(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 073 143 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
30.05.2007 Bulletin 2007/22

(51) Int Cl.:
H01Q 21/24 *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **00460045.8**

(22) Date de dépôt: **26.07.2000**

(54) **Antenne imprimée bi-polarisation et réseau d'antennes correspondant**

Dualpolarisierte gedruckte Antenne und entsprechende Gruppenantenne

Dual polarisation printed antenna and corresponding array

(84) Etats contractants désignés:
AT DE ES GB IT SE

(30) Priorité: **30.07.1999 FR 9910105**

(43) Date de publication de la demande:
31.01.2001 Bulletin 2001/05

(73) Titulaire: **FRANCE TELECOM**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeur: **Brachat, M. Patrice**
06000 Nice (FR)

(74) Mandataire: **Vidon, Patrice**
Cabinet Vidon
16 B, rue Jouanet - B.P. 90333
Technopole Atalante
35703 Rennes Cedex 7 (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 654 845 **US-A- 5 872 545**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 073 143 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] Le domaine de l'invention est celui des antennes hyperfréquences. Plus précisément, l'invention concerne une antenne imprimée bi-polarisation, ainsi qu'un réseau d'antennes correspondant.

[0002] L'antenne selon la présente invention a de nombreuses applications. Elle peut par exemple être utilisée comme sonde dans des dispositifs de test d'antenne par mesure de rayonnements radioélectriques. On rappelle que de tels dispositifs permettent notamment d'effectuer des prévisions de couverture radioélectrique, des mesures d'appareils (mobiles ou autres) en vue de la conformité aux normes, une vérification de la sécurisation des signaux utiles émis, ou encore des mesures destinées aux études des interactions des ondes radioélectriques avec les personnes.

[0003] Elle peut également être utilisée dans le domaine des télécommunications, par exemple dans les stations de base d'un système de radiocommunication (GSM ou autre), ou encore dans un récepteur satellite multimédia.

[0004] Dans toutes ces applications, on souhaite de façon classique que l'antenne utilisée possède un diagramme de rayonnement omnidirectionnel (s'approchant le plus d'un dipôle infinitésimal), une large bande passante et une excellente pureté de polarisation.

[0005] Dans le cadre de la présente invention, on souhaite en outre que l'antenne soit à double polarisation. En effet, on note une généralisation de l'usage de ce type d'antenne duplexée en polarisation.

[0006] C'est également du fait de cette généralisation qu'un dispositif de test d'antenne nécessite maintenant la mise en oeuvre de sondes duplexées en polarisation, c'est-à-dire capables de mesurer deux composantes orthogonales du champ électrique. En effet, la mesure effectuée par le dispositif de test doit notamment fournir, pour l'antenne sous test, les caractéristiques en découplage de polarisation. On comprend donc que la sonde doive elle-même avoir une excellente isolation entre ses accès et présenter des niveaux de polarisation croisée très faibles.

[0007] Traditionnellement, on utilise comme sondes de mesure des antennes de type guide ouvert ou cornet. Or, celles-ci présentent une "épaisseur" importante (5 à 10 longueurs d'onde λ) qui devient rédhibitoire pour un usage dans des bandes de fréquences inférieures à 3 GHz.

[0008] Afin de résoudre ce problème d'encombrement, certains ont pu être tentés par la technologie imprimée. En effet, l'un des intérêts majeurs de cette technologie est de permettre la réalisation d'antennes de faible encombrement (dont l'épaisseur reste généralement de l'ordre de $\lambda/4$) et de faible poids. En outre, on connaît à travers la littérature de nombreuses structures d'antennes imprimées duplexées en polarisation.

[0009] Mais, dans la pratique, il n'existe à ce jour aucune antenne imprimée bi-polarisation possédant un diagramme de rayonnement omnidirectionnel, une large bande passante et une excellente pureté de polarisation. En effet, elles sont toutes actuellement constituées à bases de pastilles métalliques résonantes (ou "patchs résonants"), alimentées par couplage (lignes ou fentes découpées dans un plan de masse) ou par contact (sondes coaxiales). Or, l'usage de "patchs résonants" conduit malheureusement à des bandes passantes réduites (rarement plus de 20 % à ROS (Rapport d'Onde Stationnaire) inférieur à 2). Les antennes imprimées connues ne vérifient que deux des trois critères (à savoir diagramme de rayonnement omnidirectionnel et pureté de polarisation), et ne conviennent donc pas aux applications précitées.

[0010] L'invention a notamment pour objectif de pallier ces différents inconvénients de l'état de la technique.

[0011] Plus précisément, l'un des objectifs de la présente invention est de fournir une antenne imprimée bi-polarisation possédant non seulement un diagramme de rayonnement omnidirectionnel et une excellente pureté de polarisation, mais également une large bande passante (par exemple supérieure à 50 % à ROS < 2).

[0012] L'invention a également pour objectif de fournir une telle antenne pouvant fonctionner en polarisation circulaire.

[0013] Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle antenne ayant une directivité accrue.

[0014] Ces différents objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'une antenne imprimée bi-polarisation comprenant :

- des première, seconde et troisième plaques de substrat superposées ;
- un premier dépôt métallique, situé sur la face externe de ladite première plaque de substrat et définissant au moins un premier élément rayonnant du type dipôle, en forme de T, la barre horizontale dudit T étant constituée de deux brins latéraux rayonnants séparés par une fente de couplage ;
- une première ligne d'alimentation selon une première polarisation, située entre lesdites première et seconde plaques de substrat et alimentant ledit au moins un premier élément rayonnant ;
- un second dépôt métallique, situé sur la face externe de ladite troisième plaque de substrat et définissant au moins un second élément rayonnant du type dipôle, en forme de T, la barre horizontale dudit T étant constituée de deux brins latéraux rayonnants séparés par une fente de couplage ;
- une seconde ligne d'alimentation selon une seconde polarisation, située entre lesdites seconde et troisième plaques de substrat et alimentant ledit au moins un second élément rayonnant.

[0015] Le principe général de l'invention consiste donc à superposer au moins un premier dipôle imprimé en T et au moins un second dipôle imprimé en T, chacun ayant

une polarisation distincte. On obtient donc une structure à trois couches de substrat et quatre couches de métallisation (deux pour les éléments rayonnants et deux pour les lignes d'alimentation). Cette topologie évite les intersections physiques entre les lignes d'alimentation et limite donc les risques de couplages parasites.

[0016] De cette façon, l'antenne bi-polarisation selon l'invention bénéficie de tous les avantages liés au dipôle imprimé en T "monopolarisation", à savoir un faible encombrement, un maintien mécanique aisé, un diagramme de rayonnement omnidirectionnel et une large bande passante (supérieure à 50 % à ROS < 2). En outre, il s'agit d'une technologie simple à mettre en oeuvre.

[0017] Pour une description détaillée du dipôle imprimé en T, on pourra se reporter notamment au brevet français n° 93 14276.

[0018] Il est à noter que le faible encombrement de l'antenne selon l'invention (en particulier en épaisseur) la rend particulièrement adaptée aux dispositifs de test précités, et notamment à ceux en champ proche. On rappelle que ces derniers permettent de mesurer le champ radioélectrique émis à faible distance par un équipement électronique (sous test). De telles mesures visent à fournir une meilleure connaissance des phénomènes de propagation à faible distance des appareils électroniques, et à permettre la mise en évidence des interactions entre les ondes rayonnées par les appareils et le corps humain (ce qui est souvent rendu difficile par l'extrême proximité de l'appareil).

[0019] Dans un mode de réalisation préférentiel de l'invention, ledit premier dépôt métallique définit deux premiers éléments rayonnants du type dipôle, chacun en forme de T et accolés l'un à l'autre par l'extrémité libre de la barre verticale de chaque T. Ladite première ligne d'alimentation possède deux branches alimentant chacune l'un des deux premiers éléments rayonnants. Ledit second dépôt métallique définit deux seconds éléments rayonnants du type dipôle, chacun en forme de T et accolés l'un à l'autre par l'extrémité libre de la barre verticale de chaque T. Ladite seconde ligne d'alimentation possède deux branches alimentant chacune l'un des deux seconds éléments rayonnants.

[0020] En accolant deux à deux des éléments rayonnants en T associés à une même polarisation, on introduit une symétrie géométrique qui permet d'améliorer la pureté de polarisation (niveaux de polarisation croisée très faibles) et l'isolation entre accès.

[0021] Préférentiellement, l'axe longitudinal des T desdits premiers éléments rayonnants est décalé d'environ 90° par rapport à l'axe longitudinal des T desdits seconds éléments rayonnants.

[0022] De cette façon, on introduit un niveau de symétrie supplémentaire, ce qui permet d'améliorer encore la pureté de polarisation et l'isolation entre accès.

[0023] De façon avantageuse, la barre verticale du T de chaque élément rayonnant constitue un plan de masse pour au moins une partie desdites première et seconde lignes d'alimentation. Les barres verticales des T des premiers éléments constituent donc un premier plan de masse, tandis que les barres verticales des T des seconds éléments constituent donc un second plan de masse. Ainsi, les lignes d'alimentation fonctionnent comme des éléments triplaques (striplines), et sont donc blindées (elles sont comprises entre les premier et second plans de masse). Ceci supprime les problèmes de fuites et de diffractions parasites, qui seraient susceptibles de détériorer les performances (en particulier de pureté de polarisation) de la structure globale.

[0024] L'invention concerne également une antenne imprimée bi-bande, à double polarisation dans chaque bande.

[0025] L'invention prévoit aussi la mise en réseau de l'antenne décrite ci-dessus, de façon à obtenir une directivité accrue.

[0026] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre d'exemple indicatif et non limitatif, et des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 présente une vue de dessus, faisant néanmoins apparaître les différentes couches constitutives superposées, d'un mode de réalisation préférentiel de l'antenne selon l'invention ;
- la figure 2 présente une vue de côté de l'antenne de la figure 1 ;
- la figure 3 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du rapport d'onde stationnaire pour l'antenne de la figure 1 ;
- la figure 4 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, de l'isolation aux accès pour l'antenne de la figure 1 ;
- la figure 5 présente une courbe de variation, dans un abaque de Smith, de l'impédance d'entrée pour l'antenne de la figure 1 ;
- les figures 6 et 7 présentent des diagrammes de rayonnement pour les accès H et V respectivement de l'antenne de la figure 1 ;
- les figures 8, 9 et 10 présentent trois variantes de moyens de déphasage permettant à l'antenne selon l'invention de générer une polarisation circulaire ;
- la figure 11 présente une vue de côté de l'antenne de la figure 1 incluant en outre des moyens de déphasage ;
- les figures 12 et 13 présentent deux variantes de moyens de réflexion permettant de supprimer une partie du rayonnement arrière de l'antenne de la figure 1 ;
- les figures 14 et 15 présentent deux variantes de mise en réseau de l'antenne de la figure 1 ; et
- la figure 16 présente une vue de côté d'une variante bi-bande de l'antenne selon l'invention.

[0027] L'invention concerne donc une antenne imprimée bi-polarisation. Dans la suite de la description on considère le cas des polarisations horizontale et vertica-

le. Il est clair toutefois que l'invention s'applique à d'autres types de double polarisation (polarisations à ± 45° par exemple).

[0028] Comme illustré sur les figures 1 et 2, dans un mode de réalisation préférentiel, l'antenne selon la présente invention comprend :

- des première, seconde et troisième plaques de substrat, 1 à 3, superposées (représentées sur la figure 2 uniquement) ;
- un premier dépôt métallique 4, situé sur la face externe la de la première plaque de substrat 1 et définissant deux premiers éléments rayonnants 5, 6 du type dipôle, chacun en forme de T et accolés l'un à l'autre par l'extrémité libre de la barre verticale 5a, 6a de chaque T, la barre horizontale 5b, 6b de chaque T étant constituée de deux brins latéraux rayonnants 5c, 5d et 6c, 6d séparés par une fente de couplage 5e, 6e ;
- une première ligne d'alimentation 7 selon une première polarisation, située entre les première et seconde plaques de substrat 1, 2 et possédant deux branches 7a, 7b (grâce à un diviseur par deux non représenté) alimentant chacune l'un des deux premiers éléments rayonnants 5, 6 ;
- un second dépôt métallique 8, situé sur la face externe 3a de la troisième plaque de substrat 3 et définissant deux seconds éléments rayonnants 9, 10 du type dipôle, chacun en forme de T et accolés l'un à l'autre par l'extrémité libre de la barre verticale 9a, 10a de chaque T, la barre horizontale 9b, 10b de chaque T étant constituée de deux brins latéraux rayonnants 9c, 9d et 10c, 10d séparés par une fente de couplage 9e, 10e ;
- une seconde ligne d'alimentation 11 selon une seconde polarisation, située entre les seconde et troisième plaques de substrat 2, 3 et possédant deux branches 11a, 11b (grâce à un diviseur par deux non représenté) alimentant chacune l'un des deux seconds éléments rayonnants 9, 10.

[0029] La première ligne d'alimentation 7 possède un premier accès (noté "accès V", pour accès vertical, sur la figure 1). De même, la seconde ligne d'alimentation 11 possède un second accès (noté "accès H", pour accès horizontal, sur la figure 1).

[0030] Chacun des accès H, V des lignes d'alimentation 7, 11 est par exemple relié à un connecteur (non représenté) de type SMA (ou autre) lui-même relié à un câble coaxial.

[0031] L'axe longitudinal des T des premiers éléments rayonnants 5,6 est décalé d'environ 90° par rapport à l'axe longitudinal des T des seconds éléments rayonnants 9, 10. Ainsi, on a une topologie parfaitement symétrique, en forme de croix. En d'autres termes, les premier et second dépôts métalliques 4, 8 ont dans cet exemple la même forme (y compris la surface centrale conductrice de forme carrée discutée ci-dessous), et sont simplement décalés d'un quart de tour l'un par rapport à l'autre.

[0032] Les barres verticales des T des premiers éléments rayonnants 5, 6 constituent un premier plan de masse pour les première et seconde lignes d'alimentation 7, 11 (et en particulier pour le diviseur par 2 compris dans chacune de ces dernières). De même, les barres verticales des T des seconds éléments rayonnants 9, 10 constituent un second plan de masse pour les première et seconde lignes d'alimentation 7, 11 (en particulier pour le diviseur par 2 compris dans chacune de ces dernières). Les première et seconde lignes d'alimentation fonctionnent donc comme des éléments triplaques (stripline). L'extrémité libre de chacune de ces barres verticales de T est élargie, de façon à augmenter la surface des plans de masse. Dans l'exemple illustré, l'élargissement se traduit par l'obtention, au centre de chacun des premier et second dépôts métalliques 4, 8, d'une surface conductrice de forme carrée.

[0033] Chacune des branches 7a, 7b, 11a, 11b de ligne d'alimentation présente une première portion d'extrémité s'étendant selon un axe interceptant l'axe de la fente de l'un des éléments rayonnants et dépassant de l'axe de la fente de l'un des éléments rayonnants d'une première longueur variable d'adaptation (ou stub série) 11. Par ailleurs, la fente de chacun des éléments rayonnants présente une seconde portion d'extrémité dépassant de l'axe de la première portion d'extrémité d'une seconde longueur variable d'adaptation (ou stub parallèle) 12. Dans un souci de clarté, les première et seconde longueurs d'adaptation 11, 12 ne sont référencées, sur la figure 1, que pour l'une des branches d'alimentation (celle référencée 7b). Un choix convenable de ces stubs série et parallèle 11, 12 permet d'adapter l'élément rayonnant concerné sur une large bande.

[0034] L'antenne peut en outre comprendre des moyens à capacité variable (non représentés), permettant d'agir électriquement sur les première et seconde longueurs variables d'adaptation (stubs série et parallèle) de chacun des éléments rayonnants. On rappelle que cette action électrique a le même effet qu'un allongement ou une diminution physique (c'est-à-dire réelle) du stub sur lequel on agit. Des exemples de tels moyens à capacité variable sont décrits en détails dans le brevet français n° 93 14276, auquel on pourra se reporter.

[0035] On présente maintenant, en relation avec les figures 3 à 7, les performances d'un exemple d'antenne selon le mode de réalisation préférentiel décrit ci-dessus. Dans cet exemple, l'antenne possède les caractéristiques suivantes :

- encombrement (cf. fig. 1 et 2) : L = 160 mm, l = 160 mm et h = 45 mm ;
- substrat : Duroïd type verre téflon, de permittivité relative ε_r = 2,2 et d'épaisseur 1,52 mm (pour chacune des trois plaques de substrat 1, 2, 3).

[0036] Cette d'antenne est extrêmement large bande

puisqu'elle fonctionne de 0,6 GHz à 1,1 GHz pour un ROS inférieur à 2 (cf. fig.3). Ceci correspond à plus de 75 % de bande passante. On rappelle que ce pourcentage est obtenu par division de la largeur de bande par la fréquence centrale de cette bande.

[0037] Son isolation reste inférieure à - 30 dB de 0,75 GHz à 1,1 GHz (cf. fig.4).

[0038] Sa courbe d'impédance (cf. fig.5) montre une boucle de couplage caractéristique de l'élément dipôle, ce dernier étant associé d'une part à son stub série (ligne d'alimentation qui va au-delà de la fente de couplage) et d'autre part à son stub parallèle (fente qui se prolonge au-delà de la ligne d'alimentation). C'est la présence de cette boucle qui garantit une faible dispersion en fréquence et traduit l'efficacité du dispositif d'alimentation.

[0039] Ses diagrammes de rayonnement (cf. fig.6 et 7) ont été mesurés à la fréquence de 980 MHz. Ils mettent en évidence, pour les deux accès de l'antenne, les excellentes propriétés de symétrie de la structure. On notera aussi le faible niveau de polarisation croisée qu'elle génère (inférieur à - 30 dB dans l'axe de l'élément).

[0040] L'antenne selon l'invention permet également de générer de façon simple et efficace de la polarisation circulaire, en alimentant les couples de premiers 5, 6 et seconds 9, 10 éléments rayonnants en quadrature. En d'autres termes, on introduit entre ces deux couples un déphasage de $\pi/2$ dans le temps. A cet effet, l'antenne comprend en outre des moyens de déphasage.

[0041] On décrit maintenant, en relation avec les figures 8 à 11 plusieurs variantes de ces moyens de déphasage. Il est clair que ces exemples ne sont donnés qu'à titre indicatif, d'autres solutions pouvant être envisagées sans sortir du cadre de la présente invention.

[0042] Une première solution (cf. fig.8) consiste à utiliser un élément hybride 80. Cet élément hybride, bien connu, comprend deux bornes d'entrée 81, 82 et deux bornes de sortie 83, 84. Dans la présente application, on injecte sur l'une des borne d'entrée (si l'antenne fonctionne en émission), ou l'on y reçoit (si l'antenne fonctionne en réception), soit un signal en polarisation circulaire droite (par exemple sur la borne d'entrée 81), soit un signal en polarisation circulaire gauche (par exemple sur la borne d'entrée 82). Les bornes de sortie 83, 84 sont connectées respectivement aux accès H et V des première et seconde lignes d'alimentation 7, 11.

[0043] Une seconde solution (cf. fig.9) consiste à utiliser un anneau rat-race 90. Cet anneau rat-race, également bien connu, comprend lui aussi deux bornes d'entrée 91, 92 et deux bornes de sortie 93, 94. Sa mise en oeuvre, dans le cadre de la présente application, est identique à celle décrite ci-dessus pour l'élément hybride 80.

[0044] Une troisième solution (cf. fig.10), plus compacte, consiste à utiliser des éléments localisés (selfs et capacités). L'assemblage correspondant (bien connu en lui-même) 100 comprend également deux bornes d'entrée 101, 102 et deux bornes de sortie 103, 104. Sa mise en oeuvre, dans le cadre de la présente application, est identique à celle décrite ci-dessus pour l'élément hybride 80.

[0045] Quelle que soit la solution retenue, ces moyens de déphasage peuvent être intégrés sur un circuit imprimé venant se placer au milieu de la structure superposée. Dans ce cas, comme illustré sur la figure 11, la seconde plaque de substrat 2 (ou plaque centrale) est divisée en deux sous-couches 2A et 2B, entre lesquelles vient se positionner le circuit imprimé (ou dépôt métallique) 12 supportant les moyens de déphasage. Ce circuit imprimé 12 est relié d'une part à l'accès V de la première ligne d'alimentation 7, par l'intermédiaire d'un premier trou métallisé (ou contact traversant) 13, et d'autre part à l'accès H de la seconde ligne d'alimentation 11, par l'intermédiaire d'un second trou métallisé 14.

[0046] Par ailleurs, de façon optionnelle, l'antenne peut comprendre des moyens de réflexion, visant à augmenter sa directivité en supprimant une partie de son rayonnement. Il s'agit par exemple de supprimer un rayonnement arrière de l'antenne, de façon à diriger vers l'avant l'énergie rayonnée et augmenter la directivité de l'antenne de quelques dB, tout en conservant des performances large bande.

[0047] On présente maintenant, en relation avec les figures 12 et 13, deux variantes de ces moyens de réflexion. Il est clair que ces exemples ne sont donnés qu'à titre indicatif, d'autres solutions pouvant être envisagées sans sortir du cadre de la présente invention.

[0048] Une première solution (cf. fig.12) consiste à introduire l'antenne 120 (telle que précédemment décrite) dans un tronçon de guide d'ondes 121. Ceci permet de constituer de manière simple un système d'alimentation duplexé en guide d'ondes.

[0049] Une seconde solution (cf. fig.13) consiste à utiliser un plan de sol 131 à environ $\lambda/3$ de l'antenne 130 (telle que précédemment décrite). On notera que les diagrammes de rayonnement présentés sur les figures 6 et 7 ont été obtenus en présence d'un plan de sol.

[0050] Il est également possible, afin d'accroître l'obtenir une directivité accrue, de mettre en réseau l'antenne telle que décrite ci-dessus. En d'autres termes, l'antenne constitue alors l'élément de base du réseau.

[0051] On présente maintenant, en relation avec les figures 14 et 15, deux modes de réalisation particuliers d'une telle mise en réseau. Il est clair que ceux-ci ne sont donnés qu'à titre indicatif, diverses variantes pouvant être envisagées sans sortir du cadre de la présente invention.

[0052] Dans le premier mode de réalisation (cf. fig.14), le réseau est monodimensionnel. Il présente un diagramme de rayonnement directif en élévation (comme schématisé par l'arc de cercle référencé 140) et large (voire omnidirectionnel) en azimut (comme schématisé par l'arc de cercle référencé 141). Un réseau ayant de telles qualités convient notamment aux antennes des stations de base des systèmes de radiocommunication (par exemple GSM ou DCS).

[0053] Dans le second mode de réalisation (cf. fig.15), le réseau est plan bidimensionnel. Il permet des pointa-

ges importants jusqu'à de faibles élévations, grâce à son diagramme élémentaire moins directif que celui des éléments imprimés résonants traditionnels (à patchs). Un réseau ayant de telles qualités convient aux antennes sol, destinées à la réception dans le cadre d'applications multimédia par satellite.

[0054] Comme illustré sur la figure 15, la mise en réseau peut être combinée avec l'utilisation de moyens de réflexion (par exemple un plan de sol).

[0055] On présente maintenant, en relation avec la figure 16, une variante bi-bande de l'antenne selon l'invention.

[0056] On retrouve au centre de la superposition, les différentes couches constitutives (trois plaques de substrat 1, 2, 3, deux lignes d'alimentation 7, 11, et deux couples d'éléments rayonnants en T accolés 4, 8) de l'antenne de la figure 1. On suppose que celles-ci fonctionnent dans une première bande de fréquences.

[0057] Par ailleurs, afin de permettre son fonctionnement dans une autre bande de fréquences, l'antenne comprend les autres couches suivantes :

- des quatrième et cinquième plaques de substrat 20, 21, superposées contre la face externe de la première plaque de substrat 1, et des sixième et septième plaques de substrat 22, 23, superposées contre la face externe de la troisième plaque de substrat 3 ;
- un troisième dépôt métallique 24, situé sur la face externe de la cinquième 21 plaque de substrat et définissant un couple de troisièmes éléments rayonnants en T ;
- une troisième ligne d'alimentation 25 selon l'une deux polarisations, située entre les quatrième et cinquième plaques de substrat 20, 21 et alimentant les troisièmes éléments rayonnants ;
- un quatrième dépôt métallique 26, situé sur la face externe de la septième plaque de substrat 23 et définissant un couple de quatrièmes éléments rayonnants en T ;
- une quatrième ligne d'alimentation 27 selon l'autre des polarisations, située entre les sixième et septième plaques de substrat 22, 23 et alimentant les quatrièmes éléments rayonnants.

[0058] Les dimensions des troisième et quatrième dépôts métalliques 24, 26, qui se trouvent aux extrémités de la superposition, doivent être inférieures à celles des premier et second dépôts métalliques 4, 8. En d'autres termes, la seconde bande de fréquences doit être plus élevée en fréquence que la première.

[0059] Il est clair que l'on peut aisément, tout en restant dans le cadre de la présente invention, passer de cette antenne imprimée bi-bande à une antenne imprimée multibande, avec au moins trois bandes de fréquences et une bi-polarisation dans chaque bande. En effet, il suffit pour chaque nouvelle bande d'ajouter quatre couches de substrat (deux de part et d'autre de la superposition) et quatre couches de métallisation (deux pour les éléments rayonnants et deux pour les lignes d'alimentation).

Revendications

1. Antenne imprimée bi-polarisation, **caractérisée en ce qu'**elle comprend :

   - des première, seconde et troisième plaques de substrat (1, 2, 3) superposées;
   - un premier dépôt métallique (4), situé sur la face externe de ladite première plaque de substrat (1) et définissant au moins un premier élément rayonnant (5, 6) du type dipôle, en forme de T, la barre horizontale dudit T étant constituée de doux brins latéraux rayonnants séparés par une fente de couplage ;
   - une première ligne d'alimentation (7) selon une première polarisation, située entre lesdites première et seconde plaques de substrat (1, 2) et alimentant ledit au moins un premier élément rayonnant (5, 6) ;
   - un second dépôt métallique (8), situé sur la face externe de ladite troisième plaque de substrat (3) et définissant au moins un second élément rayonnant du type dipôle (9, 10), en forme de T, la barre horizontale dudit T étant constituée de deux brins latéraux rayonnants séparés par une fente de couplage ;
   - une seconde ligne d'alimentation (11) selon une seconde polarisation, située entre lesdites seconde et troisième plaques de substrat (2, 3) et alimentant ledit au moins un second élément rayonnant (9, 10).

2. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** ledit premier dépôt métallique (4) définit deux premiers éléments rayonnants (5, 6) du type dipôle, chacun en forme de T et accolés l'un à l'autre par l'extrémité libre de la barre verticale de chaque T,
   en ce que ladite première ligne d'alimentation (7) possède deux branches (7a, 7b) alimentant chacune l'un des deux premiers éléments rayonnants,
   en ce que ledit second dépôt métallique (8) définit deux seconds éléments rayonnants (9, 10) du type dipôle, chacun en forme de T et accolés l'un à l'autre par l'extrémité libre de la barre verticale de chaque T, et **en ce que** ladite seconde ligne d'alimentation (11) possède deux branches (11a, 11b) alimentant chacune l'un des deux seconds éléments rayonnants.

3. Antenne selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** l'axe longitudinal des T desdits premiers éléments rayonnants (5, 6) est décalé d'environ 90° par rapport à l'axe longitudinal des T desdits seconds éléments rayonnants (9, 10).

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la barre verticale du T de chaque élément rayonnant constitue un plan de masse pour au moins une partie desdites première et seconde lignes d'alimentation (7, 11).

5. Antenne selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** l'extrémité libre de la barre verticale d'au moins un des T est élargie, de façon à augmenter la surface dudit plan de masse.

6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** chacune desdites lignes d'alimentation ou desdites branches de ligne d'alimentation présente une première portion d'extrémité s'étendant selon un axe interceptant l'axe de la fente de l'un desdits éléments rayonnants et dépassant dudit axe de la fente de l'un desdits éléments rayonnants d'une première longueur variable d'adaptation (11),
et **en ce que** la fente de chacun desdits éléments rayonnants présente une seconde portion d'extrémité dépassant de l'axe de ladite première portion d'extrémité d'une seconde longueur variable d'adaptation (12).

7. Antenne selon la revendication 6, **caractérisée en ce qu**'elle comprend en outre des moyens à capacité variable, permettant d'agir électriquement sur au moins une desdites première et seconde longueurs variables d'adaptation d'au moins un desdits éléments rayonnants.

8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** lesdites première et seconde polarisation forme un couple appartenant au groupe comprenant :

- le couple (polarisation horizontale, polarisation verticale) ;
- le couple (polarisation à +45°, polarisation à -45°).

9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce qu'**elle comprend en outre des moyens (80 ; 90 ; 100) de déphasage desdites première et seconde lignes d'alimentation l'une par rapport à l'autre, d'environ $\pi/2$ dans le temps, de façon que ladite antenne génère une polarisation circulaire.

10. Antenne selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** lesdits moyens de déphasage appartiennent au groupe comprenant :

- les éléments hybrides (80) ;
- les anneaux "rat-race" (90) ;
- les solutions à base d'éléments localisés (100).

11. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce qu'**elle comprend en outre des moyens (121 ; 131) de réflexion, permettant de supprimer une partie du rayonnement de ladite antenne.

12. Antenne selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** lesdits moyens de réflexion appartiennent au groupe comprenant :

- les plans de sol (131) ;
- les portions de guides d'onde (121).

13. Antenne imprimée bi-bande, et bi-polarisation dans chaque bande, **caractérisée en ce qu**'elle comprend les éléments constitutifs d'une antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, pour un fonctionnement bi-polarisation dans une première bande de fréquences,
et en ce qu'elle comprend en outre, pour un fonctionnement bi-polarisation dans une seconde bande de fréquences :

- des quatrième et cinquième plaques de substrat (20, 21), superposées contre la face externe de ladite première plaque de substrat (1), et des sixième et septième plaques de substrat (22, 23), superposées contre la face externe de ladite troisième plaque de substrat (3) ;
- un troisième dépôt métallique (24), situé sur la face externe de ladite cinquième plaque de substrat et définissant au moins un troisième élément rayonnant du type dipôle, en forme de T, la barre horizontale dudit T étant constituée de deux brins latéraux rayonnants séparés par une fente de couplage ;
- une troisième ligne d'alimentation (25) selon l'une desdites première et seconde polarisations, située entre lesdites quatrième et cinquième plaques de substrat et alimentant ledit au moins un troisième élément rayonnant;
- un quatrième dépôt métallique (26), situé sur la face externe de ladite septième plaque de substrat et définissant au moins un quatrième élément rayonnant du type dipôle, en forme de T, la barre horizontale dudit T étant constituée de deux brins latéraux rayonnants séparés par une fente de couplage ;
- une quatrième ligne d'alimentation (27) selon l'autre desdites première et seconde polarisations, située entre lesdites sixième et septième plaques de substrat et alimentant ledit au moins un quatrième élément rayonnant

14. Réseau d'antennes, **caractérisé en ce qu**'il comprend au moins deux antennes selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

Claims

1. Dual-polarization printed antenna, **characterized in that** it comprises:

   - first, second and third superimposed substrate plates (1,2,3);
   - a first metallic deposition (4), situated on the external face of said first substrate plate (1) and defining at least one first radiating element (5,6) of the dipole type, in the form of a T-shape, the horizontal bar of said T consisting of two radiating lateral strands separated by a coupling slot;
   - a first feed line (7) for supplying according to a first polarization, situated between said first and second substrate plates (1,2) and supplying said at least one first radiating element (5,6);
   - a second metallic deposition (8), situated on the external face of said third substrate plate (3) and defining at least one second radiating element of the dipole type (9,10), in the form of a T-shape, the horizontal bar of said T consisting of two radiating lateral strands separated by a coupling slot;
   - a second feed line (11) for supplying according to a second polarization, situated between said second and third substrate plates (2,3) and supplying said at least one second radiating element (9,10).

2. Antenna according to Claim 1, **characterized in that** said first metallic deposition (4) defines two first radiating elements (5,6) of the dipole type, each in the form of a T-shape and adjoining one another via the free end of the vertical bar of each T,
   in that said first feed line (7) possesses two branches (7a,7b) each supplying one of the two first radiating elements,
   in that said second metallic deposition (8) defines two second radiating elements (9,10) of the dipole type, each in the form of a T-shape and adjoining one another via the free end of the vertical bar of each T,
   and **in that** said second feed line (11) possesses two branches (11a, 11b) each supplying one of the two second radiating elements.

3. Antenna according to Claim 2, **characterized in that** the longitudinal axis of the T of said first radiating elements (5,6) is shifted by about 90° with respect to the longitudinal axis of the T of said second radiating elements (9,10).

4. Antenna according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the vertical bar of the T of each radiating element constitutes an earth plane for at least one part of said first and second feed lines (7, 11) .

5. Antenna according to Claim 4, **characterized in that** the free end of the vertical bar of at least one of the Ts is widened, so as to increase the surface area of said earth plane.

6. Antenna according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** each of said feed lines or of said feed line branches has a first end portion extending along an axis intercepting the axis of the slot of one of said radiating elements and overshooting said axis of the slot of one of said radiating elements by a first variable adaptation length (11),
   and **in that** the slot of each of said radiating elements has a second end portion overshooting the axis of said first end portion by a second variable adaptation length (12).

7. Antenna according to Claim 6, **characterized in that** it furthermore comprises variable-capacitance means, making it possible to act electrically on at least one of said first and second variable adaptation lengths of at least one of said radiating elements.

8. Antenna according to any one of Claims 1 to 7, **characterized in that** said first and second polarizations form a pair belonging to the group comprising:

   - the pair (horizontal polarization, vertical polarization);
   - the pair (+45° polarization, -45° polarization).

9. Antenna according to any one of Claims 1 to 9, **characterized in that** it furthermore comprises means (80;90;100) for phase shifting said first and second feed lines with respect to one another, by about $\pi/2$ over time, in such a way that said antenna generates a circular polarization.

10. Antenna according to Claim 9, **characterized in that** said phase shifting means belong to the group comprising:

    - hybrid elements (80);
    - "rat-race" rings (90);
    - solutions based on localized elements (100).

11. Antenna according to any one of Claims 1 to 10, **characterized in that** it furthermore comprises reflection means (121;131) making it possible to remove part of the radiation of said antenna.

12. Antenna according to Claim 11, **characterized in that** said reflection means belong to the group comprising:

    - ground planes (131);
    - waveguide portions (121).

13. Dual-band printed antenna, with dual-polarization in each band, **characterized in that** it comprises the constituent elements of an antenna according to any one of Claims 1 to 12, for dual-polarization operation in a first frequency band,
and **in that** it furthermore comprises, for dual-polarization operation in a second frequency band:

- fourth and fifth substrate plates (20,21), superimposed against the external face of said first substrate plate (1), and sixth and seventh substrate plates (22,23), superimposed against the external face of said third substrate plate (3);
- a third metallic deposition (24), situated on the external face of said fifth substrate plate and defining at least one third radiating element of the dipole type, in the form of a T-shape, the horizontal bar of said T consisting of two radiating lateral strands separated by a coupling slot;
- a third feed line (25) for supplying according to one of said first and second polarizations, situated between said fourth and fifth substrate plates and supplying said at least one third radiating element;
- a fourth metallic deposition (26), situated on the external face of said seventh substrate plate and defining at least one fourth radiating element of the dipole type, in the form of a T-shape, the horizontal bar of said T consisting of two radiating lateral strands separated by a coupling slot;
- a fourth feed line (27) for supplying according to the other of said first and second polarizations, situated between said sixth and seventh substrate plates and supplying said at least one fourth radiating element.

14. Antenna array, **characterized in that** it comprises at least two antennas according to any one of Claims 1 to 13.

Patentansprüche

1. Doppelt polarisierte gedruckte Antenne, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aufweist:

- erste, zweite und dritte übereinander angeordnete Substratplatten (1, 2, 3);
- eine erste Metallbeschichtung (4), die sich auf der Außenseite der ersten Substratplatte (1) befindet und mindestens ein erstes strahlendes Element (5, 6) vom Typ Dipol in Form eines T definiert, wobei der waagrechte Balken des T aus zwei seitlichen strahlenden Einzeldrähten besteht, die durch einen Kopplungsspalt getrennt sind;
- eine erste Speiseleitung (7) gemäß einer ersten Polarisation, die sich zwischen der ersten und der zweiten Substratplatte (1, 2) befindet und das mindestens eine erste strahlende Element (5, 6) speist;
- eine zweite Metallbeschichtung (8), die sich auf der Außenseite der dritten Substratplatte (3) befindet und mindestens ein zweites strahlendes Element vom Typ Dipol (9, 10) in Form eines T definiert, wobei der waagrechte Balken des T aus zwei seitlichen strahlenden Einzeldrähten besteht, die durch einen Kopplungsspalt getrennt sind;
- eine zweite Speiseleitung (11) gemäß einer zweiten Polarisation, die sich zwischen der zweiten und der dritten Substratplatte (2, 3) befindet und das mindestens eine zweite strahlende Element (9, 10) speist.

2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Metallbeschichtung (4) zwei erste strahlende Elemente (5, 6) vom Typ Dipol definiert, jedes in Form eines T und durch das freie Ende des senkrechten Balkens jedes T aneinander befestigt,
dass die erste Speiseleitung (7) zwei Zweige (7a, 7b) aufweist, die je eines der zwei ersten strahlenden Elemente speisen,
dass die zweite Metallbeschichtung (8) zwei zweite strahlende Elemente (9, 10) vom Typ Dipol definiert, jedes in Form eines T und durch das freie Ende des senkrechten Balkens jedes T aneinander befestigt, und dass die zweite Speiseleitung (11) zwei Zweige (11a, 11b) aufweist, die je eines der zwei zweiten strahlenden Elemente speisen.

3. Antenne nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Längsachse der T der ersten strahlenden Elemente (5, 6) um etwa 90° bezüglich der Längsachse der T der zweiten strahlenden Elemente (9, 10) versetzt ist.

4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der senkrechte Balken des T jedes strahlenden Elements eine Masseebene für mindestens einen Teil der ersten und zweiten Speiseleitungen (7, 11) bildet.

5. Antenne nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das freie Ende des senkrechten Balkens mindestens eines der T verbreitert ist, um die Oberfläche der Masseebene zu vergrößern.

6. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede der Speiseleitungen oder der Speiseleitungszweige einen ersten Endabschnitt aufweist, der sich gemäß einer Achse erstreckt, die die Achse des Schlitzes eines der strahlenden Elemente schneidet und über die Achse

des Schlitzes eines der strahlenden Elemente um eine erste variable Anpassungslänge (11) übersteht, und dass der Schlitz jedes der strahlenden Elemente einen zweite Endabschnitt aufweist, der über die Achse des ersten Endabschnitts um eine zweite variable Anpassungslänge (12) übersteht.

7. Antenne nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem Mittel mit variabler Kapazität aufweist, die es ermöglichen, elektrisch auf mindestens eine der ersten und zweiten variablen Anpassungslängen mindestens eines der strahlenden Elemente einzuwirken.

8. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und die zweite Polarisation ein Paar bilden, das zu der Gruppe gehört, die aufweist:

- das Paar (horizontale Polarisation, vertikale Polarisation);
- das Paar (Polarisation bei +45°, Polarisation bei -45°).

9. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem Phasenverschiebungsmittel (80; 90; 100) der ersten und zweiten Speiseleitungen zueinander um etwa $\pi/2$ in der Zeit aufweist, damit die Antenne eine Kreispolarisation erzeugt.

10. Antenne nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasenverschiebungsmittel zu der Gruppe gehören, die aufweist:

- die hybriden Element (80);
- die "Rat-Race"-Ringe (90);
- die Lösungen auf der Basis von lokalisierten Elementen (100).

11. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem Reflexionsmittel (121; 131) aufweist, die es ermöglichen, einen Teil der Strahlung der Antenne zu unterdrükken.

12. Antenne nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reflexionsmittel zu der Gruppe gehören, die aufweist:

- die Gegengewichte (131);
- die Wellenleiterabschnitte (121).

13. Gedruckte Zweibandantenne mit doppelter Polarisation in jedem Band, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie die Elemente aufweist, die eine Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 12 bilden, für einen Betrieb mit doppelter Polarisation in einem ersten Frequenzband,
und dass sie außerdem für einen Betrieb mit doppelter Polarisation in einem zweiten Frequenzband aufweist:

- vierte und fünfte Substratplatten (20, 21), die gegen die Außenseite der ersten Substratplatte (1) übereinander angeordnet sind, und sechste und siebte Substratplatten (22, 23), die gegen die Außenseite der dritten Substratplatte (3) übereinander angeordnet sind;
- eine dritte Metallbeschichtung (24), die sich auf der Außenseite der fünften Substratplatte befindet und mindestens ein drittes strahlendes Element vom Typ Dipol in Form eines T definiert, wobei der waagrechte Balken des T aus zwei seitlichen strahlenden Einzeldrähten besteht, die durch einen Koppelschlitz getrennt sind;
- eine dritte Speiseleitung (25) gemäß einer der ersten und zweiten Polarisationen, die sich zwischen der vierten und der fünften Substratplatte befindet und das mindestens eine dritte strahlende Element speist;
- eine vierte Metallbeschichtung (26), die sich auf der Außenseite der siebten Substratplatte befindet und mindestens ein viertes strahlendes Element vom Typ Dipol in Form eines T definiert, wobei der waagrechte Balken des T aus zwei seitlichen strahlenden Einzeldrähten besteht, die durch einen Kopplungsschlitz getrennt sind;
- eine vierte Speiseleitung (27) gemäß der anderen der ersten und zweiten Polarisationen, die sich zwischen der sechsten und der siebten Substratplatte befindet und das mindestens eine vierte strahlende Element speist.

14. Antennennetz, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mindestens zwei Antennen nach einem der Ansprüche 1 bis 13 aufweist.

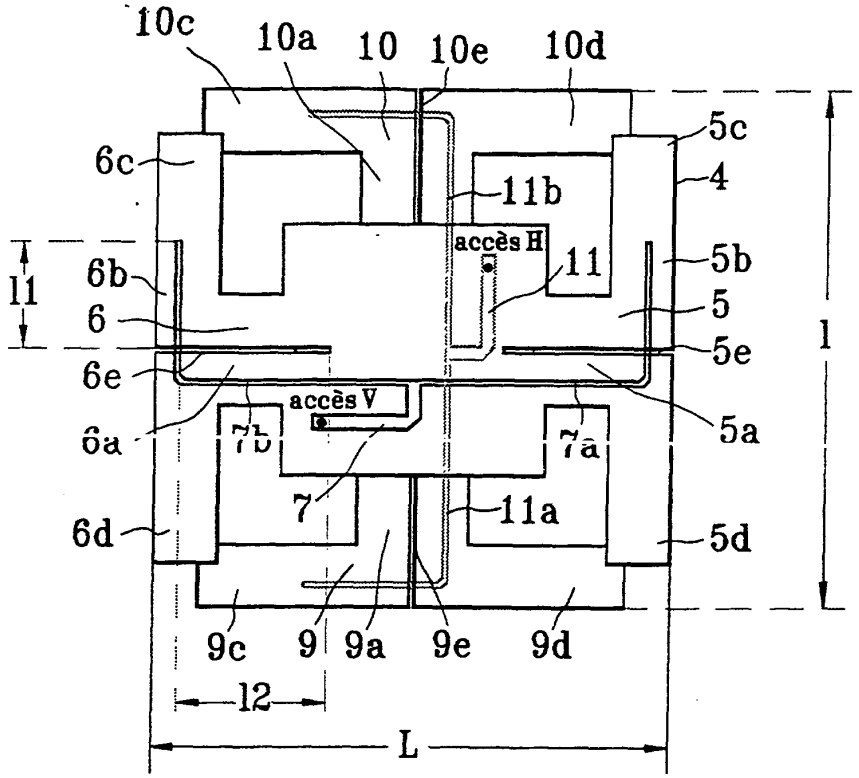

FIG. 1

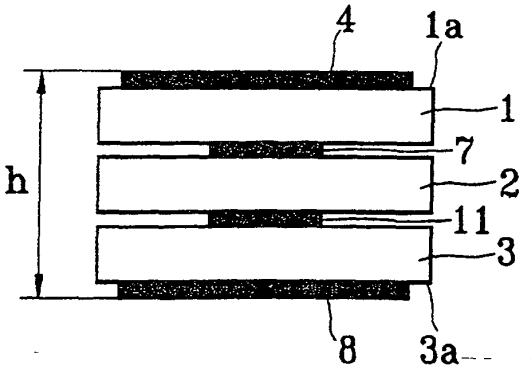

FIG. 2

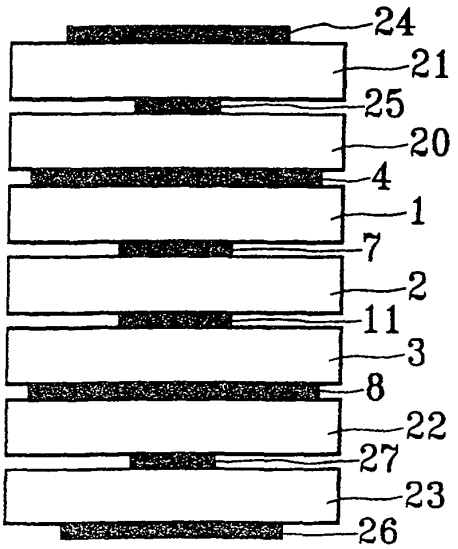

FIG. 16

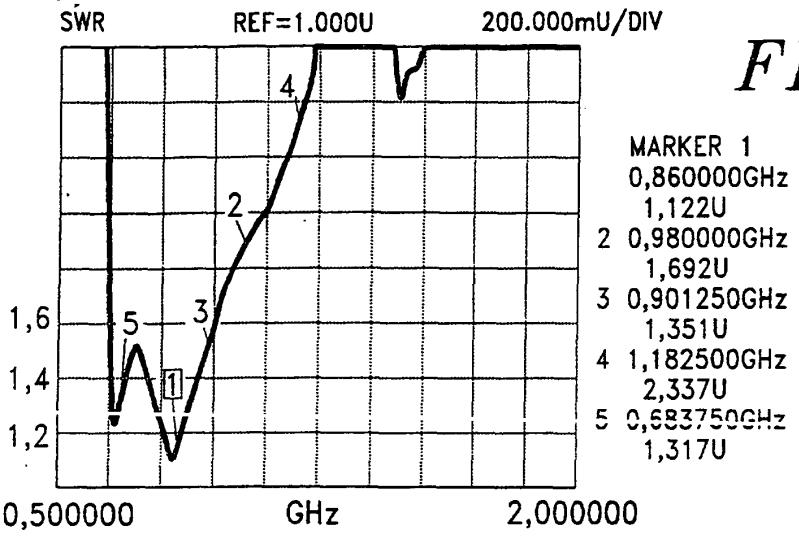

FIG.3

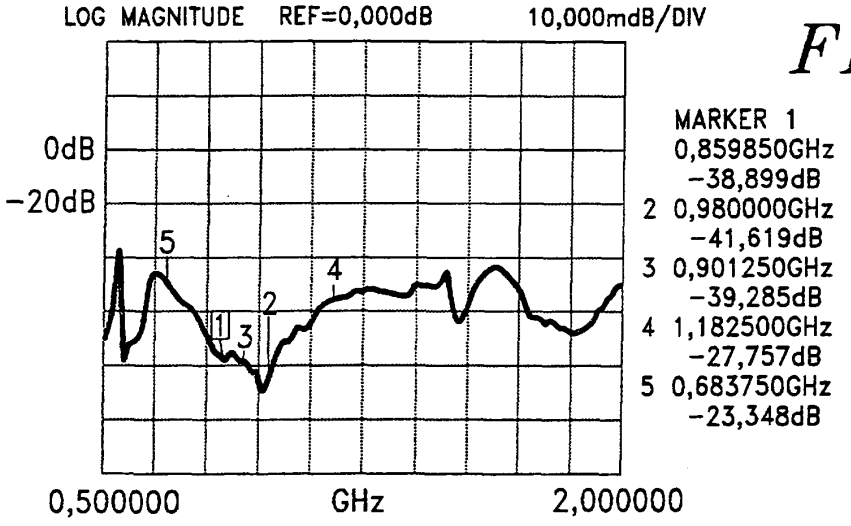

FIG.4

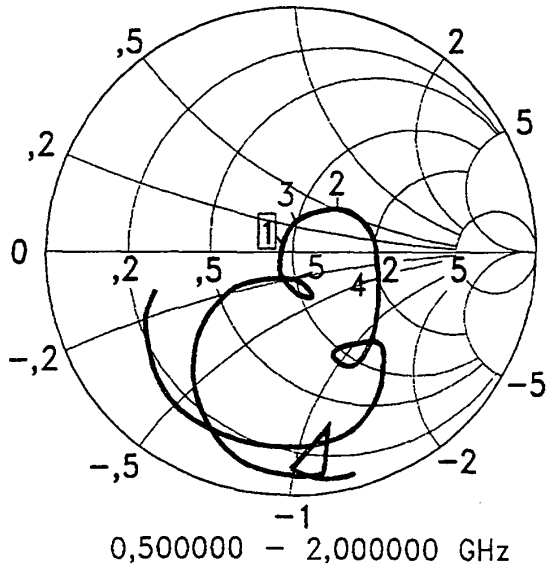

FIG.5

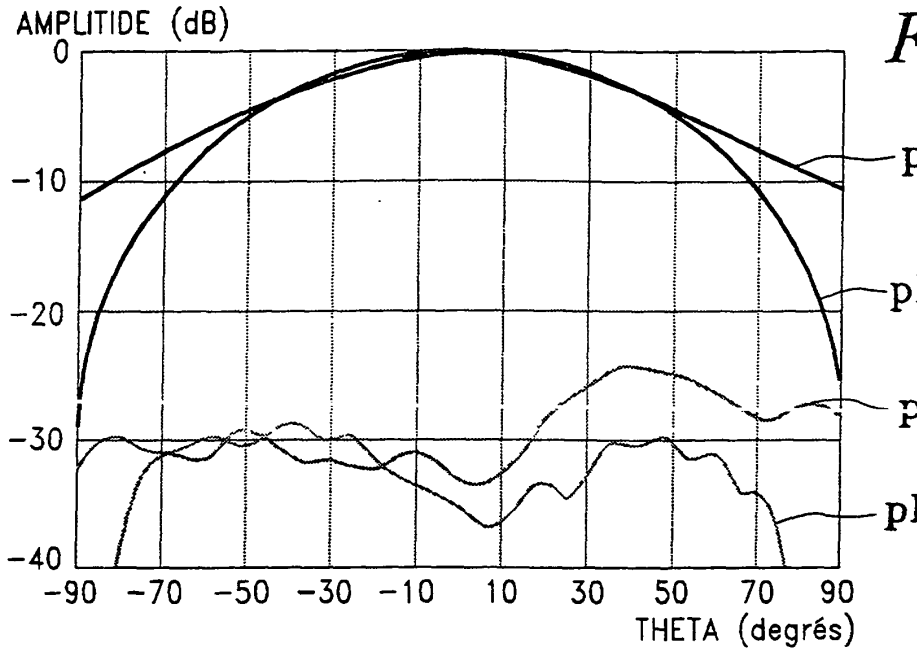

FIG.6

MESURE RADOME : Norme à −3,45 dB dépolarisé de 90 degrés	
Fr = 980 Mhz − accès 1	fd01tp

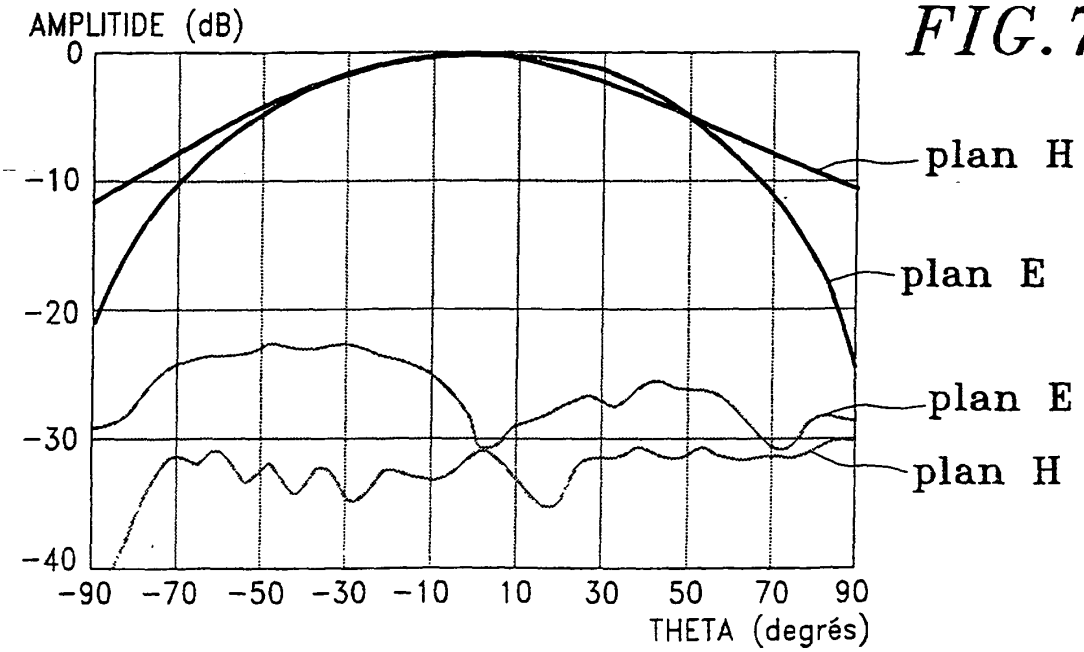

FIG.7

MESURE RADOME : Norme à −3,4 dB dépolarisé de 0 degré	
Fr = 980 Mhz − accès 2	fd08tp

FIG. 8

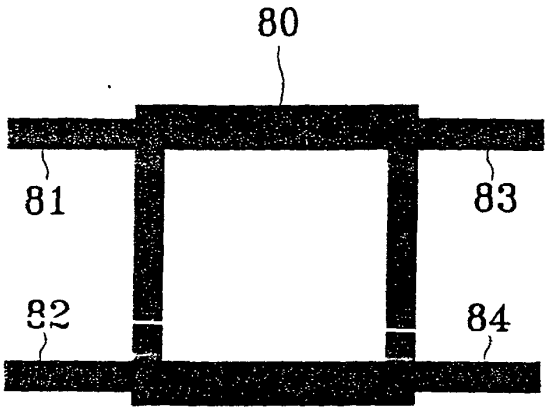

FIG. 9

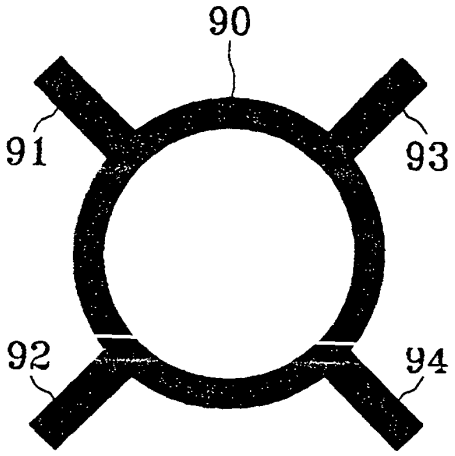

FIG. 10

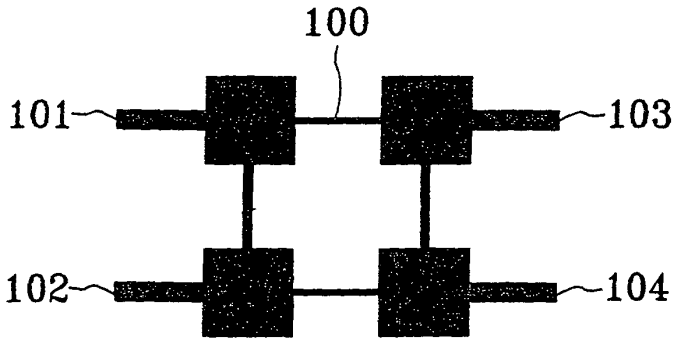

FIG. 11

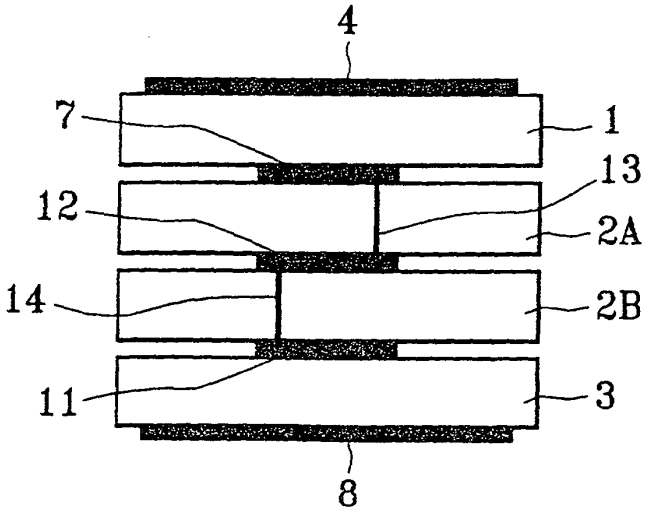

FIG. 12

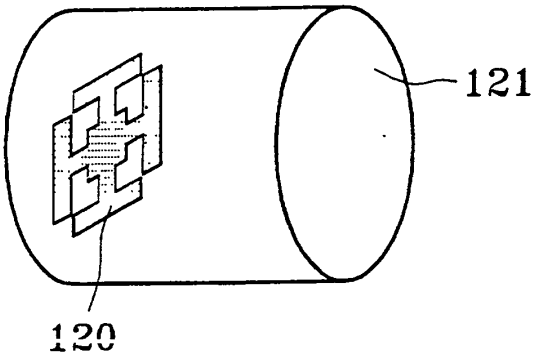

FIG. 13

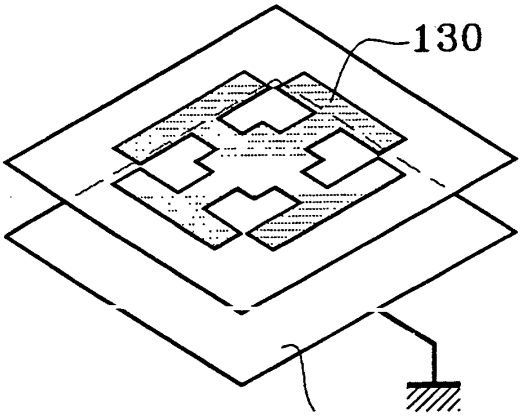

FIG. 14

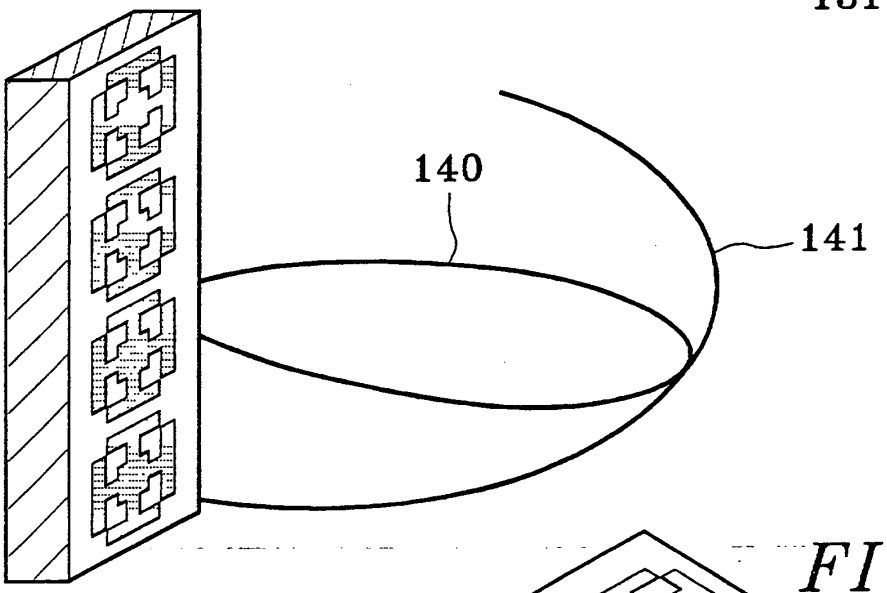
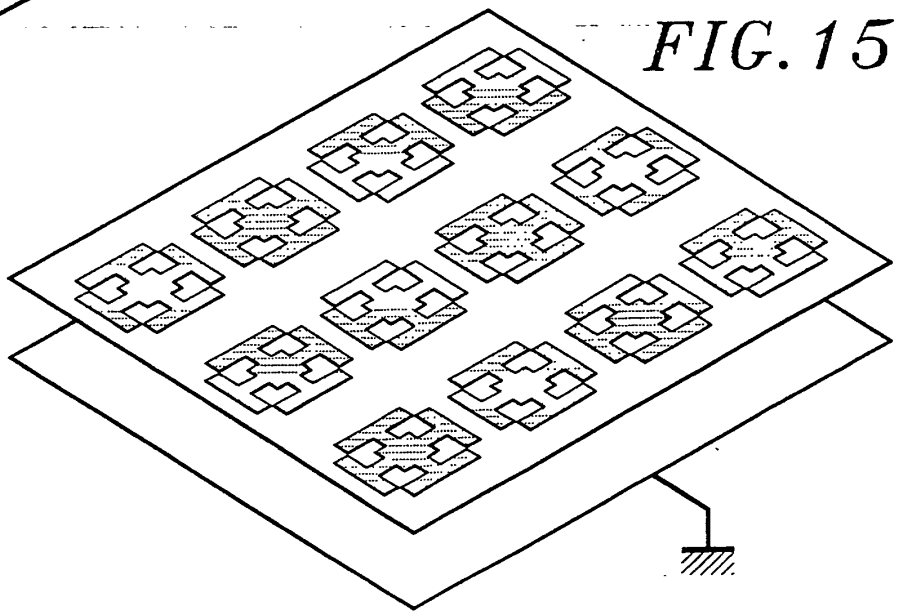
FIG. 15