

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-135284

(P2004-135284A)

(43) 公開日 平成16年4月30日(2004.4.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H01Q 19/06

H01Q 13/08

F 1

H01Q 19/06

H01Q 13/08

テーマコード(参考)

5J020

5J045

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L 外国語出願 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2003-282376 (P2003-282376)  
 (22) 出願日 平成15年7月30日 (2003. 7. 30)  
 (31) 優先権主張番号 0209740  
 (32) 優先日 平成14年7月31日 (2002. 7. 31)  
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(71) 出願人 391030332  
 アルカテル  
 フランス国、75008 パリ、リュ・ラ  
 ボエティ 54  
 (74) 代理人 100062007  
 弁理士 川口 義雄  
 (74) 代理人 100113332  
 弁理士 一入 章夫  
 (74) 代理人 100114188  
 弁理士 小野 誠  
 (74) 代理人 100103920  
 弁理士 大崎 勝真  
 (74) 代理人 100124855  
 弁理士 坪倉 道明

最終頁に続く

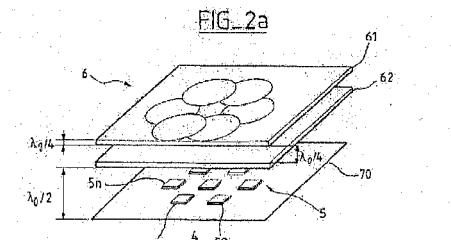
(54) 【発明の名称】特に反射器を備えたシステムのためのマルチソースアンテナ

## (57) 【要約】

【課題】従来技術の全体的サイズの問題を克服する小型の多帯域指向性アンテナを提供すること。

【解決手段】少なくとも 2 つの励起ソースを有しており、励起ソースによって回収 / 放射されるエネルギーを空間的に導き、かつそれぞれソース群によって受信 / 送信される波に対応する帯域間の周波数分離を供給するマルチソースアンテナである。ソース群は空間と周波数の選択配列の準位で放射用開口を交互配置するように接地板上に配置される。

【選択図】 図 2 a



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも 2 つの励起ソースと、前記励起ソースによって取得 / 放射されるエネルギーを空間的に導き、かつ前記ソースによって受信 / 送信される波にそれぞれ対応する帯域の間の周波数減結合を行うための空間および周波数の選択手段とを含み、前記励起ソースが放射用開口を空間および周波数の選択手段の高さのところに交互配置するために接地板上に配置されるマルチソースアンテナ。

## 【請求項 2】

前記選択手段が禁制光帯域アレイ (forbidden photonic band array) である請求項 1 に記載のアンテナ。

10

## 【請求項 3】

前記禁制光帯域アレイが一次元周期を有する誘電体プレートの配列 (1D 配列) を含む請求項 2 に記載のアンテナ。

## 【請求項 4】

前記禁制光帯域アレイが二次元周期を有する誘電体ロッドの配列 (2D 配列) を含む請求項 2 に記載のアンテナ。

## 【請求項 5】

前記禁制光帯域アレイが三次元周期を有する誘電体ロッドの配列 (3D 配列、木ぐいタイプ) を含む請求項 2 に記載のアンテナ。

## 【請求項 6】

前記禁制光帯域アレイが金属パターンの周期的配列を含む請求項 2 に記載のアンテナ。

20

## 【請求項 7】

前記禁制光帯域アレイが前記接地板にスロットの周期的配列を含む請求項 2 に記載のアンテナ。

## 【請求項 8】

前記禁制光帯域アレイが金属ワイヤの配列を含む請求項 2 に記載のアンテナ。

## 【請求項 9】

前記励起ソースが受動的焦点アレイを形成し、前記受動的焦点アレイの各ソースに関連する放射用開口の交互配置が禁制光帯域アレイの高さのところで拡張された明らかな表面積にわたって放射されるエネルギーのチャネルを発生する請求項 1 に記載のアンテナ。

30

## 【請求項 10】

前記励起ソースが様々な周波数帯域で、かつ同じ放射用開口で動作する請求項 1 に記載のアンテナ。

## 【請求項 11】

前記励起ソースが様々な周波数帯域で、かつ同じ放射用開口で動作し、かつ前記禁制光帯域アレイが、その固有周波数で共振してその他の共振周波数で透過する共振パターンを備えた少なくとも 2 枚の金属プレートを含む請求項 2 に記載のアンテナ。

## 【請求項 12】

前記禁制光帯域アレイが金属ワイヤの周期的配列を有し、第 1 の動作帯域とは別の第 2 の動作帯域を形成するためにそれらのワイヤのいくつかが局所的かつ周期的に除去される請求項 2 に記載のアンテナ。

40

## 【請求項 13】

1 枚の金属プレートが最も高い動作周波数で反射表面を形成し、かつ最も低い動作周波数で透過性であり、前記接地板から  $f_h / 2$  の距離に在り、第 2 の金属プレートが前記最も低い周波数で反射表面を形成し、かつ前記最も高い周波数で透過性であり、前記接地板から  $f_h / 2$  の距離に在る請求項 11 に記載のアンテナ。

## 【請求項 14】

前記禁制光帯域アレイが誘電体プレートの周期的配列を有し、それらのうちの 1 枚の厚さが他に対して変更され、周期性のこの中断が第 1 のものとは別の第 2 の動作帯域を作り出す請求項 2 に記載のアンテナ。

50

**【請求項 1 5】**

少なくとも 1 つのソースが受信周波数帯域で動作し、別のソースが送信周波数帯域で動作する請求項 1 に記載のアンテナ。

**【請求項 1 6】**

反射器を備えたシステム内で動作するように構成された請求項 1 に記載のアンテナ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

本出願は 2002 年 7 月 31 日に提出した仏国特許出願第 0209740 号に基づくものであり、その開示はここにその全文を参考資料として取り入れており、その優先権はここで米国特許法 (35 USC) の 119 章の下に主張される。 10

**【0 0 0 2】**

本発明は通信に関する。より詳細には、本発明はマルチソース型通信アンテナに関する。マルチソースアンテナは反射器を備えたシステムで使用できる。

**【背景技術】****【0 0 0 3】**

フォーカシングシステムは、それらの性能が複数の地上領域をカバーすることを可能にするので、日常的に宇宙で使用される。しかしながら、スポットとしても知られる隣接したカバレージの規則的格子を発生し、マルチ受動的ソースに関連した反射アンテナで各々が 1 つのスポットアクセスを規定することは不可能である。受動的焦点アレイのこの種のソースは 2 つの相反する制約条件を満たさなければならない。すなわち、 20

- ソースの最大サイズは焦点アレイのメッシュによって制限され、かつ直接的にスポット間の間隔によって決まり、かつ、

- その最大サイズは不充分であって、反射器が具合良く照射を受けず、照射収率は極めて高い漏出損失によって影響を受け、必要なアンテナ利得の点で必要な仕様を満たすことはない。

**【0 0 0 4】**

当然のことながら、スポットの規則的カバレージはそれでも重大であって、多数の受動的ソースに結合された 4 反射器アンテナのシステム（これは Ka 帯域のカバレージに適した標準的な解決策である）、あるいはそのビームフォーミングネットワーク (BFN) が複雑である単一の焦点アレイ給電反射器 (F A F R) 型のアクティブアンテナで達成される。 30

**【0 0 0 5】**

反射器 2 とマルチソースアレイ 3 でシステム 1 を正しく照射するためには、図 1 に示したように、プライマリソース群を交互配置する必要がある。プライマリソースは複数のさらに小型のソース群 (F A F R および付随する B F N) を組み合わせることによって作り出される。ソース群と B F N の間には増幅器が配置されなければならない。この解決策は明らかに複雑でコスト高となる。

**【0 0 0 6】**

【特許文献 1】米国特許第 6,549,172 号明細書 40

【特許文献 2】米国特許第 6,061,027 号明細書

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 7】**

多数スポットのカバレージのためにマルチソースアンテナを供給する目的に加えて、本発明は 2 帯域のソースを備えた反射器アンテナと 2 つの平面アンテナを備えたシステムで代表される従来技術の全体的サイズの問題を克服する小型の多帯域指向性アンテナを提案することを目的とする。

**【0 0 0 8】**

したがって、本発明の目的は上述した問題を解決することである。 50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

したがって本発明は、少なくとも2つの励起ソースと、励起ソースによって取得／放射されるエネルギーを空間的に導き、かつソースによって受信／送信される波にそれぞれ対応する帯域の間の周波数減結合を供給する空間および周波数の選択手段とを含み、励起ソースが空間および周波数の選択手段の高さのところに放射用開口を交互配置するように接地板上に配置されるマルチソースアンテナにある。

## 【0010】

したがって、本発明により、励起ソースの各々から放射されるエネルギーは、ソース間の結合を回避しながらも、さらに大きい明らかな表面積にわたって導かれる。さらに、交互配置が2つのスポットの交差に起因する損失を低下させるので、上記の選択手段の高さでの等価なソースは漏出損失を生じさせないように充分に指向性を有する。

## 【0011】

一実施形態では、空間および周波数の選択手段は禁制光帯域アレイである。

## 【0012】

一実施形態では、禁制光帯域アレイは一次元周期の誘電性プレート配列（1D配列）を含む。

## 【0013】

一実施形態では、禁制光帯域アレイは二次元周期の誘電性ロッド配列（2D配列）を含む。

## 【0014】

一実施形態では、禁制光帯域アレイは三次元周期の誘電性ロッド配列（3D配列、木ぐいタイプ）を含む。

## 【0015】

一実施形態では、禁制光帯域アレイは金属のパターンの周期的配列を含む。

## 【0016】

一実施形態では、禁制光帯域アレイは前記接地板内にスロットの周期的配列を含む。

## 【0017】

一実施形態では、禁制光帯域アレイは金属のワイヤの配列を含む。

## 【0018】

一実施形態では、複数の励起ソース（励起ソース群）は受動的焦点アレイを形成し、受動的焦点アレイの各ソースに関連する放射用開口の交互配置は禁制光帯域アレイの高さに拡張された明らかな表面積にわたって放射されるエネルギーのチャネルを生じる。

## 【0019】

一実施形態では、励起ソース群は異なる周波数帯域で動作し、同じ放射用開口を備える。

## 【0020】

一実施形態では、励起ソース群は異なる周波数帯域で動作し、同じ放射用開口を備え、かつ前記禁制光帯域アレイは少なくとも2つの金属プレートを有し、それらがそれらの固有周波数で共振してその他の共振周波数を透過する共振パターンを具備する。

## 【0021】

一実施形態では、禁制光帯域アレイは金属ワイヤの周期的配列を有し、第1の動作帯域とは別の第2の動作帯域を形成するためにそれらのワイヤのいくつかが局所的および周期的に除去される。

## 【0022】

一実施形態では、1枚の金属プレートが最も高い動作周波数の反射表面を形成し、かつ最も低い動作周波数で透過性であり、接地板から  $f_h / 2$  離れた位置にあり、第2の金属プレートが最も低い周波数の反射表面を形成し、かつ最も高い周波数で透過性であり、接地板から  $f_h / 2$  離れた位置にある。

## 【0023】

10

20

30

40

50

一実施形態では、禁制光帯域アレイは誘電体プレートの周期的配列を有し、それらのうちの1枚の厚さが他に関して変更され、周期性のこの中断が第1の動作帯域とは別の第2の動作帯域を生じさせる。

【0024】

一実施形態では、少なくとも1つのソースは受信周波数帯域で動作し、かつ他のソースは送信周波数帯域で動作する。

【0025】

一実施形態では、ソースは反射器を備えたシステム内で動作する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

本発明を更に説明するために、添付の図面を参照しながら、本発明の範囲を限定しない例により、以下に本発明の実施形態を述べる。

【0027】

本特許の応用では、類似した機能を備えた品目は同じ参照番号で識別される。

【0028】

フォトニック結晶の特性を使用する禁制光帯域(FPB)アンテナは近年、科学界にとって大きな関心事となった。

【0029】

本発明の目的は、衛星通信システムのための画期的なアンテナ(アンテナ搭載衛星タイプの宇宙船または地面にある地上アンテナ)の構想にこれらのアンテナの潜在能力を応用することである。

【0030】

FPBアレイの基礎的特性はその空間および周波数の選択性である。その結果、FPBアレイアンテナについて様々な用途を考えることが可能であり、

- 第1の用途は、放射表面を拡張しながら、単一の励起部材(例えばパッチ)から放射されるエネルギーを前もって選択した方向に導くためにFPBアレイの収容能力を利用するものであり、これは励起部材よりもはるかに指向性の高いアンテナを作り出す。

【0031】

- 第2の用途は、表面波の抑制、アレイロープの減衰、放射素子間の向上した減結合などを備えた空間および周波数フィルタの作製である。

【0032】

FPBアレイは金属もしくは誘電体のパターンの周期的な配列によって作製されることが可能である。もちろん、FPBアレイを作製するためには無数の方法がある。簡潔に述べるため、本出願は誘電体もしくは金属のパターンを備えたアレイについてのみ詳細に説明する。

【0033】

こうして、FPBアレイは誘電率 $\epsilon_1$ と厚さ $/4\sqrt{\epsilon_1}$ を有する誘電体プレートの規則的配列で構成されることが可能であり、それらはさらに低い誘電率 $\epsilon_2$ と厚さ $/4\sqrt{\epsilon_2}$ を有する媒体によって間隔を置かれる。それは $/4$ の間隔を置かれた極めて高い誘電率の誘電体ロッドの配列で作製されることもやはり可能である。誘電体プレートのこの種のアレイは、例えば、米国特許第6,549,172号明細書に開示されている。

【0034】

もしもFPBアレイがソースの指向性を向上させるために、特に複数のソースの放射用開口を交互配置するために使用される場合、以下の追加的条件を適用する必要がある。すなわち、

- 上述したように、第1の誘電体層(または下記に説明する金属パターンを備えた実施形態では金属層)は接地板から電気的波長の半分の距離離れており、かつ、

- その構造はプローブ、接地板近くのパッチ、または接地板内の放射用開口によって励起される。

10

20

30

40

50

## 【0035】

以下の説明では、F P B アレイの最初の例は誘電体層を備えたアレイである。

## 【0036】

図2はマルチソースアンテナ4を示す。このアンテナは、焦点アレイ5と、アレイ5を形成するエッティングされた励起プローブ51、52、...、5nが上部にある接地板70の上に配置された誘電体プレート61、62の配列から構成されるF P B アレイとを含む。

## 【0037】

誘電体プレートのこの周期的配列は共振キャビティを規定する。励起プローブによって発射された波はその後、広い放射用表面積にわたって配分される。この表面積の大きさは誘電体層（または金属グリッドの場合には金属層）の反射率によって決まる。

## 【0038】

図2aのF P B ネットワークが誘電体プレートの一次元アレイの具体的描写であることに気付くであろう。

## 【0039】

図2b、2cおよび2dはそれぞれ、一次元、二次元および三次元の周期を備えた誘電体電磁結晶を示す。

## 【0040】

部分的反射材料のいくつかの種類は本出願に記述されており、

- 誘電性多層材料（その配列のいくつかのタイプは図2aから2dに示される）、
- 図7aと7bに示される金属ワイヤ材料、
- 共振金属パターンのアレイで構成される材料である。

## 【0041】

それらが完全に周期的であるとき、これらの材料は電磁結晶（electromagnetic crystal）として知られている。入射電磁波に対するそれらの応答は伝導帯での全透過から禁制帯での全反射まで変化する。

## 【0042】

図2aでは、アレイ6は受動的焦点アレイの各ソースに関連する放射用開口の交互配置を可能にする。励起ソースよりも大きい明らかな表面積にわたって放射されるエネルギーを導きながらも、それらの間の過度に高い結合を阻止することが論点である。その結果、受動的焦点アレイのソースはそれらが下側のアレイ5で占める表面よりもさらに指向性を有し、漏出損失は低減される。

## 【0043】

結合は周波数選択性ソースの使用によって最小化され、それが周波数選択性フィルタに連結されたマイクロストリップパッチ、誘電体共振器、または非共振性のスロットであることは可能である。

## 【0044】

図3は本発明によるマルチソースアンテナ7の第2の実施形態を示す。この実施形態では、2つのパッチ81、82が2つのモードで2つの励起プローブ91、92によって励起される。2つのモードは、例えば、基本モードと調波であってもよい。

## 【0045】

したがってアンテナ7は、複数の指向性ソースを作り出すことが可能であり、同じ放射用開口で複数の周波数帯域で動作する。これは、宇宙空間においてとても大きな節減を実現する。

## 【0046】

誘電体層61、62（または金属パターンの場合には金属層）の配列は、F P B 材料内で複数の別個の共振を発生するように決定されることができる。誘電体層61、62（または金属パターンの場合には金属層）の特定の配列は用途に特異的な比率に適合したF P B 材料の動作帯域を生じ、もはや規則的に間隔を置かれないこともあり得る。

## 【0047】

10

20

30

40

50

多帯域 F P B アレイは共振パターンを備えた金属の F P B アレイを使用して作製されることができる。そのとき、2つのF P B アレイを各々の動作周波数で最適化することが論点である。これらの層はその固有周波数で共振し、その他の共振周波数では透過性である。この原理は周波数選択性の表面のそれと同様である。そのとき、反射層は同じ周波数で動作する層間の距離（ $\lambda / 4$ ）、および接地板と各々の動作周波数に関連する下側金属層の間の距離（ $\lambda / 2$ ）についての規則に準拠するように交互配置されることが可能である。

#### 【0048】

図4は金属パターンの形式をとるこの種のF P B アレイを示す。例えば、それは $\lambda / 4$ の空間的に同じ方向に走る金属ワイヤ、あるいは金属ワイヤの直交アレイから成るグリッドで構成されることが可能である。このタイプのF P B アレイは米国特許第6,061,027号明細書に述べられており、例えばその図1は反射表面が金属パターンから作り上げられるF P B アレイの実施形態を示す。この特定の例では、これらは円形のパッチまたは環である。十字型、三極などもやはり考えることができる。

#### 【0049】

この後者の実施形態では、反射構造は界面だけから構成される。それでもやはり、図4にるようにいくつかの界面40が存在することも可能である。この場合には金属の界面は $\lambda / 4$ の間隔を置かねばならない。本質的なことは、接地板から $\lambda / 2$ の距離に反射構造を有することである。

#### 【0050】

ここではパッチ41によって表わされる励起がまた、接地板内のスロット、誘電体共振器などによって達成可能されることにも気付くであろう。

#### 【0051】

図5はスロット42による励起を示す。この種のスロットを設けることの利点は、ガイド43を介した励起を可能にすること、およびガイド技術フィルタを使用してアンテナの正しい動作のために必要なフィルタ処理を可能にすることである。絞り44がガイド内に設置されてその適合化を可能にする。そのような絞りは、例えばすでに参照した特許に述べられている。

#### 【0052】

図6はスロット42'を介して励起される誘電体層のアレイ6を備えたアンテナ7を示す。このスロットで本質的なことは、隣接するスロット間の結合を制限するために、それが共振的でないことである。

#### 【0053】

図7は本発明によるアンテナの一実施形態を示す。使用されるF P B アレイ6は金属タイプであり、その層61、62は共振的ではない。それらは金属のワイヤもしくはトラックで構成される。アレイを励起するための手段は図示されていない。

#### 【0054】

2つの偏波、または円偏波で動作するためには、構造60は90°回転して不变であることが必要である。これが図に示したグリッド構造を作り出す。

#### 【0055】

ここで多帯域構造について考える。図8は本発明によるマルチソースアンテナの一実施形態を示す。簡単のため、アレイ6は各周波数で単一の共振界面の形をとる。アンテナ7はそれぞれの固有周波数で動作する2つの励起器81、82を有する。図中では、励起器は隣り合わせに配置された別々のパッチであるが、それらはスロットであってもよい。励起器は1つまたは2つのポートを備えた2帯域励起器、例えば一実施形態を部分的に表わす図9に示したような中央にスロットを備えたパッチであることも同様に可能である。

#### 【0056】

最も高い動作周波数 $f_h$ で反射し、かつ最も低い動作周波数 $f_b$ で透過性の表面は接地板から $f_h / 2$ の距離に配置される。周波数 $f_b$ で反射し、かつ周波数 $f_h$ で透過性の第2の表面は接地板から $f_b / 2$ の距離に配置される。図9では、最も高い周波数を反

10

20

30

40

50

射する界面はさらに小さい金属パターン 4 5 で作製される。

【0057】

その他の動作帯域で全透過性ではない界面によって生じる干渉が起こる可能性があることは重視されるべきである。この場合には、米国特許第 6,061,027 号で提案された解決策、すなわち、

- パターンを、その側方位置の関数としてわずかに変更すること、
- 米国特許第 6,061,027 号明細書の図 6 に示されたように、円偏波の動作の場合に波を再度偏波する目的でパターンの切り取りをすること、  
を都合良く使用することが可能である。

【0058】

パターン間の距離を使用して界面の反射率を調節することが可能である。さらに低い反射率、およびこれがさらに多数の界面によって補償されることが必要となる。このケースでは、図 10 に示したように、各周波数で動作する様々な構造を交互配置することによって多帯域放射素子が作り出される。

【0059】

ここで、第 1 のものとは別の第 2 の通過帯域を得る方法を考える。もしも結晶の周期性が阻害されるならば、禁制帯内に選択的通過帯域を作り出すことが可能である。この原理は半導体のそれと同様である。

【0060】

グリッドの金属の一部を規則的に除去することによって、金属ワイヤ構造の中で干渉または欠陥を生じさせることが可能である。 20

【0061】

多層構造については、誘電体層（または 2D もしくは 3D 構造のケースではロッド）の厚さを局所的に変更することによってそれが達成されることが可能である。

【0062】

ここで共振パターンを備えた材料について考える。

【0063】

パターンは周波数で大幅に変化する特性をもやはり有するので、これらの材料は特別な場合を代表する。こうして、これらの材料の周波数応答を決定づけるのは周期的アレイ内のそれらの配置だけではない。 30

【0064】

ここまで、どのようにして第 2 の通過帯域を追加するかを説明するために、金属の共振器を備えた構造が述べられてきた。

【0065】

これ以降は、これらの構造の負の側面がどのようにして同じ機能について同等に有効になるかを説明する。それらは、図 13 に示したように、接地板内の規則的な貫通孔から構成される。

【0066】

図 14 に示したような、金属の共振器 47 とスロット 46 を備えた多重共振器構造を含む 2 つの別々の帯域で動作する放射素子といった、貫通孔パターンで構成され、ある周波数で反射性を有する表面と、金属パターンで構成される反射表面との混合配列の可能性にもやはり留意すべきである。 40

【0067】

したがって、説明したような本発明により、同時に複数のアンテナを必要としない小型のマルチソースアンテナが得られる。この小型化は平面アンテナの固有の技術を使用する結果である。

【0068】

もちろん、本発明は本出願に記述した実施形態に限定されることはない。

【0069】

ソース群のうちの 1 つが受信周波数帯域 R × で動作し、別のソースが送信周波数帯域 T 50

×で動作することがあり得ることに気付かれるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】従来技術のマルチソースアレイによって照射される反射器を示す図である。

【図2a】一次元の周期で誘電体プレートの配列を備えたFPBアレイを含む、本発明によるマルチソースアンテナの第1の実施形態を示す図である。

【図2b】一次元の周期の誘電体電磁結晶を示す図である。

【図2c】二次元の周期の誘電体電磁結晶を示す図である。

【図2d】三次元の周期の誘電体電磁結晶を示す図である。

【図3】本発明によるマルチソースアンテナの第2の実施形態を示す図である。 10

【図4】本発明によるマルチソースアンテナの別の実施形態を示す図である。

【図5】本発明による励起ソースの一実施形態を示す図である。

【図6】本発明によるマルチソースアンテナの更なる実施形態を示す図である。

【図7a】本発明によるアンテナの別の実施形態を示す図である。

【図7b】図7aのアンテナに使用される金属ワイヤの配列を更に詳細に示す図である。

【図8】本発明によるマルチソースアンテナの別の実施形態を示す図である。

【図9】図8の変形例の一部分を示す図である。

【図10】本発明によるマルチソースアンテナの別の実施形態を示す図である。

【図11】禁制帯に選択的通過帯域を挿入して得られるスペクトルを示す図である。

【図12】金属結晶内への欠陥の挿入を示す図である。 20

【図13】金属の共振器とスロットを備えた多重共振器構造を示す図である。

【図14】金属の共振器とスロットを備えた別の多重共振器構造を示す図である。

【符号の説明】

【0071】

1 システム

2 反射器

3 マルチソースアレイ

4、7 マルチソースアンテナ

5、6 アレイ

40 界面

41、81、82 パッチ（励起器）

42、42'、46 スロット

43 ガイド

44 紋り

45 金属のパターン

47 共振器

51、52、5n、91、92 励起プローブ

61、62 誘電体プレート

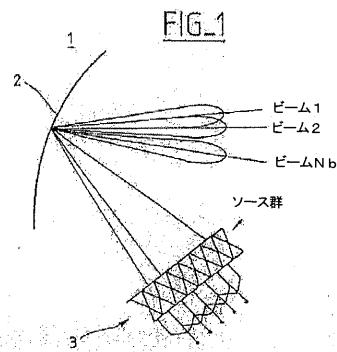
70 接地板

10

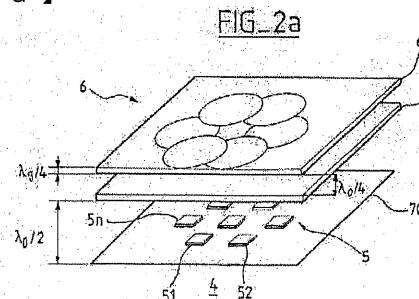
20

30

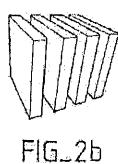
【図 1】



【図 2 a】

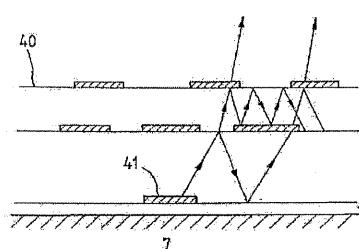


【図 2 b】



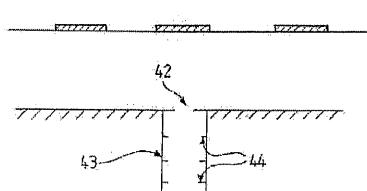
【図 4】

FIG. 4

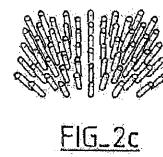


【図 5】

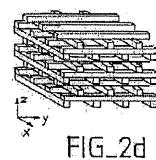
FIG. 5



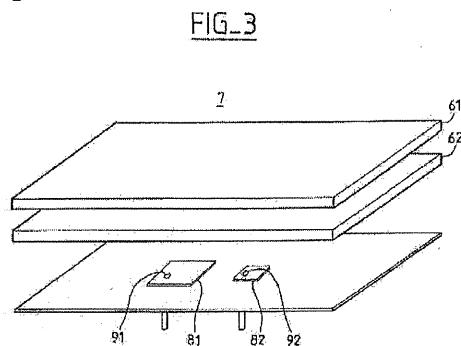
【図 2 c】



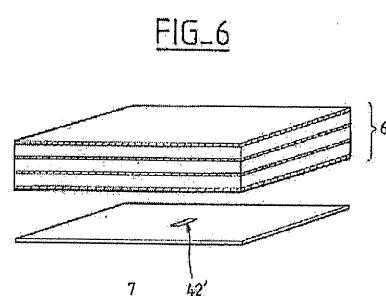
【図 2 d】



【図 3】

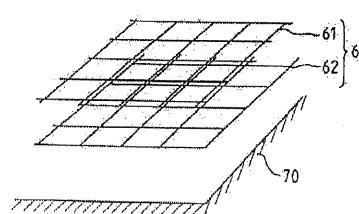


【図 6】

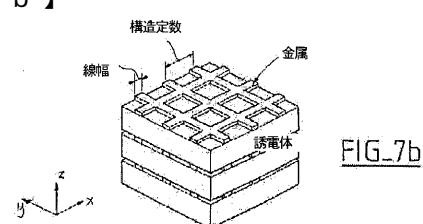


【図 7 a】

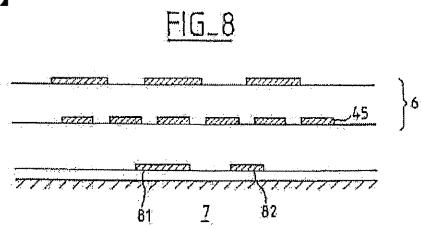
FIG. 7a



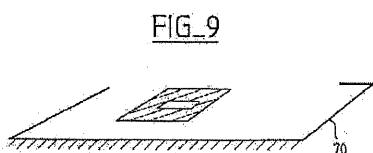
【図 7 b】



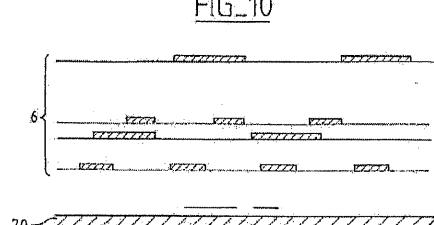
【図 8】



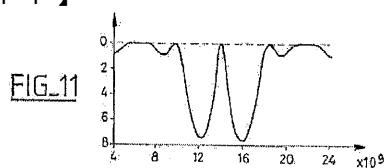
【図 9】



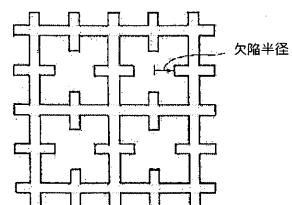
【図 10】



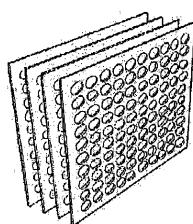
【図 11】



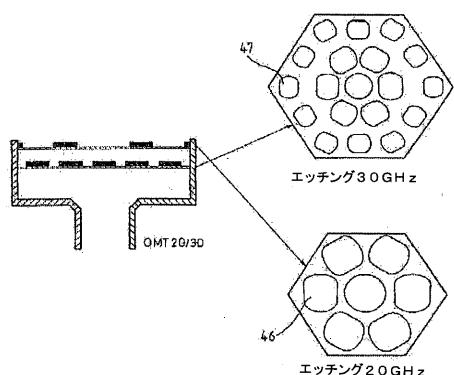
【図 12】

FIG\_12

【図 13】

FIG\_13

【図 14】

FIG\_14

---

フロントページの続き

(72)発明者 エルベ・ルゲ

フランス国、31830・プレザンス・ドユ・トウシユ、アブニユ・ドウ・ラ・カス・28

F ターム(参考) 5J020 AA02 AA03 BB01 BB12 BC04 BC12 BC13 CA04 DA03 DA08

DA09

5J045 AA03 AA21 AA27 AA28 AB05 DA06 DA10 EA07 EA08 NA02

【外国語明細書】

## Specification

### Title of Invention

A MULTISOURCE ANTENNA, IN PARTICULAR FOR SYSTEMS WITH A REFLECTOR

### CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application is based on French Patent Application No. 02 09 740 filed July 31, 2002, the disclosure of which is hereby incorporated by reference thereto in its entirety, and the priority of which is hereby claimed under 35 U.S.C. §119.

### BACKGROUND OF THE INVENTION

#### Field of the invention

The present invention relates to telecommunications. It relates more particularly to a multisource telecommunication antenna. The multisource antenna can be used in a system with a reflector.

#### Description of the prior art

Focusing systems are routinely used in space because their performance enables them to cover a plurality of terrestrial areas. However, it is not possible to produce a regular grid of contiguous coverages, which are also known as spots, with a reflector antenna associated with an array of multiple passive sources, each defining one spot access. The sources of this kind of passive focal array must meet two antagonistic constraints:

- the maximum size of the sources is limited by the mesh of the focal array, and depends directly on the spacing between the spots, and

- that maximum size is insufficient; the reflector being badly illuminated, the illumination yield is affected by very high spillover losses and does not meet the required specifications in terms of the required antenna gain.

It follows that a regular coverage of spots is still critical and is achieved either with a system of four reflector antennas coupled to multiple passive sources (which is the standard solution adapted for coverage in the Ka band) or with a single focal array fed reflector (FAFR) active antenna whose beam forming network (BFN) is complex.

To illuminate correctly a system 1 with a reflector 2 and a multisource array 3, it is necessary to interleave the primary sources, as shown in figure 1. A primary source is produced by combining a plurality of smaller sources (FAFR and associated BFN). Amplifiers must be placed between the sources and the BFN. This solution is obviously complex and costly.

Moreover, in addition to the objective of providing a multisource antenna for multispot coverage, the present invention aims to propose a compact multiband directional antenna that overcomes the overall size problems of the prior art represented by a reflector antenna with dual-band source and a system with two plane antennas.

An object of the present invention is therefore to solve the problems stated above.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

The invention therefore consists in a multisource antenna including at least two excitation sources and spatial and frequency selective means for spatially channeling energy picked up/radiated by the excitation sources and providing for frequency decoupling between the bands respectively corresponding to the waves received/transmitted by the sources, which are arranged on a ground plane to interleave radiating apertures at the level of the spatial and frequency selective means.

Accordingly, thanks to the invention, the energy radiated by each of the excitation sources is channeled over a larger apparent surface area, whilst avoiding coupling between sources. Furthermore, the equivalent source at the level of the selectivity means is sufficiently directional not to generate spillover losses, since interleaving reduces losses by virtue of the intersection of two spots.

In one embodiment, the spatial and frequency selective means comprise a forbidden photonic band array.

In one embodiment, the forbidden photonic band array comprises an arrangement of dielectric plates with a one-dimensional period (1D arrangement).

In one embodiment, the forbidden photonic band array comprises an arrangement of dielectric rods with a two-dimensional period (2D arrangement).

In one embodiment, the forbidden photonic band array comprises an arrangement of dielectric rods with a three-dimensional period (3D arrangement, woodpile type).

In one embodiment, the forbidden photonic band array comprises a periodic arrangement of metal patterns.

In one embodiment, the forbidden photonic band array comprises

a periodic arrangement of slots in said ground plane.

In one embodiment, the forbidden photonic band array comprises an arrangement of metal wires.

In one embodiment, the excitation sources form a passive focal array, the interleaving of the radiating apertures associated with each source of the passive focal array generating an energy channel radiated over an enlarged apparent surface area at the level of the forbidden photonic band array.

In one embodiment, the excitation sources operate in different frequency bands and with the same radiating aperture.

In one embodiment, the excitation sources operate in different frequency bands and with the same radiating aperture and said forbidden photonic band array comprises at least two metal plates with resonating patterns resonating at their natural frequency and transparent at the other resonant frequency.

In one embodiment, the forbidden photonic band array comprises a periodic arrangement of metal wires, some of which wires are locally and periodically removed to form a second operating band independent of the first.

In one embodiment, one metal plate forms a reflective surface at a highest operating frequency and is transparent at a lowest operating frequency, being at a distance of  $\lambda_{fh}/2$  from the ground plane, and a second metal plate forms a surface reflective at the lowest frequency and transparent at the highest frequency, being at a distance of  $\lambda_{fh}/2$  from the ground plane.

In one embodiment, the forbidden photonic band array comprises a periodic arrangement of dielectric plates, the thickness of one of which is modified relative to the others, this disruption of the period producing a second operating band independent of the first.

In one embodiment, at least one source operates in a receive frequency band and another source operates in a transmit frequency band.

In one embodiment, the source is adapted to operate in a system with a reflector.

To explain the invention further, embodiments of the invention are described next with reference to the accompanying drawings and by way

of examples that do not limit the scope of the invention.

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

In the present patent application, items with similar functions are identified by the same reference numbers.

Forbidden photonic band (FPB) antennas using the properties of photonic crystals have recently been of great interest to the scientific

community.

The aim of the present invention is to apply the potential of these antennas to innovative antenna concepts for satellite telecommunication systems (antennas onboard satellite type spacecraft or terrestrial antennas on the ground).

The fundamental property of an FPB array is its spatial and frequency selectivity. Thus different applications can be envisaged for FPB array antennas:

- a first application exploits the capacity of the FPB array to channel in a previously chosen direction the energy radiated from a single exciter member (for example a patch), whilst enlarging the radiating surface; this yields an antenna that is much more directional than the exciter member;

- a second application is to the production of a frequency and spatial filter with suppression of surface waves, attenuation of array lobes, increased decoupling between radiating elements, etc.

An FPB array can be produced by a periodic arrangement of metal or dielectric patterns. Of course, there are innumerable ways to produce an FPB array. For conciseness, the present application describes in detail only arrays with dielectric or metal patterns.

Thus an FPB array can consist of a regular arrangement of dielectric plates having a permittivity  $\epsilon_r$  and a thickness  $\lambda/4 \sqrt{\epsilon_r}$  spaced by a medium having a lower permittivity  $\epsilon_{r2}$  and a thickness  $\lambda/4 \sqrt{\epsilon_{r2}}$ . It can equally be produced by an arrangement of very high permittivity dielectric rods spaced by  $\lambda/4$ . This kind of array of dielectric plates is disclosed in US patent 6,549,172, for example.

If an FPB array is used to increase the directionality of a source, and in particular to interleave the radiating apertures of a plurality of sources, it is necessary for the following additional conditions to apply:

- as explained above, the first dielectric layer (or metal layer in the context of an embodiment with metal patterns described below) is distant from the ground plane by half an electric wavelength, and

- the structure is excited by a probe, a patch near the ground plane, or a radiating opening in the ground plane.

In the following description, the first example of an FPB array is an array with dielectric layers.

Figure 2 shows a multisource antenna 4. The antenna includes a focal array 5 and an FPB array consisting of an arrangement of dielectric plates 61, 62 placed on top of a ground plane 70 on which are etched excitation probes 51, 52, ..., 5n forming the array 5.

This periodic arrangement of dielectric plates defines a resonant cavity. The wave emitted by the excitation probe is then distributed over a large radiating surface area. The magnitude of this surface area depends on the reflectivity of the dielectric layers (or metal layers in the case of metal grids).

It will be noted that the figure 2a FPB network is an illustration of a one-dimensional array of dielectric plates.

Figures 2b, 2c and 2d respectively show dielectric electromagnetic crystals with a one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional period.

A number of families of partly reflecting materials are mentioned in the present application:

- dielectric multilayer materials, several types of arrangements of which are shown in figures 2a to 2d,

- metal wire materials, shown in figures 7a and 7b, and

- materials consisting of an array of resonant metallic patterns.

When they are perfectly periodic, these materials are known as electromagnetic crystals. Their response to an incident electromagnetic wave varies from total transmission in the conduction bands to total reflection in the forbidden bands.

In figure 2a, the array 6 allows interleaving of the radiating apertures associated with each source of the passive focal array. It is a question of channeling the radiated energy over an apparent surface area larger than the excitation sources, whilst preventing excessively high coupling between them. Thus the sources of the passive focal array become more directional than the surface that they occupy in the lower array 5 and spillover losses are reduced.

The coupling is minimized by using frequency selective sources, which can be microstrip patches, dielectric resonators, or non-resonant slots, connected to frequency selective filters.

Figure 3 shows a second embodiment of a multisource antenna 7

according to the invention. In this embodiment, two patches 81, 82 are excited by two excitation probes 91, 92 in two modes. The two modes can be a fundamental mode and a harmonic, for example.

The antenna 7 is therefore capable of producing a plurality of directional sources, operating in a plurality of frequency bands, in the same radiating aperture. This achieves a very significant saving in space.

The arrangement of the dielectric layers 61, 62 (or metal layers in the case of metal patterns) can be determined to generate a plurality of distinct resonances in the FPB material. Specific arrangements of the dielectric layers 61, 62 (or metal layers in the case of metal patterns) can yield operating bands of the FPB material matched to the ratio specific to the application, and no longer regularly spaced.

Multiband FPB arrays can be produced using metal FPB arrays with resonant patterns. It is then a question of optimizing two FPB arrays at each operating frequency. The layers resonate at their natural frequency and are transparent at the other resonant frequency. This principle is similar to that of frequency selective surfaces. The reflecting layers can then be interleaved to conform to rules for the distances between the layers operating at the same frequency ( $\lambda/4$ ) and the distance between the ground plane and the lower metal layer associated with each operating frequency ( $\lambda/2$ ).

Figure 4 shows an FPB array of this kind taking the form of metal patterns. For example, it can consist of metal wires running in the same direction, spaced by  $\lambda/4$ , or a grid consisting of two orthogonal arrays of metal wires. This type of FPB array is described in US patent 6,061,027, for example, figure 1 of which shows an embodiment of an FPB array whose reflective surface is made up of metal patterns. In this particular instance, these are circular patches or rings. Crosses, tripole, etc. can also be envisaged.

In this latter embodiment, the reflective structure consists only of an interface. There can nevertheless be several interfaces 40, as in figure 4. In this case, the metal interfaces must be  $\lambda/4$  apart. What is essential is to have the reflective structure at a distance of  $\lambda/2$  from the ground plane.

It will be noted that the excitation represented here by a patch 41 can also be achieved by a slot in the ground plane, by a dielectric resonator, etc.

Figure 5 shows excitation by a slot 42. The benefit of providing this kind of slot is to enable energization via a guide 43 and the filtering necessary for correct operation of the antenna using a guide technology filter. Irises 44 are installed in the guide to enable adaptation thereof. Such irises are described in the patent referred to above, for example.

Figure 6 shows an antenna 7 with an array 6 of dielectric layers energized via a slot 42'. What is essential for this slot, to limit coupling between adjacent slots, is that it not be resonant.

Figure 7 shows one embodiment of an antenna according to the invention. The FPB array 6 used is of the metal type and its layers 61, 62 are not resonant. They consist of metal wires or tracks. The means for exciting the array are not shown.

To operate with two polarizations, or with circular polarization, it is necessary for the structure 60 to be invariant on rotation through 90°. This yields the grid structure shown in the figure.

Now consider multiband structures. Figure 8 shows one embodiment of a multisource antenna according to the invention. For simplicity, the array 6 takes the form of a single resonant interface at each frequency. The antenna 7 includes two excitors 81, 82 operating at their respective natural frequencies. In the figure, the excitors are separate patches disposed side by side, but they can be slots. The exciter can equally be a dual band exciter, with one or two ports, for example a patch with a slot at its center, as shown in the figure 9 partial representation of one embodiment.

A surface reflecting at the highest operating frequency  $f_h$  and transparent at the lowest operating frequency  $f_b$  is disposed at a distance of  $\lambda_{th}/2$  from the ground plane. A second surface reflecting at the frequency  $f_b$  and transparent at the frequency  $f_h$  is disposed at a distance of  $\lambda_{lb}/2$  from the ground plane. In figure 9, the highest frequency reflective interface is made up of smaller metal patterns 45.

It must be emphasized that interference can occur that is caused by the not totally transparent nature of the interfaces in the other operating band. In this case, the solutions proposed in US patent 6,061,027 can advantageously be used:

- slight modification of the pattern as a function of its lateral position,
- truncation of the patterns with the objective of repolarizing the

wave, in the case of operation with circular polarization, as shown in figure 6 of US patent 6,061,027.

The distance between the patterns can be used to adjust the reflectivity of the interface. There may be a requirement for a lower reflectivity and for this to be compensated by a greater number of interfaces. In this case, multiband radiating elements are produced by interleaving different structures operating at each frequency, as shown in figure 10.

Consider now the method of obtaining a second pass-band that is independent of the first. If the periodicity of the crystal is disturbed, it is possible to create a selective pass-band within a forbidden band. The principle is similar to that of semiconductors.

The interference or the defect can be produced in metal wire structures by regularly removing a portion of the metal of the grid.

For multilayer structures, it can be achieved by locally modifying the thickness of a dielectric layer (or a rod in the case of 2D or 3D structures).

Consider now materials with resonating patterns.

These materials represent a special case, since the patterns also have characteristics that vary widely with frequency. Thus it is not only placing them in a periodic array that dictates the frequency response of these materials.

Until now structures with metal resonators have been described to explain how a second pass-band is added.

Hereinafter, it is explained how the negatives of these structures are equally valid for the same function. They consist of regular perforations in the ground plane, as shown in figure 13.

Note also the possibility of mixed arrangements: a surface reflective at one frequency consisting of perforated patterns, and a reflective surface consisting of metal patterns, such as the radiating element operating in two separate bands shown in figure 14, including a multiresonator structure with metal resonators 47 and slots 46.

Accordingly, thanks to the invention as explained, a compact multisource antenna is obtained that does not necessitate more than one antenna at a time. The compactness is the result of using the inherent technology of plane antennas.

Of course, the invention is not limited to the embodiments described in the present application.

It will be noted that one of the sources can operate in a receive frequency band Rx and another of the sources can operate in a transmit frequency band Tx.

### **Brief Description of Drawings**

Figure 1 shows a reflector illuminated by a prior art multisource array.

Figure 2a shows a first embodiment of a multisource antenna according to the invention comprising an FPB array with an arrangement of dielectric plates with a one-dimensional period and figures 2b, 2c and 2d respectively show dielectric electromagnetic crystals with a one-dimensional, two-dimensional or three-dimensional period.

Figure 3 shows a second embodiment of a multisource antenna according to the invention.

Figure 4 shows another embodiment of a multisource antenna according to the invention.

Figure 5 shows one embodiment of excitation sources according to the invention.

Figure 6 shows a further embodiment of a multisource antenna according to the invention.

Figure 7a shows another embodiment of an antenna according to the invention and figure 7b shows in more detail the arrangement of metal wires used therein.

Figure 8 shows another embodiment of a multisource antenna according to the invention.

Figure 9 shows part of a variant of figure 8.

Figure 10 shows another embodiment of a multisource antenna according to the invention.

Figure 11 shows the spectrum obtained upon inserting a selective pass-band into a forbidden band.

Figure 12 shows the insertion of a defect into a metal crystal.

Figure 13 shows a multiresonator structure with metallic resonators and slots.

Figure 14 shows another multiresonator structure with metallic resonators and slots.

**Claims**

1. A multisource antenna including at least two excitation sources and spatial and frequency selective means for spatially channeling energy picked up/radiated by said excitation sources and providing for frequency decoupling between the bands respectively corresponding to the waves received/transmitted by said sources, which are arranged on a ground plane to interleave radiating apertures at the level of said spatial and frequency selective means.
2. The antenna claimed in claim 1 wherein said spatial and frequency selective means comprise a forbidden photonic band array.
3. The antenna claimed in claim 2 wherein said forbidden photonic band array comprises an arrangement of dielectric plates with a one-dimensional period (1D arrangement).
4. The antenna claimed in claim 2 wherein said forbidden photonic band array comprises an arrangement of dielectric rods with a two-dimensional period (2D arrangement).
5. The antenna claimed in claim 2 wherein said forbidden photonic band array comprises an arrangement of dielectric rods with a three-dimensional period (3D arrangement, woodpile type).
6. The antenna claimed in claim 2 wherein the forbidden photonic band array comprises a periodic arrangement of metal patterns.
7. The antenna claimed in claim 2 wherein said forbidden photonic band array comprises a periodic arrangement of slots in said ground plane.
8. The antenna claimed in claim 2 wherein said forbidden photonic band array comprises an arrangement of metal wires.
9. The antenna claimed in claim 1 wherein said excitation sources form a passive focal array, the interleaving of the radiating apertures associated with each source of said passive focal array generating an energy channel radiated over an enlarged apparent surface area at the level of the forbidden photonic band array.
10. The antenna claimed in claim 1 wherein said excitation sources operate in different frequency bands and with the same radiating aperture.
11. The antenna claimed in claim 2 wherein said excitation sources operate in different frequency bands and with the same radiating aperture and said forbidden photonic band array comprises at least two metal plates

with resonating patterns resonating at their natural frequency and transparent at the other resonant frequency.

12. The antenna claimed in claim 2 wherein said forbidden photonic band array comprises a periodic arrangement of metal wires, some of which wires are locally and periodically removed to form a second operating band independent of the first.
13. The antenna claimed in claim 11, wherein one metal plate forms a reflective surface at a highest operating frequency and is transparent at a lowest operating frequency, being at a distance of  $\lambda_{fh}/2$  from said ground plane, and a second metal plate forms a surface reflective at said lowest frequency and transparent at said highest frequency, being at a distance of  $\lambda_{fh}/2$  from said ground plane.
14. The antenna claimed in claim 2, wherein said forbidden photonic band array comprises a periodic arrangement of dielectric plates, the thickness of one of which is modified relative to the others, this disruption of the period producing a second operating band independent of the first.
15. The antenna claimed in claim 1, wherein at least one source operates in a receive frequency band and another source operates in a transmit frequency band.
16. The antenna claimed in claim 1, adapted to operate in a system with a reflector.

## 1. Abstract

A multisource antenna includes at least two excitation sources and for spatially channeling energy picked up/radiated by the excitation sources and providing for frequency decoupling between the bands respectively corresponding to the waves received/transmitted by the sources. The sources are arranged on a ground plane to interleave radiating apertures at the level of the spatial and frequency selective arrangements.

## 2. Representative Drawing

Fig. 2a

Fig. 1

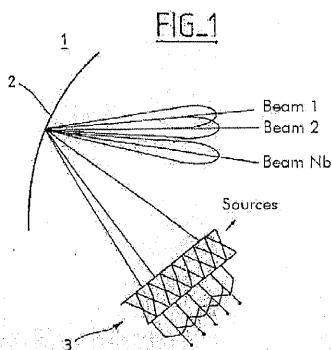


Fig. 2 a

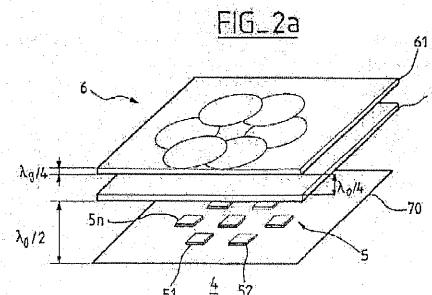
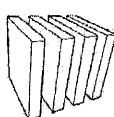


Fig. 2 b



FIG\_2b

Fig. 4

FIG\_4

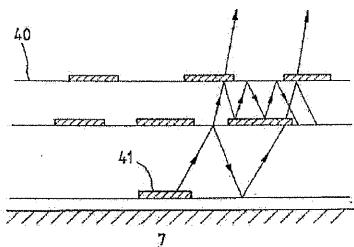


Fig. 5

FIG\_5

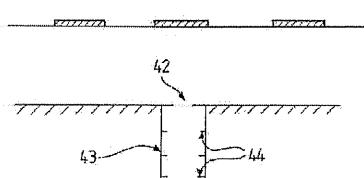


Fig. 2 c

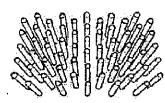
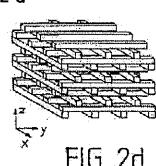


Fig. 2 d



FIG\_2d

Fig. 3

FIG\_3

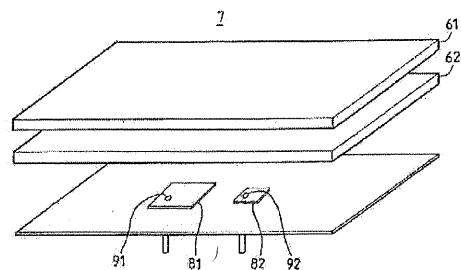


Fig. 6

FIG\_6

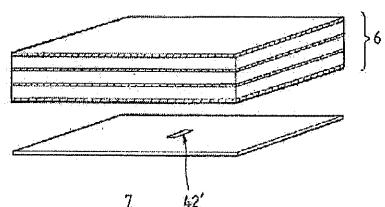


Fig. 7 a

FIG\_7a

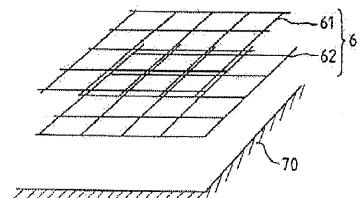
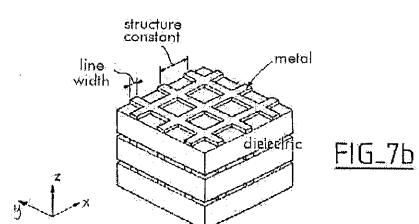


Fig. 7 b



FIG\_7b

Fig. 8

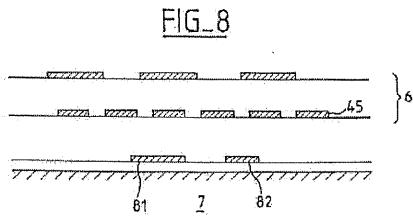


Fig. 9

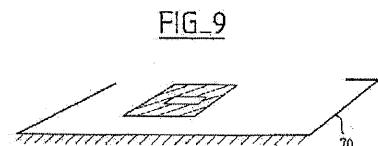


Fig. 10

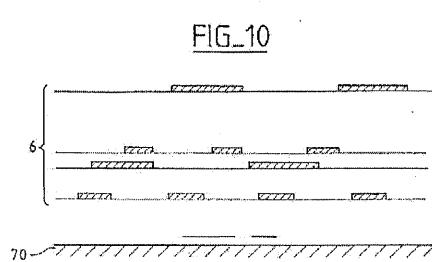


Fig. 11

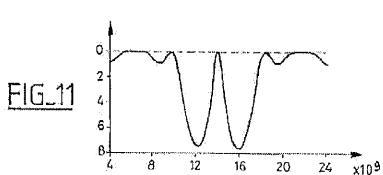


Fig. 12

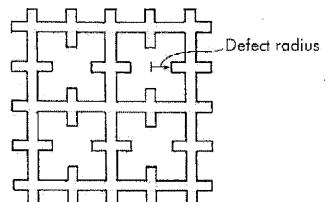
FIG\_12

Fig. 13

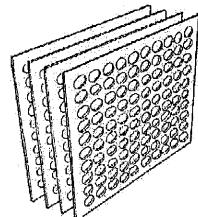
FIG\_13

Fig. 14

