

(19)



(11)

EP 3 086 409 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
26.10.2016 Bulletin 2016/43

(51) Int Cl.:
H01Q 13/02 (2006.01) H01Q 19/17 (2006.01)
H01Q 21/06 (2006.01) H01Q 25/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16165325.8**

(22) Date de dépôt: **14.04.2016**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(72) Inventeurs:
• **BOSSHARD, Pierre**
31170 TOURNEFEUILLE (FR)
• **FERRANDO, Nicolas**
31170 TOURNEFEUILLE (FR)
• **LAFOND, Jean-Christophe**
31037 TOULOUSE Cedex 1 (FR)

(30) Priorité: **24.04.2015 FR 1500870**

(74) Mandataire: **Nguyen, Dominique et al**
Marks & Clerk France
Immeuble Visium
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(71) Demandeur: **THALES**
92400 Courbevoie (FR)

(54) **MODULE STRUCTURAL D'ANTENNE INTEGRANT DES SOURCES RAYONNANTES ELEMENTAIRES A ORIENTATION INDIVIDUELLE, PANNEAU RAYONNANT, RESEAU RAYONNANT ET ANTENNE MULTIFAISCEAUX COMPORTANT AU MOINS UN TEL MODULE**

(57) Chaque source rayonnante du module structural comporte un cornet rayonnant (16) relié à une chaîne RF (10) par l'intermédiaire d'une bague coudée (18), la bague coudée étant destinée à orienter le cornet rayonnant (16) dans une direction souhaitée. Le coude de la bague coudée (18) a un angle d'ouverture de valeur prédéfinie individuellement pour chaque cornet en fonction de l'orientation souhaitée, et un sommet (27) placé dans

un plan de symétrie de la chaîne RF orthogonal au plan XY contenant la chaîne RF. Les chaînes RF de chaque source rayonnante peuvent alors être disposées les unes à côté des autres et être intégrées dans des sous-ensembles planaires structuraux, réduisant le nombre de pièces nécessaires à l'élaboration de l'antenne multifaisceaux.

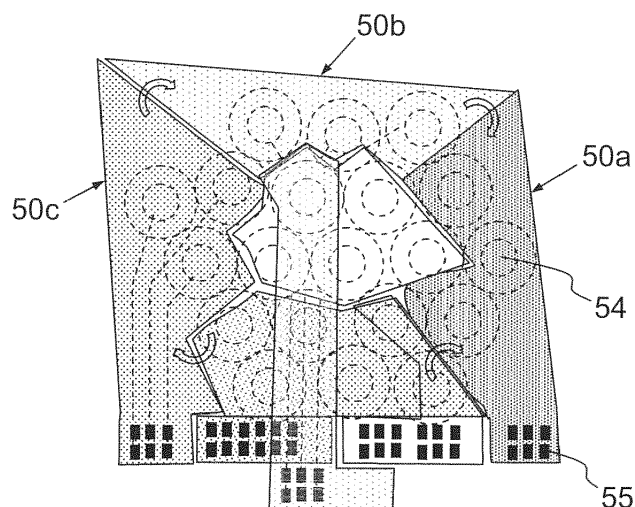


FIG.8b

EP 3 086 409 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un module structural d'antenne intégrant des sources rayonnantes élémentaires à orientation individuelle, un panneau rayonnant comportant un module structural, un réseau rayonnant comportant plusieurs panneaux rayonnants et une antenne multifaisceaux comportant au moins un module structural. Elle s'applique au domaine spatial tel que les télécommunications par satellite et plus particulièrement aux antennes multifaisceaux comportant un réseau de plusieurs sources rayonnantes placées dans le plan focal d'un réflecteur.

[0002] Une source rayonnante est constituée d'un élément rayonnant, par exemple un cornet, connecté à une chaîne radiofréquence (RF). La chaîne RF comporte des composants RF permettant de passer d'un mode de propagation guidé des ondes électromagnétiques à un mode rayonné et réalise pour chaque faisceau, les fonctions d'émission et de réception dans une bande de fréquence particulière, par exemple la bande Ka. Les fonctions d'émission et de réception peuvent être réalisées en mono-polarisation pour couvrir les besoins des utilisateurs ou en bi-polarisation pour assurer des liaisons vers des stations d'ancrage (en anglais : gateway) terrestres.

[0003] Dans les architectures d'antenne multifaisceaux, plusieurs sources rayonnantes élémentaires indépendantes sont assemblées en réseau placé dans le plan focal d'un réflecteur. L'assemblage des différentes sources rayonnantes est complexe car il impose souvent de maintenir les sources rayonnantes avec une orientation spécifique permettant de limiter les aberrations de phase liées à la défocalisation du cornet par rapport au centre du réflecteur et de maximiser les performances de l'antenne pour chaque faisceau. Chaque source rayonnante est assemblée sur un support mécanique par une interface spécifique à chaque cornet. Cet assemblage individuel de chaque source nécessite de gérer individuellement l'interface de chaque chaîne RF et le réglage de l'orientation de chaque cornet, ce qui ne permet pas de mutualiser la fabrication des chaînes RF car leurs axes RF ne sont pas parallèles entre eux. La gestion individuelle de chaque source présente donc un coût important.

[0004] Pour faciliter l'orientation individuelle de chaque source rayonnante, comme représenté sur la figure 1, il est connu de fixer individuellement les sources rayonnantes sur une plaque structurale 13 dans laquelle sont usinés des guides d'onde de répartition 14 destinés à acheminer des signaux RF entre la source rayonnante et des accès d'entrée/sortie d'un dispositif de traitement des signaux RF. Les guides d'onde de répartition sont raccordés à des sorties des chaînes RF 10 par des guides d'onde souples 15 permettant l'orientation individuelle de chaque source rayonnante. La plaque structurale 13 assure alors le routage des guides d'onde de répartition 14 ainsi que le support et l'orientation des chaînes RF par rapport au réflecteur de l'antenne multifaisceaux.

Cependant, cette solution impose un assemblage des chaînes RF indépendamment les unes des autres, une orientation individuelle de chaque chaîne RF et du cornet associé, et nécessite l'utilisation de nombreux guides d'onde souples d'orientation induisant des pertes ohmiques supplémentaires et une puissance thermique supplémentaire à dissiper. En outre, cette solution n'est possible que lorsque les sources du réseau focal sont suffisamment espacées les unes des autres pour permettre le routage des guides d'onde de répartition entre les chaînes RF supportées par la plaque structurale.

[0005] A notre connaissance, il n'existe pas à ce jour de module structural d'antenne comportant un ensemble de sources rayonnantes dont les chaînes RF sont complètement intégrées dans un support commun, et autorisant l'orientation individuelle des cornets rayonnants.

[0006] Un premier but de l'invention est de remédier aux inconvénients des réseaux de sources rayonnantes connus, et de réaliser un module structural d'antenne dans lequel les axes RF des chaînes RF de toutes les sources rayonnantes sont disposés dans un même plan et dans lequel l'orientation des cornets rayonnants est assurée sans modifier l'orientation des axes chaînes RF.

[0007] Un deuxième but de l'invention est de réaliser un module structural d'antenne comportant plusieurs sources rayonnantes intégrées dans un ensemble monobloc.

[0008] Pour cela, l'invention concerne un module structural d'antenne intégrant des sources rayonnantes élémentaires, chaque source rayonnante comportant une chaîne radiofréquence reliée à un cornet rayonnant. La chaîne RF comporte un guide d'onde principal ayant un axe longitudinal disposé perpendiculairement à un plan XY, un transducteur orthomode OMT comportant deux branches transversales orthogonales entre elles, situées parallèlement au plan XY et couplées perpendiculairement au guide d'onde principal par des fentes de couplage. Le cornet rayonnant est couplé à une extrémité terminale du guide d'onde principal par l'intermédiaire d'une bague d'orientation coudée destinée à orienter le cornet rayonnant dans une direction souhaitée différente de l'axe longitudinal du guide d'onde principal, le coude de la bague d'orientation étant placé dans un plan de symétrie de la chaîne RF, le plan de symétrie étant orthogonal au plan XY et contenant la bissectrice de l'angle formé par les deux branches transversales.

[0009] Avantageusement, le module structural peut comporter en outre une plaque de support commune à toutes les sources rayonnantes, les chaînes RF étant complètement intégrées dans la plaque de support.

[0010] Avantageusement, la bague d'orientation associée à chaque cornet rayonnant peut être logée dans une ouverture dédiée aménagée dans une face avant de la plaque de support. Alternativement, l'extrémité terminale du guide d'onde principal de chaque chaîne RF peut être logée dans une ouverture dédiée aménagée dans une face avant de la plaque de support et la bague d'orientation associée à chaque cornet rayonnant peut être fixée

sur une face avant de la plaque de support, dans le prolongement de l'extrémité terminale correspondante.

[0011] Avantageusement, la bague d'orientation de chaque source rayonnante peut être constituée de trois parties solidaires entre elles, les trois parties étant constituées de deux guides d'onde d'accès rigides ayant des axes longitudinaux différents et destinés à être respectivement reliés à un cornet rayonnant et à une chaîne RF, et d'un tronçon de guide d'onde d'adaptation localisé entre les deux guides d'onde d'accès, le tronçon de guide d'onde d'adaptation formant le coude de la bague d'orientation.

[0012] Alternativement, la bague d'orientation peut comporter un iris de couplage.

[0013] L'invention concerne aussi un panneau rayonnant comportant un module structural.

[0014] Avantageusement, les sources rayonnantes peuvent être usinées en matrice dans une plaque de support commune et peuvent comporter des guides d'onde d'alimentation et de sortie respectifs, routés dans la plaque de support commune et respectivement reliés à des accès d'entrée et de sortie regroupés les uns à côtés des autres sur le panneau rayonnant.

[0015] L'invention concerne également un réseau rayonnant comportant au moins un panneau rayonnant.

[0016] Avantageusement, le réseau rayonnant peut comporter plusieurs panneaux rayonnants, orientables indépendamment les uns des autres.

[0017] L'invention concerne aussi une antenne multifaisceaux comportant au moins un réseau rayonnant.

[0018] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la suite de la description donnée à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés qui représentent :

- figure 1 : un schéma en coupe d'un exemple de réseau de sources rayonnantes, selon l'art antérieur ;
- figure 2 : un schéma en coupe transversale d'un exemple de module structural d'antenne intégrant des sources rayonnantes élémentaires à orientation individuelle, selon l'invention ;
- figure 3 : un schéma illustrant un exemple de plusieurs chaînes RF montées parallèlement entre elles sur deux étages, selon l'invention ;
- figure 4 : trois schémas illustrant respectivement, selon deux plans différents et selon une vue en transparence, un premier exemple de bague d'orientation coudée, selon l'invention ;
- figure 5 : un schéma illustrant, selon une vue en transparence, un deuxième exemple de bague d'orientation coudée, selon l'invention ;
- figure 6a : un schéma en coupe transversale illustrant la structure interne d'un premier exemple de chaîne RF plane, selon l'invention ;
- figure 6b : un schéma en coupe transversale illustrant un exemple d'OMT dissymétrique, selon l'invention ;

- figures 7a et 7b : deux vues illustrant la structure interne de l'étage supérieur, respectivement de l'étage inférieur, de deux chaînes RF empilées, selon l'invention ;

- 5 - figure 8a : un schéma en vue de dessus, illustrant un exemple de réseau rayonnant sectorisé en plusieurs panneaux rayonnants indépendants, selon l'invention ;

- 10 - figure 8b : un schéma illustrant un exemple d'implantation des sources rayonnantes et des accès d'entrée et de sortie sur les panneaux rayonnants de la figure 8a, selon l'invention ;

- 15 - figure 8c : un schéma illustrant un exemple de découpe des plaques de support de chaque panneau rayonnant d'un réseau rayonnant sectorisé, selon l'invention ;

- figure 9 : un exemple d'antenne multifaisceaux, selon l'invention.

- 20 **[0019]** La figure 2 illustre un exemple de module structural d'antenne intégrant des sources rayonnantes élémentaires à orientation individuelle, selon l'invention, et la figure 3 illustre un exemple de disposition de plusieurs chaînes RF parallèlement entre elles. Chaque source rayonnante comporte une chaîne radiofréquence RF 10 comportant un guide d'onde principal 31, visible sur la figure 3, et un cornet rayonnant 16 couplé au guide d'onde principal 31. Selon l'invention, chaque source rayonnante comporte en outre une bague d'orientation coudée 18 reliée à une extrémité terminale 5 du guide d'onde principal 31 de la chaîne RF 10 correspondante et couplée au cornet rayonnant 16, la bague d'orientation coudée étant destinée à orienter le cornet rayonnant dans une direction souhaitée, différente de la direction d'orientation du guide d'onde principal 31 de la chaîne RF. Chaque bague d'orientation 18 comporte un coude ayant un angle d'ouverture dont la valeur est définie individuellement en fonction de l'orientation individuelle souhaitée pour le cornet rayonnant associé. L'orientation de chaque cornet est réalisée par la bague d'orientation 18 dédiée en ajustant individuellement, pour chaque cornet, l'angle d'ouverture du coude de la bague d'orientation correspondante. Les chaînes RF peuvent être respectivement montées dans des cavités d'une plaque support 17 commune à toutes les sources rayonnantes ou complètement intégrées dans la plaque support comme représenté sur la figure 2. Avantageusement, la bague d'orientation associée à un cornet peut être fixée sur une face avant 19 de la plaque support 17 ou peut être logée dans une ouverture dédiée de la face avant 19 de la plaque support 17. Dans le cas où la bague d'orientation associée à un cornet est fixée sur la face avant 19 de la plaque support 17, l'extrémité terminale 5 du guide d'onde principal 31 de la chaîne RF correspondante est logée dans une ouverture dédiée aménagée dans la face avant de la plaque de support 17 de façon à pouvoir assurer la continuité de la liaison entre le guide d'onde principal 31 et la bague d'orientation 18. La bague d'orientation

coudée permet de s'affranchir de tous les câbles souples et permet de mutualiser l'assemblage de toutes les chaînes RF dans un unique support commun. Les chaînes RF peuvent alors être aménagées sous le support commun ou être usinées dans le support commun parallèlement entre elles comme représenté par exemple sur la figure 3 dans laquelle le support commun a été omis et dans laquelle les chaînes RF 10a, 10b, 10c comportent deux étages différents 36, 37 pour un fonctionnement bi-fréquence.

[0020] Comme représenté sur l'exemple de la figure 4, chaque bague d'orientation coudée peut être constituée de trois parties solidaires entre elles, les trois parties étant constituées de deux guides d'onde d'accès 21, 22, destinés à être reliés respectivement à un cornet rayonnant et à une chaîne RF, et d'un tronçon de guide d'onde d'adaptation 20 localisé entre les deux guides d'onde d'accès 21, 22 et formant un iris de couplage entre les deux guides d'onde d'accès. Les deux guides d'onde d'accès 21, 22 peuvent par exemple être à section circulaire ou carrée. Le guide d'onde d'accès 22 peut être relié au cornet rayonnant et le guide d'onde d'accès 21 peut être relié au guide d'onde principal 31 de la chaîne RF, les deux guides d'onde d'accès ayant des axes respectifs orientés selon des directions différentes. Les deux guides d'onde d'accès 21, 22 et le tronçon de guide d'onde d'adaptation 20 forment un ensemble coudé, le coude ayant un sommet 27 situé sur le tronçon de guide d'onde d'adaptation 20 et un angle d'ouverture Θ dont la valeur est prédéfinie individuellement pour chaque cornet de façon à incliner l'axe 23 du guide d'onde d'accès 22 relié au cornet par rapport à l'axe 24 du guide d'onde d'accès 21 relié à la chaîne RF dans la direction souhaitée. Cela permet d'orienter le cornet rayonnant par rapport à la plaque support 17 et donc d'orienter la direction de rayonnement du cornet, cette direction de rayonnement correspondant à l'axe 23. L'angle d'inclinaison α de l'axe 23 par rapport à l'axe 24 est compris entre zéro et quelques degrés, sa valeur étant définie en fonction de l'emplacement du cornet sur la plaque support et donc en fonction de son emplacement par rapport au point focal du réseau rayonnant d'une antenne munie d'un réflecteur. L'angle d'ouverture Θ du coude dépend de la position $\Delta(x, y)$ de la source rayonnante dans le réseau et de la distance focale équivalente F_e de l'antenne, selon la relation suivante :

$$\Theta = \arctan (\Delta(x, y) / F_e)$$

[0021] Chaque bague d'orientation coudée permet donc d'orienter un cornet rayonnant par rapport à la plaque de support et donc d'orienter correctement ledit cornet rayonnant par rapport à un réflecteur d'une antenne multifaisceaux. La bague d'orientation coudée peut être réalisée par usinage des guides d'onde 21, 22, 20 dans la masse sous forme de deux demi-coquilles complé-

mentaires qui sont assemblées par toute technique connue pour reconstituer des guides d'onde complets.

[0022] Alternativement, comme représenté sur la figure 5, la bague d'orientation coudée peut être réalisée en une seule partie dans une pièce monobloc par exemple en utilisant une imprimante 3D. Dans ce cas, la bague d'orientation coudée est un morceau de toron souple, par exemple un cylindre ou un tuyau souple, ce qui permet d'atteindre des angles d'inclinaison du cornet plus importants.

[0023] La figure 6a illustre un schéma en coupe transversale d'un exemple de chaîne RF planaire fonctionnant dans une seule bande de fréquence, selon l'invention. La chaîne RF, réalisée en technologie guide d'onde, comporte un guide d'onde principal 31 ayant un axe longitudinal disposé perpendiculairement au plan XY, un transducteur orthomode OMT 30, des composants radiofréquence de type coupleurs 33 et filtres 32 fonctionnant en bipolarisation et des accès d'entrée/sortie 34, 35 respectivement dédiés aux deux polarisations. Les accès d'entrée/sortie peuvent être en polarisation linéaire ou circulaire. L'OMT peut être symétrique et comporter quatre branches transversales ou alternativement, être dissymétrique et comporter deux branches transversales orthogonales entre elles. Sur l'exemple de la figure 6a, l'OMT comporte une entrée d'excitation axiale couplée au guide d'onde principal 31 et deux branches transversales 41, 42, orthogonales entre elles, situées dans le plan XY et couplées perpendiculairement au guide d'onde principal 31 par deux fentes de couplage non représentées. Les deux fentes de couplage sont aménagées dans la paroi du guide d'onde principal 31 et sont espacées angulairement d'un angle 26 égal à 90°. Les branches transversales de l'OMT sont reliées aux composants radiofréquence 32, 33. Le guide d'onde principal 31 comporte une extrémité supérieure destinée à être raccordée à un cornet rayonnant 16 par l'intermédiaire de la bague coudée 18. Les composants RF, de type coupleurs 33 et filtres 32, sont dédiés au traitement des signaux RF correspondant à une même bande de fréquence. L'OMT alimente le cornet (en transmission), ou est alimenté par le cornet (en réception), sélectivement soit avec un premier mode électromagnétique présentant une première polarisation linéaire, soit avec un second mode électromagnétique présentant une seconde polarisation linéaire orthogonale à la première. Aux première et seconde polarisations sont associées deux composantes de champs électriques E_x , E_y dont l'orientation est imposée par l'orientation des chaînes RF situées dans le plan XY et donc par la position des deux fentes de couplage. l'orientation du champ E_x est parallèle au guide d'onde de la branche transversale 42, l'orientation du champ E_y est parallèle au guide d'onde de la branche transversale 41.

[0024] Les figures 7a et 7b illustrent deux vues d'un exemple de deux chaînes RF planaires empilées permettant un fonctionnement dans deux bandes de fréquence différentes, selon l'invention. Pour un fonction-

nement dans plusieurs bandes de fréquence différentes, par exemple deux bandes de fréquence respectivement dédiées à l'émission et à la réception, il est possible d'empiler plusieurs chaînes RF différentes, respectivement dédiées à chaque bande de fréquence, dans des couches planaires différentes. Dans ce cas, la structure de la chaîne RF de chaque source rayonnante comporte donc au moins deux étages différents, respectivement supérieur 36 et inférieur 37, empilés l'un au-dessus de l'autre et respectivement dédiés à la bande de fréquence de réception et à la bande de fréquence d'émission des signaux radiofréquence. Chaque étage radiofréquence est disposé perpendiculairement à l'axe longitudinal du guide d'onde principal 31 de la chaîne RF.

[0025] Sur les figures 7a et 7b, l'OMT 30 couplé au guide d'onde principal 31 axial commun à tous les signaux d'émission et de réception est le même que sur la figure 6a et comporte deux branches transversales par étage, mais ce n'est pas indispensable, un OMT à quatre branches transversales peut aussi être utilisé. Les branches transversales supérieures 41, 42 reliées aux composants radiofréquence de l'étage RF supérieur 36, peuvent être dédiées à la réception des signaux RF et les deux branches transversales inférieures 43, 44 reliées aux composants radiofréquence de l'étage RF inférieur 37, peuvent être dédiées à l'émission des signaux RF. Le guide d'onde principal axial 31 est usiné dans l'épaisseur des deux couches planaires constituant les étages supérieur et inférieur, et est couplé d'une part aux branches transversales supérieures 41, 42 de l'OMT par des premières fentes axiales de couplage et d'autre part aux branches transversales inférieures 43, 44 de l'OMT par des secondes fentes axiales de couplage. Les premières fentes axiales de couplage sont situées à une même première hauteur dans la paroi du guide d'onde axial et espacées angulairement d'un angle égal à 90° et respectivement, les secondes fentes axiales de couplage sont situées à une même deuxième hauteur dans la paroi du guide d'onde axial et espacées angulairement d'un angle égal à 90° . La première hauteur correspond à l'étage supérieur de la chaîne RF et la deuxième hauteur correspond à l'étage inférieur de la chaîne RF. Pour réduire l'encombrement de la chaîne RF, les premières fentes axiales peuvent être alignées au-dessus des secondes fentes axiales, mais ce n'est pas indispensable, elles peuvent aussi être décalées angulairement les unes par rapport aux autres.

[0026] Avantagusement, dans le cas où un fonctionnement dans plusieurs bandes de fréquence est souhaité, il suffit d'augmenter le nombre d'étages de la chaîne RF, chaque étage étant dédié à l'une des bandes de fréquence souhaitées.

[0027] Chaque chaîne RF peut par exemple être fabriquée en deux parties complémentaires, appelées demi-coquilles, par un procédé d'usinage connu, les deux demi-coquilles métalliques étant ensuite assemblées entre elles par tout type de liaison connue, soudure, colle, vis. Les composants radiofréquence sont alors constitués

par des rainures usinées dans les deux demi-coquilles métalliques.

[0028] Dans le cas d'une application dans le domaine des télécommunications, la dissymétrie de la bague d'orientation coudée n'a pas d'impact sur les performances des sources rayonnantes car le guide d'onde principal d'entrée d'excitation auquel est raccordé le cornet rayonnant est dimensionné pour ne laisser se propager qu'un seul mode de propagation correspondant au mode fondamental. Par conséquent, tous les autres modes, et en particulier les modes à symétrie impaire engendrés par la dissymétrie de la bague d'orientation coudée peuvent potentiellement être éliminés par des pièges placés en entrée de l'ensemble d'excitation.

[0029] Pour ne pas affecter les caractéristiques de rayonnement de la source rayonnante ainsi réalisée, le coude de la bague d'orientation 18 doit être placé dans un plan de symétrie de la chaîne RF, vis-à-vis des composantes E_x , E_y de champ principaux engendrées dans le guide d'onde principal axial 31 par l'OMT. En effet, en l'absence de respect du plan de symétrie, le coude sera vu comme un défaut différent par les deux branches transversales de la chaîne RF et par les deux fentes de couplage espacées angulairement de 90° , ce qui aura pour conséquence de détériorer la pureté de la polarisation. Le montage de la bague d'orientation 18 par rapport à la chaîne RF doit donc être réalisé en tenant compte de l'orientation des deux champs principaux orthogonaux E_x , E_y engendrés dans le guide d'onde principal axial 31 de la chaîne RF. Par rapport aux deux champs principaux orthogonaux E_x , E_y , le plan de symétrie est le plan contenant la bissectrice de l'angle formé par les directions d'orientation des deux champs principaux E_x et E_y . Le coude doit donc être positionné dans ce plan de symétrie de façon à être vu avec la même phase par les deux fentes de couplage de la chaîne RF planaire et pour que la discontinuité radiofréquence engendrée par le coude occasionne le même impact sur les deux composantes de champ du mode fondamental. Sur le schéma de la figure 6a, le seul plan de symétrie possible est le plan perpendiculaire au plan XY contenant la bissectrice 25 de l'angle formé par les deux directions des composantes de champ orthogonales E_x et E_y , c'est-à-dire de l'angle séparant les deux fentes de couplage de l'OMT, ou encore de l'angle 26 formé par les deux branches transversales 41, 42. Le sommet 27 (visible sur la figure 4) du coude de la bague d'orientation 18 est donc placé dans un plan orthogonal au plan XY et contenant la bissectrice 25 de l'angle 26 séparant les deux fentes de couplage orthogonales, c'est-à-dire l'angle 26 formé par les deux branches transversales 41, 42. Dans le cas d'un OMT à quatre branches transversales, il y a quatre fentes de couplage régulièrement espacées angulairement. La bissectrice 25 correspond alors à celle de l'angle séparant deux fentes de couplage orthogonales consécutives, c'est-à-dire la bissectrice de l'angle situé entre deux branches transversales orthogonales consécutives.

[0030] La chaîne RF décrite en liaison avec les figures 6a, 7a, 7b, présente l'avantage d'avoir une architecture, monocouche ou multicouches, complètement plane, tous les composants radiofréquence correspondant à une même bande de fréquence étant fabriqués par usinage sous la forme de deux demi-coquilles métalliques empilées et assemblées entre elles. La fabrication de tous les composants radiofréquence par usinage procure une très grande robustesse de la chaîne RF vis-à-vis des dispersions de performances liées à la fabrication des composants. En effet, tous les composants correspondant à une même bande de fréquence étant localisés dans une même couche physique, tous les chemins électriques dédiés aux deux polarisations de chaque chaîne RF sont symétriques et induisent donc la même dispersion de phase. Par ailleurs, le fraisage, qui est le seul mode d'usinage adapté à la fabrication de demi-coquilles, permet de garantir des états de surface excellents et autorise le dépôt d'un revêtement d'argent sur les pièces usinées pour permettre une réduction des pertes ohmiques d'environ 30%.

[0031] Dans le cas d'un fonctionnement dans plusieurs bandes de fréquence différentes, la structure multicouches de la chaîne RF forme un ensemble multi-bandes, bipolarisation, très compact, à très faible coût qui est compatible d'une implantation dans un réseau de sources rayonnantes à maille réduite et qui peut être intégré dans une plaque de support commune à plusieurs chaînes RF comme le montre la figure 2. Les accès d'entrée/sortie 34, 35, 38, 39 de la chaîne RF peuvent être orientés sur les côtés, comme sur les figures 7a, 7b, ou vers l'avant ou vers l'arrière, en fonction des besoins.

[0032] Comme représenté sur les exemples des figures 8a et 8b, cette architecture permet également la fabrication d'un réseau rayonnant sectorisé en plusieurs panneaux rayonnants 50a, 50b, 50c, 50d, 50e indépendants, chaque panneau rayonnant étant constitué d'un module structural intégrant un sous-ensemble de plusieurs sources rayonnantes 54 comportant des chaînes RF usinées en matrice dans une plaque de support commune 51 à toutes les sources 54 du sous-ensemble, et indépendante des plaques de support des sources des autres panneaux. Les guides d'onde d'alimentation et de sortie RF des différentes sources rayonnantes intégrées dans chaque panneau 50a sont alors routés dans la plaque de support commune jusqu'aux accès 55 d'entrée et de sortie respectifs qui peuvent par exemple être regroupés en un même endroit du panneau correspondant. Par exemple, tous les accès 55 d'entrée et de sortie peuvent être alignés les uns à côté des autres, sur un bord du panneau. Dans ce cas, la fabrication des chaînes RF intégrées dans chaque panneau peut être mutualisée, l'ensemble des chaînes RF étant réalisé par usinage sous la forme de trois demi-coquilles empilées et assemblées entre elles. Cela permet de réduire les coûts de fabrication et de diminuer les pertes.

[0033] Les différents panneaux rayonnants 50a, 50b, 50c, 50d, 50e, sont ensuite assemblés les uns aux autres

pour former le réseau rayonnant. Pour faciliter l'assemblage des différents panneaux entre eux, les formes des découpes des différentes plaques de support correspondant à chaque panneau sont complémentaires les unes des autres pour qu'elles puissent s'emboîter les unes dans les autres, comme le montre la figure 8c. Chaque panneau du réseau rayonnant peut alors être orienté indépendamment des autres panneaux. L'orientation des chaînes RF intégrées dans chaque panneau est alors assurée globalement par l'orientation du panneau correspondant, puis affinée individuellement pour chaque source rayonnante du panneau par l'intermédiaire de la bague d'orientation dédiée qui assure l'orientation individuelle de chaque cornet rayonnant correspondant à chaque source rayonnante. Le réseau rayonnant forme alors un ensemble facetté, chaque facette étant constituée d'un panneau rayonnant.

[0034] Un exemple d'implantation d'un réseau rayonnant dans une antenne multifaisceaux est représenté sur la figure 9. Le réseau rayonnant comporte au moins un module structural ou au moins un panneau rayonnant, le panneau rayonnant comportant un module structural intégrant des sources rayonnantes. Le réseau rayonnant 60 conforme à l'invention est placé au foyer d'un réflecteur 61 pour élaborer plusieurs faisceaux différents 1, 2, 3. Chaque source rayonnante est orientée individuellement, par l'intermédiaire de la bague d'orientation dédiée, selon son emplacement dans le réseau rayonnant par rapport au réflecteur.

[0035] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec des modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

Revendications

1. Module structural d'antenne intégrant des sources rayonnantes élémentaires, chaque source rayonnante comportant une chaîne radiofréquence RF (10) reliée à un cornet rayonnant (16), la chaîne RF (10) comportant un guide d'onde principal (31) ayant un axe longitudinal disposé perpendiculairement à un plan XY et un transducteur orthomode OMT (30) comportant deux branches transversales (41, 42) orthogonales entre elles, situées parallèlement au plan XY et couplées perpendiculairement au guide d'onde principal (31) par des fentes de couplage, **caractérisé en ce que** le cornet rayonnant (16) est couplé à une extrémité terminale (5) du guide d'onde principal (31) par l'intermédiaire d'une bague d'orientation (18) coudée destinée à orienter le cornet rayonnant (16) dans une direction souhaitée différente de l'axe longitudinal du guide d'onde principal (31), le coude de la bague d'orientation (18) étant placé dans un plan de symétrie de la chaîne RF, le plan de sy-

métrie étant orthogonal au plan XY et contenant la bissectrice (25) de l'angle (26) formé par les deux branches transversales (41,42).

2. Module structural selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre une plaque de support (17) commune à toutes les sources rayonnantes, les chaînes RF (10) étant complètement intégrées dans la plaque de support (17). 5
3. Module structural selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la bague d'orientation (18) associée à chaque cornet rayonnant est logée dans une ouverture dédiée aménagée dans une face avant (19) de la plaque de support (17). 10 15
4. Module structural selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'extrémité terminale (5) du guide d'onde principal (31) de chaque chaîne RF est logée dans une ouverture dédiée aménagée dans une face avant de la plaque de support (17) et **en ce que** la bague d'orientation (18) associée à chaque cornet rayonnant est fixée sur une face avant (19) de la plaque de support (17), dans le prolongement de l'extrémité terminale (5) correspondante. 20 25
5. Module structural selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la bague d'orientation (18) de chaque source rayonnante est constituée de trois parties solidaires entre elles, les trois parties étant constituées de deux guides d'onde d'accès (21, 22) rigides ayant des axes longitudinaux (24, 23) différents et destinés à être respectivement reliés à un cornet rayonnant et à une chaîne RF, et d'un tronçon de guide d'onde d'adaptation (20) localisé entre les deux guides d'onde d'accès, le tronçon de guide d'onde d'adaptation (20) formant le coude de la bague d'orientation (18). 30 35
6. Module structural selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la bague d'orientation (18) comporte un iris de couplage. 40
7. Panneau rayonnant **caractérisé en ce qu'il** comporte un module structural selon l'une des revendications précédentes. 45
8. Panneau rayonnant selon la revendication 7 **caractérisé en ce que** les sources rayonnantes (54) sont usinées en matrice dans la plaque de support commune (17, 51) et comportent en outre des guides d'onde d'alimentation et de sortie respectifs, routés dans la plaque de support commune et respectivement reliés à des accès (55) d'entrée et de sortie regroupés les uns à côtés des autres sur le panneau rayonnant. 50 55
9. Réseau rayonnant **caractérisé en ce qu'il** comporte

au moins un panneau rayonnant selon la revendication 8.

10. Réseau rayonnant selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'il** comporte plusieurs panneaux rayonnants (50a, 50b, 50c, 50d, 50e) orientables indépendamment les uns des autres.
11. Antenne multifaisceaux **caractérisée en ce qu'elle** comporte au moins un réseau rayonnant selon l'une des revendications 9 ou 10.

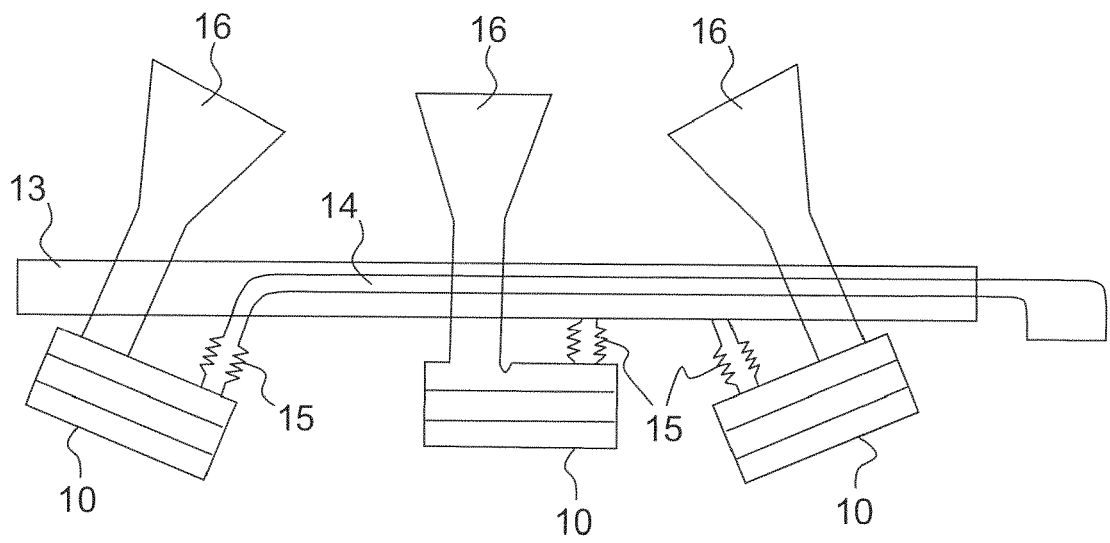


FIG.1

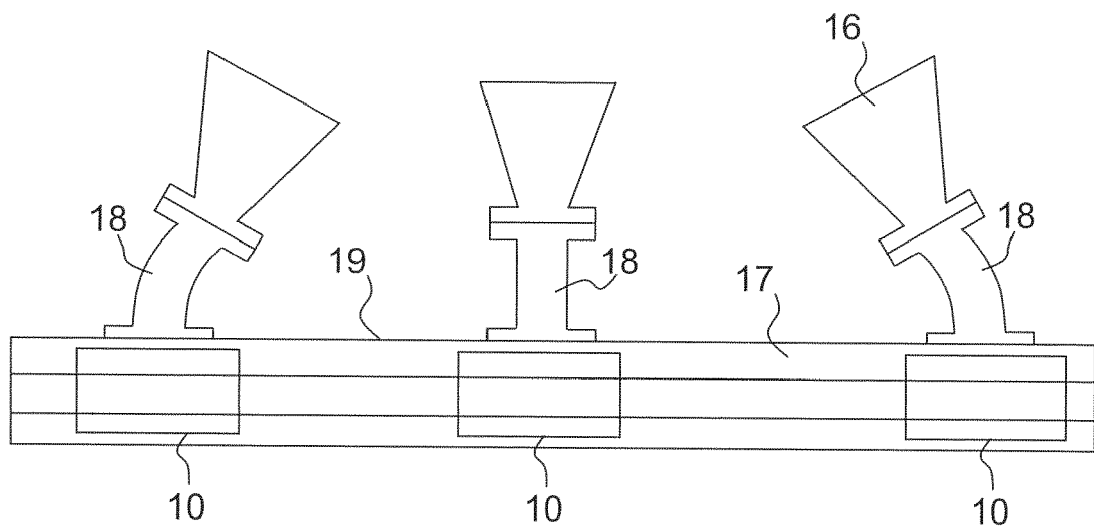
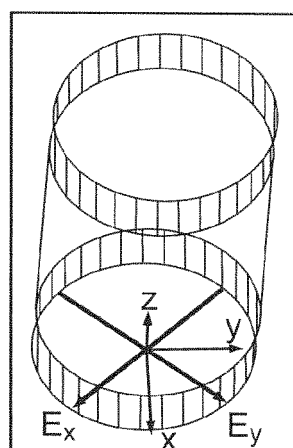
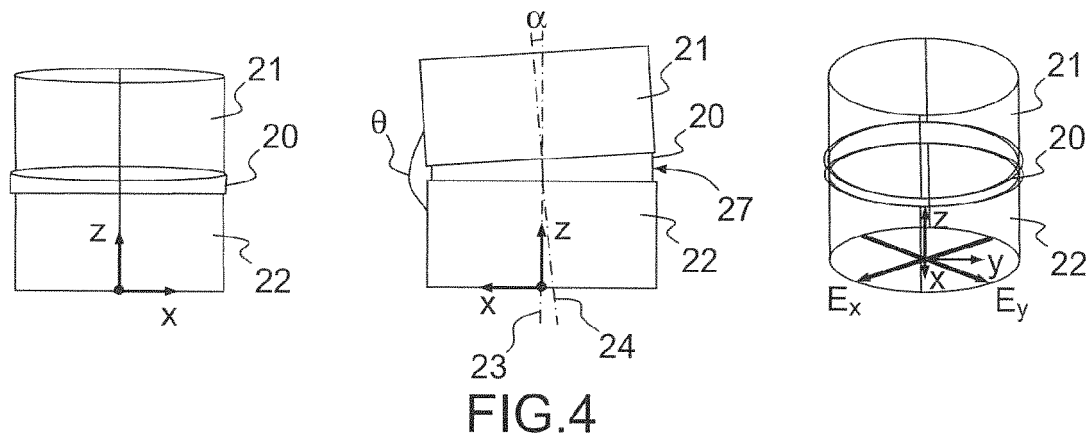
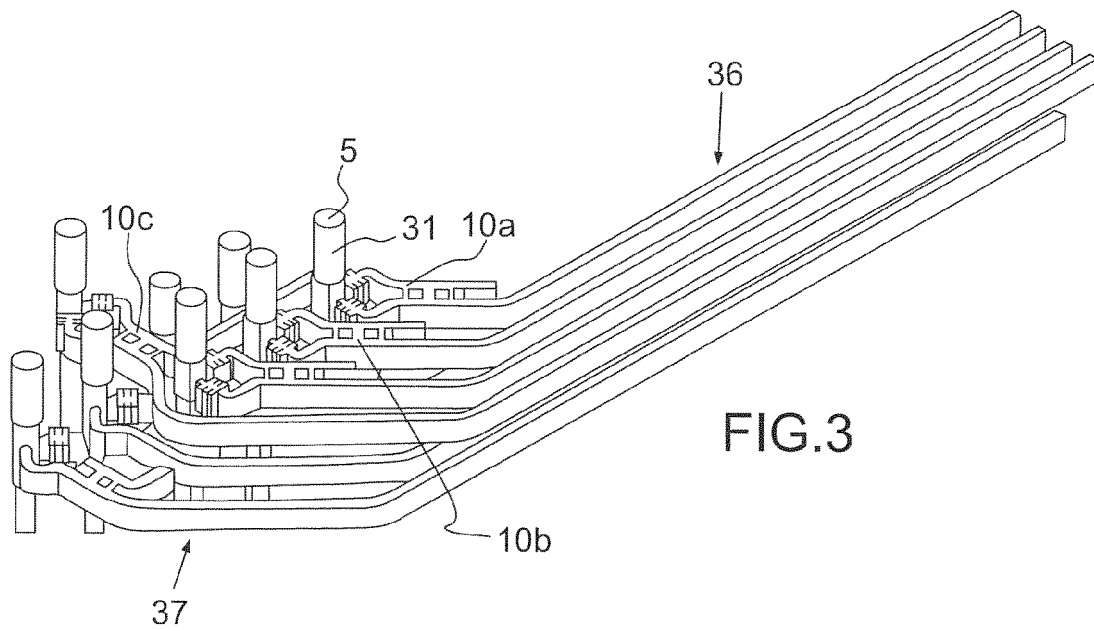


FIG.2



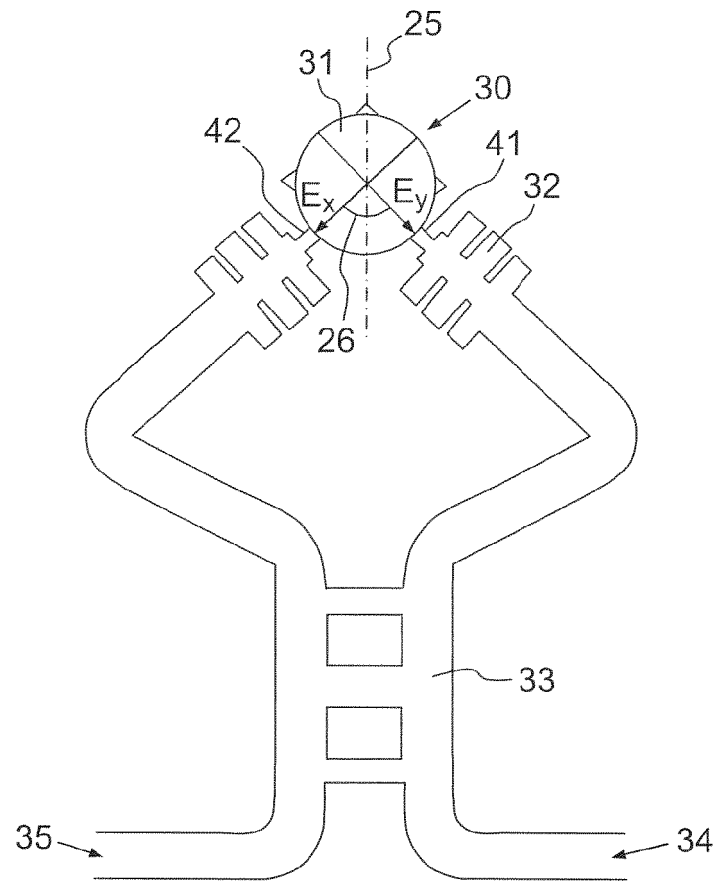


FIG. 6a

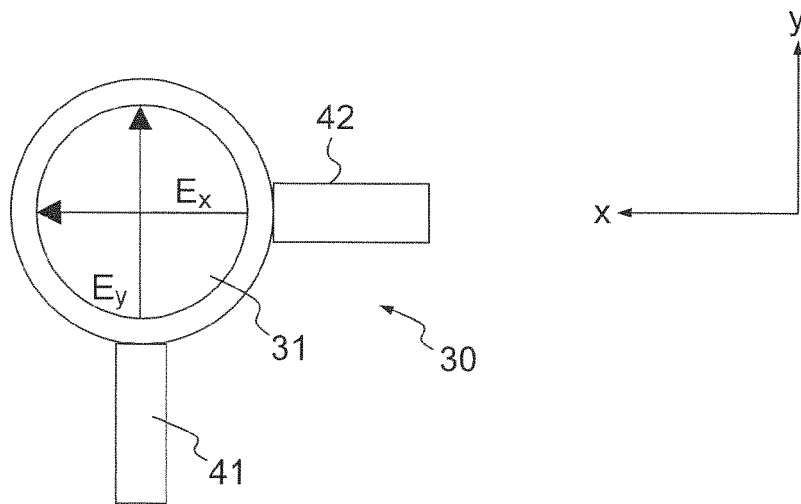


FIG. 6b

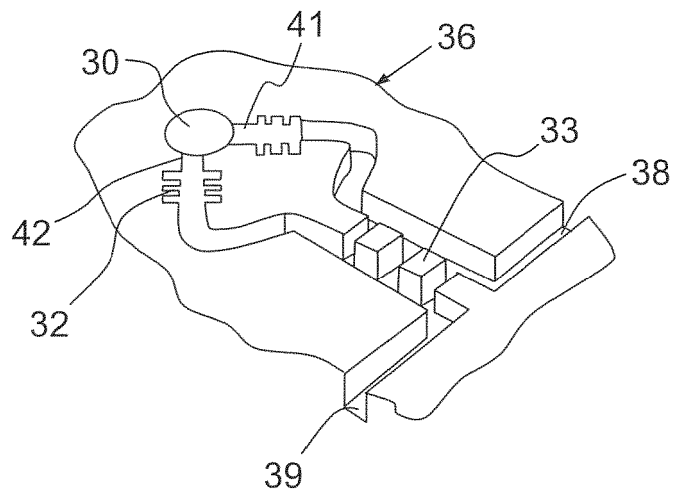


FIG. 7a

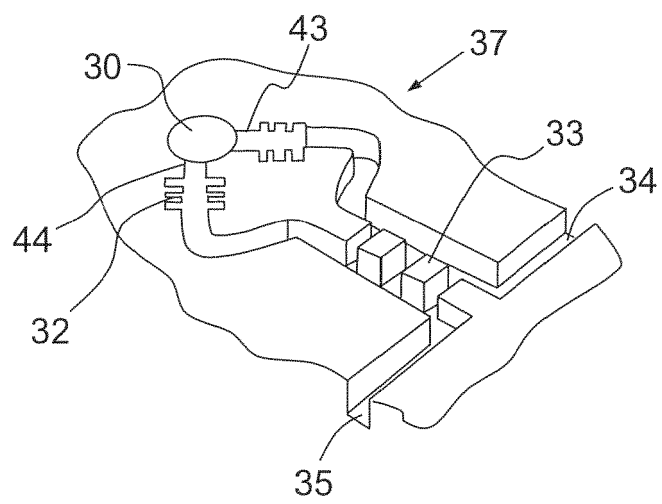


FIG. 7b

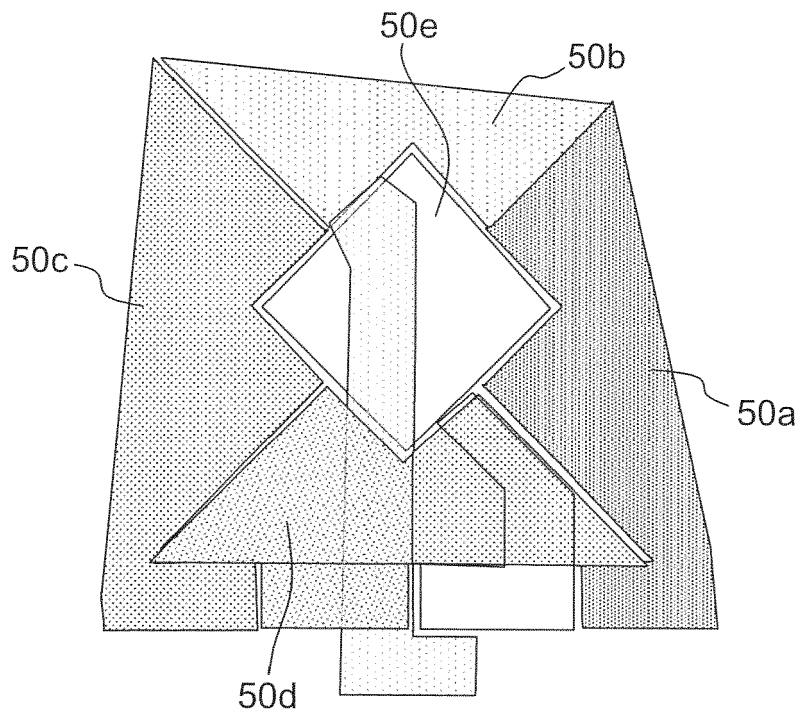


FIG. 8a

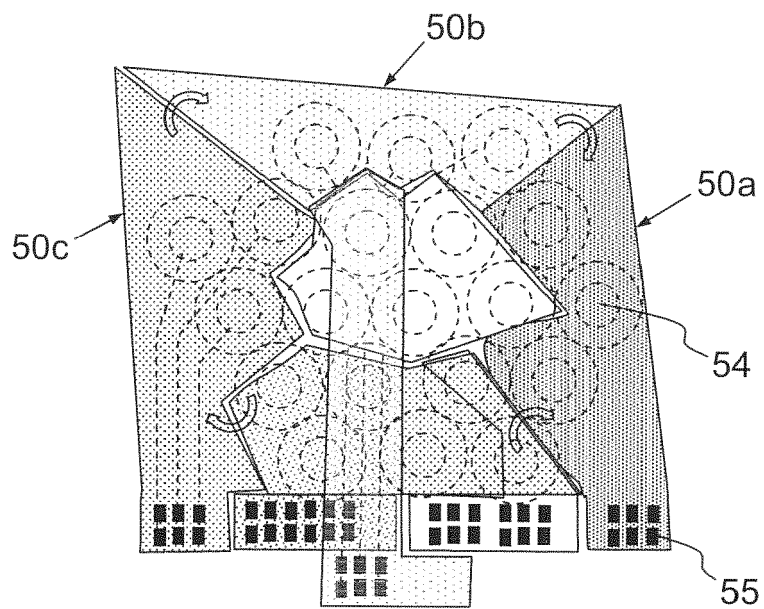


FIG. 8b

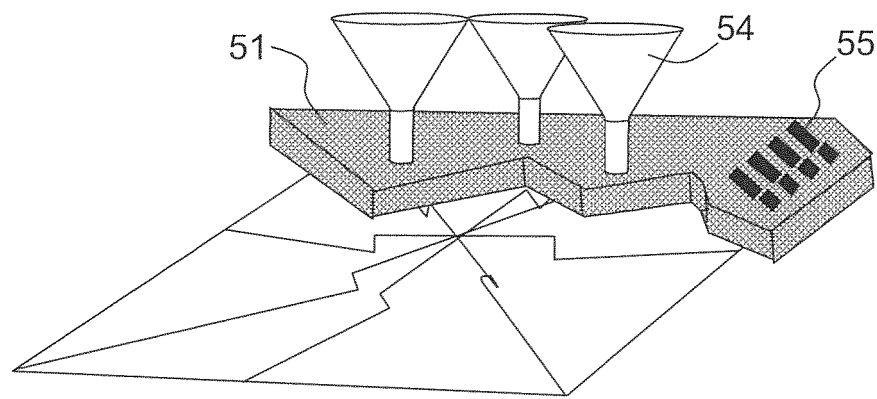


FIG. 8c

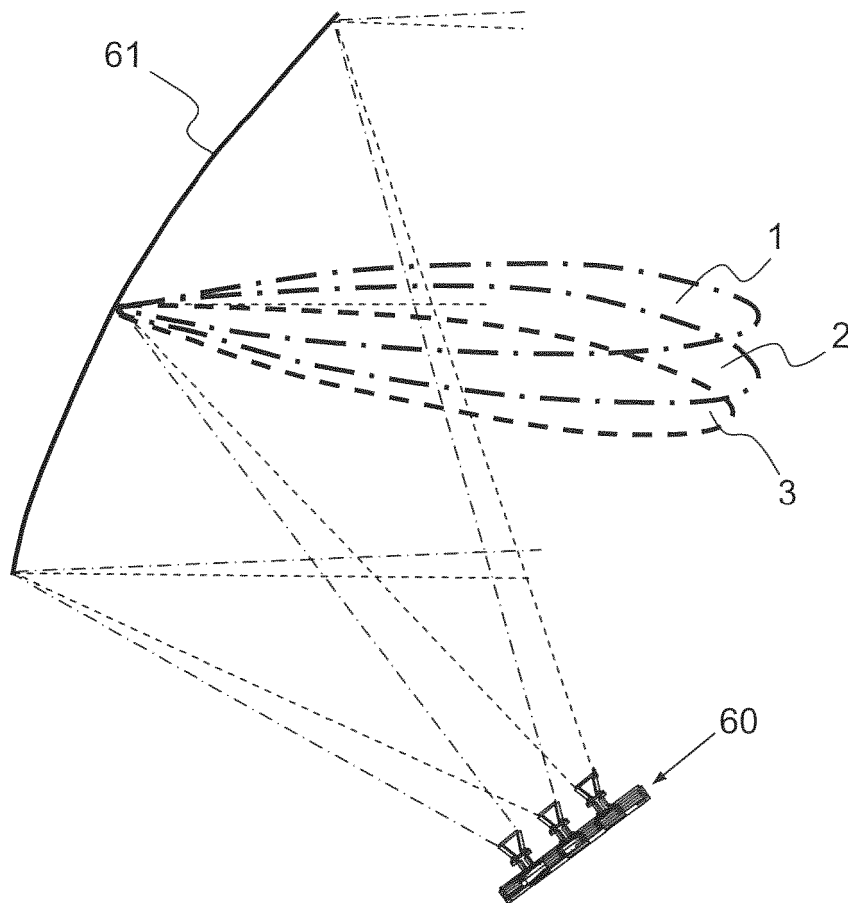


FIG. 9



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 16 5325

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	JP 2008 131575 A (SHARP KK) 5 juin 2008 (2008-06-05) * abrégé; figures 1-3 *	1-11	INV. H01Q13/02 H01Q19/17 H01Q21/06 H01Q25/00
A	EP 2 202 839 A1 (THALES SA [FR]) 30 juin 2010 (2010-06-30) * abrégé; figures 1-3 *	1-11	
A	JP S62 203401 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 8 septembre 1987 (1987-09-08) * abrégé; figures 2,3,5 *	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 13 septembre 2016	Examineur Ribbe, Jonas
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 16 16 5325

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

13-09-2016

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2008131575 A	05-06-2008	AUCUN	
EP 2202839 A1	30-06-2010	CA 2678530 A1	16-06-2010
		CN 101752632 A	23-06-2010
		EP 2202839 A1	30-06-2010
		FR 2939971 A1	18-06-2010
		JP 5678314 B2	04-03-2015
		JP 2010148109 A	01-07-2010
		RU 2009133480 A	20-03-2011
		US 2010149058 A1	17-06-2010
JP S62203401 A	08-09-1987	JP H077882 B2	30-01-1995
		JP S62203401 A	08-09-1987

EPO FORM P0460

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