

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 805 512 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**06.11.2002 Bulletin 2002/45**

(51) Int Cl.7: **H01Q 9/04**

(21) Numéro de dépôt: **97460016.5**

(22) Date de dépôt: **17.04.1997**

(54) **Antenne imprimée compacte pour rayonnement à faible élévation**

Kompakt gedruckte Antenne mit geringer Strahlung in Elevationsrichtung

Compact printed antenna with little radiation in elevation

(84) Etats contractants désignés:  
**DE GB**

(30) Priorité: **24.04.1996 FR 9605383**

(43) Date de publication de la demande:  
**05.11.1997 Bulletin 1997/45**

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

(72) Inventeur: **Brachat, Patrice**  
**Les Jamins 06000 Nice (FR)**

(74) Mandataire: **Vidon, Patrice**  
**Cabinet Patrice Vidon**  
**Le Nobel (Bât. A)**  
**Technopôle Atalante**  
**2, allée Antoine Becquerel**  
**BP 90333**  
**35703 Rennes Cedex 7 (FR)**

(56) Documents cités:

<b>EP-A- 0 270 209</b>	<b>EP-A- 0 708 492</b>
<b>FR-A- 2 664 749</b>	<b>US-A- 4 053 895</b>
<b>US-A- 4 089 003</b>	<b>US-A- 4 529 987</b>
<b>US-A- 5 410 323</b>	

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 14, no. 213 (E-0923), 7 Mai 1990 & JP 02 048803 A (YUUSEISHIYOU TSUSHIN SOGO KENKYUSHO), 19 Février 1990,
- **IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY**, vol. 40, no. 2, 1 Mai 1991, pages 483-486, XP000234906 HIROYUKI ARAI ET AL: "A FLAT ENERGY DENSITY ANTENNA SYSTEM FOR MOBILE TELEPHONE"
- **TELECOMMUNICATIONS AND RADIO ENGINEERING**, vol. 47, no. 3, 1 Mars 1992, pages 76-79, XP000362730 KHITROV Y A: "A SWITCHED MICROSTRIP ANTENNA"
- **IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION**, vol. 36, no. 3, Mars 1988, NEW YORK, pages 309-321, XP002022223 R. G. VAUGHAN: "Two-port higher mode circular microstrip antennas"

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

**EP 0 805 512 B1**

## Description

**[0001]** Le domaine de l'invention est celui des antennes imprimées planes d'émission et/ou de réception de signaux hyperfréquences.

**[0002]** Plus précisément, l'invention concerne une antenne plane produisant un rayonnement maximum pour de faibles élévations.

**[0003]** L'antenne de l'invention a de nombreuses applications. Elle peut par exemple être utilisée dans un réseau placé sur le toit d'un véhicule particulier, afin d'assurer des télécommunications par satellite. En effet, certains mobiles, et notamment ceux en liaison avec des satellites géostationnaires dans les pays à latitude moyenne ou élevée (Europe du Nord par exemple), nécessitent des antennes planes produisant un rayonnement maximal pour de faibles élévations.

**[0004]** Actuellement, pour des raisons d'encombrement et de coût, on utilise dans les mobiles des antennes imprimées de type "patch". En effet, celles-ci ont notamment l'avantage d'être planes et peu coûteuses.

**[0005]** D'une façon générale, une antenne imprimée comprend une plaque de substrat diélectrique, un plan de masse (constitué par un premier dépôt conducteur déposé sur une première face de la plaque de substrat diélectrique), un élément rayonnant (constitué par un second dépôt conducteur déposé sur une seconde face de la plaque de substrat diélectrique) et des moyens d'alimentation de l'antenne.

**[0006]** Dans leur fonctionnement courant, c'est-à-dire lorsqu'elles fonctionnent dans leur mode fondamental, ces antennes imprimées génèrent un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'antenne. Pour ce type de fonctionnement courant, la longueur de l'élément rayonnant est très proche de la demi-longueur d'onde prenant en compte la permittivité du substrat diélectrique utilisé.

**[0007]** Pour pouvoir engendrer un rayonnement possédant un maximum pour de faibles élévations, c'est-à-dire dans des directions éloignées de l'axe perpendiculaire au plan contenant l'antenne, les antennes imprimées doivent fonctionner dans un mode supérieur dont la distribution de courant permet de créer ce type de rayonnement.

**[0008]** Le problème majeur réside dans le fait que les modes supérieurs présentant de l'intérêt apparaissent pour des fréquences relativement élevées par rapport à celles du mode fondamental. Ceci signifie que pour pouvoir utiliser ce type de mode (supérieur) pour la bande de fréquence désirée (proche de celle correspondant au mode fondamental), l'antenne doit être surdimensionnée de manière très importante.

**[0009]** Ce surdimensionnement rend quasiment impossible l'intégration en réseau de tels éléments rayonnants afin d'obtenir des antennes à gain élevé. Ce problème d'encombrement est d'autant plus crucial que, pour un réseau devant générer un rayonnement à faible

élévation, les éléments rayonnants doivent être placés très proches les uns des autres afin d'éviter d'importants lobes de réseau qui détériorent fortement le gain de l'antenne.

**[0010]** Le document EP 0 708 492 (ASULAB S.A.) décrit (cf. figures 1-4 et page 4, lignes 36-35) une antenne comprenant un disque conducteur et des paires de fentes s'étendant à partir de la périphérie vers le centre du disque, qui permettent de contrôler la fréquence de résonance. En ce qui concerne la disposition des fentes (5 et 6) de l'antenne selon ce document, elles s'étendent à partir de la périphérie vers le centre du disque conducteur (voir figures 3 et 4). Même si les fentes sont perpendiculaires aux lignes de courant du mode TM<sub>21</sub>, ce document ne suggère en aucune façon l'utilisation de ces fentes pour contrôler la fréquence de résonance de ce mode supérieur.

**[0011]** L'invention a notamment pour objectif de pallier cet inconvénient majeur de l'état de la technique.

**[0012]** Plus précisément, l'un des objectifs de la présente invention est de fournir une antenne imprimée permettant d'obtenir un rayonnement pour de faibles élévations tout en présentant un encombrement réduit.

**[0013]** L'invention a également pour objectif de fournir une telle antenne qui conserve tous les avantages des antennes imprimées, et notamment un faible coût de fabrication.

**[0014]** Ces différents objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'une antenne imprimée plane d'émission et/ou de réception de signaux hyperfréquences, du type comprenant notamment

- une plaque de substrat diélectrique,
- un plan de masse constitué par un premier dépôt conducteur déposé sur une première face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- un élément rayonnant constitué par un second dépôt conducteur déposé sur une seconde face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- des moyens d'alimentation de ladite antenne,

ladite antenne présentant un mode fondamental, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'élément rayonnant, et au moins un mode supérieur, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement à faible élévation,

ladite antenne étant caractérisée en ce que ledit élément rayonnant présente au moins une encoche agencée pour contrôler la fréquence de résonance d'un mode supérieur choisi.

**[0015]** Le mode supérieur choisi est celui dans lequel on désire voir fonctionner l'antenne, de façon que le rayonnement maximal soit généré pour de faibles élévations.

**[0016]** Ainsi, le principe général de l'invention consiste, pour un mode supérieur donné, à réduire la fréquen-

ce de résonance uniquement en réalisant des encoches sur l'élément rayonnant, c'est-à-dire sans modifier l'encombrement global de l'antenne. En d'autres termes, pour un fonctionnement dans un même mode supérieur, l'antenne imprimée de l'invention présente un encombrement plus réduit qu'une antenne imprimée classique.

**[0017]** Avantageusement, la ou les encoches sont disposées sensiblement perpendiculairement aux lignes de courant dudit mode supérieur choisi.

**[0018]** De cette façon, on augmente la longueur électrique de ces lignes de courant, et on diminue donc la fréquence de résonance du mode supérieur choisi.

**[0019]** De façon avantageuse, les dimensions (longueur, largeur) de la ou des encoches sont déterminées à partir d'une technique de calcul basée sur une méthode d'éléments finis.

**[0020]** Préférentiellement, lesdits-moyens d'alimentation mettent en oeuvre une technique d'alimentation appartenant au groupe comprenant

- l'alimentation par sonde coaxiale ;
- l'alimentation par couplage par fente ;
- l'alimentation par couplage de proximité ;
- l'alimentation par ligne d'alimentation dans le plan de l'élément rayonnant.

**[0021]** Préférentiellement, ledit élément rayonnant est en forme de disque.

**[0022]** Dans un premier mode de réalisation préférentiel de l'invention, ledit mode supérieur choisi est le mode TM<sub>21</sub>, dont les lignes de courant forment un motif qui se répète dans chaque quart dudit disque,

ledit élément rayonnant présentant quatre encoches radiales, espacées deux à deux angulairement d'environ 90°, chacune desdites encoches étant sensiblement perpendiculaires aux lignes de courant dans un desdits quarts du disque.

**[0023]** Dans un second mode de réalisation préférentiel de l'invention, ledit mode supérieur choisi est le mode TM<sub>01</sub>, dont les courants sont disposés radialement,

ledit élément rayonnant présentant au moins une encoche circulaire, la ou les encoches s'étendant sur au moins une partie de la circonférence d'un cercle contenu dans ledit disque et de même centre que celui-ci.

**[0024]** De façon avantageuse, chaque encoche coopère avec des moyens d'annihilation de son effet, ladite antenne comprenant des moyens d'activation / désactivation desdits moyens d'annihilation.

**[0025]** Préférentiellement, lesdits moyens d'annihilation de l'effet d'une encoche comprennent une diode reliant les deux bords de ladite encoche.

**[0026]** Dans un premier mode de réalisation particulier de l'invention, ledit élément rayonnant présente une pluralité d'encoches,

lesdits moyens d'activation / désactivation agissant simultanément sur tous les moyens d'annihilation associés à ladite pluralité d'encoches, de façon à permettre un fonctionnement multimode tel que :

- lorsque tous les moyens d'annihilation sont activés, l'antenne fonctionne dans ledit mode fondamental,
- lorsque tous les moyens d'annihilation sont désactivés, l'antenne fonctionne dans ledit mode supérieur choisi.

**[0027]** Ce fonctionnement multimode permet de couvrir un grand angle solide avec un maximum de rayonnement. En effet, dans le mode fondamental, on a un maximum de rayonnement dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'antenne, et dans le mode supérieur choisi, on a un maximum de rayonnement pour une faible élévation.

**[0028]** Dans un second mode de réalisation particulier de l'invention, ledit élément rayonnant présente une pluralité d'encoches,

lesdits moyens d'activation / désactivation agissant sur un nombre variable dans le temps de moyens d'annihilation associés à ladite pluralité d'encoches, de façon à permettre un fonctionnement multifréquence tel que chaque nombre distinct de moyens d'annihilation activés à un instant donné correspond à une fréquence de résonance particulière dudit mode supérieur choisi.

**[0029]** Ceci permet un fonctionnement multifréquence pour un même type de mode supérieur.

**[0030]** L'invention concerne également une antenne bibande, caractérisée en ce qu'elle comprend deux antennes superposées, dites antennes inférieure et supérieure, du type de celles présentées ci-dessus, l'élément rayonnant de ladite antenne inférieure constituant le plan de masse de ladite antenne supérieure.

**[0031]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante de plusieurs modes de réalisation préférentiel de l'invention, donnés à titre d'exemples indicatifs et non limitatifs, et des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 présente une vue de côté d'une antenne classique alimentée par sonde coaxiale ;
- la figure 2 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du rapport d'onde stationnaire (ROS) de l'antenne classique de la figure 1 ;
- la figure 3 présente une vue de dessus d'un mode de réalisation d'une première antenne selon l'invention ;
- la figure 4 présente de façon schématique les lignes de courant du mode TM<sub>21</sub> pour la première antenne de la figure 3 ;
- la figure 5 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du ROS de la première antenne de la figure 3 ;
- la figure 6 présente le diagramme de rayonnement complet, pour la composante  $E_{\theta}$ , de la première antenne de la figure 3 ;
- les figures 7 et 8 présentent chacune une vue en coupe, pour  $\phi = 0^\circ$  et  $90^\circ$  respectivement, du diagramme de rayonnement de la figure 6 ;
- la figure 9 présente le diagramme de rayonnement

complet, pour la composante Ephi, de la première antenne de la figure 3 ;

- les figures 10 et 11 présentent chacune une vue en coupe, pour  $\phi = 45^\circ$  et  $135^\circ$  respectivement, du diagramme de rayonnement de la figure 9 ;
- la figure 12 présente une vue de dessus d'un mode de réalisation d'une seconde antenne selon l'invention ;
- la figure 13 présente de façon schématique les lignes de courant du mode TM01 pour la seconde antenne de la figure 12 ;
- la figure 14 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du ROS de la seconde antenne de la figure 12 ;
- la figure 15 présente le diagramme de rayonnement complet, pour la composante Etheta, de la seconde antenne de la figure 12 ;
- les figures 16 et 17 présentent chacune une vue en coupe, pour  $\phi = 0^\circ$  et  $90^\circ$  respectivement, du diagramme de rayonnement de la figure 15 ;
- la figure 18 présente le diagramme de rayonnement complet, pour la composante Ephi, de la seconde antenne de la figure 12 ;
- les figures 19 et 20 présentent chacune une vue en coupe, pour  $\phi = 0^\circ$  et  $90^\circ$  respectivement, du diagramme de rayonnement de la figure 18 ;
- les figures 21 et 22 présentent chacune une vue, respectivement de côté et de dessus, d'une antenne selon l'invention alimentée par fente ;
- la figure 23 présente une vue de dessus d'un mode de réalisation particulier d'une antenne selon l'invention comprenant des moyens d'annihilation de l'effet de chaque encoche ; et
- les figures 24 et 25 présentent chacune une vue, respectivement de côté et de dessus, d'un mode de réalisation particulier d'une antenne bibande selon l'invention.

**[0032]** L'invention concerne donc une antenne imprimée plane d'émission et/ou de réception de signaux hyperfréquences.

**[0033]** La figure 1 présente une vue de côté d'une antenne classique alimentée par sonde coaxiale. L'antenne comprend :

- une plaque de substrat diélectrique 1, d'épaisseur  $H = 2,28$  mm et de permittivité relative  $\epsilon_r = 2,2$  par exemple ;
- un plan de masse 2 constitué par un premier dépôt conducteur, par exemple de cuivre, déposé sur une première face de la plaque de substrat diélectrique 1 ;
- un élément rayonnant 3 constitué par un second dépôt conducteur, par exemple un disque de cuivre de 73,5 mm de diamètre, déposé sur une seconde face de la plaque de substrat diélectrique 1 ; et
- une sonde coaxiale 4 permettant d'alimenter l'antenne et comprenant un conducteur externe 5 sou-

dé au plan de masse 2 et un conducteur interne 6 soudé à l'élément rayonnant 3. Le positionnement de cette sonde coaxiale 4 permet d'obtenir l'adaptation de l'antenne.

**[0034]** L'antenne présente un mode fondamental, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'élément rayonnant, et au moins un mode supérieur, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement à faible élévation.

**[0035]** Avec les dimensions indiquées précédemment pour les différents éléments 1, 2, 3 de l'antenne, on obtient :

- une fréquence de résonance  $F1 = 1,57$  GHz pour le mode fondamental TM11 ;
- une fréquence de résonance  $F2 = 2,63$  GHz pour le mode supérieur TM21 ;
- une fréquence de résonance  $F3 = 3,26$  GHz pour le mode supérieur TM01.

**[0036]** La figure 2 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du rapport d'onde stationnaire (ROS) de l'antenne classique de la figure 1. Cette courbe montre clairement les fréquences de résonance F1 et F2.

**[0037]** Selon l'invention, l'élément rayonnant 3 (c'est-à-dire le disque de cuivre dans cet exemple) n'est pas plein mais présente une ou plusieurs encoches permettant de contrôler la fréquence de résonance d'un mode supérieur choisi. Dans la suite de la description, on présente notamment :

- en relation avec les figures 3 à 11, une première antenne selon l'invention, pour laquelle le mode supérieur choisi est le mode TM21 ;
- en relation avec les figures 12 à 20, une seconde antenne selon l'invention, pour laquelle le mode supérieur choisi est le mode TM01.

**[0038]** La figure 3 présente une vue de dessus de la première antenne selon l'invention. L'élément rayonnant 30 présente quatre encoches radiales 31 à 34, espacées deux à deux angulairement d'environ  $90^\circ$ . Comme cela apparaît sur la figure 4, pour la première antenne de l'invention, les lignes de courant du mode TM21 forment un motif qui se répète selon le quart du disque (les courants étant représentés en pointillés). Les encoches 31 à 34 sont placées afin d'obtenir une interception maximale des courants sur l'élément rayonnant 30. En d'autres termes, chaque encoche est sensiblement perpendiculaire aux lignes de courant dans un des quarts du disque 30.

**[0039]** Dans cet exemple, la longueur des encoches est  $L_o = 18,375$  mm et la largeur  $L_a = 7,35$  mm. Dans un but d'optimisation, ces valeurs sont de préférence obtenues à l'aide d'une technique de calcul (mise en

oeuvre par logiciel) basée sur une méthode d'éléments finis.

**[0040]** La première antenne a pour but de diminuer la fréquence de résonance du mode supérieur TM<sub>21</sub>. La figure 5 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du ROS de la première antenne de l'invention. Cette figure 5 montre clairement qu'à l'aide des encoches 31 à 34, la fréquence de résonance du mode supérieur TM<sub>21</sub> est ramenée de  $F_2 = 2,63$  GHz à  $F'_2 = 1,662$  GHz. On remarque par ailleurs que la fréquence du mode fondamental se situe maintenant à  $F'_1 = 1,325$  GHz (au lieu de 1,57 GHz sans les encoches).

**[0041]** L'invention permet donc de réduire considérablement la taille de la structure par rapport à une antenne classique. En effet, pour obtenir un mode TM<sub>21</sub> travaillant à la fréquence de 1,662 GHz, il faudrait un disque plein ayant approximativement un diamètre de 119 mm au lieu du diamètre de 73,5 mm de la première antenne de l'invention. Ainsi, dans cet exemple précis, l'invention permet une réduction de la taille de l'antenne d'environ 40 %.

**[0042]** Les figures 6 et 9 présentent chacune le diagramme de rayonnement complet, pour les composantes Etheta et Ephi respectivement, de la première antenne de l'invention. Les figures 7 et 8 présentent chacune une vue en coupe, pour  $\phi = 0^\circ$  et  $90^\circ$  respectivement, du diagramme de rayonnement de la composante Etheta (figure 6). Les figures 10 et 11 présentent chacune une vue en coupe, pour  $\phi = 45^\circ$  et  $135^\circ$  respectivement, du diagramme de rayonnement de la composante Ephi (figure 9).

**[0043]** Les diagrammes de rayonnement ont été mesurés à la fréquence de résonance du mode TM<sub>21</sub>. Afin d'être très parlants, les résultats sont présentés pour les deux composantes Etheta et Ephi (avec  $\phi = 0$  correspondant à l'axe X de l'antenne (cf fig.3), l'axe Z correspondant à la normale au plan de l'antenne).

**[0044]** Les diagrammes de rayonnement se présentent sous forme de "pétales" ayant un maximum situé aux alentours de  $\theta = 45^\circ$ , avec une rotation spatiale  $\phi = 45^\circ$  entre les deux diagrammes de rayonnement associés aux deux composantes. La directivité est de 5,56 dB. Ces diagrammes de rayonnement correspondent parfaitement à ceux d'un mode TM<sub>21</sub>.

**[0045]** La figure 12 présente une vue de dessus de la seconde antenne selon l'invention. L'élément rayonnant 40 présente quatre encoches circulaires 41 à 44, placés parallèlement à la circonférence du disque 40. Comme cela apparaît sur la figure 13, pour la seconde antenne de l'invention, les lignes de courant du mode TM<sub>01</sub> sont circulaires (les courants, représentés en pointillés, étant disposés radialement). Les encoches 41 à 44 sont placées afin d'obtenir une interception maximale des courants sur l'élément rayonnant 40. En d'autres termes, chaque encoche est sensiblement perpendiculaire aux lignes de courant dans un des quarts du disque 40.

**[0046]** Dans cet exemple, le rayon interne des encoches est  $R_i = 23,52$  mm, le rayon externe  $R_e = 25,72$

mm et le débattement angulaire  $\Delta\alpha = 70^\circ$ . Dans un but d'optimisation, ces valeurs sont de préférence obtenues à l'aide de la technique de calcul précitée basée sur une méthode d'éléments finis.

**[0047]** La seconde antenne a pour but de diminuer la fréquence de résonance du mode supérieur TM<sub>01</sub>. La figure 14 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du ROS de la seconde antenne de l'invention. Cette figure 14 montre clairement qu'à l'aide des encoches 41 à 44, la fréquence de résonance du mode supérieur TM<sub>01</sub> est ramenée de  $F_3 = 3,26$  GHz à  $F'_3 = 2,104$  GHz.

**[0048]** L'invention permet donc de réduire considérablement la taille de la structure par rapport à une antenne classique. En effet, pour obtenir un mode TM<sub>01</sub> travaillant à la fréquence de 2,104 GHz, il faudrait un disque plein ayant approximativement un diamètre de 117 mm au lieu du diamètre de 73,5 mm de la seconde antenne de l'invention. Ainsi, dans cet exemple précis, l'invention permet de nouveau une réduction de la taille de l'antenne d'environ 40 %.

**[0049]** Les figures 15 et 18 présentent chacune le diagramme de rayonnement complet, pour les composantes Etheta et Ephi respectivement, de la seconde antenne de l'invention. Les figures 16 et 17 présentent chacune une vue en coupe, pour  $\phi = 0^\circ$  et  $90^\circ$  respectivement, du diagramme de rayonnement de la composante Etheta (figure 15). Les figures 19 et 20 présentent chacune une vue en coupe, pour  $\phi = 0^\circ$  et  $90^\circ$  respectivement, du diagramme de rayonnement de la composante Ephi (figure 18).

**[0050]** Les diagrammes de rayonnement ont été mesurés à la fréquence de résonance du mode TM<sub>01</sub>. Les diagrammes de rayonnement sont présentés de la même façon que ceux des figures 6 et 9.

**[0051]** On constate que la composante Etheta se présente sous la forme d'un tore ayant un maximum situé aux environs de  $\theta = 45^\circ$ . La directivité obtenue pour cette antenne est de 6,31 dB. Ces diagrammes de rayonnement correspondent parfaitement à ceux d'un mode TM<sub>01</sub>.

**[0052]** Les figures 21 et 22 présentent chacune une vue, respectivement de côté et de dessus, d'une antenne selon l'invention alimentée par fente. Cette antenne comprend les éléments suivants superposés :

- un élément rayonnant 50 du type de celui présenté sur la figure 3 (avec quatre encoches radiales) et de diamètre W ;
- une première couche de substrat 51, de hauteur H1 et de permittivité relative  $\epsilon_{r1}$  ;
- un premier plan de masse 52 comportant une fente de couplage 53 ;
- une seconde couche de substrat 54, de hauteur H2 et de permittivité relative  $\epsilon_{r2}$  ;
- une ligne d'alimentation 55, dont l'extrémité qui s'étend au-delà de la fente 53 constitue un stub d'adaptation de longueur  $L_{\text{stub}}$  ;

- une troisième couche de substrat 56, de hauteur H3 et de permittivité relative  $\epsilon_{r3}$  ;
- un second plan de masse 57.

[0053] On a présenté ci-dessus deux types d'alimentation, à savoir par sonde coaxiale et par couplage par fente. Il est clair cependant que l'invention n'est pas limitée à ces deux types d'alimentation mais peut être utilisée par tout type d'alimentation classique (couplage de proximité, ligne d'alimentation dans le plan de l'élément rayonnant, etc).

[0054] La figure 23 présente une vue de dessus d'un mode de réalisation particulier d'une antenne selon l'invention, dans lequel chaque encoche coopère avec des moyens 61 d'annihilation de son effet. L'antenne comprend également des moyens d'activation / désactivation de ces moyens 61 d'annihilation. Ces moyens (non représentés) d'activation / désactivation sont par exemple un dispositif de commande électronique. Dans l'exemple présenté, les moyens d'annihilation de l'effet d'une encoche comprennent une diode varactor 61 reliant les deux bords de cette encoche.

[0055] Ainsi, avec ces moyens supplémentaires, on peut envisager d'autres types de fonctionnement de l'antenne de l'invention, et notamment un fonctionnement multimode et un fonctionnement multifréquence.

[0056] En fonctionnement multimode, les moyens d'activation / désactivation agissent simultanément sur toutes les diodes, de façon que :

- lorsque toutes les diodes sont activées, l'antenne fonctionne dans le mode fondamental (ayant un maximum de rayonnement perpendiculaire à l'antenne),
- lorsque toutes les diodes sont désactivées, l'antenne fonctionne dans un mode supérieur choisi (ayant un maximum de rayonnement pour une faible élévation).

[0057] En fonctionnement multifréquence pour un mode supérieur choisi, les moyens d'activation / désactivation agissent sur un nombre variable dans le temps de diodes, de façon que chaque nombre distinct de diodes activées à un instant donné corresponde à une fréquence de résonance particulière du mode supérieur choisi.

[0058] Les figures 24 et 25 présentent chacune une vue, respectivement de côté et de dessus, d'un mode de réalisation particulier d'une antenne bibande selon l'invention.

[0059] Cette antenne bibande comprend deux antennes (inférieure 70 et supérieure 71) superposées. L'élément rayonnant (par exemple un disque) 72 de l'antenne inférieure 71 constitue le plan de masse de l'antenne supérieure 71.

[0060] L'antenne inférieure 70 comprend un plan de masse 73, une plaque de substrat (non représentée), un élément rayonnant 72 et une première alimentation

coaxiale 74. L'antenne supérieure 71 comprend un plan de masse (constitué par l'élément rayonnant 72 de l'antenne inférieure 70), une plaque de substrat (non représentée), un élément rayonnant 75 et une seconde alimentation coaxiale 76.

[0061] Chaque antenne 70, 71 fonctionne de façon indépendante. Les deux disques 72, 75 sont décalés de sorte que l'attaque du disque supérieur 75 traverse le disque inférieur 72 en son milieu, de manière à minimiser la perturbation ainsi apportée.

## Revendications

1. Antenne imprimée plane d'émission et/ou de réception de signaux hyperfréquences, du type comprenant notamment :

- une plaque de substrat diélectrique (1),
- un plan de masse (2) constitué par un premier dépôt conducteur déposé sur une première face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- un élément rayonnant (30 ; 40 ; 50) constitué par un second dépôt conducteur déposé sur une seconde face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- des moyens (4) d'alimentation de ladite antenne,

ladite antenne présentant un mode fondamental (TM<sub>11</sub>), dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'élément rayonnant, et au moins un mode supérieur (TM<sub>21</sub>, TM<sub>01</sub>), dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement à faible élévation,

**caractérisée en ce que** ledit élément rayonnant présente au moins une encoche (31 à 34 ; 41 à 44) agencée pour contrôler la fréquence de résonance d'un mode supérieur choisi.

2. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la ou les encoches (31 à 34 ; 41 à 44) sont disposées sensiblement perpendiculairement aux lignes de courant dudit mode supérieur choisi.

3. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** les dimensions de la ou des encoches (31 à 34 ; 41 à 44) sont déterminées à partir d'une technique de calcul basée sur une méthode d'éléments finis.

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** lesdits moyens d'alimentation mettent en oeuvre une technique d'alimentation appartenant au groupe comprenant :

- l'alimentation par sonde coaxiale (4);

- l'alimentation par couplage par fente (53);
  - l'alimentation par couplage de proximité ;
  - l'alimentation par ligne d'alimentation dans le plan de l'élément rayonnant.
5. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** ledit élément rayonnant (30 ; 40 ; 50) est en forme de disque.
6. Antenne selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** ledit mode supérieur choisi est le mode TM<sub>21</sub>, dont les lignes de courant forment un motif qui se répète dans chaque quart dudit disque, et **en ce que** ledit élément rayonnant (30) présente quatre encoches radiales (31 à 34), espacées deux à deux angulairement d'environ 90°, chacune desdites encoches étant sensiblement perpendiculaires aux lignes de courant dans un desdits quarts du disque.
7. Antenne selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** ledit mode supérieur choisi est le mode TM<sub>01</sub>, dont les courants sont disposés radialement, et **en ce que** ledit élément rayonnant (40) présente au moins une encoche circulaire (41 à 44), la ou les encoches s'étendant sur au moins une partie de la circonférence d'un cercle contenu dans ledit disque et de même centre que celui-ci.
8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** chaque encoche coopère avec des moyens (61) d'annihilation de son effet, et **en ce qu'elle** comprend des moyens d'activation / désactivation desdits moyens d'annihilation.
9. Antenne selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** lesdits moyens d'annihilation de l'effet d'une encoche comprennent une diode (61) reliant les deux bords de ladite encoche.
10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, **caractérisée en ce que** ledit élément rayonnant présente une pluralité d'encoches, et **en ce que** lesdits moyens d'activation / désactivation agissent simultanément sur tous les moyens (61) d'annihilation associés à ladite pluralité d'encoches, de façon à permettre un fonctionnement multimode tel que :
- lorsque tous les moyens d'annihilation sont activés, l'antenne fonctionne dans ledit mode fondamental,
  - lorsque tous les moyens d'annihilation sont désactivés, l'antenne fonctionne dans ledit mode supérieur choisi.

11. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, **caractérisée en ce que** ledit élément rayonnant présente une pluralité d'encoches, et **en ce que** lesdits moyens d'activation / désactivation agissent sur un nombre variable dans le temps de moyens (61) d'annihilation associés à ladite pluralité d'encoches, de façon à permettre un fonctionnement multifréquence tel que chaque nombre distinct de moyens d'annihilation activés à un instant donné correspond à une fréquence de résonance particulière dudit mode supérieur choisi.
12. Antenne bibande, **caractérisée en ce qu'elle** comprend deux antennes superposées, dites antennes inférieure (70) et supérieure (71), selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, l'élément rayonnant (72) de ladite antenne inférieure constituant le plan de masse de ladite antenne supérieure.

## Patentansprüche

1. Ebene gedruckte Antenne zum Senden und/oder Empfangen von Mikrowellensignalen von der Art, die hauptsächlich Folgendes umfasst:

- eine dielektrische Substratplatte (1),
- eine Erdungsebene (2), bestehend aus einer ersten Ablagerung eines leitfähigen Materials, das auf einer ersten Fläche der dielektrischen Substratplatte aufgebracht wird,
- ein strahlendes Element (30; 40; 50), das aus einer zweiten leitfähigen Ablagerung gebildet wird, das auf eine zweite Fläche der dielektrischen Substratplatte aufgebracht wird,
- Mittel (4) zum Speisen der Antenne,

wobei die Antenne eine Grundschiwingung (TM<sub>11</sub>) aufweist, bei der sie ein Strahlungsdiagramm erzeugt, das in der senkrechten Richtung auf die das strahlende Element enthaltende Ebene ein Maximum aufweist sowie mindestens eine Oberschwingung (TM<sub>21</sub>, TM<sub>01</sub>), in der sie ein Strahlungsdiagramm mit kleinem EI-Winkel bzw. kleiner Elevation erzeugt,

**dadurch gekennzeichnet, dass** das strahlende Element mindestens einen Einschnitt (31 bis 34; 41 bis 44) aufweist, der so gestaltet ist, dass die Resonanzfrequenz einer gewählten Oberschwingung gesteuert werden kann.

2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einschnitt bzw. die Einschnitte (31 bis 34; 41 bis 44) in etwa senkrecht zu den Stromlinien bzw. Feldlinien der gewählten Oberschwingung angeordnet ist bzw. sind.
3. Antenne nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **da-**

durch gekennzeichnet, dass die Abmessungen des Einschnittes oder der Einschnitte (31 bis 34; 41 bis 44) auf der Grundlage einer auf einer Methode der finiten Elemente basierenden Berechnungstechnik ermittelt werden.

4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspeisemittel eine Einspeisetechnik aus der Gruppe anwenden, die folgendes umfasst:

- Einspeisung durch Koaxialsonde (4);
- Einspeisung durch Schlitzkopplung (53);
- Einspeisung durch Nähekopplung;
- Einspeisung durch Einspeiseleitung in der Ebene des strahlenden Elementes.

5. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das strahlende Element (30; 40; 50) die Form einer Kreisscheibe aufweist.

6. Antenne nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der gewählten Oberschwingung um die Oberschwingung TM<sub>21</sub> handelt, deren Stromlinien bzw. Feldlinien ein Muster bilden, das sich in jedem Viertel der Kreisscheibe wiederholt und, dass die strahlenden Elemente (30) vier radiale Einschnitte (31 bis 34) aufweisen, die paarweise durch einen Winkel von etwa 90° voneinander getrennt sind, wobei jeder der Einschnitte in etwa senkrecht zu den Stromlinien bzw. Feldlinien in einem der Viertel der Kreisscheibe liegt.

7. Antenne nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der gewählten Oberschwingung um die Oberschwingung TM<sub>01</sub> handelt, deren Stromlinien bzw. Feldlinien radial verlaufen und, dass die strahlenden Elemente (40) mindestens einen kreisförmigen Einschnitt (41 bis 44) dort aufweisen, wo sich die Einschnitte über mindestens einen Teil des Umfangs eines Kreises erstrecken, der in der Kreisscheibe und konzentrisch mit dieser enthalten ist.

8. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Einschnitt mit Mitteln (61) zur Vernichtung seiner Wirkung zusammenwirkt und, dass er Mittel zum Aktivieren/Deaktivieren der erwähnten Verrichtungsmittel umfasst.

9. Antenne nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Vernichtung der Wirkung eines Einschnitts eine Diode (61) umfassen, die beide Ränder des Einschnitts verbindet.

10. Antenne nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das strahlende Element eine Vielzahl von Einschnitten aufweist und, dass die Mittel zum Aktivieren/Deaktivieren gleichzeitig auf alle mit der Vielzahl von Einschnitten zusammenhängende Vernichtungsmittel (61) wirken, um eine Multimodearbeitsweise zu ermöglichen, so dass

- wenn alle Vernichtungsmittel aktiviert sind, die Antenne in der erwähnten Grundschiwingung arbeitet,
- wenn alle Vernichtungsmittel deaktiviert sind, die Antenne in der gewählten Oberschwingung arbeitet.

11. Antenne nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das strahlende Element eine Vielzahl von Einschnitten aufweist und, dass die Mittel zum Aktivieren/Deaktivieren auf eine zeitlich variable Zahl von Vernichtungsmitteln (61) wirken, die mit der Vielzahl von Einschnitten assoziiert sind, um einen Mehrfrequenzbetrieb zu ermöglichen, welcher derart gestaltet ist, dass jede verschiedene Zahl von Vernichtungsmitteln, die zu einem gegebenen Zeitpunkt aktiviert wird, einer bestimmten Resonanzfrequenz der gewählten Oberschwingung entspricht.

12. Zweibandantenne, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zwei überlagerte Antennen umfasst, genannt untere Antenne (70) und obere Antenne (71) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das strahlende Element (72) der unteren Antenne die Erdungsebene der oberen Antenne bildet.

## Claims

1. Flat printed antenna for transmission and/or reception of microwave signals, the antenna comprising:

- a plate of dielectric substrate (1),
- an earth plane (2) formed by a first conductor layer deposited on a first face of said plate of dielectric substrate,
- a radiating element (30; 40; 50) formed by a second conductor layer deposited on a second face of said plate of dielectric substrate,
- means (4) for feeding said antenna,

said antenna having a fundamental mode (TM<sub>11</sub>), in which it generates a radiation pattern having a maximum in the direction perpendicular to the plane containing the radiating element, and at least one higher mode (TM<sub>21</sub>, TM<sub>01</sub>), in which it generates a radiation pattern at low elevation, characterised in that said radiating element has



at least one slot (31 to 34; 41 to 44) arranged to control the resonant frequency of a chosen higher mode.

2. Antenna according to Claim 1, **characterised in that** the slot or slots (31 to 34; 41 to 44) are arranged approximately perpendicularly to the current lines of said chosen higher mode. 5
3. Antenna according to any one of Claims 1 and 2, **characterised in that** the dimensions of the slot or slots (31 to 34; 41 to 44) are determined from a calculation technique based on a finite elements method. 10
4. Antenna according to any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** said feeding means use a feed technique selected from the group consisting of: 15
  - feed by a coaxial probe (4) ;
  - feed by coupling through slits (53);
  - feed by proximity coupling;
  - feed by a feed line in the plane of the radiating element. 20
5. Antenna according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** said radiating element (30; 40; 50) is in the form of a disc. 25
6. Antenna according to Claim 5, **characterised in that** said chosen higher mode is the TM<sub>21</sub> mode, whose current lines form a pattern which is repeated in each quarter of said disc, and **in that** said radiating element (30) has four radial slots (31 to 34), spaced two by two at angles of about 90 degrees, each of said slots being approximately perpendicular to the current lines in one of said quarters of the disc. 30
7. Antenna according to Claim 5, **characterised in that** said chosen higher mode is the TM<sub>01</sub> mode, whose current lines are arranged radially, and **in that** said radiating element (40) has at least one circular slot (41 to 44), the slot or slots extending over at least one part of the circumference of a circle contained within said disc and disposed concentrically thereto. 35
8. Antenna according to any one of Claims 1 to 7, **characterised in that** each slot works with means (61) for disabling its effect, and **in that** it includes means for activating/deactivating said disabling means. 40
9. Antenna according to Claim 8, **characterised in that** said means for disabling the effect of a slot include a diode (61) connected to two edges of said 45

slot.

10. Antenna according to any one of Claims 8 and 9, **characterised in that** said radiating element has a plurality of slots, and **in that** said activating/deactivating means act simultaneously on all the disabling means (61) associated with said plurality of slots, in a way that allows multimode operation such that: 50
  - when all the disabling means are activated, the antenna operates in said fundamental mode,
  - when all the disabling means are deactivated, the antenna operates in said-chosen higher mode. 55
11. Antenna according to any one of Claims 8 and 9, **characterised in that** said radiating element has a plurality of slots, and **in that** said activating/deactivating means act on a number that is variable in time, of disabling means (61) associated with said plurality of slots, in a way that permits multifrequency operation such that each distinct number of disabling means activated at a given instant corresponds to a particular resonant frequency of said chosen higher mode. 60
12. Dual-band antenna, **characterised in that** it includes two superimposed antennas, called lower (70) and upper (71) antennas, according to any one of Claims 1 to 11, the radiating element (72) of said lower antenna forming the earth plane of said upper antenna. 65

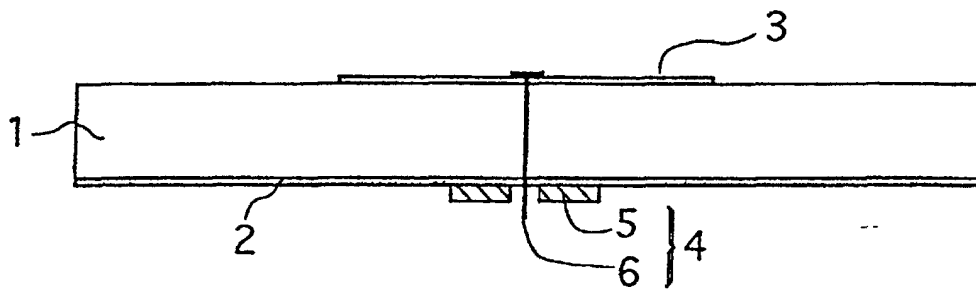


Fig. 1

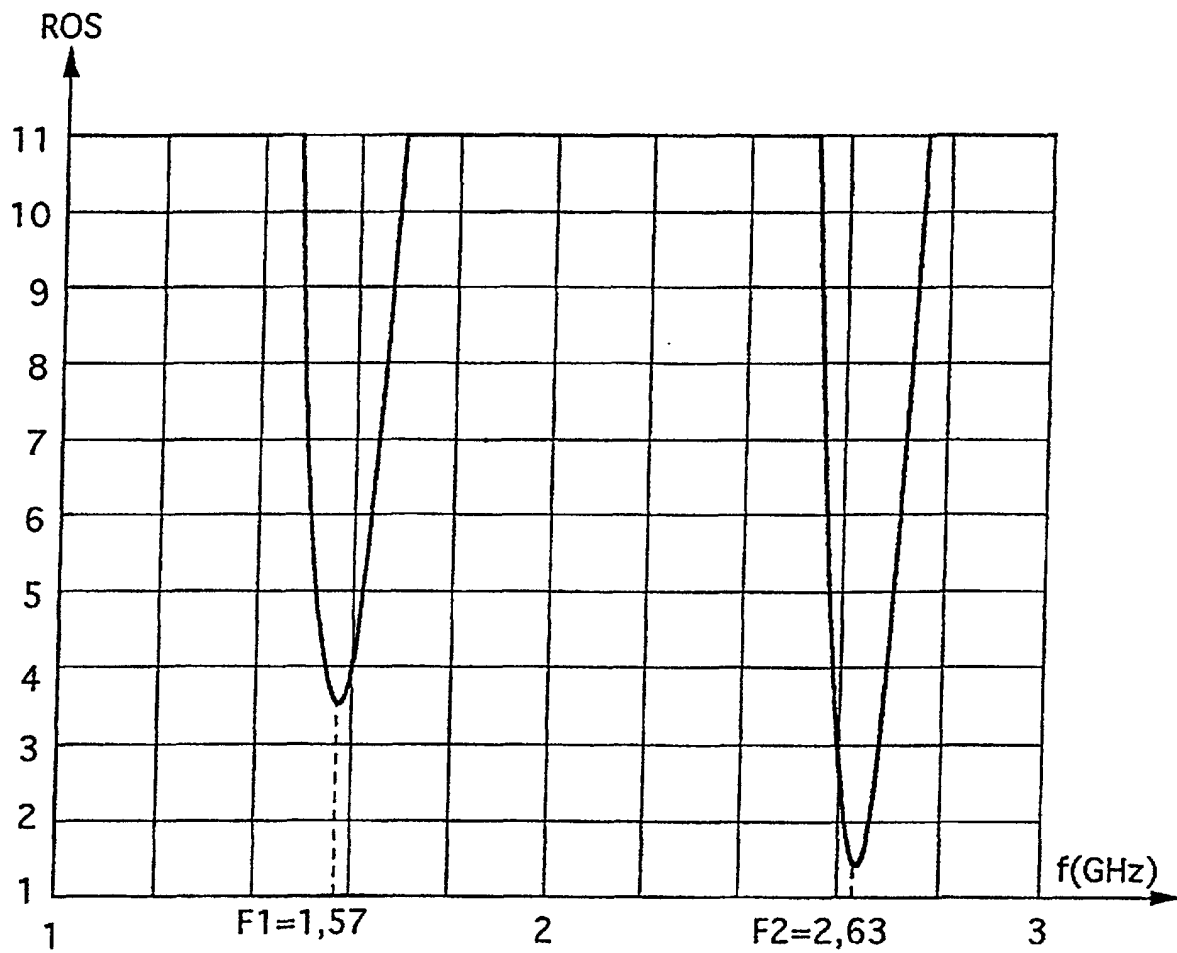


Fig. 2

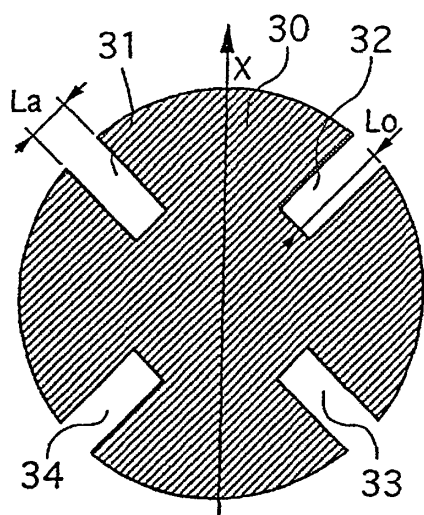


Fig. 3

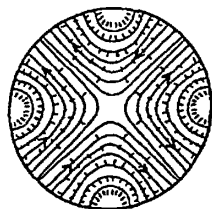


Fig. 4

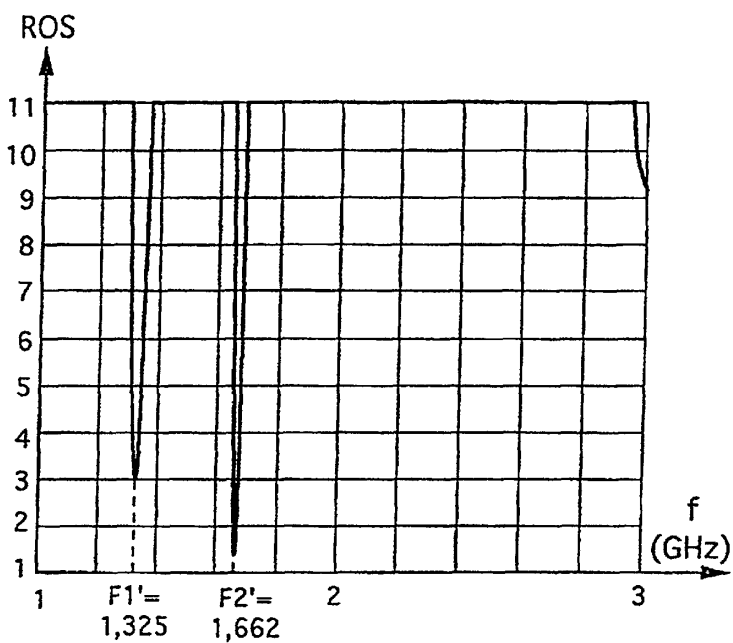


Fig. 5

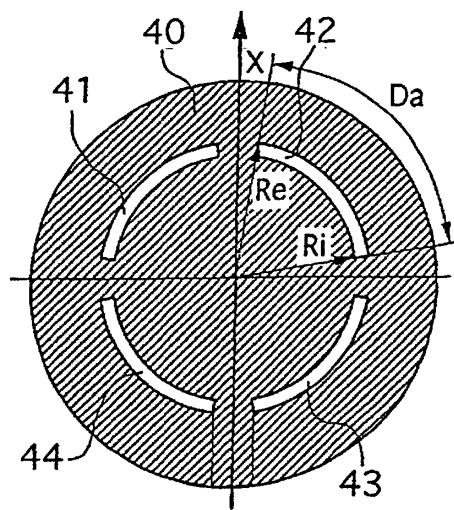


Fig. 12

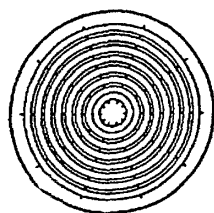


Fig. 13

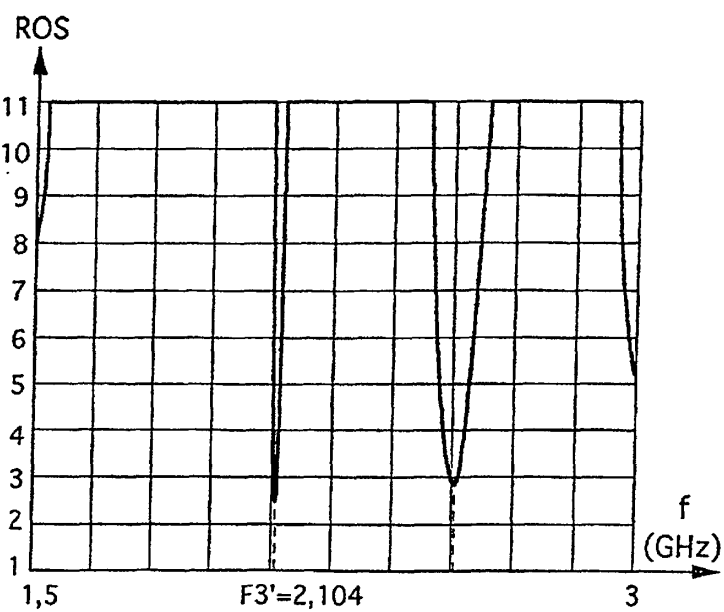
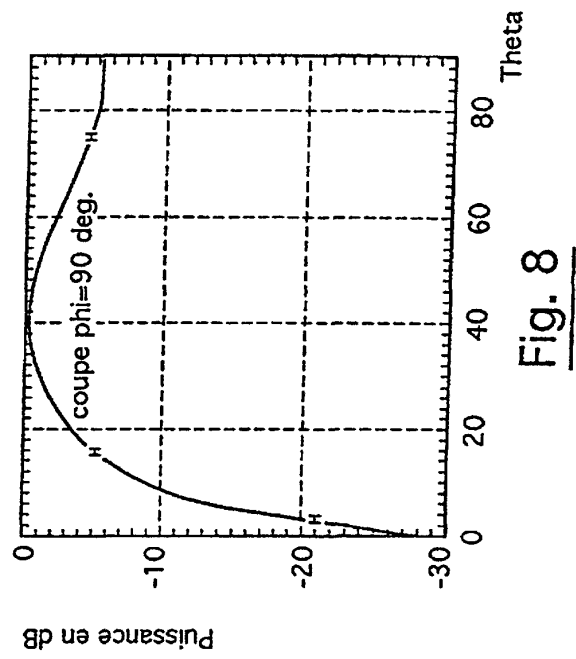
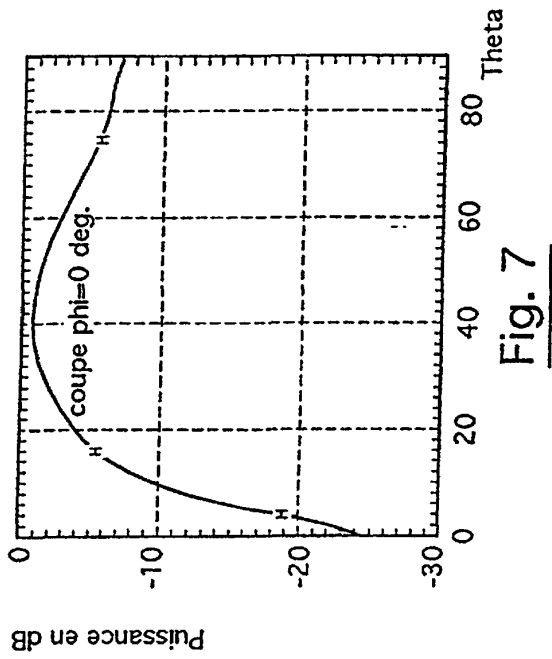


Fig. 14



Norme: 18.38 dB

— A — -1 dB

— B — -3 dB

— C — -5 dB

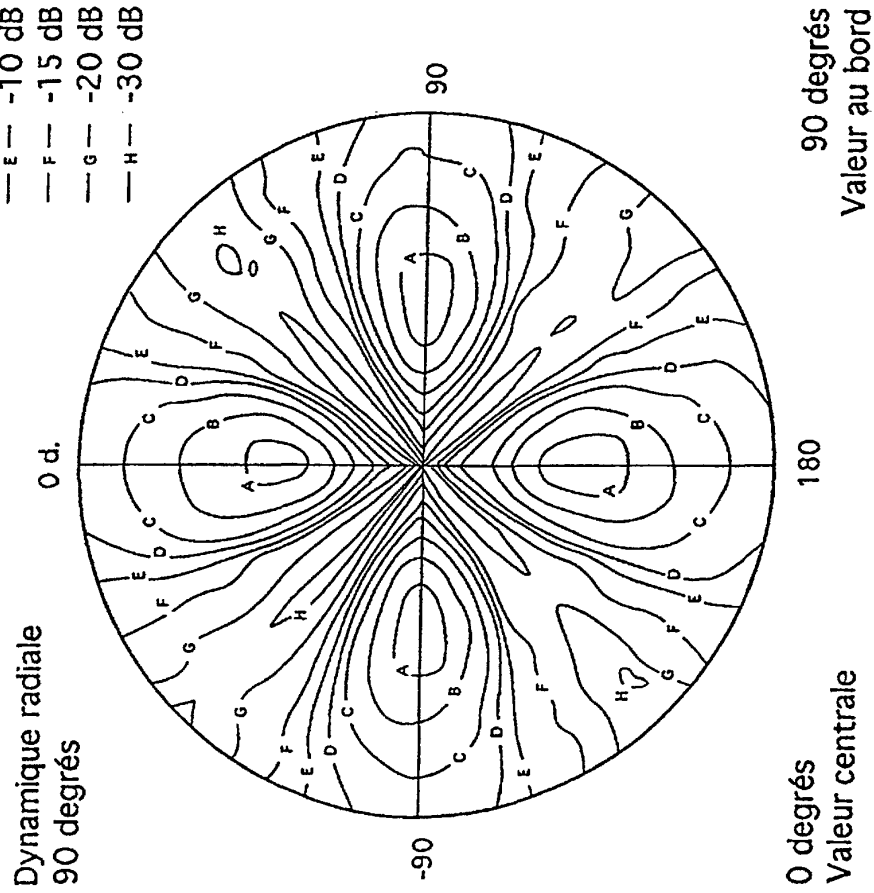
— D — -7 dB

— E — -10 dB

— F — -15 dB

— G — -20 dB

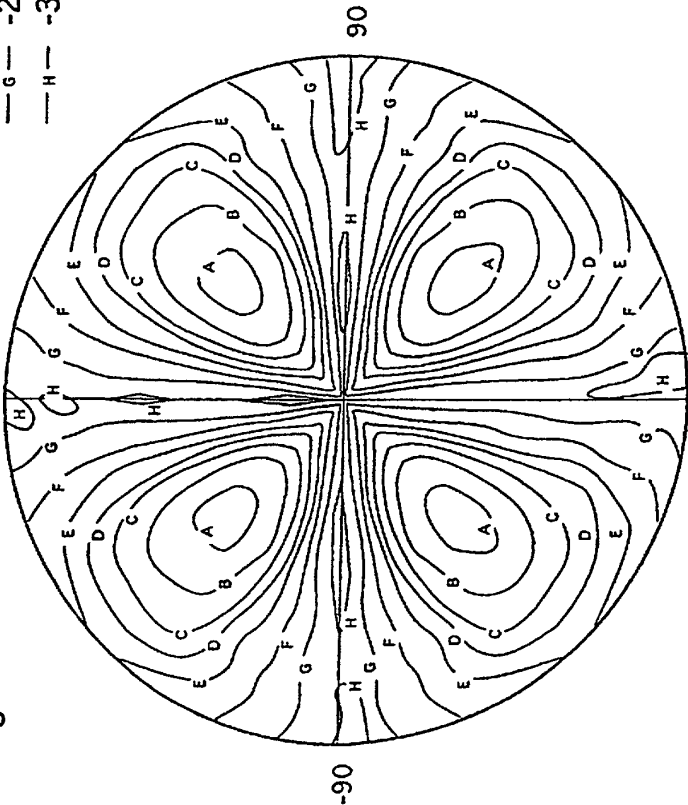
— H — -30 dB



Norme: 18.01 dB

— A —	-1 dB
— B —	-3 dB
— C —	-5 dB
— D —	-7 dB
— E —	-10 dB
— F —	-15 dB
— G —	-20 dB
— H —	-30 dB

Dynamique radiale  
90 degrés



0 degrés  
Valeur centrale

90 degrés  
Valeur au bord

Fig. 9

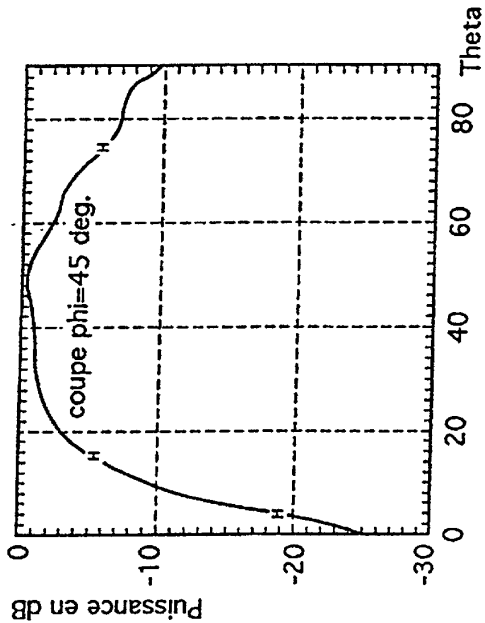


Fig. 10

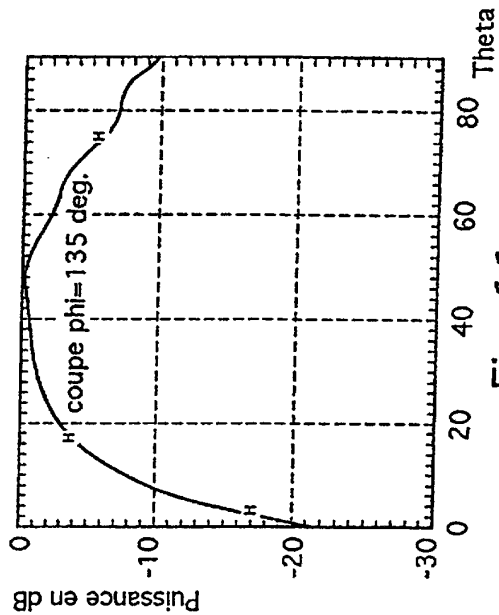
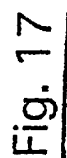
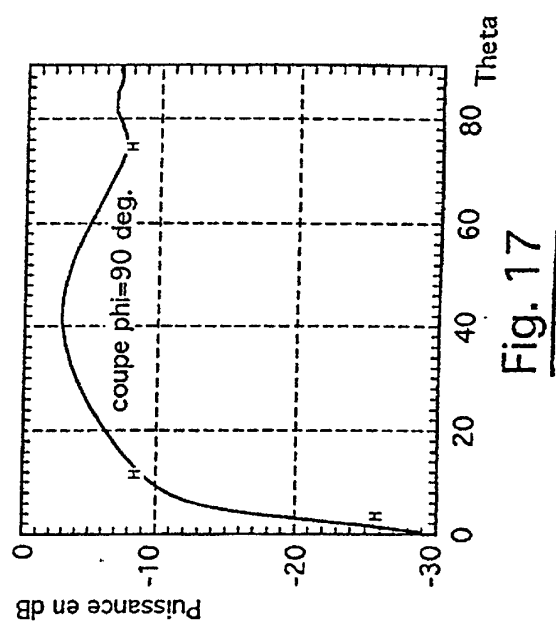
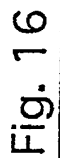
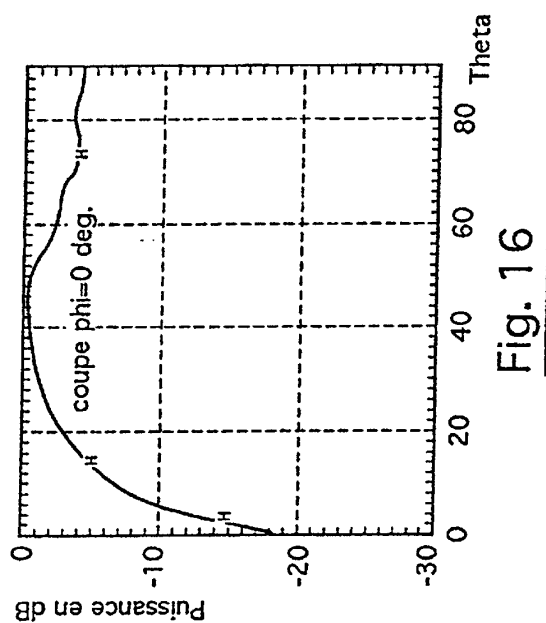
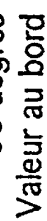
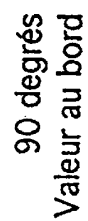
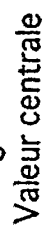
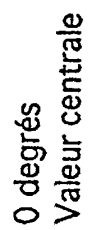
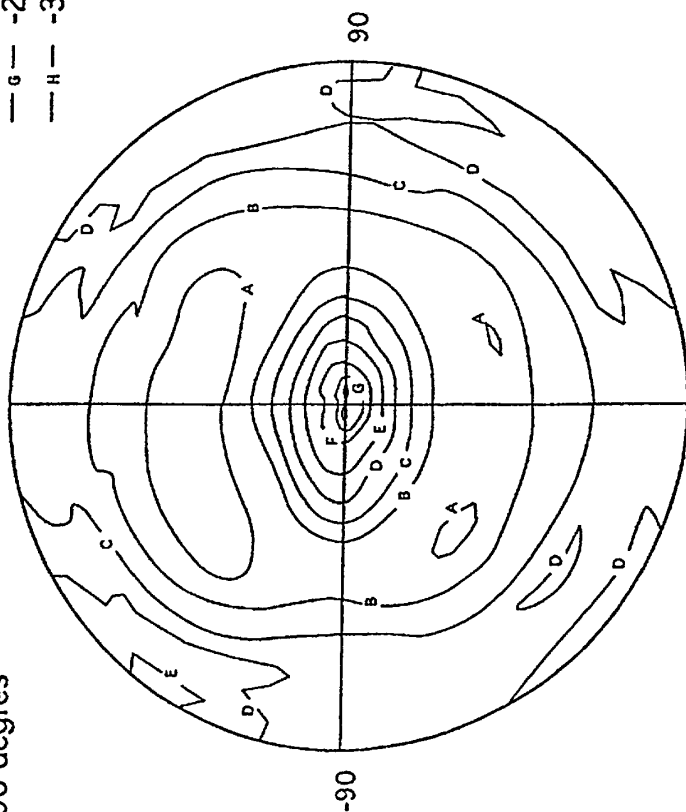
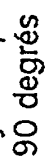
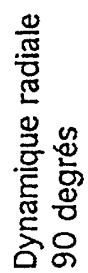
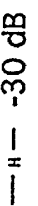
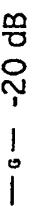
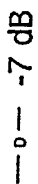
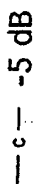
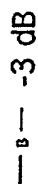
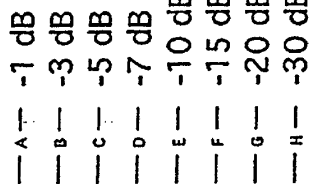
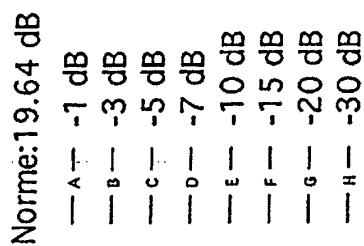


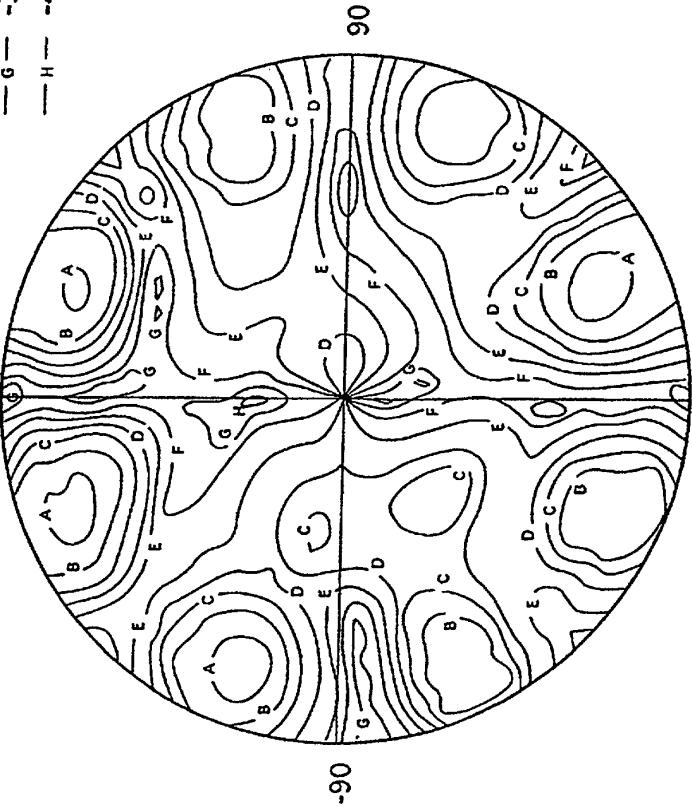
Fig. 11



Norme: 19.64 dB

—A—	-10 dB
—B—	-13 dB
—C—	-15 dB
—D—	-17 dB
—E—	-20 dB
—F—	-25 dB
—G—	-30 dB
—H—	-40 dB

Dynamique radiale  
90 degrés



0 degrés  
Valeur centrale

90 degrés  
Valeur au bord

Fig. 18

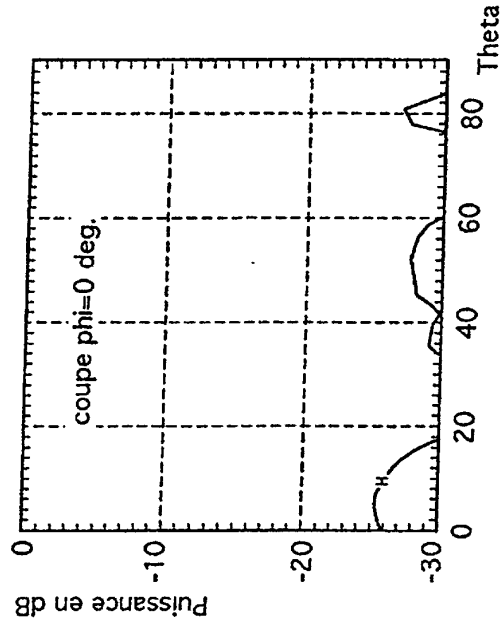


Fig. 19

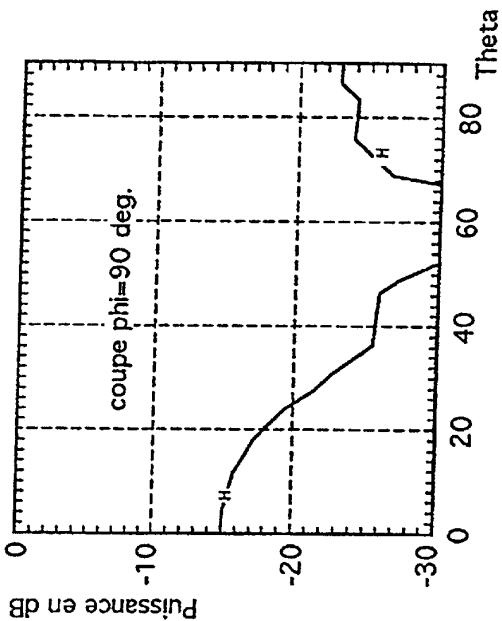


Fig. 20

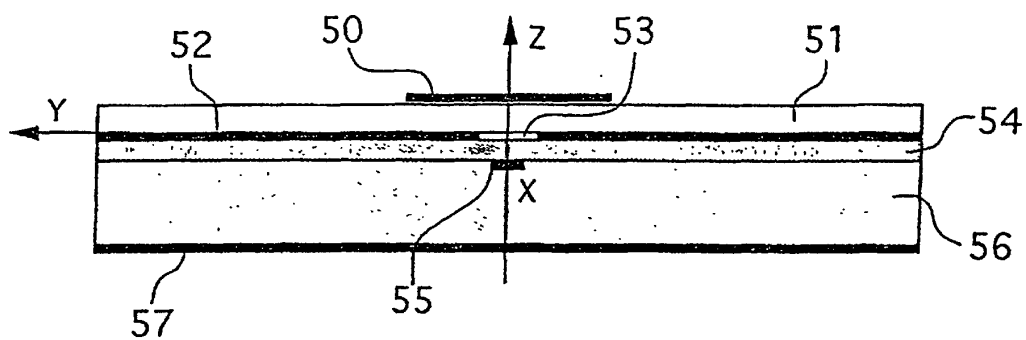


Fig. 21

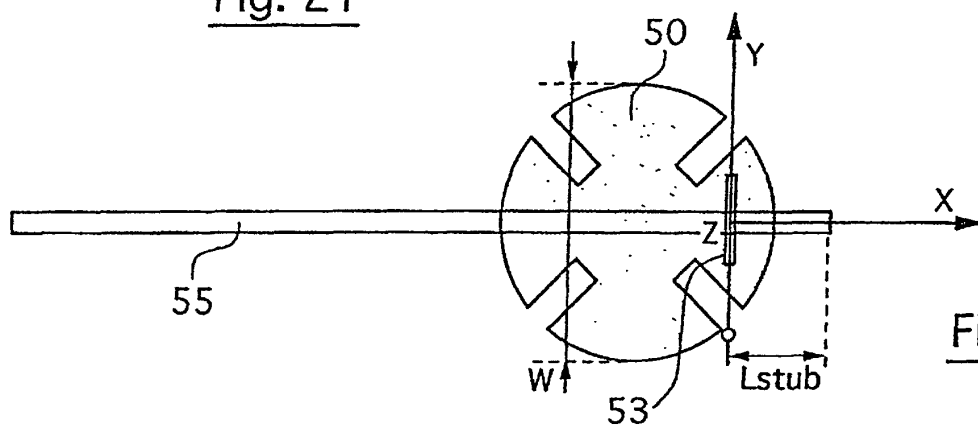


Fig. 22

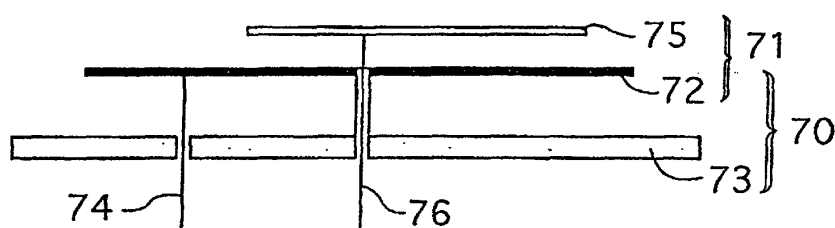


Fig. 24

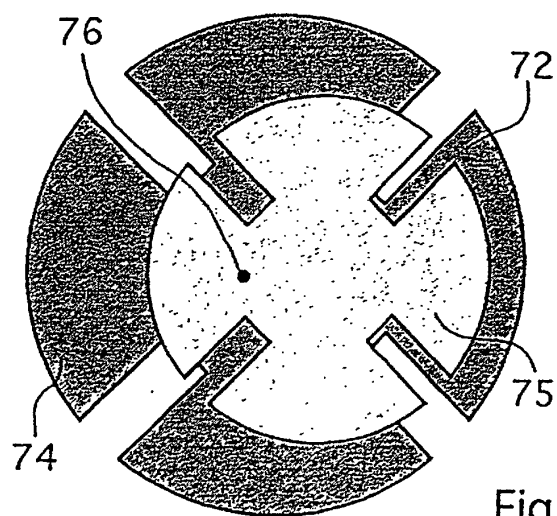


Fig. 25

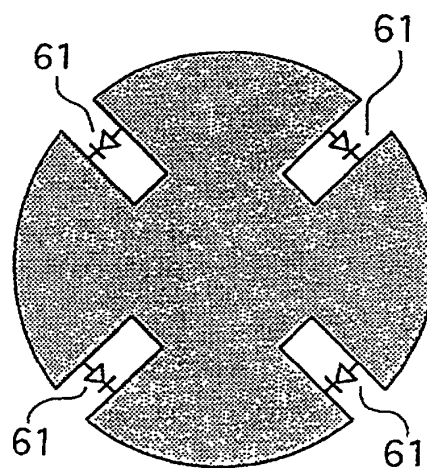


Fig. 23