

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-503062

(P2005-503062A)

(43) 公表日 平成17年1月27日(2005.1.27)

(51) Int. Cl.⁷

H01Q 1/48

H01Q 9/38

H01Q 13/08

F I

H01Q 1/48

H01Q 9/38

H01Q 13/08

テーマコード (参考)

5J045

5J046

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 62 頁)

(21) 出願番号 特願2003-527836 (P2003-527836)
(86) (22) 出願日 平成13年9月13日 (2001. 9. 13)
(85) 翻訳文提出日 平成16年3月15日 (2004. 3. 15)
(86) 国際出願番号 PCT/EP2001/010589
(87) 国際公開番号 WO2003/023900
(87) 国際公開日 平成15年3月20日 (2003. 3. 20)
(81) 指定国 AP (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, C N, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, R O, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

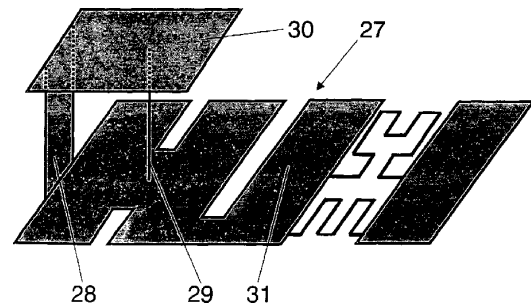
(71) 出願人 502099555
フラクトゥス・ソシエタッド・アノニマ
FRACTUS, S. A.
スペイン、エー08190サント・クガト
・デル・バリェス (バルセロナ)、パルケ
・エンブレサリアル・サン・ホアン・デス
ピ、エディフィシオ・テスト、モド・セ・
テルセロ、アルカルデ・バルニルス
(74) 代理人 100075258
弁理士 吉田 研二
(74) 代理人 100096976
弁理士 石田 純

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小型マルチバンドアンテナ用のマルチレベル空間充填接地面

(57) 【要約】

放射要素として作用する1枚以上の導電要素と、マルチレベルまたは空間充填接地面とを有するアンテナシステムであって、接地面は、アンテナの動作特徴に影響する特定の幾何学的配置を有する。リターン損失、バンド幅、利得、放射効率、および周波数性能は、マルチレベルおよび空間充填接地面の設計によって調整される。また、接地面は、連続面型の接地面を有するアンテナと比べて、その大きさを縮小することができる。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

アンテナ装置用の接地面であって、

前記接地面は、少なくとも 2 枚の導電面を有し、前記導電面は、少なくとも 1 本の導電ストリップによって接続され、前記導電ストリップは、前記 2 枚の導電面の内の任意の面の幅よりも狭い、ことを特徴とする、アンテナ装置用の接地面。

【請求項 2】

前記導電面は共通の平面または共通の湾曲した面上に敷設されている、請求項 1 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 3】

前記少なくとも 2 枚の導電面の 2 本の縁は互いに平行に置かれ、

前記 2 枚の導電面を接続する前記ストリップは、平行に置かれた前記 2 本の縁によって規定される隙間に対して中心合わせして置かれている、請求項 1 または 2 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 4】

前記接地面は少なくとも 3 枚の導電面を有し、隣接する任意の 2 枚の導電面による 1 対は少なくとも 1 本の導電ストリップによって接続され、隣接する導電面による残りの対は、容量効果または、少なくとも 1 本の導電ストリップによって提供される直接接触によって電磁気結合される、請求項 1、2、または 3 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 5】

前記ストリップは直線軸に沿って整列している、請求項 4 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 6】

前記ストリップは直線軸に沿って整列していない、請求項 4 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 7】

少なくとも 2 本の導電ストリップを有し、前記ストリップの両方は、前記導電面の両縁に位置する少なくとも 2 個の点において前記導電面の内の少なくとも 2 枚の導電面を接続する、請求項 1、2、または 4 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 8】

前記複数のストリップの内の少なくとも 1 本は、前記接地面の外周面を規定する複数の縁の内の 1 本に沿って整列する、請求項 1、2、4、6、または 7 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 9】

前記接地面は、同じ平面または湾曲した面上に敷設された複数の導電面を有し、

前記複数の導電面の内の少なくとも 2 枚は導電ストリップによって接続されている、請求項 2 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 10】

隣接する導電面による組の各々は少なくとも 1 本の導電ストリップによって接続されている、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、または 9 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 11】

前記接地面を規定する全ての導電面は矩形の形状を有し、前記矩形の形状は直線軸に沿って順番に整列しており、前記矩形の形状の組の各々はそれらの間に隙間を規定し、前記複数の隙間の内の少なくとも 1 個の隙間の対向する少なくとも 1 組の縁は少なくとも 1 本の導電ストリップによって接続されている、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、または 10 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 12】

前記接地面を規定する全ての導電面は同じ水平幅を有し、直線の垂直軸に沿って順番に整列し、

10

20

30

40

50

隣接する導電面による対の各々はそれらの間に隙間を規定し、

隣接する導電面による対の各々は導電ストリップによって前記隙間を横切るように接続され、前記導電ストリップは前記接地面の外周の縁に沿って整列し、前記縁は、前記接地面の中央を横切る垂直軸に対して左右の側において交互および順番に選択される、請求項 1、2、4、6、8、9、10、または 11 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 13】

前記複数の導電面の内の 2 枚を接続する前記複数のストリップの内の少なくとも 1 本はジグザグまたは蛇行曲線として形成されている、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、または 12 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 14】

前記複数の導電面の内の少なくとも 1 枚、および / または前記接地面の前記複数の導電ストリップの内の少なくとも 1 本は空間充填曲線 (SFC) として形成され、前記 SFC は少なくとも 10 本の接続された直線セグメントによって構成され、

前記複数のセグメントは自由空間波長の 10 分の 1 より小さく、前記隣接し接続されたセグメントのいずれも各々のセグメントより長い直線セグメントを形成しないように空間的に配列され、

前記セグメントのいずれも、選択的に前記曲線の先端においてなされる以外は互いに交差せず、

前記隣接する複数のセグメントによる対の各々によって形成される角部は、選択的に丸められるか、それ以外の方法で滑らかになっており、

前記曲線は、固定された空間の直線方向に沿って選択的に周期性を有することができ、これは、前記周期が少なくとも 10 本の接続されたセグメントによって構成された非周期的曲線によって規定され、前記隣接して接続された複数のセグメントによる対のいずれも各々のセグメントより長い直線セグメントを規定していない場合である、

請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、または 13 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 15】

前記アンテナ装置用の接地面の 1 部は SFC として形成され、

前記 SFC は 1 より大きなボックスカウンティング次元を特徴とし、前記ボックスカウンティング次元は通常、対数 - 対数グラフの直線部分の傾斜として算出され、

斯かる直線部分は、対数 - 対数グラフの水平軸の目盛りの少なくとも 1 オクターブを占める直線部分として規定される、

請求項 14 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 16】

前記アンテナ装置用の接地面の 1 部は、ヒルバート、ペアノ、SZ、ZZ、ヒルバート Z Z、ペアノインク、ペアノデック、またはペアノ ZZ 曲線のいずれかとして形成される、請求項 14 または 15 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 17】

前記複数の導電面の内の 2 枚を接続する前記複数のストリップの内の少なくとも 1 本は SFC として形成されている、請求項 14、15、または 16 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 18】

前記複数の導電面の内の少なくとも 2 枚の間の複数の隙間の内の少なくとも 1 個は、少なくとも 2 本の異なる長さの導電ストリップを有する、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、または 17 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 19】

前記接地面を規定する前記複数の導電面の内の少なくとも 2 枚の間の隙間の少なくとも一部は SFC として形成されている、請求項 14、15、16、または 17 に記載のアンテナ装置用の接地面。

10

20

30

40

50

【請求項 20】

前記接地面に覆われた面の少なくとも50%はストリップによって充填され、前記ストリップはSFCとして形成されている、請求項14、15、16、17、18、または19に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 21】

前記接地面の幾何学的配置の少なくとも一部はマルチレベル構造であり、前記マルチレベル構造は導体多角形群を含み、前記多角形群の全ては辺の数が同じであることを特徴とし、

前記複数の多角形は、容量結合またはオーム接触によって電磁気結合され、オーム接触されている多角形間の接触領域の幅は、前記導体接地面を規定する前記導体多角形のうち少なくとも75%の多角形に対しては前記多角形の外周長の50%より狭い、請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、または20に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 22】

前記接地面の外周の形状、前記導電面の形状、または前記接地面に含まれる両方の種類の要素は、正方形、長方形、三角形、円形、半円、楕円、または半楕円である、請求項1から21のいずれか1項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 23】

前記アンテナ装置は手持ち型のワイヤレス装置である、上記請求項のいずれか1項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 24】

前記アンテナ装置はマイクロストリップパッチアンテナである、請求項1から22のいずれか1項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 25】

前記アンテナ装置は板状逆Fアンテナ(PIFA)である、請求項1から22のいずれか1項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 26】

前記アンテナ装置はモノポールアンテナである、請求項1から22のいずれか1項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 27】

前記アンテナは自由空間波長の半分より小さい、上記請求項の任意の1項に記載の接地面を含むアンテナ装置。

【請求項 28】

前記アンテナは、同じ放射要素を有するが、従来の連続面型の接地面を有する別のアンテナよりも小型である、請求項1から27の任意の1項に記載のアンテナ装置。

【請求項 29】

前記アンテナは、同じ放射要素を有するが、同じ大きさおよび同じ外周形状を有する従来の連続面型の接地面を有する別のアンテナより広いバンド幅を特徴とする、請求項1から28の任意の1項に記載のアンテナ装置。

【請求項 30】

前記アンテナはマルチバンドの作用を特徴とする、請求項1から29の任意の1項に記載のアンテナ装置。

【請求項 31】

前記アンテナは、AMPS、GSM900、GSM1800、PCS1900、UMTSまたはCDMAのセルラ方式システム、またはIEEE802.11やBluetoothなどのWLANシステム、の内の少なくとも1個若しくはこれらの組み合わせに対するマイクロセル若しくはピコセルにおけるカバレッジを提供する、請求項24、25、26、27、28、または29に記載のアンテナ装置。

【請求項 32】

前記アンテナは、自動車のリアミラーの内部に装着されて、
A M P S、G S M 9 0 0、G S M 1 8 0 0、P C S 1 9 0 0、U M T SまたはC D M Aの
セルラ方式システム、
またはI E E E 8 0 2 . 1 1やB l u e t o o t hなどのW L A Nシステム、
の内の少なくとも1個若しくはこれらの組み合わせに対するマイクロセル若しくはピコセル
におけるカバレッジを提供する、請求項24、25、26、27、28、または29に
記載のアンテナ装置。

【請求項33】

前記アンテナはキーレスドアロック作動装置に内部に装着される、請求項24、25、26、27、28、または29に記載のアンテナ装置。

10

【請求項34】

前記放射要素は前記接地面と同様の形状を有し、前記放射要素は、前記接地面と平行または直交するように配置される、請求項1から22に記載のアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、大きさを縮小し、性能を高めた、革新的な幾何学的配置群に基づく新規のアンテナ接地面群に関する。これら新規の幾何学的配置はマルチレベルおよび空間充填 (space filling) 構造として周知である。このような配置はこれまで、マルチバンドの小型アンテナの設計に用いられてきた。そのようなマルチレベルまたは空間充填構造体は「マルチレベルアンテナ」(国際公開第W O 0 1 / 2 2 5 2 8号パンフレット)および「空間充填小型アンテナ」(国際公開第W O 0 1 / 5 4 2 2 5号パンフレット)に詳述されている。

20

【背景技術】

【0002】

本発明は、このような幾何学的配置を小型マルチバンドアンテナの接地面に用いることに
関する。例えば、可動端末や手持ち装置といった多くの用途では、装置の大きさによって
アンテナやその接地面の大きさが制限され、これがアンテナ全体の性能に大きく影響する
ことが知られている。つまり、アンテナのバンド幅や効率、アンテナやその接地面の全
体的な大きさ、幾何学的配置、設計パラメータとして定義される次元 (dimension) に影
響される。接地面の大きさが端子アンテナのバンド幅に与える影響については、「I n v
e s t i g a t i o n o n I n t e g r a t e d A n t e n n a s f o r G S
M M o b i l e P h o n e s」(D . M a n t e u f f e l , A . B a h r , 1 . W
o l f f , M i l l e n n i u m C o n f e r e n c e o n A n t e n n a s &
P r o p a g a t i o n , E S A , A P 2 0 0 0 , D a v o s , スイス、2000年4
月)に報告されている。従来例では、接地面を含むアンテナの設計に関する工夫の多く(例
えば、マイクロストリップ、板状逆F、またはモノポールアンテナ)は放射要素の設計
(つまり、上記の例ではマイクロストリップパッチ、P I F A要素、またはモノポールア
ーム)に関してであり、接地面の大きさや幾何学的配置は、主に、特定の適用に応じた大
きさや審美的な基準によって規定されていた。

30

40

【0003】

本発明の重要点の1つは、アンテナの接地面を、主にその放射性能やインピーダンス性能
(インピーダンスレベル、共振周波数、バンド幅)に影響を与えるアンテナの不可欠な部
分であると考えることである。本明細書では、新規の幾何学的配置群を開示する。これら
によって接地面の幾何学的配置や大きさを、任意の適用(ベース局アンテナ、手持ち端末
、車、その他自動車等)において必要な配置や大きさにでき、例えばバンド幅、電圧定在
波比(この後V S W Rと称する)、マルチバンドの作用といった性能を改善する。

【0004】

マルチレベルおよび空間充填構造を用いてアンテナが動作する周波数範囲を広げることが
国際公開第W O 0 1 / 2 2 5 2 8号パンフレットおよび国際公開第W O 0 1 / 5 4 2 2 5

50

号パンフレットに説明されている。これは、周波数バンド幅を広げるか、周波数バンドの数を増すか、あるいは両方の効果を組み合わせて動作周波数範囲を増すことによって実現できる。本発明では、上記のマルチレベルおよび空間充填構造をアンテナ接地面に効果的に用いることで、より良いリターンロスまたはVSWR、より良いバンド幅、マルチバンドの作用、またはこれらの効果の組合せを実現する。接地面の大きさ、つまりアンテナ全体の大きさを縮小する手段と同様にこうした技術が見られる。

【0005】

接地面を用いたマイクロストリップアンテナのバンド幅を改善する最初の試みは、T. ChiouおよびK. Wongによって「Designs of Compact Microstrip Antennas with a Slotted Ground Plane」(IEEE-APSシンポジウム、ボストン、2001年7月8~12日)に記載されている。しかし、著者らは、アンテナの接地面に複数の孔を設けることで性能が改善されると言っているが、これは、意図せずして非常に単純なマルチレベル構造を用いることとなり、接地面の共振特性を変更することとなった結果に過ぎないことが、当業者には理解されるだろう。特に、これには3つの接触点を介して接続された2つの矩形の組と、5つの接触点を介して接続された4つの矩形の組が記載されている。また、アンテナ接地面に、意図せずしてマルチレベル接地構造を用いた別の例が米国特許第5,703,600号に開示されている。ここでは、互いを容量電磁気結合した3個の矩形によって構成された接地面という特定の例が用いられている。しかし、ここで強調したいことは、ChiouおよびWongの報告にも、米国特許第5,703,600号にも、空間充填またはマルチレベル構造の一般的な構成は記載されておらず、これらの著者らが、このようなマルチレベルまたは空間充填構造の利点を利用してアンテナの作用を改善するという試みを行っていないことである。

【0006】

本発明に記載の幾何学的配置の中には、既に19世紀にGiuseppe PeanoやDavid Hilbertといった数学者達によって研究された幾何学的配置の中に見られるものもある。しかし、そのような場合は全て、そうした曲線は数学的見地から研究されてはいたが、実用的な工学技術には適用されていなかった。このような数学的な抽象概念(abstraction)は、本発明に記載する一般的な空間充填曲線による実用的な設計において処理(approach)できる。国際公開第WO 01/54225号パンフレットに記載された、いわゆるSZ、ZZ、ヒルバートZZ、ペアノ(Peano inc)、ペアノデック(Peano dec)、またはペアノZZ曲線と呼ばれるその他の幾何学的配置も、本発明に係る革新的な方法に用いられる空間充填曲線群に含まれる。このような空間充填曲線を用いて理想的なフラクタル形状にも近づける(approach)ことは興味深い。

【0007】

次元(D)を用いて、本発明に記載するような非常に複雑な幾何学曲線や構造を特徴づける場合が多々ある。次元は、非常に多くの異なる方法によって数学的に定義されるが、本明細書では、ボックスカウティング次元(box counting dimension)(数学論理の分野の当業者には周知)を用いてこれらの設計を特徴づける。繰り返しになるが、本発明で記載する新規の構成においてこのような曲線を用いる利点は、主にバンド幅、インピーダンス、またはマルチバンド作用を高めると共に、アンテナ全体を縮小することである。

【0008】

通常、本発明に記載する一般的な空間充填曲線ほど効果的ではないが、その他に周知な幾何学的配置(蛇行曲線やジグザグ曲線等)を、本発明の精神および範囲に係る新規の構成に用いることができる。ジグザグ曲線または蛇行曲線をアンテナに用いることは、例えば国際公開第WO 96/27219号パンフレットに説明されているが、このような幾何学的配置は従来、主に放射要素の設計に用いられており、本発明の幾つかの実施形態における目的や基礎であるように接地面の設計に用いられるのではない。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明の重要点は、接地面および放射要素の効果を合わせて、バンド幅、V S W R、マルチバンド作用、効率、大きさ、または利得という点からアンテナ装置全体の性能や特性を高めるようにアンテナ接地面を形成することである。本明細書で開示する本発明では、従来技術において通常記載されるような従来の連続面型 (solid) の幾何学的配置ではなく、電流がアンテナ全体の働きを高めるように接地面を流れ、放射するような新規の幾何学的配置群を導入する。

【 0 0 1 0 】

本発明の基礎は、従来の連続面型の接地面を複数 (少なくとも2面) の導電面に分割することからなる。これらの導電面は、数枚の導電面の縁同士の間容量効果 (capacitive effect)、導電ストリップによる直接接触、またはこれらの組合わせのいずれかによって電磁気結合されている。 10

【 0 0 1 1 】

こうして得られた幾何学的配置は従来の連続面型の接地面ではなく、少なくともその一部においてマルチレベルまたは空間充填型である幾何学的配置を有する接地面である。

【 0 0 1 2 】

接地面に用いられるマルチレベル幾何学的配置は、多角形群を含む導電構成からなる。これらの多角形は全て、辺 (side) の数が同じであることを特徴とし、容量性結合またはオーム接触のいずれかによって相互に電磁気結合され、オーム接触された多角形同士の間の接触領域の幅は、この導電接地面を定義する複数の多角形のうち、少なくとも75%の多角形に対しては、これらの多角形の外周長の50%よりも狭い。マルチレベル幾何学的配置のこの定義では、円形や楕円も含まれる。こうした形状は無限数の辺を有する多角形であると考えられるからだ。 20

【 0 0 1 3 】

ところで、本明細書で定義する空間充填曲線 (以後、S F Cと称する) は、物理的に長い曲線であるが、この曲線を含むことができる領域は小さい曲線である。具体的に本明細書では、以下の定義を以て空間充填曲線とする。つまり、各々のセグメントが周囲のセグメントに対してある角度をなす、つまり隣接するセグメントによる何れの対も各々のセグメントより大きな直線セグメントを形成しないように接続された少なくとも10個のセグメントから構成された曲線であって、この曲線は選択的に、固定された空間の直線 30 の方向に沿って周期性を有しても良い。ただし、これは、この周期が、接続された少なくとも10個のセグメントで構成される非周期的曲線によって定義され、隣接して接続されたセグメントによる何れの対も各々のセグメントより長い直線セグメントを形成しない場合である。また、このようなS F Cは、その設計が如何にあっても、始点および終点以外の何れの点においても自身と交差しない (つまり、曲線全体は閉曲線または閉ループとして構成できるが、その曲線の何れの部分も閉ループにはならない)。空間充填曲線は、平坦面または湾曲面のいずれにも適合 (fit) できる。また、セグメント間に角度があるので、この曲線が適合する領域 (表面) と同じ領域 (表面) に適合する直線よりも常に物理的に長い。更に、本発明にしたがって接地面を適切に形成するためには、接地面に含まれるS F C 40 曲線のセグメントは、自由空間波長の1/10より短くなければならない。

【 0 0 1 4 】

形成手順や曲線の幾何学的配置に応じて理論的に無限長のS F Cを設計し、そのトポロジカル次元より長いハウスドルフ次元を特徴づけることができる。つまり、古典的なユークリッド幾何学的配置の見地からは通常、曲線は常に一次元の物体であると解釈されるが、曲線が非常に畳み重なり (convoluted)、非常に大きな物理的長さを有する場合、この曲線は、それを支持する表面の一部を埋めるようになる。この場合、この曲線 (または、少なくともボックスカウンティングアルゴリズムによるその近似物) に関してハウスドルフ次元を算出することができ、それは1 (unity) より大きな数になる。図2に示す曲線は、このようなS F Cの例である。特に、図面11、13、14、18は、次元D = 2を特徴とする理想的な無限曲線に近づくS F C曲線の例を示す。当業者には周知であるように、 50

ボックスカウンティング次元は、対数 - 対数グラフの直線部分の傾斜として算出できる。この場合、この直線部分は実質的に直線セグメントとして規定される。本発明の特別な場合、この直線セグメントは、対数 - 対数グラフの水平軸上の少なくとも1オクターブ (octave) を占める。

【0015】

適用に応じて必要なマルチレベルおよび空間充填金属パターンを設定する、本発明に係る方法が幾つかある。マルチレベルおよび空間充填構造の特殊な幾何学的配置のために、電流は、(a) 連続面型の接地面を有するアンテナより縮小、(b) 連続面型の接地面を有するアンテナよりバンド幅を増加、(c) 多数の周波数での性能発揮、(d) 1個または複数の動作バンドにおけるVSWRを改善、(e) 放射効率を改善、(f) 利得を増加、という点からアンテナの性能や特徴を高めるように、接地面を流れる。 10

【0016】

本発明の包括的および新たに説明した複数の接地面の中の任意の接地面を、接地面を要する従来のアンテナ構成の内の任意の構成において効果的に使用できることは明らかである。これらのアンテナ構成は、例えば手持ち端末用のアンテナ (携帯電話またはコードレス電話、PDA、電子ページャ、電子ゲーム、または遠隔操作)、基地局アンテナ (例えば、AMPS、GSM900、GSM1800、UMTS、PCS1900、DCS、DECT、WLAN等のシステム用のマイクロセルまたはピコセルにおけるカバレッジのため)、車のアンテナ、等々である。このようなアンテナは通常、マイクロストリップパッチアンテナ、スロットアンテナ、板状逆F (PIFA) アンテナ、モノポール等々の形状であって、接地面を要する全てのアンテナに本発明を効果的に用いることができる。つまり、本発明は上述のアンテナに限定されない。アンテナは、接地面を含む限り、上記以外の何れの種類でもよい。 20

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明の実施形態にしたがってアンテナを組み立てるためには、適切なアンテナ設計が必要である。任意の数の構成が考えられ、実際にどのアンテナを選ぶかは、様々なアンテナパラメータの中の、例えば動作周波数やバンド幅次第である。考え得る実施形態の幾つかの例を以下に列挙する。

【0018】

しかし、上記の記載から、本発明の範囲内において様々な変更を行えることは、当業者には明らかだろう。特に、様々な材料や製造処理を選んでアンテナシステムを製造し、所望の効果をすることもできる。また、本発明の精神において、他のマルチレベルおよび空間充填型の幾何学的配置を用いることも可能である。 30

【0019】

図3Aは、従来例において既に周知の方法で構成された、板状逆F (22) アンテナ (以後、PIFAアンテナと称する) を示す。これは、放射アンテナ要素25と、従来の連続面型の接地面26と、所望の入力インピーダンスに応じてパッチ25上のどこかで結合する供給点24と、パッチ要素25を接地面26に結合する短絡回路23とから構成される。供給点24は、鍍装が接地面に連結され、内部導体24が放射導体要素25に結合される同軸ケーブル等といった幾つかの方法で実現できる。放射導体要素25は通常、四角形のような形状であるが、これ以外の幾つかの形状に言及する特許や科学記事もある。放射要素25の形状や大きさは、アンテナシステム全体の動作周波数を決定する一因となる。通常、設計の一部とは見えないが、接地面の大きさや幾何学的配置もPIFAの動作周波数やバンド幅の決定に影響する。PIFAアンテナは、原理的に周知な種類のハンドセットキャビネットと一体化できる形状を有するので、最近、注目されている。 40

【0020】

図3Aに示す従来のPIFA接地面とは異なり、新たに開示して図3Bに示す接地面31はマルチレベルおよび空間充填構造で構成され、これによって、より良いリターン損失やVSWR、より良いバンド幅、およびマルチバンド作用を実現できると共に、(接地面を 50

含む)アンテナの大きさを縮小できる。P I F A 2 7 の特定の実施形態は、放射アンテナ要素 3 0 と、マルチレベルおよび空間充填接地面 3 1 と、パッチ 3 0 上のどこかで結合する供給点 2 9 と、パッチ要素 3 0 を接地面 3 1 に結合する短絡回路 2 8 とから構成される。一般性を失わずに明瞭化するために、マルチレベル接地面 3 1 の特定の例を示す。この例では複数の矩形面が、S F C や蛇行線を形成する導電ストリップを介して直接的に接触することで電気磁気結合を実現している。より正確には、このマルチレベル構造は 5 枚の矩形を用いて形成されており、このマルチレベル構造は、2 周期の S F C (8) および蛇行線によって矩形面に結合されている。当業者にとっては、これらの面は、上記以外の任意の大きさおよび任意の種類の多角形であって、その他の任意の S F C 曲線や容量効果 (capacitive effect) 等といった上記以外の任意の方法で接続されてもよいことが明らかである。明確にするために、この接地面を規定する表面は共通の平面上に敷設されているが、湾曲または屈曲した面上に敷設されるその他の構成を用いることもできる。 10

【 0 0 2 1 】

この好適な実施形態では、結合された矩形同士の縁は互いに平行でも直交してもよいが、そうでなければならないということではない。また、本発明では、数本の導電ストリップを用いて多角形同士をオーム接触させることができる。複数の多角形を結合するストリップを、図 6 や図面 2、5 0、5 1、5 6、5 7、6 2、6 5 に示すように、隙間の中央に置くことができるし、例えば図面 5 2 や 5 8 に示すように、複数の位置に置くこともできる。

【 0 0 2 2 】

好適な実施形態の中には、大きい方の矩形が同じ幅を有する実施形態もあるが (例えば、図 1 や図 7)、そうでない実施形態もある (例えば、図 8 の図面 6 4 ~ 6 7)。多角形および / またはストリップが直線軸に対して直線的に配置された好適な実施形態 (例えば、図面 5 6 や 5 7) もあるし、直線軸に対して中心合わせされていない好適な実施形態もある。また、このストリップを、例えば図面 5 5 に示すように、接地面全体の縁に配置することもできるし、図面 5 8 に示すように、ジグザグや蛇行パターンに配置することもできる。図面 5 8 では、ストリップは、接地面全体の 2 本の長い方の縁に沿って交互または順番に配置されている。 20

【 0 0 2 3 】

図面 5 9 および 6 1 に示すような実施形態の中には、複数の導電面が 2 本以上のストリップまたは導電多角形によって結合されている実施形態もある。このような実施形態は、マルチバンドまたはブロードバンドの作用を高めた場合に好適である。このような多数ストリップ配列によれば、相互に適切に結合すれば、別々のバンドまたはブロードバンドとして使用できる多数の共振周波数を実現できる。また、このマルチバンドまたはブロードバンドの作用は、ストリップを、同じ隙間内で異なる長さに成形することで得られる。 30

【 0 0 2 4 】

他の好適な実施形態では、図 3、図 4、図 5、図 1 0、図 1 1、図 1 4、または図 1 5 に例示するように、導電面同士を S F C の形状を有するストリップによって接続する。この構成において、S F C 曲線は、図 1 4 に示すように、接地面によって覆われる領域の 5 0 % 以上を覆うことができる。他の実施形態では、図 1 2 または 1 3 に示すように、導電面同士の間の隙間を S F C 曲線のように形成する。実施形態の中には、S F C 曲線が、ボックスカウンティング次元の 1 次元よりも大きい (少なくとも、ボックスカウンティングアルゴリズムに用いる対数 - 対数グラフの横軸における 1 オクターブを占める) ことを特徴とし、いわゆるヒルバートまたはペアノ曲線、またはフラクタル曲線として周知である理想的な無限曲線を近づける (approach) 実施形態もある。 40

【 0 0 2 5 】

マルチレベルおよび空間充填接地面の別の好適な実施形態は、図 4 に示すようなモノポール構成である。図 4 A は、従来の一般的な連続面型の接地面上にあるモノポール放射要素 3 3 によって構成される従来のアンテナシステム 3 2 を示す。従来の特許や科学関連の出版物は数種類の連続面型の表面に言及しており、最も一般的な形状は円形または矩形であ 50

る。しかし、本発明による新規の接地面構成では、マルチレベルおよび空間充填構造を用いて、リターン損失、放射効率、または利得、またはバンド幅、またはこれらの組合せを高める一方で、連続面型の接地面を有するアンテナと比べて、その大きさを縮小している。図4Bは、放射要素36と、マルチレベルおよび空間充填接地面37とによって構成されるモノポールアンテナシステム35を示す。ここで示されるモノポール放射要素33のアームは筒状であるが、これ以外の任意の構成で代用できることは明らかである（螺旋、ジグザグ、蛇行、フラクタル、またはSFC構成、その他）。

【0026】

本発明と同じ原理や精神に基づいてアンテナを変形する例として、別の好適な実施形態の例を図5に示す。これはパッチ構成に基づく実施形態である。図5Aは、ポリゴナルパッチ39（正方形、三角形、五角形、六角形、長方形、または円形、マルチレベル、またはフラクタル、その他）を有する従来のパッチアンテナと、従来の一般的な連続面型の接地面40とで構成されるアンテナシステム38を示す。図5Bは、放射要素42（任意の形状または大きさを有することができる）と、マルチレベルおよび空間充填接地面43とによって構成されるパッチアンテナシステム41を示す。図示する接地面43は、マルチレベルおよび空間充填構造を如何にして接地面上で実現できるかを示す例にすぎない。アンテナ、接地面、またはこの両方を誘電基板上に配設することが好適である。これは、例えば、PCBを製造するために使用するようなエッチング技術や、導電インクを用いてアンテナや接地面を基板にプリントする処理によって実現できるだろう。低損失誘電体基板（グラスファイバや、Cucclado（登録商標）等のテフロン（登録商標）基板、または当業者の間では周知のRogers（登録商標）4003等といったその他の商用の物質）を、パッチと接地面との間に配置してもよい。また、同様の特性を有する他の誘電物質を用いて、本発明の趣旨を逸脱せずに、上記の物質を代用してもよい。アンテナや接地面を銅またはその他の任意の金属からエッチングする代替的な方法として、導電インクを用いてアンテナシステムをプリントすることでもアンテナシステムを製造することができる。アンテナへの供給方法は、従来のパッチアンテナで行われている周知の任意の方法で行うことができる。例えば、外部導体が接地面に接続され内部導体が所望の入力抵抗点においてパッチに接続された同軸ケーブルや、パッチと接地面を共有し、パッチの下層に離して設けることで容量結合させたマイクロストリップ導電線や、接地面の下層に設けられたマイクロストリップ導電線を、接地面に設けられたスロットを介して接地面の上層のパッチと結合させる構成、接地面の下層に設けられたマイクロストリップ導電線を、接地面に設けられたコプレーナ線路を介して接地面の上層のパッチと結合させる構成などがある。これら全ての機構は、従来からよく知られており、本発明の重要点を構成するものではない。本発明の重要点は、従来の構成に対して大きさを縮小し、アンテナのバンド幅、VSWR、および放射効率を増加することに貢献する、接地面の形状（マルチレベルおよび/または空間充填型）である。

【0027】

こうした接地面の幾何学的配置の利点を用いて、実質的に同様の方法で放射要素を形成することは興味深い。このように、接地面および放射要素の共振を合わせた効果によってアンテナの作用を高める左右対称または左右略対称（quasymmetrical）の構成が得られる。図面61に示す構成や設計を用いたマイクロストリップ127やモノポール128アンテナの特定の例を図19に示すが、当業者にとっては、本発明と同じ精神において、これ以外の多くの幾何学的配置（図面61以外）を用いることができることは明らかである。図面127は、短絡ポストと、供給点132と、接地面61とを有する短絡パッチ129を有する特定の構成を示すが、短絡ポスト、ピン、ストリップが無い上記以外の構成も、この一連の設計に含まれる。モノポール128の特定の設計では、供給ポストを133で示す。

【0028】

上述の実施形態は、例示目的のために説明したものであって、本発明を制限するものではない。本発明の原理を、その幾つかの好適な実施形態において例示して説明してきたが、

10

20

30

40

50

当業者においては、この原理から逸脱することなく、本発明の構成や細部を変形できることは明白である。

【図面の簡単な説明】

【0029】

本発明の理解を促すために、添付の図面を参照する。

【図1】2枚の従来例の接地面と、新規のマルチレベル接地面との比較を示す図である。1は、連続面型の1枚の面（矩形、従来例）によって作られた従来例の接地面を示し、2は、本発明によって開示される一般的な技術にしたがって2枚の面5、6（矩形）に分割し、導体ストリップ7によって接続された接地面の特定の例を示す。3は、隙間4によって分割された2枚の導電面5、6が容量効果（従来例）によって接続された場合を示す。

10

【図2】SFC曲線の例を示す図である。最初に示す曲線8から、その他の曲線9、10、11が作られる（ヒルバート曲線と呼ばれる）。同様に、他のSFC曲線群、例えば曲線12、13、14の集合（SZ曲線と呼ばれる）、曲線15、16の集合（ZZ曲線として周知）、曲線17、18、19の集合（ヒルバートZZ曲線と呼ばれる）、曲線20の集合（ペアノ曲線）、曲線21の集合（ジュセッペペアノ（Giuseppe Peano）曲線に基づく）を作ることができる。

【図3A】放射アンテナ要素25と、従来例の連続面型の接地面26と、所望の入力インピーダンスに応じて放射アンテナ要素25上のどこかで結合する供給点24と、パッチ要素25を接地面26に結合する短絡回路23とによって形成される、従来例の（従来例）板状逆Fアンテナ、つまりPIFA（22）を示す斜視図である。

20

【図3B】放射アンテナ要素30と、供給点29と、短絡回路28と、マルチレベルおよび空間充填の両方の幾何学的配置によって形成された新規の接地面構造31の特定の例とによって形成されたPIFAアンテナ用の新規の構成体（27）を示す図である。

【図4A】モノポール33が連続面型の接地面34上にある従来（従来例）の構成を示す代表的な斜視図である。

【図4B】接地面37がマルチレベルおよび空間充填構造によって構成された、改良されたモノポールアンテナ構成体35を示す図である。

【図5A】矩形の放射要素パッチ39と、従来例の接地面40とによって形成されたパッチアンテナシステム（38）（従来例）を示す斜視図である。

【図5B】放射要素42と、マルチレベルおよび空間充填接地面43とによって構成された、改良されたアンテナパッチシステムを示す図である。

30

【図6】長方形（44、45、46）、および円形（47、48、49）等といった異なる輪郭線形状のマルチレベル接地面の例を示す図である。この場合、円形および楕円形は、無限数の辺を有する多角形と考える。

【図7】直線軸に対して整列する、またはしない、（1または2本の）導電ストリップによって導電面を接続した、同じ幅を有する一連のマルチレベル構造（この場合は矩形）を示す図である。

【図8】同じ幅を有する構造のみが導電ストリップによって接続できるわけではないことを示す図である。59、61に示すように、2本以上の導電ストリップを用いて矩形の多角形を相互に接続できる。本発明の精神において、表面間で、幅や長さが異なる導電ストリップを如何にして使用できるかを示す例も示す。

40

【図9】マルチレベル接地面の代替的な形状を示す図である。68～76に示す形状は矩形構造から作られるが、他の任意の形状を用いることもできる。

【図10】1本（10）または2本（9および10）のSFC接続ストリップによって接続された2枚の導電面（5および6）の例（77および78）を示す図である。

【図11】少なくとも2枚の導電面の間の隙間の少なくとも一部がSPC接続ストリップの形状である例を示す図である。

【図12】接地面の部分の少なくとも1つがSFCの形状である一連の接地面を示す図である。特に、導電面同士の間隙（84、85）がSFCとして形成されてる場合もある。

50

【図 1 3】導電面同士の間隙等といった接地面の部分が S F C として形成されている、別の例を示す図である。

【図 1 4】異なる S F C 幅の曲線 (9 3、9 4) を有する接地面 (9 1、9 2) の更なる形状を示す図である。用途によって、構成 9 1 を用いてアンテナの大きさを最小にし、構成 9 2 は、後方放射を減少しながら、大きさを縮小したアンテナのバンド幅を増すために好適である。

【図 1 5】直接接触 (9 5、9 6、9 7、9 8) または容量効果 (9 8 の中央のストリップ) によって S F C 導電ストリップを介して接続される、幅が異なる一連の導電面を示す図である。

【図 1 6】マルチレベル接地面の例 (この場合、矩形によって形成された) を示す図である。 10

【図 1 7】マルチレベル接地面の別の複数の例を示す図である。

【図 1 8】長さまたは幾何学的配置が異なる蛇行曲線によって少なくとも 2 枚の導電面を接続したマルチレベル接地面の例を示す図である。この蛇行線の幾つかを S F C 曲線で代用して、大きさを更に縮小したり、異なる周波数の作用を得ることができる。

【図 1 9】放射要素が接地面と実質的に同じ形状であることで、左右対象または左右略対称の構成を得られるアンテナの例を示す図である。ここで、この放射要素は、接地面に対して平行 (1 2 7) または直交 (1 2 8) に置かれている。

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
20 March 2003 (20.03.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/023900 A1(51) International Patent Classification: **H01Q 1/36**
1/38, 9/04, 5/00(74) Agent: **CARPINTERO LÓPEZ, Francisco**; Herrero & Asociados, S.L., Calle Alcalá, 35, E-28014 Madrid (ES).

(21) International Application Number: PCT/EP01/10589

(81) Designated States (*national*): AI, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GG, GD, GE, GI, GM, HN, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.(22) International Filing Date:
13 September 2001 (13.09.2001)

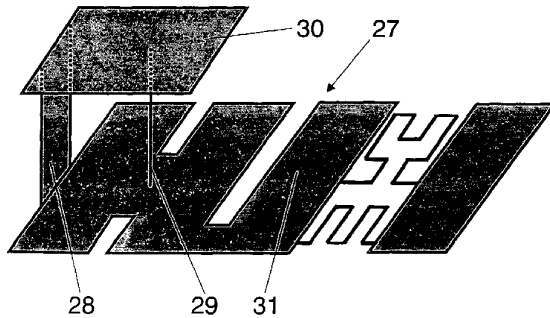
(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(71) Applicant (*for all designated States except US*): **FRAC-TUS, S.A.** [ES/ES]; Alcalde Barnils, Edificio Testa, Módulo C, 3^a, Parque Empresarial Sant Joan, E-08190 Sant Cugat del Vallés (ES).(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).(72) Inventors; and
(75) Inventors/Applicants (*for US only*): **QUINTERO ILLERA, Ramiro** [US/ES]; Avenida Francesc Macià, 21, 4-1, E-08021 Santo Coloma de Gramenet (ES); **PUEENTE BALIARDA, Carles** [ES/ES]; Alcalde Barnils, Edificio Testa, Módulo C, 3^a, Parque Empresarial Sant Joan, E-08190 Sant Cugat del Vallés (ES).**Published:**
with international search report

[Continued on next page]

(54) Title: MULTILEVEL AND SPACE-FILLING GROUND-PLANES FOR MINIATURE AND MULTIBAND ANTENNAS



(57) Abstract: An antenna system includes one or more conductive elements acting as radiating elements, and a multilevel or space-filling ground-plane, wherein said ground-plane has a particular geometry which affects the operating characteristics of the antenna. The return loss, bandwidth, gain, radiation efficiency, and frequency performance can be controlled through multilevel and space-filling ground-plane design. Also, said ground-plane can be reduced compared to those of antennas with solid ground-planes.

WO 03/023900 A1

WO 03/023900 A1 

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

Multilevel and Space-Filling Ground-Planes for
Miniature and Multiband Antennas

5 **OBJECT AND BACKGROUND OF THE INVENTION**

10 The present invention relates generally to a new family of antenna ground-planes of reduced size and enhanced performance based on an innovative set of geometries. These new geometries are known as multilevel and space-filling structures, which had been previously used in the design of multiband and miniature antennas. A throughout description of such multilevel or space-filling structures can be found in "*Multilevel Antennas*" (Patent Publication No. WO01/22528) and "*Space-Filling Miniature Antennas*" (Patent Publication No. WO01/54225).

15 The current invention relates to the use of such geometries in the ground-plane of miniature and multiband antennas. In many applications, such as for instance mobile terminals and handheld devices, it is well known that the size of the device restricts the size of the antenna and its ground-plane, which has a major effect on the overall antenna performance. In general terms, the bandwidth and efficiency of the antenna are affected by the overall size, geometry, and dimensions of the antenna and the ground-plane. A report on the influence of the ground-plane size in the bandwidth of terminal antennas can be found in the publication "*Investigation on Integrated Antennas for GSM Mobile Phones*", by D. Manteuffel, A. Bahr, I. Wolff, *Millennium Conference on Antennas & Propagation, ESA, AP2000, Davos, Switzerland, April 2000*. In the prior art, most of the effort in the design of antennas including ground-planes (for instance microstrip, planar inverted-F or monopole antennas) has been oriented to the design of the radiating element (that is, the microstrip patch, the PIFA element, or the monopole arm for the examples described above), yet providing a ground-plane with a size and

20
25
30

CONFIRMATION COPY

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

2

geometry that were mainly dictated by the size or aesthetics criteria according to every particular application.

5 One of the key issues of the present invention is considering the ground-plane of an antenna as an integral part of the antenna that mainly contributes to its radiation and impedance performance (impedance level, resonant frequency, bandwidth). A new set of geometries are disclosed here, such a set allowing to adapt the geometry and size of the ground-plane to the ones required by any application (base station antennas, handheld terminals, cars, and other motor-vehicles and so on), yet improving the performance in terms of, for instance, bandwidth, Voltage Standing Wave Ratio (hereafter VSWR), or multiband behaviour.

15 The use of multilevel and space-filling structures to enhance the frequency range an antenna can work within was well described in patent publication numbers WO01/22528 and WO01/54225. Such an increased range is obtained either through an enhancement of the antenna bandwidth, with an increase in the number of frequency bands, or with a combination of both effects. In the present invention, said multilevel and space-filling structures are advantageously used in the ground-plane of the antenna obtaining this way either a better return loss or VSWR, a better bandwidth, a multiband behaviour, or a combination of all these effects. The technique can be seen as well as a means of reducing the size of the ground-plane and therefore the size of the overall antenna.

25 A first attempt to improve the bandwidth of microstrip antennas using the ground-plane was described by T. Chiou, K. Wong, "Designs of Compact Microstrip Antennas with a Slotted Ground Plane", IEEE-APS Symposium, Boston, 8-12 July, 2001. The skilled in the art will notice that even though the authors claim the improved performance is obtained by means of some slots on the antenna ground-plane, those were unintentionally using a very simple

30

case of multilevel structure to modify the resonating properties of said ground-plane. In particular, a set of two rectangles connected through three contact points and a set of four rectangles connected through five contact points were described there. Another example of an unintentional use of a multilevel ground structure in an antenna ground-plane is described in U.S. Pat. No. 5,703,600. There, a particular case of a ground-plane composed by three rectangles with a capacitive electromagnetic coupling between them was used. It should be stressed that neither in the paper by Chiou and Wong, nor in patent US5,703,600, the general configuration for space-filling or multilevel structures were disclosed or claimed, so the authors were not attempting to use the benefits of said multilevel or space-filling structures to improve the antenna behaviour.

Some of the geometries described in the present invention are inspired in the geometries already studied in the 19th century by several mathematicians such as Giuseppe Peano and David Hilbert. In all said cases the curves were studied from the mathematical point of view but were never used for any practical engineering application. Such mathematical abstractions can be approached in a practical design by means of the general space-filling curves described in the present invention. Other geometries, such as the so called SZ, ZZ, HilbertZZ, Peanoinc, Peanodec or PeanoZZ curves described in patent publication WO01/54225 are included in the set of space-filling curves used in an innovative way in the present invention. It is interesting to notice that in some cases, such space-filling curves can be used to approach ideal fractal shapes as well.

The dimension (D) is often used to characterize highly complex geometrical curves and structures such as those described in the present invention. There exists many different mathematical definitions of dimension but in the present document the box-counting dimension (which is well-known to those skilled in mathematics theory) is used to characterize a family of designs. Again, the

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

4

advantage of using such curves in the novel configuration disclosed in the present invention is mainly the overall antenna miniaturization together with and enhancement of its bandwidth, impedance, or multiband behaviour.

5 Although usually not as efficient as the general space-filling curves disclosed in the present invention, other well-known geometries such as meandering and zigzag curves can also be used in a novel configuration according to the spirit and scope of the present invention. Some descriptions of using zigzag or meandering curves in antennas can be found for instance in patent publication
10 WO96/27219, but it should be noticed that in the prior-art such geometries were used mainly in the design of the radiating element rather than in the design of the ground-plane as it is the purpose and basis of several embodiments in the present invention.

15 **SUMMARY OF THE INVENTION**

The key point of the present invention is shaping the ground-plane of an antenna in such a way that the combined effect of the ground-plane and the radiating element enhances the performance and characteristics of the whole
20 antenna device, either in terms of bandwidth, VSWR, multiband behaviour, efficiency, size, or gain. Instead of using the conventional solid geometry for ground-planes as commonly described in the prior art, the invention disclosed here introduces a new set of geometries that forces the currents on the ground-plane to flow and radiate in a way that enhances the whole antenna behaviour.

25 The basis of the invention consists of breaking the solid surface of a conventional ground-plane into a number of conducting surfaces (at least two of them) said surfaces being electromagnetically coupled either by the capacitive effect between the edges of the several conducting surfaces, or by a
30 direct contact provided by a conducting strip, or a combination of both effects.

The resulting geometry is no longer a solid, conventional ground-plane, but a ground-plane with a multilevel or space-filling geometry, at least in a portion of said ground-plane.

5 A Multilevel geometry for a ground-plane consists of a conducting structure including a set of polygons, all of said polygons featuring the same number of sides, wherein said polygons are electromagnetically coupled either by means of a capacitive coupling or ohmic contact, wherein the contact region between
10 directly connected polygons is narrower than 50% of the perimeter of said polygons in at least 75% of said polygons defining said conducting ground-plane. In this definition of multilevel geometry, circles and ellipses are included as well, since they can be understood as polygons with infinite number of sides.

15 On the other hand, an Space-Filling Curve (hereafter SFC) is a curve that is large in terms of physical length but small in terms of the area in which the curve can be included. More precisely, the following definition is taken in this document for a space-filling curve: a curve composed by at least ten segments which are connected in such a way that each segment forms an angle with their neighbours, that is, no pair of adjacent segments define a larger straight
20 segment, and wherein the curve can be optionally periodic along a fixed straight direction of space if, and only if, the period is defined by a non-periodic curve composed by at least ten connected segments and no pair of said adjacent and connected segments defines a straight longer segment. Also, whatever the design of such SFC is, it can never intersect with itself at any
25 point except the initial and final point (that is, the whole curve can be arranged as a closed curve or loop, but none of the parts of the curve can become a closed loop). A space-filling curve can be fitted over a flat or curved surface, and due to the angles between segments, the physical length of the curve is always larger than that of any straight line that can be fitted in the same area
30 (surface) as said space-filling curve. Additionally, to properly shape the ground-plane according to the present invention, the segments of the SFC curves

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

6

included in said ground-plane must be shorter than a tenth of the free-space operating wavelength.

5 Depending on the shaping procedure and curve geometry, some infinite length SFC can be theoretically designed to feature a Hausdorff dimension larger than their topological-dimension. That is, in terms of the classical Euclidean geometry, it is usually understood that a curve is always a one-dimension object; however when the curve is highly convoluted and its physical length is very large, the curve tends to fill parts of the surface which supports it; in that case, the Hausdorff dimension can be computed over the curve (or at least an approximation of it by means of the box-counting algorithm) resulting in a number larger than unity. The curves described in Figure 2 are some examples of such SFC; in particular, drawings 11, 13, 14, and 18 show some examples of SFC curves that approach an ideal infinite curve featuring a dimension $D = 2$.
10 As known by those skilled in the art, the box-counting dimension can be computed as the slope of the straight portion of a log-log graph, wherein such a straight portion is substantially defined as a straight segment. For the particular case of the present invention, said straight segment will cover at least an octave of scales on the horizontal axis of the log-log graph.

20 Depending on the application, there are several ways for establishing the required multilevel and space-filling metallic pattern according to the present invention. Due to the special geometry of said multilevel and space-filling structures, the current distributes over the ground-plane in such a way that it enhances the antenna performance and features in terms of:
25

- (a) Reduced size compared to antennas with a solid ground-plane.
- (b) Enhanced bandwidth compared to antennas with a solid ground-plane.
- (c) Multifrequency performance.
- 30 (d) Better VSWR feature at the operating band or bands.
- (e) Better radiation efficiency.

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

7

(f) Enhanced gain.

5 It will be clear that any of the general and newly described ground-planes of the present invention can be advantageously used in any of the prior-art antenna configurations that require a ground-plane, for instance: antennas for handheld terminals (cellular or cordless telephones, PDAs, electronic pagers, electronic games, or remote controls), base station antennas (for instance for coverage in micro-cells or pico-cells for systems such as AMPS, GSM900, GSM1800, UMTS, PCS1900, DCS, DECT, WLAN, ...), car antennas, and so on. Such antennas can usually take the form of microstrip patch antennas, slot-antennas, 10 Planar Inverted-F (PIFA) antennas, monopoles and so on, and in all those cases where the antenna requires a ground-plane, the present invention can be used in an advantageous way. Therefore, the invention is not limited to the aforementioned antennas. The antenna could be of any other type as long as a ground-plane is included. 15

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

20 For a better understanding of the present invention, reference will now be made to the appended drawings in which:

Figure 1 shows a comparison between two prior art ground-planes and a new multilevel ground-plane. Drawing 1 shows a conventional ground-plane formed by only one solid surface (rectangle, prior-art), whereas drawing 2 shows a particular case of ground-plane that has been broken in two surfaces 5 and 6 25 (rectangles) connected by a conducting strip 7, according to the general techniques disclosed in the present invention. Drawing 3 shows a ground-plane where the two conducting surfaces 5 and 6, separated by a gap 4, are being connected through capacitive effect (prior-art). 30

Figure 2 shows some examples of SFC curves. From an initial curve 8, other curves 9, 10, and 11 are formed (called Hilbert curves). Likewise, other set of SFC curves can be formed, such as set 12, 13, and 14 (called SZ curves); set 15 and 16 (known as ZZ curves); set 17, 18, and 19 (called HilbertZZ curves); set 20 (Peanodec curve); and set 21 (based on the Giuseppe Peano curve).

Figure 3A shows a perspective view of a conventional (prior-art) Planar Inverted-F Antenna or PIFA (22) formed by a radiating antenna element 25, a conventional solid surface ground-plane 26, a feed point 24 coupled somewhere on the patch 25 depending upon the desired input impedance, and a short-circuit 23 coupling the patch element 25 to the ground-plane 26. Figure 3B shows a new configuration (27) for a PIFA antenna, formed by an antenna element 30, a feed point 29, a short-circuit 28, and a particular example of a new ground-plane structure 31 formed by both multilevel and space-filling geometries.

Figure 4A is a representational perspective view of the conventional configuration (prior-art) for a monopole 33 over a solid surface ground-plane 34. Figure 4B shows an improved monopole antenna configuration 35 where the ground-plane 37 is composed by multilevel and space-filling structures.

Figure 5A shows a perspective view of a patch antenna system 38 (prior-art) formed by a rectangular radiating element patch 39 and a conventional ground-plane 40. Figure 5B shows an improved antenna patch system composed by a radiating element 42 and a multilevel and space-filling ground-plane 43.

Figure 6 shows several examples of different contour shapes for multilevel ground-planes, such as rectangular (44, 45, and 46) and circular (47, 48, and 49). In this case, circles and ellipses are taken as polygons with infinite number of sides.

Figure 7 shows a series of same-width multilevel structures (in this case rectangles), where conducting surfaces are being connected by means of conducting strips (one or two) that are either aligned or not aligned along a straight axis.

5

Figure 8 shows that not only same-width structures can be connected via conducting strips. More than one conducting strips can be used to interconnect rectangular polygons as in drawings 59 and 61. Also it is disclosed some examples of how different width and length conducting strips among surfaces can be used within the spirit of the present invention.

10

Figure 9 shows alternative schemes of multilevel ground-planes. The ones being showed in the figure (68 to 76) are being formed from rectangular structures, but any other shape could have been used.

15

Figure 10 shows examples (77 and 78) of two conducting surfaces (5 and 6) being connected by one (10) or two (9 and 10) SFC connecting strips.

20

Figure 11 shows examples wherein at least a portion of the gap between at least two conducting surfaces is shaped as an SFC connecting strip.

Figure 12 shows a series of ground-planes where at least one of the parts of said ground-planes is shaped as SFC. In particular, the gaps (84, 85) between conducting surfaces are shaped in some cases as SFC.

25

Figure 13 shows another set of examples where parts of the ground-planes such as the gaps between conducting surfaces are being shaped as SFC.

30

Figure 14 shows more schemes of ground-planes (91 and 92) with different SFC width curves (93 and 94). Depending on the application, configuration 91 can be used to minimize the size of the antenna while configuration 92 is

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

10

preferred for enhancing bandwidth in a reduced size antenna while reducing the backward radiation.

5 Figure 15 shows a series of conducting surfaces with different widths being connected through SFC conducting strips either by direct contact (95, 96, 97, 98) or by capacitive effect (central strip in 98).

10 Figure 16 shows examples of multilevel ground-planes (in this case formed by rectangles).

Figure 17 shows another set examples of multilevel ground-planes.

15 Figure 18 shows examples of multilevel ground-planes where at least two conducting surfaces are being connected through meandering curves with different lengths or geometries. Some of said meandering lines can be replaced by SFC curves if a further size reduction or a different frequency behaviour is required.

20 Figure 19 shows examples of antennas wherein the radiating element has substantially the same shape as the ground-plane, thereby obtaining a symmetrical or quasymmetrical configuration, and where said radiating element is placed parallel (drawing 127) or orthogonal (drawing 128) to said ground-plane.

25 **DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS**

30 In order to construct an antenna assembly according to embodiments of our invention, a suitable antenna design is required. Any number of possible configurations exists, and the actual choice of antenna is dependent, for instance, on the operating frequency and bandwidth, among other antenna parameters. Several possible examples of embodiments are listed hereinafter.

However, in view of the foregoing description it will be evident to a person skilled in the art that various modifications may be made within the scope of the invention. In particular, different materials and fabrication processes for producing the antenna system may be selected, which still achieve the desired effects. Also, it would be clear that other multilevel and space-filling geometries could be used within the spirit of the present invention.

Figure 3A shows in a manner already known in prior art a Planar Inverted-F (22) Antenna (hereinafter PIFA Antenna) being composed by a radiating antenna element 25, a conventional solid surface ground-plane 26, a feed point 24 coupled somewhere on the patch 25 depending upon the desired input impedance, and a short-circuit 23 coupling the patch element 25 to the ground-plane 26. The feed point 24 can be implemented in several ways, such as a coaxial cable, the sheath of which is coupled to the ground-plane and the inner conductor 24 of which is coupled to the radiating conductive element 25. The radiating conductive element 25 is usually shaped like a quadrangle, but several other shapes can be found in other patents or scientific articles. Shape and dimensions of radiating element 25 will contribute in determining operating frequency of the overall antenna system. Although usually not considered as a part of the design, the ground-plane size and geometry also has an effect in determining the operating frequency and bandwidth for said PIFA. PIFA antennas have become a hot topic lately due to having a form that can be integrated into the per se known type of handset cabinets.

Unlike the prior art PIFA ground-planes illustrated in Fig. 3A, the newly disclosed ground-plane 31 according to Fig. 3B is composed by multilevel and space-filling structures obtaining this way a better return loss or VSWR, a better bandwidth, and multiband behaviour, along with a compressed antenna size (including ground-plane). The particular embodiment of PIFA 27 is composed by a radiating antenna element 30, a multilevel and space-filling ground-plane 31, a feed point 29 coupled somewhere on the patch 30, and a short-circuit 28

coupling the patch element 30 to the ground-plane 31. For the sake of clarity but without loss of generality, a particular case of multilevel ground-plane 31 is showed, where several quadrangular surfaces are being electromagnetically coupled by means of direct contact through conducting strips and said polygons, together with an SFC and a meandering line. More precisely, the multilevel structure is formed with 5 rectangles, said multilevel structure being connected to a rectangular surface by means of SFC (8) and a meandering line with two periods. It is clear to those skilled in the art that those surfaces could have been any other type of polygons with any size, and being connected in any other manner such as any other SFC curve or even by capacitive effect. For the sake of clarity, the resulting surfaces defining said ground-plane are lying on a common flat surface, but other conformal configurations upon curved or bent surfaces could have been used as well.

For this preferred embodiment, the edges between coupled rectangles are either parallel or orthogonal, but they do not need to be so. Also, to provide the ohmic contact between polygons several conducting strips can be used according to the present invention. The position of said strips connecting the several polygons can be placed at the center of the gaps as in Fig. 6 and drawings 2, 50, 51, 56, 57, 62, 65, or distributed along several positions as shown in other cases such as for instance drawings 52 or 58.

In some preferred embodiments, larger rectangles have the same width (for instance Fig.1 and Fig. 7) but in other preferred embodiments they do not (see for instance drawings 64 through 67 in Fig.8). Polygons and/or strips are linearly arranged with respect an straight axis (see for instance 56 and 57) in some embodiments while in others embodiments they are not centered with respect to said axis. Said strips can also be placed at the edges of the overall ground-plane as in, for instance, drawing 55, and they can even become arranged in a zigzag or meandering pattern as in drawing 58 where the strips

are alternatively and sequentially placed at the two longer edges of the overall ground-plane.

5 Some embodiments like 59 and 61, where several conducting surfaces are coupled by means of more than one strip or conducting polygon, are preferred when a multiband or broadband behaviour is to be enhanced. Said multiple strip arrangement allows multiple resonant frequencies which can be used as separate bands or as a broad-band if they are properly coupled together. Also, said multiband or broad-band behaviour can be obtained by shaping said strips with different lengths within the same gap.

10 In other preferred embodiments, conducting surfaces are connected by means of strips with SFC shapes, as in the examples shown in Fig. 3, 4, 5, 10, 11, 14, or 15. In said configurations, SFC curves can cover even more than the 50% of the area covered by said ground-plane as it happens in the cases of Fig. 14. In other cases, the gap between conducting surfaces themselves is shaped as an SFC curve as shown in Fig. 12 or 13. In some embodiments, SFC curves feature a box-counting dimension larger than one (at least for an octave in the abscissa of the log-log graph used in the box-counting algorithm) and can approach the so called Hilbert or Peano curves or even some ideally infinite curves known as fractal curves.

15 Another preferred embodiment of multilevel and space-filling ground-plane is the monopole configuration as shown in Figure 4. Figure 4A shows a prior art antenna system 32 composed by a monopole radiating element 33 over a common and conventional solid surface ground-plane 34. Prior art patents and scientific publications have dealt with several one-piece solid surfaces, being the most common ones circular and rectangular. However, in the new ground-plane configuration of our invention, multilevel and space-filling structures can be used to enhance either the return loss, or radiation efficiency, or gain, or bandwidth, or a combination of all the above, while reducing the size compared

to antennas with a solid ground-plane. Figure 4B shows a monopole antenna system 35 composed by a radiating element 36 and a multilevel and space-filling ground-plane 37. Here, the arm of the monopole 33 is presented as a cylinder, but any other structure can be obviously taken instead (even helical, zigzag, meandering, fractal, or SFC configurations, to name a few).

To illustrate that several modifications of the antenna can be done based on the same principle and spirit of the present invention, another preferred embodiment example is shown in Figure 5, based on the patch configuration. Figure 5A shows an antenna system 38 that consist of a conventional patch antenna with a polygonal patch 39 (squared, triangular, pentagonal, hexagonal, rectangular, or even circular, multilevel, or fractal, to name just a few examples) and a common and conventional one-piece solid ground-plane 40. Figure 5B shows a patch antenna system 41 that consists of a radiating element 42 (that can have any shape or size) and a multilevel and space-filling ground-plane 43. The ground-plane 43 being showed in the drawing is just an example of how multilevel and space-filling structures can be implemented on a ground-plane. Preferably, the antenna, the ground-plane or both are disposed on a dielectric substrate. This may be achieved, for instance, by etching techniques as used to produce PCBs, or by printing the antenna and the ground-plane onto the substrate using a conductive ink. A low-loss dielectric substrate (such as glass-fibre, a teflon substrate such as Cuclad® or other commercial materials such as Rogers® 4003 well-known in the art) can be placed between said patch and ground-plane. Other dielectric materials with similar properties may be substituted above without departing from the intent of the present invention. As an alternative way to etching the antenna and the ground-plane out of copper or any other metal, it is also possible to manufacture the antenna system by printing it using conductive ink. The antenna feeding scheme can be taken to be any of the well-known schemes used in prior art patch antennas as well, for instance: a coaxial cable with the outer conductor connected to the ground-plane and the inner conductor connected to the patch at the desired input

resistance point; a microstrip transmission line sharing the same ground-plane as the antenna with the strip capacitively coupled to the patch and located at a distance below the patch, or in another embodiment with the strip placed below the ground-plane and coupled to the patch through an slot, and even a
5 microstrip transmission line with the trip co-planar to the patch. All these mechanisms are well known from prior art and do not constitute an essential part of the present invention. The essential part of the present invention is the shape of the ground-plane (multilevel and/or space-filling), which contributes to reducing the size with respect to prior art configurations, as well as enhancing
10 antenna bandwidth, VSWR, and radiation efficiency.

It is interesting to notice that the advantage of the ground-plane geometry can be used in shaping the radiating element in a substantially similar way. This way, a symmetrical or quasymmetrical configuration is obtained where the
15 combined effect of the resonances of the ground-plane and radiating element is used to enhance the antenna behaviour. A particular example of a microstrip (127) and monopole (128) antennas using said configuration and design in drawing 61 is shown in Fig. 19, but it appears clear to any skilled in the art that many other geometries (other than 61) could be used instead within the same
20 spirit of the invention. Drawing 127 shows a particular configuration with a short-circuited patch (129) with shorting post, feeding point 132 and said ground-plane 61, but other configurations with no shorting post, pin, or strip are included in the same family of designs. In the particular design of the monopole (128), the feeding post is 133.

The above-described embodiments of the invention are presented by way of example only and do not limit the invention. Having illustrated and described the principles of our invention in several preferred embodiments thereof, it
25 should be readily apparent to those skilled in the art that the invention can be modified in arrangement and detail without departing from such principles.
30

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

16

CLAIMS

- 5 1.- A ground-plane for an antenna device characterized in that said ground-plane includes at least two conducting surfaces, said conducting surfaces being connected by at least a conducting strip, said strip being narrower than the width of any of said two conducting surfaces.
- 10 2.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, wherein said conducting surfaces are laying over a common planar or curved surface.
- 15 3.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1 or 2, wherein two edges of at least two conducting surfaces are placed substantially parallel to each other and said strip connecting said two surfaces is placed substantially centered with respect to the gap defined by said two substantially parallel edges.
- 20 4.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, or 3, wherein the ground-plane includes at least three conducting surfaces, in which one pair of any of two adjacent conducting surfaces are connected by means of at least a conducting strip, and the rest of pairs of adjacent conducting surfaces are electromagnetically connected by means of a capacitive effect or by direct contact provided by at least a conducting strip.
- 25 5.- A ground-plane for an antenna device according to claim 4, wherein said strips are substantially aligned along a straight axis.
- 30 6.- A ground-plane for an antenna device according to claim 4, wherein said strips are not aligned along a straight axis.

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

17

- 7.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, or 4, including at least two conducting strips, both strips connecting at least two of said conducting surfaces at least at two points located at both edges of said conducting surfaces.
- 5 8.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, 4, 6, or 7, wherein at least one of said strips is aligned along one of the edges defining the external perimeter of said ground-plane.
- 10 9.- A ground-plane for an antenna device according to claim 2, said ground-plane comprising a plurality of conducting surfaces laying on the same planar or curved surface, wherein at least two of said conducting surfaces are connected by means of a conducting strip.
- 15 10.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, or 9, wherein each couple of adjacent conducting surfaces are connected by means of at least a conducting strip.
- 20 11.- A ground-plane for antenna device according to claim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, or 10, wherein all the conducting surfaces defining said ground-plane have a substantially rectangular shape, said rectangular shapes being sequentially aligned along a straight axis, each pair of rectangular shapes defining a gap between them, at least a couple of opposite edges of at least one of said gaps being connected by at least a conducting strip.
- 25 12.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, or 11 wherein all the conducting surfaces defining said ground-plane have the same horizontal width and are sequentially aligned along a straight vertical axis, wherein each pair of adjacent conducting surfaces define a gap between them, wherein each pair of adjacent conducting surfaces are connected across said gap by means of a conducting strip, said strip being aligned along an edge
- 30

of the external perimeter of said ground-plane, said edge being alternatively and sequentially chosen at the right and left sides with respect of a vertical axis crossing the center of the ground-plane.

5 13.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, or 12, wherein at least one of the strips connecting two of said conducting surfaces is shaped as a zigzag or meandering curve.

10 14.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, or 13, wherein at least one of the conducting surfaces, and/or at least one of the conducting strips of said ground-plane is shaped as Space-Filling Curve (SFC), being said Space-Filling Curve composed by at least ten connected straight segments, wherein said segments are smaller than a tenth of the operating free-space wave length and they are spatially arranged in such
15 a way that none of said adjacent and connected segments form another longer straight segment, wherein non of said segments intersect to each other except optionally at the tips of the curve, wherein the corners formed by each pair of said adjacent segments can be optionally rounded or smoothed otherwise, and wherein the curve can be optionally periodic along a fixed straight direction of
20 space if, and only if, the period is defined by a non-periodic curve composed by at least ten connected segments and no pair of said adjacent and connected segments define a straight longer segment.

25 15.- A ground-plane for an antenna device according to claim 14, wherein at least one of its parts is shaped as a SFC, wherein said SFC features a box-counting dimension larger than one, being said box-counting dimension computed as usual as the slope of the straight portion of a log-log graph, wherein such a straight portion is substantially defined as a straight segment over at least an octave of scales on the horizontal axis of the log-log graph.

30

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

19

16.- A ground-plane for an antenna device according to claim 14 or 15, wherein at least one of its parts is shaped either as a Hilbert, Peano, SZ, ZZ, HilbertZZ, Peanoinc, Peanodec, or PeanoZZ curve.

5 17.- A ground-plane for an antenna device according to claim 14, 15, or 16, wherein at least one of the strips connecting two of said conducting surfaces is shaped as an SFC.

10 18.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, or 17, wherein at least one of the gaps between at least two of said conducting surfaces includes at least two conducting strips of different length.

15 19.- A ground-plane for an antenna device according to claim 14, 15, 16, or 17, wherein at least a portion of the gap between at least two of said conducting surfaces defining the ground-plane is shaped as an SFC.

20 20.- A ground-plane for an antenna device according to claim 14, 15, 16, 17, 18, or 19, wherein at least 50% of surface covered by said ground-plane is filled out by means of a strip, said strip being shaped as an SFC.

25 21.- A ground-plane for an antenna device according to claim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, or 20, wherein at least a portion of the geometry of said ground-plane is a multilevel structure, said multilevel structure including a set of conducting polygons, all of said polygons featuring the same number of sides, wherein said polygons are electromagnetically coupled either by means of a capacitive coupling or ohmic contact, wherein the contact region between directly connected polygons is narrower than 50% of the perimeter of said polygons in at least 75% of said polygons defining said
30 conducting ground-plane.

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

20

22.- A ground-plane for antenna device according to any of the claims 1 through 21, wherein the shape of the perimeter of said ground-plane, the shape of the conducting surfaces, or both kinds of elements included in said ground-plane are square, rectangular, triangular, circular, semi-circular, elliptical, or semi-elliptical.

23.- A ground-plane for an antenna device according to the preceding claims, wherein the antenna device is a handheld wireless device.

24.- A ground-plane for an antenna device according to any of the claims 1 through 22, wherein the antenna device is a microstrip patch antenna.

25.- A ground-plane for an antenna device according to any of the claims 1 through 22, wherein the antenna device is a Planar Inverted-F Antenna (PIFA).

26.- A ground-plane for an antenna device according to any of the claims 1 through 22, wherein the antenna device is a monopole antenna.

27.- An antenna device including a ground-plane according to any of the preceding claims, wherein the antenna is smaller than a half of the free-space operating wavelength.

28.- An antenna device according to any of the claims 1 through 27, wherein the antenna is smaller compared to another antenna with the same radiating element but with a conventional solid ground-plane.

29.- An antenna device according to any of the claims 1 through 28, wherein the antenna features a broader bandwidth with respect to another antenna with the same radiating element but with a conventional solid ground-plane of the same size and external perimeter shape.

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

21

30.- An antenna device according to any of the claims 1 through 29, wherein the antenna features a multiband behavior.

5 31.- An antenna device according to claims 24, 25, 26, 27, 28, or 29, wherein the antenna is used to provide coverage in micro-cells or pico-cells at least one of the cellular systems AMPS, GSM900, GSM1800, PCS1900, UMTS, CDMA, or at least a WLAN system such as IEEE 802.11, Bluetooth, or a combination of them.

10 32.- An antenna device according to claims 24, 25, 26, 27, 28, or 29, wherein the antenna is mounted inside the rear-view mirror of a motor vehicle to provide coverage to at least one of the cellular systems AMPS, GSM900, GSM1800, PCS1900, UMTS, CDMA, or at least a WLAN system such as IEEE802.11, Bluetooth, or a combination of them.

15 33.- An antenna device according to claims 24, 25, 26, 27, 28, or 29, wherein the antenna is mounted inside the keyless door lock operation device.

20 34.- An antenna device according to claims 1 through 22 characterized in that the radiating element has substantially the same shape as the ground-plane, said radiating element being placed parallel or orthogonal to said ground-plane.

25

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

1/19

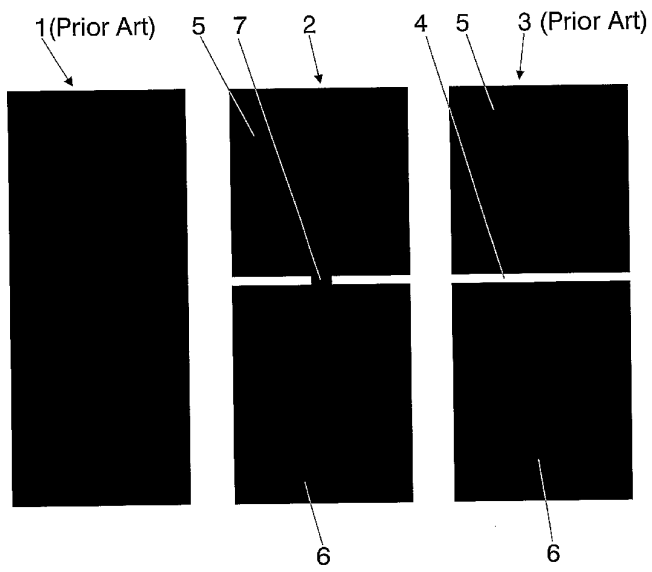


FIG.1

2/19

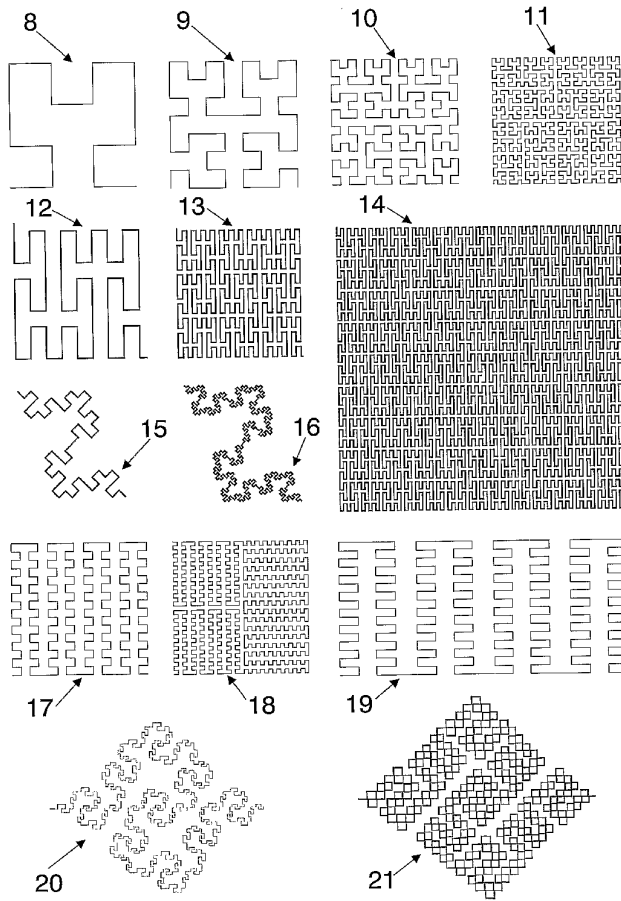


FIG.2

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

3/19

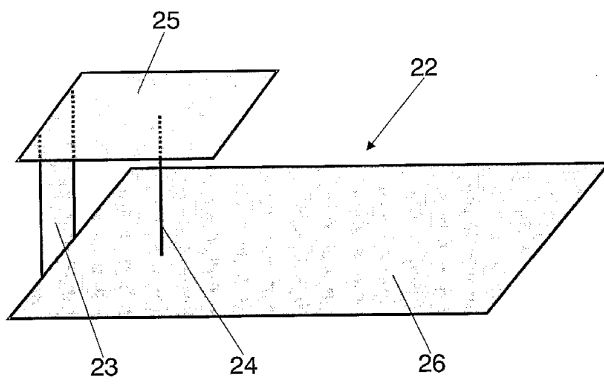


FIG.3A (Prior Art)

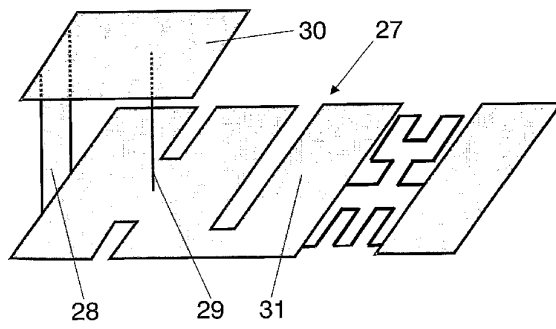


FIG.3B

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

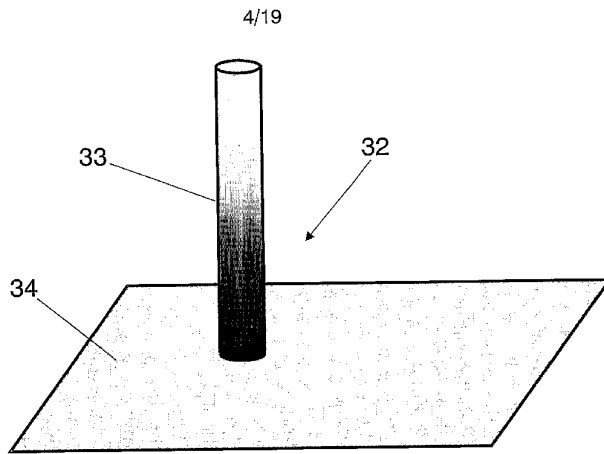


FIG. 4A (Prior Art)

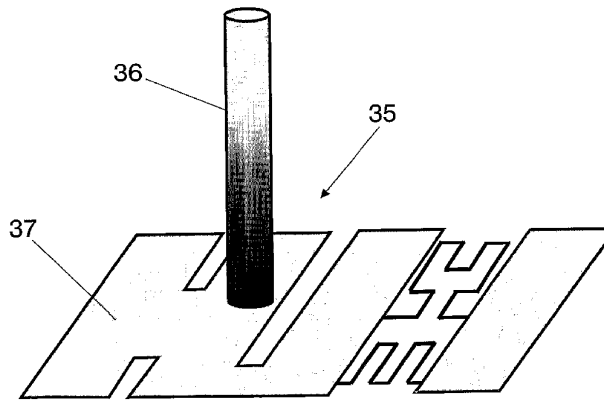


FIG. 4B

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

5/19

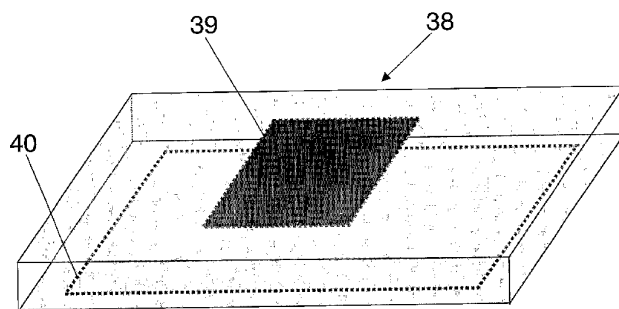


FIG. 5A (Prior Art)

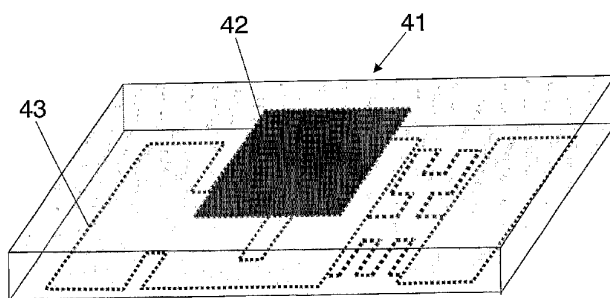


FIG. 5B

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

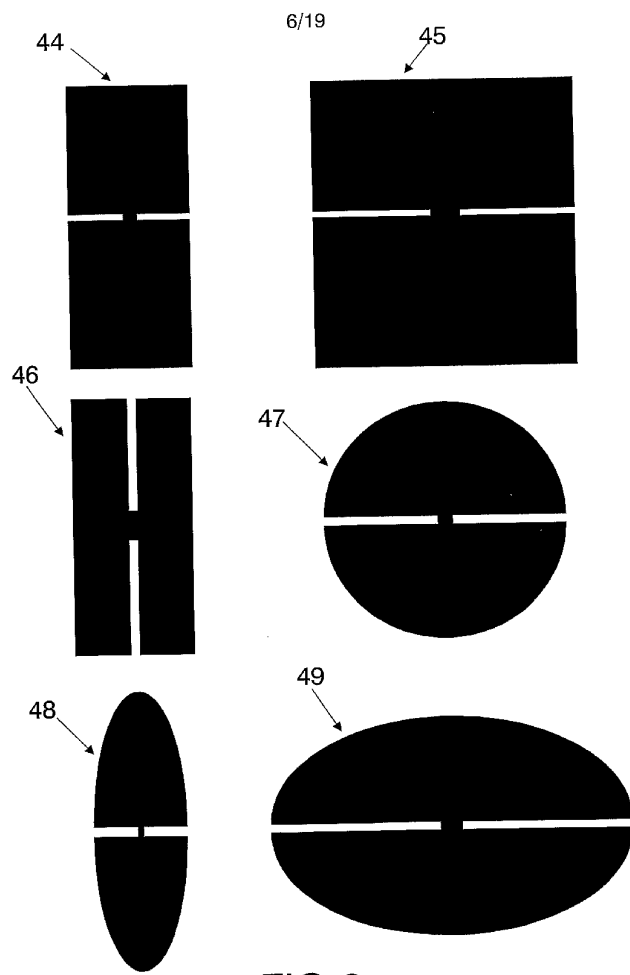


FIG.6

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

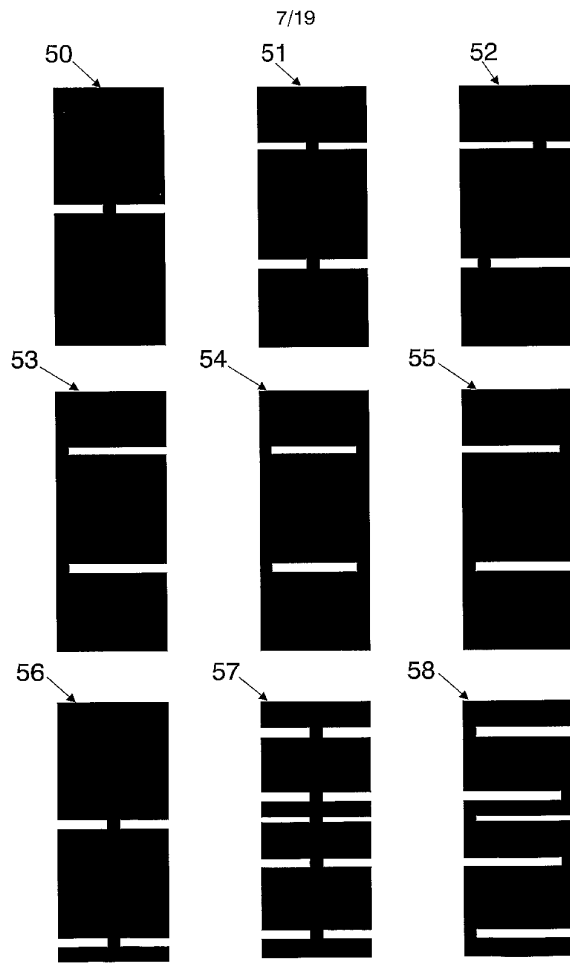


FIG.7

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

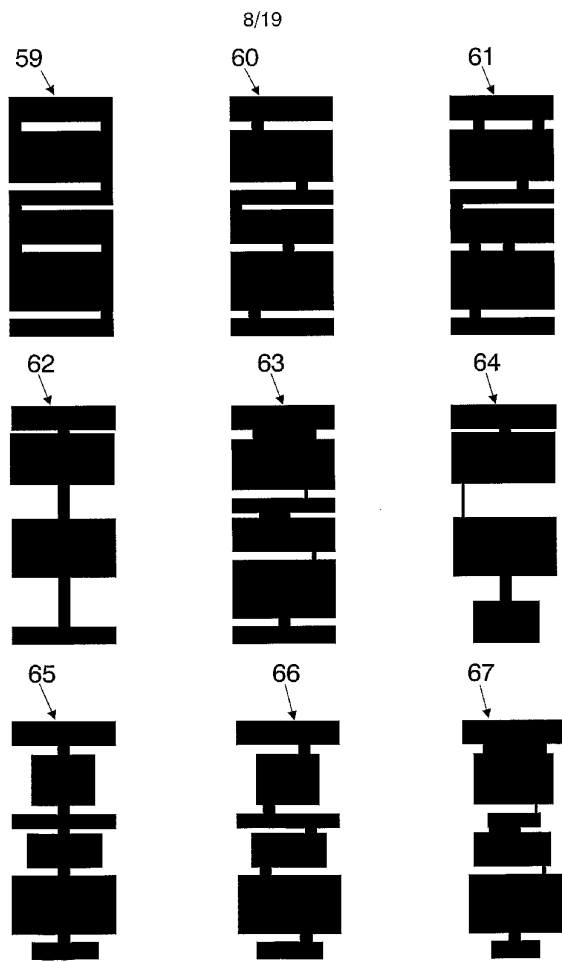


FIG.8

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

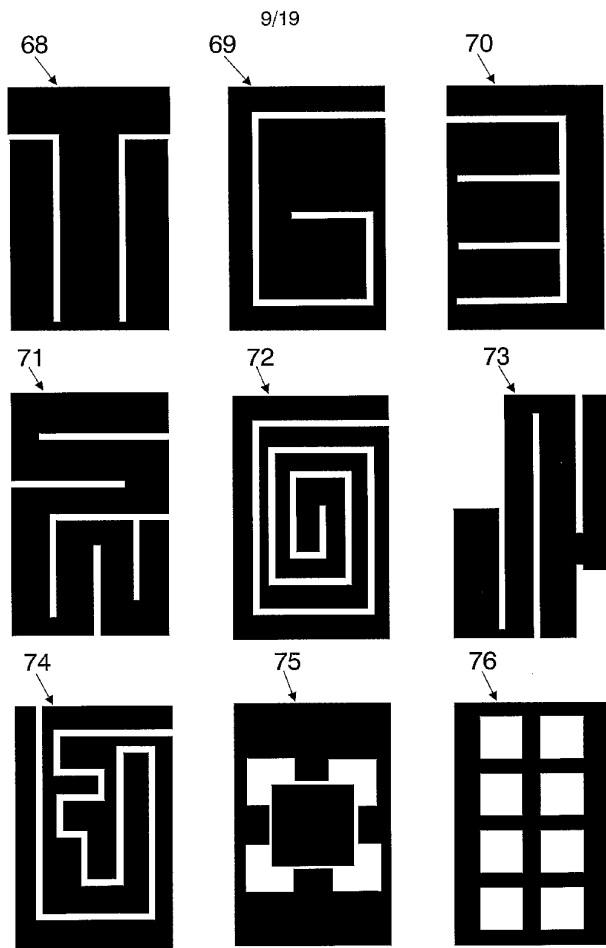


FIG.9

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

10/19

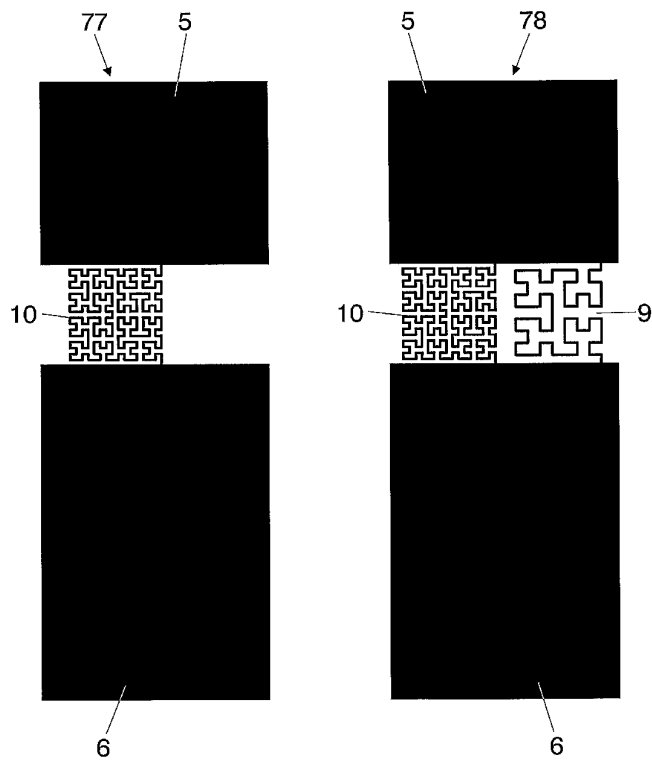


FIG.10

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

11/19

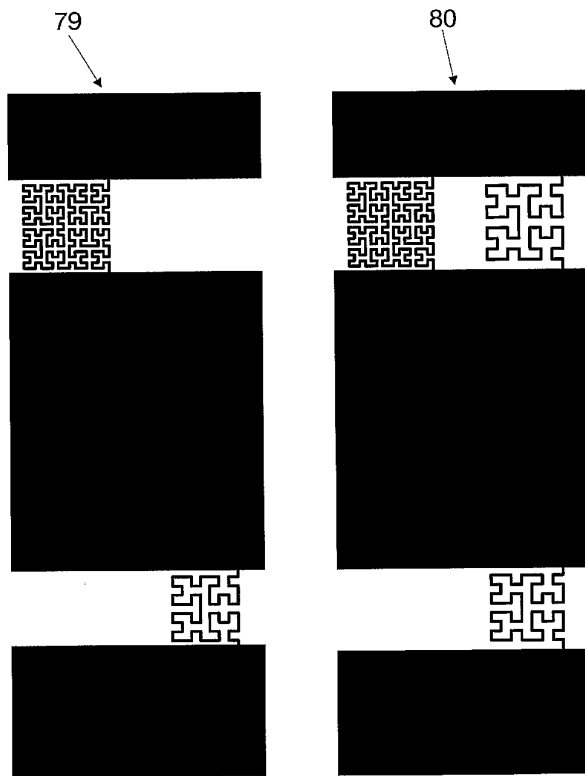


FIG.11

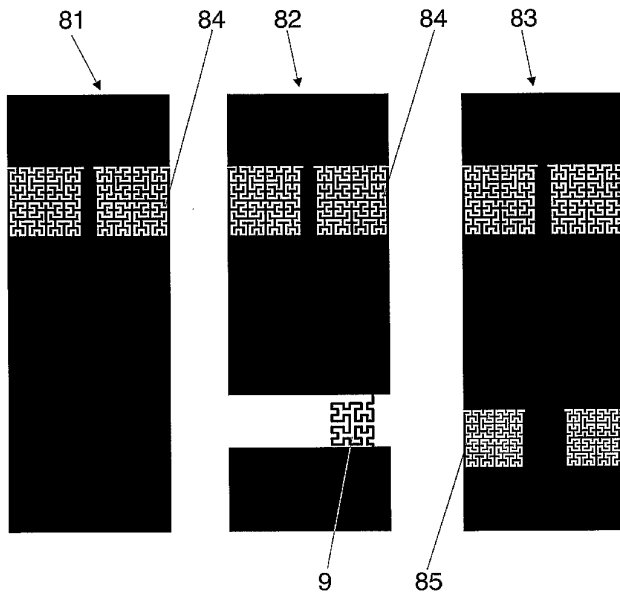


FIG.12

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

13/19

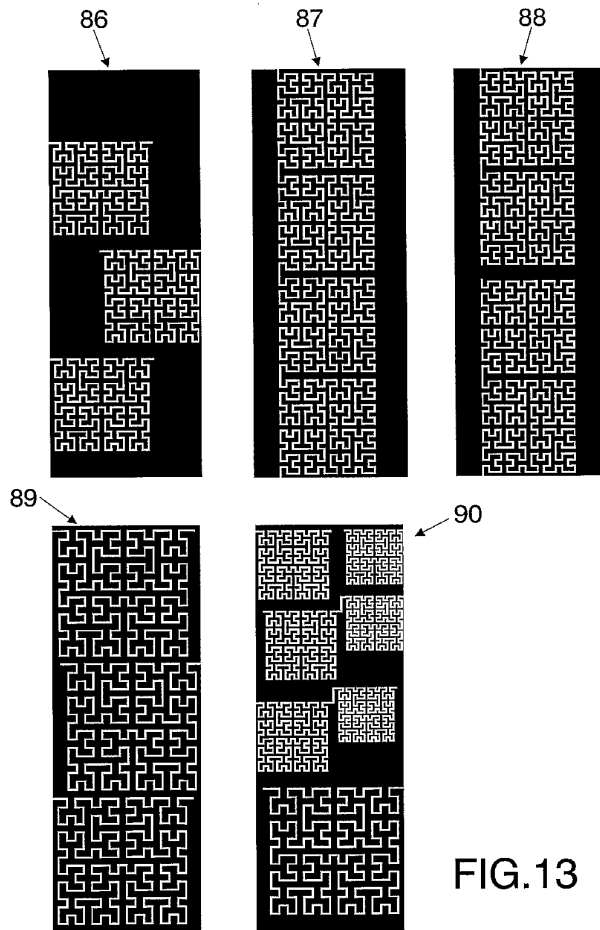


FIG.13

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

14/19

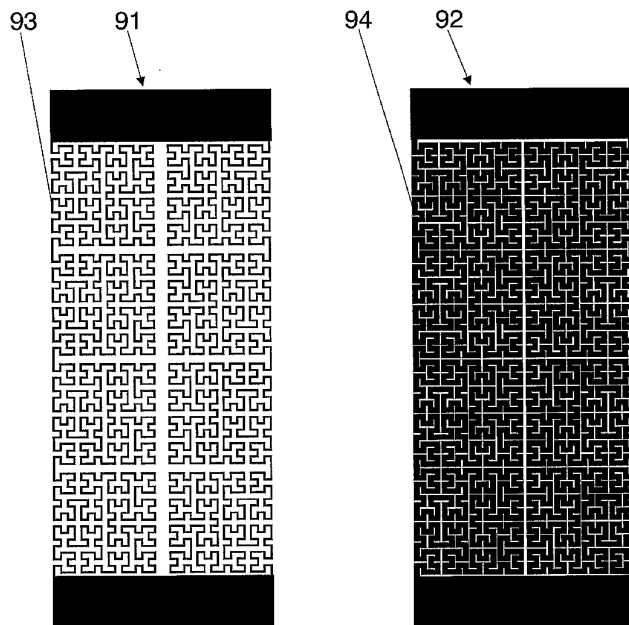
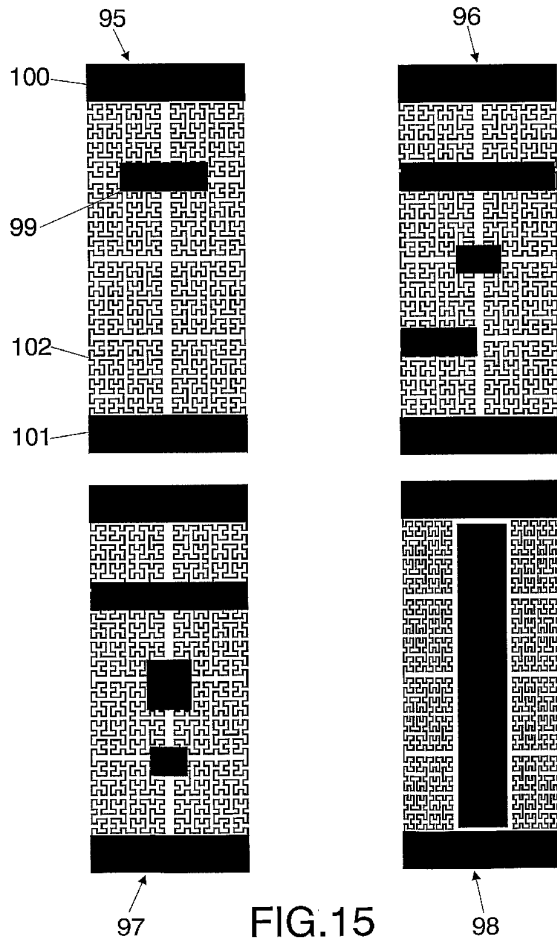


FIG.14



WO 03/023900

PCT/EP01/10589

16/19

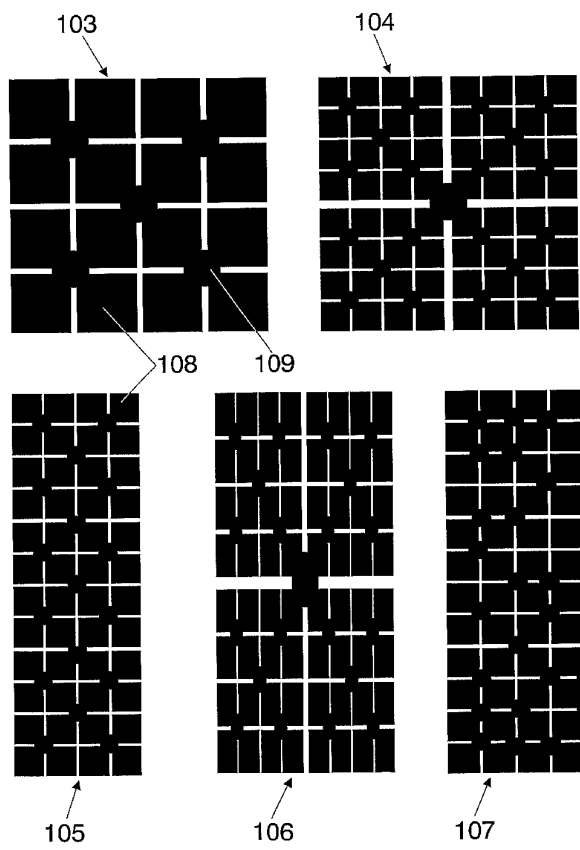


FIG.16

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

17/19

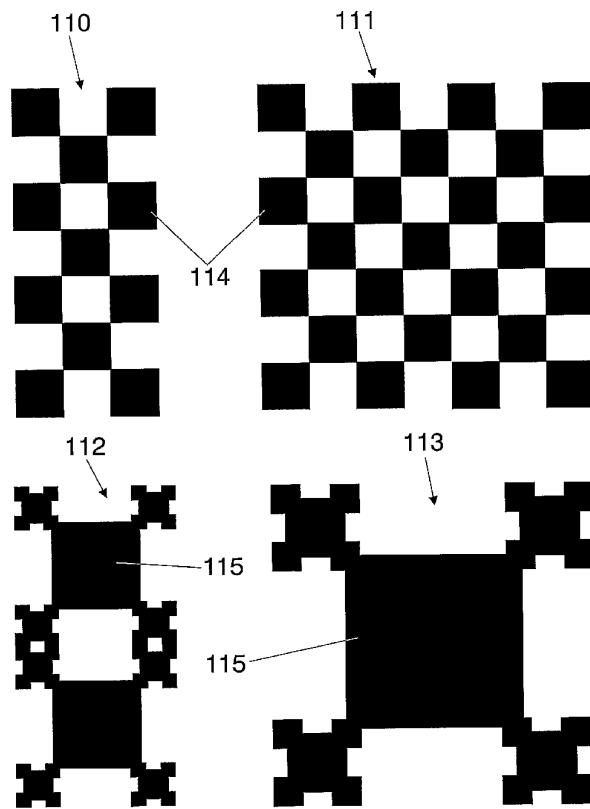


FIG.17

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

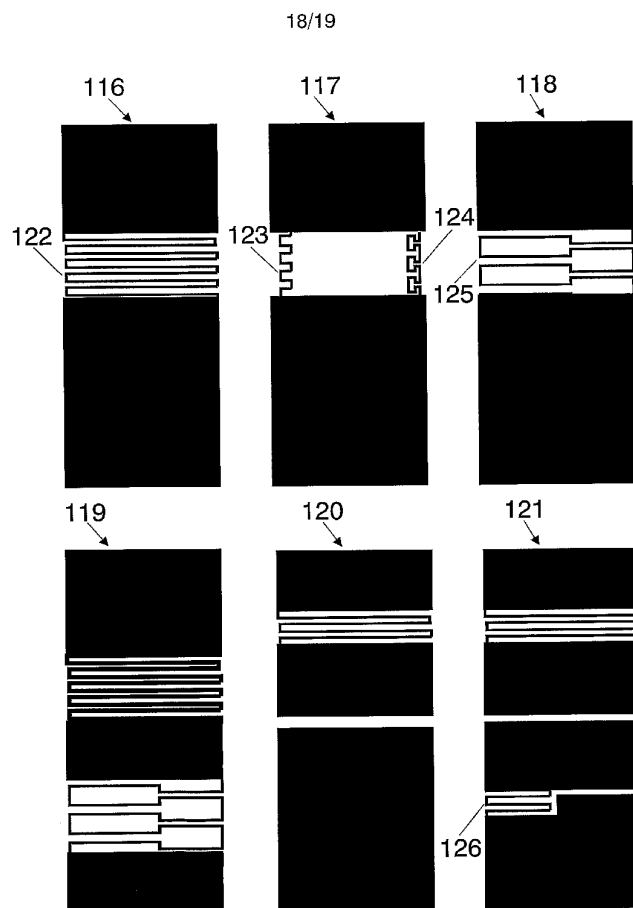


FIG.18

WO 03/023900

PCT/EP01/10589

19/19

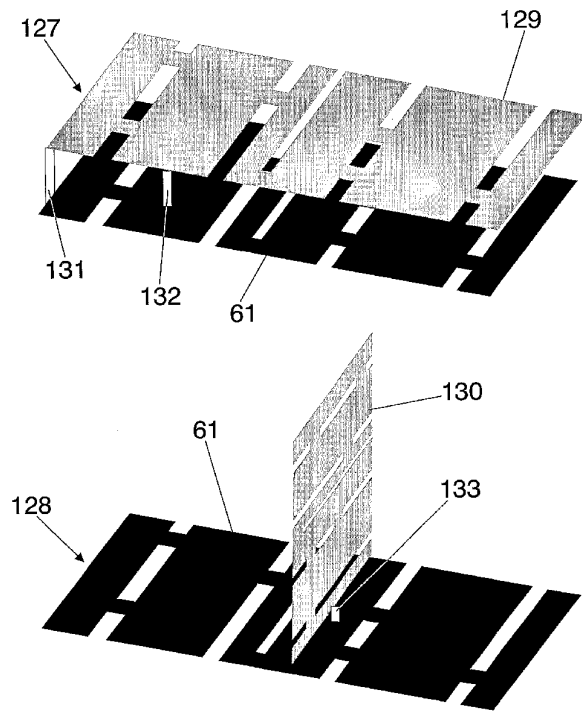


FIG.19

【手続補正書】

【提出日】平成15年8月13日(2003.8.13)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

通常、本発明に記載する一般的な空間充填曲線ほど効果的ではないが、その他に周知な幾何学的配置（蛇行曲線やジグザグ曲線等）を、本発明の精神および範囲に係る新規の構成に用いることができる。ジグザグ曲線または蛇行曲線をアンテナに用いることは、例えば国際公開第W096/27219号パンフレットに説明されているが、このような幾何学的配置は従来、主に放射要素の設計に用いられており、本発明の幾つかの実施形態における目的や基礎であるように接地面の設計に用いられるのではない。

欧州特許第EP-688,040号明細書は、第1および第2の表面を有する基板を含む、双方向アンテナを開示していることが知られている。第2の表面上に、1枚の面と、ストリップ導体と、パッチ導体とによって形成された接地導体が、それぞれ配置されている。

【手続補正書】

【提出日】平成15年11月26日(2003.11.26)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

アンテナ装置用の接地面であって、

前記接地面は、少なくとも2枚の導電面を有し、前記2枚の導電面は、1枚の導電面から別の導電面に電流が流れることを可能にする少なくとも1本の導電ストリップによって接続され、前記導電ストリップは、前記2枚の導電面の内の任意の面の幅よりも狭い、ことを特徴とする、アンテナ装置用の接地面。

【請求項2】

前記導電面は共通の平面または共通の湾曲した面上に敷設されている、請求項1に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項3】

前記少なくとも2枚の導電面の2本の縁は互いに平行に置かれ、

前記2枚の導電面を接続する前記少なくともストリップは、平行に置かれた前記2本の縁によって規定される隙間に対して中心合わせして置かれている、請求項1または2に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項4】

前記接地面は少なくとも3枚の導電面を有し、隣接する任意の2枚の導電面による1対は少なくとも1本の導電ストリップによって接続され、隣接する導電面による残りの対は、容量効果または、少なくとも1本の導電ストリップによって提供される直接接触によって電磁気結合される、請求項1、2、または3に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項5】

前記ストリップは直線軸に沿って整列している、請求項4に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項6】

前記ストリップは直線軸に沿って整列していない、請求項4に記載のアンテナ装置用の接

地面。

【請求項 7】

前記アンテナ用の接地面は、少なくとも 2 本の導電ストリップを有し、前記ストリップの両方は、前記導電面の両縁に位置する少なくとも 2 個の点において前記導電面の内の少なくとも 2 枚の導電面を接続する、請求項 1、2、または 4 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 8】

前記複数のストリップの内の少なくとも 1 本は、前記接地面の外周面を規定する複数の縁の内の 1 本に沿って整列する、請求項 1、2、4、6、または 7 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 9】

前記接地面は、同じ平面または湾曲した面上に敷設された複数の導電面を有し、前記複数の導電面の内の少なくとも 2 枚は導電ストリップによって接続されている、請求項 2 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 10】

隣接する導電面による組の各々は少なくとも 1 本の導電ストリップによって接続されている、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、または 9 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 11】

前記接地面を規定する全ての導電面は矩形の形状を有し、前記矩形の形状は直線軸に沿って順番に整列しており、前記矩形の形状の組の各々はそれらの間に隙間を規定し、前記複数の隙間の内の少なくとも 1 個の隙間の対向する少なくとも 1 組の縁は少なくとも 1 本の導電ストリップによって接続されている、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、または 10 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 12】

前記接地面を規定する全ての導電面は同じ水平幅を有し、直線の垂直軸に沿って順番に整列し、

隣接する導電面による対の各々はそれらの間に隙間を規定し、

隣接する導電面による対の各々は導電ストリップによって前記隙間を横切るように接続され、前記導電ストリップは前記接地面の外周の縁に沿って整列し、前記縁は、前記接地面の中央を横切る垂直軸に対して左右の側において交互および順番に選択される、請求項 1、2、4、6、8、9、10、または 11 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 13】

前記複数の導電面の内の 2 枚を接続する前記複数のストリップの内の少なくとも 1 本はジグザグまたは蛇行曲線として形成されている、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、または 12 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 14】

前記複数の導電面の内の少なくとも 1 枚、および/または前記接地面の前記複数の導電ストリップの内の少なくとも 1 本は空間充填曲線 (SFC) として形成され、前記 SFC は少なくとも 10 本の接続された直線セグメントによって構成され、

前記複数のセグメントは自由空間波長の 10 分の 1 より小さく、前記隣接し接続されたセグメントのいずれも各々のセグメントより長い直線セグメントを形成しないように空間的に配列される、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、または 13 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 15】

前記セグメントは、前記曲線の先端において互いに交差する、請求項 14 に記載のアンテナ用の接地面。

【請求項 16】

前記隣接するセグメントの対の各々によって形成される角部は丸められるか、別の方法で滑らかになっている、請求項 14 または 15 に記載のアンテナ用の接地面。

【請求項 17】

前記曲線は、固定された空間の直線の方角に沿って選択的に周期性を有することができ、これは、前記周期が少なくとも 10 本の接続されたセグメントによって構成された非周期的曲線によって規定され、前記隣接して接続された複数のセグメントによる対のいずれも各々のセグメントより長い直線セグメントを規定していない場合である、請求項 14 から 16 のいずれか 1 項に記載のアンテナ用の接地面。

【請求項 18】

前記アンテナ装置用の接地面の 1 部は S F C として形成され、前記 S F C は 1 より大きなボックスカウンティング次元を特徴とし、前記ボックスカウンティング次元は通常、対数 - 対数グラフの直線部分の傾斜として算出され、斯かる直線部分は、対数 - 対数グラフの水平軸の目盛りの少なくとも 1 オクターブを占める直線部分として規定される、請求項 14 に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 19】

前記アンテナ装置用の接地面 1 部は、ヒルバート、ペアノ、S Z、Z Z、ヒルバート Z Z、ペアノインク、ペアノデック、またはペアノ Z Z 曲線のいずれかとして形成される、請求項 14 から 18 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 20】

前記複数の導電面の内の 2 枚を接続する前記複数のストリップの内の少なくとも 1 本は S F C として形成されている、請求項 14 から 19 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 21】

前記複数の導電面の内の少なくとも 2 枚の間の複数の隙間の内の少なくとも 1 個は、少なくとも 2 本の異なる長さの導電ストリップを有する、請求項 1 から 20 の任意の 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 22】

前記接地面を規定する前記複数の導電面の内の少なくとも 2 枚の間の隙間の少なくとも一部は S F C として形成されている、請求項 14 から 20 の任意の 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 23】

前記接地面に覆われた表面の少なくとも 50 % はストリップによって充填され、前記ストリップは S F C として形成されている、請求項 14 から 22 の任意の 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 24】

前記接地面の幾何学的配置の少なくとも 1 部はマルチレベル構造であり、前記マルチレベル構造は導体多角形群を含み、前記多角形群の全ては辺の数が同じであることを特徴とし、前記複数の多角形は、容量結合またはオーム接触によって電磁気結合され、オーム接触されている多角形間の接触領域の幅は、前記導体接地面を規定する前記導体多角形のうち少なくとも 75 % の多角形に対しては前記多角形の外周長の 50 % より狭い、請求項 1 から 23 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 25】

前記接地面の外周の形状、前記導電面の形状、または前記接地面に含まれる両方の種類の要素は、正方形、長方形、三角形、円形、半円、楕円、または半楕円である、請求項 1 から 24 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 26】

前記アンテナ装置は手持ち型のワイヤレス装置である、上記請求項のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 27】

前記アンテナ装置はマイクロストリップパッチアンテナである、請求項 1 から 25 のい

れか 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 28】

前記アンテナ装置は板状逆 F アンテナ (P I F A) である、請求項 1 から 25 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面

【請求項 29】

前記アンテナ装置はモノポールアンテナである、請求項 1 から 25 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置用の接地面。

【請求項 30】

前記アンテナは自由空間波長の半分より小さい、上記請求項の任意の 1 項に記載の接地面を含むアンテナ装置。

【請求項 31】

前記アンテナは、同じ放射要素を有するが、従来の連続面型の接地面を有する別のアンテナよりも小型である、請求項 1 から 30 の任意の 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 32】

前記アンテナは、同じ放射要素を有するが、同じ大きさおよび同じ外周形状を有する従来の連続面型の接地面を有する別のアンテナより広いバンド幅を特徴とする、請求項 1 から 31 の任意の 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 33】

前記アンテナはマルチバンドの作用を特徴とする、請求項 1 から 32 の任意の 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 34】

前記アンテナは、A M P S、G S M 9 0 0、G S M 1 8 0 0、P C S 1 9 0 0、U M T S または C D M A のセルラ方式システム、
または I E E E 8 0 2 . 1 1 や B l u e t o o t h などの W L A N システム、
の内の少なくとも 1 個若しくはこれらの組み合わせに対するマイクロセル若しくはピコセルにおけるカバレッジを提供する、請求項 24、25、26、27、28、または 29 に記載のアンテナ装置。

【請求項 35】

前記アンテナは、自動車のリアミラーの内部に装着されて、
A M P S、G S M 9 0 0、G S M 1 8 0 0、P C S 1 9 0 0、U M T S または C D M A のセルラ方式システム、
または I E E E 8 0 2 . 1 1 や B l u e t o o t h などの W L A N システム、
の内の少なくとも 1 個若しくはこれらの組み合わせに対するマイクロセル若しくはピコセルにおけるカバレッジを提供する、請求項 27 から 32 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 36】

前記アンテナはキーレスドアロック作動装置に内部に装着される、請求項 27 から 32 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 37】

前記放射要素は前記接地面と同様の形状を有し、前記放射要素は、前記接地面と平行または直交するように配置される、請求項 1 から 25 に記載のアンテナ装置。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Inte pnal Application No PC1/EP 01/10589
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01Q1/36 H01Q1/38 H01Q9/04 H01Q5/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01Q		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 688 040 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 20 December 1995 (1995-12-20) abstract column 1, line 14 -column 9, line 6; figures 1,3	1-3
E	EP 1 148 581 A (KOSAN INFORMATION & TECHNOLOGY) 24 October 2001 (2001-10-24) abstract column 7, line 1 -column 7, line 49; figures 9,11	1-3
A	US 6 140 975 A (COHEN NATHAN) 31 October 2000 (2000-10-31) the whole document	1-22,28, 29,34
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
17 May 2002		28/05/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer van Norel, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/EP 01/10589
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 495 261 A (BAKER WILLIAM W ET AL) 27 February 1996 (1996-02-27) abstract -----	1
A	WO 01 54225 A (FRACTUS S A ;ANGUERA PROS JAIME (ES); PUENTE BALIARDA CARLES (ES);) 26 July 2001 (2001-07-26) the whole document -----	1-22
A	WO 00 52784 A (WEINBERGER MARTIN ;HUBER STEFAN (DE); SIEMENS AG (DE)) 8 September 2000 (2000-09-08) abstract; figures 1,5 -----	13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

 International Application No.
PCT/EP 01/10589

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0688040	A	20-12-1995	CN 1116779 A ,B DE 69524296 D1 EP 0688040 A2 JP 3273402 B2 JP 8065038 A US 5594455 A	14-02-1996 17-01-2002 20-12-1995 08-04-2002 08-03-1996 14-01-1997
EP 1148581	A	24-10-2001	CN 1318880 A EP 1148581 A1 JP 2001313518 A	24-10-2001 24-10-2001 09-11-2001
US 6140975	A	31-10-2000	EP 0843905 A1 WO 9706578 A1 US 6104349 A	27-05-1998 20-02-1997 15-08-2000
US 5495261	A	27-02-1996	NONE	
WO 0154225	A	26-07-2001	WO 0154225 A1 AU 3150000 A	26-07-2001 31-07-2001
WO 0052784	A	08-09-2000	AU 3802000 A WO 0052784 A1 DE 10080501 D2	21-09-2000 08-09-2000 28-03-2002

フロントページの続き

(特許庁注：以下のものは登録商標)

B l u e t o o t h

(72)発明者 キンテロ イリェラ ラミーロ

スペイン サンタ コロマ デ グラメネット アベニーダ フランセスク マシア 2 1 ; 4 -
1

(72)発明者 プエンテ バリアルダ カルレス

スペイン サント クガト デル バリエス パルケ エンブレサリアル サン ホアン アルカ
ルデ バルニルス エディフィシオ テスタ モデューロ セ テルセロピソ

Fターム(参考) 5J045 AA01 AA02 AA03 AA05 AB05 DA08 DA10 NA01

5J046 AA03 AB06 AB13 TA03