



(11) **EP 0 991 135 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
05.04.2000 Bulletin 2000/14

(51) Int Cl.7: **H01Q 13/10**, H01Q 13/18,
H01Q 5/00

(21) Numéro de dépôt: **99402412.3**

(22) Date de dépôt: **01.10.1999**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeur: **Yvelin, Laurent**
94117 Arcueil Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Albert, Claude et al**
Thomson-CSF Propriété Intellectuelle,
13, Avenue du Président Salvador Allende
94117 Arcueil Cédex (FR)

(30) Priorité: **02.10.1998 FR 9812381**

(71) Demandeur: **THOMSON-CSF**
75008 Paris (FR)

(54) **Antenne sélective à commutation en fréquence**

(57) L'invention concerne une antenne sélective à commutation de fréquence.

C'est une antenne à fentes (20) rayonnantes gravées dans une surface conductrice (2) reliée à la masse, les fentes (20) rayonnantes ayant un périmètre (21) correspondant à une longueur radioélectrique donnée, l'antenne comportant des circuits électroniques (70) non linéaires, un circuit électronique (70) étant associé à chaque fente (20) rayonnante et comportant au moins un dispositif électronique (70a) à deux états, un état bloqué qui ne modifie pas la longueur radioélectrique de la fente (20), et un état passant qui diminue la longueur radioélectrique de la fente (20) en raccourcissant le périmètre (21) de la fente (20) par court-circuit réalisé entre deux points (74 et 75) dudit périmètre (21), les circuits électroniques (70) étant synchronisés pour que les fentes (20) rayonnantes présentent entre elles substantiellement la même longueur radioélectrique.

L'antenne peut être appliquée à un réseau d'antennes utilisant plusieurs fréquences pour lesquelles les diagrammes de rayonnement des antennes doivent rester sensiblement stables.

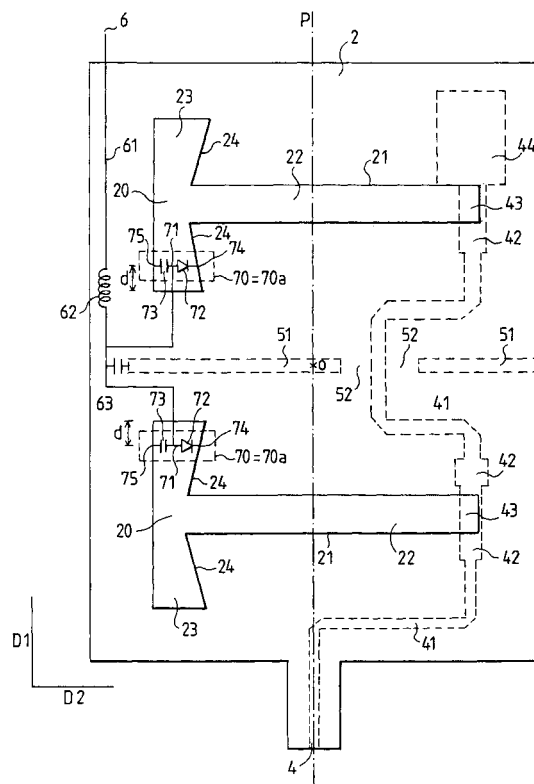


FIG.3

Description

[0001] L'invention concerne le domaine des antennes à fentes rayonnantes. Une antenne à fentes rayonnantes est une antenne résonante donc fortement sélective en fréquence. La bande passante en fréquence d'une telle antenne est généralement faible. La bande passante est le domaine de fréquences sur lequel le fonctionnement de l'antenne reste suffisamment stable, tant en diagramme de rayonnement qu'en adaptation. Dans certaines applications, telles que l'IFF (« identification friend or foe » qui signifie « identification ami ou ennemi »), il est nécessaire de pouvoir faire rayonner l'antenne selon deux bandes de fréquences proches, mais distinctes. Il est alors possible soit d'utiliser deux antennes très sélectives en fréquence fonctionnant chacune dans une bande de fréquence, soit une seule antenne avec une bande passante plus large englobant les deux bandes précédentes. Ces solutions peuvent parfois se heurter à des considérations d'encombrement, notamment dans le cas d'antennes embarquées sur un avion d'arme par exemple.

[0002] Il est connu de réduire l'encombrement de l'antenne en repliant ses fentes. Cependant les formes de fentes obtenues font généralement apparaître une polarisation croisée souvent indésirable, ainsi que d'éventuels modes parasites de rayonnement, et réduisent alors la bande passante de l'antenne.

[0003] L'invention propose une antenne susceptible de fonctionner à plusieurs fréquences distinctes par commutation, tout en conservant selon une polarisation rectiligne donnée un diagramme de rayonnement donné similaire pour chacune des fréquences, tout en maintenant un niveau de polarisation croisée faible.

[0004] La longueur développée d'une fente rayonnante est la somme de toutes les longueurs médianes de chacun des éléments repliés de la fente si celle-ci en comporte plusieurs, sinon la longueur développée se confond avec la longueur médiane de la fente. Plus la fente est fine, c'est-à-dire plus le rapport entre ses deux dimensions est grand, plus la valeur de sa longueur développée se confond avec celle de son demi-périmètre.

[0005] Selon l'invention, il est prévu une antenne à fentes rayonnantes gravées dans une surface conductrice reliée à la masse, les fentes rayonnantes ayant un périmètre correspondant à une longueur radioélectrique donnée, caractérisé en ce que l'antenne comporte des circuits électroniques non linéaires, un circuit électronique étant associé à chaque fente rayonnante et comportant au moins un dispositif électronique à deux états, un état bloqué qui ne modifie pas la longueur radioélectrique de la fente, et un état passant qui diminue la longueur radioélectrique de la fente en raccourcissant le périmètre de la fente par court-circuit réalisé entre deux points dudit périmètre, en ce que les circuits électroniques sont synchronisés pour que les fentes rayonnantes commutent d'un état à un autre sensiblement au même instant, et en ce que les diminutions des longueurs

radioélectriques des fentes sont suffisamment faibles pour que les diagrammes de rayonnement de l'antenne restent sensiblement stables.

[0006] Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, les circuits électroniques sont synchronisés pour que les fentes rayonnantes présentent entre elles substantiellement la même longueur radioélectrique, et en ce que la diminution de longueur radioélectrique est suffisamment faible pour que le diagramme de rayonnement de l'antenne reste sensiblement stable. De préférence, les fentes rayonnantes de l'antenne sont excitées par couplage avec une ligne microruban qui reste inchangée quelque soit l'état bloqué ou passant des dispositifs électroniques.

[0007] Avantageusement, les fentes rayonnantes étant alignées selon une première direction, chaque fente rayonnante est en forme de T. Cette forme de fente rayonnante permet de maintenir une polarisation croisée faible.

[0008] L'invention sera mieux comprise et d'autres particularités et avantages apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins joints, donnés à titre d'exemples, où :

- la figure 1 représente schématiquement une vue en coupe d'un mode de réalisation d'une antenne selon l'invention ;
- la figure 2A représente schématiquement une fente et le circuit électronique associé, d'un mode de réalisation d'une antenne selon l'invention ;
- les figures 2B et 2C représentent schématiquement deux états d'un mode de réalisation d'un dispositif électronique selon l'invention, respectivement l'état bloqué et l'état passant ;
- la figure 2D représente schématiquement un mode de réalisation préférentiel d'un dispositif électronique selon l'invention ;
- la figure 3 représente schématiquement une vue de dessus d'un mode de réalisation d'une antenne selon l'invention ;
- la figure 4 représente schématiquement les diagrammes de rayonnement d'un mode de réalisation d'une antenne selon l'invention, à deux fréquences distinctes ;
- la figure 5 représente une variante d'un circuit électronique d'une antenne selon l'invention.

[0009] Les figures 1 à 5 décrivent le mode de réalisation préférentiel de l'invention dans lequel les circuits électroniques sont synchronisés pour que les fentes rayonnantes présentent entre elles substantiellement la même longueur radioélectrique.

[0010] La figure 1 représente schématiquement une structure générale préférentielle d'une antenne selon l'invention. L'antenne est vue de profil. L'antenne comporte séquentiellement, du côté extérieur vers le côté intérieur de l'antenne, un radôme 1, une surface conductrice 2 reliée à la masse, un substrat 3 diélectrique ,

une cavité 5 conductrice, de préférence métallique, également reliée à la masse. Des fentes 20 rayonnantes sont gravées sur la surface conductrice 2. Dans la cavité 5, sur la face du substrat 3, du côté opposé à celui de la surface conductrice 2, est déposée une ligne d'alimentation 4 qui est avantageusement une ligne micro-ruban. Cette ligne micro-ruban 4 est préférentiellement déposée sous la forme d'un circuit imprimé. Les circuits électroniques, non représentés ici, associés aux fentes rayonnantes de l'antenne, comportent des dispositifs électroniques. Les dispositifs électroniques sont avantageusement montés en surface d'un autre circuit imprimé comportant les circuits électroniques et gravé sur la même face du substrat 3 que la ligne 4, mais de manière indépendante de la ligne 4. L'antenne ne comporte alors que trois éléments mécaniquement distincts qui sont le radôme 1, le substrat 3 avec sur l'une de ses faces la surface conductrice 2 et sur l'autre face un circuit imprimé comprenant les circuits électroniques et la ligne 4 d'alimentation, et la cavité 5.

[0011] Dans une variante de l'invention utilisant une structure de guide d'onde à fentes rayonnantes par exemple, les fentes peuvent être usinées dans la masse de la structure métallique du guide d'onde, et les circuits électroniques peuvent alors être gravés sur un substrat collé sur la surface conductrice des fentes.

[0012] L'épaisseur et la constante diélectrique du substrat 3 et du radôme 1 influencent de manière importante la longueur d'onde de résonance, et donc la longueur radioélectrique de fente. En effet, plus ces épaisseurs et ces constantes diélectriques sont élevées, plus pour une fréquence de résonance donnée de la fente, les dimensions physiques de la fente sont petites, ce qui permet un encombrement moindre de chaque fente. Cependant, la bande passante de l'antenne diminue alors également. Dans un exemple préférentiel, pour des fréquences autour de 1GHz, le substrat 3 a une forte épaisseur, de l'ordre de 2mm, et une constante diélectrique relative élevée, de l'ordre de 10. Le radôme 1, élément protecteur de l'antenne de préférence plaqué sur la surface conductrice 2, peut aussi entraîner des pertes ohmiques importantes lorsque son épaisseur est trop élevée. Dans cet exemple préférentiel choisi, le radôme a une épaisseur de 4mm et son matériau est du verre-époxyde stratifié.

[0013] La cavité 5 permet de supprimer le rayonnement de l'antenne vers l'arrière, c'est-à-dire du côté opposé au radôme 1. La présence d'une cavité 5 accroît la sélectivité en fréquence d'une antenne à fentes rayonnantes. Moins la cavité 5 est profonde, plus pour une fréquence de résonance donnée de la fente, les dimensions de la fente augmentent, et plus la bande passante en fréquence diminue. Le gain de place au niveau de l'épaisseur de l'antenne se fait au détriment de l'encombrement de surface de l'antenne et au détriment de la largeur de sa bande passante.

[0014] La figure 2A représente schématiquement une fente rayonnante 20 de l'antenne et le circuit électro-

que 70 non linéaire associé à la fente 20, d'un mode de réalisation préférentiel d'une antenne selon l'invention. La fente 20 est vue de dessus par rapport à la figure 1 ; elle est gravée dans la surface conductrice 2. Le circuit électronique 70 sur l'exemple de la figure 2A ne comporte qu'un seul dispositif électronique 70a avec lequel il se confond. Le circuit électronique 70 est commandé par un dispositif 6 de commande qui est de préférence commun à plusieurs circuits électroniques 70. Le dispositif 6 de commande comporte par exemple une ligne de commande 61 et une inductance 62 de découplage des hautes fréquences dont les fentes 20 sont le siège. Le dispositif électronique 70a comporte préférentiellement une liaison filaire 71 reliant deux points 74 et 75 du périmètre 21 de la fente 20. La liaison filaire 71 comporte de préférence une diode 72 et une capacité 73 de découplage de la masse à laquelle est reliée la surface conductrice 2. Dans la forme préférentielle en T de la fente 20 représentée sur la figure 2A, la fente 20, de périmètre 21 correspondant à une longueur radioélectrique donnée, comporte une barre centrale 22 et une barre transversale 23 ayant des côtés évasés 24. Les différents éléments vont être décrits plus en détail ci-après.

[0015] Le dispositif électronique 70a a deux états : un état bloqué et un état passant. L'état bloqué ne modifie pas la longueur radioélectrique de la fente 20. L'état passant diminue la longueur radioélectrique de la fente 20 en raccourcissant le périmètre 21 de la fente 20 par court-circuit réalisé entre deux points 74 et 75 du périmètre 21. Donc la fente 20 a la plus grande longueur radioélectrique lorsque le dispositif électronique 70a est dans l'état bloqué. Le changement d'état du dispositif électronique 70a réalise une commutation entre deux états géométriquement différents de la fente 20. Les figures 2B et 2C représentent schématiquement les deux états du dispositif électronique 70a selon l'invention, l'état bloqué est représenté sur la figure 2B et l'état passant sur la figure 2C. Le périmètre 21 effectif de la fente 20 est représenté en traits pleins dans chacun des états du dispositif électronique 70a. La distance d, distance de raccourcissement de la barre transversale 23, correspond à une diminution de la longueur radioélectrique de la fente 20. La diminution de la longueur radioélectrique de la fente 20 doit être suffisamment faible pour que le diagramme de rayonnement de l'antenne reste sensiblement stable, c'est-à-dire présente une stabilité considérée comme suffisante dans l'application considérée, même dans le cas où la ligne 4 d'alimentation reste identique pour les deux états du dispositif électronique 70a.

[0016] Les circuits électroniques 70 sont synchronisés pour que les fentes 20, d'une antenne à plusieurs fentes, présentent entre elles substantiellement la même longueur radioélectrique, c'est-à-dire présentent des longueurs radioélectriques considérées comme suffisamment proches dans l'application envisagée, par exemple en ayant un dispositif 6 de commande commun

lequel permet alors par exemple une commande en tension commune de tous les circuits électroniques 70. La valeur du substantiellement dans l'expression « substantiellement la même longueur radioélectrique » dépend des tolérances admissibles dans l'application envisagée. De même dans le cas plus général de fentes rayonnantes commutant d'un état à un autre « sensiblement au même instant », la valeur du « sensiblement » dépend des tolérances admissibles dans l'application envisagée. De préférence, les périmètres 21 et les distances d sont substantiellement égaux pour toutes les fentes 20 de l'antenne.

[0017] La surface conductrice 2, reliée à la masse, établit un écran de protection électromagnétique contre les champs forts aux fréquences inférieures à la fréquence de résonance des fentes 20. Cet écran protège tous les éléments électroniques qui sont derrière la surface conductrice 2 et en particulier derrière le substrat 3.

[0018] La fente 20 peut présenter diverses formes. La forme repliée en T représentée sur les figures 2A, 2B et 2C est une forme préférentielle. Soit D1 une première direction et D2 une deuxième direction orthogonale à D1. Les fentes 20, dont une seule est représentée sur les figures 2A à 2C, sont alignées selon la direction D1. La fente 20 comporte deux barres 22 et 23 ; une barre transversale 23 parallèle à la direction D1 reliée au niveau de son centre à une barre centrale 22 parallèle à la direction D2. Ce repliement permet de diminuer l'encombrement selon la direction D2 par rapport à une fente rectiligne selon la direction D2 de même longueur radioélectrique, au détriment d'une réduction de la bande passante. De plus, à fréquences de résonance égales, on constate que le périmètre d'une fente en T est inférieur au périmètre d'une fente rectiligne, ce qui peut s'expliquer par un phénomène de couplage entre la barre transversale 23 d'une part et la barre centrale 22 d'autre part. Ceci amène une réduction supplémentaire d'encombrement.

[0019] On constate également que la forme en T aboutit à une polarisation croisée rayonnée, c'est-à-dire ici une polarisation selon la direction D2, nettement inférieure à celle résultant d'autres types de forme comme une forme classique en L par exemple, ce qui peut s'expliquer par la présence de courants en opposition dans les deux branches de la barre transversale 23 situées de part et d'autre du centre de la barre transversale 23. La barre centrale 22 doit être suffisamment fine, c'est-à-dire que le rapport entre sa largeur et sa longueur doit être suffisamment faible, pour que la fente 20 aie un comportement de fente rayonnant surtout une polarisation rectiligne parallèle à la direction D1 perpendiculaire à sa longueur. De préférence également, le rapport de la longueur de la barre centrale 22 sur la longueur de la barre transversale 23 est suffisamment grand pour que la fente 20 rayonnante rayonne avec une polarisation rectiligne sensiblement parallèle à direction D1, c'est-à-dire comportant un niveau de polarisation croisée suffisamment faible pour l'application considérée. Le terme

« sensiblement » dépend de l'application envisagée et des tolérances admissibles en matière de niveau de polarisation croisée. Plus les courants radioélectriques dont la fente 20 rayonnante est le siège sont localisés dans la barre centrale 22 et plus la direction de polarisation du champ rayonné par la fente 20 sera parallèle à la direction D1. Avantageusement, la longueur de la barre centrale 22 vaut sensiblement un tiers du périmètre 21 de la fente 20.

[0020] De préférence, la barre transversale 23 s'évase vers ses extrémités, comme le montre sur la figure 2A le côté oblique 24 de la barre transversale 23. On constate que cet évasement élargit la bande passante de l'antenne. Cet évasement peut être réalisé également le long de l'autre côté de la barre transversale 23 ou bien même simultanément selon les deux côtés de la barre transversale 23, mais dans ces deux cas, le gain en encombrement selon la direction D1 est un peu plus faible que dans le cas représenté sur la figure 2A.

[0021] Lorsque le dispositif électronique 70a est dans l'état passant comme sur la figure 2C, la fente en forme de T n'est plus symétrique, les deux branches de la barre transversale 23 n'ont plus la même longueur ; comme expliqué ci-dessus, la distance d est choisie suffisamment faible par rapport à la longueur de la barre transversale 23 pour que le diagramme de rayonnement de l'antenne reste sensiblement stable. Dans une variante de réalisation, on peut utiliser deux dispositifs électroniques tel que le dispositif électronique 70a, qui pourraient être placés chacun à une distance d/2 des extrémités de la barre transversale 23.

[0022] La liaison filaire 71 raccourcit la barre transversale 23 et donc diminue le périmètre 21 de la fente 20. Préférentiellement, la liaison filaire 71 est parallèle à la direction D2 et est située suffisamment dans le voisinage du plan de la surface conductrice 2 pour que le court-circuit ainsi réalisé soit efficace et que la longueur radioélectrique de la fente soit réduite sans apparition d'effets inductifs parasites. La liaison filaire 71 peut être réalisée sur l'une ou l'autre face du substrat 3. Un exemple préférentiel de réalisation de liaison filaire 71 est donné à la figure 2D. La liaison filaire 71 est réalisée sous forme de gravure métallique sur la face substrat 3 qui est située du côté opposé à la surface conductrice 2. Comme sur la figure 2A, elle comporte de préférence une diode 72 et une capacité 73 de découplage en série. La capacité 73 vaut par exemple 500pF dans le domaine fréquentiel préférentiel d'utilisation situé autour de 1 GHz. Des trous métallisés 71a et 71b relient la liaison filaire 71 respectivement aux points de court-circuit 74 et 75 situées sur la surface conductrice 2.

[0023] La diode 72 est une diode hyperfréquence à deux états de polarisation. La diode 72, généralement une diode PIN, a avantageusement les caractéristiques suivantes : un temps de commutation rapide, par exemple inférieur à 1µs, une tenue en tension inverse importante, de 500 à 1000 volts par exemple, une résistance équivalente en polarisation directe relativement faible,

par exemple 0,6 ohms, une capacité inverse très faible, par exemple 0,4 pF. La ligne de commande 61 véhicule des signaux de commande de cette diode, par exemple une tension de -50 volts pour l'état bloqué et un courant de 50 mA pour l'état passant.

[0024] La figure 3 représente schématiquement une vue de dessus d'une antenne préférentielle selon l'invention. L'antenne comporte préférentiellement deux fentes 20 avec des circuits électroniques 70 associés semblables à celui de la figure 2A. Les fentes 20, dont les barres centrales 22 sont parallèles à la direction D2, sont alignées selon la direction D1 qui est la direction de polarisation du rayonnement émis par les fentes 20. L'alignement ainsi obtenu présente un faible encombrement surfacique et permet de réaliser des antennes sous-dimensionnées dont les dimensions sont de l'ordre de la fraction de longueur d'onde de résonance de fente, par exemple de l'ordre de la moitié selon la direction D1 et du tiers selon la direction D2.

[0025] Une cloison 51, située de préférence à égale distance des barres centrales 22 des deux fentes 20, parallèle à la direction D2 et perpendiculaire au plan de la figure 3, sépare la cavité 5 en deux parties. La cloison 51 est représentée sur la figure 3 en traits pointillés. La cloison 51 est également reliée à la masse, afin de réduire voire d'éliminer les couplages intracavité, c'est-à-dire à l'intérieur de la cavité 5, entre les fentes 20, par exemple par l'intermédiaire de trous métallisés traversant le substrat 3 et établissant un contact électrique entre la cloison 51 conductrice et la surface conductrice 2. La ligne de commande 61 est reliée à la cloison 51 par une capacité 63 de découplage. La cloison 51 comporte un trou 52 laissant passer une ligne 4 d'alimentation.

[0026] Sous le substrat 3 non représenté sur la figure 3, est située la ligne 4 d'alimentation des fentes 20, avantageusement une ligne microruban. La ligne 4 d'alimentation est représentée en traits pointillés. Les fentes 20 sont alimentées en série. La différence de phase d'excitation imposée entre les fentes 20 par la ligne 4 d'alimentation permet en partie de dépointer, par rapport à la normale à la surface de l'antenne, le lobe principal du faisceau rayonné par l'antenne. Dans le cas où l'antenne n'est pas complètement plane, la normale à considérer est la verticale au plan moyen au point 0 et passant par le point 0. Le dépointage est aussi lié à un effet de couplage extracavité entre les fentes 20, surtout lorsque celles-ci sont très proches l'une de l'autre, qui sera examiné ultérieurement. Les barres centrales 22 sont espacées sensiblement d'un quart de la longueur d'onde de résonance des fentes 20, ce qui permet par l'établissement d'une différence de phase d'excitation d'environ 90 degrés entre les deux fentes 20 de l'antenne de diminuer fortement les pertes par rayonnement vers l'arrière du lobe principal, c'est-à-dire en direction de la source de la ligne 4 d'alimentation décrite ci-après. Une telle combinaison de deux fentes 20 permet le rayonnement d'un lobe principal à forte inclinaison par

rapport à la surface conductrice 2.

[0027] La ligne 4 d'alimentation comporte différents tronçons et se termine par une terminaison 44 en circuit ouvert. A partir de la source, non représentée sur la figure 3, la ligne 4 d'alimentation comporte des tronçons 41 intermédiaires, d'une part entre la source et la première fente 20, et d'autre part entre les deux fentes 20. Entre les tronçons 41 intermédiaires et les fentes 20, la ligne 4 d'alimentation comporte des tronçons 42 d'adaptation d'impédance, pour réaliser une adaptation entre l'impédance des tronçons 41 intermédiaires, valant par exemple 50 ohms, et l'impédance des fentes 20 vue par la ligne 4 d'alimentation. L'adaptation d'impédance est obtenue en jouant de préférence sur la largeur des différents tronçons de la ligne 4 d'alimentation. La réalisation de l'adaptation de la ligne 4 d'alimentation résulte d'un compromis entre l'adaptation aux différentes longueurs radioélectriques des fentes 20, afin que lors des changements d'état des circuits électroniques 70, la ligne 4 d'alimentation reste adaptée et que le dépointage du faisceau soit sensiblement conservé pour que le diagramme de rayonnement reste sensiblement stable. L'adaptation permet de conserver un TOS, taux d'ondes stationnaires, relativement faible.

[0028] La ligne 4 d'alimentation est couplée aux fentes 20 par l'intermédiaire de tronçons 43 de couplage qui excitent les fentes 20. Chaque tronçon 43 est préférentiellement situé au voisinage de l'extrémité de la barre centrale 22 située du côté opposé à la barre transversale 23. L'exemple de la figure 3 montre une excitation optimale dite en « offset maximum », c'est-à-dire en extrémité de fente. A longueur d'onde de résonance de fente donnée, une excitation en extrémité de fente requiert une taille de fente légèrement plus petite que pour une excitation réalisée ailleurs dans la fente. D'où à nouveau, un gain en encombrement surfacique pour l'antenne. La ligne 4 d'alimentation et les fentes 20 étant situées de part et d'autre du substrat 3, l'excitation est réalisée par couplage capacitif.

[0029] Le déphasage imposé par les tronçons de ligne 4 d'alimentation situées entre les deux fentes 20 est partiellement responsable de l'effet de pointage du faisceau de l'antenne. Un autre effet important qui intervient dans le pointage est le couplage extracavité, c'est-à-dire externe à la cavité, entre les fentes 20, le couplage intracavité ayant été pratiquement supprimé par la cloison 51 reliée à la masse. Dans l'adaptation de la ligne 4 d'alimentation, ce couplage doit être pris en considération pour chacune des fréquences rayonnées par l'antenne afin que l'effet de pointage recherché, correspondant à un diagramme de rayonnement spécifique dépendant de l'application envisagée, soit obtenu pour toutes les états des circuits électroniques 70, lesquels états correspondent à des longueurs radioélectriques de fente données et donc à des fréquences rayonnées par l'antenne.

[0030] Les diagrammes de rayonnement obtenus avec l'antenne préférentielle représentée sur la figure 3

sont représentés sur la figure 4. La figure 4 représente schématiquement les diagrammes de rayonnement aux deux fréquences distinctes F1 et F2 qui correspondent respectivement aux états bloqué et passant des dispositifs électroniques 70a. Les diagrammes de rayonnement sont représentés dans le plan P de la figure 3, le plan P étant représenté en traits mixtes et passant au niveau des milieux des barres centrales 22 des fentes 20, parallèle à la direction D1, et perpendiculaire au plan de la figure 3 lequel plan correspond au plan moyen de l'antenne au niveau de ces milieux. En effet, l'antenne n'est pas nécessairement plane, elle peut aussi être conformée à une surface particulière, comme dans une application préférentielle examinée ultérieurement. Les courbes sont en traits pleins pour la fréquence F1 et en traits pointillés pour la fréquence F2. Ces courbes représentent un gain relatif en décibel sur l'axe des ordonnées, en fonction de l'angle entre la direction d'observation dans le plan P et la verticale au plan de la figure 3 passant par le point O visible sur la figure 3, angle exprimé en degrés. Le point O est à égale distance des deux barres centrales 22. L'angle de dépointage obtenu est important, l'angle de dépointage étant l'angle pour lequel la valeur du gain relatif est maximale ; il peut atteindre 40° à 50°.

[0031] Le domaine préférentiel d'application de l'invention est la bande L autour de 1GHz. Les fréquences de l'exemple préférentiel d'application sont les fréquences F1 = 1030 MHz et F2 = 1090 MHz, espacées de 60 MHz. La bande passante autour de chacune de ces fréquences est d'environ 20 MHz, soit environ 2%, ce qui signifie que l'allure des diagrammes de rayonnement est sensiblement stable dans ces deux bandes passantes. Les courbes de la figure 4 montrent qu'il est possible d'obtenir des diagrammes de rayonnement stables et similaires sur des bandes passantes étroites, environ 2%, autour de fréquences sensiblement éloignées, leur éloignement relatif est d'environ 6%. Pour obtenir ce résultat de fonctionnement uniquement par élargissement continu d'une bande passante autour d'une fréquence centrale d'environ 1060 MHz, il aurait fallu obtenir une bande passante équivalente de 8%, soit nettement plus que les bandes passantes de 2%. Des relevés de TOS, taux d'ondes stationnaires, montrent que les bandes passantes en diagramme de rayonnement sont également les bandes passantes en TOS pour l'antenne considérée à la figure 3.

[0032] La figure 5 représente une variante de circuit électronique 70 comportant plusieurs dispositifs électroniques, ici par exemple trois, les dispositifs 70a, 70b et 70c étant similaires à celui de la figure 3 et respectivement situés à des distances d1, d2, d3. Les fentes 20 ont alors un diagramme de rayonnement stable pour plusieurs fréquences, les fréquences correspondant aux différentes tailles de périmètre 21 des fentes 20 pouvant être obtenues avec les dispositifs électroniques 70a à 70c. Cette variante permet par exemple de faire fonctionner l'antenne en mode évacuation de fréquence ou

en mode correction automatique d'accord en fréquence. Le mode évacuation de fréquence requiert par nature une période de commutation en fréquence courte. Le mode correction automatique d'accord en fréquence, lié à la dérive des caractéristiques de l'antenne en fonction de certains paramètres, comme la température par exemple, pourra généralement fonctionner avec une période de commutation beaucoup plus longue.

[0033] Dans une application de l'invention, l'antenne est conformée à la surface d'un avion, ce qui lui permet d'avoir, compte tenu de son dépointage de 40° à 50°, un angle d'inclinaison du faisceau en site faible par rapport à l'horizontale, angle qui correspond à une observation vers l'avant de l'avion. Plusieurs antennes de ce type, par exemple quatre, peuvent être alignées parallèlement à la direction D2, formant ainsi un réseau pouvant être commandé électroniquement afin de réaliser un balayage du faisceau dans le plan azimuth de l'avion. Chaque faisceau pointé du réseau couvre avantageusement un secteur limité en azimut de l'espace d'observation qui est ainsi couvert par un balayage électronique de l'ensemble des faisceaux. Un ou plusieurs réseaux d'antennes précédemment décrits permettent de réaliser par exemple un système d'identification, du type IFF (IFF ayant été défini plus haut) fonctionnant à deux fréquences F1 et F2, utilisant des antennes conformées, et couvrant l'espace en avant de l'avion sur un secteur angulaire donné en site et en azimut. Le système d'identification est aussi bien un système air-air qu'un système air-sol.

Revendications

1. Antenne à fentes (20) rayonnantes gravées dans une surface conductrice (2) reliée à la masse, les fentes (20) rayonnantes ayant un périmètre (21) correspondant à une longueur radioélectrique donnée, caractérisée en ce que l'antenne comporte des circuits électroniques (70) non linéaires, un circuit électronique (70) étant associé à chaque fente (20) rayonnante et comportant au moins un dispositif électronique (70a, 70b, 70c) à deux états, un état bloqué qui ne modifie pas la longueur radioélectrique de la fente (20), et un état passant qui diminue la longueur radioélectrique de la fente (20) en raccourcissant le périmètre (21) de la fente (20) par court-circuit réalisé entre deux points (74 et 75) du dit périmètre (21), en ce que les circuits électroniques (70) sont synchronisés pour que les fentes (20) rayonnantes commutent d'un état à un autre sensiblement au même instant, et en ce que les diminutions des longueurs radioélectriques sont suffisamment faibles pour que les diagrammes de rayonnement de l'antenne restent sensiblement stables.
2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en

ce que les circuits électroniques (70) sont synchronisés pour que les fentes (20) rayonnantes présentent entre elles substantiellement la même longueur radioélectrique et en ce que la diminution (d, d1, d2, d3) de longueur radioélectrique est suffisamment faible pour que le diagramme de rayonnement de l'antenne reste sensiblement stable.

3. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisée en ce que le dispositif électronique (70a, 70b, 70c) comporte une diode (72) hyperfréquence à deux états de polarisation. 10
4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les fentes (20) rayonnantes étant alignées selon une première direction (D1), chaque fente (20) rayonnante est en forme de T, le T comportant une barre transversale (23) selon la première direction (D1) reliée au niveau de son centre à une barre centrale (22) selon une deuxième direction (D2) orthogonale à la première direction (D1). 15 20
5. Antenne selon la revendication 4, caractérisée en ce que le dispositif électronique (70a, 70b, 70c) comporte une liaison filaire 71 sensiblement parallèle à la première direction (D1) et réalisant, lorsque le dispositif électronique (70a, 70b, 70c) est dans l'état passant, le court-circuit entre deux points (74 et 75) de la barre transversale (23). 25 30
6. Antenne selon la revendication 5, caractérisée en ce que le rapport de la longueur de la barre centrale (22) sur la longueur de la barre transversale (23) est suffisamment grand pour que la fente (20) rayonne selon une polarisation rectiligne sensiblement parallèle à la première direction (D1). 35
7. Antenne selon la revendication 6, caractérisée en ce que la longueur de la barre centrale (22) vaut sensiblement un tiers du périmètre (21) de la fente (20) rayonnante. 40
8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, caractérisée en ce que l'antenne comporte une ligne (4) d'alimentation qui alimente en série tous les fentes (20) rayonnantes au voisinage de l'extrémité de leur barre centrale (22) située du côté opposé à leur barre transversale (23). 45 50
9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, caractérisée en ce que la barre transversale (23) s'évase vers ses extrémités. 50
10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisée en ce que l'antenne comporte deux fentes (20) rayonnantes dont les barres centrales (22) sont espacées sensiblement d'un quart 55

de longueur d'onde de résonance des fentes (20) rayonnantes.

11. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comportant séquentiellement un radôme (1), la surface conductrice (2) reliée à la masse, un substrat (3) diélectrique, une cavité (5) métallique, caractérisée en ce qu'une ligne (4) d'alimentation microruban est située dans la cavité (5) métallique sur la face du substrat (3) opposée à celle où sont situés les fentes (20) rayonnantes, et en ce que la cavité (5) est cloisonnée de manière à diminuer le couplage entre fentes (20) rayonnantes.
12. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que chaque circuit électronique (70) comporte plusieurs dispositifs électroniques (70a, 70b, 70c) de manière à ce que l'antenne fonctionne en mode évocation de fréquence ou en mode correction automatique d'accord en fréquence.
13. Réseau d'antennes caractérisé en ce que le réseau comporte plusieurs antennes selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, un espace d'observation donné constitué de secteurs d'observation étant couvert par balayage électronique du réseau d'antennes, chaque secteur d'observation étant couvert par une position du faisceau de balayage du réseau.

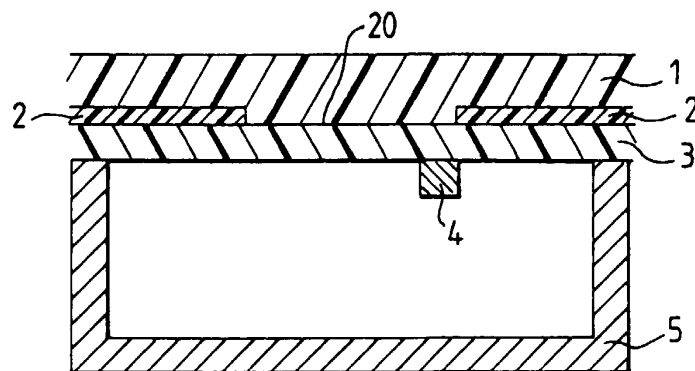


FIG. 1

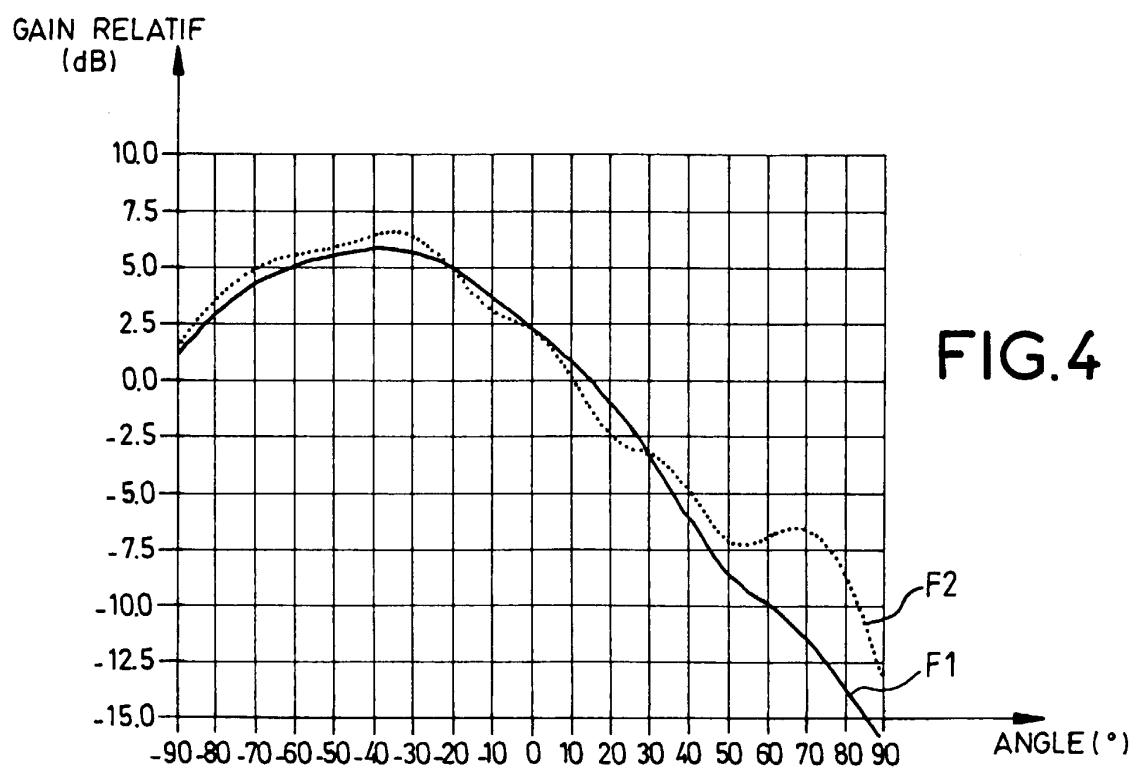


FIG. 4

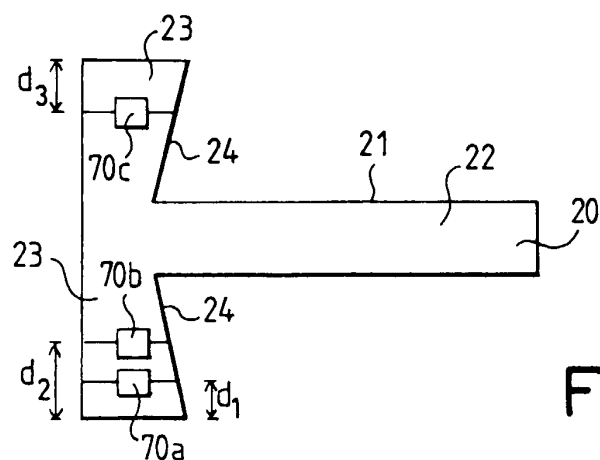


FIG. 5

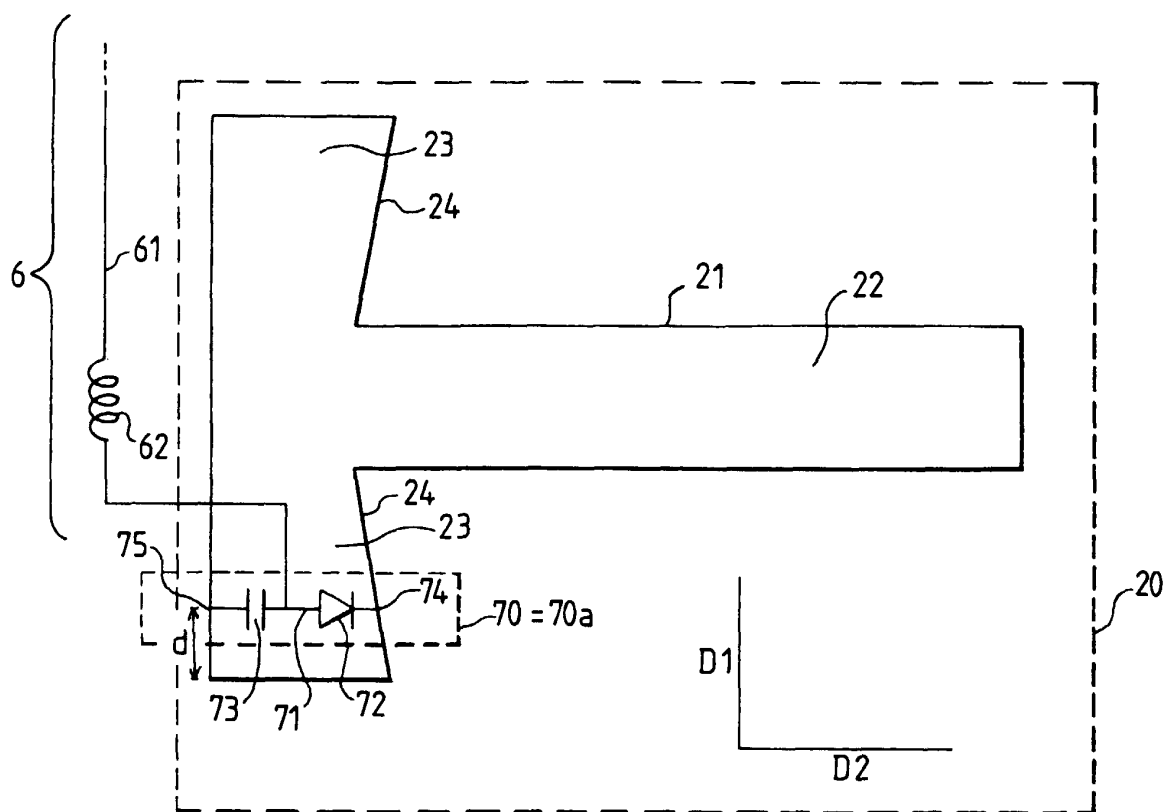


FIG. 2A

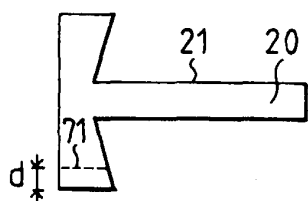


FIG. 2B

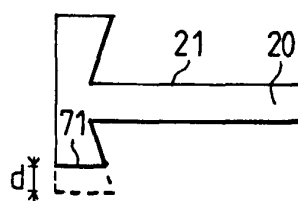


FIG. 2C

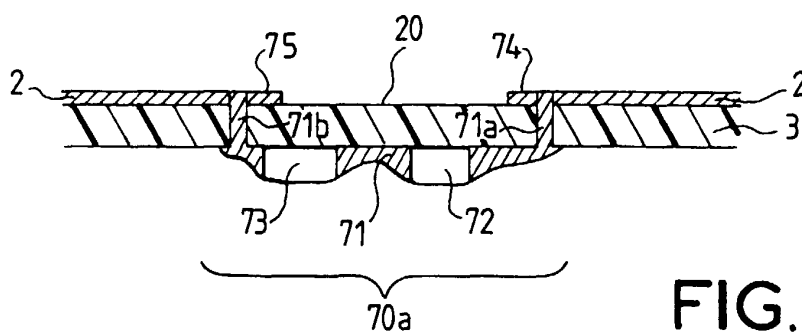


FIG. 2D

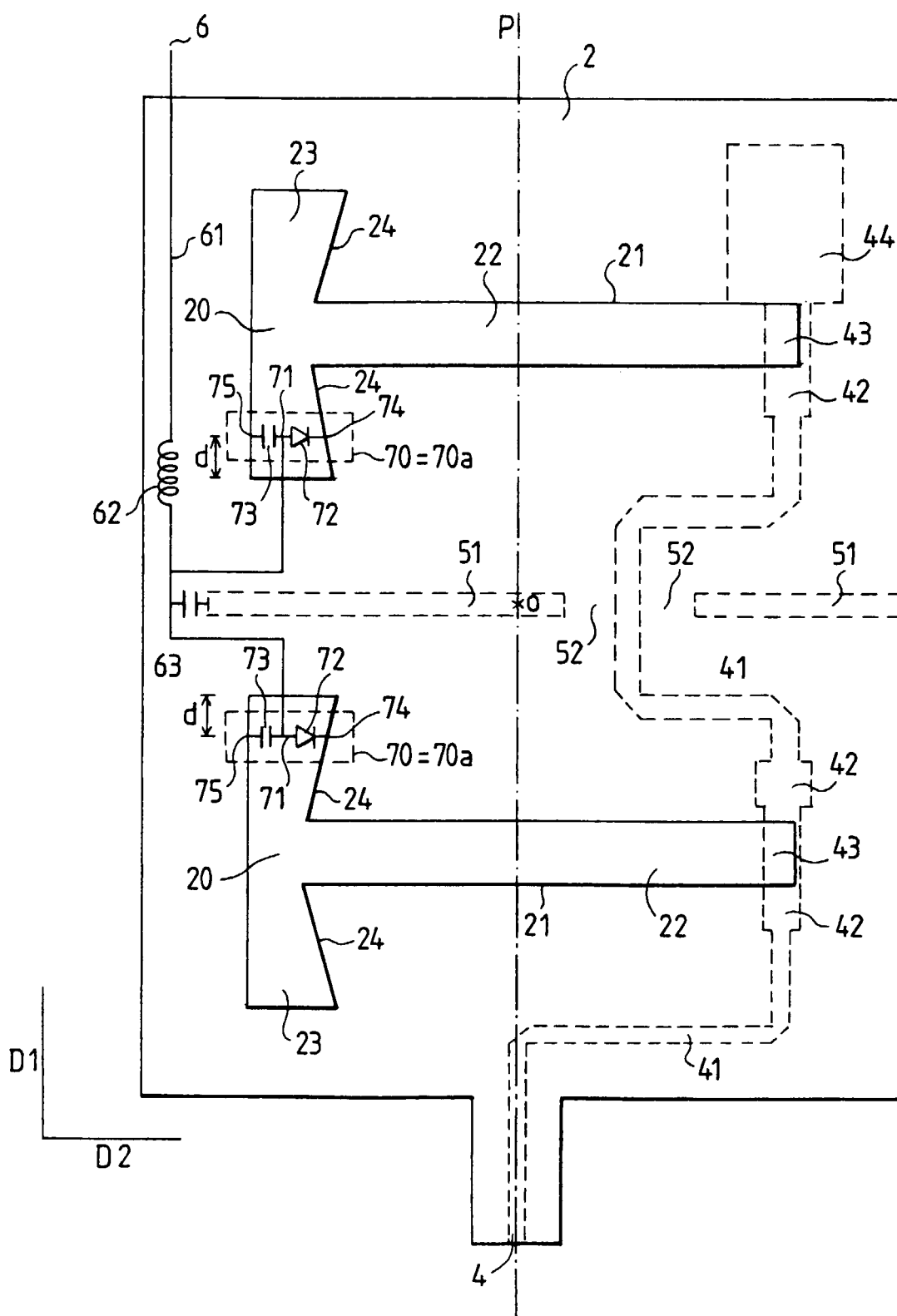


FIG.3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 2412

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	US 5 754 143 A (WARNAGIRIS ET AL.) 19 mai 1998 (1998-05-19)	1-3	H01Q13/10
Y	* abrégé *	11,13	H01Q13/18
	* colonne 1, ligne 66 - colonne 3, ligne 45; figures 1,3A-D *		H01Q5/00

Y	EP 0 487 387 A (THOMSON-CSF) 27 mai 1992 (1992-05-27)	11,13	
	* colonne 5, ligne 50 - colonne 11, ligne 27; figures 9-26 *		

A	EP 0 250 832 A (BALL) 7 janvier 1988 (1988-01-07)	1-13	
	* colonne 2, ligne 48 - colonne 3, ligne 28 *		
	* colonne 7, ligne 35 - colonne 8, ligne 25; figures 1-6 *		

A	HISASHI MORISHITA ET AL: "CIRCULARLY-POLARIZED CAVITY-BACKED ANNULAR SLOT ANTENNA WITH ONE POINT SHORTED" IEICE TRANSACTIONS, vol. E74, no. 12, 1 décembre 1991 (1991-12-01), pages 4096-4098, XP000294919 * le document en entier *	1,11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
	---		H01Q
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 283 (E-1373), 31 mai 1993 (1993-05-31) & JP 05 014034 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 22 janvier 1993 (1993-01-22) * abrégé *	1,3	

	-/--		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 23 décembre 1999	Examineur Angrabeit, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 2412

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 002, 29 février 1996 (1996-02-29) & JP 07 283649 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 27 octobre 1995 (1995-10-27) * abrégé * -----	1,4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 23 décembre 1999	Examineur Angrabeit, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 2412

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

23-12-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5754143 A	19-05-1998	AUCUN	
EP 487387 A	27-05-1992	FR 2669776 A	29-05-1992
		DE 69111757 D	07-09-1995
		DE 69111757 T	14-12-1995
		US 5337065 A	09-08-1994
EP 250832 A	07-01-1988	US 4733245 A	22-03-1988
JP 05014034 A	22-01-1993	AUCUN	
JP 07283649 A	27-10-1995	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82