(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 047 564 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
06.10.2010 Bulletin 2010/40

(21) Numéro de dépôt: **07788011.0**

(22) Date de dépôt: **27.07.2007**

(51) Int Cl.:
H01Q 13/02 *(2006.01)* ***H01P 1/161*** *(2006.01)*
H01Q 21/06 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2007/057797

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2008/012369 (31.01.2008 Gazette 2008/05)

(54) **DISPOSITIF DE TRANSDUCTION ORTHOMODE À COMPACITÉ OPTIMISÉE DANS LE PLAN DE MAILLE, POUR UNE ANTENNE**

IN DER GITTER-EBENE OPTIMIERTE KOMPAKTE ORTHOMODUS-TRANSDUKTIONSEINRICHTUNG FÜR EINE ANTENNE

COMPACT ORTHOMODE TRANSDUCTION DEVICE OPTIMIZED IN THE MESH PLANE, FOR AN ANTENNA

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **28.07.2006 FR 0653180**

(43) Date de publication de la demande:
15.04.2009 Bulletin 2009/16

(73) Titulaire: **THALES**
92200 Neuilly-sur-Seine (FR)

(72) Inventeurs:
- **CHANE-KEE-SHEUNG, Harry**
  F-31400 Toulouse (FR)
- **BOSSHARD, Pierre**
  F-31170 Tournefeu (FR)
- **GIRARD, Thierry**
  F-31400 Toulouse (FR)
- **LAVAL, Laurence**
  F-31037 Toulouse (FR)

(74) Mandataire: **Esselin, Sophie**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble " Visium "
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(56) Documents cités:
DE-A1- 3 824 150

- **STEFFE W ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "A NOVEL COMPACT OMJ FOR KU BAND INTELSAT APPLICATIONS" IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM DIGEST. NEWPORT BEACH, JUNE 18 - 23, 1995. HELD IN CONJUNCTION WITH THE USNC/URSI NATIONAL RADIO SCIENCE MEETING, IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INSTERNATIONAL SYMPOSIUM DIGEST, NEW, vol. VOL. 1, 18 juin 1995 (1995-06-18), pages 152-155, XP000586859 ISBN: 0-7803-2720-9 cité dans la demande**

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

EP 2 047 564 B1

Description

[0001] L'invention concerne le domaine des antennes d'émission et/ou réception, éventuellement de type réseau, et plus particulièrement les dispositifs de transduction (ou « transducteurs ») orthomode qui équipent de telles antennes.

[0002] On entend ici par « antenne » aussi bien une unique source élémentaire de rayonnement couplée à un dispositif de transduction orthomode qu'une antenne réseau.

[0003] Par ailleurs, on entend ici par « antenne réseau » une antenne pouvant fonctionner en émission et/ou en réception et comprenant un réseau de sources élémentaires de rayonnement et des moyens de contrôle propres à contrôler au moyen de chaîne(s) active(s) l'amplitude et/ou la phase des signaux radiofréquences à transmettre (ou en sens inverse, reçus de l'espace sous forme d'ondes) par les sources élémentaires de rayonnement selon un diagramme choisi. Par conséquent, il s'agira aussi bien des antennes réseau dites à rayonnement direct (souvent désignées par leur acronyme anglais DRA), actives ou plus rarement passives, que des sources de type réseau, actives ou passives, placées devant un système de réflecteur(s).

[0004] Par ailleurs, on entend ici par « transducteur orthomode » ce que l'homme de l'art connaît sous l'acronyme OMT (pour « OrthoMode Transducer »), c'est-à-dire un dispositif destiné à être connecté à une source élémentaire de rayonnement, comme par exemple un cornet, afin de l'alimenter (en transmission) ou d'être alimenté (en réception) sélectivement soit avec un premier mode électromagnétique présentant une première polarisation, soit avec un second mode électromagnétique présentant une seconde polarisation orthogonale à la première. Les première et seconde polarisations sont généralement linéaires (horizontale (H) et verticale (V)). Mais, la polarisation circulaire est également réalisable moyennant l'ajout de composants supplémentaires en vue de créer les états de phases adéquats.

[0005] Un tel transducteur orthomode comprend par exemple :

- un guide (d'onde) principal adapté à la propagation suivant un axe (radioélectrique) principal de premier et second modes électromagnétiques présentant des première et seconde polarisations orthogonales entre elles et muni d'une première extrémité (couplée à un accès circulaire adapté aux premier et second modes et destiné à être raccordé à une source élémentaire de rayonnement) et d'une seconde extrémité,
- un premier guide (d'onde) auxiliaire adapté à la propagation du premier mode électromagnétique suivant un premier axe (radioélectrique) auxiliaire. Le premier axe radioélectrique est colinéaire à l'axe radioélectrique du guide principal, mais n'est pas nécessairement confondu avec lui. Le premier guide auxiliaire est muni d'une première extrémité, couplée en série à la seconde extrémité du guide principal via une fente de couplage en série, et d'une seconde extrémité couplée à un accès série adapté au premier mode, et
- au moins un second guide auxiliaire adapté à la propagation du second mode électromagnétique suivant un second axe (radioélectrique) auxiliaire, couplé au guide principal via au moins une fente de couplage en parallèle et muni d'une première extrémité couplée à un accès parallèle adapté au second mode.

[0006] Comme le sait l'homme de l'art, dans une antenne réseau l'espace disponible pour implanter les éléments rayonnants (ou sources élémentaires de rayonnement) dépend directement des dimensions de la maille (ou du motif élémentaire) du réseau, lesquelles sont fixées par les besoins opérationnels (bande de fréquence visée, optimisation des performances, réduction des pertes par lobes de réseau (dans le cas d'un DRA), échantillonnage de la tâche focale (dans le cas d'une antenne à réflecteur(s) et source de type réseau)).

[0007] Dans les applications de bipolarisation ici visées, et en particulier lorsque la bipolarisation est linéaire, il est nécessaire de placer le transducteur orthomode (OMT) juste derrière la source élémentaire de rayonnement correspondante. Or, lorsque les OMTs sont réalisés en technologie guide d'onde, leurs dimensions dans le plan des mailles (perpendiculaire à l'axe principal) deviennent rapidement supérieures à celles des mailles (typiquement supérieures ou égales à $1{,}2\lambda$, où λ est la longueur d'onde de fonctionnement dans le vide). En effet, dans les OMTs les plus utilisés, au moins un second guide auxiliaire est raccordé au guide principal (ou corps de l'OMT) par un coude, si bien que leurs dimensions dans le plan des mailles sont typiquement de l'ordre de 3λ. Dans ce cas, il y a incompatibilité entre les dimensions des OMTs et celles des mailles.

[0008] Il a été proposé, dans le brevet DE 3824150A1 ou dans le document de W. Steffe « A novel compact OMJ for Ku band intelsat applications », IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, june 1995, AP-S. Digest, volume 1, de réaliser des jonctions orthomodes (ou OMJs pour « OrthoMode Junctions ») à compacité réduite. Ce type d'OMJ comprend un guide (d'onde) principal, du type précité, de section transverse carrée et destiné à être couplé, via une fente de couplage en série, à un premier guide auxiliaire en série (adapté à la propagation du premier mode électromagnétique), et un second guide auxiliaire de section transverse rectangulaire, adapté à la propagation du second mode électromagnétique, couplé au guide principal via une fente de couplage en parallèle et muni d'une première extrémité destinée à être couplée à un accès parallèle adapté au second mode. La fente de couplage en parallèle est définie entre une paroi latérale du guide principal et une paroi latérale du second guide auxiliaire (qui

s'étend sur une hauteur égale à celle du plus petit côté de sa section transverse rectangulaire), si bien que le second guide auxiliaire s'étend dans le plan des mailles sur une distance égale à celle du plus grand côté de sa section transverse rectangulaire. L'OMJ présente alors un encombrement dans le plan des mailles typiquement de l'ordre de 2λ, ce qui s'avère encore trop élevé. De plus, la disposition des accès rend alors beaucoup plus complexe l'architecture de l'antenne complète, et a pour effet d'augmenter les bilans de masse et d'encombrement.

[0009] Aucune solution connue n'apportant une entière satisfaction, l'invention a donc pour but d'améliorer la situation.

[0010] Elle propose à cet effet un dispositif de transduction orthomode pour une antenne (éventuellement de type réseau), du type de celui présenté au début de la partie d'introduction, et dans lequel :

- les premier et second guides auxiliaires sont placés l'un au dessus de l'autre afin que leurs premier et second axes (radioélectriques) auxiliaires soient parallèles à l'axe (radioélectrique) principal du guide principal, et
- chaque fente de couplage en parallèle est définie entre une paroi supérieure du guide principal et une paroi inférieure du second guide auxiliaire, et orientée par rapport à l'axe principal afin, d'une part, de permettre le couplage du guide principal avec le second guide auxiliaire pour le transfert sélectif du second mode de l'un vers l'autre, et d'autre part, de contraindre le premier mode à se propager entre le guide principal et le premier guide auxiliaire.

[0011] En d'autres termes, l'invention, telle que définie dans la revendication 1, propose de placer le second guide auxiliaire au-dessus du guide principal (éventuellement avec un léger décalage latéral), et non à côté de celui-ci, puis de définir chaque fente de couplage en parallèle dans une position transversale par rapport à l'axe principal, les premier et second guides auxiliaires présentant des orientations perpendiculaires entre elles.

[0012] Le dispositif selon l'invention peut comporter d'autres caractéristiques définie par les revendications dépendantes.

[0013] L'invention propose également une antenne équipée d'un dispositif de transduction orthomode du type de celui présenté ci-avant et couplé à une unique source élémentaire de rayonnement.

[0014] L'invention propose également une antenne réseau équipée d'une multiplicité de dispositifs de transduction orthomode du type de celui présenté ci-avant et couplés respectivement à des sources élémentaires de rayonnement agencées en un réseau présentant une maille choisie, par exemple de type hexagonale.

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 illustre de façon très schématique, dans une vue en perspective, un exemple d'un dispositif de transduction orthomode ne faisant pas partie de l'invention,
- la figure 2 illustre de façon très schématique, dans une vue de côté (plan YZ), l'exemple du dispositif de transduction orthomode illustré sur la figure 1,
- la figure 3 illustre de façon très schématique, dans une vue du dessus (plan XY), l'exemple du dispositif de transduction orthomode illustré sur la figure 1,
- la figure 4 illustre de façon très schématique, dans une vue en coupe transversale dans le plan XZ, l'exemple du dispositif de transduction orthomode illustré sur la figure 1,
- la figure 5 illustre de façon très schématique, dans une vue en perspective, un exemple de réalisation d'un dispositif de transduction orthomode selon l'invention,
- la figure 6 illustre de façon très schématique, dans une vue de côté (plan YZ), l'exemple de réalisation du dispositif de transduction orthomode illustré sur la figure 5,
- la figure 7 illustre de façon très schématique, dans une vue du dessus (plan XY), l'exemple de réalisation du dispositif de transduction orthomode illustré sur la figure 5,
- la figure 8 illustre de façon très schématique, dans une vue en coupe transversale dans le plan XZ, l'exemple de réalisation du dispositif de transduction orthomode illustré sur la figure 5,
- la figure 9 illustre de façon très schématique un agencement de dispositifs de transduction orthomode du type de celui illustré sur les figures 1 à 4, aux noeuds d'une maille (ici hexagonale à titre d'exemple), d'un réseau d'une antenne réseau, et
- la figure 10 illustre de façon très schématique un agencement de dispositifs de transduction orthomode du type de celui illustré sur les figures 5 à 8, aux noeuds d'une maille (ici hexagonale à titre d'exemple), d'un réseau d'une antenne réseau.

[0016] Les dessins annexés pourront non seulement servir à compléter l'invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

[0017] L'invention a pour objet de permettre la réalisation de dispositifs de transduction orthomode à compacité optimisée, de préférence sans lame de découplage (ou septum), pour une antenne d'émission et/ou réception (éventuellement de type réseau).

[0018] Dans ce qui suit, on considère à titre d'exemple non limitatif que l'antenne est une antenne réseau du type dit à rayonnement direct (ou DRA), et par exemple active. Elle comprend par conséquent un réseau de sources élémentaires de rayonnement, comme par exemple des cornets, couplés chacun à un dispositif de transduction orthomode D, selon l'invention, et des moyens de contrôle propres à contrôler au moyen de chaîne(s) active(s) l'amplitude et/ou la phase des signaux radiofré-

quences qui doivent être transmis (ou en sens inverse, qui sont reçus de l'espace sous forme d'ondes) par les sources élémentaires de rayonnement selon un diagramme choisi. Mais, l'invention n'est pas limitée à ce type d'antenne. Elle concerne en effet, d'une part, tout type d'antenne réseau DRA ou autres, et notamment les sources réseaux placées devant un système de réflecteur(s), comme par exemple les antennes de type FAFR, actives ou passives, reconfigurables ou non, et d'autre part, une unique source élémentaire de rayonnement couplée à un dispositif selon l'invention.

[0019] Par exemple, l'antenne réseau est embarquée sur un satellite de télécommunications multimédia en bande Ka (18,2 GHz à 20,2 GHz en émission ou 27,5 GHz à 30 GHz en réception), ou en bande Ku (10,7 GHz à 12,75 GHz en émission ou 13,75 GHz à 14,5 GHz en réception). Néanmoins, le dispositif proposé reste applicable à n'importe quelle autre bande de fréquence. Par ailleurs, les deux polarisations rayonnées peuvent être dans la même bande de fréquences, ou dans des bandes de fréquences différentes.

[0020] On se réfère tout d'abord aux figures 1 à 4 pour décrire un exemple d'un dispositif de transduction orthomode D qui ne fait pas partie de l'invention.

[0021] Comme cela est schématiquement illustré sur la figure 1, un dispositif de transduction orthomode D comprend au moins un guide d'onde principal (ou corps principal) GP, couplé à un accès circulaire AC, un premier guide d'onde auxiliaire GA1, couplé en série au guide (d'onde) principal GP et à un accès série AS (matérialisé sur la figure 4), et un second guide d'onde auxiliaire GA2, couplé en parallèle au guide principal GP et à un accès parallèle AP (matérialisé sur la figure 4).

[0022] Le guide principal GP est un parallélépipède dont la section transverse (dans le plan XZ) est par exemple de forme rectangulaire ou carré. Mais il est aussi possible que le guide principal GP soit de forme circulaire, bien que cette solution ne soit pas celle actuellement préférée. Il s'étend suivant une direction longitudinale (Y) qui définit également l'axe radioélectrique principal du dispositif D. Ses dimensions sont choisies de manière à permettre la propagation suivant l'axe (radioélectrique) principal Y de signaux radiofréquence (RF) selon des premier et second modes électromagnétiques présentant respectivement des première P1 et seconde P2 polarisations qui sont orthogonales entre elles.

[0023] Par exemple, les premier et second modes électromagnétiques sont respectivement TE10 (mode fondamental) et TE01.

[0024] Par exemple, les première P1 et seconde P2 polarisations sont de type linéaire, P1 étant par exemple verticale (V) et P2 horizontale (H), ou l'inverse. Mais, on notera que l'invention permet également de réaliser des polarisations circulaires en rajoutant des composants appropriés en vue d'obtenir les conditions de phase électriques nécessaires (par exemple, en rajoutant des coupleurs hybrides sur les deux guides d'accès rectangulaires, ou bien un polariseur sur le guide principal circulaire).

[0025] Le guide principal GP comprend deux parois « latérales » PL (dans le plan YZ), une paroi « inférieure » (dans le plan XY) et une paroi « supérieure » PS (dans le plan XY). Les notions « latérale », « inférieure » et « supérieure » doivent être ici comprises en référence aux figures, une paroi supérieure PS d'un guide étant par conséquent placée au dessus d'une paroi inférieure de ce même guide et perpendiculaire à deux parois latérales PL dudit guide. Bien entendu, ces notions ne sont utilisées que pour faciliter la description et ne concernent pas l'orientation finale des parois d'un guide principal GP ou auxiliaire GA1 ou GA2 une fois le dispositif D intégré dans une antenne (ici de type réseau à titre d'exemple).

[0026] Ces parois latérales PL, inférieure et supérieure PS délimitent intérieurement une cavité principale munie de première et seconde extrémités. La première extrémité est couplée à l'accès circulaire AC qui est adapté aux premier et second modes (présentant respectivement les première P1 et seconde P2 polarisations) et qui est destiné à être raccordé à une source élémentaire de rayonnement. Une fente de couplage dite « en série » FSP est définie au niveau de la seconde extrémité. Elle est de préférence de forme plutôt rectangulaire, son grand côté étant par exemple parallèle à l'axe Z.

[0027] La paroi supérieure PS, du guide principal GP, comprend au moins une ouverture de forme choisie constituant une partie d'une fente de couplage dite « en parallèle » FPL ou FPT.

[0028] Le premier guide (d'onde) auxiliaire GA1 présente une forme générale parallélépipédique de section transverse (dans le plan XZ) de forme rectangulaire, par exemple (mais d'autres formes peuvent être envisagées, et notamment circulaire ou elliptique). Il s'étend suivant une direction longitudinale (Y) qui définit également son (premier) axe radioélectrique auxiliaire. Il prolonge donc, en quelque sorte, le guide principal GP suivant l'axe Y. Ses dimensions sont choisies de manière à permettre la propagation suivant le premier axe (radioélectrique) auxiliaire de signaux radiofréquence (RF) selon le premier mode électromagnétique présentant la première polarisation P1.

[0029] Le premier guide auxiliaire GA1 comprend deux parois « latérales » (dans le plan YZ), une paroi « inférieure » (dans le plan XY) et une paroi « supérieure » (dans le plan XY). Ces parois latérales, inférieure et supérieure délimitent intérieurement une première cavité auxiliaire munie de première et seconde extrémités. La première extrémité est couplée en série à la seconde extrémité du guide principal GP via la fente de couplage en série FSP. La seconde extrémité est couplée à l'accès série AS qui est adapté au premier mode présentant la première polarisation P1 et est défini dans le plan XZ.

[0030] Par exemple, l'accès série AS présente une forme rectangulaire. Dans le premier exemple illustré sur les figures 1 à 4, l'accès série AS présente un grand côté GC1 parallèle à l'axe X et un petit côté PC1 parallèle à

l'axe Z.

[0031] On notera que le premier guide auxiliaire GA1 peut ne pas être un pure parallélépipède. Il peut, comme cela est illustré, être en partie constitué d'au moins deux parties de forme parallélépipédique de sections (dans le plan perpendiculaire à la direction Y) et de longueurs choisies (suivant la direction Y), de manière à réaliser un changement des dimensions transverses du guide (transformateur à marches pour adaptation d'impédance) en vue d'optimiser les performances électriques.

[0032] Le second guide (d'onde) auxiliaire GA2 présente une forme générale parallélépipédique de section transverse (dans le plan XZ) de forme rectangulaire, par exemple. Il s'étend suivant une direction longitudinale (Y) qui définit également son (second) axe radioélectrique auxiliaire. Ses dimensions sont choisies de manière à permettre la propagation suivant le second axe (radioélectrique) auxiliaire de signaux radiofréquence (RF) selon le second mode électromagnétique présentant la seconde polarisation P2.

[0033] Le second guide auxiliaire GA2 comprend deux parois « latérales » (dans le plan YZ), une paroi « inférieure » PI (dans le plan XY) et une paroi « supérieure » (dans le plan XY), Ces parois latérales, inférieure P1 et supérieure délimitent intérieurement une seconde cavité auxiliaire munie de première et seconde extrémités. La première extrémité est couplée à l'accès parallèle AP qui est adapté au second mode présentant la seconde polarisation P2 et est défini dans le plan XZ. La seconde extrémité est préférentiellement terminée par une paroi terminale PT (dans le plan XZ) de manière à définir dans la seconde cavité auxiliaire un court-circuit électrique.

[0034] La paroi inférieure PI, du second guide auxiliaire GA2, comprend au moins une ouverture de même forme choisie que celle définie dans la paroi supérieure PS du guide principal GP et constituant une partie complémentaire d'une fente de couplage en parallèle FPL ou FPT.

[0035] Par exemple, l'accès parallèle AP présente une forme rectangulaire. Dans le premier exemple illustré sur les figures 1 à 4, l'accès parallèle AP présente un grand côté GC2 parallèle à l'axe X et un petit côté PC2 parallèle à l'axe Z.

[0036] D'une manière similaire au premier guide auxiliaire GA1, on notera que le second guide auxiliaire GA2 peut ne pas être un pur parallélépipède. Il peut, comme cela est illustré, être constitué d'au moins deux parties de forme parallélépipédique, mais présentant des dimensions différentes (sections dans le plan perpendiculaire à la direction Y, et longueurs suivant la direction Y), afin de réaliser un transformateur à marches ayant pour but d'optimiser les performances électriques.

[0037] D'une manière également similaire au premier guide auxiliaire GA1, on notera que le guide principal GP peut ne pas être un pur parallélépipède. Il peut être constitué d'au moins deux parties différentes, l'une de forme parallélépipédique, et l'autre de forme cylindrique circulaire, pour l'adaptation d'impédance.

[0038] Les premier GA1 et second GA2 guides auxiliaires sont placés l'un au dessus de l'autre afin que leurs premier et second axes radioélectriques auxiliaires soient parallèles à l'axe radioélectrique principal du guide principal GP. Le second guide auxiliaire GA2 est donc également au moins en partie placé au dessus de la paroi supérieure PS du guide principale GP.

[0039] Il est important de noter que le guide principale GP (et son accès circulaire AC) et les premier GA1 et second GA2 guides auxiliaires (et leurs accès série AS et parallèle AP) peuvent être réalisés en deux ou trois parties assemblées les unes aux autres. Mais, il est également possible qu'ils constituent un ensemble monobloc selon le procédé de fabrication utilisé. Dans ce cas, il est clair que les parois supérieures du guide principale GP et du premier guide auxiliaire GA1 sont confondues avec la paroi inférieure PI du second guide auxiliaire GA2, bien qu'elles contribuent à définir une partie des cavités principale et auxiliaires.

[0040] Comme indiqué précédemment, chaque fente de couplage en parallèle FPL ou FPT est définie entre la paroi supérieure PS du guide principal GP et la paroi inférieure PI du second guide auxiliaire GA2. Par exemple, lorsque la paroi supérieure PS du guide principal GP et la paroi inférieure PI du second guide auxiliaire GA2 sont placées l'une contre l'autre ou confondues, une fente de couplage en parallèle FPL ou FPT peut n'être constituée que par les deux ouvertures qui se correspondent dans la paroi supérieure PS du guide principal GP et dans la paroi inférieure PI du second guide auxiliaire GA2. Mais, une fente de couplage en parallèle FPL ou FPT peut également être constituée par deux ouvertures qui se correspondent et par un élément de liaison assurant la fonction de guidage entre ces deux ouvertures (cette solution n'est actuellement pas la préférée car on essaye de limiter autant que possible l'épaisseur (ou longueur) de l'élément de liaison).

[0041] Chaque fente de couplage en parallèle FPL ou FPT est orientée de façon choisie par rapport à l'axe radiofréquence principal pour deux raisons. L'orientation doit tout d'abord permettre le couplage de la cavité principale (définie par le guide principal GP) avec la seconde cavité auxiliaire (définie par le second guide auxiliaire GA2) de sorte que le second mode (présentant la seconde polarisation P2) soit transféré sélectivement soit du guide principal GP vers le second guide auxiliaire GA2 en réception (Rx), soit du second guide auxiliaire GA2 vers le guide principal GP en transmission (Tx). En outre, l'orientation doit contraindre le premier mode (présentant la première polarisation PI) à se propager soit du guide principal GP vers le premier guide auxiliaire GA1 en réception (Rx), soit du premier guide auxiliaire GA1 vers le guide principal GP en transmission (Tx).

[0042] Le couplage du second mode est imposé soit par la longueur de la fente de couplage en parallèle FPL et par son décalage latéral (suivant la direction X) par rapport au second axe radiofréquence auxiliaire du se-

cond guide auxiliaire GA2, dans le cas d'une fente rectangulaire longitudinale dont le grand côté est parallèle à la direction Y, soit par la/les longueur(s) et/ou le nombre de fentes de couplage en parallèle FPT et/ou la distance interfentes et/ou la position du centre de chaque fente de couplage en parallèle FPT par rapport au second axe RF auxiliaire, dans le cas d'une fente rectangulaire transversale dont le grand côté est parallèle à la direction X.

[0043] On notera que la distance entre le court-circuit, placé sur la paroi terminale PT du second guide auxiliaire GA2, et la fente de couplage FPL ou FPT qui est la plus proche, peut aussi faire partie des paramètres de réglage.

[0044] L'utilisation de plusieurs fentes de couplage en parallèle FPT permet de répartir la puissance entre ces dernières.

[0045] Par ailleurs, l'étroitesse de la largeur de chaque fente de couplage en parallèle FPL ou FPT permet de minimiser l'excitation de la première polarisation P1, ou en d'autres termes de fixer le niveau de réjection de la première polarisation P1. Cela permet d'éviter d'utiliser des lames de découplage (ou septum), bien que cela soit également possible ici. Par exemple, on choisit une largeur comprise entre environ $\lambda/10$ et $\lambda/20$, où λ est la longueur d'onde de fonctionnement du dispositif D.

[0046] La position de chaque fente de couplage en parallèle FPL ou FPT est choisie de manière à optimiser le couplage avec les lignes de courant qui correspondent au second mode et qui sont produites sur la paroi supérieure PS du guide principal GP et sur la paroi inférieure PI du second guide auxiliaire GA2.

[0047] Par ailleurs, l'orientation de chaque fente de couplage en parallèle FPL ou FPT dépend de la compacité recherchée pour le dispositif D suivant la direction X. Deux classes de mode de réalisation peuvent être envisagées.

[0048] La première classe regroupe les modes de réalisation dans lesquels chaque fente de couplage en parallèle FPL est rectangulaire « longitudinale » (grand côté (ou longueur) parallèle à la direction Y) et placée au dessus et parallèlement à l'axe principal du guide principal GP et dans le même temps décalée latéralement (suivant la direction X) par rapport au second axe radiofréquence auxiliaire du second guide auxiliaire GA2.

[0049] La seconde classe regroupe les modes de réalisation dans lesquels chaque fente de couplage en parallèle FPT est rectangulaire « transversale » (grand côté (ou longueur) parallèle à la direction X) et centrée (mais pouvant aussi être décalée (ou décentrée)) par rapport à l'axe principal du guide principal GP et au second axe auxiliaire du second guide auxiliaire GA2 (l'axe principal et le second axe auxiliaire étant alors placés l'un au dessus de l'autre). On entend ici par « position centrée » le fait de présenter la même extension transversale de part et d'autre du second axe auxiliaire. Le positionnement des fentes de couplage en parallèle FPT par rapport au second axe RF auxiliaire permet de définir au moins partiellement la puissance qu'elles transmettent. L'invention est limitée au cas decendre.

[0050] La première classe correspond à l'exemple qui est illustré sur les figures 1 à 4. Dans cet exemple, une unique fente de couplage en parallèle FPL de forme rectangulaire et longitudinale a été représentée, mais on peut envisager d'en utiliser plusieurs (au moins deux) mises l'une à la suite de l'autre et présentant la même orientation suivant l'axe Y. Dans ce cas, les longueurs des fentes ne sont pas forcément identiques.

[0051] Plus le décalage latéral (ou transversal) de la fente longitudinale FPL par rapport au second axe auxiliaire est important, plus le couplage des lignes de courant du second mode est efficace. Dans l'exemple illustré (voir figure 4), la fente longitudinale FPL débouche dans une zone de la paroi inférieure PI du second guide auxiliaire GA2 qui est située à proximité de la paroi latérale de ce dernier. Par conséquent le couplage est optimal. Mais, on notera que plus le décalage latéral de la fente longitudinale FPL par rapport au second axe auxiliaire est important, plus le second guide auxiliaire GA2 se trouve décalé latéralement par rapport au guide principal GP et au premier guide auxiliaire GA1. Ce décalage latéral du second guide auxiliaire GA2 est au plus égal à la moitié de sa largeur (grand côté) GC2. Par conséquent, l'encombrement transversal (suivant la direction X) du dispositif D est au plus égal à la somme de la largeur GC1 du guide principal GP et de la moitié de la largeur GC2 du second guide auxiliaire GA2, soit GC1 + GC2/2.

[0052] Dans cet exemple, en raison de l'orientation « longitudinale » de la fente de couplage en parallèle FPL, les premier GA1 et second GA2 guides auxiliaires et les accès série AS et parallèle AP présentent des sections transverses rectangulaires dont les grands côtés sont tous parallèles à la direction X. Par conséquent les premier GA1 et second GA2 guides auxiliaires et les accès série AS et parallèle AP présentent tous une même orientation « transversale » (grands côtés GC1, GC2 suivant la direction X).

[0053] La seconde classe correspond à l'exemple de réalisation qui est illustré sur les figures 5 à 8. A titre d'exemple non limitatif, trois fentes de couplage en parallèle FPT de formes rectangulaires identiques et transversales ont été représentées, mais on peut envisager d'en utiliser une seule ou deux, voire même plus de trois en parallèle.

[0054] Plus le nombre de fentes transversales FPT est important et plus la longueur (suivant la direction X) de chaque fente transversale FPT est importante, plus le couplage des lignes de courant du second mode aura tendance à être efficace. Dans l'exemple illustré (voir figures 5 à 7), les trois fentes transversales FPT sont de même longueur et équidistantes deux à deux. Mais, cela n'est pas une obligation (la distance inter-fentes peut en effet varier). On notera que les longueurs des fentes peuvent être également des paramètres de réglage.

[0055] Le second axe auxiliaire étant ici exactement superposé à l'axe principal et au premier axe auxiliaire, le second guide auxiliaire GA2 est donc intégralement

ou quasi-intégralement placé au-dessus du guide principal GP et du premier guide auxiliaire GA1. Par conséquent, l'encombrement transversal (suivant la direction X) du dispositif D est égal à celui du guide auxiliaire ou principal qui présente l'extension transversale la plus grande. Au moins l'encombrement transverse du dispositif D est donc le plus faible pour la seconde classe de mode de réalisation.

[0056] Dans ce second exemple de réalisation, en raison de l'orientation « transversale » de chaque fente de couplage en parallèle FPT, le premier guide auxiliaire GA1 et son accès série AS présentent des sections transverses rectangulaires dont les grands côtés GC1 sont parallèles à la direction Z, tandis que le second guide auxiliaire GA2 et son accès parallèle AP présentent des sections transverses rectangulaires dont les grands côtés GC2 sont parallèles à la direction X. Par conséquent les premier GA1 et second GA2 guides auxiliaires présentent des orientations différentes, tout comme les accès série AS et parallèle AP.

[0057] On a représenté schématiquement sur la figure 9 sept dispositifs de transduction orthomode Di1 à Di7 appartenant à la première classe et positionnés aux noeuds d'un exemple de maille (ou motif élémentaire) hexagonal(e) Mi d'un réseau d'une antenne réseau.

[0058] De même, on a représenté schématiquement sur la figure 10 sept dispositifs de transduction orthomode Di1 à Di7 appartenant à la seconde classe et positionnés aux noeuds d'un exemple de maille (ou motif élémentaire) hexagonal(e) Mi d'un réseau d'une antenne réseau.

[0059] Bien entendu, les dispositifs de transduction orthomode D, selon l'invention, peuvent être agencés différemment les uns par rapport de manière à constituer d'autres types de maille (ou motif élémentaire) Mi d'un réseau d'une antenne réseau, par exemple triangulaire, rectangulaire, ou quelconque (c'est-à-dire un motif pas forcément périodique).

[0060] Par ailleurs, dans ce qui précède on a décrit un exemple de dispositif D dans lequel le guide principal GP est couplé en série à un guide auxiliaire en série GA1 et en parallèle à un guide auxiliaire en parallèle GA2. Mais, le guide principal GP peut être couplé en série à un guide auxiliaire en série GA1 et en parallèle à un, deux, trois ou quatre guides auxiliaires en parallèle GA2. Dans ce dernier cas, les guides auxiliaires en parallèle GA2 sont couplés au guide principal GP au niveau de ses différentes parois latérales (parallèles aux plans XY et YZ). Cela peut permettre au dispositif D de fonctionner dans un nombre de bandes de fréquences compris entre 1 et 5. On notera que ces différents guides auxiliaires en parallèle GA2 n'ont pas forcément leurs fentes de couplage toutes situées à la même côte suivant l'axe Y. Par ailleurs, la section transverse de la cavité du guide principale GP peut également varier suivant l'axe Y afin de tenir compte des différentes positions desdites fentes de couplage.

[0061] On notera que le dispositif selon l'invention peut également être utilisé lorsque la contrainte d'encombrement n'est pas la contrainte majeure, comme c'est le cas par exemple dans des sources uniques ou isolées requérant une bipolarisation, en monofréquence ou bi-fréquences.

[0062] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation de dispositif de transduction orthomode et d'antenne (éventuellement de type réseau) décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle englobe toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art dans le cadre des revendications ci-après.

Revendications

1. Dispositif de transduction orthomode (D) pour une antenne, comprenant i) un guide principal (GP) adapté à la propagation suivant un axe principal de premier et second modes électromagnétiques présentant des première et seconde polarisations orthogonales entre elles et muni d'une première extrémité couplée à un accès circulaire (AC) adapté auxdits premier et second modes et d'une seconde extrémité, ii) un premier guide auxiliaire (GA1) adapté à la propagation dudit premier mode électromagnétique suivant un premier axe auxiliaire et muni d'une première extrémité couplée en série à ladite seconde extrémité du guide principal (GP) via une fente de couplage en série (FSP) et d'une seconde extrémité couplée à un accès série (AS) adapté audit premier mode, et iii) un second guide auxiliaire (GA2) adapté à la propagation dudit second mode électromagnétique suivant un second axe auxiliaire, couplé audit guide principal (GP) via au moins une fente de couplage en parallèle (FPT) et muni d'une première extrémité couplée à un accès parallèle (AP) adapté audit second mode, où lesdits premier (GA1) et second (GA2) guides auxiliaires sont placés l'un au dessus de l'autre de sorte que leurs premier et second axes auxiliaires soient parallèles audit axe principal, et où chaque fente de couplage en parallèle (FPT) est définie entre une paroi supérieure (PS) du guide principal (GP) et une paroi inférieure (PI) du second guide auxiliaire (GA2) et orientée par rapport audit axe principal de manière à permettre le couplage du guide principal (GP) avec le second guide auxiliaire (GA2) pour le transfert sélectif du second mode de l'un vers l'autre, et à contraindre ledit premier mode à se propager entre le guide principal (GP) et le premier guide auxiliaire (GA1), et où lesdits axe principal et second axe auxiliaire sont superposés sensiblement l'un au dessus de l'autre,
et où ledit premier guide auxiliaire (GA1) et ledit accès série (AS) présentent des sections transverses rectangulaires dont les grands côtés sont parallèles les uns aux autres, et ledit second guide auxiliaire (GA2) et ledit accès parallèle (AP) présentent des sections transverses rectangulaires dont les grands

côtés sont parallèles les uns aux autres et perpendiculaires aux grands côtés du premier guide auxiliaire (GA1) et de l'accès série (AS), **caractérisé en ce qu'**il comprend au moins une fente de couplage en parallèle (FPT) de forme rectangulaire, présentant un grand côté perpendiculaire audit axe principal et un petit côté de longueur très inférieure audit grand côté, et définie dans une position décentrée par rapport auxdits axe principal et second axe auxiliaire.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit second guide auxiliaire (GA2) comprend une deuxième extrémité opposée à la première et fermée de manière à définir un court-circuit.

3. Antenne, **caractérisée en ce qu'**elle comprend un unique dispositif de transduction orthomode (D) selon l'une des revendications précédentes et couplé à une unique source élémentaire de rayonnement.

4. Antenne réseau, **caractérisée en ce qu'**elle comprend une multiplicité de dispositifs de transduction orthomode (D) selon l'une des revendications 1 ou 2 et couplés respectivement à des sources élémentaires de rayonnement agencées en un réseau présentant une maille choisie.

5. Antenne réseau selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** ladite maille est de type hexagonale.

Claims

1. An orthomode transduction device (D) for an antenna, comprising i) a main guide (GP) designed for propagation along a main axis of first and second electromagnetic modes having first and second polarisations orthogonal to each other and provided with a first end coupled to a circular port (AC) adapted to said first and second modes, and with a second end, ii) a first auxiliary guide (GA1) designed for propagation of said first electromagnetic mode along a first auxiliary axis and provided with a first end coupled in series to said second end of the main guide (GP) via a serial coupling slot (FSP) and a second end coupled to a series port (AS) adapted to said first mode, and iii) a second auxiliary guide (GA2) designed for propagation of said second electromagnetic mode along a second auxiliary axis, coupled to said main guide (GP) via at least one parallel coupling slot (FPT) and provided with a first end coupled to a parallel port (AP) adapted to said second mode, wherein said first (GA1) and second (GA2) auxiliary guides are located one above the other so that their first and second auxiliary axes are parallel to said main axis, and wherein each coupling slot in parallel (FPT) is defined between an upper wall (PS) of the main guide (GP) and a lower wall (PI) of the second auxiliary guide (GA2) and oriented relative to said main axis so as to allow coupling of the main guide (GP) with the second auxiliary guide (GA2) for selective transfer of the second mode from one to the other, and so as to force said first mode to propagate between the main guide (GP) and the first auxiliary guide (GA1), and wherein said main axis and second auxiliary axis are essentially superposed one above the other, and wherein said first auxiliary guide (GA1) and said series port (AS) have transverse rectangular sections, the long sides of which are parallel to each other, and said second auxiliary guide (GA2) and said parallel port (AP) have rectangular transverse sections, the long sides of which are parallel to each other and perpendicular to the long sides of the first auxiliary guide (GA1) and the series port (AS), **characterised in that** it includes at least one rectangular shaped coupling slot in parallel (FPT), having a long side perpendicular to said main axis and a short side which is much shorter than said long side, and defined in a position eccentric to said main axis and the second auxiliary axis.

2. The device according to claim 1, **characterised in that** said second auxiliary guide (GA2) includes a second end opposite the first and which is closed so as to define a short circuit.

3. An antenna, **characterised in that** it includes a single orthomode transduction device (D) according to any one of the previous claims and which is coupled to a single elementary radiation source.

4. An array antenna, **characterised in that** it includes a multiplicity of orthomode transduction devices (D) according to claim 1 or 2 and respectively coupled to elementary radiation sources arranged in an array having a selected mesh.

5. An array antenna according to claim 4, **characterised in that** said mesh is of the hexagonal type.

Patentansprüche

1. Orthomodus-Transduktionsvorrichtung (D) für eine Antenne, die Folgendes umfasst: i) einen Hauptleiter (GP), adaptiert für die Ausbreitung über eine Hauptachse einer ersten und zweiten elektromagnetischen Mode mit einer ersten und einer zweiten Polarisation, die orthogonal zueinander sind, der ein erstes Ende, das mit einem kreisförmigen Anschluss (AC) verbunden ist, der an die erste und die zweite Mode adaptiert ist, und ein zweites Ende hat, ii) einen ersten Zusatzleiter (GA1), adaptiert für die Ausbreitung der ersten elektromagnetischen Mode über eine erste Zusatzachse und mit einem ersten Ende, das in Serie mit dem zweiten Ende des Hauptleiters

(GP) über einen seriellen Kopplungssclalitz (FSP) gekoppelt ist, und einem zweiten Ende, das mit einem Serienanschluss (AS) gekoppelt ist, der an die erste Mode adaptiert ist, und iii) einen zweiten Zusatzleiter (GA2), adaptiert für die Ausbreitung der zweiten elektromagnetischen Mode über eine zweite Zusatzachse, die mit dem Hauptleiter (GP) über wenigstens einen parallelen Kopplungsschlitz (FPT) gekoppelt ist, und mit einem ersten Ende, das mit einem Parallelanschluss (AP) gekoppelt ist, der an die zweite Mode adaptiert ist, wobei der erste (GA1) und der zweite (GA2) Zusatzleiter übereinander liegen, so dass ihre erste und ihre zweite Zusatzachse parallel zur Hauptachse sind, und wobei jeder parallele Kopplungsschlitz (FPT) zwischen einer oberen Wand (PS) des Hauptleiters (GP) und einer unteren Wand (PI) des zweiten Zusatzleiters (GA2) definiert und mit Bezug auf die Hauptachse so ausgerichtet ist, dass der Hauptleiter (GP) mit dem zweiten Zusatzleiter (GA2) für einen selektiven Transfer der zweiten Mode von einem zum anderen gekoppelt werden kann, und so, dass bewirkt wird, dass sich die erste Mode zwischen dem Hauptleiter (GP) und dem ersten Zusatzleiter (GA1) ausbreitet, und wobei die Hauptachse und die zweite Zusatzachse im Wesentlichen übereinander liegen, und wobei der erste Zusatzleiter (GA1) und der Serienanschluss (AS) transversale rechteckige Sektionen haben, deren lange Seiten parallel zueinander sind, und der zweite Zusatzleiter (GA2) und der Parallelanschluss (AP) rechteckige transversale Sektion haben, deren lange Seiten parallel zueinander und lotrecht zu den langen Seiten des ersten Zusatzleiters (GA1) und des Serienanschlusses (AS) sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens einen rechtekkig geformten parallelen Kopplungsschlitz (FPT) aufweist, mit einer langen Seite lotrecht zur Hauptachse und einer kurzen Seite, die viel kürzer ist als die lange Seite, und eine Position definiert, die mit Bezug auf die Hauptachse und die zweite Zusatzachse versetzt ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Zusatzleiter (GA2) ein zweites Ende hat, das gegenüber dem ersten liegt und geschlossen ist, um einen Kurzschluss zu definieren.

3. Antenne, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine einzige Orthomodus-Transduktionsvorrichtung (D) nach einem der vorherigen Ansprüche aufweist, die mit einer einzelnen elementaren Strahlungsquelle gekoppelt ist.

4. Array-Antenne **dadurch** gekenntzeichnet, dass sie eine Vielzahl von Orthomodus-Transduktionsvorrichtungen (D) nach Anspruch 1 oder 2 aufweist, die jeweils mit elementaren Strahlungsquellen gekoppelt sind, die zu einem Array mit einer gewählte Rasterung angeordnet sind.

5. Array-Antenne nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rasterung vom hexagonalen Typ ist.

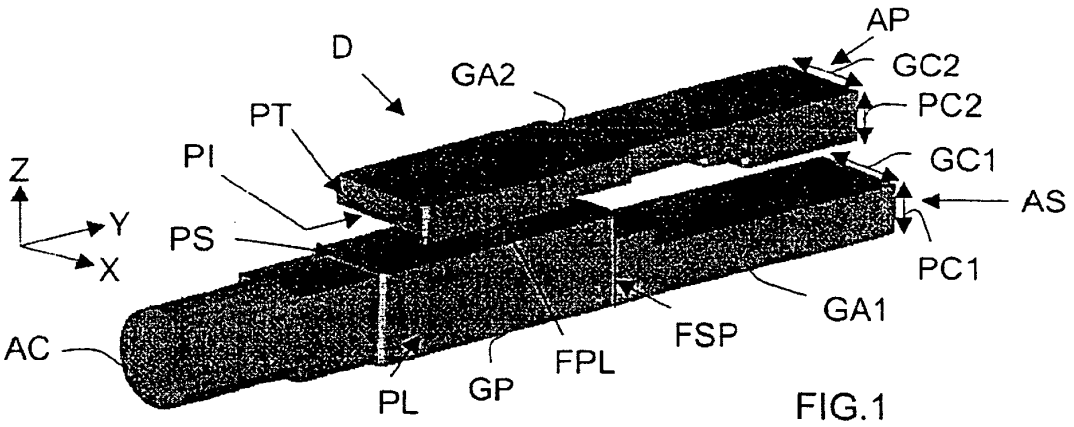


FIG.1

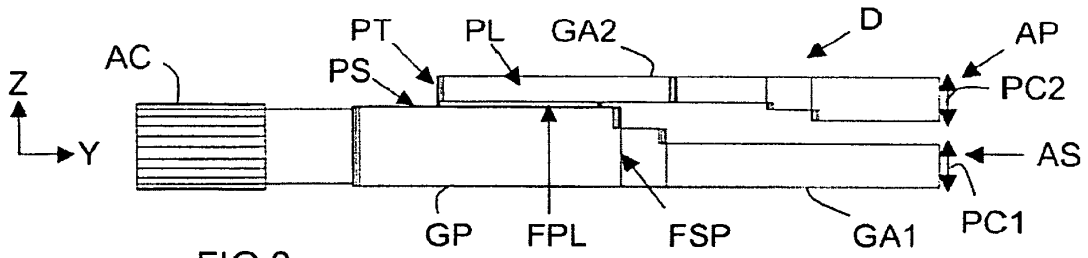


FIG.2

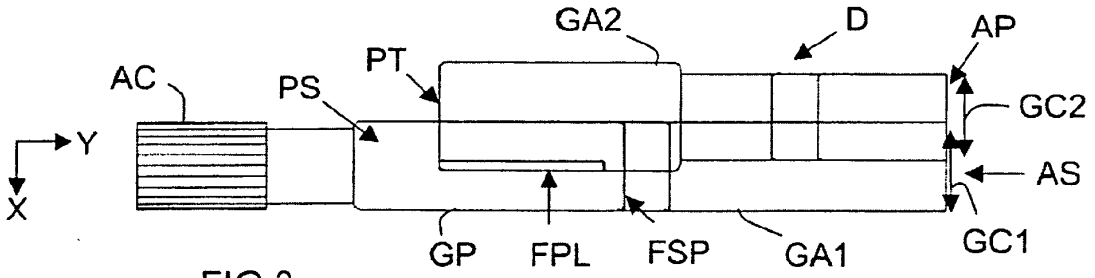


FIG.3

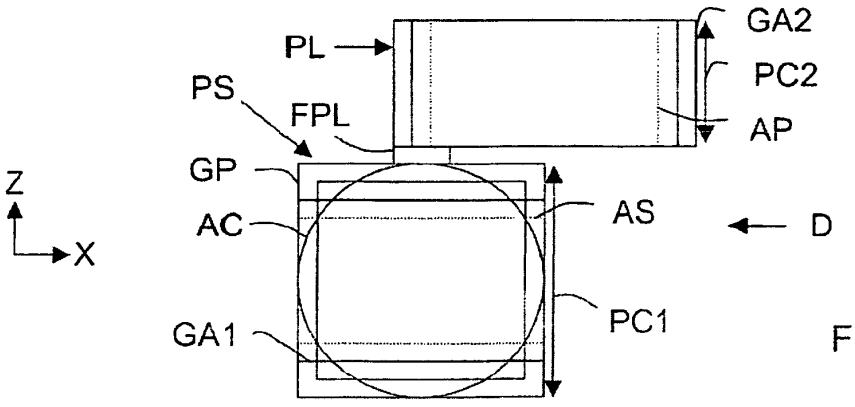


FIG.4

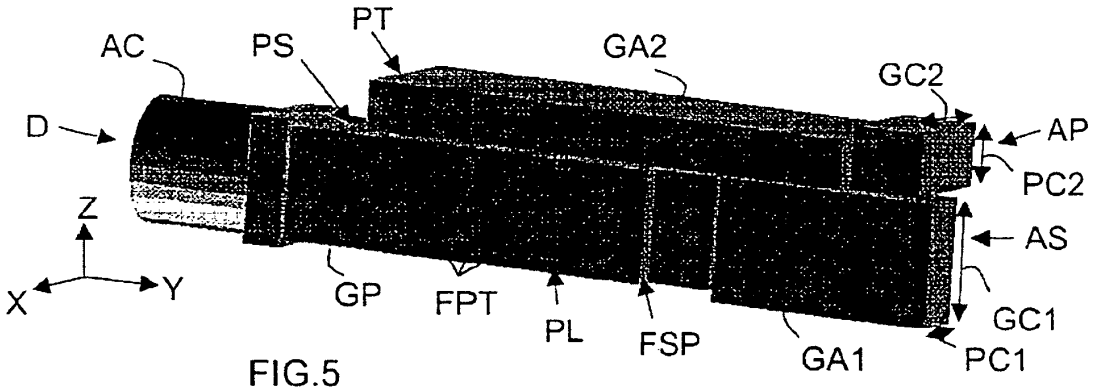


FIG.5

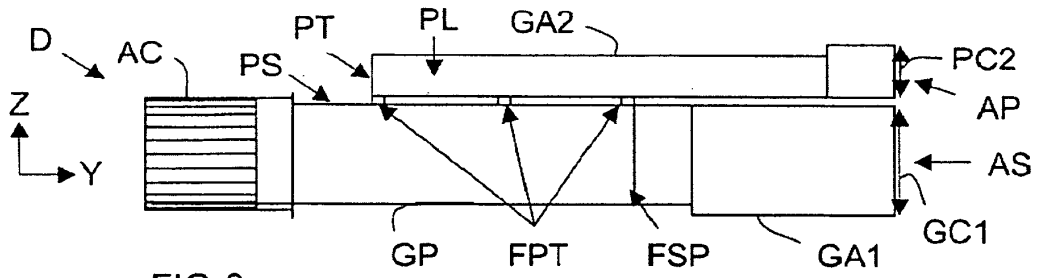


FIG.6

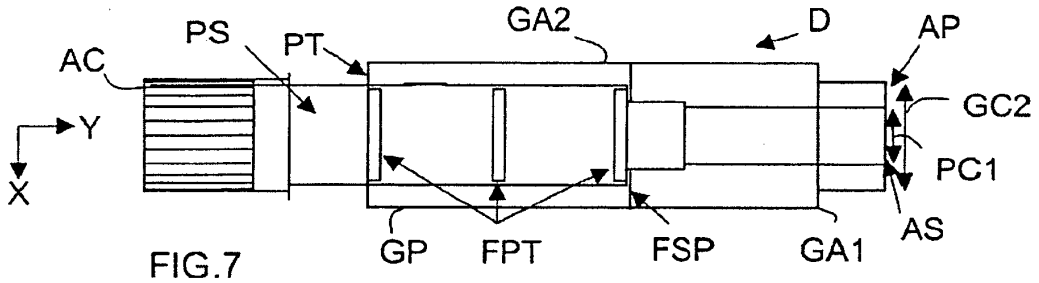


FIG.7

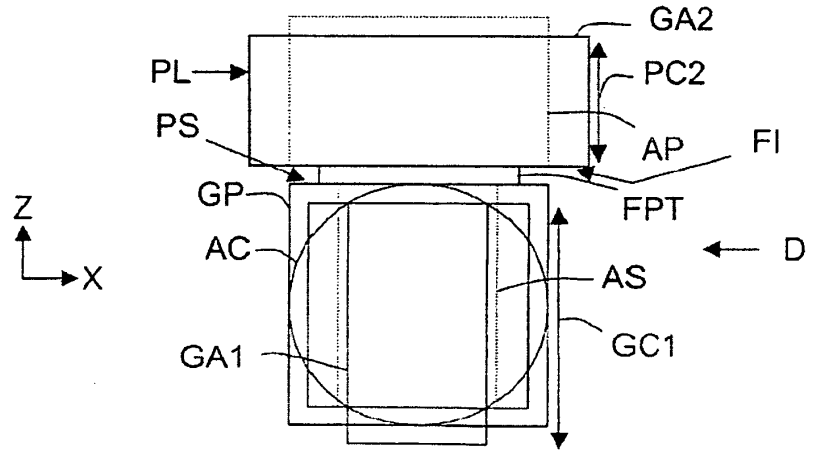


FIG.8

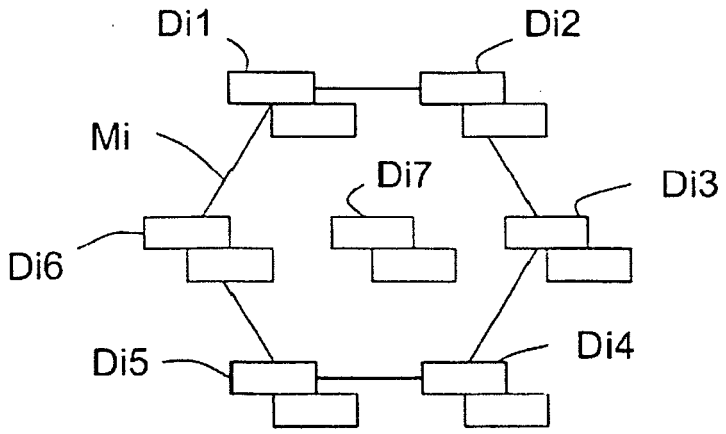

Di1
Di2
Mi
Di7
Di3
Di6
Di5
Di4

FIG.9

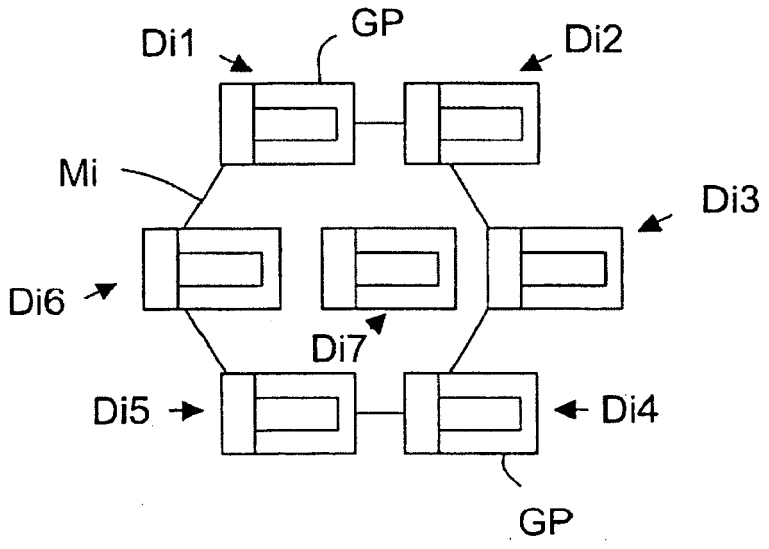

Di1
GP
Di2
Mi
Di3
Di6
Di7
Di5
Di4
GP

FIG.10

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- DE 3824150 A1 **[0008]**

Littérature non-brevet citée dans la description

- **W. Steffe.** A novel compact OMJ for Ku band intelsat applications. *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium,* Juin 1995 **[0008]**