

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 888 647 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
31.10.2001 Bulletin 2001/44

(21) Numéro de dépôt: **97914394.8**

(22) Date de dépôt: **13.03.1997**

(51) Int Cl.7: **H01Q 11/08, H01P 5/18**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR97/00455

(87) Numéro de publication internationale:
WO 97/35356 (25.09.1997 Gazette 1997/41)

**(54) ANTENNE HELICE A ALIMENTATION LARGE BANDE INTEGREE, ET PROCEDES DE
FABRICATION CORRESPONDANTS**

WENDELANTENNE MIT INTEGRIERTER BREITBANDSPEISUNG UND VERFAHREN ZU DEREN
HERSTELLUNG

HELIX ANTENNA WITH A BUILT-IN BROADBAND POWER SUPPLY, AND MANUFACTURING
METHODS THEREFOR

(84) Etats contractants désignés:
DE ES GB IT

(30) Priorité: **19.03.1996 FR 9603698**

(43) Date de publication de la demande:
07.01.1999 Bulletin 1999/01

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

(72) Inventeurs:
• **BLOT, Jean-Pierre**
F-06320 La Turbie (FR)
• **SHARAIHA, Ala**
F-35000 Rennes (FR)
• **TOUREILLES, Jean-Marc**
F-56000 Lorient (FR)
• **TERRET, Claude**
F-35000 Rennes (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:
EP-A- 0 427 654 WO-A-92/05602
DE-B- 2 708 241 US-A- 4 011 528
US-A- 5 235 296

- **ELECTRONICS LETTERS, vol. 32, no. 3, 1 Février 1996, page 153/154 XP000554906 SHUMAKER P K ET AL: "PRINTED HALF-WAVELENGTH QUADRIFILAR HELIX ANTENNA FOR GPS MARINE APPLICATIONS"**
- **AP-S INTERNATIONAL SYMPOSIUM 1976, 11 - 15 Octobre 1976, PISCATAWAY,US, pages 121-126, XP002018895 BRICKER,JR.: "A SHAPED-BEAM ANTENNA FOR SATELLITE DATA COMMUNICATION"**

Remarques:

Le dossier contient des informations techniques présentées postérieurement au dépôt de la demande et ne figurant pas dans le présent fascicule.

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 0 888 647 B1

Description

[0001] Le domaine de l'invention est celui des antennes à large bande passante et à diagramme de rayonnement hémisphérique ou quasi-hémisphérique. Plus précisément, l'invention concerne les antennes hélicoïdales résonnantes, et en particulier l'alimentation de telles antennes.

[0002] L'antenne de l'invention trouve notamment des applications dans le cadre des communications mobiles par satellite entre utilisateurs fixes et des mobiles de tout type, par exemple aéronautiques, maritimes ou terrestres. Dans ce domaine, plusieurs systèmes de communication par satellite sont mis en oeuvre, ou sont actuellement en cours de développement (par exemple les systèmes INMARSAT, INMARSAT-M, GLOBALSTAR,...). Ces antennes présentent également un intérêt dans le déploiement des systèmes de communications personnelles (PCS) par satellites géostationnaires.

[0003] Pour tous ces systèmes, qui prévoient des liaisons avec des satellites géostationnaires, les incidences très différentes des signaux reçus ou émis imposent aux antennes de posséder un diagramme de rayonnement à couverture hémisphérique. De plus la polarisation doit être circulaire avec un rapport d'ellipticité meilleur que 5 dB dans la bande utile.

[0004] Plus généralement, l'invention peut trouver des applications dans tous les systèmes nécessitant l'emploi d'une large bande, un diagramme à couverture hémisphérique, une polarisation circulaire et un bon rapport d'ellipticité.

[0005] Dans les domaines d'application cités plus haut, les antennes doivent en effet présenter les caractéristiques précédentes soit dans une bande passante très large, de l'ordre de 10 %, soit dans deux sous-bandes voisines correspondant respectivement à la réception et à l'émission.

[0006] On connaît déjà, par le brevet FR-89 14952 au nom du même déposant, un type d'antenne particulièrement adapté à de telles applications.

[0007] Cette antenne, appelée antenne hélice quadrifilaire résonnante (HQR), possède des caractéristiques très proches des critères énoncés dans une bande de fréquence limitée en général à 5 % par des problèmes d'adaptation d'impédance. Un fonctionnement plus large bande est possible en utilisant des antennes HQR bicouche. Ces antennes sont formées par l'"emboîtement" concentriques de deux hélices quadrifilaires résonnantes coaxiales, couplées électromagnétiquement.

[0008] Une antenne quadrifilaire est formée de quatre brins rayonnants. Un exemple de réalisation est décrit en détail dans le document "Analysis of quadrifilar resonant helical antenna for mobile communications" (analyse de l'antenne hélice quadrifilaire résonnante pour les communications avec les mobiles), par A. Sharaiha et C. Terret (IEEE-Proceedings H, vol. 140, n° 4, août 1993).

[0009] Selon ce mode de réalisation, les brins rayonnants sont imprimés sur un substrat diélectrique de faible épaisseur, puis enroulé sur un support cylindrique transparent du point de vue radioélectrique. Les quatre brins de l'hélice sont ouverts ou court-circuités à une extrémité et connectés électriquement à l'autre extrémité avec des segments conducteurs disposés sur la base de la partie inférieure du cylindre support. Les quatre brins de l'hélice sont donc excités à travers ces segments conducteurs.

[0010] Cette antenne nécessite, classiquement, un circuit d'alimentation, qui assure l'excitation des différents brins d'antenne par des signaux de même amplitude en quadrature de phase. Plusieurs techniques sont connues pour réaliser de tels circuits d'alimentation.

[0011] Dans le document "Analysis of quadrifilar resonant helical antenna for mobile communications" cité ci-dessus, cette fonction est réalisée à partir de structure de coupleurs (3 dB, -90 °) et d'un anneau hybride. Cet ensemble est implanté sur un circuit imprimé qui est placé à la base de l'antenne.

[0012] Cette technique présente l'avantage d'être relativement simple à réaliser et à mettre en oeuvre. En revanche, elle conduit à un encombrement non négligeable, par rapport à la taille de l'antenne (qui peut par exemple présenter une taille de l'ordre d'une dizaine de centimètres). Cet inconvénient rend cette solution incompatible avec de nombreuses applications, notamment lorsqu'une miniaturisation maximum est requise.

[0013] Selon une deuxième technique, décrite dans le document "UHF satellite array nulls adjacent signals" par J. L. Wong et H. E. King (Microwaves & RF, mars 1984), chaque hélice bifilaire peut être alimentée par un symétriseur coaxial du type dit "balun replié". Les deux bifilaires sont ensuite excitées en quadrature de phase à l'aide d'un coupleur hybride.

[0014] L'avantage de cette méthode est qu'elle ne nécessite l'utilisation que d'un seul élément hybride externe. En revanche, le montage symétriseur/adaptateur utilisé pour ce type d'antennes (réalisé par exemple à partir d'un tronçon de coaxial, dont l'âme et la gaine forment dipôle) est complexe et encombrant.

[0015] Par ailleurs, ce type de montage présente l'inconvénient de former une sorte de filtre passe-bande à bande encore trop étroite.

[0016] Une troisième technique, plus complexe, est décrite dans le document "resonant quadrifilar helix" (hélice résonnante quadrifilaire) par C.C. Kilgus (Microwave Journal, décembre 1970) La ligne coaxiale d'alimentation est fendue à son extrémité pour constituer un symétriseur. La quadrature de phase est assurée en ajustant la longueur

des brins.

[0017] Cette technique permet de supprimer les coupleurs hybrides. Elle présente en revanche l'inconvénient de nécessiter un réglage délicat de la longueur des brins. De plus, l'antenne n'est plus symétrique, et la réalisation sera plus complexe. Par ailleurs, cette méthode reste spécifiquement réservée aux systèmes utilisant une bande de fonctionnement étroite.

[0018] L'invention a notamment pour objectif de pallier ces divers inconvénients de l'état de la technique.

[0019] Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir une antenne et son système d'alimentation (par la suite, le terme "antenne" englobe l'antenne proprement dite et son système d'alimentation) qui présente une très large bande de fréquence de fonctionnement, par exemple supérieur à 10%.

[0020] Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle antenne, qui soit d'un coût de revient peu important, et aisément réalisable industriellement. En particulier, l'invention a pour objectif de fournir une telle antenne, qui puisse être fabriquée en un nombre très réduit d'opérations successives.

[0021] Un autre objectif de l'invention est également de fournir une telle antenne, qui ne nécessite pas de réglages spécifiques et complexes.

[0022] Encore un autre objectif de l'invention est de fournir une telle antenne (et notamment son système d'alimentation), qui soit d'un encombrement réduit, par rapport aux dispositifs connus.

[0023] L'invention a également pour objectif de fournir une telle antenne, qui assure une excitation équiamplitude des quatre brins et une loi en exacte quadrature de phase, et donc une bonne qualité de polarisation circulaire.

[0024] Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints, selon l'invention, à l'aide d'une antenne hélicoïdale résonnante, comprenant au moins une hélice formée d'au moins deux brins rayonnants imprimés sur un substrat, comprenant une structure d'alimentation miniaturisée large bande desdits brins rayonnants imprimée sur ledit substrat et comprenant au moins un coupleur hybride réalisé à partir d'éléments semi-localisés, de façon à en réduire les dimensions.

[0025] La réalisation des brins d'antenne et de l'alimentation en éléments imprimés permet de produire l'antenne et son alimentation en une seule opération, sans moyens de connexion spécifiques, et sous un format particulièrement réduit.

[0026] L'utilisation de coupleurs hybrides réalisés à partir d'éléments semi-localisés permet d'obtenir la très large bande et l'ensemble des qualités désirées, et notamment un faible encombrement, par rapport aux systèmes basés sur l'utilisation de lignes classiques.

[0027] L'invention peut s'appliquer à tous les types d'antenne en hélice. Selon un mode de réalisation préférentiel, ladite hélice est une hélice quadrifilaire, formée de quatre brins rayonnants alimentés par une structure d'alimentation comprenant trois coupleurs hybrides.

[0028] De façon avantageuse, dans ce dernier cas, ladite structure d'alimentation comprend un premier coupleur hybride à 180° associant une entrée et/ou sortie d'alimentation de ladite antenne à deux sorties et/ou entrées intermédiaires déphasées de 180°, et deux coupleurs hybrides à 90° associant chacun l'une desdites sorties et/ou entrées intermédiaires dudit premier coupleur hybride à une des extrémités de deux desdits brins rayonnants.

[0029] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, ladite antenne est montée sur un support présentant une première et une seconde parties distinctes ayant des permittivités différentes, ladite première partie portant lesdits brins rayonnants et ladite seconde partie portant ladite structure d'alimentation.

[0030] Préférentiellement, ladite première partie portant les brins d'antenne présente une permittivité supérieure à 1.

[0031] Ainsi, il est possible de réduire encore l'encombrement de la structure d'alimentation.

[0032] Une antenne telle que décrite ci-dessus peu être utilisée seule, ou en réseau d'antennes.

[0033] L'invention concerne également la fabrication de telles antennes, qui s'avère particulièrement simplifiée, par rapport aux techniques connues.

[0034] Selon un premier procédé de fabrication d'une antenne hélicoïdale résonnante, on prévoit les étapes suivantes :

- impression sur un substrat plan d'au moins deux brins rayonnants, destinés à former une hélice, et d'une structure indépendante d'alimentation miniaturisée large bande desdits brins rayonnants comprenant au moins un coupleur hybride réalisé à partir d'éléments semi-localisés, de façon à en réduire les dimensions ;
- enroulement dudit substrat autour d'un support cylindrique.

[0035] Selon un second procédé de fabrication d'une antenne hélicoïdale résonnante, encore plus simple à mettre en oeuvre, on réalise les étapes suivantes :

- obtention d'un support cylindrique portant un substrat ;
- impression sur ledit substrat d'au moins deux brins rayonnants, destinés à former une hélice, et d'une structure indépendante d'alimentation miniaturisée large bande desdits brins rayonnants comprenant au moins un coupleur

hybride réalisé à partir d'éléments semi-localisés, de façon à en réduire les dimensions.

[0036] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 illustre un exemple d'antenne hélice quadrifilaire à alimentation intégrée selon l'invention, développée à plat ;
- la figure 2 présente l'antenne de la figure 1, enroulée cylindriquement, de façon à former une hélice opérationnelle ;
- la figure 3 présente de façon plus détaillée la structure d'alimentation de l'antenne des figures 1 et 2 ;
- la figure 4 illustre le rapport d'onde stationnaire (ROS) d'un mode de réalisation particulier de l'antenne des figures 1 et 2 ;
- les figures 5 et 6 présentent des diagrammes de rayonnement mesurés en polarisation circulaire droite et gauche du même mode de réalisation, respectivement aux fréquences 1,98 GHz et 2,2 GHz ;
- la figure 7 montre le gain mesuré dans la direction du maximum de rayonnement de cette même antenne, en fonction de la fréquence ;
- les figures 8A à 8C illustrent la conception d'un coupleur -3 dB 90° selon l'invention :
 - figure 8A : coupleur classique en éléments distribués ;
 - figure 8B : représentation correspondante à l'aide de cellules en π ;
 - figure 8C : coupleur en lignes microrubans correspondant ;
- les figures 9A et 9B illustrent la conception d'un coupleur -3 dB 180° :
 - figure 9A : représentation d'un anneau hybride 180° ;
 - figure 9B : coupleur en lignes microrubans correspondant.

[0037] L'invention concerne donc une antenne à système d'alimentation à large bande intégrée, réalisée selon une technique de fabrication simple et présentant un faible coût de revient.

[0038] Comme indiqué précédemment, l'invention peut s'appliquer à tout type d'antenne en hélice. Le mode de réalisation préférentiel décrit ci-dessus concerne une antenne quadrifilaire.

[0039] Selon l'invention, on imprime sur un même substrat les quatre brins de l'antenne et une structure d'alimentation. La figure 1 illustre les éléments imprimés, lorsque l'antenne est développée à plat.

[0040] Elle comprend tout d'abord quatre brins d'antenne rayonnants 11₁ à 11₄.

[0041] Un mode de détermination des caractéristiques de ces brins est par exemple donné dans le brevet FR-89 14952 déjà cité.

[0042] Les dimensions de l'antenne varient en fonction de la bande de fréquence et des couvertures exigées. A titre d'exemple, les dimensions de ces brins peuvent être les suivantes :

- longueur : 90 mm ;
- largeur : 2 mm ;
- épaisseur : 35 μ m ;
- angle d'inclinaison : 54,5°.

[0043] Ils sont par exemple réalisés en cuivre, sur un substrat diélectrique de faible épaisseur, tel que du kapton ($\epsilon_r \approx 3,8$).

[0044] Les quatre brins 11₁ à 11₄ sont préférentiellement ouverts à leur extrémité supérieure 15₁ à 15₄. Ils peuvent également être court-circuités. Toutefois, le système de l'invention convient particulièrement à l'excitation d'antennes à brins plus ouverts qui, à performances égales, possèdent des dimensions plus réduites que les antennes à brins court-circuités.

[0045] L'autre extrémité 16₁ à 16₄ des brins est connectée aux lignes d'attaque du circuit d'alimentation.

[0046] Le système d'alimentation est réalisé sur le même substrat, dans le prolongement de l'antenne. Il est formé de trois coupleurs hybrides 12, 13 et 14 conçus en éléments semi-localisés.

[0047] Le premier coupleur hybride 12 est relié d'une part à l'entrée (respectivement sortie selon l'utilisation) 17 de signal de l'antenne, et d'autre aux deux entrées (respectivement sorties) 18 et 19 des deux autres coupleurs 13 et 14. Il s'agit d'un coupleur hybride 180°.

[0048] Les coupleurs hybrides 13 et 14 sont deux coupleurs identiques 90°. Ils sont reliés d'une part à l'entrée 18 (respectivement 19) et d'autre part à l'extrémité des brins 16₁ et 16₂ (respectivement 16₃ et 16₄).

[0049] Ainsi, les quatre brins sont alimentés en parfaite quadrature de phase, sur une très large bande.

[0050] L'ensemble ainsi obtenu est ensuite enroulé sur un support cylindrique, pour obtenir l'antenne opérationnelle, représentée en vue de face en figure 2.

[0051] Le support cylindrique est un support transparent du point de vue radioélectrique, c'est-à-dire présentant une permittivité voisine de 1.

[0052] Il est à noter qu'il est aisé de réduire encore la hauteur de l'ensemble, en utilisant un support de permittivité supérieure à 1, pour la partie correspondant aux brins d'antenne.

[0053] La figure 3 illustre de façon plus précise la structure d'alimentation en éléments semi-localisés selon l'invention, grossie sensiblement d'un facteur 3 par rapport à la réalité. Elle comprend deux types de lignes imprimées :

- des lignes de faible largeur, présentant une caractéristique inductive ;
- des lignes plus larges, présentant une caractéristique capacitive.

[0054] Ainsi, les coupleurs 90° 13 et 14 sont constitués chacun de 4 éléments larges 31_1 et 31_4 , reliés 2 à 2 par 4 lignes de faible largeur 32_1 à 32_4 . Le coupleur 190° comprend 6 éléments larges 33_1 à 33_6 reliés par 6 lignes de faible largeur 34_1 à 34_6 .

[0055] Les figures 8A et 8C illustrent la conception d'un coupleur -3 dB 90° .

[0056] De plus amples informations pourront être trouvées, si nécessaire, dans la thèse de M. Coupez, Université de Bretagne Occidentale, "Etude de structures de déphaseurs potentiellement intégrables à 900 MHz", mai 1988.

[0057] La figure 8A présente un schéma classique d'un coupleur -3 dB 90° en éléments distribués. Il comprend deux tronçons de ligne 81, 82 de longueur $\lambda g/4$ et d'impédance caractéristique Z_c , et deux tronçons de ligne 83, 84 de longueur $\lambda g/4$, et d'impédance $Z_c/\sqrt{2}$.

[0058] On peut remplacer chacun de ces tronçons de ligne par des cellules en π d'éléments localisés, formées de capacités C et d'inductances L et L', tel que cela est illustré en figure 8B.

[0059] En utilisant les propriétés inductive (lignes de faible largeur 85) et capacitive (lignes plus large 86) des lignes microrubans, on peut alors transformer à nouveau le coupleur en éléments distribués, ainsi qu'illustré en figure 8C.

[0060] On procède de même pour transformer la structure classique d'un anneau hybride -3 dB, 180 illustrée en figure 9A, en un coupleur en éléments semi-localisés, illustré en figure 9B.

[0061] Une telle antenne présente notamment les avantages suivants :

- l'antenne est à brins ouverts, donc l'impédance de chaque brin est aisément adaptable à 50Ω pour une antenne ayant les propriétés souhaitées (couverture hémisphérique et polarisation inverse faible) ;
- la structure d'alimentation utilisant des hybrides est large bande, et parfaitement équilibrée :
 - en amplitude (identique pour chaque brin) ; et
 - en phase (0° ; $\pm 90^\circ$; $\pm 180^\circ$; $\pm 270^\circ$) ;
- les dimensions du dispositif d'alimentation sont plus faibles que celles des systèmes connus (un gain de l'ordre de 50 % peut être obtenu). En effet, on constate aisément que chaque élément semi-localisé est de taille très inférieure à la ligne qu'il remplace (qui est généralement d'une taille multiple de $\lambda/4$) ;
- l'antenne présente une forte isolation brin à brin.

[0062] A titre indicatif, on présente maintenant les résultats de mesure obtenus à partir d'un mode de réalisation particulier, destiné aux communications avec les matériels et aux communications de proximité.

[0063] Les dimensions de l'ensemble formé par l'antenne et l'alimentation intégrée sont les suivantes :

- diamètre : 24 mm ;
- hauteur : 110 mm ;
- poids total : 70 g.

[0064] Les caractéristiques radio-électriques relevées sont :

- émission : 2.17 - 2.2 GHz
- réception : 1.98 - 2.01 GHz
- polarisation : circulaire droite
- ellipticité : < 5 dB pour $\theta < 90^\circ$

$< 2 \text{ dB pour } \theta < 75^\circ$

- défaut d'omnidirectionnalité : $\pm 0,6 \text{ dB}$ à l'horizon.

[0065] Sur la figure 4 on présente le rapport d'onde stationnaire (ROS) à l'entrée de l'antenne, en fonction de la fréquence. On constate que l'on obtient un ROS inférieur à 1,5 dans une bande de 400 MHz.

[0066] Les figures 5 et 6 sont relatives aux diagrammes de rayonnement mesurés en polarisation circulaire droite (a) et en polarisation circulaire gauche (b), respectivement aux fréquences 1,98 GHz (figure 5) et 2,2 GHz (figure 6).

[0067] On peut observer que l'on obtient :

- une ouverture moyenne à -3 dB quasi-hémisphérique supérieure à 180° ;
- une réjection de la polarisation inverse supérieure à -15 dB dans toute la couverture.

[0068] La figure 7 montre le gain mesuré dans la direction du maximum de rayonnement en fonction de la fréquence. On peut constater que l'antenne peut être utilisée dans une très large bande (supérieure à 12 %) avec de bonnes performances (gain, réjection de la polarisation inverse, omnidirectionnalité,...).

[0069] Ce type d'alimentation permet toutefois, grâce à l'isolation liée aux coupleurs hybrides, de faire fonctionner les antennes dans une large bande.

[0070] Une antenne selon l'invention peut être réalisée de plusieurs façons.

[0071] Ainsi, selon un premier mode de réalisation, elle peut être imprimée à plat, tel qu'illustré en figure 1. Elle est ensuite enroulée sur un support pour former l'antenne (figure 2).

[0072] Selon un autre mode de réalisation, encore plus rapide, le substrat destiné à recevoir les éléments imprimés peut être réalisé directement dans sa forme cylindrique définitive. Dans ce cas, l'impression des brins et de la structure d'alimentation est effectué directement sur le cylindre.

[0073] Par ailleurs, il est à noter que, bien qu'elle soit utilisable à l'unité, l'antenne de l'invention se prête avantageusement à la réalisation de réseaux d'antennes.

[0074] Il est également possible de monter coaxialement et concentriquement deux antennes de ce type, selon la technique décrite en détail dans la demande de brevet déposée le même jour au nom du même déposant, et ayant pour titre "antenne duplexeur à alimentation large bande intégrée, réseau d'antennes et procédés de fabrication correspondants", publiée sous le numéro EP 0 888 648.

Revendications

1. Antenne hélicoïdale résonante, comprenant au moins une hélice formée d'au moins deux brins (11_1 à 11_4) rayonnants imprimés sur un substrat, **caractérisée en ce qu'elle** comprend une structure d'alimentation miniaturisée desdits brins rayonnants imprimés sur ledit substrat, et comprenant au moins un coupleur hybride (12, 13, 14) réalisé à partir d'éléments semi-localisés (31_1 à 31_4 , 33_1 à 33_6), obtenus de la façon suivante :

- conception d'un coupleur en éléments distribués, chaque tronçon ayant une longueur au moins égale à $\lambda_g/4$, λ_g étant la longueur d'onde maximale de fonctionnement de ladite antenne ;
- détermination d'une structure correspondante en éléments localisés, chacun desdits tronçons étant remplacés par une cellule en π formée d'une capacité C et de deux inductances L et L' ;
- détermination d'une structure en éléments semi-localisés, dans laquelle chacune desdites capacités C est remplacée par une ligne large (86) et chacune desdites inductances L et L' par une ligne de plus faible largeur (85),

de façon que ladite structure d'alimentation soit large bande et présente un encombrement inférieur à $\lambda_g/4$, λ_g étant la longueur d'onde maximale de fonctionnement de ladite antenne.

2. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** ladite hélice est une hélice quadrifilaire, formée de quatre brins rayonnants (11_1 à 11_4) alimentés par une structure d'alimentation comprenant trois coupleurs hybrides (12, 13, 14).

3. Antenne selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** ladite structure d'alimentation comprend un premier coupleur hybride à 180° (12) associant une entrée et/ou sortie d'alimentation de ladite antenne à deux sorties et/

ou entrées intermédiaires déphasées de 180° , et deux coupleurs hybrides à 90° (13,14) associant chacun l'une desdites sorties et/ou entrées intermédiaires dudit premier coupleur hybride à une des extrémités de deux desdits brins rayonnants.

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'elle** est montée sur un support présentant une première et une seconde parties distinctes ayant des permittivités différentes, ladite première partie portant lesdits brins rayonnants (11_1 à 11_4) et ladite seconde partie portant ladite structure d'alimentation.

5. Antenne selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** ladite première partie portant lesdits brins rayonnants (11_1 à 11_4) présente une permittivité supérieure à la permittivité de ladite seconde partie.

6. Procédé de fabrication d'une antenne hélicoïdale résonnante à alimentation miniaturisée, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

- impression sur un substrat plan d'au moins deux brins rayonnants (11_1 à 11_4), destinés à former une hélice, et d'une structure indépendante d'alimentation miniaturisée large bande desdits brins rayonnants comprenant au moins un coupleur hybride (12, 13, 14) réalisé à partir d'éléments semi-localisés, obtenus de la façon suivante :

- conception d'un coupleur en éléments distribués, chaque tronçon ayant une longueur au moins égale à $\lambda_g/4$, λ_g étant la longueur d'onde maximale de fonctionnement de ladite antenne ;
- détermination d'une structure correspondante en éléments localisés, chacun desdits tronçons étant remplacés par une cellule en π formée d'une capacité C et de deux inductances L et L' ;
- détermination d'une structure en éléments semi-localisés, dans laquelle chacune desdites capacités C est remplacée par une ligne large (86) et chacune desdites inductances L et L' par une ligne de plus faible largeur (85),
de façon que ladite structure d'alimentation soit large bande et présente un encombrement inférieur à $\lambda_g/4$, λ_g étant la longueur d'onde maximale de fonctionnement de ladite antenne;
- enroulement dudit substrat autour d'un support cylindrique.

7. Procédé de fabrication d'une antenne hélicoïdale résonnante à alimentation miniaturisée, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

- obtention d'un support cylindrique portant un substrat ;
- impression sur ledit substrat d'au moins deux brins rayonnants (11_1 à 11_4), destinés à former une hélice, et d'une structure indépendante d'alimentation miniaturisée large bande desdits brins rayonnants comprenant au moins un coupleur hybride (12, 13, 14) réalisé à partir d'éléments semi-localisés, obtenus de la façon suivante :
- conception d'un coupleur en éléments distribués, chaque tronçon ayant une longueur au moins égale à $\lambda_g/4$, λ_g étant la longueur d'onde maximale de fonctionnement de ladite antenne ;
- détermination d'une structure correspondante en éléments localisés, chacun desdits tronçons étant remplacés par une cellule en π formée d'une capacité C et de deux inductances L et L' ;
- détermination d'une structure en éléments semi-localisés, dans laquelle chacune desdites capacités C est remplacée par une ligne large (86) et chacune desdites inductances L et L' par une ligne de plus faible largeur (85),

de façon que ladite structure d'alimentation soit large bande et présente un encombrement inférieur à $\lambda_g/4$, λ_g étant la longueur d'onde maximale de fonctionnement de ladite antenne.

Patentansprüche

1. Resonante Wendelantenne, mit mindestens einer Wendel, die aus mindestens zwei auf einem Substrat aufgedruckten Strahlungselementen (11_1 bis 11_4) gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie über eine miniaturisierte Einspeisestruktur für die aufgedruckten Strahlungselemente sowie über mindestens einen Richtkoppler (12, 13, 14) verfügt, der aus örtlich halb begrenzten Elementen (31_1 bis 31_4 , 33_1 bis 33_6) gebildet wird, welche folgendermaßen verwirklicht werden:

- Konzipieren eines aus verteilten Elementen bestehenden Kopplers, wobei jedes Teilstück mindestens die Länge $\lambda_g/4$ aufweist, wobei λ_g die größte Wellenlänge ist, welche das Funktionieren der Antenne zuläßt;
- Festlegung einer entsprechenden Struktur aus örtlich begrenzten Elementen, wobei jedes Teilstück durch eine π -Zelle ersetzt wird, die aus einer Kapazität C und zwei Induktivitäten L und L' gebildet wird;
- Festlegung einer Struktur aus örtlich halb begrenzten Elementen, wobei jedes dieser Kapazitäten C durch eine breite Leitung (86) und jeder der Induktivitäten L und L' durch eine schmalere Leitung (85) ersetzt wird,

so daß es sich bei der Einspeisestruktur um eine Breitbandstruktur handelt, deren Platzbedarf geringer als $\lambda_g/4$ ist, wobei λ_g die größte Wellenlänge ist, welche das Funktionieren der Antenne zuläßt.

2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wendel eine aus vier Strahlungselementen (11₁ bis 11₄) gebildete, vieradrige Wendel ist, welche durch eine Einspeisestruktur gespeist wird, die drei Richtkoppler (12, 13, 14) umfaßt.

3. Antenne nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Einspeisestruktur einen ersten 180° Richtkoppler (12) umfaßt, der einem Ein- und/oder einem Ausgang der Antenne zwei um 180° phasenverschobene Zwischen- aus- und/oder -eingänge zuordnet, sowie zwei 90° Richtkoppler (13, 14), die jeweils einem der erwähnten Zwischen- aus- und/oder -eingänge des ersten Richtkopplers eines der Enden der Strahlungselemente zuordnet.

4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie auf einer Unterlage montiert ist, die einen ersten und einen zweiten voneinander verschiedene Teile aufweist, mit jeweils verschiedenen Dielektrizitätskonstanten, wobei der erste Teil die Strahlungselemente (11₁ bis 11₄) und der zweite Teil die Einspeisestruktur trägt.

5. Antenne nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der erste, die Strahlungselemente (11₁ bis 11₄) tragende Teil, eine höhere Dielektrizitätskonstante als die des zweiten Teils aufweist.

6. Herstellungsverfahren für eine resonante Wendelantenne mit miniaturisierter Einspeisung, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- Aufdrucken von mindestens zwei Strahlungselementen (11₁ bis 11₄) auf ein ebenes Substrat, die eine Wendel bilden, sowie einer unabhängigen miniaturisierten Breitband-Einspeisestruktur für die Strahlungselemente, bestehend aus mindestens einem Richtkoppler (12, 13, 14), der von örtlich halb-begrenzten Elementen gebildet wird, welche folgendermaßen verwirklicht werden:

- Konzipieren eines aus verteilten Elementen bestehenden Kopplers, wobei jedes Teilstück mindestens die Länge $\lambda_g/4$ aufweist, wobei λ_g die größte Wellenlänge ist, welche das Funktionieren der Antenne zuläßt;
- Festlegung einer entsprechenden Struktur aus örtlich begrenzten Elementen, wobei jedes Teilstück **durch** eine π -Zelle ersetzt wird, die aus einer Kapazität C und zwei Induktivitäten L und L' gebildet wird;
- Festlegung einer Struktur aus örtlich begrenzten Elementen, wobei jede Kapazität C **durch** eine breite Leitung (86) und jede der Induktivitäten L und L' **durch** eine schmalere Leitung (85) ersetzt wird,

so daß es sich bei der Einspeisestruktur um eine Breitbandstruktur handelt, deren Platzbedarf geringer als $\lambda_g/4$ ist, wobei λ_g die größte Wellenlänge ist, welche das Funktionieren der Antenne zuläßt;

- Aufrollen des Substrats auf eine zylindrische Unterlage.

7. Herstellungsverfahren für eine resonante Wendelantenne mit miniaturisierter Einspeisung, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- Erstellen einer zylindrischen Unterlage, die ein Substrat trägt;
- Aufdrucken auf das Substrat von mindestens zwei Strahlungselementen (11₁ bis 11₄), die eine Wendel bilden, sowie einer unabhängigen miniaturisierten Breitband-Einspeisestruktur für die Strahlungselemente, bestehend aus mindestens einem Richtkoppler (12, 13, 14), der aus örtlich halb-begrenzten Elemente gebildet wird, welche folgendermaßen verwirklicht werden:

- Konzipieren eines aus verteilten Elementen bestehenden Kopplers, wobei jedes Teilstück mindestens die Länge $\lambda_g/4$ aufweist, wobei λ_g die größte Wellenlänge ist, welche das Funktionieren der Antenne zuläßt;
- Festlegung einer entsprechenden Struktur aus örtlich begrenzten Elementen, wobei jedes Teilstück **durch**

eine π -Zelle ersetzt wird, die aus einer Kapazität C und zwei Induktivitäten L und L' gebildet wird;

- Festlegung einer Struktur aus örtlich begrenzten Elementen, wobei jede Kapazität C **durch** eine breite Leitung (86) und jede der Induktivitäten L und L' **durch** eine schmalere Leitung (85) ersetzt wird,

so daß es sich bei der Einspeisestruktur um eine Breitbandstruktur handelt, deren Platzbedarf geringer als $\lambda_g/4$ ist, wobei λ_g die größte Wellenlänge ist, welche das Funktionieren der Antenne zuläßt.

Claims

1. Resonant helical antenna, at least one helix formed of at least two radiating strands (11_1 to 11_4) printed on a substrate,
characterized in that it comprises a miniaturised feed structure for powering the said radiating strands printed on the said substrate, and comprising at least one hybrid coupler (12, 13, 14) made from semi-localized elements (31_1 to 31_4 , 33_1 to 33_6), obtained in the following way:

- design of a coupler as distributed elements, each span having a length at least equal to $\lambda_g/4$, λ_g being the maximum wavelength of operation of the said antenna;
- determination of a corresponding structure as localized elements, each of the said spans being replaced with a n cell formed of a capacitor C and of two inductors L and L';
- determination of a structure as semi-localized elements, in which structure each of the said capacitors C is replaced with a broad line (86) and each of the said inductors L, and L' with a narrower line (85),

in such a way that the said feed structure is broadband and exhibits a footprint of less than $\lambda_g/4$, λ_g being the maximum wavelength of operation of the said antenna.

2. Antenna according to Claim 1, **characterized in that** the said helix is a quadrifilar helix, formed of four radiating strands (11_1 to 11_4) fed from a feed structure comprising three hybrid couplers (12, 13, 14).

3. Antenna according to Claim 2, **characterized in that** the said feed structure comprises a first 180° hybrid coupler (12) associating a feed input and/or output of the said antenna with two intermediate outputs and/or inputs 180° out of phase, and two 90° hybrid couplers (13, 14) each associating one of the said intermediate outputs and/or inputs of the said first hybrid coupler with one of the ends of two of the said radiating strands.

4. Antenna according to any one of Claims 1 to 3,
characterized in that it is mounted on a support exhibiting a first and a second distinct part having different permittivities, the said first part carrying the said radiating strands (11_1 to 11_4) and the said second part carrying the said feed structure.

5. Antenna according to Claim 4, **characterized in that** the said first part carrying the said radiating strands (11_1 to 11_4) exhibits a permittivity greater than the permittivity of the said second part..

6. Method of manufacturing a resonant helical antenna with miniaturized power feed, **characterized in that** it comprises the following steps:

- printing on a plane substrate of at least two radiating strands (11_1 to 11_4), intended to form a helix, and of an independent broadband miniaturized feed structure for powering the said radiating strands comprising at least one hybrid coupler (12, 13, 14) made from semi-localized elements, obtained in the following way:

- design of a coupler as distributed elements, each span having a length at least equal to $\lambda_g/4$, λ_g being the maximum wavelength of operation of the said antenna;
- determination of a corresponding structure as localized elements, each of the said spans being replaced with a (cell formed of a capacitor C and of two inductors L and L';
- determination of a structure as semi-localized elements, in which structure each of the said capacitors C is replaced with a broad line (86) and each of the said inductors L and L' with a narrower line (85), in such a way that the said feed structure is broadband and exhibits a footprint of less than

$\lambda_g/4$, λ_g being the maximum wavelength of operation of the said antenna;

- winding of the said substrate around a cylindrical support,

7. Method of manufacturing a resonant helical antenna with miniaturized power feed, **characterized in that** it comprises the following steps:

- obtaining of a cylindrical support carrying a substrate;
- printing on the said substrata of at least two radiating strands (11_1 to 11_4), intended to form a helix, and of an independent broadband miniaturized feed structure for powering the said radiating strands comprising at least one hybrid coupler (12, 13, 14) made from semi-localized elements, obtained in the following way:
 - design of a coupler as distributed elements, each span having a length at least equal to $\lambda_g/4$, λ_g being the maximum wavelength of operation of the said antenna;
 - determination of a corresponding structure as localized elements, each of the said spans being replaced with a (cell formed of a capacitor C and of two inductors and L' ;
 - determination of a structure as semi-localized elements, in which structure each of the said capacitors C is replaced with a broad line (86) and each of the said inductors L and L' with a narrower line (85),

in such a way that the said feed structure is broadband and exhibits a footprint of less than $\lambda_g/4$, λ_g being the maximum wavelength of operation of the said antenna.

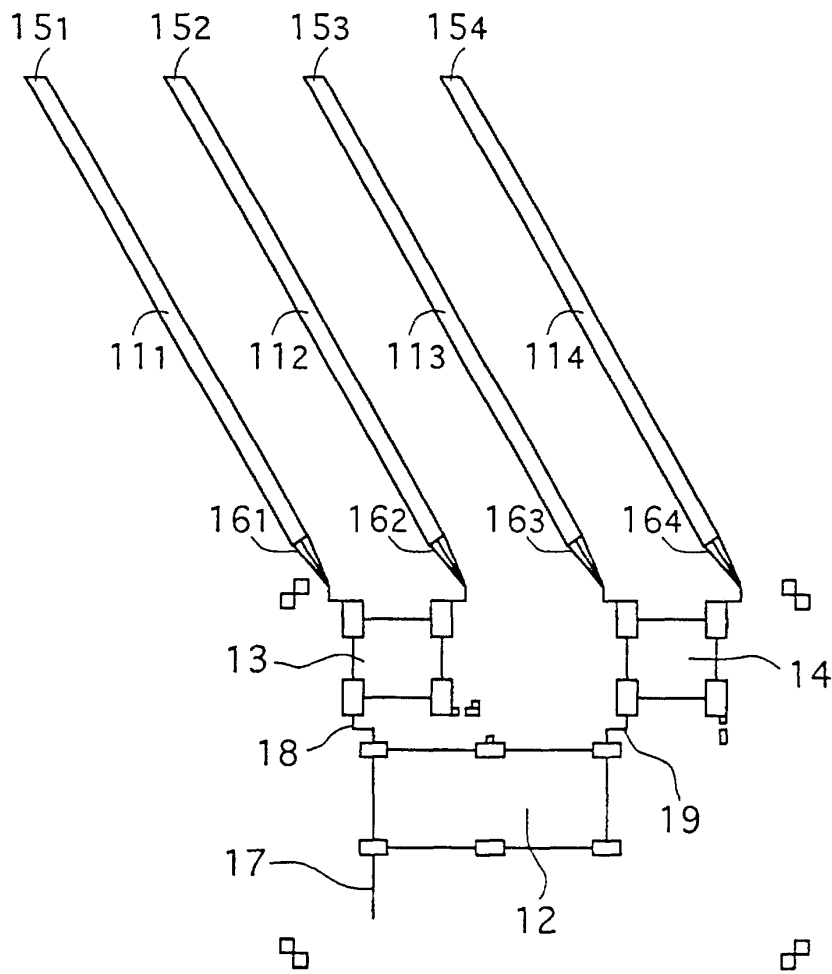


Fig. 1

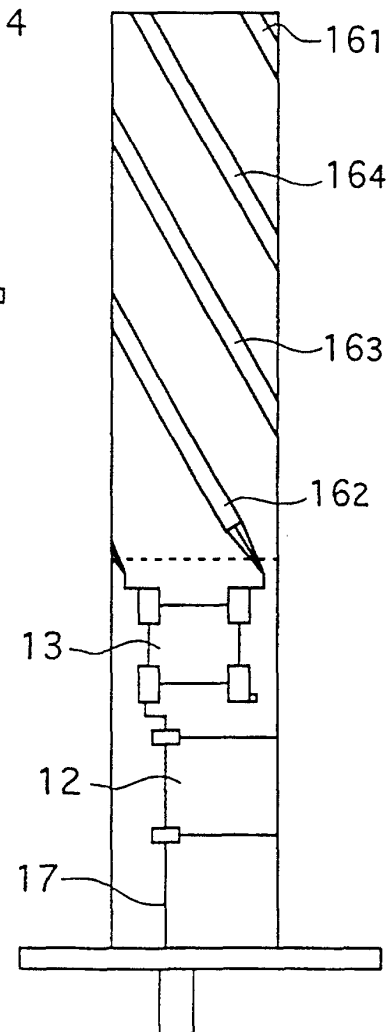


Fig. 2

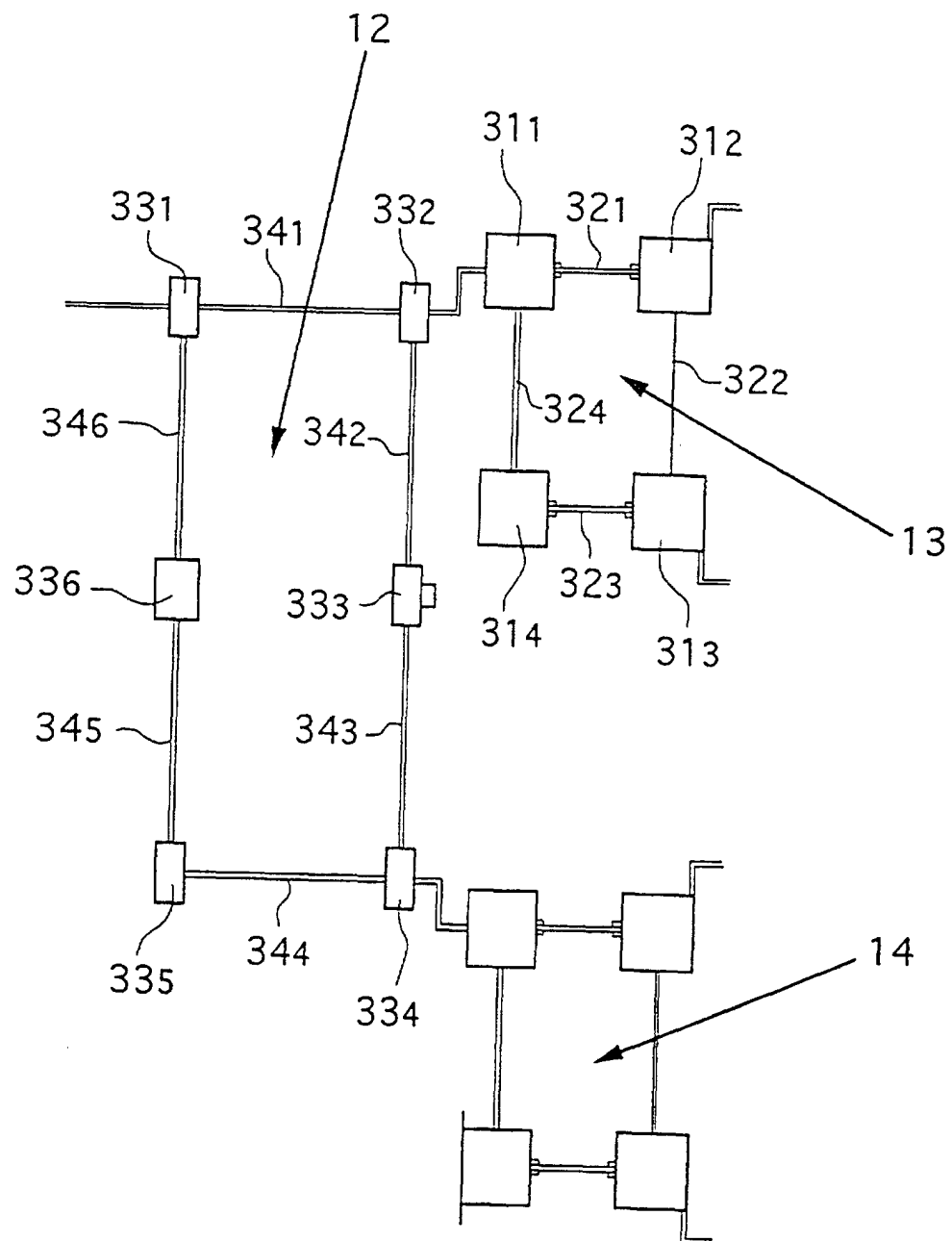
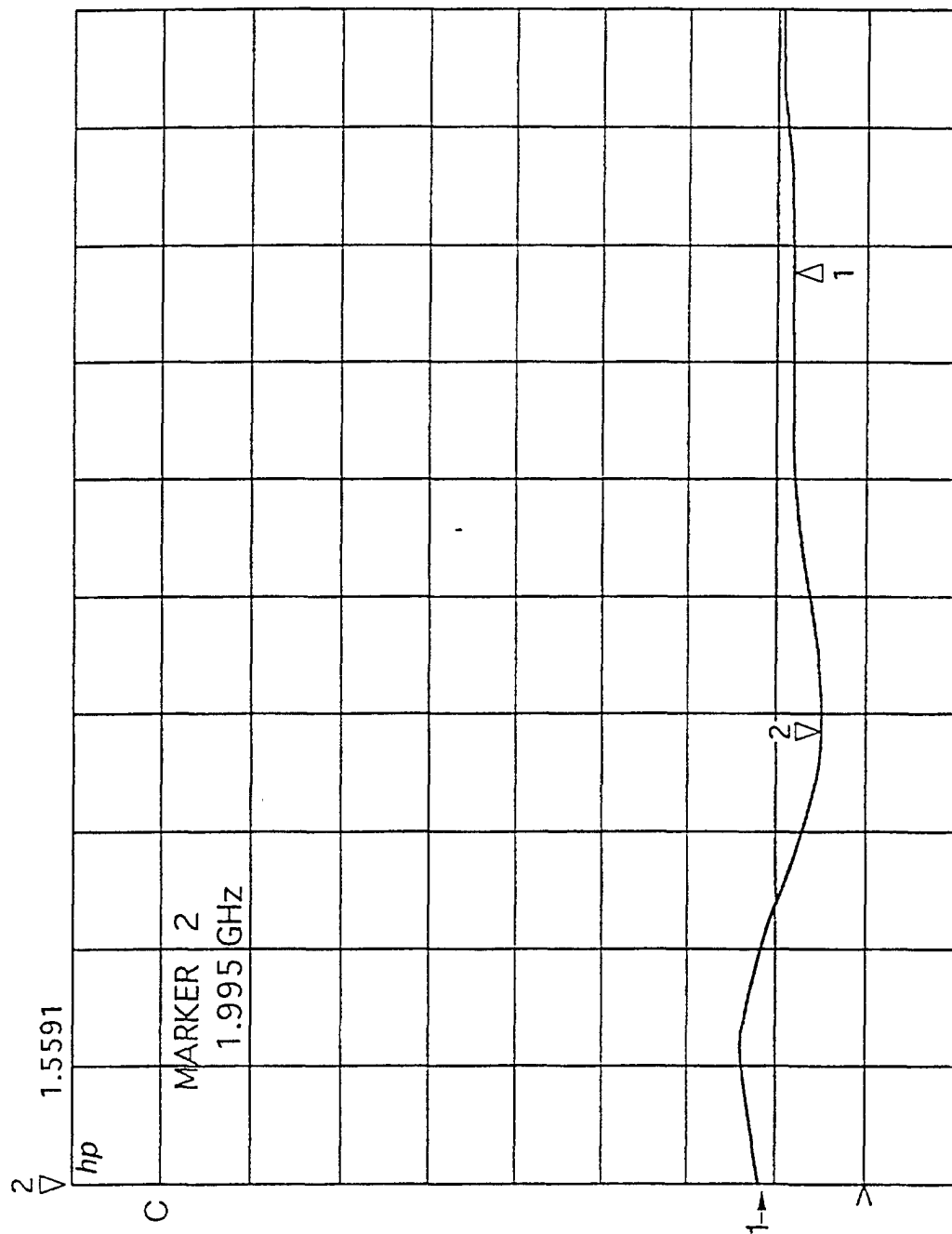


Fig. 3



START 1.800000000 GHz
STOP 2.300000000 GHz

Fig. 4

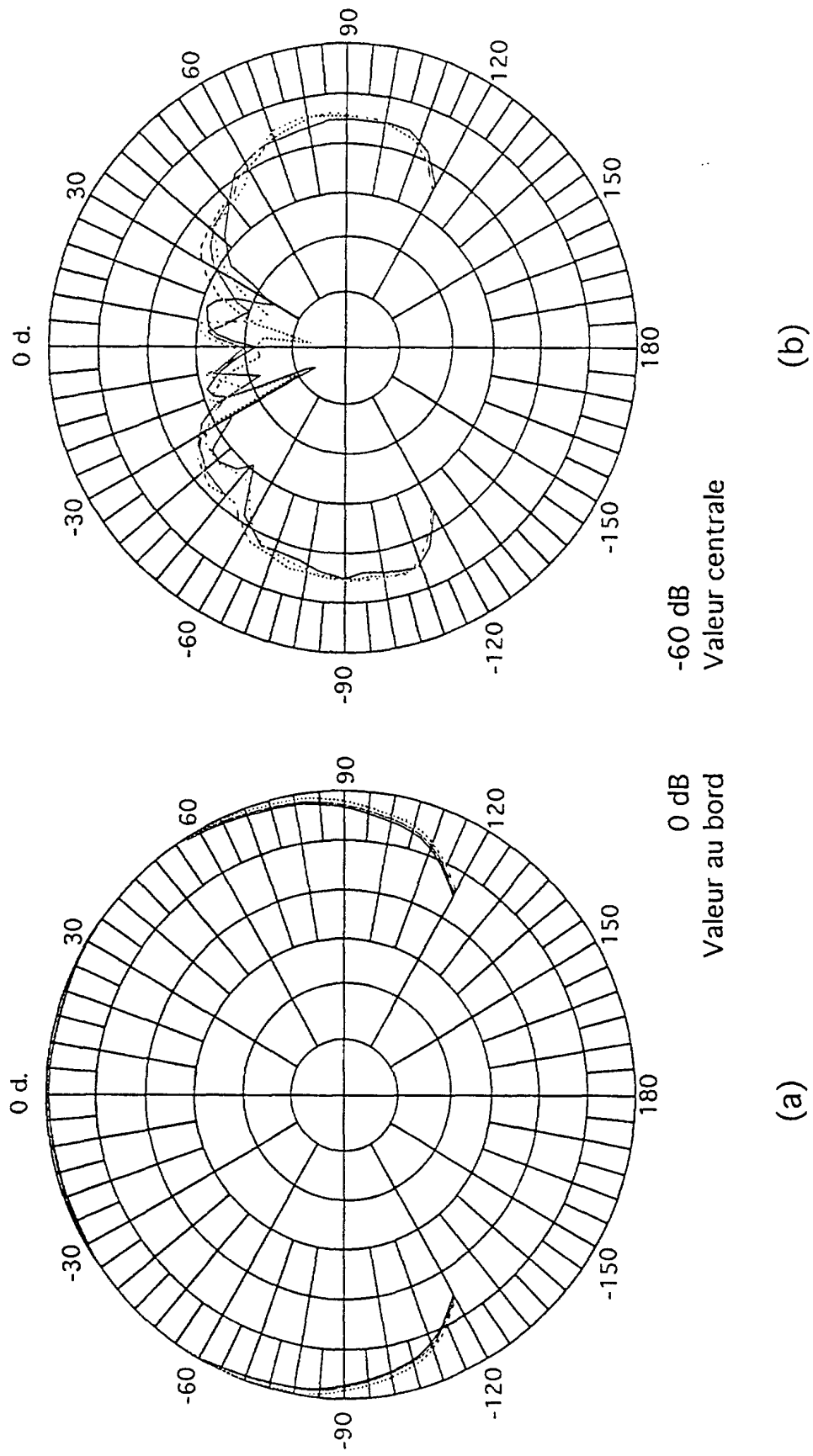


Fig. 5

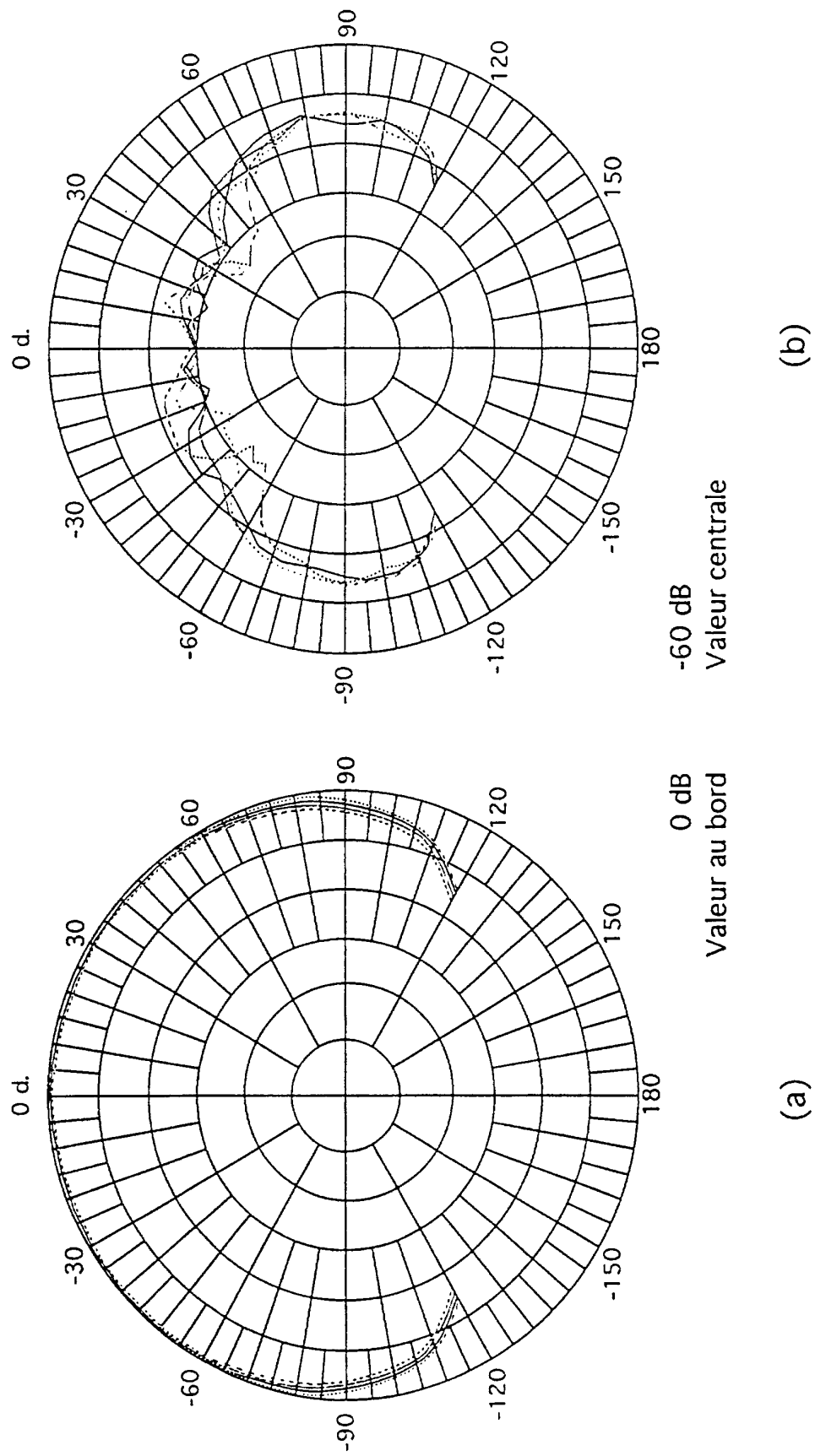


Fig. 6

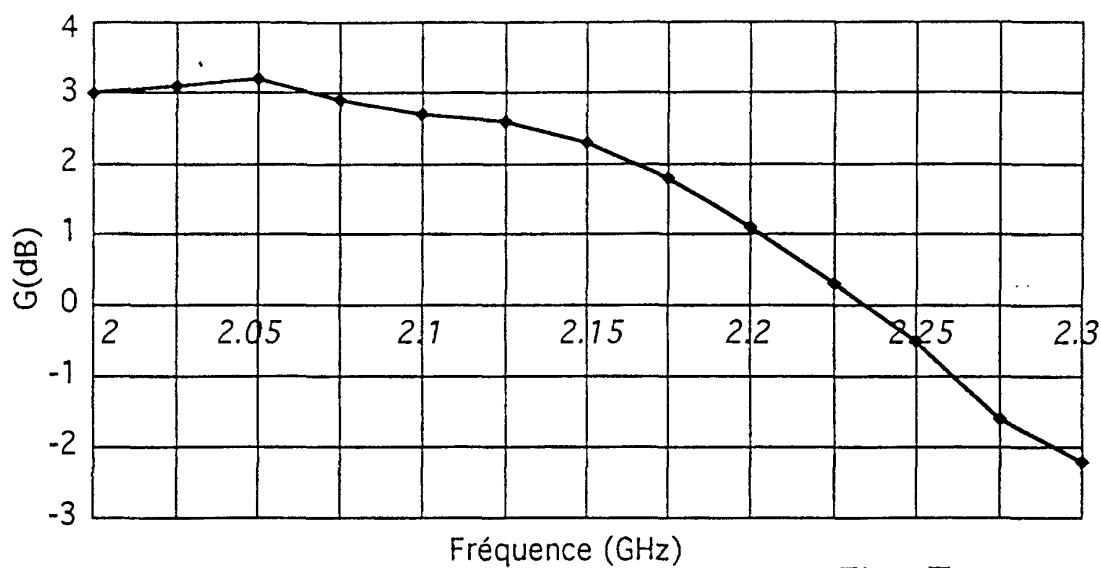


Fig. 7

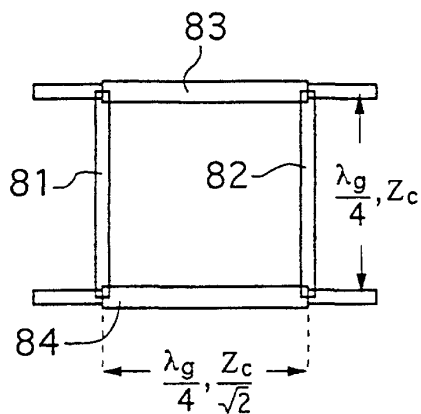


Fig. 8A

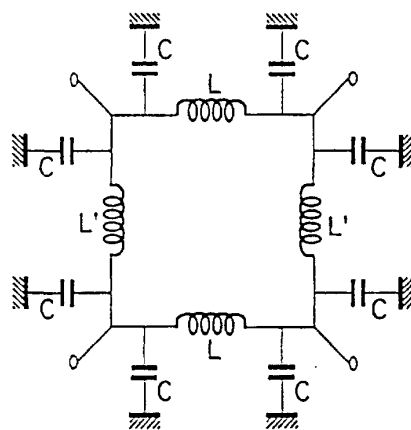


Fig. 8B

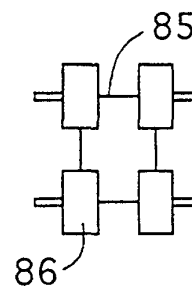


Fig. 8C

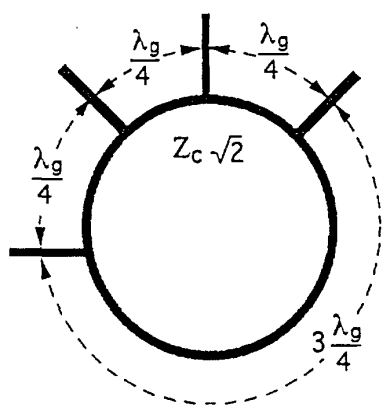


Fig. 9A

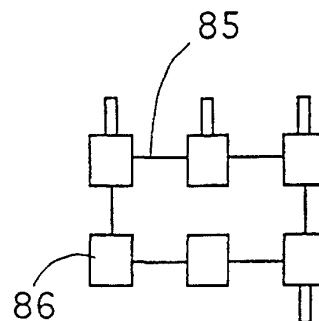


Fig. 9B