

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4431567号
(P4431567)

(45) 発行日 平成22年3月17日(2010.3.17)

(24) 登録日 平成21年12月25日(2009.12.25)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 Q 21/06 (2006.01) H O 1 Q 21/06

請求項の数 10 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2006-336060 (P2006-336060)	(73) 特許権者	594071675
(22) 出願日	平成18年12月13日(2006.12.13)		ハリス コーポレイション
(65) 公開番号	特開2007-166629 (P2007-166629A)		Harris Corporation
(43) 公開日	平成19年6月28日(2007.6.28)		アメリカ合衆国 フロリダ 32919
審査請求日	平成18年12月13日(2006.12.13)		メルバーン, ウェスト・ナサ・ブルバード
(31) 優先権主張番号	11/303, 338		1025
(32) 優先日	平成17年12月16日(2005.12.16)	(74) 代理人	100070150
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 伊東 忠彦
		(74) 代理人	100091214
			弁理士 大貫 進介
		(74) 代理人	100107766
			弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100145377
			弁理士 杉山 公一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 素子内結合を具備する単一偏波スロットアンテナアレー及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板；及び

前記基板に支持されたスロットモード・アンテナユニットのアレー；

を有するスロットモードアンテナであって；

各スロットモード・アンテナユニットが、少なくとも1つの中央給電位置付近で横方向に相隔てられた関係で配置された一对のパッチアンテナ素子を有し；且つ

隣接するスロットモード・アンテナユニットの隣接パッチアンテナ素子が、相隔てられたそれぞれのエッジ部を有し、該それぞれのエッジ部がそれらの間の静電結合を増大させる所定の形状及び相対位置を有する；

ところのスロットモードアンテナ。

【請求項 2】

相隔てられたそれぞれのエッジ部がそれらの間の静電結合を増大させるように噛み合わされているところの請求項 1 に記載のアンテナ。

【請求項 3】

相隔てられたそれぞれのエッジ部が該エッジ部に沿って連続的に噛み合わされているところの請求項 2 に記載のアンテナ。

【請求項 4】

相隔てられたそれぞれのエッジ部が該エッジ部に沿って周期的に噛み合わされているところの請求項 2 に記載のアンテナ。

【請求項 5】

前記基板が接地面とそれに隣接する誘電体層とを有し；且つ前記一对のパッチアンテナ素子が前記誘電体層の前記接地面とは反対側に配置され、それらの間のそれぞれのスロットの形状を定めているところの請求項 1 に記載のアンテナ。

【請求項 6】

各アンテナユニットに、一对の同軸給電線路を有するアンテナ給電構造をさらに有する請求項 5 に記載のアンテナであって、各同軸給電線路が内部導体とそれを囲む関係にあるチューブ状の外部導体とを有し、前記外部導体が前記接地面に接続されており、前記内部導体がそれぞれの外部導体の末端から外側に延在するとともに前記誘電体層を貫通してそれぞれのパッチアンテナ素子に前記中央給電位置で接続されているところのアンテナ。

10

【請求項 7】

スロットモードアンテナの製造方法であって：

基板に支持されたスロットモード・アンテナユニットのアレーを形成する形成工程であり、各スロットモード・アンテナユニットが、中央給電位置付近で横方向に相隔てられた関係で配置された一对のパッチアンテナ素子を有する、ところの形成工程；及び

隣接するスロットモード・アンテナユニットの隣接パッチアンテナ素子の相隔てられたそれぞれのエッジ部を、それらの間の静電結合を増大させるように成形し且つ位置決めする成形・位置決め工程；

を有する製造方法。

【請求項 8】

前記成形・位置決め工程が相隔てられたそれぞれのエッジ部を噛み合わせることを有するところの請求項 7 に記載の製造方法。

20

【請求項 9】

前記噛み合わせることが相隔てられたそれぞれのエッジ部を該エッジ部に沿って連続的に噛み合わせることを有するところの請求項 8 に記載の製造方法。

【請求項 10】

前記噛み合わせることが相隔てられたそれぞれのエッジ部を該エッジ部に沿って周期的に噛み合わせることを有するところの請求項 8 に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は通信分野に関し、より具体的には、薄型フェーズドアレーアンテナ及びその関連方法に関する。

【背景技術】

【0002】

既存のマイクロ波アンテナは、例えば衛星受信、中継放送、又は軍事通信などの様々な用途に対して多様な構成を有している。低コスト、軽量、薄型及び大量生産性といった望ましい特性は、一般に、プリント回路アンテナによってもたらされている。最も単純な形態のプリント回路アンテナはマイクロストリップアンテナであり、そこでは、平面状の導体が均一厚さの誘電体シートによって単一の実質的に連続な接地体から隔てられている。マイクロストリップアンテナの一例は特許文献 1 に開示されている。

40

【0003】

アンテナはアレー状に設計され、例えば、敵味方識別 (identification friend/foe ; I F F) システム、パーソナル通信サービス (personal communication service ; P C S) システム、衛星通信システム、及び航空宇宙システム等の、低コスト、軽量、低サイドローブのような特性を必要とする通信システムで使用され得る。

【0004】

しかしながら、このようなアンテナの帯域幅と指向性能は、特定用途に制限するものとなり得る。電磁結合されたマイクロストリップパッチ対の使用は帯域幅を拡大させ得るものであるが、特に、薄型と広いビーム幅の維持が望まれる場合、この利益を得るには大き

50

な設計課題が残されている。また、マイクロストリップパッチアレーの使用は、所定の走査角を設けることによって指向性を向上させ得るものである。しかしながら、マイクロストリップパッチアレーを使用するにはジレンマが存在する。アレー素子が互いに小さい間隔で配置される場合、走査角は増大され得るが、小さい間隔で配置することによりアンテナ素子間の望ましくない結合が増大し性能を低下させてしまうからである。

【0005】

さらに、マイクロストリップパッチアンテナは、例えば航空宇宙システム等の、形状に従った等方的な構成を必要とする用途では有利であるが、アンテナを実装する上で、等方性、十分な放射線カバー率及び指向性が維持されつつ周囲表面への損失が抑制されるように給電する方法に関して課題が残されている。より具体的には、広い走査角を有するフェーズド（位相）アレーアンテナの帯域幅を拡大させることは、従来、周波数域を複数の帯域に分割することによって実現されてきた。

10

【0006】

このようなアンテナの一例は特許文献2に開示されている。そのアンテナは数対のダイポールペア・アレーを有し、各々のアレーは別々の周波数帯域に調整されるとともに送/受信方向に沿って互いに積層されている。最も高周波のアレーが2番目に低周波のアレーの前に配置されるというように配置されていく。

【0007】

この手法は、アンテナの大きさと重量とをかなり増大させ得るものであり、さらに無線周波数（RF）インターフェース問題を生じさせてしまう。他の手法に、必要な走査角を機械的に実現するためにジンバル（gimbal）を用いるものがある。しかし、この手法もアンテナの大きさと重量とを増大させ得るものであり、応答時間を遅くする結果となる。

20

【0008】

ハリス社の電流シートアレー（Current Sheet Array；CSA）技術は最新の広帯域・薄型アンテナ技術に相当するものである。例えば、特許文献3は、密に詰め込んだ大きな相互静電結合を有するダイポールアンテナ素子を利用することにより、広周波数帯域及び広走査角を有する位相アレーアンテナを実現するものである。特許文献3のアンテナは、小さい間隔で配置されたダイポールアンテナ素子間の相互結合を利用し、且つ増大させることで、グレーティングロブを抑制するとともに広帯域幅を実現している。

【0009】

スロット型のCSAはダイポール型より、水平の垂直偏波を生成できること、外部接地面に一致する金属アパーチャ、散乱の抑制、アパーチャでの安定な位相中心などの多くの利点を有する。等方的な航空機アンテナはスロット型パターンを必要とすることがよくあるが、ダイポール型CSAはこれらの用途には対応していない。ダイポール型CSAは水平の垂直偏波エネルギーに関する要求を満たし得ないことが解析と測定とによって示されている。ダイポール型CSAはまた、接地面上方のダイポールの素子パターンのため、広角走査性能が制限されてしまう。

30

【特許文献1】米国特許第3995277号明細書

【特許文献2】米国特許第5485167号明細書

【特許文献3】米国特許第6512487号明細書

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、水平近くの垂直偏波エネルギーを生成可能で、グレージング角付近まで走査可能なスロットアンテナ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】

【0011】

上記課題に鑑み、スロットモードアンテナは基板に支持されたスロットモード・アンテナユニットのアレーを有し、各スロットモード・アンテナユニットは、少なくとも1つの中央給電位置付近で横方向に相隔てられた関係で配置された一对のパッチアンテナ素子を

50

有する。隣接するスロットモード・アンテナユニットの隣接パッチアンテナ素子は、相隔てられたそれぞれのエッジ部を有し、該それぞれのエッジ部はそれらの間の静電結合を増大させる所定の形状及び相対位置を有する。

【0012】

相隔てられたそれぞれのエッジ部はそれらの間の静電結合を増大させるように連続的に、あるいは周期的に噛み合わされ得る。基板は接地面とそれに隣接する誘電体層とを有してもよく、前記一对のパッチアンテナ素子は誘電体層の接地面とは反対側に配置され、それらの間のそれぞれのスロットの形状を定めてもよい。パッチアンテナ素子は好ましくは同一形状、例えば長方形など、を有する。

【0013】

各アンテナユニットに、一对の同軸給電線路を有するアンテナ給電構造が設けられてもよい。各同軸給電線路は内部導体とそれを囲む関係にあるチューブ状の外部導体とを有する。外部導体は接地面に接続されており、内部導体はそれぞれの外部導体の末端から外側に延在するとともに、誘電体層を貫通して中央給電位置に隣接するそれぞれのパッチアンテナ素子に接続されている。

【0014】

本発明に係る方法の一態様は、基板に支持されたスロットモード・アンテナユニットのアレーを形成する形成工程であり、各スロットモード・アンテナユニットが、中央給電位置付近で横方向に相隔てられた関係で配置された一对のパッチアンテナ素子を有する、ところの形成工程、及び隣接するスロットモード・アンテナユニットの隣接パッチアンテナ素子の相隔てられたそれぞれのエッジ部を、それらの間の静電結合を増大させるように成形し且つ位置決めする成形・位置決め工程、を有するスロットモードアンテナの製造方法に導かれる。

【0015】

成形・位置決め工程は相隔てられたそれぞれのエッジ部を該エッジ部に沿って連続的に、あるいは周期的に噛み合わせることを有してもよい。基板は接地面とそれに隣接する誘電体層とを有してもよく、アレーを形成する工程は前記一对のパッチアンテナ素子を誘電体層の接地面とは反対側に配置して、それらの間のそれぞれのスロットの形状を定めてもよい。

【0016】

本発明に係る方法は、一对の同軸給電線路を有するアンテナ給電構造を各アンテナユニットに設ける工程を有してもよい。各同軸給電線路は内部導体とそれを囲む関係にあるチューブ状の外部導体とを有する。外部導体は接地面に接続され、内部導体はそれぞれの外部導体の末端から外側に延在するとともに、誘電体層を貫通して中央給電位置に隣接するそれぞれのパッチアンテナ素子に接続される。

【発明の効果】

【0017】

本発明に係るスロットアンテナは、従来のダイポール型CSAより低い周波数で、所与の単位セルサイズ及び接地面間隔に対して整合可能である。このスロットアンテナはスロットアンテナの素子パターンを作り出すとともに、水平近くの垂直偏波された放射エネルギーを生成可能で、しかもグレーディング角付近まで走査可能であることが解析により示されている。性能特性は、ダイポールで観測されてきたよりも、単位セルサイズの影響を有意に受けにくく、また、限られたサイズ内に有意に多くの素子が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の好適な実施形態を示す添付図面を参照しながら、本発明をより詳細に説明する。しかしながら、本発明は様々な形態で具現化され得るものであり、ここで説明される実施形態に限定されることとして解釈されるべきものではない。むしろ、これらの実施形態は、この開示が詳細且つ完全なものとなり、本発明の範囲を当業者に完全に伝えるために提示されるものである。似通った参照符号は全体を通して似通った要素を参照し、ダッ

10

20

30

40

50

シュ表記は変形実施形態における同様の要素を指し示すために使用することとする。

【0019】

図1乃至4を参照し、本発明に従った単一偏波スロットアンテナアレー10について説明する。アンテナ10は、接地面26とそれに隣接する誘電体層24とを含む基板12、及び基板に支持された少なくとも1つのアンテナユニット13を有している。好ましくは、複数のアンテナユニット13がアレー状に配置される。例えば、図1に示されるように、アンテナ10は25個のアンテナユニット13から成る5×5のアレーを含んでいる。各アンテナユニット13は、中央給電位置22付近で誘電体層24の接地面26とは反対側に相隔てられた関係で配置された、隣接する2つのアンテナパッチ又はアンテナ素子16、18を含んでいる。好ましくは、スロットモードを励起するために、アンテナ素子対16/18はそれらそれぞれの隙間を挟んで0°/180°の位相で給電される。素子励起のこの位相整合はまた、当業者に認識されるように、単一偏波(single polarization)スロットモードをもたらすものである。

10

【0020】

各アンテナユニットはまた、2つの同軸給電線路32を含むアンテナ給電構造30を有し得る。各同軸給電線路32は、例えば、内部導体42とそれを囲む関係にあるチューブ状の外部導体44とを有している(図2参照)。アンテナ給電構造30は、それぞれの同軸給電線路32を受け入れるための通路を内部に具備する給電線路形成体60を含んでいる。当業者に認識されるように、給電線路形成体60は好ましくはモノリシックユニットとして一体形成されている。

【0021】

20

より具体的には、給電線路形成体60は接地面26に接続された基盤部62を有してもよい。包囲された底部ガイド部64は基盤部62によって支持され、包囲された頂部ガイド部65はアンテナ素子16、18に隣接し、開放された中間ガイド部66は包囲された底部及び頂部のガイド部との間に延在している。各同軸給電線路の外部導体44は、図2に例示されるように、開放された中間ガイド部66にて給電線路形成体60に半田67を介して接続され得る。

【0022】

給電線路形成体60は好ましくは、例えば、その製造及び機械加工を比較的容易にできる、例えば黄銅などの導電体から成る。結果として、アンテナ給電構造30は接地面26とのしっかりとした信頼性ある接続をもたらすように大きな量で製造され得る。当然ながら、その他の好適材料も給電線路形成体60に使用可能であることは当業者に認識されることである。

30

【0023】

加えて、図2に例示されるように、同軸給電線路32は互いに平行に隣接している。さらに、アンテナ給電構造30は有利には、包囲された頂部ガイド部65に携えられた同調板69を含む。同調板69は給電インダクタンスを補償するために使用され得ることは当業者に認識されることである。

【0024】

より具体的には、給電線路形成体60は、アンテナ給電構造がアンテナユニット13への比較的容易な接続のために基板12に本質的に“プラグイン”されることを可能にする。給電線路形成体60を含むアンテナ給電構造30はまた、アンテナ10への損傷のない比較的容易な取り外し及び/又は取り替えを可能にする。さらに、同軸給電線路32の不適切な接地に起因し得るコモンモード電流は、給電線路形成体60を含むアンテナ給電構造30を用いて実質的に低減され得る。すなわち、その開放された中間ガイド部66は同軸給電線路32のしっかりした信頼性ある接地を可能にする。

40

【0025】

接地面26は横方向にアンテナユニット13の外周を超えて外側に延在してもよい。同軸給電線路32は、図2から分かるように、中央給電位置22から上流に向かって互いの接点から外側に逸れていってもよい。アンテナ10はまた、基板12に携えられてアンテナ給電構造30に接続された少なくとも1つのハイブリッド回路50を有してもよい。ハイブリッド回路50は、当業者に認識されるように、アンテナユニット13のそれぞれのアンテナ素子16、18へ

50

の信号を制御し、受信し、且つ生成する。

【0026】

誘電体層24は、好ましくは、アンテナ10の動作周波数帯域の最高周波数近くでの動作波長の約1/2程度の厚さを有しており、少なくとも1つの上部誘電体層又はインピーダンス整合誘電体層28がアンテナユニット13を覆うように設けられてもよい。このインピーダンス整合誘電体層28はまた横方向にアンテナユニット13の外周を超えて外側に延在してもよい。基板12は可撓性を有し、例えば航空機又は宇宙船の円錐状鼻部などの剛体面に従って等方的に搭載可能である。

【0027】

より具体的に図1、4A及び4Bを参照するに、隣接するスロットモード・アンテナユニット13の隣接パッチアンテナ素子16、18は相隔てられたそれぞれのエッジ部23を有しており、エッジ部23はそれらの間の静電結合を増大させる所定形状及び相対位置を有している。相隔てられたそれぞれのエッジ部23はそれらの間の静電結合を増大させるように、図4A及び4Bの拡大図に示されるように噛み合わされてもよい。このように、相隔てられたエッジ部23はエッジ部に沿って変わりなく連続的に噛み合わされてもよいし(図4A)、エッジ部に沿って周期的に噛み合わされてもよい(図4B)。

10

【0028】

図7のグラフは、本発明に係る単一偏波スロットアンテナアレー10の、周波数に対する相対的な電圧定在波比(Voltage Standing Wave Ratio; VSWR)を例示している。

【0029】

20

従って、隣接するスロットモード・アンテナユニット13のアンテナ素子16、18との相互静電結合を有する各スロットモード・アンテナユニット13のアンテナ素子16、18を利用することにより、広周波数帯域幅と広走査角とを有するアンテナアレー10が得られる。従来手法は素子間の相互結合を低減することを狙うものであったが、本発明は広帯域を実現するために小さい間隔で配置されたアンテナ素子間の相互結合を利用し、且つ増大させるものである。

【0030】

本発明に関連する方法の態様は、単一偏波スロットアンテナ10を製造するためのものであり、基板12に支持されたスロットモード・アンテナユニット13のアレーを形成することを含んでいる。各単一偏波スロットアンテナユニットは中央給電位置22付近で横方向に相隔てられた関係で配置された4つのパッチアンテナ素子16、18を有している。この方法は、隣接する単一偏波スロットアンテナユニット13の隣接パッチアンテナ素子の相隔てられたそれぞれのエッジ部23を、それらの間の静電結合を増大させるように成形及び位置決めすることを含んでいる。

30

【0031】

成形及び位置決めは、相隔てられたそれぞれのエッジ部23を図4A及び4Bの拡大図に示されるように連続的に、或いは周期的に噛み合わせることを含んでもよい。この場合も、基板12は可撓性を有してもよく、また、接地面26とそれに隣接する誘電体層24とを有してもよい。そして、アレーを形成することはパッチアンテナ素子16、18の対を誘電体層の接地面とは反対側に配置することを有し、それぞれのスロットの形状をそれら素子間に定めている。

40

【0032】

この方法はさらに、2つの同軸給電線路32を有するアンテナ給電構造30を各アンテナユニットに形成することを含んでもよい。その各同軸給電線路は内部導体42とそれを囲む関係にあるチューブ状の外部導体44とを有するものである。外部導体44は接地面26に接続され、内部導体42はそれぞれの外部導体の末端から外側に延在し、例えば図2に示されるように、誘電体層24を貫通して中央給電位置22でそれぞれのパッチアンテナ素子に接続される。

【0033】

次に、図5、6A及び6Bを参照し、他の一実施形態である単一偏波スロットモードア

50

アンテナ10' について説明する。隣接するスロットモード・アンテナユニット13' の隣接パッチアンテナ素子16、18は、それらの間の隙間の形状を定める相隔てられたそれぞれのエッジ部23を有している。静電結合層又は静電結合板70がその隙間に隣接するとともに、相隔てられたそれぞれのエッジ部23に重なっており、それら間の静電結合を増大させている。静電結合板70はパッチアンテナ素子の下方の誘電体層24内に配置されてもよいし(図6A)、パッチアンテナ素子平面の上方の第2の誘電体層28内に配置されてもよい(図6B)。

【0034】

従って、隣接するスロットモード・アンテナユニット13' のアンテナ素子16、18との相互静電結合を有する各スロットモード・アンテナユニット13' のアンテナ素子16、18を利用することにより、広周波数帯域幅と広走査角とを有するアンテナアレー10' が得られる。

10

【0035】

本発明のこの実施形態の方法の態様は、スロットモードアンテナを製造するためのものであり、各隙間に隣接するとともに相隔てられたそれぞれのエッジ部23に重なるそれぞれの静電結合板70を、それらの間の静電結合を増大させるために設けることを含んでいる。この場合も、静電結合板70はパッチアンテナ素子の下方の誘電体層24内に配置されてもよいし、パッチアンテナ素子の上方の第2の誘電体層28内に配置されてもよい。

【0036】

アンテナ10、10' は2:1のVSWRで7対1の帯域幅を有し得るとともに+/-75°の走査角を実現し得る。アンテナ10、10' は3:1のVSWRで10対1より大きい帯域幅を有し得る。故に、広周波数帯域幅と広走査角とを有する本発明に従った軽量のパッチアレーアンテナ10、10' が提供される。また、アンテナ10、10' は可撓性を有し、例えば航空機などの表面に従って等方的に搭載可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明に従った単一偏波スロットアンテナアレーを示す概略平面図である。

【図2】図1の直線2-2に沿って取られた、アンテナ給電構造を有するアンテナの断面図である。

【図3】図1の直線3-3に沿って取られた、アンテナの接地面、誘電体層、アンテナユニット及び上部誘電体層を示す断面図である。

30

【図4A】図1のアンテナアレーにおける隣接アンテナユニットの隣接アンテナ素子の、互いに噛み合うように相隔てられたエッジ部の実施形態を示す拡大図である。

【図4B】図1のアンテナアレーにおける隣接アンテナユニットの隣接アンテナ素子の、互いに噛み合うように相隔てられたエッジ部の実施形態を示す拡大図である。

【図5】本発明に従った単一偏波スロットアンテナアレーの他の実施形態を示す概略平面図である。

【図6A】図5の直線6-6に沿って取られた、アンテナの接地面、誘電体層、アンテナユニット及び静電結合板を示す断面図である。

【図6B】図5のアンテナの上部誘電体層に静電結合板を具備する他の実施形態を示す断面図である。

40

【図7】本発明に係る単一偏波スロットアンテナアレーのVSWRと周波数との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

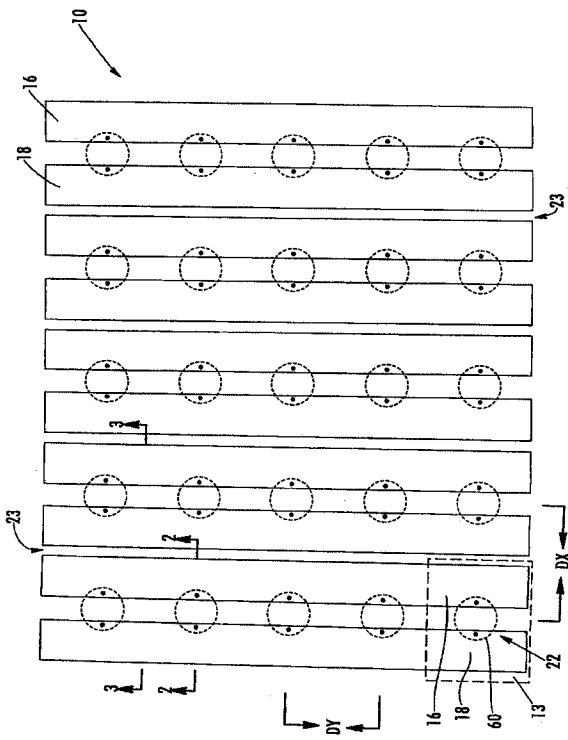
【0038】

10、10'	スロットアンテナアレー
12	基板
13、13'	アンテナユニット
16、18	アンテナ素子
22	中央給電位置

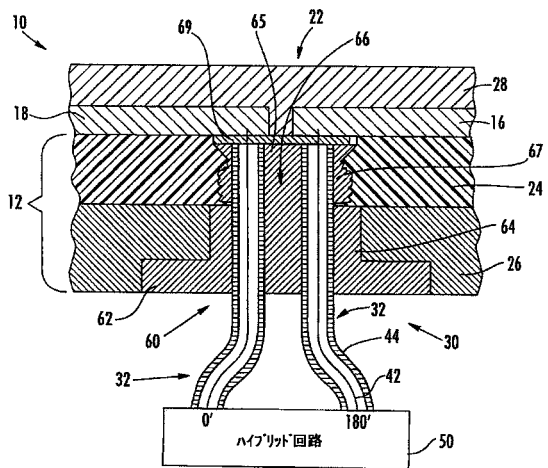
50

- 23 エッジ部
- 24、28 誘電体層
- 26 接地面
- 30 アンテナ給電構造
- 32 同軸給電線路
- 42 内部導体
- 44 外部導体
- 60 給電線路形成体
- 70 静電結合板

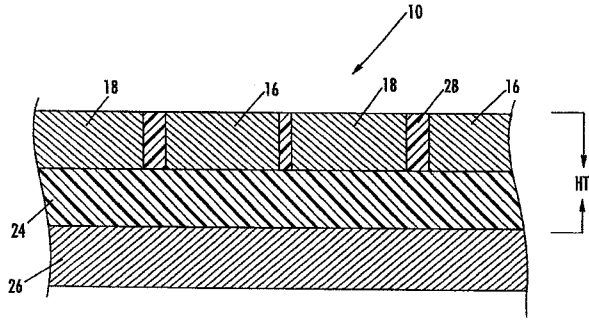
【図1】



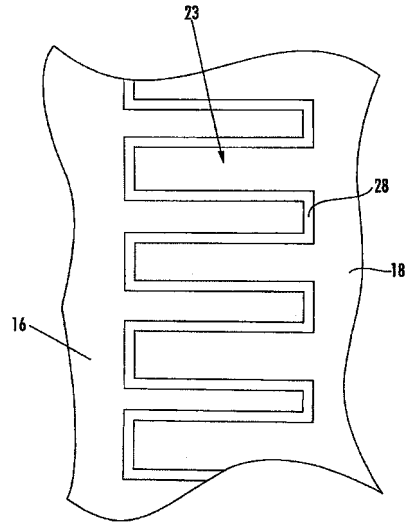
【図2】



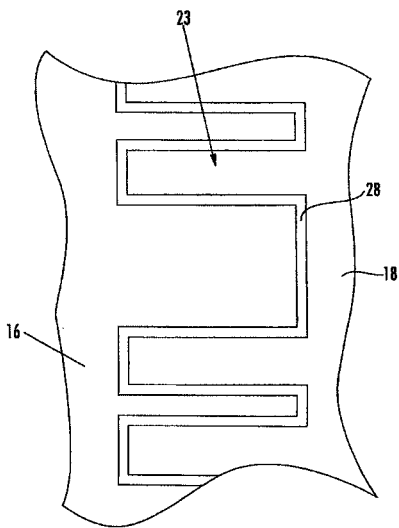
【図3】



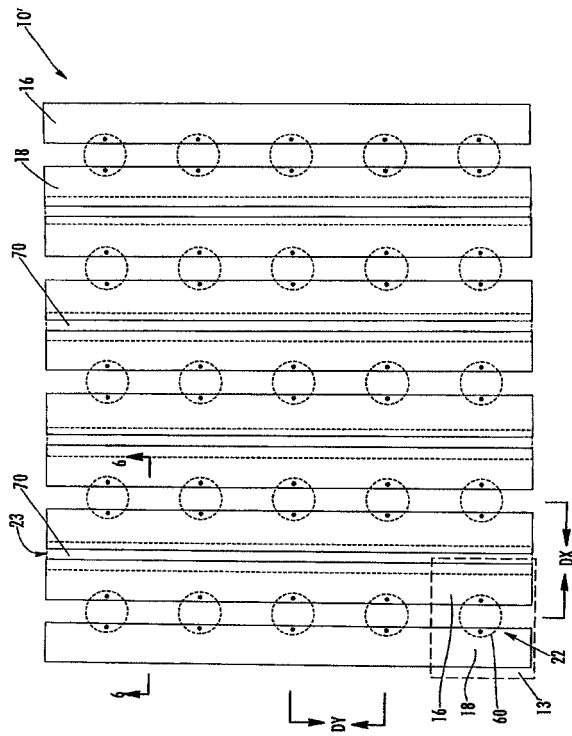
【図4A】



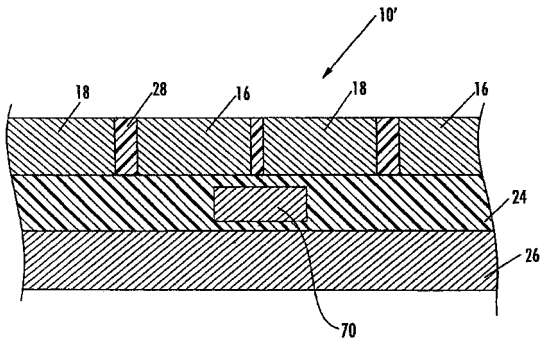
【図4B】



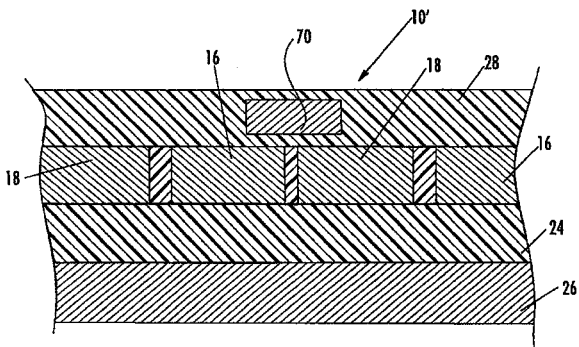
【図5】



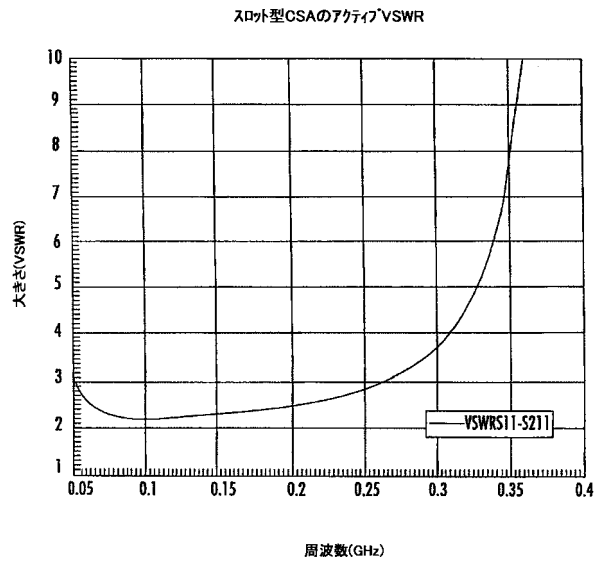
【図6A】



【図6B】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 ティモシー イー ダーラム
アメリカ合衆国 32904 フロリダ州 ウェスト・メルバーン デイリー・ロード 3260
- (72)発明者 アンソニー エム ジョーンズ
アメリカ合衆国 32908 フロリダ州 パーム・ベイ デイトン・ロード・サウスウエスト
1290
- (72)発明者 ショーン オーティズ
アメリカ合衆国 32904 フロリダ州 ウェスト・メルバーン ニューヨーク・ストリート
2179
- (72)発明者 クリス スナイダー
アメリカ合衆国 32901 フロリダ州 メルバーン カナリー アイルズ ドライヴ 253
9
- (72)発明者 グリフィン ケイ ゴサード
アメリカ合衆国 32937 フロリダ州 サテライト・ビーチ ハーウッド・アヴェニュー 3
09

審査官 岸田 伸太郎

- (56)参考文献 特表2004-531990(JP,A)
国際公開第03/021717(WO,A1)
特開2007-166612(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0030245(US,A1)
米国特許出願公開第2005/0012673(US,A1)
米国特許第6512487(US,B1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01Q 21/06
WPI