

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4109629号  
(P4109629)

(45) 発行日 平成20年7月2日(2008.7.2)

(24) 登録日 平成20年4月11日(2008.4.11)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 Q 13/10 (2006.01)

HO 1 Q 21/24 (2006.01)

HO 1 Q 5/01 (2006.01)

HO 1 Q 13/10

HO 1 Q 21/24

HO 1 Q 5/01

請求項の数 30 (全 24 頁)

|               |                               |           |                                                                          |
|---------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2003-558965 (P2003-558965)  | (73) 特許権者 | 501411651                                                                |
| (86) (22) 出願日 | 平成14年12月6日 (2002.12.6)        |           | エイチアールエル ラボラトリーズ, エルエルシー                                                 |
| (65) 公表番号     | 特表2005-514844 (P2005-514844A) |           | HRL LABORATORIES, LLC                                                    |
| (43) 公表日      | 平成17年5月19日 (2005.5.19)        |           | アメリカ合衆国, 90265-4799                                                      |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2002/039216             |           | カリフォルニア州, マリブ, マリブ キャニオン ロード 3011                                        |
| (87) 国際公開番号   | W02003/058758                 |           | 3011 Malibu Canyon Road, Malibu, CA 90265-4799, United States of America |
| (87) 国際公開日    | 平成15年7月17日 (2003.7.17)        |           |                                                                          |
| 審査請求日         | 平成17年12月1日 (2005.12.1)        | (74) 代理人  | 100104765                                                                |
| (31) 優先権主張番号  | 60/343,888                    |           | 弁理士 江上 達夫                                                                |
| (32) 優先日      | 平成13年12月27日 (2001.12.27)      |           |                                                                          |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           |                                                                          |
| (31) 優先権主張番号  | 10/192,986                    |           |                                                                          |
| (32) 優先日      | 平成14年7月9日 (2002.7.9)          |           |                                                                          |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           |                                                                          |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 RF-MEMs 同調型スロットアンテナ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の異なる周波数のうち所望の周波数の RF 信号を受信及び／又は送信するスロットアンテナであって、

(a) 長さが横幅よりも長く、且つ電氣的に閉じた第 1 端部と電氣的に開いた第 2 端部とを有するスロットを、内部に規定して有する少なくとも一つの導電薄板と、

(b) 前記スロットに沿って該スロットの前記第 1 端部に近接するよりも前記第 2 端部により近接して設けられており、閉じられた場合に、前記スロットの第 1 の側における前記少なくとも一枚の導電薄板を、前記スロットの第 2 の側における前記少なくとも一枚の導電薄板に結合するように夫々作用する複数のスイッチ部材と、

(c) 前記複数のスイッチ部材のうち前記第 1 端部により近い又は最も近いスイッチ部材よりも更に前記第 1 端部に近い位置で、前記スロットに近接して配置された、前記少なくとも一枚の導電薄板への及び／又は前記少なくとも一枚の導電薄板からの RF 信号を結合する給電点と、

を備えており、

(d) 前記複数のスイッチ部材は、前記スロットアンテナが前記 RF 信号を受信及び／又は送信する所望の共振周波数を変更する制御方法において、閉じることが可能であること

を特徴とするスロットアンテナ。

【請求項 2】

前記スロットの電氣的に閉じた端部は、前記スロットを物理的に閉じる前記少なくとも一枚の導電薄板の一部により形成されることを特徴とする請求項1に記載のスロットアンテナ。

【請求項3】

前記スロットの電氣的に閉じた端部は、前記スロットに跨って接続される制御可能なスイッチであって、当該制御可能なスイッチが閉じた場合に、前記第1端部において、前記導電薄板における前記第1の側を前記導電薄板における前記他の側に接続するように制御可能なスイッチにより形成されることを特徴とする請求項1に記載のスロットアンテナ。

【請求項4】

前記制御可能なスイッチは、前記スロットに沿って該スロットの第1端部に近接して配列された複数の制御可能なスイッチのうちの一つであり、前記複数の制御可能なスイッチは、前記第1端部の位置を前記スロットに沿って変更するために個々に閉じることが可能であって、該第1端部の位置の変更によって、前記給電点のインピーダンスに影響を与えることを特徴とする請求項3に記載のスロットアンテナ。

【請求項5】

前記スロットは、直行に配置された第1及び第2部分を備えたL字型構成を有しており、

前記給電点は、前記直交に配置された2つの部分が交差する点に近接して配置され、

前記第1部分は、前記第2部分に係る制御可能なスイッチが閉じる際に電氣的に閉じる端部を有しており、前記第2部分は、前記第1部分に係る制御可能なスイッチが閉じる際に電氣的に閉じる端部を有しており、

前記スロットの前記第1端部は、前記第2部分に係る制御可能なスイッチと前記第1部分に係る制御可能なスイッチとの間を、前記第1及び第2部分に係る制御可能なスイッチが閉じるのに応じて移動することを特徴とする請求項1に記載のスロットアンテナ。

【請求項6】

前記少なくとも一枚の導電薄板中において、前記スロットに近接して配置されたキャビティを更に含むことを特徴とする請求項1に記載のスロットアンテナ。

【請求項7】

前記複数のスイッチ部材は、一又は複数の誘電キャリア上に設けられ、該一又は複数の誘電キャリアは、前記複数のスイッチ部材が前記スロットに沿って設けられるように前記スロット上に設けられることを特徴とする請求項1に記載のスロットアンテナ。

【請求項8】

複数の異なる周波数のうち所望の周波数のRF信号を受信及び／又は送信するキャビティ付きスロットアンテナであって、

(a) 第1スロットを内部に規定して有する少なくとも一枚の導電薄板であって、前記第1スロットは、長さが横幅よりも長く、該第1スロットをブリッジする複数のMEMSスイッチ手段により電氣的に閉じることが可能な少なくとも一つの開放端部を有しており、また前記第1スロットは該第1スロットの後方に配置されるキャビティを有しており、該キャビティは、(i) 前記第1スロットを内部に規定して有する前記少なくとも一枚の導電薄板と、(ii) 前記第1スロットを内部に規定して有する前記少なくとも一枚の導電薄板から間隔をあけて存在する別の導電薄板と、(iii) 前記第1スロットを内部に規定して有する前記少なくとも一枚の導電薄板を前記別の導電薄板に結合する複数の側壁と、により規定され、前記複数の側壁のうち少なくとも一つは、前記第1スロットの前記少なくとも一つの開端部に近接して配置されており、前記少なくとも一つの側壁は、前記第1スロットの前記少なくとも一つの開端部と揃う穴を内部に有している、少なくとも一枚の導電薄板と、

(b) 前記第1スロットに沿って設けられた第1の複数のスイッチ部材を含む前記複数のMEMSスイッチ手段であって、前記第1の複数のスイッチ部材は、該第1の複数のスイッチ部材が閉じられた場合に、前記第1スロットの第1の側における少なくとも一枚の導電薄板を、前記第1スロットの第2の側における前記少なくとも一枚の導電薄板に結合

10

20

30

40

50

するように夫々作用する、前記複数のMEMSスイッチ手段と、

(c) 前記第1スロットに近接して配置され、前記少なくとも一枚の導電薄板への及び／又は前記少なくとも一枚の導電薄板からのRF信号を結合する給電点と、  
を備えており、

(d) 前記複数のスイッチ部材は、前記スロットアンテナが前記RF信号を受信及び／又は送信する共振周波数を変更する制御方法において、閉じることが可能であること  
を特徴とするキャビティ付きスロットアンテナ。

【請求項9】

前記第1の複数のスイッチ部材は、前記第1スロットに沿って、前記給電点に近接するよりも前記キャビティの周辺端部により近接して配置されることを特徴とする請求項8に記載のキャビティ付きスロットアンテナ。

10

【請求項10】

前記第1スロットは、前記キャビティの周辺端部で終端する他の開放端部を有し、前記スロットに沿って前記給電点に近接するよりも前記スロットの前記他の開放端部により近接して配置される第2の複数のスイッチ部材を更に含むことを特徴とする請求項9に記載のキャビティ付きスロットアンテナ。

【請求項11】

二つの開放端部を備える第2スロットを更に含んでおり、該第2スロットは、前記第1スロットの midpoint と前記第2スロットの midpoint とが交わるように、前記第1スロットと交差し  
ており、前記第2スロットは、該第2スロットに沿って、前記給電点に近接するよりも前記第2スロットの前記開放端部により近接して配列された第1及び第2の複数のMEMS  
スイッチ部材を備えていることを特徴とする請求項10に記載のキャビティ付きスロット  
アンテナ。

20

【請求項12】

前記スロットは、電氣的に閉じた閉鎖端部を、前記スロットの開放端部から離れた位置に有することを特徴とする請求項8に記載のキャビティ付きスロットアンテナ。

【請求項13】

前記スロットの前記電氣的に閉じた閉鎖端部は、前記少なくとも一枚の導電薄板の一部により形成されることを特徴とする請求項12に記載のスロットアンテナ。

【請求項14】

30

(a) 電氣的導電部材の少なくとも一縁部に到達することで開放端部を規定し、前記開放端部から離れた位置に別の端部を有する長手方向に伸びるスロットを、前記電氣的導電部材に形成する形成工程と、

(b) 閉じられた場合に、前記スロットの一方の側を該スロットの逆の側に結合する一連のMEMSスイッチを、前記スロットに沿って且つ該スロットの離れた位置にある端部に近接するよりも該スロットの開放端部により近接して配置する配置工程と、

を備えることを特徴とするスロットアンテナの作成方法。

【請求項15】

前記スロットの別の端部も前記電氣的導電部材の縁部に到達することで前記スロットの第2開放端部を規定し、前記スロットの一方の側を該スロットの逆の側に結合する第2の一連のMEMSスイッチを、前記スロットに沿って且つ該スロットの最初に記載した開放端部よりも該スロットの第2開放端部に近接して配置する工程を更に備えることを特徴とする請求項14に記載の方法。

40

【請求項16】

複数の動作周波数で動作可能なスロットアンテナの作成方法であって、

(a) 電氣的導電部材に長手方向に伸びるスロットを形成する形成工程と、

(b) 閉じられた場合に、前記スロットの一方の側を該スロットの逆の側に結合する複数のMEMSスイッチを、長手方向に伸びる前記スロットに沿って配置する配置工程であって、長手方向に伸びる前記スロットは、前記複数の動作周波数のうち選択された一の周波数で動作するように、前記複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択された

50

スイッチにより電氣的に閉じられる少なくとも一つの端部を有しており、前記電氣的導電部材は、前記複数の動作周波数のうち前記選択された一の周波数における少なくとも1/4波長の長さであって、前記複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチと平行な電氣的導電路を備えている、配置工程と、  
を備えることを特徴とするスロットアンテナの作成方法。

【請求項17】

(c) 前記電氣的導電部材に、前述の長手方向に伸びるスロットに対して直角に配置される長手方向に伸びる第2のスロットを形成する形成工程と、

(d) 閉じられる際に前記第2スロットの一方の側を該第2スロットの逆の側に結合する第2の複数のMEMSスイッチを、前記長手方向に伸びる第2スロットに沿って配置する配置工程であって、前記長手方向に伸びる第2スロットは、前記複数の動作周波数のうちの第2に選択された一の周波数で動作するように、前記第2の複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチにより電氣的に閉じられる少なくとも一つの端部を有しており、前記電氣的導電部材は、前記複数の動作周波数のうちの前記第2に選択された一の周波数における少なくとも1/4波長の長さであって、前記第2の複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチと平行な第2電氣的導電路を備えている、配置工程と、

を備えることを特徴とする請求項16に記載の方法。

【請求項18】

前記長手方向に伸びる第2のスロットは前述の長手方向に伸びるスロットと交差することを特徴とする請求項17に記載の方法。

【請求項19】

前述の電氣的導電路及び第2電氣的導電路は夫々無限長であることを特徴とする請求項17に記載の方法。

【請求項20】

複数の動作周波数で動作可能なスロットアンテナであって、

(a) 長手方向に伸びるスロットを内部に規定して有する電氣的導電部材と、

(b) 長手方向に伸びる前記スロットに沿って配置される複数のMEMSスイッチであって、前記複数のMEMSスイッチは、閉じられる際に、前記スロットの一方の側を該スロットの逆の側に結合し、長手方向に伸びる前記スロットは、前記複数の動作周波数のうちの選択された一の周波数で動作するように、前記複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチにより電氣的に閉じられる少なくとも一つの端部を有しており、前記電氣的導電部材は、前記複数の動作周波数のうちの前記選択された一の周波数における少なくとも1/4波長の長さであって、前記複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチと平行な電氣的導電路を備えている、複数のMEMSスイッチと、

を備えることを特徴とするスロットアンテナ。

【請求項21】

(c) 前記電氣的導電部材中に、前述の長手方向に伸びるスロットに対して直角に配置される長手方向に伸びる第2スロットと、

(d) 長手方向に伸びる前記第2スロットに沿って配置され、閉じられた場合に、前記第2スロットの一方の側を該第2スロットの逆の側に結合する第2の複数のMEMSスイッチであって、長手方向に伸びる前記第2スロットは、前記複数の動作周波数のうちの第2に選択された一の周波数で動作するように、前記第2の複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチにより電氣的に閉じられる少なくとも一つの端部を有しており、前記電氣的導電部材は、前記複数の動作周波数のうちの前記第2に選択された一の周波数における少なくとも1/4波長の長さであって、前記第2の複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチと平行な第2電氣的導電路を備えている、第2の複数のMEMSスイッチと、

を備えることを特徴とする請求項20に記載のスロットアンテナ。

## 【請求項 2 2】

長手方向に伸びる前記第 2 スロットは前述の長手方向に伸びるスロットと交差することを特徴とする請求項 2 1 に記載のスロットアンテナ。

## 【請求項 2 3】

前記スロットは、複数の平行な側壁を備えることを特徴とする請求項 1 4 に記載の方法。

## 【請求項 2 4】

前記電氣的導電部材により、前記離れた位置の別の端部が電氣的に閉じていることを特徴とする請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 2 5】

前記電氣的導電部材により、前記離れた位置の別の端部が電氣的に閉じていることを特徴とする請求項 1 4 に記載の方法。

## 【請求項 2 6】

前記一連の MEMS スイッチよりも前記アンテナの給電点に近接するスロット端部調整スイッチにより、前記離れた位置の別の端部が電氣的に閉じていることを特徴とする請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 2 7】

前記一連の MEMS スイッチよりも前記アンテナの給電点に近接するスロット端部調整スイッチにより、前記離れた位置の別の端部が電氣的に閉じていることを特徴とする請求項 1 4 に記載の方法。

## 【請求項 2 8】

(a) 電氣的導電部材の少なくとも一縁部に到達することで開放端部を規定し、前記開放端部から離れた位置に別の端部を有する長手方向に伸びるスロットを、前記電氣的導電部材に形成する形成工程と、

(b) 一連の MEMS スイッチを、前記スロットに沿って且つ該スロットの離れた位置にある端部に近接するよりも該スロットの開放端部により近接して配置する配置工程とを備え、

前記 MEMS スイッチは、閉じられた場合に前記スロットの一方の側を該スロットの逆の側に結合することで前記スロットの閉鎖端部と当該 MEMS スイッチの閉鎖端部との間における前記スロットのアクティブ領域を規定し、

前記アクティブ領域は、前記スロットによる電磁波の放射及び／又は受信を支持するためのアンテナとして作用する領域であることを特徴とするスロットアンテナの作成方法。

## 【請求項 2 9】

前記スロットは、互いに平行な複数の垂直壁を備えることを特徴とする請求項 2 8 に記載の方法。

## 【請求項 3 0】

前記電氣的導電部材により、前記離れた位置の別の端部が電氣的に閉じていることを特徴とする請求項 2 8 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0 0 0 1】

本発明は、複数の RF-MEMS スイッチを用いる同調型アンテナに関する。本発明は、様々な機能を提供する一以上の RF-MEMS スイッチを有する、開放端を有し、（且つ可能であれば）キャビティ（空洞）を有するスロットアンテナを含む。該アンテナの特定の設計に応じて、RF-MEMS スイッチを、周波数同調（チューニング）、（ビーム切替ダイバーシティ（スイッチドビームダイバーシティ）の場合の如き）放射パターンの調整、偏波調整、又はフェーズドアレー用放射波の位相の調整に使用できる。

## 【背景技術】

## 【0 0 0 2】

従来技術の MEMS スイッチを用いる同調型アンテナは、同調ダイポール（これは ME

10

20

30

40

50

M Sスイッチ用D Cバイアスラインからの干渉を受ける)と、通常のスロットアンテナ(これはスロット外部周辺の低インピーダンス電流パスにより同調を取ることができる範囲が制限されている)と、パッチアンテナ(これは、設計上相当苦勞しないと、拡張された共振構造をかなりの量だけデチューニングするのが困難であるため、同調を取ることができる範囲が限定されており、同時にM E M SスイッチにおけるD Cバイアスラインの干渉の問題もある)とを含む。本発明は、一態様において、スロット上に単一開放端部を有しており、当該開放端部に近接して配置される複数のR F-M E M Sスイッチに最大限の同調性を備えさせることができる。これは代替となる電流パスが不足すると全アンテナ電流が閉じたM E M Sスイッチに強制的に流されることによる。また、達成されうる非対称の設計においては、競合する構造の半分のR F-M E M Sスイッチを必要とするだけである

10

#### 【0003】

本発明は、R F装置が複雑になるにつれてより重要になってきている幾つかの機能を達成するための簡潔な方法を提供する。携帯電話製造業者及びR Fシステム設計者は、既に、アンテナダイバーシティを、携帯電話の端末及び基地局の両方において、次世代ワイヤレスシステムへの重要な付加物であるとみている。これを達成する一つの方法は、幾つかの離れたアンテナ間で切り替えを行うことである。本発明の開示により示される別の方法は、単一のアンテナを用いて該アンテナを多重モードに再構成することで、前記装置をこれらの多重モード間で切り替え可能にする方法である。これにより、場所を取らない、より簡潔な設計が可能となり、これは特に端末への用途に非常に重要な事項である。

20

#### 【0004】

本発明は、複数のR F-M E M Sスイッチを用いて、幾つかの異なるモード間での切り替えを可能とする簡潔なアンテナを提供する。本発明は、設計及び製造が簡潔な構成で、最低限の数のスイッチを用いて、周波数、放射パターン、及び偏波の制御することができる。また本発明は、M E M Sスイッチ用D Cバイアスラインからの干渉を除去でき、また幅広い周波数範囲に亘って同調を取ることができる等、既存の代替物より優れた点が幾つかある。本アンテナをダイバーシティ送受信機として使用すると、S N比を数デシベル程度改善することができる。ここで提示されたアンテナ構造は、この課題を最低限の複雑性及び大きさで達成するという利点を有し、周波数、偏波、及び放射パターンを含む幅広いアンテナ性能の制御を提供する。

30

#### 【0005】

本発明は、二種類のアンテナダイバーシティ(放射パターン及び偏波)と共に、一般的に、同調型アンテナに応用可能である。開示されたアンテナは、自動車通信システムや軍事通信システムを含む、幾つかの用途で使用可能である。自動車ではより多くのサービス(ons tar、gps、P Cs、amps、s d a r s等)が求め始められており、アンテナへの要求はますます厳しくなっている。アンテナダイバーシティの使用は、既に携帯電話の端末の設計者には、重要な強みであり、また関連予算を向上させる良い方法として認識されている。自動車は、その財産価値の上昇と共に、信頼性及び／又は周波数帯域を向上するためのこれらの新しい技術を利用する、理想的な候補者である。別の可能な用途はソフトウェア無線であり、全ての通信ニーズに対する将来の解決策として軍隊が大きな投資を行っている。

40

#### 【0006】

従来技術は以下を含む。

#### 【0007】

(1) タケイケン(Ken Takei)により発明され、2000年2月22日に許可された「同調型スロットアンテナ(Tunable Slot Antenna)」(特許文献1参照)。尚、この発明(特許権)は、日立(Hitachi)社に譲渡されている。このアンテナは、キャビティ内に内蔵された折り返しU字型のスロットアンテナより構成される。このアンテナは、スロットの中心を横切るように電界を発生させるマイクロストリップ状の構造物によって、U字型のスロットの中心部の点より給電を受ける。該

50

アンテナは、給電点において接続されたバラクタダイオードによる可変容量を含む。DCバイアス電圧をバラクタダイオードに印加することにより、その容量値を調整してよい。その結果、アンテナの入力インピーダンスを調整してよい。これにより、アンテナが整合する周波数と同調をとる。この特許文献1の明細書に開示されたアンテナは、チューニング機能（同調機能）を実行するために導電性の金属－金属接触MEMSスイッチを用いるという点で本発明のアンテナとは異なる。バラクタダイオードは損失が多い可能性があるため、MEMS装置が有する低損失という点で、本発明は有利である。更に、我々の設計により、アンテナは、以下に説明するように、放射パターン又は偏波を調整するための様々な構成を有することが可能となる。

**【0008】**

(2) オカベヒロシ (Hiroshi Okabe) とタケイケン (Ken Takei) とによって発明され、2000年3月7日に許可された「正確なインピーダンス整合のために用いられる一対の容量性の島状導体を備える同調型スロットアンテナ (Tunable Slot Antenna with Capacitively Coupled Island Conductor for Precise Impedance Adjustment)」(特許文献2参照)。尚、この発明(特許権)は、日立(Hitachi)社に譲渡されている。この設計は、タケイの最初の設計(特許文献1参照)に非常に類似しているが、バラクタダイオードをスロット内部に移動させており、スロットに別の枝部を付加している。開示されたアンテナは、依然として、前述の場合と同様な利点を有する。

**【0009】**

(3) オカベヒロシ (Hiroshi Okabe) とタケイケン (Ken Takei) とによって発明され、2001年2月13日に許可された、「正確なインピーダンス整合のために用いられる一対の容量性の島状導体を備える同調型スロットアンテナ (Tunable Slot Antenna with Capacitively Coupled Island Conductor for Precise Impedance Adjustment)」(特許文献3参照)。尚、この発明(特許権)は、日立(Hitachi)社に譲渡されている。この設計は、同一著者による前特許とほぼ同じである。我々のアンテナは、依然として、前述の場合と同様な利点を有する。

**【0010】**

(4) オカベヒロシ (Hiroshi Okabe) とタケイケン (Ken Takei) とによって発明され、2001年3月6日に許可された「無線端末 (Wireless Handset)」(特許文献4参照)。尚、この発明(特許権)は、日立(Hitachi)社に譲渡されている。この特許は、通話に用いられる周波数へ端末のアンテナを同調させる方法を記載する。同調機能は、電話端末が備える電気回路により、アンテナ周波数を現在の通話に用いられる周波数にインテリジェントに同調させるように制御される。しかしながら、現代の携帯電話は拡散スペクトル技術を使用しているので、このような設計は特に有用でない。本発明の設計では、周波数帯を切り替えるだけでなく、放射パターン又は偏波を切り替えることもできる。

**【0011】**

(5) ロバート・スナイダー (Robert Snyder) と、ジェームス・リリー (James Lilly) と、アンドリュー・ヒューマン (Andrew Humen) とによって発明され、1999年8月24日に許可された、「同調型マイクロストリップパッチアンテナとその制御方法 (Tunable Microstrip Patch Antenna and Control System Therefor)」(特許文献6参照)。尚、この発明(特許権)は、アトランティックエアロスペースコーポレーション (Atlantic Aerospace Corporation) に譲渡されている。この特許は、複数のRFスイッチを用いて一連のチューニングスタブを接続又は切断することによりパッチアンテナの同調を取る方法を記載する。目下開示されているアンテナは、この設計よりも優れた点を幾つか提供する。本発明のアンテナは、基本的

な構成要素としてスロットを使用するので、バイアス回路の位置に対してそれ程反応しない。更に、開示された設計では、周波数に加えて、偏波や放射パターンを調整する性能等、幾つの特徴が付加されている。

**【0012】**

(6) トレント・ジャクソン (Trent Jackson) と、ウィリアム・マッキンジー (William McKinzie) と、ジェームス・リリー (James Lilly) と、アンドリュー・ヒューマン (Andrew Humen) とによって発明され、2000年5月9日に許可された、「同調型マイクロストリップパッチアンテナとその制御システム (Tunable Microstrip Patch Antenna and Control System Therefore)」(特許文献6参照)。尚、この発明(特許権)は、アトランティックエアロスペースコーポレーション (Atlantic Aerospace Corporation) に譲渡されている。この特許は、同じ著者のうちの何人かによる前特許と基本的に同じか又は非常に類似している。

10

**【0013】**

(7) ジェフエリー・ハード (Jeffrey Herd) と、マラ・デビッドビッツ (Marat Davidovitz) と、ハンス・スタイスカル (Hans Steyskal) とによって発明され、2001年3月6日に許可された、「MEMSスイッチを用いたマイクロストリップアレイ構造の再構成 (Reconfigurable Microstrip Array Geometry which Utilizes Microelectromechanical System (MEMS) Switches)」(特許文献7参照)。尚、この発明(特許権)は、米空軍次官に代表されるアメリカ合衆国に譲渡されている。この特許は、複数のRF-MEMSスイッチにより接続されるパッチアンテナの配列を記載する。この装置は、複数のパッチアンテナ同士を接続するために各種スイッチを選択的にオン又はオフすることにより同調が取られる同調アンテナを提供する。パッチアンテナのクラスタがより大きい又はより小さくなると、夫々より低周波数又はより高周波数でアンテナが動作する。この設計に伴う一つの問題は、スイッチを多数必要とすることである。より重要な問題は、アンテナのRF部分とDC給電ラインとの間の干渉問題を除去する方法を提供していないことである。

20

**【0014】**

(8) ジェラルド・ヘインズ (Gerard Hayes) と、ロバート・サドラー (Robert Sadler) とによって発明され、2001年3月20日に許可された、「可変ループ/反転Fアンテナと該アンテナを組み込んだ無線通信端末 (Convertible Loop/Inverted F Antennas and Wireless Communicators Incorporating the Same)」(特許文献8参照)。尚、この発明(特許権)は、テレフォンアクティエボラゲ・エル・エム・エリクソン (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson) に譲渡されている。この特許は、アンテナ各部を選択的に動作させることにより共振周波数を調整するために使用されるMEMS装置を組み込むアンテナを記載する。この設計の欠点は、各共振部が異なる種類のアンテナから作られるというように、設計が複雑であることである。更に、周波数チューニングしか行うことができない。本発明の設計では、周波数チューニングに加えて、偏波チューニング又は放射パターンチューニングが可能であり、設計が容易である簡潔な構造によりこれらの機能が実行される。

30

40

**【0015】**

(9) フランク・シュイアボーン (Frank Schiavone) によって発明され、1983年1月4日に許可された、「線形分極RF放射スロット (Linear Polarized RF Radiating Slot)」(特許文献9参照)。尚、この発明(特許権)は、ボールコーポレーション (Ball Corporation) に譲渡されている。この特許は、二つの開放端部を有するスロットアンテナを記載しており、該スロットアンテナの周波数は、スロット内部又は周辺に配置された集中定数素子によ

50

り決定される。我々のアンテナは、RF-MEMSスイッチを使用してアンテナの同調をとることにより、この設計を改良している。本発明のアンテナは、通常のスロットアンテナ設計における閉鎖端スロットでも、この開放端スロット設計のようでもない構造を提供する。本発明のアンテナは閉じているが、MEMSスイッチのみにより閉じられており、よって、アンテナ電流の全てが強制的にスイッチを介して流れる。

#### 【0016】

(10) デビッド・ホープ (David Haub) と、ルイス・バナッタ (Louis Vannatta) と、ヒュージ・スミス (Hugh Smith) とによって発明され、1999年10月12日に許可された、「多層構造のコンパクトスロットアンテナ構造及び方法 (Multi-Layered compact slot antenna structure and method)」(特許文献10参照)。尚、この発明(特許権)は、モトローラ (Motorola) に譲渡されている。この特許は、その従来技術部分で、開放端スロットアンテナの概念を示している。単一開放端スロットアンテナの基本的概念では、RF-MEMSスイッチを使用してアンテナを同調させる能力は期待されない。この従来技術の参考文献で示された開放端スロットアンテナは、通常1/4波長の長さを有している。我々のMEMS同調型スロットアンテナは、従来のスロットアンテナのように1/2波長であるが、この開放端部を使用することで、全アンテナ電流が強制的にMEMSスイッチを介して流される。

#### 【0017】

【特許文献1】 米国特許第6,028,561号明細書  
【特許文献2】 米国特許第6,034,655号明細書  
【特許文献3】 米国特許第6,188,369号明細書  
【特許文献4】 米国特許第6,198,441号明細書  
【特許文献5】 米国特許第5,943,016号明細書  
【特許文献6】 米国特許第6,061,025号明細書  
【特許文献7】 米国特許第6,198,438号明細書  
【特許文献8】 米国特許第6,204,819号明細書  
【特許文献9】 米国特許第4,367,475号明細書  
【特許文献10】 米国特許第5,966,101号明細書

#### 【発明の開示】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0018】

開示されたアンテナは、従来技術よりも有利で重要な点を幾つか提供する。それらは、(1) 損失の多いバラクタを用いた設計よりも高効率な使用が可能となるRF-MEMSスイッチの使用、(2) 周波数のみならず、放射パターン又は偏波を調整(同調)する能力、(3) 代替品の多くよりも簡潔な設計(これは正確な構造に到達するために精細なチューニング又は実験をほとんど必要としない)、及び(4) 設計の変更をほとんど伴わずに、ブロードバンド(キャビティ無)又はナローバンド(キャビティ有)の用途で利用できる汎用性、を含む。MEMS同調型アンテナを含む、同調型アンテナを提供するための以前の試みは、上記に挙げた従来技術の中にある。これらの例のどれ一つも、本発明の設計における簡潔さや汎用性を有していない。最も分かりやすいMEMS同調型アンテナは、MEMS同調ダイポール又はパッチ、又は通常のスロットアンテナを含む。これらは夫々、MEMSスイッチにおけるDCバイアスラインからの干渉、又はアンテナの構造によるチューニング範囲(同調可能な周波数の範囲)の制約を含む欠点を有する。開放端構造を好ましくは含む本発明のアンテナにより、アンテナ電流の全て(又は少なくとも多く)が閉じられたMEMSスイッチを介して強制的に流され、結果として、周波数のチューニング範囲が最大となる。開放端を有するスロットアンテナを記載する従来技術は存在するが、本発明のアンテナは、従来のスロットアンテナのように機能する。なぜなら、該アンテナは両端部で実際に閉じているからである。その一端部は接地面自体により閉じていてよく、他端部は閉じたRF-MEMSスイッチにより閉じていてよい。加えて、閉じるこ

とができる様々なMEMSスイッチを各種位置に配置することができるため、閉じたRF-MEMSスイッチにより閉じられる端部の位置を移動させることができる。これは、同じような効果を得ようとする以前の試みとは異なる。MEMS同調型スロットアンテナへの以前の試みは、全て閉一閉設計であり、同調性（チューニング範囲）が制限されていた。本発明の設計は、この問題を閉一開設計により解決する。ここで、開放端部は実際にMEMSスイッチにより閉じられ、好ましくは、複数のMEMSスイッチのうち、一つのMEMSスイッチにより閉じられる。複数のうち、閉じた特定のMEMSスイッチにより、スロットアンテナの動作周波数が制御可能となる。

#### 【0019】

本発明は、一態様において、複数の異なる周波数のうち所望の周波数のRF信号を受信及び／又は送信するスロットアンテナを提供する。該スロットアンテナは、その長さが横幅よりも長く、また電氣的に閉じた第1端部と電氣的に開いた第2端部とを有するスロットを、内部に規定して有する少なくとも一枚の導電薄板を含む。複数のスイッチ部材は、前記スロットに沿って設けられており、前記複数のスイッチ部材は、閉じられる際に、前記スロットの第1の側における前記少なくとも一枚の導電薄板を、前記スロットの第2の側における前記少なくとも一枚の導電薄板に結合するように夫々作用する。給電点は、前記複数のスイッチ部材のうち前記第1端部により近い又は最も近いスイッチ部材よりも更に前記第1端部に近い位置で、前記スロットに近接して配置された、前記少なくとも一枚の導電薄板への及び／又は前記少なくとも一枚の導電薄板からのRF信号を結合するために備えられる。前記複数のスイッチ部材は、前記スロットアンテナが動作すべき所望の中心周波数を変更する制御方法において、閉じることが可能である。

#### 【0020】

本発明は、他の態様において、複数の異なる周波数のうち所望の周波数のRF信号を受信及び／又は送信するキャビティ付きスロットアンテナであって、第1スロットを内部に規定して有する少なくとも一枚の導電薄板であって、前記第1スロットは、その長さが横幅よりも長く、該スロットをブリッジする複数のMEMSスイッチ手段により電氣的に閉じることが可能な少なくとも一つの開放端部を有しており、また前記スロットは該スロットの後方に配置されるキャビティを有しており、該キャビティは、(i)前記第1スロットを内部に規定して有する前記少なくとも一枚の導電薄板と、(ii)前記第1スロットを内部に規定して有する前記少なくとも一枚の導電薄板から間隔をあけて存在する別の導電薄板と、(iii)前記スロットを内部に規定して有する前記少なくとも一枚の導電薄板を前記別の導電薄板に結合する複数の側壁と、により規定され、前記複数の側壁のうち少なくとも一つは、前記第1スロットの前記少なくとも一つの開放端部に近接して配置されており、前記少なくとも一つの側壁は、前記スロットの該少なくとも一つの開放端部と列状に揃う穴を内部に有している、少なくとも一枚の導電薄板を備えるスロットアンテナを提供する。前記複数のMEMSスイッチ手段は前記第1スロットに沿って設けられた第1の複数のスイッチ部材を含み、前記第1の複数のスイッチ部材は、該第1の複数のスイッチ部材が閉じられる際に、前記スロットの第1の側における少なくとも一枚の導電薄板を、前記スロットの第2の側における前記少なくとも一枚の導電薄板に結合するように夫々作用する。給電点は、前記スロットに近接して配置され、前記少なくとも一枚の導電薄板への及び／又は前記少なくとも一枚の導電薄板からのRF信号を結合するために備えられる。前記複数のスイッチ部材は、前記スロットアンテナが前記RF信号を受信及び／又は送信する共振周波数を変更する制御方法において、閉じることが可能である。

#### 【0021】

更に本発明は、他の態様において、(1)電氣的導電部材の少なくとも一縁部に到達することで開放端部を規定し、前記開放端部から離れた位置に別の端部を有する長手方向に伸びるスロットを、前記電氣的導電部材に形成する形成工程と、(2)閉じられた場合に、前記スロットの一方の側を該スロットの逆の側に結合する一連のMEMSスイッチを、前記スロットに沿って且つ該スロットの離れた位置にある端部に近接するよりも該スロットの開放端部により近接して配置する配置工程と、を備えるスロットアンテナの作成方法

を提供する。

#### 【0022】

更に本発明は、他の態様において、複数の動作周波数で動作可能なスロットアンテナの作成方法であって、(a)電気的導電部材に長手方向に伸びるスロットを形成する形成工程と、(b)閉じられた場合に、前記スロットの一方の側を該スロットの逆の側に結合する複数のMEMSスイッチを、前記スロットに沿って配置する配置工程であって、長手方向に伸びる前記スロットは、前記複数の動作周波数のうち選択された一の周波数で動作するように、前記複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチにより電気的に閉じられる少なくとも一つの端部を有しており、前記電気的導電部材は、前記複数の動作周波数のうち前記選択された一の周波数における少なくとも1/4波長の長さであって、前記複数のMEMSスイッチのうち少なくとも一つの選択されたスイッチと平行に、電気的導電路を備えている、配置工程と、を備えるスロットアンテナの作成方法を提供する。

10

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0023】

MEMS同調スロットアンテナは、周波数同調アンテナ、ダイバーシティアンテナ、スマートアンテナ及びフェーズドアレーの分野において様々な用途がある。その最も基本的な形態(図1参照)において、本発明は、一端部12が開いて(開放しており)、他端部14が閉じた(閉鎖している)スロットアンテナ10から構成される。アンテナ10は、スロット20の閉鎖端部14付近に給電点16を有する。給電点16の位置は、アンテナ構造により様々であるが、スロットの閉端部14から、波長よりもかなり短い(通常1/8~1/10波長程度の)距離Dの位置に配置される。給電点16とスロットの開放端部12との間には、制御ライン24-1、24-2、24-3、... (図3参照)に印加される電圧により開かれたり或いは閉じられたりする一連のRF-MEMSスイッチ18-1、18-2、18-3、... が配置されている。MEMSスイッチ18-1、18-2、18-3は、スロット20をブリッジ(橋かけ)している。MEMSスイッチ18-1、18-2、18-3を開閉することにより、スロット20の有効長を変えることができ、これによって、スロットアンテナの共振周波数を調整する(共振周波数の同調をとる)ことが可能となる。アンテナ10は、所望の最低共振周波数においては、1/2波長の長さに近づく。MEMSスイッチ18-1、18-2、18-3は、スロット20に沿って様々な位置に配置される。これらの位置は、スロットアンテナが動作する所望の周波数により決定され、閉鎖端部14からMEMSスイッチ18-1、18-2、18-3までの距離D1、D2、D3、... は、各所望の共振周波数において約1/2波長の長さである。給電点16は、閉鎖端部14と第1MEMSスイッチ18-1との間で、閉鎖端部14から距離Dの位置に配置される。そして、給電点16は、マイクロストリップ、同軸型等を含む多様な形態を採ることができる。距離Dは、通常、一波長よりもかなり短く、普通は、1/8波長から1/10波長程度である。スロット20自体は、導電性接地面(表面)22に切り込まれるか、又は該導電性接地面22に形成される。その一部がここに示されている。導電性接地面22は大きな表面であってよく、該接地面の面における各次元で複数波長に相当する長さを有していてもよい。導電性接地面22は、自動車又は飛行機の外部表面等の一部であってよい。導電性接地面22は、携帯電話やその他の通信装置等の携帯用端末におけるプリント基板の場合のように、非常に小さくてもよい。非常に小さなアンテナ10に対しては、アンテナを取り囲む導電性接地面のサイズは、スロット20の共振周波数に何らかの影響を与え得るが、この影響は大きくはない。

20

30

40

#### 【0024】

スロット20は通常1mm幅程度であるが、この幅は絶対的な数値ではない。アンテナ10の周波数帯域は非常に僅かではあるがスロット20の幅に依存しており、スロットの幅が増加するとバンド幅が増加する。しかしながら、この影響は、通常非常に小さいので測定不能である。理論的には、スロット20の幅が広がると周波数帯域が広がるが、スロット20をあまりに幅広く作る場合は、アンテナの構造をあまり変更せずに小さなM

50

EMSスイッチを使ってアンテナの同調を取ることは不可能となり得る。

#### 【0025】

一見、本発明は上述の従来技術に照らして自明であるようにみえるかもしれない。しかしながら、ここで説明するように、実際には非常に新規であり、最も一般的な方法でRF-MEMSスイッチと組み合わせた上記に挙げた標準的なアンテナを使用しても、容易に作ることはできない。複数のMEMSスイッチを使用して同調型アンテナを作成する一つの方法は、これらのスイッチを、アンテナの共振周波数を制御するいくつかの大きさ（長さや面積）を調整するように、該アンテナと併用することである。試みが行われた構造のうち幾つかの例は、MEMSスイッチがダイポールの長さを調整するダイポールアンテナ、MEMSスイッチがパッチ長を調整するパッチアンテナ、及びMEMSスイッチがスロット長を変化させるスロットアンテナを含む。これらは夫々欠点を有する。ダイポールアンテナの場合、必要とされるDCバイアスラインがダイポール自体との間で大きな干渉を起こし、結果として放射パターンの予測が立たなくなる。パッチアンテナの場合、アンテナ自体が非常に強く共振するので、広い領域を包含するほどの多数のMEMSスイッチ無しにパッチを大幅に調整することは困難である。また、DCバイアスラインは、パッチとの間に、ダイポールとの間に生じる問題と類似の問題を引き起こす。スロットアンテナの場合、アンテナを取り囲む金属接地面に近接してDCバイアスラインをプリントすることができ、これにより干渉がほとんど起きない。このため、スロットアンテナは良い候補者のように見える。しかしながら、標準的なスロットアンテナには、該スロット周辺の電流パスが非常に低いインピーダンスを有するという欠点がある。MEMSスイッチは、その小さなサイズのために、小さいけれども有限のインダクタンスを有する。スロット外部周辺の更に低いインピーダンスを有する電流パスによって、この有限のインダクタンス部分は電流が避けて流れ、非常に小さい電流しかMEMSスイッチに流れない。結果として、アンテナのチューニング範囲はかなり減少する。この構造は図2に示されており、電流線が矢印で示す曲線で描かれている。閉じたスイッチ18を通るよりも多くの電流が閉端部14の周りを通っている。最終的にはスイッチの影響は部分的でしかなくなってしまう。

#### 【0026】

図1に示すように、スロット20の一端部12を開き、閉鎖端部14と複数のMEMSスイッチ18の間に給電点16を配置することにより、アンテナ電流の全てを、閉じた特定のMEMSスイッチ18に強制的に流すことができる。結果として、アンテナ10は極めて同調を取ることができ、設計が非常に簡潔になる。これは、ホープ等が教示する従来技術を考慮すると自明であるように見えるかもしれないが、その設計においては、開放端を有するスロットは異なる方法で使用されている。その設計においては、スロットの一端部を開くことにより、スロット長を半分にしておく、通常の1/2波長に代わって1/4波長にしておく。というのも、このようなスロット中に形成される定在波は閉鎖端部で節を有し、開放端部で波腹を有するであろうからである。MEMSスイッチを用いてこのようなアンテナの同調を取る場合、最も一般的な方法は、図2を参照して説明した影響と同様に、定在波の節の位置を調節する位置に相当する閉鎖端部の近くにスイッチを配置することである。複数のMEMSスイッチを開放端部の近くに配置することは、波腹を必要とする場所に節を配置することなので、一般的ではない。よって、図1の実施例は、ホープのアンテナとRF-MEMSスイッチとを一般的な手法で組み合わせることで想到されるアンテナとは全く異なる。図1の実施例において、スロットアンテナ10は、普通の1/2波長スロットとして作用し、開放端部12は、アンテナ10を同調させる手段として存在するのではなく、むしろアンテナ電流を閉じたMEMSスイッチ（18-1、18-2、又は18-3）に強制的に流す手段として存在する。これにより、チューナビリティ（同調性）が最大となる。

#### 【0027】

使用するMEMSスイッチ18の数は、設計上の選択の問題である。図1及びその他幾つかの図面で3つのスイッチが示されているが、当然のことながら、必要であれば、任意の数のスイッチが使用されてよい。

10

20

30

40

50

## 【0028】

以上、本発明の基本的概念を提示した。残りの開示内容は、製造可能な構造でこの概念を実施する各種方法についての議論を含む。本発明は、ここに与えられる例に限定されるものではない。多くの基本的概念の変形例は、アンテナ設計分野の当業者が一旦前述の概念を認識すれば、該当業者に自明であろう。

## 【0029】

このアンテナを作成する一つの方法を、図3A、図3B、図3Cを参照して説明する。本発明の本実施例において、複数のMEMSスイッチ18を、小型で単純なプリント基板から構成されるキャリア26上に設ける。該キャリアは、好ましくは、デュロイド（Duroid：登録商標）等の複合ポリマー材料やセラミック材料により形成される。このプリント基板26は二つの金属板ビア28を有しており、該ビア28の電気を、キャリア26を介してスロットアンテナの導電性接地面22に流すことにより、その上部表面に設けたスイッチ18が、キャリア21を設けているスロットアンテナの導電性接地面22と電気的にアクセスできる。非常に簡単に複数のMEMSスイッチ24を閉じるためには、好ましくは、単一のDCバイアスライン又は制御ライン24を使用する。これを達成するために、MEMSスイッチ18における二つのRFポート18aのうちの一つもまた、DC信号のグラウンドとして作用すべきである。これを図3Cに示す。二つのビア28-1のうちの 하나가、スイッチ上の二箇所にワイヤボンドされる（ワイヤ19参照）。通常のビア28-1のみがワイヤボンドされているこれら二箇所は、一つのRFポート18a及び一つのDCポート18bで表される。その他のビア28-2は、スイッチの一箇所18aにワイヤボンドされるだけであり、RFポートとしてのみ作用する。スイッチ上の残りのDCポート18bは、単一DCバイアスライン又は制御ライン24にワイヤボンドされる。よって、DC回路は、DCバイアスライン又は制御ライン24と、（複数のポート18bを介してアクセスされる）MEMSスイッチのDC部と、複数のビア28のうち一つと、スロットアンテナ10自体の導電性接地面22と、から構成される。RF回路は、（本実施例において同軸ケーブル30より供給される）給電部（給電点）と、導電性接地面22におけるスロット20と、キャリア内の二つのビア28及び複数のポート18aを介してアクセスされるMEMSスイッチ18のRF部と、から構成される。この（キャリア26を使用する）構成技術により、MEMSスイッチ24を支持する構成とは独立してアンテナ10が設計され作られる。従って、アンテナ10は、型打ち金属薄板と、プリント基板と、又はその他この設計に見合う金属構造と、から構成されてよい。キャリア26に設けられるMEMSスイッチ24は、スロット20の成形加工後に配置され、必要であれば、精細なチューニングが可能である。キャリア26は、導電性エポキシ又はハンダにより、スロット20に近接する領域に接続されてよい。スロット20は、型打ち金属薄板の場合のように、この技術を使って固形物を全く有していなくともよい。

## 【0030】

図3Aにおいて、各スイッチ18は、離れたキャリア26上に示されている。或いは、スイッチ81-1、18-2、18-3、...は、個々のキャリア26上に設ける場合とは異なり、全てを共通のキャリア上に設けることもできる。スイッチをスロット20の長手方向に沿ってより広い範囲に配置することができるため、個々のキャリアの使用が好まれる。

## 【0031】

別の構成技術を図4A及び図4Bを参照して説明する。本実施例において、複数のMEMSスイッチ24は、導電性接地面22に好ましくは積層される絶縁上面（又は層）21に対して直接設けられる。複数のMEMSスイッチ24は、上面21を通る複数のビア28によりスロットの両側に接続される。DCバイアス回路は図3Aから図3Cの実施例と同様に形成される。この場合、給電部（給電点）は、ビア29によりスロット20の遠い側に接続するプリントされたマイクロストリップライン31として示される。全構造は、1つの多層プリント基板である。給電部（給電点）は、上層21にプリントされており、且つ、スロット20の逆側に、好ましくは単一の金属板ビア29を介して接続されたマイ

クロストリップライン 31 である。複数の MEMS スイッチ 24 はまた上層 21 に直接設けられ、図 3 A から図 3 C を参照して説明された方法と類似の方法で、複数対の金属板ビア 28 により、スロット 20 の逆端に接続される。複数の DC バイアスライン 24 は、同様にプリント基板の上面にプリントされ、図 3 A から図 3 C を参照して説明された方法と同様に、複数の MEMS スイッチ 18 に接続される。

#### 【0032】

以上、独立したスロットアンテナについて記載した。しかしながら、この設計は、図 5 A 及び図 5 B に示すアンテナのようなキャビティ付スロットアンテナの作成にも耐えるものである。スロットアンテナ後方のキャビティ 32 を使用すると、接地面に開口部を切り込まないで、スロット 20 を大きな金属接地面に近接して直接設けられるという利点がある。これは、例えば、自動車等の金属むき出しの車両の場合にしばしば要求される。設計者は、車両のルーフ等の大きな連続接地面の上にアンテナを取り付けたいと望むことがあるため、このようなアンテナは有利である。仮にスロット 20 を金属キャビティ 32 の一部とするならば、このキャビティ 32 を、車両のルーフ等の金属表面に、アンテナを短絡させることなく取り付けることができる。キャビティ 32 を使用すると、アンテナの瞬間的な周波数帯域も限定されるが、これはその用途により長所又は短所となる。大まかな設計の手引きとして、キャビティの幅は、通常、所望の周波数において  $1/2$  波長程度の幅にすべきであり、キャビティを充填する金属の屈折率により除算されるべきである。しかしながら、これは非常に緩やかな規則であり、負の影響をあまり与えずに、キャビティを少なくともこれよりも 2 倍小さく作ることができる。よって、特定のサイズを有するキャビティ 32 は、非常に広い範囲にわたって同調を取ることができるアンテナとして作用できる。

#### 【0033】

キャビティアンテナは、通常、その縁部に沿った金属側壁 35 を有する。しかしながら、金属側壁 35 が、スロット 20 が該縁部に接触する部位に近接する、図 5 A 及び図 5 B のアンテナの側面を覆うのであれば、スロット 20 に非常に近い側壁は、MEMS スイッチ 18-1、18-2、18-3 の効果を非常に下げる電流パスとして作用するであろう（本質的には、図 2 を参照して説明した問題が再び現れる）。従って、スロット 20 が縁部に接触する部位に近接する側壁 35 は、キャビティの縁部におけるスロット 20 周辺の電流パスを長くするために、幅 37 を有する穴 39 で切開される。これにより、MEMS スイッチ 18-1、18-2、18-3 の効果が向上する。穴 39 の幅 37 は十分長く、複数の MEMS スイッチ 18 のうちの閉じたスイッチに平行な電流パスは、該複数の MEMS スイッチのうちの閉じたスイッチと共に動作するアンテナとの動作周波数に対して、約  $1/4$  波長（又は  $1/4$  波長以上）の長さである。

#### 【0034】

キャビティ 32 付スロットアンテナは、図 5 A に示すマイクロストリップ 31、又は図 6 A に示すオフセット同軸プローブ 34 により給電することができる。上面 21 の開口部 33（図 6 A 参照）は、同軸プローブ 34 の中心導体を表面 22' にハンダ付け（さもなければ接続）することを容易にする。同軸プローブ 34 のグランドシールドは裏面 36 に結合されている。表面 22' は、アンテナの接地面の一部を形成し、またキャビティ付スロットアンテナは、通常、電氣的伝導面（図示していないが、車両の外部金属表面のようなもの）に設けられるので、電氣的伝導面もまたアンテナの接地面を提供する。

#### 【0035】

給電点 16 のインピーダンスは、その位置をスロット 20 に沿って調整することで、好ましくは 50 オーム（アンテナシステムにおいて通常使用されるインピーダンスであり、当然のことながら、その他のインピーダンスも使用可能である）に調整される。通常、短絡端部から波長の  $1/10$  から  $1/5$  に等しい距離に給電点 16 を設けることができ、その位置をインピーダンス整合する範囲内で非常に容易に調整できる。

#### 【0036】

大抵の場合は、給電点 16 を、スロット 20 の閉鎖端部 14 から単一の固定距離 D に配

置することが可能であり、非常に幅広い共振周波数の範囲で給電可能である。しかしながら、所望の周波数の範囲が極めて幅広い場合、又は非常に薄いキャビティの場合のように瞬間的な周波数帯域が非常に狭い場合は、給電位置を調整することが必要となるであろう。これは図7に示すようにして達成される。本実施例において、周波数の同調を提供するスイッチ18-1、18-2、18-3は、前述の実施例を参照して説明されたスイッチと同じである。しかしながら、第2の一連の密接したMEMSスイッチ15が、スロット20の閉鎖端部14を置換している。これにより、MEMSスイッチ15のグループのうちの閉じたスイッチに関連付けて、スロットの有効な端部の位置調整が可能となる。スロットの端部を調整するスイッチ15は、周波数を調整するスイッチ18に近接するよりも給電点16により近接している。スロットの端部を調整するスイッチ15は、スロット20の閉鎖端部14をスロット20に沿って長手方向に効果的に移動させることにより、非常に幅広い範囲で同調させることが可能なアンテナ又は非常に高い共振周波数のアンテナによって起こり得る、インピーダンス不整合の原因となる可能性がある。図7の実施例がキャビティ（図5Bに示すキャビティ32等）無しで形成されると、この実施例においてスロット20は表面22を横断しているので、表面22はスロットにより二つの部分に分割される。二つの部分は好ましくは図7に図示しない誘電体（図4Bの実施例に描かれた基板21等のような）により支持される。

#### 【0037】

本発明の他の実施例を図8に示す。この場合、複数のMEMSスイッチ18'のグループは互いに非常に近接して配置されており（アンテナ周波数の波長の非常に小さい部分だけ離れて位置する）、基板22におけるスロット20の開放端部近くに配置される。これにより、スロット20がその周波数帯域の非常に小さい部分にわたって同調をとることが可能となる。ユニット18'における個々のスイッチを開閉すると、放射波の位相に変化が生じ、これをフェーズドアレーアンテナに利用できる。図8において、前記グループは、スイッチユニット18から出ている4本の制御ライン又はバイアスライン24で示されるように、スイッチユニット18内に4つのMEMSスイッチを有している。当然ながら、スイッチユニット18'で使用する個々のスイッチの数は、設計上の選択の問題である。当該スイッチのグループは、小基板23上に配置することができ、ここでスイッチが互いにより密接であること以外は、図3Aから図3Cを参照して説明した技術と基本的に同じ技術で、アンテナを作成できる。その他の実施例と同様に、導電性接地面又は表面22は、誘電体21上に又はそれと共に設けられてよい（例えば図4Bを参照）。

#### 【0038】

図8における実施例の複数のMEMSスイッチは、共振周波数をほんの僅かな周波数帯域だけ変化させるので、その主な効果は、放射の位相を調整することである。図8に示すアンテナ素子を、例えば、フェーズ調整スロットを一次元又は二次元格子上に反復することにより、フェーズドアレーの基本的アンテナ素子として使用することができる。

#### 【0039】

さらに他の実施例を、図9を参照して説明する。本実施例において、スロット20は「L」字形であるとし、給電点16を「L」字のコーナー17に備える。二つのMEMSスイッチ38はスロットに配置され、給電点16の両側に非常に近接して配置される。二つのスイッチ38のうち一方を閉じることにより、閉じたスイッチ38を有するL字型スロット20のアーム又は部分は短絡し、他方のアーム又は部分がRF信号を放射及び／又は受信できるようになる。これには、アンテナの偏波を二つの異なる直線偏波の間で切り替える効果がある。当該アンテナの本実施例を、例えば、携帯端末のアンテナにおける偏波ダイバーシティに使用することができる。二つのスロット20の長さは、好ましくは、L字型スロット20の各アーム又は部分において、前述のように、MEMSスイッチ18のグループを使用することにより制御される。開いたスイッチ38を持つアーム又は部分が放射する一方、他方のアーム又は部分における閉じたスイッチ38は、動作スロットアーム／部分における短絡端部14（図1に関する議論を参照）として作用する。L字型スロットは、たまたま直交する二つのスロットとして考慮されてよい。

## 【0040】

図9の実施例は、一又は複数のスロット20が導電性表面22を完全に横断して二部分に分割するものとして描かれた図7の実施例に幾らか類似している。前述のように、導電性接地面22は、これらの図面で提案される面より大きくてよく、よって、導電性接地面は、図面に示す限度を超えて拡張する際に、一又は複数のスロットの先端を閉じる可能性がある。一又は複数のスロットの先端がこの方法で確実に閉じられるならば、スロットの先端における短絡部分を介して電流を流す場合と異なり、アンテナ電流の大部分を閉じたMEMSスイッチ18に流すために、所与のMEMSスイッチ18を閉じるときに、アンテナが動作する周波数で、該先端の短絡による電流パスが少なくとも $1/4$ 波長の長さ（所与のMEMSスイッチ18の位置から測定される）を有するように、該先端を複数のMEMSスイッチ18から十分離して配置するべきである。スロットの先端が図1、図3A、図4A及び図8に示すように開いていれば、前述の電流パスの長さは、後方が閉鎖端部14であるスロットの長さのために、少なくとも $1/4$ 波長の長さとなる。図7及び図9に示すように、スロットの両端部が開いていれば、前述の電流パスの長さは、伝導面22を介して、無限に長いと考えることができる。電流パスは確かに存在するが、MEMSスイッチを作動するときには図1の閉鎖端部14のように作用するMEMSスイッチ15又は38を介している。

10

## 【0041】

二つの離れたアンテナ10を、夫々がそれ自体のスロット20を他方のアンテナのスロットに対して直角に配置された状態で、組み合わせ使用してもよい。これらのアンテナの切り替えは、アンテナダイバーシティを提供するために、二つのアンテナの給電点16に対する給電を切り替えることにより、又は複数のMEMSスイッチ38を使用して当該アンテナのうちの一つに関連するスロット20を無効にすることにより、制御できる。

20

## 【0042】

前述の実施例における多重化されたアンテナ10を、単一の導電性接地上で互いに協働して使用できる。例えば、図10に示すように、二本のアンテナ10を互いに直角に配置できる。他方のアンテナの給電点における給電パスと比較して一方のアンテナの給電点に給電路において相対遅延を含ませることにより、アンテナの偏波を円状にできる。その際、各アンテナは、通常、関連するアンテナ10が使用されるときに閉じられる単一のMEMSスイッチを有するであろう。

30

## 【0043】

或いは、図10における各アンテナ10は、同一の位相を有する信号が給電されてもよいが、各アンテナにおけるMEMSスイッチのグループのうちの選択された一つを閉じて、当該アンテナのうち一つの周波数を僅かに変更することにより、二本のアンテナ間に生ずる周波数の差から90度の位相差を与えることができる。これは、円偏波を生成可能な閉じたスロットアンテナを開示する2001年4月10日に出願された米国特許出願番号09/829,192に開示されている。或いは、図10に示す二つの直交するスロット20のうち一つのスロットにおけるMEMSスイッチ18を閉じることで、切り替え可能な円偏波を有するアンテナを生成可能である。

## 【0044】

40

図11A及び図11Bは、交差開放端スロット20を備えたキャビティ付交差スロットアンテナを示している。各スロットは、一連のMEMSスイッチをその両端に有し、関連するスロットの共振周波数を調整する。本実施例は、図6A及び図6Bの実施例と同様に、同軸ケーブルの給電部（給電点）34を備えて示される。側壁35は、スロット20の両端に近接する電流パスを長くして、MEMSスイッチ18の効果を向上させるために、スロット20が側壁35と直交する部位の近隣内部に、幅37を有する穴39を有する。或いは、同様な効果を与えるために、キャビティを十分に大きくしてスロットを十分長くするように、キャビティのサイズを大きくすることができる。いずれの場合も、複数のMEMSスイッチをバイパスする総電流パスは、スロットの付加領域又はキャビティの開口部によって示されるか否かによらず、 $1/4$ 波長程度の長さとなるべきである。

50

## 【0045】

図11A及び図11Bのアンテナは、当然のことながら、表面22'を誘電体支持面に配置することによりキャビティ無しで作ることができる。

## 【0046】

以上多くの実施例を開示した。これらの実施例は、必要であればキャビティ有り又は無しのいずれかで形成されてよい。前述のように、キャビティを備えると、キャビティ無しの場合と比べてより狭い周波数帯域での動作が可能となる。キャビティを使用する場合は、キャビティを、通常、固形誘電材料等の誘電体、ガス（例えば空気）で「充填」するか又は真空にする。

## 【0047】

これらの概念を互いに組み合わせるか、又はその他の技術と組み合わせることが可能であり、多くの他の設計が、本明細書に含まれる技術を使用するアンテナ設計分野の当業者に明白であることが予想される。

## (テスト結果)

上述の構造の実現可能性を実証するために、デュロイド（Duroid：登録商標）5880からなるプリント基板として製造されたキャビティ付スロットから構成されるアンテナを組み立てた。基板の裏面は全て金属であり、前面も金属により形成されるが、内部にスロット20を形成した。スロット20を一端部で短絡させ、他端部で開いた。短絡端部近くのスロットに給電するために、同軸ケーブルを使用した。基板は縦10cm横4.5cmであり、給電部（給電点）はスロット20の短絡端部から8mmの位置に設けた。スロットに沿ってゴールドボンドワイヤを配列し、スロットの一方の側から他方の側へ短絡させ、MEMSスイッチの存在をシミュレートした。第1ボンドワイヤを短絡部及びスロットから2.5cmの位置に設け、ワイヤを6mm間隔にした。ワイヤを一つずつ取り除いて、アンテナを測定し、反射減衰量、ひいては入力インピーダンス整合量を実証した。これらの測定の結果を図12にまとめる。この技術を使うと、2.4GHzから4.6GHzの範囲にわたってアンテナの同調を取ることが可能である。図13及び図14に、アンテナのある二つの状態を示す。図13ではスロットは2.5cm長であるが、4.2GHzに主ピークを示し、4.6GHzに第2ピークを示している。主ピークはアンテナの主放射モードを表し、同調を取ることができるのはこのピークである。第2ピークはキャビティ内の異なるモードを表し、このモードは同調を取ることができない。図14は、2.4GHzの第1次モード、3.3GHzの第2次モード、4.1GHzの第3次モード、そしてこの場合も同様に4.6GHzの非同調モードから構成される3本の主ピークを示している。この非同調モードの存在及びその位置は、キャビティ32の存在とその構造の詳細による。その他のモードは、キャビティの長さを調整し、MEMSスイッチを開閉することにより同調を取ることができる。

## 【0048】

最低次の共振は、スロット20の長さが1/2波長に合致するモードから構成される。よってこのモードの周波数は、スロット長、及びスロット20の両端部における材料の有効屈折率から決定されてよい。このモードでは、キャビティ付スロットの場合、ほぼ全方向性（無指向性）又は半方向性である非常に広い放射パターンを生じる。第2次モードは、スロット20の長さが1波長に合致するモードである。第3次モードは、スロット20の長さが3/2波長に合致するモードである。キャビティが無い場合は、第2次及び第3次モードは夫々、第1次モードの2倍又は3倍大きくなる。キャビティ付スロットの場合は、全ての3つのモードは、キャビティの中心周波数（ここでの測定では約3.3GHz）に向かって集中していく。スロット長の関数としての各モードにおける周波数のプロットを図15に示す。最低次モード、第2次モード、及び第3次モードがこの図に示されている。スイッチ位置を幾つか適切に選択することにより、周波数を同じに保持したままモードの次数を変えてよい。例えば、3GHzに第1次モードと第2次モードを生成するためには、スイッチ位置は4.75cmと9.5cmである。これら二つのモード間で切り替えを行うと2つの異なる放射パターンを生じ、これはダイバーシティのパターンにとっ

10

20

30

40

50

て有用である。

#### 【0049】

MEMS同調型スロットアンテナの一つの用途は、ダイバーシティのパターンである。各モードは異なる放射パターンを生じ、これらの放射パターンの間で切り替えを行うことにより、ワイヤレスシステム（無線システム）は、ダイバーシティゲインを利用してより優れたS/N比を達成できる。ダイバーシティのパターンの達成を目的としたモード間の切り替え方法の一例を、図16及び図17に示す。図16はキャビティ付スロットアンテナの最低次モードに対する典型的なパターンを示している。図17は、同アンテナの第2次モードを示している。これら二つのモードの放射パターンはかなり異なるので、これら二つのモード間の切り替えにより、二つの異なるマルチパス環境が生じ、相当な程度のダイバーシティゲインが得られる。図15に示すグラフを使用すると、両モードが同じ周波数で生じるように、複数のMEMSスイッチの位置を選択できる。これは現代のワイヤレスシステムに最も適切な構成である。

#### 【0050】

図17は、図16に示したアンテナと同じスロットアンテナの第2次モードに対する放射パターンを示している。ここで、該パターンは、E平面で有効でない値（null）を有し、H平面で二つの主ローブを有する。このパターンと前図のパターンとの間で切り替えを行うことにより、かなりの量のダイバーシティのパターンを得ることができる。

#### 【0051】

アンテナの幾つかの実施例は、接地面により規定される一又は複数のスロットを有する。アンテナの他の実施例は、キャビティの一部を規定する一又は複数の導電部材により規定される一又は複数のスロットを有する。キャビティに基づく実施例は、車両（乗用車、自動車、トラック、飛行機、ミサイル等）の外部金属表面により提供されるような、より大きな接地面の上に都合よく配置可能であるという利点を有する。前述のようにキャビティを持たない実施例は、本明細書に記載された教示に従って、キャビティを含むように容易に変更可能である。同様な方法で、前述のようにキャビティを内部に有する実施例は、必要であれば、キャビティを除去するように変更可能である。例えば、図11A及び図11Bのキャビティ付実施例について考える。キャビティを除去する場合は、より低い導電性表面と側壁35がなくなるという意味であり、複数のMEMSスイッチ18'により接続された4つの導電性直線素子が残される。キャビティにより提供されていた機械的支持がなくなるが、何らかの機械的支持が、当該4つの直線導電素子を支持するために望まれる。これらの表面（故にそれらのMEMSスイッチ18）を支持する一つの方法は、次のUCLAが所有する特許出願に開示されるタイプのHi-Z（高インピーダンス）表面にそれらを配置させることである。即ち、参考のために本明細書に組み込まれて開示されたディー・シーベンパイパー（D. Sievenpiper）及びイー・ヤブロンビッチ（E. Yablono vitch）による「金属上における表面電流の除去回路及び方法（Circuit and Method for Eliminating Surface Currents on Metals）」、米国仮特許出願番号60/079953、出願日1998年3月30日、及び対応PCT出願PCT/US99/06884（1999年10月7日にWO99/50929として公開）である。一又は複数のHi-Z表面を形成する導電素子のサイズは、その大きさ等が、アンテナにおける所望の最高共振周波数の波長よりもかなり小さくなるようにすべきである。

#### 【0052】

1999年10月7日にWO99/50929として公開されたPCT出願PCT/US99/06884におけるHi-Z表面は、本明細書で開示した実施例をHi-Z表面に設けることにより、又はHi-Z表面に取り付ける前にまずキャビティを除去することにより、本明細書における任意の実施例と共に使用できる。

#### 【0053】

本発明におけるスロットアンテナの開示された実施例において、各スロット20は、少なくとも複数のMEMSスイッチ18の一つが閉じる際に、当該複数のMEMSスイッチ

18により電氣的に閉じられる物理的な開放端部を有する。これは、スイッチが通常開いた回路スイッチであることを想定している。或いは、複数のスイッチ18は、通常閉じた回路スイッチであってよく、これは、どのように制御電圧が印加されるかの意味を変える効果がある。

#### 【0054】

複数のスロット20の開放端部が物理的に開いて描かれている。スロットが非常に長ければ、MEMSスイッチ18の動作がスロットアンテナの動作周波数に相当な影響を与えるほど、物理的に閉じた端部周辺の電流パスがMEMSスイッチ18を介する電流パスに比べて十分長い限り、スロットの「開放」端部は実際には物理的に閉じていてよい。図2に関して、相当な影響を与えるには、閉鎖端部14はMEMSスイッチ18よりも給電点16から数倍遠くなければならないであろう。

10

#### 【0055】

本発明を特定の実施例と組み合わせて開示したが、変形例は、それ自体を当業者に疑いなく提案する。例えば、基本的概念の多数の変形例又は実施例を開示した。最低限、これらの変形例又は実施例を、スロットアンテナが有する特性により、各種方法で組み合わせることができる。本発明は、それ自体では、添付の特許請求の範囲により特に要求されるようなものを除いて、開示された実施例や変形例に限定されるべきものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0056】

【図1】本発明の好適な実施例の背後にある基本概念を伝える、本発明に基づくスロットアンテナの平面図である。

20

【図2】スロットアンテナ及び複数のMEMSスイッチを用いて構成可能であるが、図1のスロットアンテナに比べるとそれほど好ましくない性能を有する、代替スロットアンテナ構造を示す図である。

【図3】図3Aは本発明に基づくアンテナの実施例の平面図であり、図3Bは図3Aの実施例の側断面図であり、図3CはMEMSスイッチ及びその基材を詳細に示すアンテナ部分の分解平面図である。

【図4】図3Aから図3Cにおける実施例の、別の実施例の平面図及び側断面図である。

【図5】本発明に基づくスロットアンテナの別のキャビティ付実施例の平面図及び側断面図である。

30

【図6】本発明の別のキャビティ付実施例であるが、図5A及び図5Bの実施例とは異なる給電配列を有する実施例の平面図及び側断面図である。

【図7】給電点におけるアンテナのインピーダンス変化に備えた又は対処する、他の一連のMEMSスイッチの付加を示す図である。

【図8】多重に密接しているMEMSスイッチを、位相調整（チューニング）及び可能であればアンテナ共振周波数の微調整に使用する実施例を示す図である。

【図9】L字型スロットアンテナの実施例を示す図である。

【図10】互いに90度をなすように配列された二つの離れたスロットを有するアンテナを示す図である。

【図11】交差した複数のスロットと一つのキャビティを有するアンテナの平面図と側面図である。

40

【図12】ある開放端キャビティ付スロットアンテナを2.5cmから10cmの長さで調整することにより生成される各種の周波数状態の全てを示すプロットである。ここでプロットは、幅広い周波数チューニングを示すために、重なっている。

【図13】2.5cm長スロットの単一状態を示す図である。ここで主放射モードは4.1GHzにあるが、4.6GHzに見える第2ピークは該スロット下に配置されたキャビティにより作られる直交モードである。

【図14】8.25cm長スロットの単一状態を示す図である。ここでスロット長を調整することにより同調をとることができる3つの主要モードが、2.6GHz、3.3GHz、4.2GHzに見え、4番目のモードがキャビティにより再び4.6GHzに見える

50

。

【図 1 5】各モードの周波数をスロット長の関数としてまとめた図である。

【図 1 6】スロット長が  $1/2$  波長である場合の、最低次数モードの放射パターンのグラフを示す図である。

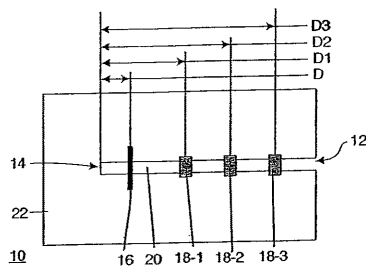
【図 1 7】図 1 6 と同じスロットアンテナにおける、第 2 次モードの放射パターンのグラフを示す図である。放射パターンは、E 平面で有効でない値 (null) を有し、H 平面で二つの主ローブを有する。

【符号の説明】

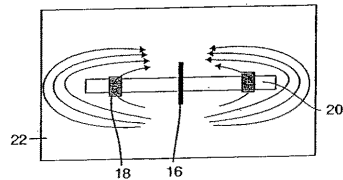
【 0 0 5 7 】

- |     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 1 0 | スロットアンテナ           | 10 |
| 1 2 | 開端部                |    |
| 1 4 | 閉端部                |    |
| 1 6 | 給電点                |    |
| 1 8 | R F - M E M S スイッチ |    |
| 2 0 | スロット               |    |
| 2 2 | 導電性接地面             |    |
| 2 6 | キャリア               |    |
| 2 8 | ビア                 |    |
| 3 4 | 同軸プローブ             |    |
| 3 5 | 金属側壁               | 20 |

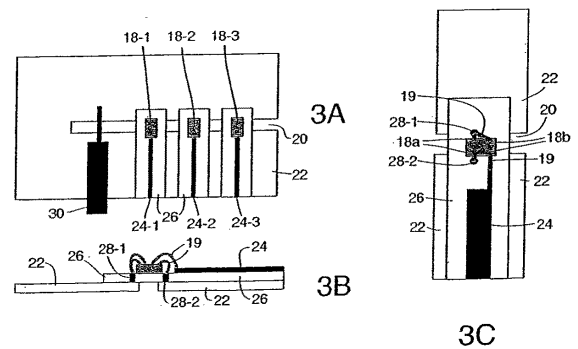
【図 1】



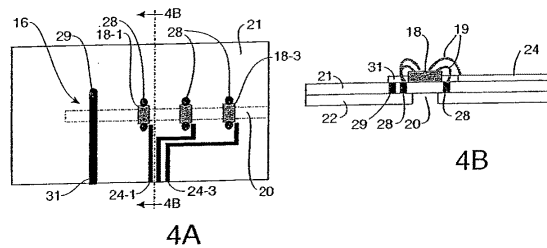
【図 2】



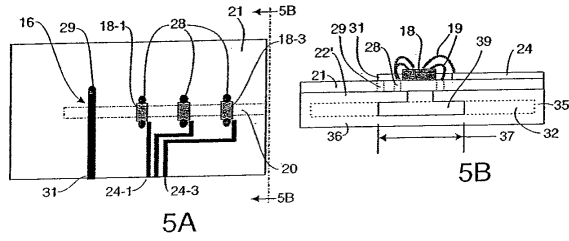
【図 3】



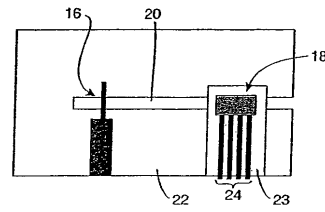
【図 4】



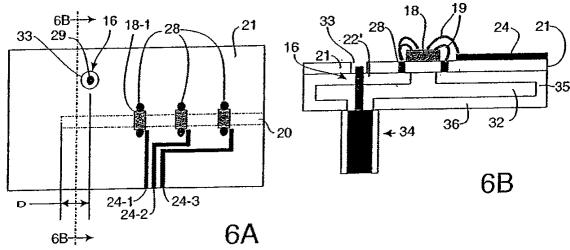
【図 5】



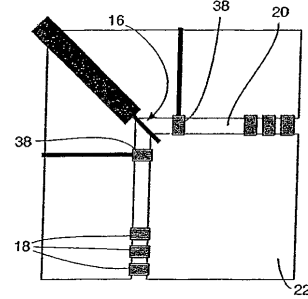
【図 8】



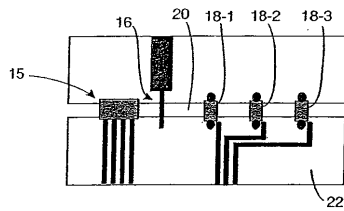
【図 6】



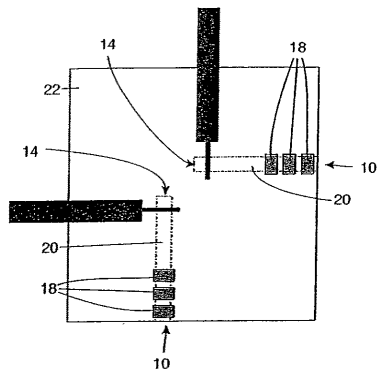
【図 9】



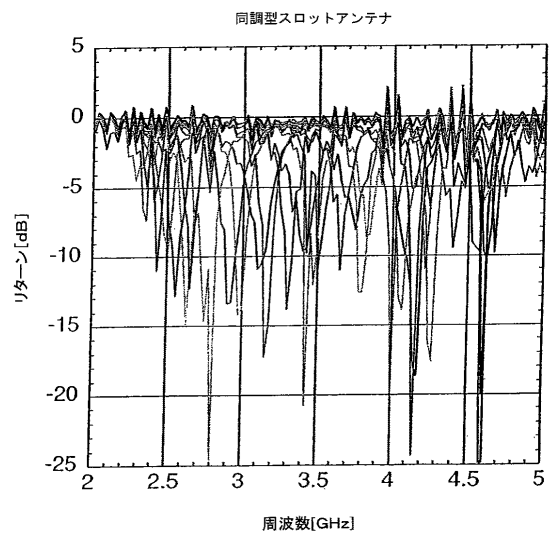
【図 7】



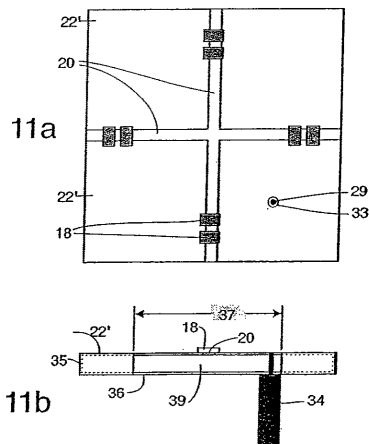
【図 10】



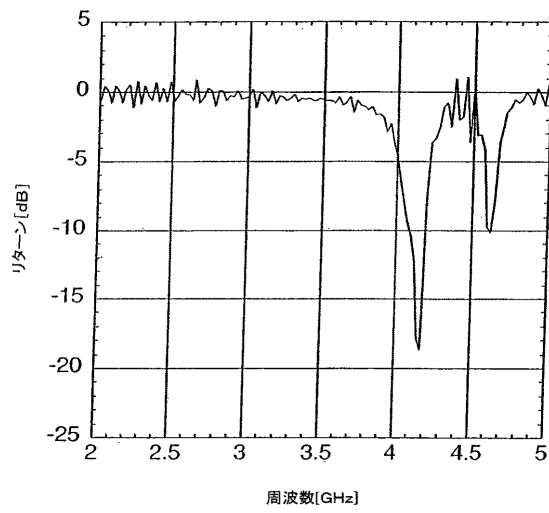
【図 12】



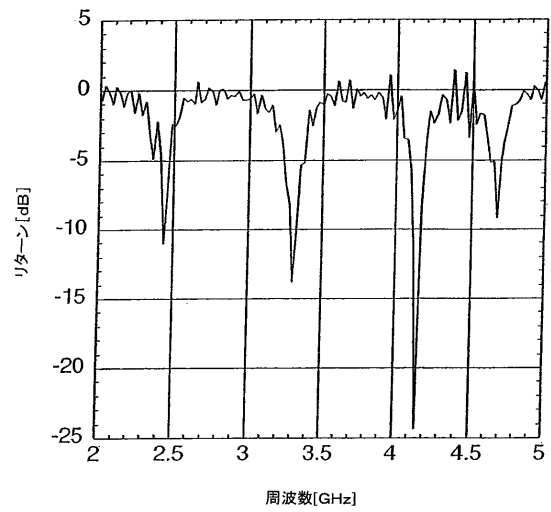
【図 11】



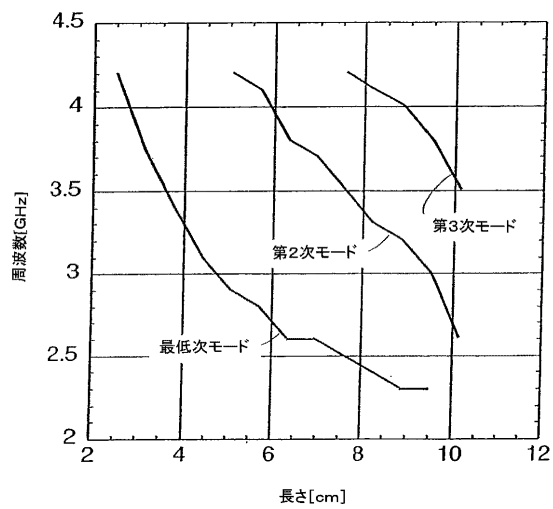
【図 13】



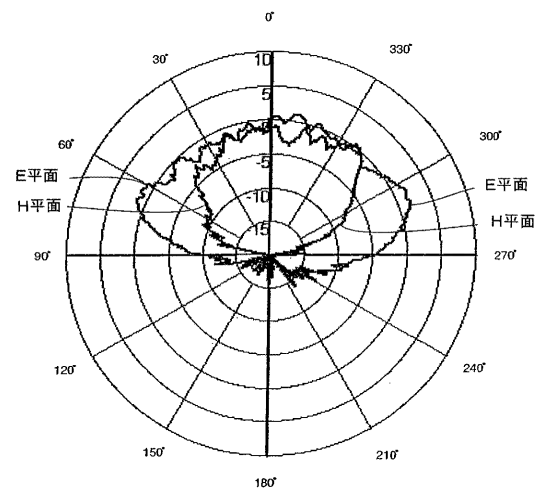
【図 14】



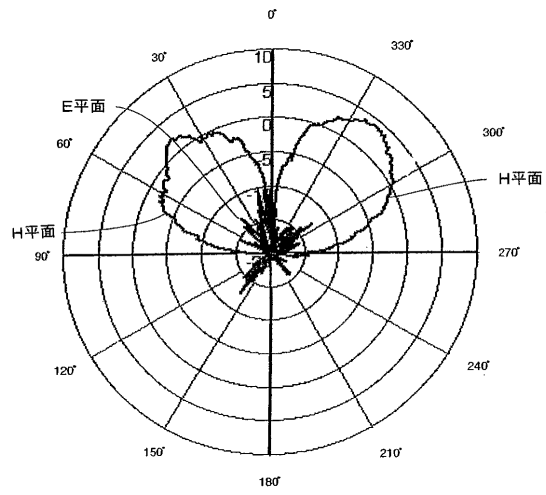
【図 15】



【図 16】



【図 17】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100107331

弁理士 中村 聡延

(72)発明者 シーヴェンパイパー, ダニエル, エフ.

アメリカ合衆国, 90064 カリフォルニア州, ロス アンジェルス, #215, エクスポジシ  
ョン ブールヴァード 11300

審査官 岸田 伸太郎

(56)参考文献 特開平05-063409 (JP, A)

特開昭63-046807 (JP, A)

米国特許第05268696 (US, A)

米国特許第05036335 (US, A)

欧州特許出願公開第01158605 (EP, A1)

特開平05-110332 (JP, A)

J.H.Schaffner, et.al, "Reconfigurable Aperture Antennas Using RF MEMS Switches for Multi-Octave Tunability and Beam Steering", 2000 IEEE Antenna and Propagation Int. Symp., 2000年11月30日, Vol.1, pp.321-324

J.H.Schaffner, et.al., "A Wideband Beam Switching Antenna Using RF MEMS Switches", 2001 IEEE Antennas & Propagation Society International Symp., 2001年11月 2日, Vol. 3, p.658-661

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 13/10

H01Q 5/01

H01Q 21/24

H01Q 13/10

H01Q 5/01

H01Q 21/24

IEEE

JSTPlus(JDream2)