



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
07.02.2001 Bulletin 2001/06

(51) Int Cl.7: **H01Q 5/00**, H01Q 1/24,
H01Q 9/04

(21) Numéro de dépôt: **00402192.9**

(22) Date de dépôt: **31.07.2000**

(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

• **Ngounou Kouam, Charles**
91940 Les Ulis (FR)
• **Coupez, Jean-Philippe**
29200 Brest (FR)

(30) Priorité: **05.08.1999 FR 9910180**

(71) Demandeur: **ALCATEL**
75008 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Sciaux, Edmond**
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Dépt. Propr. Industrielle,
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Herve, Pascal**
75013 Paris (FR)

(54) **Antenne à empilement de structures résonantes et dispositif de radiocommunication multifréquence incluant cette antenne**

(57) Une antenne à empilement de structures résonantes inclut :

- une ligne de guidage (CR, CF) pour ondes électromagnétiques, cette ligne étant formée dans une couche conductrice (C) s'étendant dans un plan, et
- deux structures résonantes (ABC, CDE) ayant deux fréquences de résonance respectives mutuellement différentes, ces deux structures étant formées de part et d'autre de ce plan de manière à être toutes deux couplées directement à cette ligne tout en étant sensiblement découplées l'une de l'autre par cette couche conductrice (C).

De préférence la ligne de guidage est du type coplanaire, et les deux structures résonantes sont du type quart d'onde.

L'invention s'applique notamment aux radiotéléphones bi-bandes.

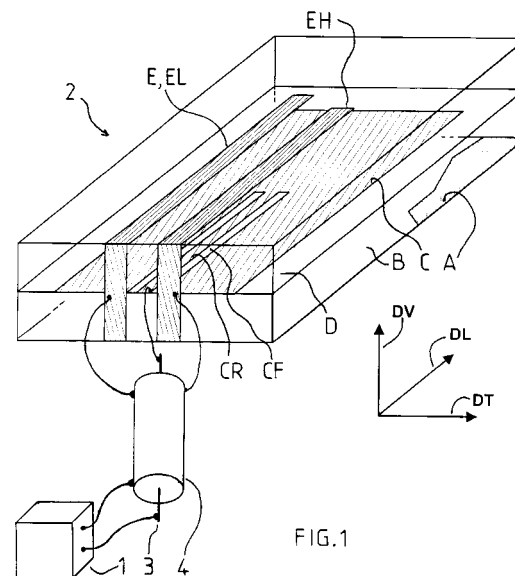


FIG.1

Description

[0001] Cette invention concerne le domaine des communications radio. Dans les dispositifs utilisés dans ce domaine, elle concerne plus spécialement les antennes et plus spécialement encore celles de ces dernières qui sont réalisées selon des techniques planaires. De telles antennes sont incluses dans divers types d'appareils tels que des radiotéléphones portables, des stations de base pour ces derniers, des automobiles et des avions ou des missiles. Dans le cas d'un radiotéléphone portable le caractère continu de la couche de masse incluse dans une telle antenne permet de limiter facilement la puissance de rayonnement interceptée par le corps de l'utilisateur de l'appareil. Dans le cas des automobiles et surtout dans celui des avions ou des missiles dont la surface extérieure est métallique et présente un profil incurvé permettant de limiter la traînée aérodynamique, une telle antenne peut être conformée à ce profil de manière à ne pas faire apparaître de traînée aérodynamique supplémentaire gênante.

[0002] Dans de telles applications l'antenne doit avoir un encombrement limité et il est souvent souhaité qu'elle puisse être néanmoins utilisée sur plusieurs fréquences de travail situées dans le domaine des radiofréquences et des hyperfréquences. Ces fréquences peuvent être proches les unes des autres, l'une étant par exemple utilisée en émission et l'autre en réception. L'utilisation de deux telles fréquences est alors permise par le fait que l'antenne possède une bande passante incluant ces deux fréquences et toutes les fréquences intermédiaires. Il est cependant souvent souhaité, notamment dans le cas des téléphones portables, que l'antenne possède deux telles bandes passantes. Ces deux bandes sont alors séparées. Le rapport entre leurs fréquences centrales est notamment égal à deux dans le cas de dispositifs de communication bi-bande tels que ceux qui utilisent les systèmes connus GSM 900 et GSM 1800 dont les bandes sont situées autour de 900 et 1800 MHz.

[0003] Les antennes concernées par cette invention sont notamment des antennes d'un type dit ci-après « à pastille » connu en anglais sous le nom « microstrip patch antenna », c'est à dire qu'elles sont réalisées selon une technique dite des microrubans dans laquelle le champ électrique d'une onde progressive s'établit dans un substrat diélectrique entre une couche conductrice appelée masse et une autre couche conductrice appelée pastille.

[0004] Les fréquences de fonctionnement d'une telle antenne sont définies par une ou plusieurs structures résonantes qu'elle inclut. D'une manière d'abord schématique, une distinction peut être faite entre deux types fondamentaux de structures résonantes pouvant être réalisées selon la technique des microrubans. Un premier type peut être appelé "demi-onde". La structure est alors dite "demi-onde". Etant admis qu'une dimension de sa pastille constitue une longueur et s'étend selon

une direction dite longitudinale, cette longueur est sensiblement égale à la moitié de la longueur d'onde d'une onde électromagnétique se propageant dans cette direction dans la ligne constituée par la masse, le substrat et la pastille. Le couplage avec les ondes rayonnées se fait aux extrémités de cette longueur, ces extrémités étant situées dans les régions où l'amplitude du champ électrique régnant dans le substrat est maximale.

[0005] Un deuxième type de structure résonante pouvant être réalisée selon cette même technique peut être appelé "quart d'onde". La structure est alors dite "quart d'onde". Elle diffère d'une structure demi-onde d'une part par le fait que sa pastille a une longueur sensiblement égale au quart de la longueur d'onde, cette longueur de la pastille et cette longueur d'onde étant définies comme ci-dessus, d'autre part par le fait qu'un court-circuit important est réalisé à une extrémité de cette longueur entre la masse et la pastille de manière à imposer une résonance du type quart d'onde dont un noeud de champ électrique est fixé par ce court-circuit. Le couplage avec les ondes rayonnées se fait à l'autre extrémité de cette longueur, cette autre extrémité étant située dans la région où l'amplitude du champ électrique à travers le substrat est maximale.

[0006] Dans la pratique divers types de résonance peuvent s'établir dans de telles antennes. Ces types dépendent notamment :

- de la configuration des pastilles, ces dernières pouvant notamment présenter des fentes, éventuellement radiatives,
- de l'éventuelle présence et de la localisation de courts circuits ainsi que des modèles électriques représentatifs de ces courts circuits, ces derniers n'étant pas toujours assimilables, même approximativement, à des courts circuits parfaits dont les impédances seraient nulles,
- et des dispositifs de couplage qui ont été inclus dans ces antennes pour permettre de coupler leurs structures résonantes à un organe de traitement de signal tel qu'un émetteur, ainsi que de la localisation de ces dispositifs.

[0007] De plus, pour une configuration d'antenne donnée, plusieurs modes de résonance peuvent apparaître et permettre une utilisation de l'antenne à plusieurs fréquences correspondant à ces modes.

[0008] Cette invention concerne plus particulièrement des antennes dites « à empilement » dans lesquelles l'association de plusieurs structures résonantes au sein d'une même antenne est obtenue par la superposition de ces structures, de sorte que ces dernières occupent alors des volumes différents.

[0009] Une première et une deuxième antennes connues comportent chacune, de bas en haut, l'empilement d'une couche conductrice de masse, d'une couche diélectrique inférieure, d'une couche conductrice qui peut être dite « de couplage », d'une couche diélectrique su-

périeure, et d'une couche conductrice supérieure.

[0010] Cette première antenne connue est décrite dans un article « Broadband stacked shorted patch », R.B. Waterhouse, Electronics Letters, 21st January 1999 vol 35, n° 2, pp 98, 99. Elle inclut des conducteurs de court circuit qui permettent de limiter fortement la longueur de chacune des deux structures résonantes superposées.

[0011] La deuxième antenne connue est décrite dans un article « Thin dual-resonant stacked shorted patch antenna for mobile communications », J. Ollikainen, M. Fisher and P. Vainikainen, Electronics Letters 18th March 1999, Vol. 35, N° 6, pp 437, 438. Chacune de ses deux structures résonantes est du type quart d'onde

[0012] Chacune de ces deux antennes connues est alimentée, c'est à dire couplée à un organe de traitement de signal tel qu'un émetteur ou un récepteur, par l'intermédiaire d'une ligne coaxiale dont la masse et le conducteur axial sont respectivement connectés à la couche de masse et à la couche de couplage de l'antenne. Le choix de la position du point de connexion entre ce conducteur axial et cette couche de couplage est critique, ce qui entraîne un coût de fabrication élevé. De plus, malgré la présence de deux structures résonantes partiellement séparées, un couplage semble nécessaire entre ces deux structures et il n'apparaît pas qu'un tel couplage permette à ces structures d'avoir deux bandes passantes aussi éloignées l'une de l'autre que cela est souvent souhaité. Il n'apparaît notamment pas que le rapport des fréquences centrales de ces deux bandes puisse aisément atteindre deux.

[0013] Une troisième antenne connue est décrite dans un article « Broadband CPW fed stacked patch antenna », W.S.T. Rowe and R.B. Waterhouse, Electronics Letters 29th April 1999 Vol. 35, N° 9 pp 681-682. Elle comporte notamment, de bas en haut, une couche de masse incluant une ligne d'alimentation coplanaire, une couche diélectrique, une pastille, deux couches diélectriques, une pastille, et une couche diélectrique. Ces couches forment deux structures résonantes superposées. Comme dans la première et la deuxième antennes connues, un couplage semble nécessaire entre ces deux structures et s'oppose à l'obtention de deux bandes passantes aussi éloignée que cela est souhaité.

[0014] Contrairement aux précédentes les structures résonantes d'une quatrième antenne connue ne sont pas du type à pastille. Cette antenne est décrite dans un article « Stacked Dielectric Antenna for Multifrequency Operation », A. Sangiovanni ; J.Y. Dauvignac ; Ch. Pichot, Microwave & Optical Technology Letters Vol. 18, N° 4, July 1998 ; pp 303-306. Elle associe trois structures résonantes qui sont du type dit diélectrique, c'est à dire qu'elles sont constituées chacune par un bloc diélectrique de permittivité et de dimensions convenables. L'encombrement de cette quatrième antenne connue ne semble pas pouvoir être aussi petit que cela est souvent souhaité.

[0015] Pour la réalisation d'une antenne électroma-

gnétique, la présente invention vise notamment les buts suivants :

- un petit encombrement,
- une largeur suffisante de bande passante,
- la présence de deux bandes passantes mutuellement séparées,
- un rapport élevé entre les fréquences centrales de ces deux bandes, notamment un tel rapport voisin de deux, et
- un petit coût de fabrication et plus particulièrement la possibilité d'ajuster chacune de ces deux fréquences centrales sans affecter sensiblement l'autre.

[0016] Et dans ces buts elle a notamment pour objet une antenne à empilement de structures résonantes, cette antenne incluant :

- deux structures résonantes formées en regard mutuel de part et d'autre d'un plan occupé par une couche conductrice constituant une couche de couplage, ces deux structures ayant respectivement deux fréquences de résonance, un rapport de fréquences étant défini entre ces deux fréquences, et
- un dispositif de couplage interne incluant au moins une fente formée dans cette couche de couplage pour permettre un couplage de ces deux structures résonantes à un organe de traitement externe à cette antenne,

cette antenne étant caractérisée par le fait que les deux dites structures résonantes sont suffisamment découplées l'une de l'autre par ladite couche de couplage pour que le couplage de chacune de ces deux structures au dit organe de traitement par l'intermédiaire du dit dispositif de couplage interne soit sensiblement indépendant de l'autre de ces deux structures, ledit rapport de fréquences s'écartant sensiblement d'une valeur qui serait imposée à ce rapport par un couplage entre ces deux structures.

[0017] Le couplage ou le découplage mutuel des deux structures résonantes influe sur les valeurs possibles du rapport des fréquences de résonance effectives de ces deux structures. Le découplage réalisé selon cette invention a pour effet qu'une fréquence de résonance utile de chaque structure est pratiquement déterminée par les caractéristiques géométriques et électromagnétiques de cette seule structure, et que cette fréquence peut donc être choisie d'une manière relativement libre grâce à un choix adéquat de ces caractéristiques. Le rapport entre les fréquences de résonance effectives des deux structures peut alors être choisi librement. Au contraire, dans les antennes connues à empilement de structures résonantes, un fort couplage apparaissait devoir être réalisé entre deux structures pour permettre à l'une de ces structures d'être couplée à l'organe de traitement externe par l'intermédiaire de l'autre, qui était la

seule à être considérée comme étant utilement couplée à cet organe. Ce fort couplage créait des limites pour le rapport des fréquences de résonance de ces structures. Selon cette invention le rapport des fréquences de résonance propres aux deux structures résonantes s'écarte sensiblement des valeurs qui seraient pratiquement compatibles, du point de vue du fonctionnement de l'antenne, avec un fort couplage entre ces structures.

[0018] Dans le cas décrit ci-après où les deux structures résonantes sont d'un même type tel que le type quart d'onde, ceci entraîne que le rapport de ces deux fréquences s'écarte plus fortement de l'unité que dans les antennes connues. Il est par exemple supérieur à 1,5. Dans le cas où l'une de ces structures serait du type quart d'onde et l'autre du type demi onde, le rapport des deux fréquences pourrait de même s'écarter du nombre deux plus fortement que dans les antennes connues. Il serait par exemple supérieur à 3. Dans ces deux cas, un taux d'écart du rapport de fréquences serait égal à 1,5, ce taux étant le rapport entre deux valeurs du rapport de fréquences, l'une de ces valeurs résultant d'une mise en oeuvre de cette invention, l'autre résultant au contraire d'un fort couplage entre les deux structures résonantes. Ce taux peut avantageusement atteindre des valeurs plus élevées telles que deux et au-delà.

[0019] De préférence le dispositif de couplage interne est une ligne coplanaire. Dans une telle ligne, le champ électrique d'une onde progressive s'établit d'une manière symétrique entre d'une part un ruban conducteur central et d'autre part deux plages conductrices situées de part et d'autre de ce ruban dont elles sont respectivement séparées par deux fentes, ce ruban et ces plages étant situées dans un même plan. Cette invention tire profit, sinon de cette symétrie dans ce plan autour de l'axe du ruban, au moins du fait que les possibilités de couplage à partir d'une telle ligne formée dans un plan sont les mêmes d'un côté et de l'autre de ce plan. Si, conformément à cette invention, deux structures résonantes sont formées respectivement des deux côtés de ce plan, un couplage efficace peut donc être facilement créé entre cette ligne et chacune de ces structures sans que ce couplage utile s'accompagne d'un couplage parasite important entre ces deux structures.

[0020] En variante le dispositif de couplage interne pourrait présenter la forme d'une ligne à fente simple ou de toute autre ligne qui serait constituée par des fentes formées dans une couche conductrice et propres à guider une onde progressive.

[0021] A l'aide des figures schématiques ci-jointes on va décrire ci-après à titre d'exemple comment cette invention peut être mise en oeuvre.

[0022] La figure 1 représente une vue en perspective d'un dispositif de radiocommunication incluant une antenne donnée en exemple de cette invention.

[0023] La figure 2 représente une vue de dessus de cette même antenne après enlèvement des deux couches supérieures pour faire apparaître une couche de couplage.

[0024] La figure 3 représente une vue de dessus de cette même antenne.

[0025] Sur ces figures des couches métalliques minces apparaissent sous la forme de zones hachurées sur des surfaces de couches diélectriques. Sur la figure 1, pour la clarté du dessin, d'une part ces couches diélectriques sont représentées comme si elles étaient transparentes, ceci pour laisser voir les couches sous-jacentes, et d'autre part les hachures représentant la couche conductrice inférieure sont limitées à une zone de cette couche.

[0026] Conformément à la figure 1, trois directions mutuellement croisées constituent pour une antenne respectivement une direction longitudinale DL, une direction transversale DT et une direction verticale DV, ces deux directions longitudinale et transversale constituant des directions horizontales, ces termes étant utilisés pour faciliter la description et indépendamment de la pesanteur. La direction longitudinale présente un sens direct, qui est celui de la flèche DL, et un sens rétrograde opposé à ce sens direct. Cette antenne inclut une pluralité de couches A,B,C,D,E, formant une succession selon cette direction verticale. Chaque couche telle que C a une aire s'étendant selon ledit sens DL de la direction longitudinale d'un bord arrière tel que CW (voir figure 2) à un bord avant tel que CV de cette couche, cette aire s'étendant en outre selon la direction transversale DT. Elle a aussi une épaisseur s'étendant selon la direction verticale DV. L'une au moins de ces couches est conductrice et constitue une couche de couplage C. Deux autres couches sont diélectriques et constituent une couche diélectrique inférieure B et une couche diélectrique supérieure D s'étendant au-dessous et au-dessus de cette couche de couplage, respectivement.

[0027] Les couches A,B et C forment une structure résonante inférieure ABC et les couches C,D et E forment une structure résonante supérieure CDE. Chacune de ces structures permet à des ondes électromagnétiques progressives de se propager dans les deux dits sens de la direction longitudinale tout en subissant dans cette structure des réflexions aptes à y former au moins une onde stationnaire ayant une fréquence de cette structure. Il s'agit d'une fréquence de résonance définie par une longueur électrique de cette structure et par une vitesse de propagation propre à cette structure et définie par cette structure pour ces ondes progressives. Cette onde stationnaire est apte à échanger de l'énergie avec des ondes rayonnées dans l'espace extérieur à l'antenne. Les fréquences de résonance considérées ici pour des structures résonantes sont des fréquences moyennes de bandes passantes de ces structures, ces bandes passantes étant définies de la manière usuelle dans la technique des antennes.

[0028] L'antenne inclut aussi un dispositif de couplage interne apte à guider des ondes progressives échangeant de l'énergie avec respectivement les deux ondes stationnaires formées dans les structures résonantes

inférieure et supérieure. Une énergie électromagnétique peut donc être échangée entre ledit espace extérieur et ce dispositif de couplage à travers chacune des deux structures résonantes à la fréquence de cette structure.

[0029] Selon cette invention la couche de couplage C présente deux fentes s'étendant sensiblement selon la direction longitudinale DL à partir du bord arrière CW de cette couche. Ces fentes constituent des fentes de couplage telles que CF. Elles délimitent dans cette couche un ruban constituant un ruban de couplage CR. Ce ruban se raccorde à une partie principale de cette couche à l'intérieur de l'aire de cette couche. Il coopère avec ces fentes et cette partie principale pour former une ligne de couplage CF, CR qui constitue la ligne coplanaire et le dispositif de couplage interne précédemment mentionnés.

[0030] Dans un dispositif de radiocommunication, cette antenne est raccordée à un organe de traitement de signal 1 tel qu'un émetteur si l'antenne fonctionne en émission ou un récepteur si elle fonctionne en réception. Elle est munie pour cela de deux bornes par l'intermédiaire desquelles elle reçoit de l'énergie d'un tel émetteur ou fournit de l'énergie à un tel récepteur. Ces deux bornes sont typiquement situées sur le bord arrière CW de la couche de couplage et elles sont constituées l'une par le ruban de couplage, l'autre par les parties de cette couche situées au-delà des fentes de couplage. C'est entre ces deux bornes qu'une impédance de l'antenne peut être mesurée, impédance à laquelle l'organe de traitement doit être adapté.

[0031] Chacune des structures résonnantes pourrait être constituée seulement par une ou plusieurs couches diélectriques, comme le sont celles des antennes diélectriques. Cependant, de préférence, dans le cadre de cette invention, l'antenne inclut en outre au moins une couche conductrice externe telle que les couches A et E, l'une des deux couches diélectriques telles que B et D étant disposée entre cette couche conductrice externe et la couche de couplage C. Cette couche conductrice externe coopère avec cette couche diélectrique et avec cette couche de couplage pour constituer l'une des deux structures résonantes. Une première couche de ces deux couches conductrices externe et de couplage, par exemple la couche C ou la couche E, a des dimensions horizontales, ou au moins une dimension longitudinale, plus petites qu'une structure conductrice constituée par une seconde de ces deux couches, par exemple la couche A, ou incluant cette seconde couche, par exemple la couche C qui pourrait former une telle structure conductrice avec la couche C. Cette première couche et cette structure conductrice constituent respectivement pour cette structure une pastille (désignée parfois par le mot anglais « patch ») et une masse (désignée parfois par les mots anglais « ground plane ») telles que ladite fréquence de cette structure est essentiellement dépendante d'une longueur électrique de cette pastille et indépendante de ces dimensions longitu-

dinales de cette masse.

[0032] Les ondes rayonnées émises ou reçues par une telle structure résonante à pastille ne peuvent se propager au voisinage de l'antenne que dans la moitié de l'espace qui, par rapport au plan de la masse de cette structure, est située du même côté que sa pastille.

[0033] Dans le mode de réalisation décrit ci-après les deux structures résonantes sont du type à pastille, c'est à dire que l'antenne inclut deux couches conductrices externes. Ce sont une couche conductrice inférieure A s'étendant sous la couche diélectrique inférieure B pour constituer la structure résonante inférieure ABC et une couche conductrice supérieure E s'étendant sur la couche diélectrique supérieure D pour constituer la structure résonante supérieure CDE.

[0034] Les deux structures résonantes pourraient avoir une même masse qui leur serait entièrement commune. Cette masse devrait alors être constituée par la couche de couplage C dont les dimensions longitudinales et transversales seraient choisies pour cela plus grandes que celles de chacune des pastilles de ces structures. Il en résulterait que les ondes rayonnées émises ou reçues par ces deux structures ne pourraient se propager, au voisinage de l'antenne, que dans les deux moitiés de l'espace situées respectivement de part et d'autre du plan de cette masse. Une telle disposition serait gênante dans la plupart des applications envisagées, car c'est avec une même moitié de l'espace que ces applications nécessitent qu'une énergie électromagnétique puisse être échangée sur plusieurs fréquences différentes.

[0035] C'est pourquoi, de préférence, dans le cadre de cette invention, la couche conductrice inférieure A présente des dimensions horizontales suffisantes pour constituer la masse d'au moins la structure résonante inférieure ABC. La couche de couplage C constitue alors à la fois la pastille de cette structure et au moins une partie interne de la masse de la structure résonante supérieure CDE, la pastille de cette dernière étant constituée par la couche conductrice supérieure E.

[0036] Dans le mode de réalisation décrit ci-après la couche de couplage a des dimensions horizontales suffisantes pour constituer à elle seule la masse de la structure résonante supérieure. Mais elle pourrait aussi avoir des dimensions insuffisantes pour cela. Dans ce dernier cas, une partie périphérique de cette masse serait constituée par la couche conductrice inférieure et une partie périphérique de la couche diélectrique inférieure pourrait intervenir dans la structure résonante supérieure.

[0037] Chacune des structures résonantes à pastille peut avoir des résonances de divers types tels que les types demie onde et quart d'onde. De préférence cependant, dans le cadre de cette invention, cette antenne inclut en outre au moins un conducteur de court-circuit tel que RAC propre à l'une au moins telle que ABC des deux structures résonantes. Un tel conducteur connecte le bord arrière tel que CW de la pastille C de cette structure à la masse A de cette structure, grâce à quoi cette

structure a une résonance du type quart d'onde. Il rencontre le bord arrière CW de la couche de couplage à l'extérieur d'un segment de couplage SC appartenant à ce bord et incluant le ruban de couplage CR et les fentes de couplage CF. Sa présence permet de limiter la longueur de l'antenne grâce à l'utilisation d'une résonance quart d'onde et sa position sur le bord arrière CW évite qu'il perturbe le fonctionnement du dispositif interne de couplage.

[0038] Dans le cas préféré où au moins la structure résonante inférieure ABC est du type quart d'onde et où donc le conducteur de court circuit connecte la couche de couplage C à la couche conductrice inférieure A, une ligne du type microruban apparaît constituée par le ruban de couplage CR qui coopère avec une masse à travers la couche diélectrique inférieure B, cette masse étant constituée par la couche A. De plus cette ligne apparaît disposée de manière à pouvoir alimenter l'antenne si celle-ci fonctionne en émission. Dans le cadre de cette invention l'alimentation de l'antenne est alors cependant essentiellement assurée par la ligne coplanaire formée par la coopération de ce même ruban CR avec le reste de la couche de couplage à travers les fentes de couplage. L'épaisseur de la couche B est choisie suffisamment grande et sa permittivité suffisamment petite pour cela. Ce choix entraîne notamment que l'impédance de l'antenne est au moins plus proche de celle de cette ligne coplanaire que de celle de cette ligne à microruban.

[0039] De préférence, chaque structure quart d'onde telle que ABC est munie de deux conducteurs de court circuit tels que RAC rencontrant ledit bord arrière CW de la couche de couplage C respectivement des deux côtés dudit segment de couplage SC.

[0040] Dans le mode de réalisation donné en exemple les deux structures résonantes inférieure ABC et supérieure CDE sont du type quart d'onde. La réalisation de deux conducteurs de court circuit tels que RAC et RCE appartenant respectivement à ces deux structures et mutuellement superposés est alors facilitée par le fait que ces deux conducteurs sont constitués par deux rubans s'étendant en continuité l'un de l'autre. De chaque côté du segment de couplage SC, ces deux conducteurs sont alors réalisés collectivement sous la forme d'un ruban de court circuit s'étendant sur toute la hauteur d'une tranche arrière, verticale et transversale, d'une plaque rectangulaire formée par l'empilement de toutes les couches de l'antenne. L'épaisseur de cette plaque est essentiellement constituée par celles des couches diélectriques B et D, les longueurs et largeurs de ces deux couches étant les mêmes et l'épaisseur de chacune d'entre elles étant uniforme dans son aire.

[0041] Dans ce mode de réalisation, la vitesse de propagation propre à la structure résonante supérieure CDE est avantageusement supérieure à 150 % de la vitesse de propagation propre à la structure résonante inférieure BC et la fréquence de cette structure résonante supérieure est supérieure à 150 % de la fréquence

de cette structure résonante inférieure. Ces vitesses de propagation sont des vitesses moyennes de la propagation longitudinale d'ondes électromagnétiques ayant une fréquence de 1 GHz dans ces structures.

[0042] Dans le cas théorique où la couche diélectrique d'une telle structure aurait non seulement une épaisseur et une composition uniforme, ce qui est un cas pratique, mais où de plus sa pastille et sa masse seraient constituées de couches métalliques de résistances électriques négligeables et où cette masse aurait une très grande largeur, la vitesse de propagation des ondes dans cette structure serait une fonction des grandeurs w, h et r , w étant la largeur de cette pastille, h étant l'épaisseur de cette couche diélectrique et r étant sa permittivité relative. Cette fonction est donnée notamment dans le livre « Transmission Line Design Handbook », Brian C. Wadell, Artech House, Boston, London. Cette vitesse constitue une caractéristique physique de cette structure.

[0043] La fréquence d'une telle structure est proportionnelle à la vitesse de propagation qui lui est propre divisée par une longueur électrique de cette structure. C'est pourquoi, dans un cas pratique, et pour limiter l'encombrement, compte tenu des substrats disponibles susceptibles de constituer les couches diélectriques B et D, deux dispositions sont apparues souhaitables. Selon une première disposition on donne à la pastille de la structure résonante supérieure une longueur électrique légèrement inférieure à celle de la pastille de la structure résonante inférieure pour que, compte tenu du rapport entre les vitesses de propagation dans ces deux structures, la fréquence de cette structure supérieure soit voisine du double de celle de cette structure inférieure. Selon la seconde de ces dispositions le rapport souhaité pour les vitesses de propagation propres à ces deux structures est obtenu par le choix des permittivités des substrats, leurs épaisseurs étant les mêmes.

[0044] Dans le mode de réalisation donné en exemple, la pastille E de la structure résonante supérieure CDE présente avantageusement la forme de deux rubans résonants EL et EH raccordés respectivement aux deux rubans de court circuit tels que le ruban RCE et s'étendant longitudinalement à partir de ces derniers sur la couche diélectrique supérieure D. Cette disposition permet d'utiliser deux rubans métalliques pliés pour réaliser à la fois la pastille supérieure et les rubans de court circuit. Elle permet en outre d'élargir la bande passante de la structure résonante supérieure grâce au fait que les deux rubans de couplage EL et EH ont deux longueurs respectives légèrement différentes. Les largeurs de ces deux rubans sont égales et elles sont suffisantes pour que chacun d'eux joue le rôle d'une pastille élémentaire, c'est à dire que deux résonances apparaissent dont les fréquences centrales sont inversement proportionnelles aux deux longueurs de ces rubans et sont donc légèrement différentes. Les bandes passantes correspondant à ces deux résonances se recouvrent alors partiellement de sorte qu'il en résulte un élargis-

sement de la bande passante de la structure incluant ces deux rubans et non un dédoublement de cette bande.

[0045] Dans le cadre du mode de réalisation donné en exemple, diverses compositions et valeurs sont indiquées ci-après. Les longueurs et largeurs sont respectivement indiquées selon les directions DL et DT.

- fréquence de la structure :ABC : 900 MHz,
- fréquence de la structure CDE : 1800 MHz,
- bande passante de la structure ABC : 40 MHz pour un taux d'ondes stationnaires (SWP) inférieur ou égal à 2,
- bande passante de la structure CDE : 80 MHz pour un taux d'ondes stationnaires inférieur ou égal à 2,
- impédance d'entrée de l'antenne : 50 Ohms,
- caractéristiques de la couche diélectrique B : résine époxy ayant une permittivité relative $\epsilon_r = 5$ et un facteur de dissipation $\tan \delta = 0,002$, épaisseur : 5 mm,
- composition et épaisseur des couches conductrices : cuivre, 17 microns,
- longueur de la couche de couplage C : 35 mm,
- largeur de la couche C : 30 mm,
- longueur de la ligne de couplage CR,CF : 20 mm,
- largeur du ruban de couplage CR : 5 mm,
- largeur des fentes de couplage CF : 0,5 mm,
- largeur des rubans de court circuit tels que RAC, RCE : 5 mm,
- caractéristiques de la couche diélectrique D : résine époxy ayant une permittivité relative $\epsilon_r = 3$ et un facteur de dissipation $\tan \delta = 0,002$, épaisseur : 3,2 mm,
- longueur du ruban résonant EL : 35 mm,
- longueur du ruban résonant EH : 34 mm,
- largeur commune des rubans EL et EH : 5 mm.

[0046] Une autre antenne conforme à cette invention pourrait avoir une structure résonante inférieure et une ligne de couplage analogue à celles qui ont été décrites ci-dessus. Elle en différerait par le fait que seule la structure résonante inférieure ABC serait du type quart d'onde. La ligne de couplage (CF,CR) s'étendrait alors à partir du bord arrière CW de la couche de couplage C au moins jusque dans une zone médiane de la longueur de la pastille E de la structure de résonance supérieure CDE, de manière à faire apparaître dans cette structure une résonance de type demie onde.

[0047] Le fait que la structure résonante supérieure ait une résonance du type demie onde permet à la fois de donner à sa fréquence une valeur double de celle de la structure résonante inférieure, et d'utiliser, pour constituer les couches diélectriques B et D, deux substrats mutuellement identiques ayant donc une même épaisseur et une même permittivité. Il facilite ainsi la réalisation d'une antenne ayant deux fréquences dans un rapport voisin de deux.

[0048] Cette invention a également pour objet un dispositif de radiocommunication multifréquence. Ce dispositif inclut comme connu :

- un organe de traitement 1 adapté à émettre et/ou à recevoir une onde électromagnétique guidée pouvant avoir deux fréquences, et
- une antenne raccordée à cet organe de traitement pour coupler cette onde guidée à des ondes rayonnées. Il est caractérisé par le fait que cette antenne met en oeuvre l'une au moins des dispositions précédentes, les deux dites structures résonantes ABC et CDE résonant respectivement aux deux dites fréquences de l'onde électromagnétique guidée.

[0049] Ce raccordement est, par exemple, réalisé par une ligne coaxiale dont le conducteur axial 3 est soudé au ruban de couplage CR et dont la masse 4 est connectée à deux des rubans de court circuit tels que RAC ou tels que RCE.

Revendications

1. Antenne à empilement de structures résonantes, cette antenne incluant:

- deux structures résonantes (ABC,CDE) formées en regard mutuel de part et d'autre d'un plan occupé par une couche conductrice constituant une couche de couplage (C), ces deux structures ayant respectivement deux fréquences de résonance, un rapport de fréquences étant défini entre ces deux fréquences, et
- un dispositif de couplage interne (CR, CF) incluant au moins une fente formée dans cette couche de couplage pour permettre un couplage de ces deux structures résonantes à un organe de traitement (1) externe à cette antenne,

cette antenne étant caractérisée par le fait que les deux dites structures résonantes sont suffisamment découplées l'une de l'autre par ladite couche de couplage pour que le couplage de chacune de ces deux structures au dit organe de traitement par l'intermédiaire du dit dispositif de couplage interne soit sensiblement indépendant de l'autre de ces deux structures, ledit rapport de fréquences s'écartant sensiblement d'une valeur qui serait imposée à ce rapport par un couplage entre ces deux structures.

2. Antenne selon la revendication 1, cette antenne étant caractérisée par le fait que ledit dispositif de couplage interne est une ligne coplanaire constituant une ligne de couplage (CR, CF).

3. Antenne selon la revendication 2, trois directions mutuellement croisées constituant pour cette antenne respectivement une direction longitudinale (DL), une direction transversale (DT) et une direc-

tion verticale (DV), ces deux directions longitudinale et transversale constituant des directions horizontales, cette direction longitudinale présentant un sens direct (DL) et un sens rétrograde opposé à ce sens direct, cette antenne incluant une pluralité de couches (A, B, C, D, E) formant une succession selon cette direction verticale, chaque dite couche telle que (C) ayant d'une part une aire s'étendant selon ledit sens direct (DL) de la direction longitudinale d'un bord arrière (CW) à un bord avant (CV) de cette couche, cette aire s'étendant en outre selon ladite direction transversale, cette couche ayant d'autre part une épaisseur s'étendant selon ladite direction verticale, l'une des dites couches étant ladite couche de couplage (C), deux autres des dites couches étant diélectriques et constituant une couche diélectrique inférieure (B) et une couche diélectrique supérieure (D) s'étendant au dessous et au dessus de cette couche de couplage, respectivement, les dites structures résonantes étant une structure résonante inférieure (ABC) et une structure résonante supérieure (CDE) incluant respectivement les dites couches diélectriques inférieure (B) et supérieure (D), chacune de ces structures permettant à des ondes électromagnétiques progressives de se propager dans les deux dits sens de la direction longitudinale tout en subissant dans cette structure des réflexions aptes à y former au moins une onde stationnaire ayant une fréquence de cette structure, cette fréquence étant une fréquence de résonance définie par une longueur électrique de cette structure et par une vitesse de propagation propre à cette structure et définie par cette structure pour ces ondes progressives, cette onde stationnaire étant apte à échanger de l'énergie avec des ondes rayonnées dans l'espace extérieur à cette antenne,

ledit dispositif de couplage interne étant apte à guider des ondes progressives échangeant de l'énergie avec respectivement les deux dites ondes stationnaires formées dans les structures résonantes inférieure et supérieure de manière qu'une énergie électromagnétique puisse être échangée entre ledit espace extérieur et ce dispositif de couplage à travers chacune de ces deux structures résonantes à la fréquence de cette structure, ladite couche de couplage (C) présentant deux fentes s'étendant sensiblement selon ladite direction longitudinale (DL) à partir dudit bord arrière (CW) de cette couche, ces fentes constituant des fentes de couplage (CF) et délimitant dans cette couche un ruban constituant un ruban de couplage (CR), ce ruban se raccordant à une partie principale de cette couche à l'intérieur de ladite aire de cette couche, ce ruban coopérant avec ces fentes et cette partie prin-

cipale pour former ladite ligne de couplage (CF, CR) constituant le dispositif de couplage interne.

4. Antenne selon la revendication 3, cette antenne étant caractérisée par le fait que les dites couches de l'antenne incluent en outre au moins une couche conductrice externe (A, E), l'une des deux dites couches diélectriques (B, D) étant disposée entre cette couche conductrice externe et ladite couche de couplage (C), cette couche conductrice externe coopérant avec cette couche diélectrique et avec cette couche de couplage pour constituer l'une des deux dites structures résonantes, une première couche de ces deux couches conductrices externe et de couplage ayant des dimensions horizontales au moins longitudinales plus petites qu'une structure conductrice incluant une seconde de ces deux couches, cette première couche et cette structure conductrice constituant respectivement pour cette structure une pastille et une masse telles que ladite fréquence de cette structure est essentiellement dépendante d'une longueur électrique de cette pastille et indépendante des dites dimensions longitudinales de cette masse.
5. Antenne selon la revendication 4, cette antenne étant caractérisée par le fait que les dites couches de l'antenne incluent deux dites couches conductrices externes constituant respectivement une couche conductrice inférieure (A) s'étendant sous ladite couche diélectrique inférieure (B) pour constituer ladite structure résonante inférieure (ABC) et une couche conductrice supérieure (E) s'étendant sur ladite couche diélectrique supérieure (D) pour constituer ladite structure résonante supérieure (CDE).
6. Antenne selon la revendication 5, cette antenne étant caractérisée par le fait que ladite couche conductrice inférieure (A) présente des dimensions horizontales suffisantes pour constituer ladite masse d'au moins ladite structure résonante inférieure (ABC), ladite couche de couplage (C) constituant alors à la fois ladite pastille de cette structure et au moins une partie interne de ladite masse de la structure résonante supérieure (CDE), ladite pastille de cette dernière étant constituée par ladite couche conductrice supérieure (E).
7. Antenne selon la revendication 6, cette antenne étant caractérisée par le fait qu'elle inclut en outre au moins un conducteur de court-circuit (RAC) propre à l'une au moins (ABC) des deux dites structures résonantes, ce conducteur connectant ledit bord arrière (CW) de ladite pastille (C) de cette structure à ladite masse (A) de cette structure, grâce à quoi cette structure a une résonance de type

quart d'onde et constitue une structure quart d'onde, ce conducteur de court circuit rencontrant ledit bord arrière (CW) de la couche de couplage à l'extérieur d'un segment de couplage (SC) appartenant à ce bord et incluant ledit ruban de couplage (CR) et les dites fentes de couplage (CF).

8. Antenne selon la revendication 7, cette antenne étant caractérisée par le fait que chaque dite structure quart d'onde (ABC) est munie de deux dits conducteurs de court circuit (RAC) rencontrant ledit bord arrière (CW) de la couche de couplage (C) respectivement des deux côtés dudit segment de couplage (SC).

9. Antenne selon la revendication 8, cette antenne étant caractérisée par le fait que les deux dites structures résonantes inférieure (ABC) et supérieure (CDE) constituent chacune une dite structure quart d'onde.

10. Antenne selon la revendication 9, cette antenne étant caractérisée par le fait que ladite vitesse de propagation propre à la structure résonante supérieure (CDE) est supérieure à 150 % de ladite vitesse de propagation propre à la structure résonante inférieure (BC), la fréquence de cette structure résonante supérieure étant supérieure à 150 % de la fréquence de cette structure résonante inférieure, ces vitesses de propagation étant des vitesses moyennes de la propagation longitudinale d'ondes électromagnétiques ayant une fréquence de 1 GHz dans ces structures.

11. Antenne selon la revendication 10, cette antenne étant caractérisée par le fait que les deux dites couches diélectriques (B,D) ont sensiblement une même épaisseur.

12. Antenne selon la revendication 9, cette antenne étant caractérisée par le fait que ladite pastille (E) de la structure résonante supérieure (CDE) présente la forme de deux rubans résonants (EL,EH) raccordés respectivement aux deux dits rubans de court circuit (RCE) et s'étendant longitudinalement à partir de ces derniers sur ladite couche diélectrique supérieure (D), ces deux rubans résonants ayant deux longueurs respectives différentes.

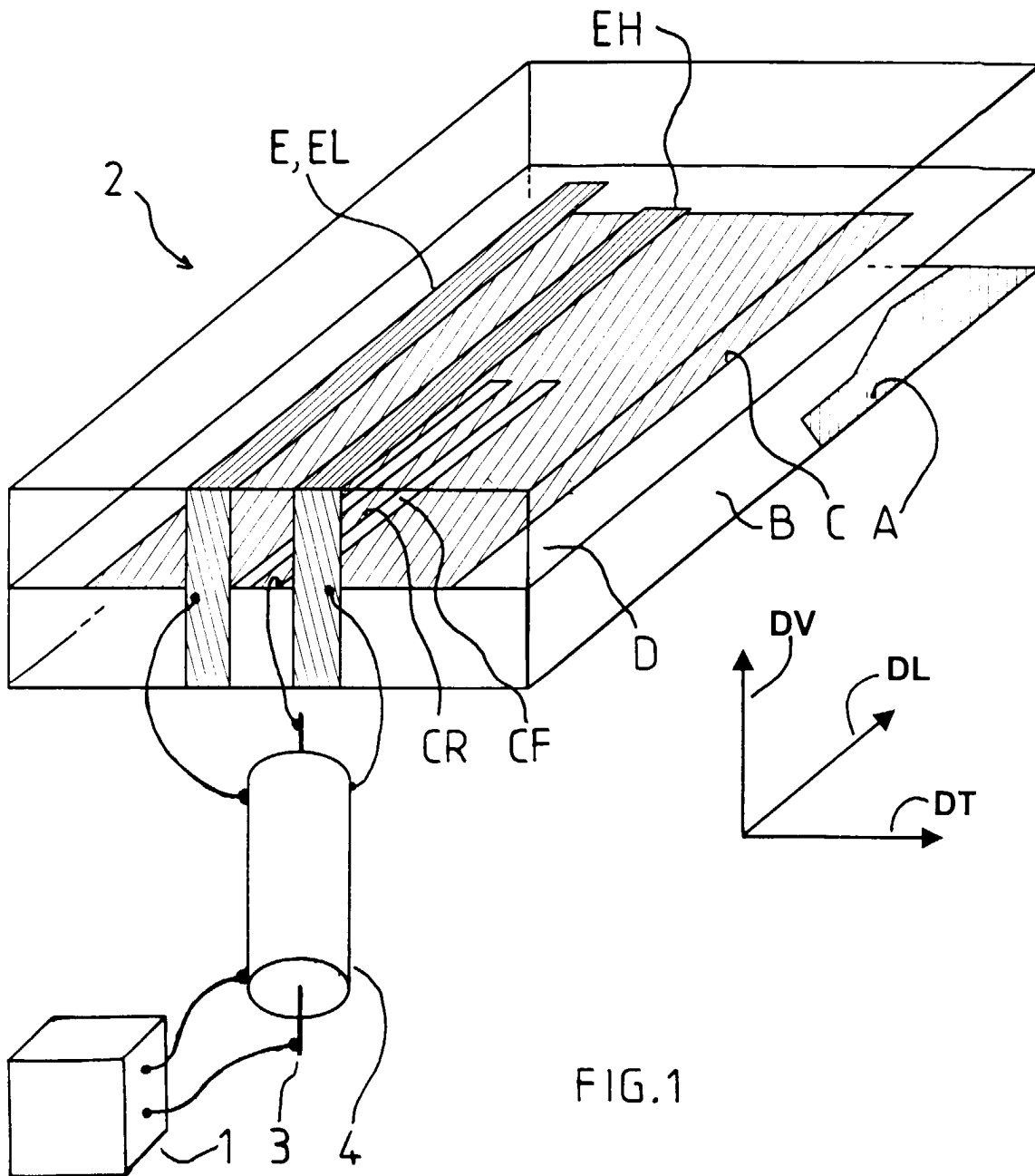
13. Antenne selon la revendication 8, cette antenne étant caractérisée par le fait que seule ladite structure résonante inférieure (ABC) constitue une dite structure quart d'onde, ladite ligne de couplage (CF, CR) s'étendant à partir dudit bord (CW) de la couche de couplage (C) au moins jusque dans une zone médiane de la longueur de ladite pastille (E) de la structure de résonance supérieure (CDE), de manière à faire apparaître dans cette structure une ré-

sonance de type demie onde.

14. Dispositif de radiocommunication multifréquence, ce dispositif incluant :

- un organe de traitement (1) adapté à émettre et/ou à recevoir une onde électromagnétique guidée pouvant avoir deux fréquences, et
- une antenne (2) raccordée à cet organe de traitement pour coupler cette onde guidée à des ondes rayonnées,

ce dispositif étant caractérisé par le fait que cette antenne est une antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, les deux dites structures résonantes (ABC,CDE) résonant respectivement aux deux dites fréquences de l'onde électromagnétique guidée.



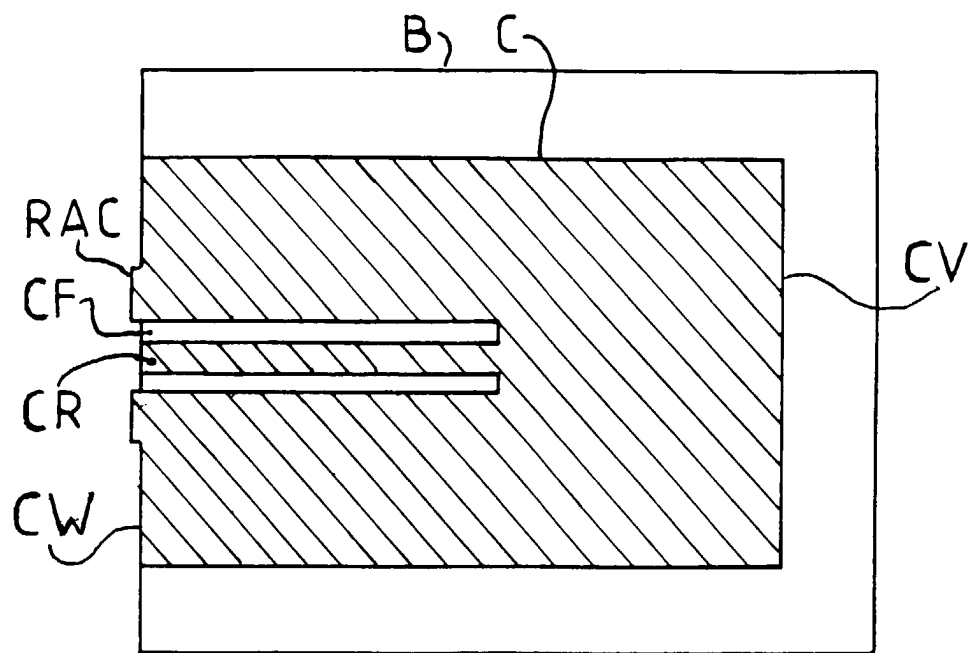


FIG. 2

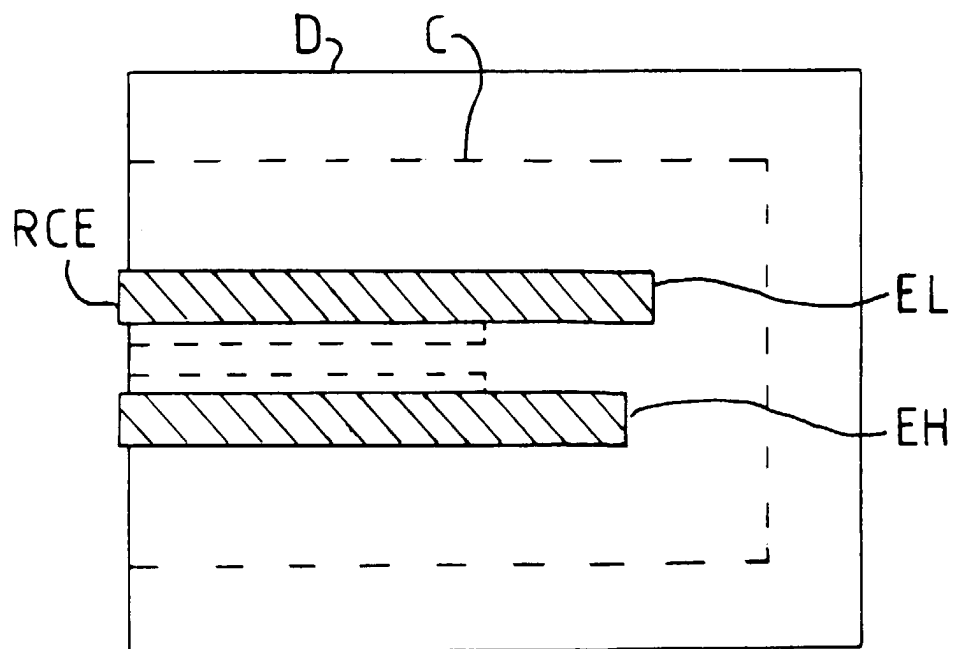


FIG. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 00 40 2192

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	EP 0 871 238 A (NOKIA MOBILE PHONES LTD) 14 octobre 1998 (1998-10-14) * colonne 4, ligne 10-23 * * colonne 5, ligne 37-58; figure 5 * ---	1	H01Q5/00 H01Q1/24 H01Q9/04
A	US 4 070 676 A (SANFORD GARY G) 24 janvier 1978 (1978-01-24) * colonne 4, ligne 50 - colonne 5, ligne 3; revendications 1,2; figure 5 * ---	1	
A	EP 0 924 797 A (CIT ALCATEL) 23 juin 1999 (1999-06-23) * alinéas [0030]-[0035] * ---	1	
A	ORMISTON T D ET AL: "MICROSTRIP SHORT-CIRCUIT PATCH DESIGN EQUATIONS" MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS,US,JOHN WILEY, NEW YORK, NY, vol. 16, no. 1, 1 septembre 1997 (1997-09-01), pages 12-14, XP000198277 ISSN: 0895-2477 * le document en entier * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) H01Q
A	US 5 075 691 A (GARAY OSCAR ET AL) 24 décembre 1991 (1991-12-24) * colonne 1, ligne 64 - colonne 2, ligne 43; figures 1,2 * ---	1	
A	EP 0 795 926 A (ASCOM TECH AG) 17 septembre 1997 (1997-09-17) * colonne 4, ligne 30 - colonne 6, ligne 18; figure 1 * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 5 octobre 2000	Examineur Van Dooren, G
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 (P04C02)

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

EP 00 40 2192

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.

05-10-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0871238 A	14-10-1998	FI 971235 A	26-09-1998
		US 6008764 A	28-12-1999
US 4070676 A	24-01-1978	CA 1067996 A	11-12-1979
		DE 2633757 A	14-04-1977
		FR 2327650 A	06-05-1977
		GB 1526505 A	27-09-1978
		JP 1263539 C	16-05-1985
		JP 52046745 A	13-04-1977
		JP 59042484 B	15-10-1984
EP 0924797 A	23-06-1999	FR 2772517 A	18-06-1999
		AU 9697798 A	01-07-1999
		CN 1230037 A	29-09-1999
		JP 11317615 A	16-11-1999
US 5075691 A	24-12-1991	CA 2063794 A,C	25-01-1991
		EP 0484347 A	13-05-1992
		JP 2551236 B	06-11-1996
		JP 4507176 T	10-12-1992
		KR 9402992 B	09-04-1994
		WO 9101577 A	07-02-1991
EP 0795926 A	17-09-1997	JP 10056320 A	24-02-1998
		US 5943020 A	24-08-1999

EPO FORM P0460

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