

(19)



(11)

EP 1 428 294 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
05.10.2011 Bulletin 2011/40

(51) Int Cl.:
H01Q 1/38 ^(2006.01) **H01Q 9/04** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **02784863.9**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2002/002448

(22) Date de dépôt: **11.07.2002**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2003/007423 (23.01.2003 Gazette 2003/04)

(54) **ANTENNE A COUPLAGE REACTIF COMPORTANT DEUX ELEMENTS RAYONNANTS**

REAKTIV KOPPELNDE ANTENNE MIT ZWEI STRAHLUNGSELEMENTEN

REACTIVE COUPLING ANTENNA COMPRISING TWO RADIATING ELEMENTS

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**

(30) Priorité: **11.07.2001 FR 0109208**

(43) Date de publication de la demande:
16.06.2004 Bulletin 2004/25

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

(72) Inventeur: **BRACHAT, Patrice
06000 Nice (FR)**

(74) Mandataire: **Joly, Jean-Jacques et al
Cabinet Beau de Loménie
158, rue de l'Université
75340 Paris cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A- 0 605 338 WO-A-99/66594
US-A- 6 054 953 US-A- 6 091 373**

EP 1 428 294 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne les antennes imprimées présentant un faible encombrement, notamment les antennes imprimées élémentaires en technologie plaquée pour réseaux de réception et/ou d'émission, par exemple à des fins d'embarquement dans un engin.

[0002] Les prochains services multimédia par satellite vont demander un accès simultané à plusieurs services et à plusieurs satellites, ce qui nécessite des antennes de réception dépointables et à terme incorporant de l'intelligence. Les technologies sol actuelles à base de parabole et de solutions mécaniques seront rapidement limitatives pour un accès de masse à ces services pour des raisons d'encombrement et d'esthétique.

[0003] La solution qui s'imposera à terme sera l'antenne plate multi-satellite de type réseau actif et à dépointage électronique. Dans les bandes de fréquence envisagées (Ku et au delà), de telles antennes n'existent pas encore essentiellement pour des raisons de coûts et de technologies.

[0004] En ce qui concerne la technologie imprimée, en bande Ku par exemple (réception 10,75-12,75 GHz) il n'existe pas actuellement d'élément rayonnant large bande (plus de 30%) ou bibande (18% à la réception et 4% à l'émission) à cause de la nature faible bande des éléments imprimés. En outre, la présence sur la même structure de composants actifs d'émissions (amplis SS-PA...) et de composants actifs de réception (récepteurs faible bruit LNA) pose un problème crucial d'isolation entre les accès émission/réception de manière à éviter la saturation des étages de réception.

[0005] De même le problème des pertes générées dans les substrats diélectriques ou sur les circuits conducteurs est particulièrement crucial à la réception à cause de la température de bruit ramenée et un rapport G/T critique.

[0006] Enfin, les coûts actuels de l'intégration des éléments actifs est actuellement rédhibitoire pour une application grand public.

[0007] Un exemple d'antenne imprimée bi-bande est décrit dans le document US-A-6054953. Cette antenne comprend une pluralité d'éléments rayonnants de forme plane sensiblement superposés et alimentés par un réseau d'alimentation à travers une ouverture dans un plan de masse.

[0008] De manière classique, les antennes imprimées bi-bande (2 accès) sont réalisées suivant trois technologies.

[0009] Une première technologie consiste en l'utilisation de modes orthogonaux sur un patch asymétrique. Cette solution permet d'avoir deux accès séparés pour chaque bande mais elle verrouille le fonctionnement bipolarisation (on n'a qu'une seule polarisation par fréquence).

[0010] Une seconde technologie consiste en l'utilisation de patchs multiples : différents patchs fonctionnant comme autant de résonateurs à des fréquences diffé-

rentes et pouvant être empilés en hauteur ou répartis en surface. Cette dernière solution étant très restrictive en terme d'encombrement lorsqu'il s'agit d'intégrer l'élément dans un réseau.

[0011] Une troisième technologie consiste en l'utilisation de petites plaques ou patchs chargées réactivement. La charge peut être constituée par des stubs (retour d'adaptation) en ligne chargée par des microrubans ou des coaxiaux, par des « pions » courts-circuits verticaux ou encore par l'incorporation de fentes, ouvertures ou encoches sur les patchs eux-mêmes.

[0012] La mise au point d'éléments à la fois bibande et bipolarisation (4 accès : deux polarisations dans chaque bande) est beaucoup plus délicate (structure multicouche et incorporation de charges réactives par l'intermédiaire de stubs, fentes ou pions courts circuits).

[0013] La solution proposée dans le document [3] utilise des lignes coaxiales pour alimenter l'élément associé à une des deux bandes. Ce type de solution à pions coaxiaux verticaux présente des coûts de montage très importants lors de l'élaboration d'une antenne réseau.

[0014] La solution du document [2] présente deux niveaux de patchs : un premier niveau pour la bande haute alimenté par fente de couplage, qui rejette les lignes d'alimentation derrière un plan de sol. Un deuxième niveau de patch est utilisé par la bande basse avec un élément de base de grandes dimensions qui a été perforé de manière à laisser « passer » le rayonnement des patchs inférieurs. Ce niveau supérieur est alimenté par un couplage de proximité, ce qui offre l'avantage de pouvoir découpler les circuits d'alimentation liés aux deux bandes de fréquence (émission/réception) sur deux surfaces différentes en offrant ainsi une isolation naturelle entre les circuits. Toutefois, pour avoir un fonctionnement bi-bande, cette solution n'est en pratique faisable que pour des rapports de bande supérieurs à 4 : 1, et pas pour des applications ciblant par exemple un rapport de bande de l'ordre de 1.25 : 1 à 2 : 1.

[0015] Pour résumer, dans les antennes bi-bandes, on a recherché dans l'art antérieur un bon découplage entre les deux bandes, et pour cela, on a proposé d'adopter, comme dans le document [2], deux éléments rayonnants associés à deux aménagements de couplage réactif correspondants.

[0016] Pour découpler au mieux les deux bandes de fréquence, on a adopté des dimensions clairement distinctes pour les deux éléments rayonnants.

[0017] Ainsi, dans le document [2], on adopte des plaques de petite taille pour une première bande et une large plaque pour une seconde bande. Les petites plaques sont couplées avec deux lignes d'alimentation et deux fentes, et la large plaque est couplée à deux autres lignes d'alimentation, qui sont placées au voisinage direct de cette large plaque. La grande plaque présente une surface d'environ 32 fois la surface de chacune des petites plaques.

[0018] En différenciant fortement les dimensions des éléments rayonnants, on a obtenu une bonne décorré-

lation entre les bandes, mais dans ce cas, ces bandes s'avèrent lointaines l'une de l'autre et étroites. Dans d'autres cas il est souhaitable, au contraire, d'obtenir des bandes qui soient plus larges et plus proches l'une de l'autre, bien que fortement découplées.

[0019] C'est le but essentiel de l'invention que de proposer une antenne ayant ces avantages, c'est à dire une antenne de faible volume, à deux bandes bien découplées, dont les deux bandes peuvent être proches l'une de l'autre, et dont au moins une des bandes peut présenter une grande largeur.

[0020] Une telle antenne est selon l'invention définie par la revendication 1.

[0021] Au delà d'un certain seuil de similarité entre les deux éléments rayonnants, les deux bandes de fonctionnement dues respectivement aux premier et deuxième aménagement d'excitation se distinguent clairement l'une de l'autre bien qu'étant proches, du fait qu'au moins le couplage avec l'aménagement comprenant la fente est un double couplage.

[0022] Ainsi, l'adoption pour une bande de fréquence d'un double couplage avec la fente (mis en place en rapprochant, et non en différenciant, les dimensions des deux éléments rayonnants) associé pour l'autre bande à un couplage avec un élément simple s'avère produire un découplage particulièrement efficace. La possibilité de disposer sur des couches séparées les circuits d'alimentation associés aux deux bandes de fréquences permet d'améliorer encore l'isolation entre bandes et facilite l'implantation topologique de ces circuits.

[0023] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, faite en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 a est une coupe transversale d'une antenne unitaire selon un premier mode de réalisation de l'invention dans lequel une deuxième ligne d'alimentation 35 est située entre deux patchs rayonnants 25 et 45 ;
- la figure 1b correspond à un autre mode de réalisation dans lequel la deuxième ligne d'alimentation 35 est située entre un patch rayonnant inférieur 25 et un plan de sol comportant des fentes de couplage 15 ;
- la figure 2a est une vue de dessus de cette même antenne unitaire ;
- les figures 2b et 2c représentent deux variantes d'un élément rayonnant, selon l'invention ;
- la figure 3 est un schéma simplifié en vue de dessus d'un aménagement de couplage réactif de cette même antenne unitaire ;
- les figures 4a à 4c présentent des résultats de mesures de coefficients de transmission et de réflexion obtenus avec l'antenne des figures 1 à 3 ;
- la figure 5 est une représentation de Smith correspondant à l'antenne des figures 1 à 3 ;
- la figure 6 est une vue de dessus d'un couple d'antennes unitaires alimentées selon un schéma élec-

trique avantageux pour réduire des courants parasites de couplage ;

- la figure 7 est une vue de dessus d'un ensemble comprenant deux couples d'antennes conformes à la figure 6, couples raccordés de manière avantageuse pour réduire des courants parasites de couplage ;
- Les figures 8a et 8b représentent des diagrammes de rayonnement obtenus pour le réseau constitué de quatre antennes unitaires conforme à celui de la figure 7 ;
- La figure 9 représente un réseau d'antenne unitaires alimentées selon une architecture d'alimentation avantageuse pour réduire des courants parasites de couplage.

[0024] On a représenté aux figures 1 à 3 une antenne unitaire selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

[0025] Cette antenne unitaire est constituée de quatre couches de substrat 10, 20, 30 et 40, isolant entre elles cinq couches de métallisation 5, 15, 25, 35 et 45.

[0026] Le sens croissant de ces numérotations correspond à un sens de parcours allant de bas en haut sur la coupe verticale de la figure 1.

[0027] Les couches de métallisation comprennent deux couches 5 et 45 disposées respectivement en face inférieure et en face supérieure de l'antenne, et trois couches 15, 25 et 35 qui sont chacune disposée entre deux couches de substrat.

[0028] Deux métallisations 25 et 45 forment chacune un élément rayonnant, et les trois autres métallisations 5, 15 et 35 entrent dans la constitution de deux aménagements de couplage réactif, c'est à dire d'excitation des éléments rayonnants 25 et 45.

[0029] On notera que les éléments rayonnants (par exemple en cuivre) peuvent eux-mêmes incorporer des ouvertures diverses, qu'ils peuvent être gravés sur des couches munies ou non de plan de masse uniplanaire 25bis, 45bis (cf. fig.2b et 2c). Lorsque la couche est munie d'un plan de sol, l'élément rayonnant 25, 45 en est isolé par une fente qui épouse son contour (cf. fig.2c).

[0030] Un premier de ces deux aménagements de couplage réactif inclut la métallisation inférieure 5 et la métallisation immédiatement supérieure 15. La métallisation inférieure 5 forme deux lignes d'alimentation 6 et 7, qui sont ici des microrubans, qui pourraient être des triplaques. Ces lignes d'alimentation 6 et 7 sont alimentés à une première fréquence, qui est une fréquence basse.

[0031] La métallisation immédiatement supérieure 15 est un plan de masse ajouré de deux fentes de couplage 16 et 17 placées chacune à l'aplomb et perpendiculairement à une ligne respective parmi les lignes 6 et 7.

[0032] Les fentes de couplage 16 et 17 sont ici en forme de U pour économiser de la place. Elles peuvent être droites ou en forme d'« os de chien » pour une efficacité optimale. Les lignes d'alimentation 6 et 7 s'étendent au delà des fentes de couplage 16 et 17 en formant des

retours d'adaptation 6a et 9a (stubs d'adaptation en anglais).

[0033] Le second aménagement de couplage réactif comprend la métallisation 35, qui est située entre les éléments rayonnants 25 et 45 ou bien rentre l'élément rayonnant inférieur 25 et le plan de sol 15. Cette métallisation 35 forme deux lignes d'alimentation 36 et 37 sous forme de microrubans gravés sur la couche de substrat 30, alimentés à une seconde fréquence, qui est ici une fréquence haute.

[0034] On appelle « ligne d'alimentation » la portion d'une liaison conductrice qui s'étend dans l'antenne selon la direction de rayonnement choisie. Il s'agit, en d'autres termes, de la partie qui est principalement active électromagnétiquement dans une ligne conductrice.

[0035] On se donnera ci-après pour convention d'appeler « bande de réception » la bande de fréquences associée à l'excitation par les fentes 16 et 17, et d'appeler « bande d'émission » la bande de fréquences associée à l'excitation par les lignes 36 et 37 situés au-dessus du plan de sol 15.

[0036] Toutefois, les termes « émission » et « réception », ici utilisés pour la clarté de l'exposé, pourraient en pratique ne pas correspondre à une utilisation de la bande considérée pour une telle « émission » ou une telle « réception », toute interversion ou combinaison des fonctions d'émission et de réception dans les différentes bandes étant prévue dans le cadre de l'invention. Cette remarque est vraie pour toute la suite de la description, y compris pour la partie de l'exposé ci-après afférente à des dispositions de réseau.

[0037] Le fonctionnement de l'antenne dans la bande baptisée « de réception » repose sur le couplage réactif simultané des deux éléments rayonnants 25 et 45, ou double couplage.

[0038] Ce double couplage est obtenu par le fait que les éléments rayonnants 25 et 45 sont prévus avec des surfaces proches l'une de l'autre, c'est-à-dire des surfaces ayant un écart relatif inférieur à environ 20 %. On appelle écart relatif de superficie la différence de superficie divisée pour la superficie moyenne des deux surfaces.

[0039] Chacun des deux éléments 25 et 45 rayonne dans la bande de réception. De plus, chaque élément 25 et 45 étant excité par deux lignes d'alimentation perpendiculaires 6 et 7, chacun rayonne deux champs polarisés selon deux directions perpendiculaires l'une à l'autre.

[0040] Dans la bande baptisée « d'émission », les lignes d'alimentation 36 et 37 génèrent un couplage réactif de proximité sur l'élément rayonnant supérieur 45.

[0041] En effet, elles excitent principalement l'élément rayonnant supérieur 45, l'élément rayonnant inférieur 25 se comportant, lui, à la façon d'un plan de masse. L'excitation générée par l'aménagement d'excitation 36, 37 peut toutefois, selon une variante, consister également en un couplage réactif simultané sur les deux éléments rayonnants 25 et 45 (double couplage).

[0042] Les lignes d'alimentation 36 et 37, correspon-

dent à des rayonnements respectifs dans deux directions perpendiculaires.

[0043] On notera que les lignes d'alimentation 6, 7, 36, 37, sont séparées au maximum les unes des autres. Notamment, on interpose un plan de masse entre les lignes 6, 7 et les lignes 36, 37 afin d'accroître leur isolation. De plus, avantageusement, on a ménagé deux polarisations sur chacune des couches 5 et 35 (donc au total quatre accès) tout en ayant par contre des bandes de fréquence Tx ou Rx spécifiques à chaque couche.

[0044] Dans le présent mode de réalisation préféré, on place de préférence les deux lignes d'alimentation 36 et 37 de manière plus rapprochée de l'élément rayonnant 25 que de l'élément rayonnant 45.

[0045] Le couplage de proximité généré par les lignes 36 et 37 est ici un couplage capacitif, mais peut également être inductif (selfique).

[0046] Le couplage de proximité est optimisé par le fait que les lignes d'alimentation 36 et 37 sont munies à leur extrémité qui est intérieure à l'antenne de terminaisons capacitatives 38 et 39, ici en forme de plaques rectangulaires.

[0047] De telles terminaisons permettent, par le choix de leur taille, de prédéterminer la quantité de couplage.

[0048] On pourra remplacer les terminaisons en forme de plaques par des terminaisons constituées par des fentes ménagées à l'intérieur de l'antenne dans l'élément rayonnant 25, notamment dans une variante où la couche de substrat 30 est supprimée et où les lignes d'alimentation 36 et 37 débouchent directement sur l'élément rayonnant 25 ainsi ajouré, ou bien lorsque les couches 30 et 35 sont situées sous la couche 25. De telles fentes s'avèrent se comporter elles mêmes comme des lignes d'alimentation, et génèrent un couplage inductif ou capacitif selon leur longueur.

[0049] On adopte avantageusement des terminaisons qui sont intérieures à l'antenne, car ainsi elles ne génèrent aucun encombrement à l'extérieur de l'antenne unitaire, ce qui est particulièrement important dans les réseaux plans de telles antennes, qui doivent être peu volumineux.

[0050] Dans le présent mode de réalisation, les éléments rayonnants 25 et 45 sont des carrés de 10 mm de largeur, et l'antenne présente une épaisseur totale de l'ordre de 2 mm.

[0051] On notera que les propriétés diélectriques, habituellement notées ϵ , μ , des différentes couches de substrat, peuvent être choisies différentes selon les couches.

[0052] Chacune des lignes d'alimentation 6, 7, 36, 37 est alimentée par l'intermédiaire d'une liaison locale, appelée accès.

[0053] Chacune des quatre lignes d'une antenne donnée est alimentée par un signal indépendant, provenant d'un accès différent parmi quatre accès reliés à l'antenne. L'antenne décrite ici, qui est bipolarisée et bi-bande, est donc bien une antenne à quatre accès.

[0054] Les accès ainsi que les circuits d'alimentation

associés à la bande de réception sont gravés en totalité sur la couche de substrat 10 située sous le plan de sol 15 de l'antenne. Cette disposition fournit une isolation spatiale naturelle vis à vis de la couche de substrat 30 située au dessus du plan de sol 5 qui porte les circuits d'alimentation de la couche émission. Cette architecture fournit une isolation typique entre les accès émission et les accès réception de l'ordre de -30 à -40 dB.

[0055] Afin d'améliorer la qualité de polarisation des champs rayonnés, des grilles polarisantes peuvent remplacer les métallisations pleines qui constituent ici les éléments rayonnants.

[0056] On a choisi ici des formes en croix pour les éléments rayonnants 25 et 45, qui optimisent le rayonnement, mais des formes en carré, rectangulaires ou circulaires peuvent également être adoptées, qui incorporent éventuellement des fentes ou des ouvertures.

[0057] Ces éléments peuvent être gravés sur des couches munies ou non du plan de masse uniplanaire (cf. fig.2b et 2c). Dans ce dernier cas (fig.2c) l'élément rayonnant est isolé du plan de masse par une fente qui épouse son contour.

[0058] L'antenne présente une bande de réception qui est particulièrement large et qui est particulièrement bien découplée de la bande d'émission.

[0059] Cette bande de réception présente un étalement d'au moins 15%, préférentiellement d'au moins 20%, et ici de 18%, chiffres obtenus grâce au double couplage des éléments rayonnants dans cette bande. On appelle étalement ou largeur de bande le rapport entre la largeur de la bande et la fréquence centrale de la bande.

[0060] Plus précisément, la bande de réception est ici de 10,75 - 12,75 GHz pour un ROS (Rapport d'Ondes Stationnaires) inférieur à 1,8.

[0061] Les figures 4a et 4b présentent les évolutions de coefficients de réflexion S11 et S22, et la figure 5 est une représentation de Smith pour le paramètre S11. Ces figures mettent en évidence une bande passante de largeur importante (ici de l'ordre de 20%). Comme on peut le voir l'isolation entre les accès représentée par l'évolution des paramètres de la figure 4c (paramètres S12 ou S21) est meilleure que 20dB.

[0062] L'antenne préférée décrite ici est donc bi-polarisation et bi-bande (donc 4 accès), avec les avantages des antennes imprimées traditionnelles (encombrement, poids) avec des performances accrues en termes de bandes et en terme d'isolation entre les deux bandes.

[0063] L'antenne qui vient d'être décrite constituera avantageusement l'élément unitaire d'un réseau incluant plusieurs antennes telles que celle-ci, par exemple plusieurs milliers de telles antennes.

[0064] On décrira maintenant un aménagement d'alimentation d'un tel réseau, qui présente l'avantage de réduire les courants parasites dus à des couplages entre lignes d'alimentation perpendiculaires des antennes.

[0065] Un tel aménagement, s'il produit une synergie avec les avantages des antennes unitaires précédem-

ment décrites, s'avère conserver aussi son avantage en termes de suppression des courants parasites dans le cas d'autres réseaux d'antennes, notamment pour les antennes à deux polarisations.

[0066] L'aménagement d'alimentation préférentiel, tel que décrit maintenant, est formé de deux circuits et se base sur une série de couples d'antennes similaires au couple de la figure 6.

[0067] Chaque antenne présente au moins deux lignes d'alimentation perpendiculaires.

[0068] Les lignes d'alimentation de la figure 6 sont celles de la bande appelée de réception, mais les dispositions décrites sont aussi adoptées pour l'aménagement d'alimentation de la bande d'émission.

[0069] Chaque antenne de la figure 6 présente deux directions de rayonnement perpendiculaires, appelées ci-après direction H (horizontale) et direction V (verticale).

[0070] Une première liaison reliant le couple d'antennes au reste du réseau, appelée premier accès et référencée 110, alimente les deux lignes d'alimentation de direction V dans les deux antennes. Une seconde liaison, appelée accès 210, alimente les lignes d'alimentation H des deux antennes.

[0071] L'aménagement d'alimentation décrit ci-après vise à ce que les courants véhiculés par un accès correspondant à une direction d'alimentation, ne se traduise pas par un courant parasite dans un accès correspondant à l'autre direction d'alimentation, courant parasite qui serait dû à un couplage au sein de chaque antenne entre les directions H et V.

[0072] Dans ce but, chaque accès se sépare chacun vers les deux antennes en deux branches, branches qui sont disposées de manière à éliminer les courants parasites.

[0073] Ainsi, sur la figure 6, les deux branches issues de l'accès 110 présentent en extrémité, lorsqu'on les parcourt en allant de l'accès vers l'extrémité de la branche considérée, à chaque fois un même sens vers l'extérieur de l'antenne.

[0074] A contrario, en parcourant les deux branches issues de l'accès 210, ces branches présentent en extrémité, dans leur portion ayant la direction H, c'est à dire au niveau de leur partie appelée « ligne d'alimentation », un sens qui est sortant vers l'extérieur de l'antenne pour l'une des branches, et un sens rentrant vers l'intérieur de l'antenne pour l'autre branche.

[0075] Ainsi, un premier accès se dédouble en branches de même direction d'alimentation V et de même sens sortant, et le second accès se dédouble en branches de même direction d'alimentation H mais de sens opposé parmi les sens entrant et sortant.

[0076] Par une telle disposition, un courant dans un des deux accès ne produit quasiment aucun courant parasite dans l'autre des deux accès, malgré les couplages entre lignes d'alimentation perpendiculaires dans chacune des deux antennes.

[0077] En se donnant, par convention, un courant i1

arrivant sur l'accès 110 (accès V) en direction des antennes, le courant i_1 se sépare en deux courants (diviseur de courants) sensiblement égaux $i_1/2$ dans les deux branches issues de l'accès, courant $i_1/2$ qui circule au niveau des lignes d'alimentation de direction V dans les antennes, dans deux même sens sortants pour les deux antennes. Chacun des éléments en polar V est alors alimenté en équi-amplitude et équi-phase.

[0078] Des courants prennent naissance dans les branches H par couplage, de par la présence de courants dans les branches V. Ces courants de couplage sont principalement dus au fait que l'antenne unitaire n'est pas parfaitement symétrique, à cause de la disposition des fentes.

[0079] Les branches issues de l'accès H ont, elles, deux sens différents lorsque parcourues depuis l'accès, l'un rentrant et l'autre sortant de l'antenne considérée. De ce fait, les courants générés dans ces deux branches du fait de la présence des courants $i_1/2$ dans les branches V, sont des courants qui sont inverses. Dans une première branche H, un courant $i_2/2$ dirigé vers l'accès est généré, tandis que dans la seconde branche, un courant $i_2/2$ s'éloignant de l'accès est généré.

[0080] Les deux courants $i_2/2$ ayant un sens accès/antenne pour l'un et un sens antenne/accès pour l'autre, seule une différence entre les modules de ces deux courants pourrait pénétrer dans l'accès 210 (accès H).

[0081] Ces courants arrivant en opposition de phase sur le diviseur formé par l'accès 210, seule une différence de module pourrait pénétrer dans l'accès. Ces courants $i_2/2$ ne détériorent donc pas le découplage entre les polarisations H et V.

[0082] Dans le cas présent, les deux antennes ont une même structure et les deux branches de chaque accès sont similaires.

[0083] Ainsi, le courant i_1 se sépare bien en deux courants égaux. Le couplage est bien similaire dans les deux antennes. En d'autres termes, un couplage parasite se crée, identique en module pour des raisons de symétrie. Les courants parasites $i_2/2$ dans les deux branches de l'accès 210 (accès H) ont donc bien des grandeurs similaires et la soustraction de ces deux courants donne bien un courant parasite sensiblement nul dans l'accès 210 (accès H).

[0084] Bien entendu, les couplages inverses, à savoir dus à un courant dans les branches H et générant des courants parasites dans les branches V, présentent de la même façon des effets atténués du fait d'une annulation entre courants parasites au niveau de l'accès V.

[0085] La disposition de base de la figure 6 permet d'améliorer le découplage, qui était déjà de 20dB sur l'antenne unitaire seule. Dans la pratique, on a constaté une isolation entre les accès 110 et 210 de l'ordre de -40dB. Cette disposition entraîne aussi par conséquent une amélioration des performances en polarisation croisée comme on peut le constater sur les coupes en plan E et en plan H des diagrammes de polarisation présentés aux figures 8a et 8b, avec un maximum de polarisation

croisée dans l'axe de l'ordre de -38 dB.

[0086] Cette topologie à base d'éléments doubles est particulièrement adaptée à la réalisation de réseaux de grande taille. Comme illustré à la figure 9, où on multiplie avantageusement des couples d'antennes alimentés de cette façon.

[0087] Dans le réseau représenté, les lignes d'alimentation H des antennes sont alimentées par un premier circuit, et les lignes d'alimentation V sont alimentées par un second circuit.

[0088] Chacun de ces deux circuits est une arborescence constituée de dédoublements en cascade, jusqu'à des branches terminales reliées par paires à deux antennes selon un schéma d'alimentation similaire à celui de la figure 6.

[0089] Le réseau d'antennes de la figure 9 présente ainsi deux accès qui forment chacune une racine de l'arborescence concernée. Les branches terminales sont de préférence situées à un même niveau d'arborescence par rapport à leur racine respective de sorte que les symétries sont bien respectées.

[0090] Comme représenté à la figure 7, les accès terminaux 110 sont reliés à des accès supérieurs 115 d'une façon telle que les éventuels courants parasites résiduels dans les accès terminaux 110, se soustraient à nouveau au niveau des accès supérieurs 115.

[0091] Ainsi, pour l'arborescence d'alimentation de la polarisation V, ces accès 115 de niveau immédiatement supérieur regroupent des couples d'accès terminaux qui s'étendent, à chaque fois, pour l'un en branches entrantes et pour l'autre en branches sortantes.

[0092] Avec les dispositions décrites ci-avant, on obtient des circuits d'alimentation pour une colonne de paires d'antennes, colonnes qui se prêtent particulièrement bien à une intégration dans des espaces limités.

[0093] Ces circuits d'alimentation en arborescence décrits ici pour la couche de la bande de réception s'appliquent préférentiellement aussi à la couche de la bande d'émission.

[0094] Une technologie de type CMS (Composants Montés en Surface) permet un report d'éléments actifs, très avantageux en termes de coûts, qui peut être appliqué ici séparément sur chacune des couches émission et réception en permettant de conserver naturellement une bonne isolation entre les différents circuits et en facilitant la maîtrise des pertes ohmiques si par exemple on implante un circuit actif par colonne d'antennes unitaires.

[0095] Pour l'homme de l'art, il sera aisé d'adapter l'ensemble de cette architecture pour obtenir un fonctionnement en polarisation circulaire grâce à l'adjonction, par exemple, d'un élément de type coupleur ou anneau hybride entre les accès polarisation horizontale (H) et polarisation verticale (V) du réseau précédemment décrit.

[0096] L'antenne unitaire décrite en première partie de la description se prête d'ailleurs parfaitement à une intégration sur des substrats mousse faibles pertes et peut être associée, pour le report des éléments actifs, à la

filière technologique CMS (Composants Montés en Surface), ce qui est très avantageux en termes de coût et constitue une synergie supplémentaire entre l'antenne unitaire proposée ci-avant et les circuits d'alimentation proposés ici.

[1] MACI S., Biffi Gentili G. « Dual Frequency Patch Antennas » IEEE AP Magazine, vol39, n°6, Dec 1997, ppl3-19

[2] Targonski, S.D., Pozar D.M. « Dual Band dual polarized printed antenna element » Electronic Letters, vol.34, n°23, nov 1998, pp2193-2194

[3] Zurcher J.F. et al « A computer dual port, dual frequency, printed antenna with high decoupling » Microwave and optical technological letters, vol.19, n°2, oct.1998, pp131-137

[4] P. Brachat, R.Béhé, G. Kossiavas, L. Habib, A. Papiernik Antennes microrubans polarisés par des grilles Annales des Télécommunications, tome 48, n 11-12, 1993, pp567-572

[5] P. Brachat, R. Behe Antenne imprimée pour réseau à double polarisation Brevet N°9013563 - Octobre 1990

Revendications

1. Antenne imprimée bibande comprenant deux éléments rayonnants (25, 45) de forme plane sensiblement superposés, un premier aménagement de couplage réactif (5, 15) apte à exciter un des éléments rayonnants (25, 45), ce premier aménagement de couplage réactif comprenant au moins une ligne d'alimentation (6, 7) alimentée à une première fréquence et un plan conducteur de masse (15) muni d'au moins une fente de couplage (16, 17), l'antenne comprenant en outre un second aménagement de couplage réactif (25, 35) apte à exciter l'autre des éléments rayonnants, ce second aménagement de couplage réactif comprenant au moins une ligne d'alimentation (36, 37), alimentée à une seconde fréquence, distincte de la première fréquence, **caractérisée en ce que** les deux éléments rayonnants (25, 45) ont des surfaces présentant un écart relatif inférieur à 20 % de sorte que le premier aménagement de couplage réactif produise un couplage simultané des deux éléments rayonnants (25, 45).
2. Antenne imprimée selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**au moins un des deux éléments rayonnants (25, 45) est gravé sur une couche comportant un plan de masse uniplanaire, cet élément rayonnant étant alors isolé de ce plan de masse par une fente épousant son contour.
3. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisée en ce que** l'antenne présente une bande de fréquence de fonctionnement correspondant au double couplage des éléments rayonnants (25, 45), qui a une largeur relative supérieure à 15%.
4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la ou les ligne(s) d'alimentation (36, 37) du second aménagement de couplage réactif (35) s'étend(ent) entre les deux éléments rayonnants (45).
5. Antenne selon la revendication précédente, **caractérisée en ce qu'**elle comprend, parmi les deux éléments rayonnants (25, 45), un élément (25) le plus proche du plan de masse (15) et **en ce que** la ligne d'alimentation (36, 37) du second aménagement de couplage réactif (25, 35) est plus proche de cet élément rayonnant (25) que de l'autre élément rayonnant (45).
6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'**elle comprend, parmi les deux éléments rayonnants (25, 45), un élément (25) le plus proche du plan de masse (15) et **en ce que** le second aménagement de couplage réactif (35) s'étend entre l'élément rayonnant (25) le plus proche du plan de masse (15) et le plan de masse (15).
7. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le premier aménagement de couplage réactif (5, 15) comprend deux lignes d'alimentation (6, 7) s'étendant dans des directions perpendiculaires l'une à l'autre dans l'antenne, et **en ce que** le plan de masse (15) comprend deux fentes (16, 17) s'étendant dans deux directions principales perpendiculaires l'une à l'autre, ces deux fentes (16, 17) étant chacune disposée à l'aplomb d'une ligne d'alimentation (6, 7) correspondante du premier aménagement de couplage réactif et perpendiculaire à cette ligne d'alimentation (6, 7) correspondante.
8. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**un aménagement de couplages réactifs (5, 15, 25, 35) de l'antenne comprend deux lignes d'alimentation (6, 7, 36, 37) s'étendant dans l'antenne dans des directions différentes l'une de l'autre.
9. Réseau comprenant au moins une paire d'antennes chacune conforme à la revendication 8, et deux accès électriques (110, 210) à partir desquels s'étend à chaque fois une paire de branches, chaque branche d'un premier accès (110, 210) reliant une première ligne d'alimentation respective dans chacune

des deux antennes, et chaque branche d'un second accès (110, 210) reliant une seconde ligne d'alimentation respective dans chacune des deux antennes, les branches du premier et du second accès (110, 210) étant disposées de telle façon qu'un courant (i1, i2) arrivant sur un des accès en direction des antennes se sépare en courants dans les branches de cet accès qui produisent par couplage deux courants parasites dans les branches de l'autre accès, courants parasites qui ont des sens parmi les sens antenne/accès et accès/antenne qui sont opposés selon les branches de cet autre accès.

10. Réseau selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les branches d'un premier accès (110) sont disposées de telle façon qu'un courant arrivant sur ce premier accès (110) vers les antennes se sépare en deux courants qui parcourent les deux lignes d'alimentation correspondantes à chaque fois dans un même sens parmi un sens dirigé vers l'intérieur ou un sens dirigé vers l'extérieur de l'antenne, et les branches du second accès (210) sont disposées de telle sorte qu'un courant arrivant sur ce second accès (210) en direction des antennes se sépare en deux courants qui parcourent les lignes d'alimentation correspondantes, l'un vers l'intérieur de l'antenne et l'autre vers l'extérieur de l'antenne.
11. Réseau comprenant au moins deux paires d'antennes dont chaque paire forme un réseau conforme à la revendication 9 ou à la revendication 10, et dans lequel ledit premier accès (110) d'une paire d'antennes présente des branches disposées de manière à ce qu'un courant arrivant depuis l'accès dans une ligne d'alimentation présente un même sens dans les deux lignes d'alimentation, dirigé vers l'intérieur des antennes, et ledit premier accès (110) de l'autre paire d'antennes présente des branches disposées de manière à ce qu'un courant arrivant depuis l'accès dans une ligne d'alimentation, présente un même sens dans les deux lignes d'alimentation, dirigé vers l'extérieur des antennes, ces deux premiers accès (110), à lignes d'alimentation rentrantes pour l'un et à lignes d'alimentation sortantes pour l'autre, étant reliés à un même accès supérieur (115).
12. Réseau d'antennes comprenant une série de couples d'antennes, et comprenant deux circuits formant chacun une arborescence constituée d'une série de séparations à deux branches en cascade, chaque arborescence se terminant en branches terminales, et dans lequel réseau chaque couple d'antennes forme, avec deux paires de branches terminales appartenant respectivement aux deux arborescences, un sous-réseau à deux antennes conforme à la revendication 9 ou à la revendication 10.

Claims

1. Dual-band printed antenna comprising two substantially stacked radiating elements (25, 45) of planar form, a first reactive coupling layout (5, 15) able to excite one of the radiating elements (25, 45), this first reactive coupling layout comprising at least one feed line (6, 7) fed at a first frequency and one conductive ground plane (15) furnished with at least one coupling slot (16, 17), the antenna furthermore comprising a second reactive coupling layout (25, 35) able to excite the other of the radiating elements, this second reactive coupling layout (35) including at least one feed line (36, 37), fed at a second frequency different from the first frequency, **characterized in that** the two radiating elements (25, 45) have surface areas exhibiting a relative discrepancy which is less than 20% so that the first reactive coupling layout produces a simultaneous coupling of the two radiating elements (25, 45).
2. Printed antenna according to Claim 1, **characterized in that** at least one of the two radiating elements (25, 45) is etched on a layer comprising a uniplanar ground plane, this radiating element then being isolated from this ground plane by a slot hugging its contour.
3. Antenna according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the antenna exhibits an operating frequency band corresponding to the dual coupling of the radiating elements (25, 45), which has a relative width of greater than 15%.
4. Antenna according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the feed line(s) (36, 37) of the second reactive coupling layout (35) extends (extend) between the two radiating elements (45).
5. Antenna according to the preceding claim, **characterized in that** it comprises, among the two radiating elements (25, 45), an element (25) closest to the ground plane (15), and **in that** the feed line (36, 37) of the second reactive coupling layout (25, 35) is closer to this radiating element (25) than to the other radiating element (45).
6. Antenna according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** it comprises, among the two radiating elements (25, 45), an element (25) closest to the ground plane (15) and **in that** the second reactive coupling layout (35) extends between the radiating element (25) closest to the ground plane (15) and the ground plane (15).
7. Antenna according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the first reactive coupling layout (5, 15) comprises two feed lines (6, 7)

extending in mutually perpendicular directions in the antenna, and **in that** the ground plane (15) comprises two slots (16, 17) extending in two mutually perpendicular principal directions, these two slots (16, 17) each being arranged plumb with a corresponding feed line (6, 7) of the first reactive coupling layout and perpendicular to this corresponding feed line (6, 7).

8. Antenna according to any one of the preceding claims, **characterized in that** a reactive couplings layout (5, 15, 25, 35) of the antenna comprises two feed lines (6, 7, 36, 37) extending in the antenna in mutually different directions.

9. Array comprising at least one pair of antennas each in accordance with Claim 8, and two electrical ports (110, 210) from which there extends on each occasion a pair of branches, each branch of a first port (110, 210) linking a first respective feed line in each of the two antennas, and each branch of a second port (110, 210) linking a second respective feed line in each of the two antennas, the branches of the first and of the second ports (110, 210) being arranged in such a way that a current (i_2 , i_2) arriving at one of the ports in the direction of the antennas separates into currents in the branches of this port which by coupling produce two stray currents in the branches of the other port, which stray currents have senses among the antenna/port and port/antenna senses that are opposite according to the branches of this other port.

10. Array according to Claim 9, **characterized in that** the branches of a first port (110) are arranged in such a way that a current arriving at this first port (110) toward the antennas separates into two currents that traverse the two corresponding feed lines on each occasion in one and the same sense from among a sense directed toward the inside or a sense directed toward the outside of the antenna, and the branches of the second port (210) are arranged in such a way that a current arriving at this second port (210) in the direction of the antennas separates into two currents that traverse the corresponding feed lines, one toward the inside of the antenna and the other toward the outside of the antenna.

11. Array comprising at least two pairs of antennas, each pair of which forms an array in accordance with Claim 9 or Claim 10, and in which said first port (110) of a pair of antennas exhibits branches arranged in such a way that a current arriving from the port in a feed line exhibits one and the same sense in both feed lines, directed toward the inside of the antennas, and said first port (110) of the other pair of antennas exhibits branches arranged in such a way that a current arriving from the port in a feed line exhibits one and

the same sense in both feed lines, directed toward the outside of the antennas, these two first ports (110), having reentrant feed lines in the case of one and having outgoing feed lines in the case of the other, being linked to one and the same upper port (115).

12. Array of antennas comprising a series of antenna pairs, and comprising two circuits each forming a tree consisting of a series of separations having two branches in cascade, each tree terminating in terminal branches, and in which array each antenna pair forms, together with two pairs of terminal branches belonging to the two trees respectively, a subarray having two antennas in accordance with Claim 9 or with Claim 10.

Patentansprüche

1. Gedruckte Zweibandantenne, die zwei im Wesentlichen übereinander angeordnete, strahlende Elemente (25, 45) von planarer Form und eine erste reaktive Kopplungsanordnung (5, 15) enthält, die eines der strahlenden Elemente (25, 45) anregen kann, wobei diese erste reaktive Kopplungsanordnung mindestens eine Speiseleitung (6, 7), die mit einer ersten Frequenz gespeist wird, und eine Masseleiterebene (15) enthält, die mit mindestens einem Kopplungsschlitz (16, 17) versehen ist, wobei die Antenne außerdem eine zweite reaktive Kopplungsanordnung (25, 35) enthält, die das andere der strahlenden Elemente anregen kann, wobei diese zweite reaktive Kopplungsanordnung mindestens eine Speiseleitung (36, 37) enthält, die mit einer zweiten Frequenz anders als die erste Frequenz gespeist wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwei strahlenden Elemente (25, 45) Flächenausdehnungen haben, die eine relative Abweichung von weniger als 20% besitzen, so dass die erste reaktive Kopplungsanordnung eine gleichzeitige Kopplung der zwei strahlenden Elemente (25, 45) erzeugt.
2. Gedruckte Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eines der zwei strahlenden Elemente (25, 45) auf eine Schicht geätzt ist, die eine uniplanare Masseebene aufweist, wobei dieses strahlende Element dann durch einen an seinen Umfang angepassten Schlitz von dieser Masseebene isoliert wird.
3. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antenne ein Betriebsfrequenzband entsprechend der doppelten Kopplung der strahlenden Elemente (25, 45) aufweist, das eine relative Breite von mehr als 15% hat.
4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **da-**

durch gekennzeichnet, dass die Speiseleitung (en) (36, 37) der zweiten reaktiven Kopplungsanordnung (35) sich zwischen den zwei strahlenden Elemente (45) erstreckt (erstrecken).

5. Antenne nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie unter den zwei strahlenden Elementen (25, 45) ein Element (25) enthält, das der Masseebene (15) am nächsten liegt, und dass die Speiseleitung (36, 37) der zweiten reaktiven Kopplungsanordnung (25, 35) diesem strahlenden Element (25) näher ist als dem anderen strahlenden Element (45).
6. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie unter den zwei strahlenden Elementen (25, 45) ein Element (25) enthält, das der Masseebene (15) am nächsten liegt, und dass die zweite reaktive Kopplungsanordnung (35) sich zwischen dem der Masseebene (15) am nächsten liegenden strahlenden Element (25) und der Masseebene (15) erstreckt.
7. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste reaktive Kopplungsanordnung (5, 15) zwei Versorgungsleitungen (6, 7) enthält, die sich in zueinander lotrechten Richtungen in der Antenne erstrecken, und dass die Masseebene (15) zwei Schlitze (16, 17) enthält, die sich in zwei zueinander lotrechten Hauptrichtungen erstrecken, wobei diese zwei Schlitze (16, 17) je senkrecht zu einer entsprechenden Speiseleitung (6, 7) der ersten reaktiven Kopplungsanordnung und lotrecht zu dieser entsprechenden Speiseleitung (6, 7) angeordnet sind.
8. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anordnung von reaktiven Kopplungen (5, 15, 25, 35) der Antenne zwei Versorgungsleitungen (6, 7, 36, 37) enthält, die sich in der Antenne in zueinander unterschiedlichen Richtungen erstrecken.
9. Netz, das mindestens ein Paar von Antennen jeweils gemäß Anspruch 8 und zwei elektrische Zugänge (110, 210) enthält, von denen aus sich jedes Mal ein Paar von Zweigen erstreckt, wobei jeder Zweig eines ersten Zugangs (110, 210) eine jeweilige erste Speiseleitung in jeder der zwei Antennen verbindet, und jeder Zweig eines zweiten Zugangs (110, 210) eine jeweilige zweite Speiseleitung in jeder der zwei Antennen verbindet, wobei die Zweige des ersten und des zweiten Zugangs (110, 210) so angeordnet sind, dass ein an einem der Zugänge in Richtung der Antennen ankommender Strom (i_1 , i_2) sich in den Zweigen dieses Zugangs in Ströme trennt, die durch Kopplung zwei Störströme in den Zweigen des anderen Zugangs erzeugen, Störströme, die unter den

Antennen/Zugangsrichtungen und Zugangs-/Antennenrichtungen Richtungen haben, die gemäß den Zweigen dieses anderen Zugangs entgegengesetzt sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

10. Netz nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zweige eines ersten Zugangs (110) so angeordnet sind, dass ein an diesem ersten Zugang (110) zu den Antennen ankommender Strom sich in zwei Ströme trennt, die die zwei entsprechenden Speiseleitungen jedes Mal in einer gleichen Richtung unter einer nach innerhalb oder nach außerhalb der Antenne gerichteten Richtung durchfließen, und die Zweige des zweiten Zugangs (210) so angeordnet sind, dass ein an diesem zweiten Zugang (210) in Richtung der Antennen ankommender Strom sich in zwei Ströme trennt, die die entsprechenden Speiseleitungen der eine nach innerhalb der Antenne und der andere nach außerhalb der Antenne durchfließen.
11. Netz, das mindestens zwei Paare von Antennen enthält, von denen jedes Paar ein Netz nach Anspruch 9 oder Anspruch 10 bildet, und bei dem der erste Zugang (110) eines Paares von Antennen Zweige besitzt, die so angeordnet sind, dass ein vom Zugang in einer Speiseleitung ankommender Strom die gleiche nach innerhalb der Antennen gerichtete Richtung in den zwei Speiseleitungen besitzt und der erste Zugang (110) des anderen Paares von Antennen Zweige besitzt, die so angeordnet sind, dass ein vom Zugang in einer Speiseleitung ankommender Strom die gleiche nach außerhalb der Antennen gerichtete Richtung in den zwei Speiseleitungen besitzt, wobei diese zwei ersten Zugänge (110) mit eingehenden Speiseleitungen für den einen und ausgehenden Speiseleitungen für den anderen mit dem gleichen höheren Zugang (115) verbunden sind.
12. Antennennetz, das eine Reihe von Antennenpaaren und zwei Schaltungen enthält, die je eine Baumstruktur bilden, die aus eine Reihe von Trennungen mit zwei Zweigen in Kaskade besteht, wobei jede Baumstruktur in Endzweigen endet, und bei welchem Netz jedes Antennenpaar mit zwei Paaren von Endzweigen, die je zu den zwei Baumstrukturen gehören, ein Teilnetz mit zwei Antennen nach Anspruch 9 oder Anspruch 10 bildet.

FIG. 1a

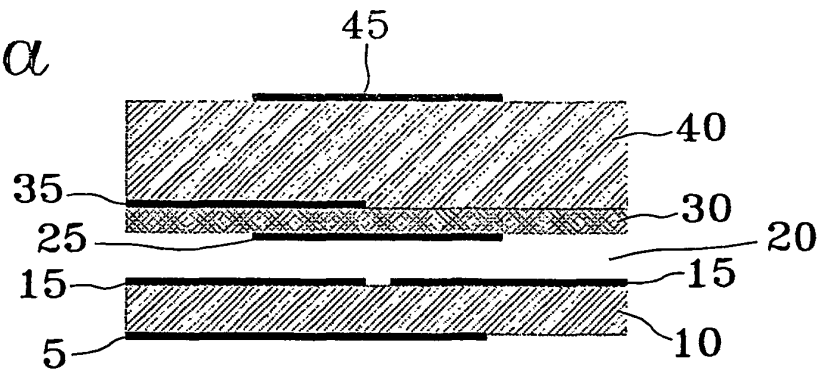


FIG. 2a

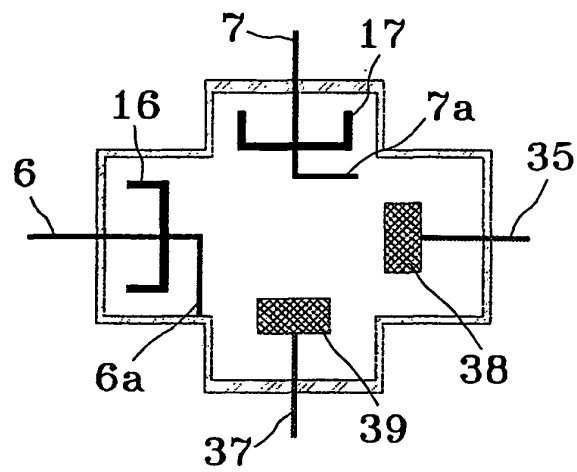


FIG. 3

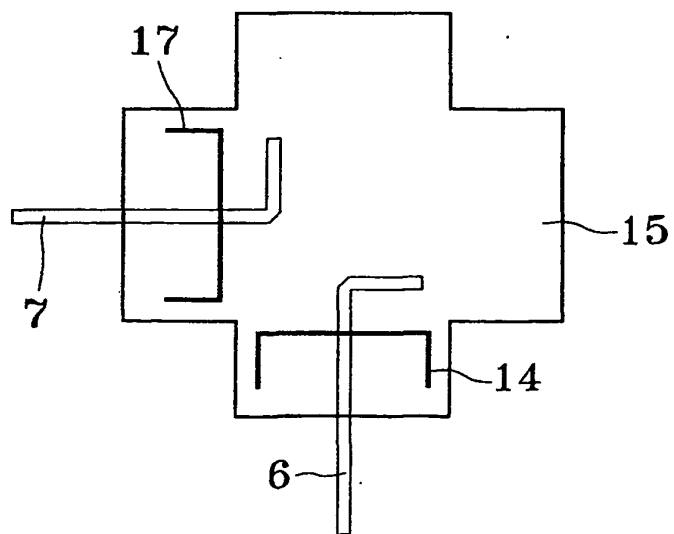


FIG. 1b

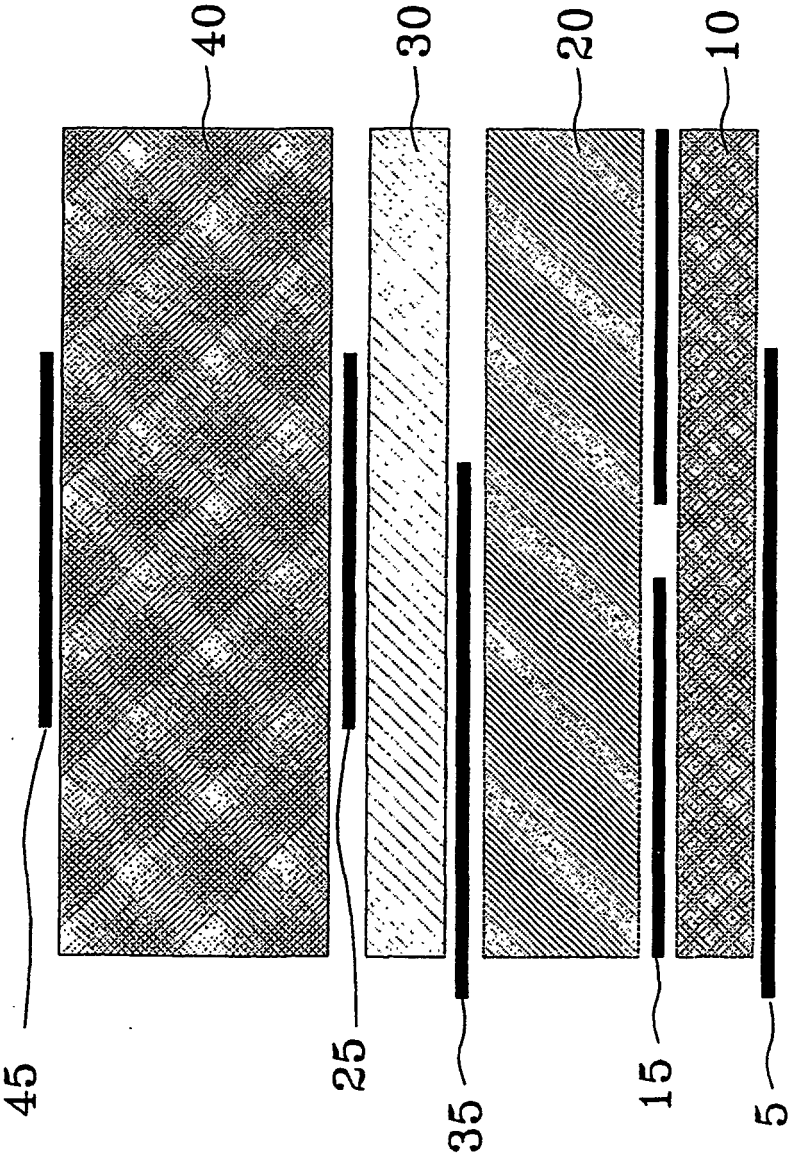


FIG. 2c

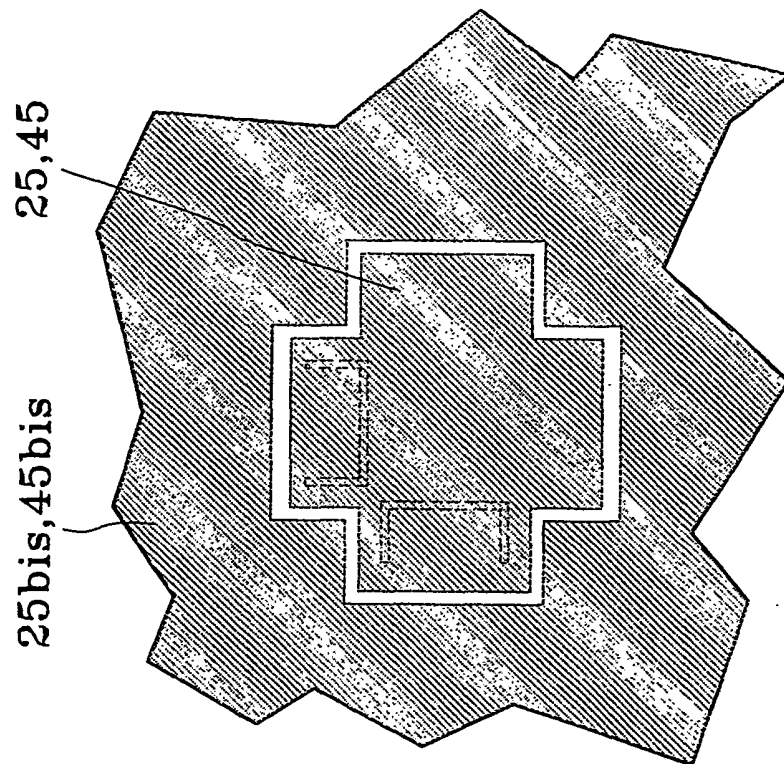


FIG. 2b

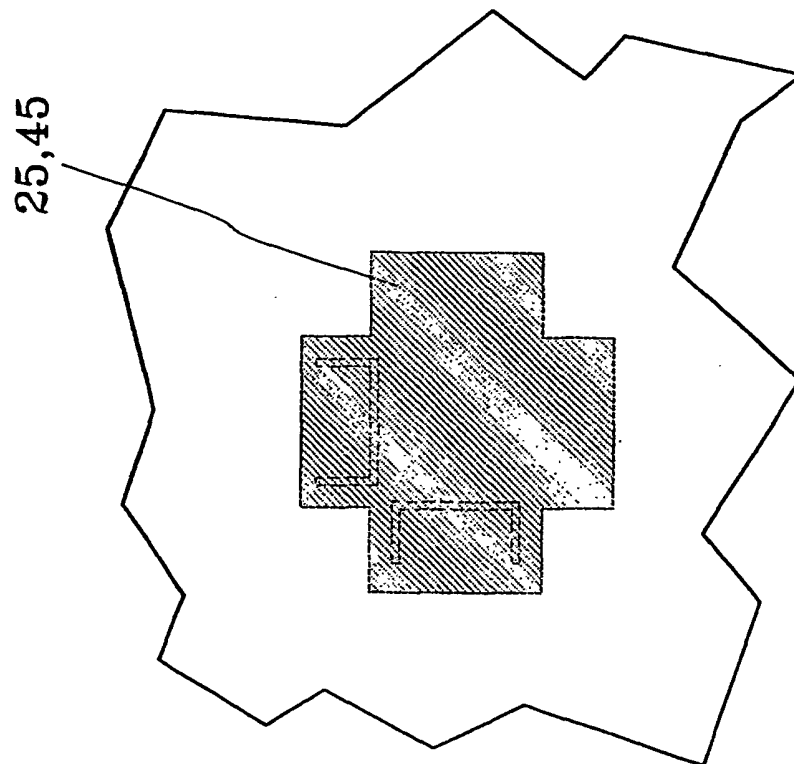


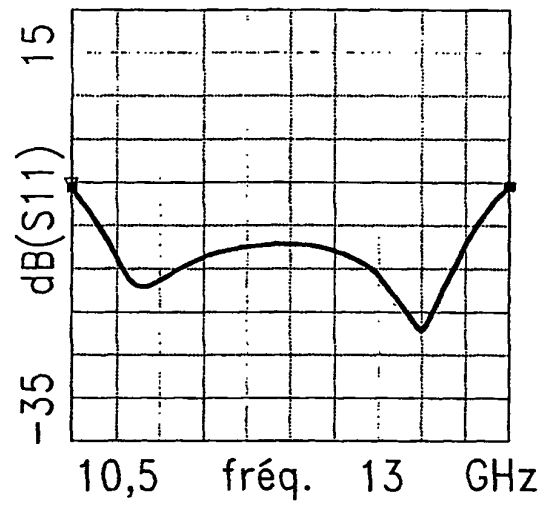
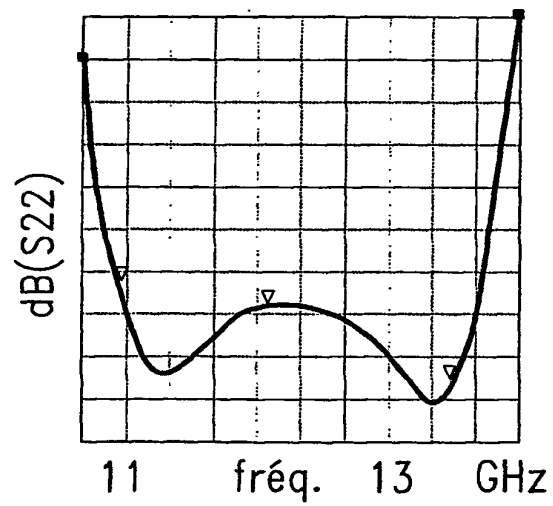
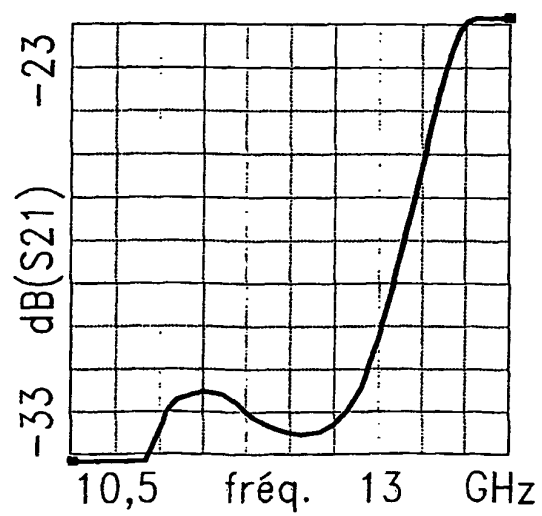
FIG. 4a*FIG. 4b**FIG. 4c*

FIG. 5

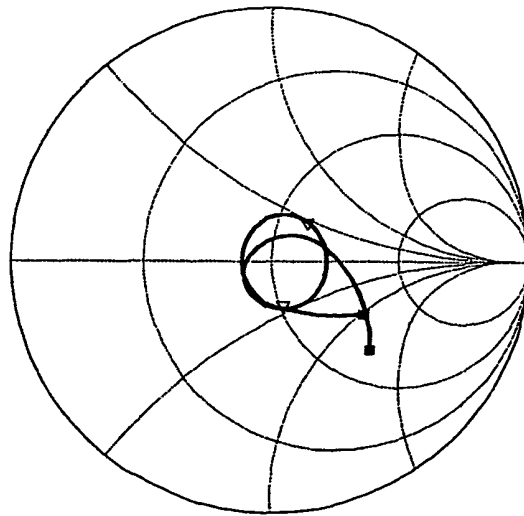


FIG. 6

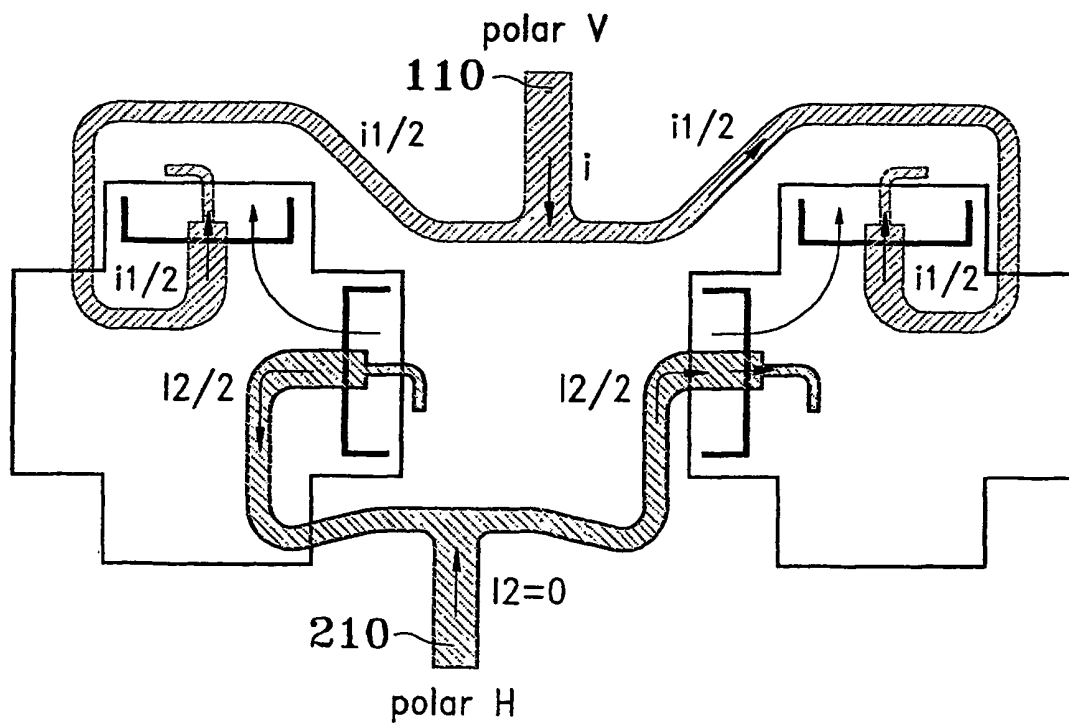


FIG. 7

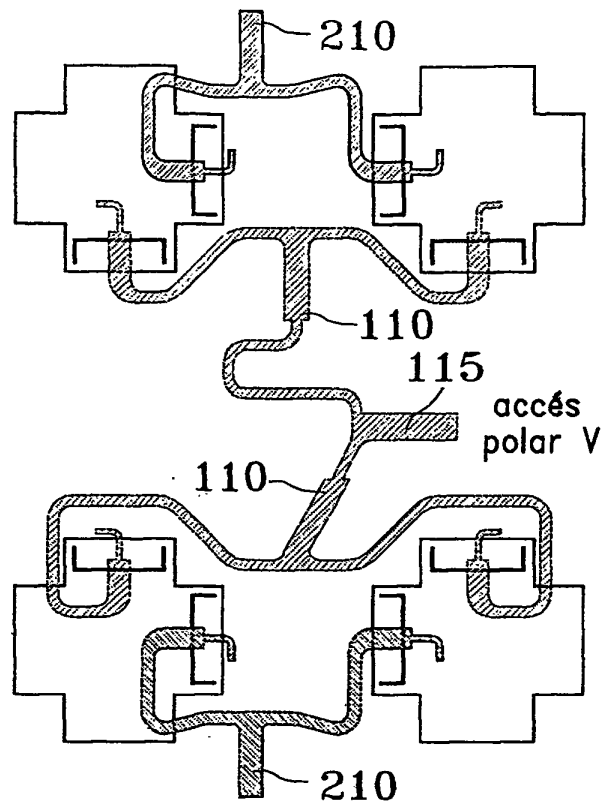


FIG. 8a

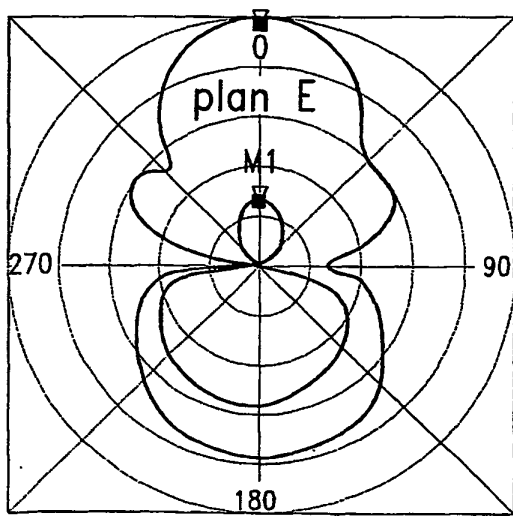


FIG. 8b

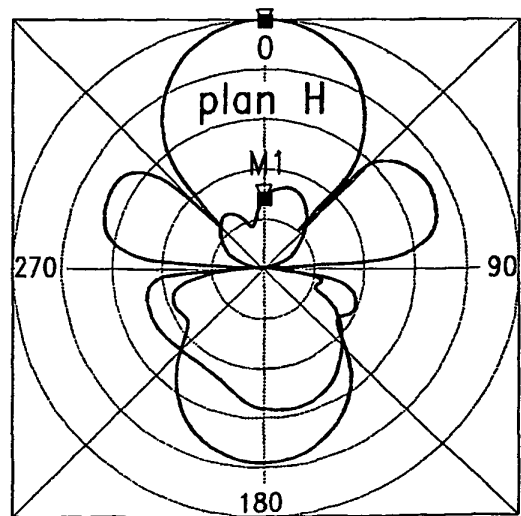
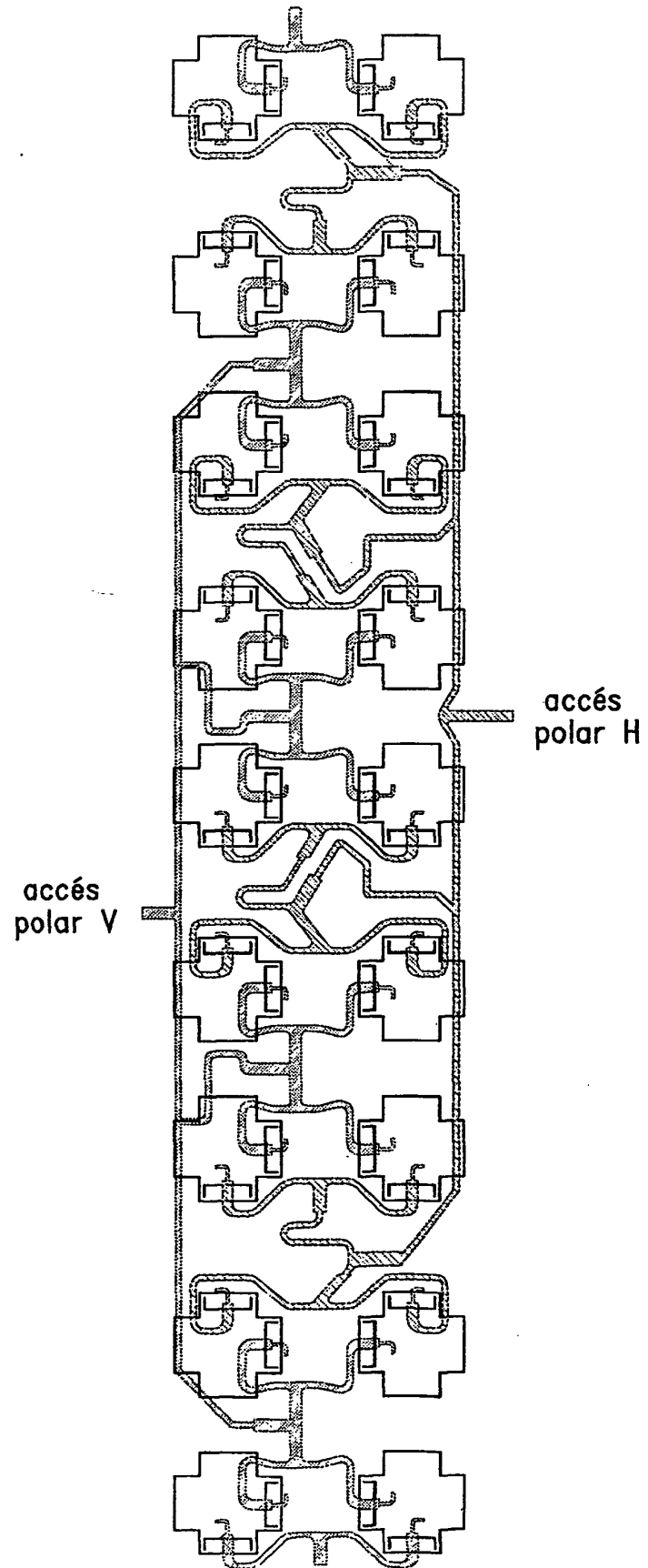


FIG. 9



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 6054953 A [0007]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **MACI S. ; Biffi Gentili G.** Dual Frequency Patch Antennas. *IEEE AP Magazine*, Décembre 1997, vol. 39 (6), 13-19 [0096]
- **Targonski, S.D. ; Pozar D.M.** Dual Band dual polarized printed antenna element. *Electronic Letters*, Novembre 1998, vol. 34 (23), 2193-2194 [0096]
- **Zurcher J.F. et al.** A computer dual port, dual frequency, printed antenna with high decoupling. *Microvave and optical technological letters*, Octobre 1998, vol. 19 (2), 131-137 [0096]
- **P. Brachat ; R.Béhé ; G. Kossiavas ; L. Habib ; A. Papiernik.** Antennes microrubans polarisés par des grilles *Annales des Télécommunications*, 1993, vol. 48 (11-12), 567-572 [0096]
- **P. Brachat ; R. Behe.** Antenne imprimée pour réseau à double polarisation, Octobre 1990 [0096]