する。領域 / 媒体 3 は、対応長さ (L) を有し、これは参照符号 632 で示されている。伝送線路 605 のスタブ領域 640 は、領域 / 媒体 5 上に設置される。領域 635 は、スタブ 640 の外側に広がっており、ほとんどベアリングを有さず、従ってこの解析では無視される。

【0106】

アンテナ誘電体の相対透過率は 1 で、誘電率は 10 であるため、アンテナ誘電体は、アンテナ誘電体に必要な相対透過率と誘電率が等しく、 $\mu_r = 10$ 、 $\mu_r = 10$ のような空気とは、明らかに整合しない。この例の解析は実施しないが、そのような整合は、本発明を用いて実施することができる。この例では、媒体 2 と 3 の相対透過率は、媒体 2 と 4 の間、および媒体 1 と 2 の間で、最適なインピーダンス整合となるように算定される。次に、媒体 3 の整合区画の長さが定められ、選定作動周波数の 1 / 4 波長の長さとなる。この例では、未知の値は、媒体 2 の相対透過率 μ_{r2} 、媒体 2 の相対透過率 μ_{r3} および L である。まず、以下の式を用いて、

20

【0107】

【数 13】

$$\frac{\mu_{r1}}{\epsilon_{r1}} = \frac{\mu_{r2}}{\epsilon_{r2}} \quad (12)$$

30

媒体 2 の相対透過率が得られる。

【0108】

【数 14】

$$\mu_{r2} = \mu_{r1} \frac{\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r1}} = 1 \cdot \frac{7.8}{10} = 0.78 \quad (13)$$

40

媒体 2 と媒体 4 を整合させるため、1 / 4 波長区画 632 の固有インピーダンスとして、

【0109】

【数 1 5】

$$\eta_3 = \sqrt{\eta_2 \cdot \eta_4} \quad (14)$$

が得られる。媒体 2 の固有インピーダンスは、

【 0 1 1 0】

【数 1 6】

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{\mu_{r_2}}{\epsilon_{r_2}}} \eta_0 \quad (15)$$

10

で与えられる。ここで η_0 は、真空空間の固有インピーダンスであり、以下のように与えられる。

【 0 1 1 1】

【数 1 7】

$$\eta_0 = 120\pi\Omega \approx 377\Omega \quad (16)$$

20

従って媒体 2 の固有インピーダンス η_2 は、

【 0 1 1 2】

【数 1 8】

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{0.78}{7.8}} \cdot 377\Omega = 119.2\Omega \quad (17)$$

30

となる。媒体 4 の固有インピーダンスは、

【 0 1 1 3】

【数 1 9】

$$\eta_4 = \sqrt{\frac{\mu_{r_4}}{\epsilon_{r_4}}} \eta_0 = \sqrt{\frac{1}{7.8}} \cdot 377\Omega \approx 135\Omega \quad (18)$$

40

となる。式 (14) に式 (18) と式 (17) を代入して、媒体 3 の固有インピーダンスが得られる。

【 0 1 1 4】

【数 2 0】

$$\eta_3 = \sqrt{119.2 \cdot 135}\Omega = 126.8\Omega \quad (19)$$

50

次に、媒体 3 の相対透過率が得られる。

【 0 1 1 5 】

【数 2 1】

$$\eta_3 = 126.8 \Omega = \sqrt{\frac{\mu_3}{\epsilon_3}} \cdot \eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_3}{7.8}} \cdot 377$$

$$\mu_3 = 7.8 \cdot \left(\frac{126.8}{377} \right)^2 = 0.8823$$

(20)

10

3 GHz での媒体 (3) の導波長は、

【 0 1 1 6 】

【数 2 2】

$$\lambda_3 = \frac{c}{f} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_3 \cdot \mu_3}} = \frac{3 \times 10^{10} \text{ cm/s}}{3 \times 10^9 \text{ Hz}} \cdot \frac{1}{\sqrt{7.8 \cdot 0.8823}} = 3.81 \text{ cm}$$

(21)

で与えられる。ここで c は光速であり、 f は作動周波数である。長さ (L) として、結果的に、

20

【 0 1 1 7 】

【数 2 3】

$$L = \frac{\lambda_3}{4} = \frac{3.81}{4} \text{ cm} = 0.952 \text{ cm}$$

(22)

が得られる。

30

【 0 1 1 8 】

例 1 のように、アンテナの放射効率は、媒体 2 と媒体 5 の固有インピーダンスを整合させることで、さらに向上させることができる。これは、媒体 / 領域 5 の相対透過率と誘電率の値を設定し、 η_2 とインピーダンス整合する固有インピーダンスを与えることで達成できる。

【 0 1 1 9 】

この例では、インピーダンス整合に必要な相対透過率の値は、実質的に 1 より小さな値となり、実在の材料では、そのような整合を行うことは困難である。従って、この例を実際実施するには、相対透過率が 1 よりも小さな媒体を必要とするこのようなあるいはこれと同様の用途向けに特別に調整された、新しい材料を開発する必要がある。

40

(例 3) 上部に誘電体を有するスロットであり、誘電体は、相対透過率が 1.0 で、誘電率が 2.0 である。

【 0 1 2 0 】

この例は、図 6 に示す構造を有し、例 2 と類似であるが、アンテナ誘電体 6.1.0 の誘電率 ϵ_r は、1 ではなく 2.0 である点で異なっている。アンテナ誘電体 6.1.0 の相対透過率は、1.0 であるため、その相対誘電率とは異なっており、アンテナ誘電体 6.1.0 は、空気と整合しない。この例では、前述の例のように、媒体 2 および 3 の透過率は、媒体 2 と 4 の間、および媒体 1 と 2 の間で最適なインピーダンス整合がされるように算定される。次に、媒体 3 の整合区画の長さが、選定作動周波数の 1 / 4 波長の長さとなるように定められる。前述のように、媒体 2 の相対透過率 μ_{r2} 、媒体 3 の相対透過率 μ_{r3} および媒体

50

3 の L は、隣接誘電媒体のインピーダンスと整合するように定められる。

【 0 1 2 1 】

まず以下の式を用いられる。

【 0 1 2 2 】

【 数 2 4 】

$$\frac{\mu_{r_1}}{\varepsilon_{r_1}} = \frac{\mu_{r_2}}{\varepsilon_{r_2}} \quad (23)$$

10

媒体 2 の相対透過率は、以下の式で与えられる。

【 0 1 2 3 】

【 数 2 5 】

$$\mu_{r_2} = \mu_{r_1} \frac{\varepsilon_{r_2}}{\varepsilon_{r_1}} = 10 \cdot \frac{7.8}{20} = 3.9 \quad (24)$$

20

媒体 2 と媒体 4 のインピーダンスを整合させるため、1 / 4 波長区画には、固有インピーダンスとして、

【 0 1 2 4 】

【 数 2 6 】

$$\eta_3 = \sqrt{\eta_2 \cdot \eta_4} \quad (25)$$

30

が必要となる。媒体 2 の固有インピーダンスは、

【 0 1 2 5 】

【 数 2 7 】

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{\mu_{r_2}}{\varepsilon_{r_2}} \eta_0} \quad (26)$$

40

で与えられる。ここで η_0 は、真空空間の固有インピーダンスであり、以下の式で与えられる。

【 0 1 2 6 】

【 数 2 8 】

$$\eta_0 = 120\pi\Omega \approx 377\Omega \quad (27)$$

50

従って、媒体 2 の固有インピーダンス η_2 は、

【 0 1 2 7 】

【 数 2 9 】

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{3.9}{7.8}} \cdot 377 \Omega = 266.58 \Omega \quad (28)$$

となる。媒体 (4) の固有インピーダンスは、

【 0 1 2 8 】

【 数 3 0 】

$$\eta_4 = \sqrt{\frac{\mu_{r4}}{\epsilon_{r4}}} \eta_0 = \sqrt{\frac{1}{7.8}} \cdot 377 \Omega \approx 135 \Omega \quad (29)$$

となる。式 (2 5) に式 (2 9) と式 (2 8) を代入して、媒体 3 の固有インピーダンスが得られる。

【 0 1 2 9 】

【 数 3 1 】

$$\eta_3 = \sqrt{266.58 \cdot 135} \Omega = 189.7 \Omega \quad (30)$$

次に、媒体 (3) の相対透過率が得られる。

【 0 1 3 0 】

【 数 3 2 】

$$\eta_3 = 189.7 \Omega = \sqrt{\frac{\mu_{r3}}{\epsilon_{r3}}} \cdot \eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_{r3}}{7.8}} \cdot 377$$

$$\mu_{r3} = 7.8 \cdot \left(\frac{189.7}{377} \right)^2 = 1.975 \quad (31)$$

3 G H z での媒体 3 の導波長は、

【 0 1 3 1 】

【 数 3 3 】

$$\lambda_3 = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{r3} \cdot \mu_{r3}}} = \frac{3 \times 10^{10} \text{ cm/s}}{3 \times 10^9 \text{ Hz}} \cdot \frac{1}{\sqrt{7.8 \cdot 1.975}} = 2.548 \text{ cm} \quad (32)$$

によって与えられる。ここで c は光速であり、 f は作動周波数である。長さ 6 3 2 (L) として、結果的に、

【 0 1 3 2 】

10

20

30

40

50

【数 3 4】

$$L = \frac{\lambda_3}{4} = \frac{2.548}{4} \text{cm} = 0.637 \text{cm} \quad (33)$$

が得られる。

【0 1 3 3】

例 1 および 2 のように、アンテナの実効効率は、媒体 2 と媒体 5 の固有インピーダンスの整合によってさらに向上する。これは、媒体 / 領域 5 の相対透過率と誘電率を、 ϵ_2 とインピーダンス整合する固有インピーダンスとなるように設定することで、達成することができる。

【0 1 3 4】

比較例 2 および 3 では、相対透過率が実質的に 1 よりも大きなアンテナ誘電体 6 1 0 を用いて、媒体 1 と 2 の間、媒体 2 と 4 の間および媒体 2 と 5 の間でインピーダンス整合を容易に行うことができ、媒体 2、3 および 5 が必要な透過率を有した状態で、これらの媒体同士を整合させることが容易に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0 1 3 5】

【図 1】高誘電領域と低誘電領域を含み、スタブが高誘電領域に設置された誘電体上に構成された、本発明の実施例による、スロット給電マイクロストリップアンテナの側面図である。

【図 2】スタブが設置された誘電領域に磁性粒子が添加された、図 1 に示すマイクロストリップアンテナの側面図である。

【図 3】本発明の別の実施例による、第 1 の誘電領域がグラウンドプレーンとパッチの間に磁性粒子を含み、スタブが設置された高誘電領域を含む第 2 の誘電領域は、グラウンドプレーンと、給電線路の間に設置され、高誘電領域は磁性粒子を含む、スロット給電マイクロストリップパッチアンテナの側面図である。

【図 4】物理的寸法が縮小され、放射効率が高いスロット給電マイクロストリップアンテナの製作工程の説明用のフローチャートである。

【図 5】本発明の実施例による、磁性粒子を含むアンテナ誘電体上に形成された、スロット給電マイクロストリップアンテナであって、アンテナは、給電線路から外界側のスロットおよびスタブ内のスロットに整合するインピーダンスを提供するスロット給電マイクロストリップアンテナの側面図である。

【図 6】本発明の実施例による、磁性粒子を含むアンテナ誘電体上に形成されたスロット給電マイクロストリップパッチアンテナであって、アンテナには、スロット内の給電線路から、パッチの下側のアンテナ誘電体との界面までのスロットおよびスタブとのインピーダンス整合が提供される、スロット給電マイクロストリップパッチアンテナの側面図である。

40

【図1】

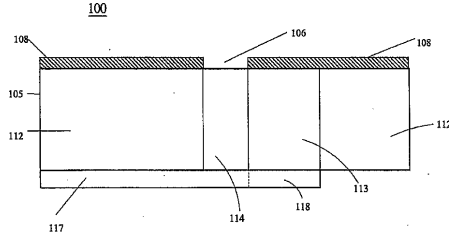


FIG. 1

【図2】

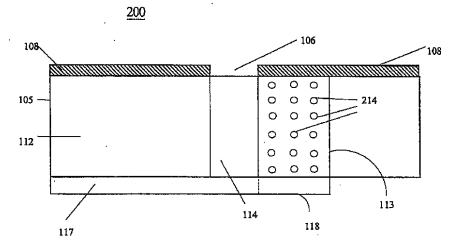


FIG. 2

【図3】

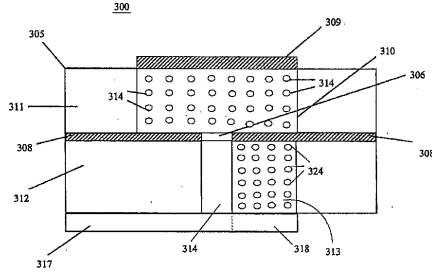
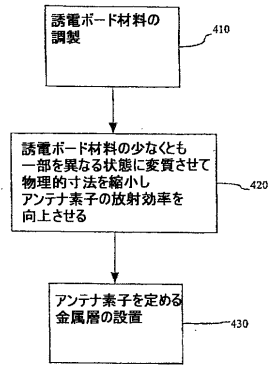
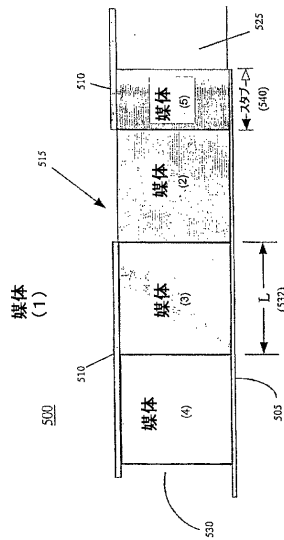


FIG. 3

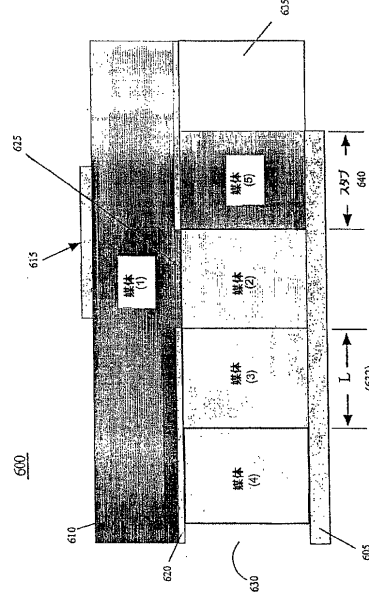
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (72)発明者 キレン, ウィリアム, ディー
アメリカ合衆国 フロリダ 32901 メルバーン ワトキンス・ドライブ 2508
- (72)発明者 パイク, ランディ, ティー
アメリカ合衆国 フロリダ 32949 グラント シェフレラ・プレイス 5574
- (72)発明者 デルガド, ヘリバート, ジェイ
アメリカ合衆国 フロリダ 32935 メルバーン カリビアン・アイル・ブルヴァード 28
05 609号

審査官 岸田 伸太郎

- (56)参考文献 特開平11-122032(JP, A)
特開平09-051224(JP, A)
特開2004-032767(JP, A)
24th European Microwave Conference Proceedings, 1994年, pp.887-892

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 13/10
H01Q 13/08
JSTPlus(JDream2)