



(11) **EP 2 365 584 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
11.07.2018 Bulletin 2018/28

(51) Int Cl.:
H01Q 9/27 (2006.01) **H01Q 1/48** (2006.01)
H01Q 15/00 (2006.01) **H01Q 15/14** (2006.01)
H01Q 19/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11157387.9**

(22) Date de dépôt: **08.03.2011**

(54) **Dispositif d'antenne comportant une antenne plane et un réflecteur d'antenne large bande et procede de realisation du réflecteur d'antenne**

Antennenvorrichtung mit einer Planarantenne und einem Breitbandreflektor sowie ein Herstellungsverfahren des Reflektors

Antenna device with a planar antenna and a wide band reflector and method of realizing of the reflector

(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**

(30) Priorité: **09.03.2010 FR 1000943**

(43) Date de publication de la demande:
14.09.2011 Bulletin 2011/37

(73) Titulaire: **THALES
92400 Courbevoie (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Grelier, Michaël
75016, PARIS (FR)**
• **Mallegol, Stéphane
78990, ELANCOURT (FR)**
• **Jousset, Michel
29810, PLOUMOGUER (FR)**
• **Begaud, Xavier
93360, NEUILLY PLAISANCE (FR)**

• **Lepage, Anne Claire
75015, PARIS (FR)**

(74) Mandataire: **Collet, Alain et al
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble Visium
22, Avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)**

(56) Documents cités:
FR-A1- 2 922 687 JP-A- 2007 096 868
US-A- 4 905 014 US-A1- 2009 079 637

• **HE X ET AL: "A broadband compound printed
air-fed array antenna", METAMATERIALS, 2008
INTERNATIONAL WORKSHOP ON, IEEE,
PISCATAWAY, NJ, USA, 9 novembre 2008
(2008-11-09), pages 263-266, XP031378593, ISBN:
978-1-4244-2608-9**

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).

Description

[0001] L'invention s'applique au domaine des antennes planes pour des systèmes de télécommunication à très large bande. Elle concerne un réflecteur d'antenne à structure de type conducteur magnétique artificiel pour une antenne plane. L'invention concerne également un dispositif d'antenne comportant une antenne plane et un réflecteur d'antenne, ainsi qu'un procédé de conception du réflecteur d'antenne.

[0002] Dans le cadre de certaines applications, les antennes doivent avoir une large bande de fréquence de fonctionnement, par exemple de l'ordre de la décade, c'est-à-dire une bande de fréquence dont la fréquence maximale est au moins égale à dix fois la fréquence minimum. Les antennes planes, notamment les antennes spirales, font partie de ces antennes à large bande de fréquence. Une antenne spirale est généralement constituée d'un support diélectrique sur lequel est gravé un élément rayonnant. L'élément rayonnant comporte au moins deux brins enroulés en spirale et dont les extrémités intérieures sont alimentées en courant. Selon le nombre de brins et la phase du courant dans chaque brin, le rayonnement électromagnétique de l'antenne spirale est différent. La largeur de la bande de fréquence dépend des diamètres interne et externe de la spirale.

[0003] D'un point de vue théorique, une antenne plane possède une structure symétrique et rayonne donc dans tout l'espace, en particulier dans les deux directions orthogonales au plan de l'antenne. Mais d'un point de vue pratique, l'antenne plane doit nécessairement comporter un support, au moins pour rigidifier l'antenne et l'alimenter en courant. Or celui-ci génère des perturbations liées au rayonnement dit arrière de l'antenne. Par exemple, le support peut absorber une partie du rayonnement arrière, conduisant ainsi à des pertes de puissance. Le support peut également réfléchir une partie du rayonnement arrière, mais interférant avec le rayonnement émis dans la direction opposée, appelé rayonnement avant. Enfin, le support peut induire du courant et générer lui-même un rayonnement parasite, réduisant ainsi la bande de fréquence de fonctionnement. Un support idéal serait un support qui n'absorbe rien des rayonnements reçus, mais qui les réfléchit intégralement en phase sur toute la largeur de la bande de fréquence, et qui ne génère pas de rayonnement parasite par induction. Il présenterait en outre un encombrement minimum, le volume d'implantation étant ainsi limité.

[0004] Une première solution vise à maximiser l'absorption du rayonnement arrière par le support dans le but de réduire le rayonnement réfléchi en décalage de phase avec le rayonnement avant. Le support comporte alors une cavité réalisée avec un matériau absorbant, par exemple à base de carbone ou de poudre de fer. L'encombrement global étant fonction de la profondeur de la cavité, celle-ci peut être placée juste derrière l'antenne. Le matériau absorbant a également l'avantage de ne pas induire de courant et donc de ne pas générer de rayonnements parasites. Cependant, les pertes de puissance sont importantes puisque tout le rayonnement arrière est inexploité. De plus, les propriétés absorbantes d'un matériau dépendent de la fréquence du rayonnement. Le rayonnement arrière ne peut donc pas être absorbé sur toute la bande de fréquence de fonctionnement. En outre, les supports à cavité absorbante sont difficilement reproductibles dans la mesure où les propriétés électromagnétiques varient d'un échantillon de matériau à un autre. Enfin, le poids et le volume du support augmentent rapidement quand la fréquence du rayonnement à absorber diminue.

[0005] Une deuxième solution vise à maximiser la réflexion du rayonnement arrière, en assurant que la réflexion se fait en phase. Pour cela, un plan conducteur ayant des propriétés de réflexion optimum est disposé à une distance de l'antenne égale au quart de la longueur d'onde moyenne du rayonnement qu'elle émet ou qu'elle reçoit. A une telle distance, le rayonnement arrière réfléchi se retrouve en phase avec le rayonnement avant. Le principal inconvénient de cette solution est que la distance ne peut être ajustée de façon optimale que pour une seule longueur d'onde. Le rayonnement émis ou reçu à des longueurs d'onde éloignées de cette longueur d'onde moyenne risque donc d'être perturbé, limitant, de fait, la largeur de bande de l'antenne. Un autre inconvénient de cette solution est que le quart de la longueur d'onde représente rapidement une distance importante pour les fréquences basses, ce qui engendre une épaisseur globale pour l'antenne relativement importante. En outre, le plan conducteur a des propriétés d'induction importantes et des phénomènes de réflexion et de diffraction se produisent au bord de l'antenne, générant ainsi des rayonnements parasites.

[0006] Enfin, une troisième solution vise à récupérer le rayonnement arrière tout en minimisant les rayonnements parasites du support. A cet effet, une structure CMA, pour Conducteur Magnétique Artificiel, est disposée sous le plan de l'antenne du côté du rayonnement arrière, de manière à former un réflecteur d'antenne. Une structure CMA classique comporte un support diélectrique, des motifs conducteurs électriques disposés périodiquement sur une première surface du support diélectrique et un plan conducteur électrique uniforme (plan de masse) sur une deuxième surface du support diélectrique. Chaque motif conducteur peut être relié au plan de masse par des trous d'interconnexion, généralement appelés "vias" dans la littérature anglo-saxonne. Une structure CMA a la propriété de réfléchir les ondes électromagnétiques en phase, ce qui implique de la positionner au plus près de l'antenne et qui permet de réduire l'épaisseur du dispositif d'antenne comportant l'antenne et la structure CMA. Une structure CMA peut aussi avoir la propriété d'interdire la propagation des ondes électromagnétiques dans certaines directions du plan dans lequel sont disposés les motifs conducteurs, ce qui empêche de générer un rayonnement parasite. On parle alors de structure à bande interdite électromagnétique (BIE). Cependant, les propriétés d'une structure de type BIE ou CMA ne se manifestent que dans une

certaines bande de fréquence, appelée soit bande BIE, soit bande CMA selon le cas considéré. Cette bande de fréquence, notamment sa fréquence centrale et ses fréquences de coupure basse et haute, dépendent de la forme et des dimensions des motifs conducteurs, ainsi que de l'épaisseur du support diélectrique de la structure. En particulier, pour une épaisseur du support diélectrique relativement faible, c'est-à-dire très petite devant la longueur d'onde, la largeur de bande est très faible, c'est-à-dire très inférieure à l'octave, que l'on considère la bande BIE ou la bande CMA. Ainsi, les contraintes d'encombrement font que les antennes actuelles comportant un réflecteur à structure BIE ou CMA ne permettent pas de fonctionner sur une large bande de fréquence, supérieure à la décade.

[0007] Le document FR2922687 décrit un réflecteur d'antenne comprenant un réseau périodique de motifs métalliques, dimensionnés de façon à ce que la fréquence de résonance de la surface de type haute impédance soit située au milieu de la fréquence de fonctionnement de l'antenne. La forme et les dimensions des motifs métalliques sont identiques sur toute la surface du réflecteur. Un but de l'invention est notamment de remédier aux inconvénients précités en proposant un réflecteur d'antenne à structure CMA à large bande de fréquence et à encombrement réduit. A cet effet, l'invention a pour objet l'adaptation locale d'une structure CMA en fonction du rayonnement émis ou reçu localement par l'antenne. Plus précisément, l'invention a pour objet un procédé selon la revendication 1. Une zone où le rayonnement électromagnétique a la plus forte amplitude peut être déterminée à partir d'une valeur seuil prédéterminée, par exemple sensiblement égale à 25% de l'amplitude maximale.

[0008] L'étape de détermination de la forme et des dimensions d'un ensemble de motifs conducteurs peut comporter les sous-étapes suivantes :

- une sous-étape consistant à déterminer les dimensions des motifs conducteurs d'une structure de type conducteur magnétique artificiel dont les motifs conducteurs sont des rectangles agencés suivant une matrice régulière permettant de former une surface à haute impédance au voisinage de la fréquence de fonctionnement considérée ;
- une sous-étape consistant à conformer les motifs conducteurs rectangulaires à la zone où le rayonnement électromagnétique a la plus forte amplitude à la fréquence de fonctionnement considérée, chaque motif conducteur conservant sensiblement une même surface ;
- une sous-étape consistant à construire un diagramme de phase résultant de l'association de différents diagrammes de phase associés chacun à l'une des structures de type conducteur magnétique artificiel dont les motifs conducteurs sont des rectangles ;
- une sous-étape consistant à choisir, à partir du diagramme de phase, au moins deux ensembles de motifs conducteurs de manière à couvrir les différentes zones de l'antenne plane où le rayonnement électromagnétique a les plus fortes amplitudes sans recouvrement de motifs conducteurs adjacents.

[0009] L'invention a également pour objet une antenne selon la revendication 7. Selon des formes particulières de réalisation :

- la forme et les dimensions des motifs conducteurs sont sensiblement identiques dans chaque ensemble ;
- le réflecteur d'antenne comporte, en outre, un support diélectrique comprenant une surface supérieure et une surface inférieure sensiblement planes et parallèles, le plan de masse étant monté sur la surface inférieure et les motifs conducteurs étant montés sur la surface supérieure ;
- les motifs conducteurs sont reliés électriquement au plan de masse, par exemple par l'intermédiaire de trous d'interconnexion réalisés dans le support diélectrique ;
- l'élément rayonnant comporte des brins électriquement conducteurs mutuellement enroulés autour d'un point central pour former une spirale, les ensembles de motifs conducteurs formant des anneaux concentriques centrés sur le point central ;
- la surface des motifs conducteurs augmente avec l'éloignement des motifs conducteurs du centre du réflecteur d'antenne ;
- l'antenne plane est une antenne à spirale d'Archimède ;
- l'antenne plane est une antenne à spirale logarithmique ;
- l'antenne plane est une antenne sinusoïdale.

[0010] L'invention a notamment pour avantage qu'elle permet d'étendre les propriétés d'une structure CMA à une large bande de fréquence, la bande d'intérêt d'un réflecteur selon l'invention étant formée par un assemblage de bandes de fonctionnement en mode CMA.

[0011] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, un exemple de dispositif d'antenne comportant un réflecteur d'antenne selon l'invention ;
- la figure 2, des étapes possibles pour le procédé de conception d'un réflecteur d'antenne selon l'invention ;

- les figures 3a et 3b, un exemple de distribution d'amplitude du rayonnement électromagnétique émis par une antenne spirale dans la zone de champ proche ;
- la figure 4, un exemple de résultat partiel obtenu par le procédé de conception d'un réflecteur d'antenne selon l'invention ;
- la figure 5, un exemple de diagramme de phase obtenu dans une étape du procédé de conception d'un réflecteur d'antenne selon l'invention ;
- la figure 6, un exemple de réflecteur d'antenne selon l'invention.

[0012] La figure 1 représente un exemple de dispositif d'antenne. Le dispositif d'antenne 1 comporte une antenne spirale 2 et un réflecteur d'antenne 3. L'antenne spirale 2 comporte un support diélectrique 21 et deux brins électriquement conducteurs 22a et 22b de longueur identique et mutuellement enroulés autour d'un point central O pour former une spirale 23. Les brins 22a et 22b forment les éléments rayonnants de l'antenne spirale 2. Le premier brin 22a s'étend entre une extrémité intérieure B et une extrémité extérieure D de la spirale 23. Le deuxième brin 22b s'étend entre une extrémité intérieure A et une extrémité extérieure C de la spirale 23. L'antenne spirale 2 comporte également des moyens d'alimentation des éléments rayonnants, non représentés. Habituellement, les deux brins 22a et 22b sont alimentés par des signaux hyperfréquences en opposition de phase au niveau de leurs extrémités intérieures A et B. Le support diélectrique 21 est par exemple une plaque époxydique de type circuit imprimé. Il comporte une surface supérieure 24 et une surface inférieure 25 sensiblement planes et parallèles. Les brins 22a et 22b peuvent être fixés, imprimés ou gravés sur la surface supérieure 24. Le réflecteur d'antenne 3 comporte un support diélectrique 31, un plan de masse 32 et des ensembles de motifs conducteurs 33. Le support diélectrique 31 peut également être une plaque époxydique de type circuit imprimé. Il comporte une surface supérieure 34 et une surface inférieure 35 sensiblement planes et parallèles. Le plan de masse 32 et les motifs conducteurs 33 peuvent par exemple être fixés, imprimés ou gravés sur la surface inférieure 35 et sur la surface supérieure 34, respectivement. En particulier, toute technique classique de réalisation des circuits imprimés peut être utilisée pour réaliser les motifs conducteurs 33. Chaque motif conducteur 33 peut être électriquement relié au plan de masse 32, par exemple par l'intermédiaire de trous métallisés, non représentés, réalisés dans le support diélectrique 31. En configuration de fonctionnement, l'antenne spirale 2 est montée sur le réflecteur d'antenne 3, la surface inférieure 25 du support diélectrique 21 de l'antenne spirale 2 venant en vis-à-vis de la surface supérieure 34 du support diélectrique 31 du réflecteur d'antenne 3. Le support diélectrique 21 peut venir en appui directement sur les motifs conducteurs 33. Le support diélectrique 21 remplit alors une fonction d'isolation entre l'antenne spirale 2 et le réflecteur d'antenne 3. Cette isolation peut néanmoins être assurée par tout autre moyen.

[0013] Sur la figure 1 est représentée une antenne filaire plane dite à spirale d'Archimède, c'est-à-dire une antenne filaire plane dans laquelle chaque brin a une épaisseur constante et un espacement constant vis-à-vis de l'autre brin. Néanmoins, l'invention s'applique aussi bien à tout type d'antenne plane en général, et à tout type d'antenne à spirale en particulier. Elle s'applique notamment aux antennes à spirale équiangulaire, également appelées antennes à spirale logarithmique, dans lesquelles la largeur des brins et l'espacement entre les brins augmentent en s'éloignant du centre. De même, l'antenne filaire plane de la figure 1 comporte deux brins électriquement conducteurs. Cependant, l'invention s'applique également à des antennes planes comportant un nombre différent de brins mais également à d'autres types de géométrie comme l'antenne sinueuse.

[0014] L'invention utilise les propriétés de fonctionnement des antennes planes. L'élément rayonnant d'une telle antenne, lorsqu'il est excité, émet des ondes électromagnétiques depuis une zone de fonctionnement localisée, liée à l'agencement relatif des brins et au déphasage du courant circulant dans les différents brins. Cette zone de fonctionnement présente la particularité de varier en fonction de la fréquence selon une loi propre à chaque type d'antenne plane. L'invention utilise donc les propriétés de fonctionnement des antennes planes pour adapter les structures à base de conducteur magnétique artificiel (CMA) au rayonnement électromagnétique local. En particulier, les motifs conducteurs ne présentent plus un agencement régulier périodique, mais leur forme géométrique et leurs dimensions varient entre différentes zones de fonctionnement. La forme géométrique et les dimensions des motifs conducteurs sont déterminées pour chaque zone de fonctionnement de manière à former dans ladite zone une surface à haute impédance à la fréquence correspondante. L'impédance de surface Z_s est liée au coefficient de réflexion R par la relation suivante :

$$R = \frac{Z_s - n}{Z_s + n} \quad (1)$$

où n est l'impédance d'onde. Une surface à haute impédance, c'est-à-dire avec une valeur de Z_s très élevée, est donc équivalente à une surface dont le coefficient de réflexion R tend vers un.

[0015] La figure 2 illustre des étapes possibles du procédé de conception d'un réflecteur d'antenne selon l'invention pour une antenne plane. Pour la suite de la description, on continue à considérer le cas particulier d'une antenne spirale comme celle représentée à la figure 1. Le procédé s'applique néanmoins à tout type d'antenne plane. Dans une première

étape 101, le rayonnement émis par l'antenne spirale 2 seule, c'est-à-dire sans réflecteur d'antenne, est caractérisé. Plus précisément, on détermine des distributions de champs en amplitude et en phase du rayonnement électromagnétique émis par l'antenne spirale 2 dans la zone de champ proche dans un plan sensiblement parallèle au plan de l'antenne spirale 2.

[0016] Les distributions d'amplitude sont déterminées successivement pour au moins deux fréquences appartenant à la bande de fréquence de fonctionnement de l'antenne spirale 2. A cet effet, les brins 22a et 22b de l'antenne spirale 2 sont alimentés à leurs extrémités intérieures A et B par des courants de mêmes amplitudes, présentant en général une différence de phase de 180° . Le rayonnement émis par l'antenne spirale 2 présente une amplitude maximale lorsque les courants circulant dans les brins 22a et 22b se trouvent localement en phase. Du fait de la configuration de l'antenne spirale 2 et de l'alimentation dissymétrique, les courants se retrouvent en phase au voisinage d'un cercle de diamètre D égal à la longueur d'onde λ du rayonnement électromagnétique émis par l'antenne spirale 2 divisée par le nombre Pi ($D = \lambda/\pi$). En pratique, le rayonnement électromagnétique émis par une antenne spirale présente une amplitude maximum dans une zone s'apparentant à un anneau circulaire dont le diamètre central est le diamètre précité.

[0017] Les figures 3a et 3b représentent la distribution d'amplitude du rayonnement électromagnétique émis par l'antenne spirale 2 à une fréquence de fonctionnement donnée dans un plan appartenant à la zone de champ proche parallèle au plan de l'antenne spirale 2. Sur la figure 3a, on distingue des anneaux 301 à 307 correspondant à différentes amplitudes de rayonnement. Les anneaux 301 et 307, 302 et 305, 303, 304, et 306 présentent par exemple des amplitudes respectivement égales à 3.10^{-7} J/m³, 3.10^{-6} J/m³, 6.10^{-6} J/m³, 5.10^{-6} J/m³, et $1.5.10^{-6}$ J/m³. L'anneau circulaire 301 correspond ainsi à la zone où le rayonnement électromagnétique présente une amplitude maximale à la fréquence de fonctionnement donnée. La figure 3b représente la distribution d'amplitude du rayonnement électromagnétique en fonction de la distance, projetée sur le plan de l'antenne, du centre O de la spirale 23. La distribution d'amplitude est représentée sur les figures 3a et 3b comme une quantité d'énergie rayonnée par mètre cube (J/m³). Toute autre grandeur peut cependant être utilisée dans la mesure où elle permet de déterminer la puissance du rayonnement distribuée dans un plan proche de l'antenne spirale 2. A partir de cette distribution d'amplitude, il est possible de déterminer la zone où le rayonnement électromagnétique a la plus forte amplitude, appelée zone de fonctionnement 310. Dans le cas d'une antenne spirale, la zone de fonctionnement peut être définie par un rayon minimal $R_{\min}$ et un rayon maximal $R_{\max}$ correspondant à une valeur seuil d'amplitude S prédéterminée. La valeur du seuil S est par exemple choisie sensiblement égale à 25% de l'amplitude maximale du rayonnement électromagnétique, cette valeur s'avérant donner de bons résultats. La zone de fonctionnement est déterminée pour au moins deux fréquences appartenant à la bande de fréquence de fonctionnement de l'antenne spirale. Après la détermination de la distribution d'amplitude du rayonnement à une première fréquence donnée, une ou des distributions d'amplitude sont déterminées à une autre ou d'autres fréquences de fonctionnement données.

[0018] Dans une deuxième étape 102, pour chaque distribution d'amplitude, c'est-à-dire pour chaque fréquence de fonctionnement donnée ou pour chaque zone de fonctionnement, la forme et les dimensions d'un ensemble de motifs conducteurs 33 est déterminée de manière à ce que, lorsqu'ils sont disposés au voisinage de la zone de fonctionnement considérée, les motifs conducteurs 33 de cet ensemble forment localement une surface haute impédance à la fréquence de fonctionnement considérée. Ainsi, en configuration normale, lorsque l'antenne spirale 2 est montée sur le réflecteur d'antenne 3, chaque zone de fonctionnement à une fréquence donnée se trouve en vis-à-vis de la surface haute impédance à ladite fréquence, formée par l'ensemble de motifs conducteurs 33 correspondant. Sur la figure 1, deux ensembles 331 et 332 de motifs conducteurs 33 sont représentés. Il est bien entendu possible de déterminer un plus grand nombre de distributions d'amplitude du rayonnement correspondant à différentes fréquences de fonctionnement, de manière à déterminer au moins autant d'ensembles de motifs conducteurs. Il est également possible de déterminer des ensembles de motifs conducteurs par interpolation de plusieurs distributions d'amplitude. Par ailleurs, la forme et les dimensions des motifs conducteurs 33 d'un ensemble peuvent être déterminées dès que la zone de fonctionnement à la fréquence considérée est déterminée. Autrement dit, l'ordre des première et deuxième étapes du procédé n'a d'importance qu'en ce qui concerne une fréquence de fonctionnement particulière.

[0019] La deuxième étape 102 peut par exemple être réalisée par les sous-étapes suivantes. Dans une première sous-étape, on considère des structures CMA classiques, c'est-à-dire dont les motifs conducteurs sont des rectangles agencés suivant une matrice régulière, donc périodique, dont l'épaisseur du support diélectrique est sensiblement égale à celle du support diélectrique 31 du réflecteur d'antenne 3 selon l'invention. On détermine, pour ces structures CMA classiques et pour plusieurs fréquences de fonctionnement appartenant à la bande de fréquence de fonctionnement de l'antenne spirale 2, les dimensions (longueur et largeur) des motifs conducteurs de la structure CMA classique permettant de former une surface à haute impédance au voisinage de la fréquence de fonctionnement considérée. Dans une deuxième sous-étape, pour chaque fréquence de fonctionnement considérée, on conforme les motifs conducteurs des structures CMA classiques à la zone de fonctionnement correspondante de l'antenne spirale, chaque motif conducteur conservant sensiblement une même surface que celle considérée pour la topologie classique. Dans une antenne spirale, les motifs conducteurs prennent donc une forme annulaire. La figure 4 illustre le résultat de cette sous-étape. Un ensemble 333 de motifs conducteurs 33 est disposé suivant une périodicité annulaire sur la surface supérieure 34 du support diélectrique

31 et couvre la zone de fonctionnement considérée de l'antenne spirale 2. Dans une troisième sous-étape, on construit un diagramme de phase résultant de l'association des différents diagrammes de phase associés chacun à l'une des structures CMA classiques considérées. La figure 5 représente un exemple d'un tel diagramme de phase. A chaque fréquence de fonctionnement est associée, d'une part, une zone de fonctionnement, par exemple définie par un rayon de l'antenne spirale 2 et, d'autre part, un diagramme de phase d'un ensemble de motifs conducteurs 33 correspondant à une structure CMA classique. Dans une quatrième sous-étape, on choisit, à partir du diagramme de phase de la figure 5, au moins deux ensembles de motifs conducteurs 33 de manière à couvrir les différentes zones de fonctionnement de l'antenne spirale 2 sans qu'il y ait recouvrement des motifs conducteurs 33 entre les différents ensembles. Eventuellement, l'agencement des ensembles de motifs conducteurs peut être sensiblement modifié de manière à éviter des recouvrements. Dans une antenne spirale, les motifs conducteurs 33 se trouvent agencés de manière non pas périodique mais pseudopériodique. La figure 6 représente, en vue de dessus, un exemple de réflecteur d'antenne 3 selon l'invention adapté à une antenne spirale. Le réflecteur d'antenne 3 comporte cinq ensembles 331 à 335 de motifs conducteurs 33 dont les surfaces sont de plus en plus grandes à mesure que l'on s'éloigne du centre du réflecteur d'antenne 3. Chaque ensemble 331 à 335 forme une surface à haute impédance à la fréquence rayonnée localement par l'antenne spirale. Le caractère de haute impédance peut ainsi être maintenu sur toute la surface du réflecteur d'antenne 3, et donc sur toute la bande de fréquence de fonctionnement de l'antenne spirale. Du fait de l'évolution des dimensions des motifs conducteurs 33 des différents ensembles, le réflecteur d'antenne 3 peut être qualifié de structure quasi-conducteur magnétique artificiel.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'un dispositif d'antenne selon la revendication 7, le procédé comportant les étapes suivantes :

- une étape (101) de détermination de distributions d'amplitude du rayonnement électromagnétique apte à être émis par l'antenne plane (2) dans la zone de champ proche dans un plan sensiblement parallèle à la surface (24) du support d'antenne (21) pour au moins deux fréquences distinctes appartenant à la bande de fréquence de fonctionnement de l'antenne plane (2),
- une étape (102) de détermination, pour chaque distribution d'amplitude, de la forme et des dimensions d'un ensemble (331-335) de motifs conducteurs (33) à disposer au voisinage de la zone où le rayonnement électromagnétique a la plus forte amplitude, de manière à ce que chaque ensemble (331-335) de motifs conducteurs (33) forme localement une surface haute impédance à la fréquence correspondant à la distribution d'amplitude considérée.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape (102) de détermination de la forme et des dimensions d'un ensemble (331-335) de motifs conducteurs (33) comporte une sous-étape consistant à déterminer les dimensions des motifs conducteurs d'une structure de type conducteur magnétique artificiel dont les motifs conducteurs sont des rectangles agencés suivant une matrice régulière permettant de former une surface à haute impédance au voisinage de la fréquence de fonctionnement considérée.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'étape (102) de détermination de la forme et des dimensions d'un ensemble (331-335) de motifs conducteurs (33) comporte une sous-étape consistant à conformer les motifs conducteurs rectangulaires à la zone où le rayonnement électromagnétique a la plus forte amplitude à la fréquence de fonctionnement considérée, chaque motif conducteur conservant sensiblement une même surface.

4. Procédé selon l'une des revendications 2 et 3, dans lequel l'étape (102) de détermination de la forme et des dimensions d'un ensemble (331-335) de motifs conducteurs (33) comporte une sous-étape consistant à construire un diagramme de phase résultant de l'association de différents diagrammes de phase associés chacun à l'une des structures de type conducteur magnétique artificiel dont les motifs conducteurs sont des rectangles.

5. Procédé selon les revendications 3 et 4, dans lequel l'étape (102) de détermination de la forme et des dimensions d'un ensemble (331-335) de motifs conducteurs (33) comporte une sous-étape consistant à choisir, à partir du diagramme de phase, au moins deux ensembles (331-335) de motifs conducteurs (33) de manière à couvrir les différentes zones de l'antenne plane (2) où le rayonnement électromagnétique a les plus fortes amplitudes sans recouvrement de motifs conducteurs (33) adjacents.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une zone où le rayonnement électromagnétique a la plus forte amplitude est déterminée à partir d'une valeur seuil (S) prédéterminée.

7. Dispositif d'antenne comprenant une antenne plane (2) comportant :

- un support d'antenne (21) dont une surface (24) est sensiblement plane, et
- un élément rayonnant (23) monté sur la surface (24) du support d'antenne (21), apte à émettre un rayonnement au moins à deux fréquences de fonctionnement distinctes, chaque fréquence de fonctionnement étant émise depuis une zone de fonctionnement distincte des autres zones,
- un réflecteur d'antenne (3) comportant :

- un plan de masse (32) formant une surface (35) sensiblement plane, et
- un ensemble (331-335) de motifs conducteurs (33) pour chaque fréquence de fonctionnement, les ensembles (331-335) de motifs conducteurs (33) étant disposés de manière non jointive dans un plan sensiblement parallèle à la surface (35) du plan de masse, chaque ensemble de motifs conducteurs étant en vis-à-vis d'une zone de fonctionnement de l'élément rayonnant, , ledit élément rayonnant (23) comportant des brins électriquement conducteurs (22a, 22b) mutuellement enroulés autour d'un point central (O) pour former une spirale (23), les ensembles (331-335) de motifs conducteurs (33) formant des anneaux concentriques centrés sur le point central (O), la surface des motifs conducteurs (33) augmentant avec l'éloignement des motifs conducteurs (33) du centre du réflecteur d'antenne (3) ;

l'antenne plane (2) étant montée sur le réflecteur d'antenne (3) de manière à ce que la surface (24) du support d'antenne (21) soit sensiblement parallèle à la surface (35) du plan de masse (32) .

8. Dispositif d'antenne selon la revendication 7, dans lequel l'antenne plane (2) est une antenne à spirale d'Archimède.

9. Dispositif d'antenne selon la revendication 7, dans lequel l'antenne plane (2) est une antenne à spirale logarithmique.

10. Dispositif d'antenne selon la revendication 7, dans lequel l'antenne plane (2) est une antenne sinueuse.

11. Dispositif d'antenne selon l'une des revendications 7 à 10, dans lequel la forme et les dimensions des motifs conducteurs (33) sont sensiblement identiques dans chaque ensemble (331-335).

12. Dispositif d'antenne selon l'une des revendications 7 à 11, dans lequel le réflecteur d'antenne (3) comporte, en outre, un support diélectrique (31) comprenant une surface supérieure (34) et une surface inférieure (35) sensiblement planes et parallèles, le plan de masse (32) étant monté sur la surface inférieure (35) et les motifs conducteurs (33) étant montés sur la surface supérieure (34).

13. Dispositif d'antenne selon l'une des revendications 7 à 12, dans lequel les motifs conducteurs (33) sont reliés électriquement au plan de masse (32).

14. Dispositif d'antenne selon les revendications 12 et 13, dans lequel les motifs conducteurs (33) sont reliés électriquement au plan de masse (32) par l'intermédiaire de trous d'interconnexion réalisés dans le support diélectrique (31).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Produzieren einer Antennenvorrichtung, nach Anspruch 7, wobei das Verfahren beinhaltend:

- einen Schritt (101) des Bestimmens von Amplitudenverteilungen der elektromagnetischen Strahlung, die von der Planarantenne (2) in der nahen Feldzone in einer Ebene im Wesentlichen parallel zur Fläche (24) der Antennenhalterung (21) für wenigstens zwei getrennte Frequenzen emittiert werden können, die zum Betriebsfrequenzband der Planarantenne (2) gehören,
- einen Schritt (102) des Bestimmens, für jede Amplitudenverteilung, der Form und Abmessungen eines Satzes (331-335) von leitenden Mustern (33) zum Anordnen in der Nähe der Zone, wo die elektromagnetische Strahlung die größte Amplitude hat, so dass jeder Satz (331-335) von leitenden Mustern (33) lokal eine Hochimpedanzfläche auf der Frequenz bildet, die der betrachteten Amplitudenverteilung entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt (102) des Bestimmens der Form und Abmessungen eines Satzes (331-335) von leitenden Motiven (3) einen Teilschritt bestehend im Bestimmen der Abmessungen der leitenden

Muster einer Struktur des künstlichen Magnetleitertyps beinhaltet, dessen leitenden Muster Rechtecke sind, die gemäß einer regelmäßigen Matrix angeordnet sind, die das Bilden einer Fläche mit hoher Impedanz in der Nähe der betrachteten Betriebsfrequenz zulässt.

- 5 **3.** Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Schritt (102) des Bestimmens der Form und Abmessungen eines Satzes (331-335) von leitenden Mustern (33) einen Teilschritt bestehend im konformen Anpassen der rechteckigen leitenden Muster an die Zone umfasst, wo die elektromagnetische Strahlung die größte Amplitude hat, bei der betrachteten Betriebsfrequenz, wobei jedes leitende Muster im Wesentlichen eine selbe Fläche konserviert.
- 10 **4.** Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 3, bei dem der Schritt (102) des Bestimmens der Form und Abmessungen eines Satzes (331-335) von leitenden Mustern (33) einen Teilschritt bestehend im Konstruieren eines Phasendiagramms beinhaltet, das aus der Assoziation verschiedener Phasendiagramme resultiert, jeweils assoziiert mit einer der Strukturen des künstlichen Magnetleitertyps, dessen leitenden Muster Rechtecke sind.
- 15 **5.** Verfahren nach einem der Ansprüche 3 und 4, bei dem der Schritt (102) des Bestimmens der Form und Abmessungen eines Satzes (331-335) von leitenden Mustern (33) einen Teilschritt bestehend im Wählen, auf der Basis des Phasendiagramms, von wenigstens zwei Sätzen (331-335) mit leitenden Mustern (33) auf eine solche Weise umfasst, dass die verschiedenen Zonen der Planarantenne (2) bedeckt werden, wo die elektromagnetische Strahlung die größten Amplituden hat, ohne Überlappung von benachbarten leitenden Mustern (33).
- 20 **6.** Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem eine Zone, in der die elektromagnetische Strahlung die größte Amplitude hat, auf der Basis eines vorbestimmten Schwellenwertes (S) bestimmt wird.
- 25 **7.** Antennenvorrichtung, die eine Planarantenne (2) umfasst, die Folgendes umfasst:
 - eine Antennenhalterung (21), von der eine Fläche (24) im Wesentlichen planar ist, und
 - ein an der Fläche (24) der Antennenhalterung (21) montiertes Strahlungselement (23), das Strahlung mit wenigstens zwei getrennten Betriebsfrequenzen emittieren kann, wobei jede Betriebsfrequenz von einer Betriebszone getrennt von den anderen Zonen emittiert wird,
 - 30 - einen Antennenreflektor (3) umfassend:
 - eine Masseebene (32), die eine im Wesentlichen planare Fläche (35) bildet, und
 - einen Satz (331-335) von leitenden Mustern (33) für jede Betriebsfrequenz, wobei die Sätze (331-335) von leitenden Mustern (33) auf nicht zusammenhängende Weise in einer Ebene im Wesentlichen parallel zur Fläche (35) der Masseebene angeordnet sind, wobei sich jeder Satz von leitenden Mustern gegenüber einer Betriebszone des Strahlungselements befindet, wobei das Strahlungselement (23) elektrisch leitende Stränge (22a, 22b) umfasst, die gegenseitig um einen zentralen Punkt (O) gewickelt sind, um eine Spirale (23) zu bilden, wobei die Sätze (331-335) von leitenden Mustern (33) auf dem Mittelpunkt (O) zentrierte konzentrische Ringe bilden, wobei die Fläche der leitenden Muster (33) mit zunehmender Entfernung der leitenden Muster (33) von der Mitte des Antennenreflektors (3) zunimmt;

wobei die Planarantenne (2) auf dem Antennenreflektor (3) auf eine solche Weise montiert ist, dass die Fläche (24) der Antennenhalterung (21) im Wesentlichen parallel zur Fläche (35) der Masseebene (32) ist.
- 45 **8.** Antennenvorrichtung nach Anspruch 7, bei der die Planarantenne (2) eine Antenne mit Archimedesspirale ist.
- 9.** Antennenvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Planarantenne (2) eine Antenne mit logarithmischer Spirale ist.
- 10.** Antennenvorrichtung nach Anspruch 7, bei der die Planarantenne (2) eine gewundene Antenne ist.
- 50 **11.** Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, bei der die Form und die Abmessungen der leitenden Muster (33) in jedem Satz (331-335) im Wesentlichen identisch sind.
- 55 **12.** Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, bei der der Antennenreflektor (3) ferner einen dielektrischen Träger (31) umfasst, der eine obere im Wesentlichen planare und parallele obere Fläche (34) und untere Fläche (35) umfasst, wobei die Masseebene (32) an der unteren Fläche (35) montiert ist und die leitenden Muster (33) an der oberen Fläche (34) montiert sind.

13. Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, bei der die leitenden Muster (33) elektrisch mit der Masseebene (32) verbunden sind.

14. Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 12 und 13, bei der die leitenden Muster (33) elektrisch mit der Masseebene (32) über in dem dielektrischen Träger (31) produzierte Verbindungslöcher verbunden sind.

Claims

1. A method for producing an antenna device as claimed in claim 7, the method comprising the following steps:

- a step (101) of determining amplitude distributions of the electromagnetic radiation that can be emitted by the planar antenna (2) in the near field zone in a plane substantially parallel to the surface (24) of the antenna support (21) for at least two distinct frequencies belonging to the operating frequency band of the planar antenna (2);

- a step (102) of determining, for each amplitude distribution, the shape and dimensions of a set (331-335) of conductive patterns (33) to be disposed in the vicinity of the zone where the electromagnetic radiation has the greatest amplitude, so that each set (331-335) of conductive patterns (33) locally forms a high impedance surface at the frequency corresponding to the considered amplitude distribution.

2. The method as claimed in claim 1, wherein the step (102) of determining the shape and dimensions of a set (331-335) of conductive patterns (33) comprises a sub-step comprising determining the dimensions of the conductive patterns of a structure of the artificial magnetic conductor type, the conductive patterns of which are rectangles arranged according to a regular matrix allowing a high impedance surface to be formed in the vicinity of the considered operating frequency.

3. The method as claimed in claim 2, wherein the step (102) of determining the shape and dimensions of a set (331-335) of conductive patterns (33) comprises a sub-step involving causing the rectangular conductive patterns to conform to the zone where the electromagnetic radiation has the greatest amplitude to the considered operating frequency, each conductive pattern substantially maintaining the same surface.

4. The method as claimed in any one of claims 2 and 3, wherein the step (102) of determining the shape and dimensions of a set (331-335) of conductive patterns (33) comprises a sub-step involving constructing a phase pattern resulting from the association of various phase patterns each associated with one of the artificial magnetic conductor type structures, the conductive patterns of which are rectangles.

5. The method as claimed in claims 3 and 4, wherein the step (102) of determining the shape and dimensions of a set (331-335) of conductive patterns (33) comprises a sub-step comprising selecting, on the basis of the phase pattern, at least two sets (331-335) of conductive patterns (33) so as to cover the various zones of the planar antenna (2) where the electromagnetic radiation has the greatest amplitudes without overlap of adjacent conductive patterns (33).

6. The method as claimed in any one of the preceding claims, wherein a zone where the electromagnetic radiation has the greatest amplitude is determined on the basis of a predetermined threshold value (S).

7. An antenna device comprising a planar antenna (2) comprising:

- an antenna support (21), a surface (24) of which is substantially flat; and
- a radiating element (23) mounted on the surface (24) of the antenna support (21), able to emit radiation at least at two distinct operating frequencies, each operating frequency being emitted from an operating zone distinct from the other zones,
- an antenna reflector (3) comprising:

- a ground plane (32) forming a substantially flat surface (35); and
- a set (331-335) of conductive patterns (33) for each operating frequency, the sets (331-335) of conductive patterns (33) being disposed in a non-contiguous manner in a plane substantially parallel to the surface (35) of the ground plane, each set of conductive patterns being opposite an operating zone of the radiating element, said radiating element (23) comprising electrically conductive strands (22a, 22b) mutually wound around a central point (O) in order to form a spiral (23), the sets (331-335) of conductive patterns (33)

forming concentric rings centred on the central point (O), the surface of the conductive patterns (33) increasing with the distancing of the conductive patterns (33) from the centre of the antenna reflector (3);

the planar antenna (2) being mounted on the reflector antenna (3) such that the surface (24) of the antenna support (21) is substantially parallel to the surface (35) of the ground plane (32).

8. The antenna device as claimed in claim 7, wherein the planar antenna (2) is an Archimedean spiral antenna.

9. The antenna device as claimed in claim 7, wherein the planar antenna (2) is a logarithmic spiral antenna.

10. The antenna device as claimed in claim 7, wherein the planar antenna (2) is a sinuous antenna.

11. The antenna device as claimed in any one of claims 7 to 10, wherein the shape and the dimensions of the conductive patterns (33) are substantially identical in each set (331-335).

12. The antenna device as claimed in any one of claims 7 to 11, wherein the reflector antenna (3) further comprises a dielectric support (31) comprising a substantially flat and parallel upper surface (34) and lower surface (35), the ground plane (32) being mounted on the lower surface (35) and the conductive patterns (33) being mounted on the upper surface (34).

13. The antenna device as claimed in any one of claims 7 to 12, wherein the conductive patterns (33) are electrically connected to the ground plane (32).

14. The antenna device as claimed in any one of claims 12 to 13, wherein the conductive patterns (33) are electrically connected to the ground plane (32) by means of interconnection holes produced in the dielectric support (31).

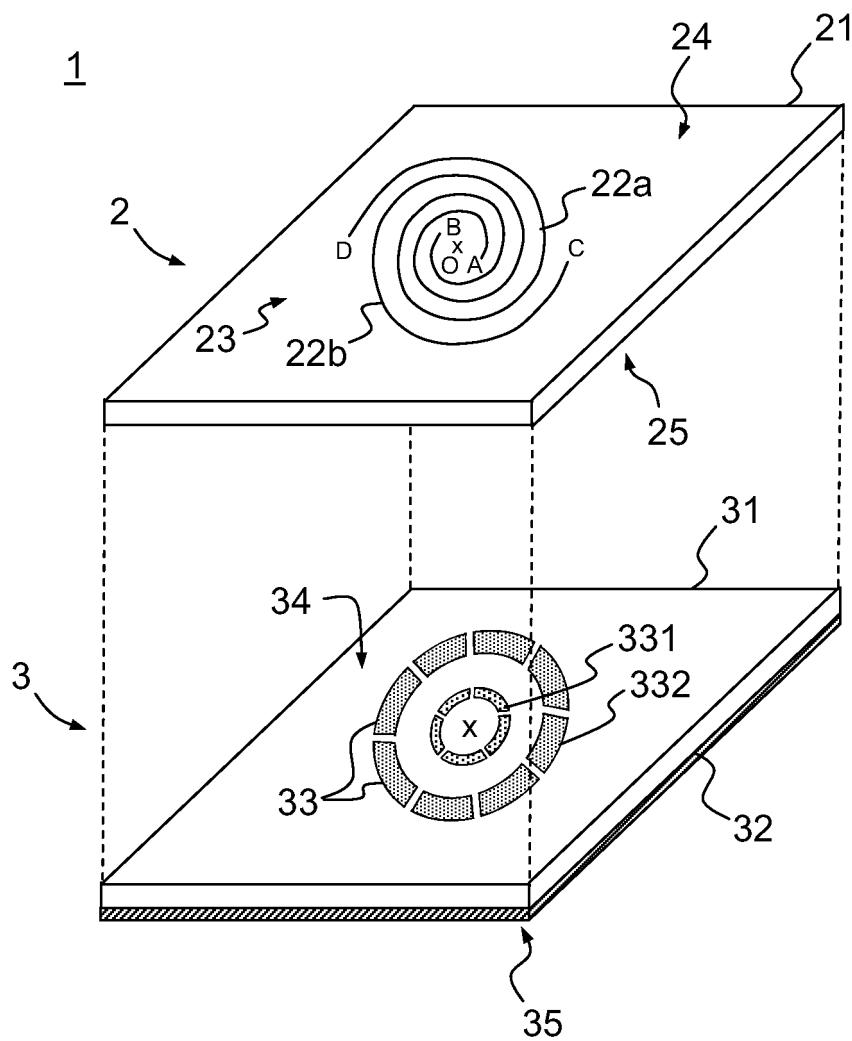


FIG.1

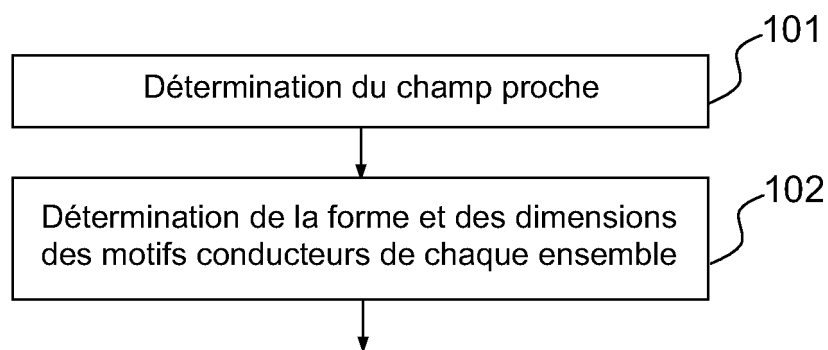


FIG.2

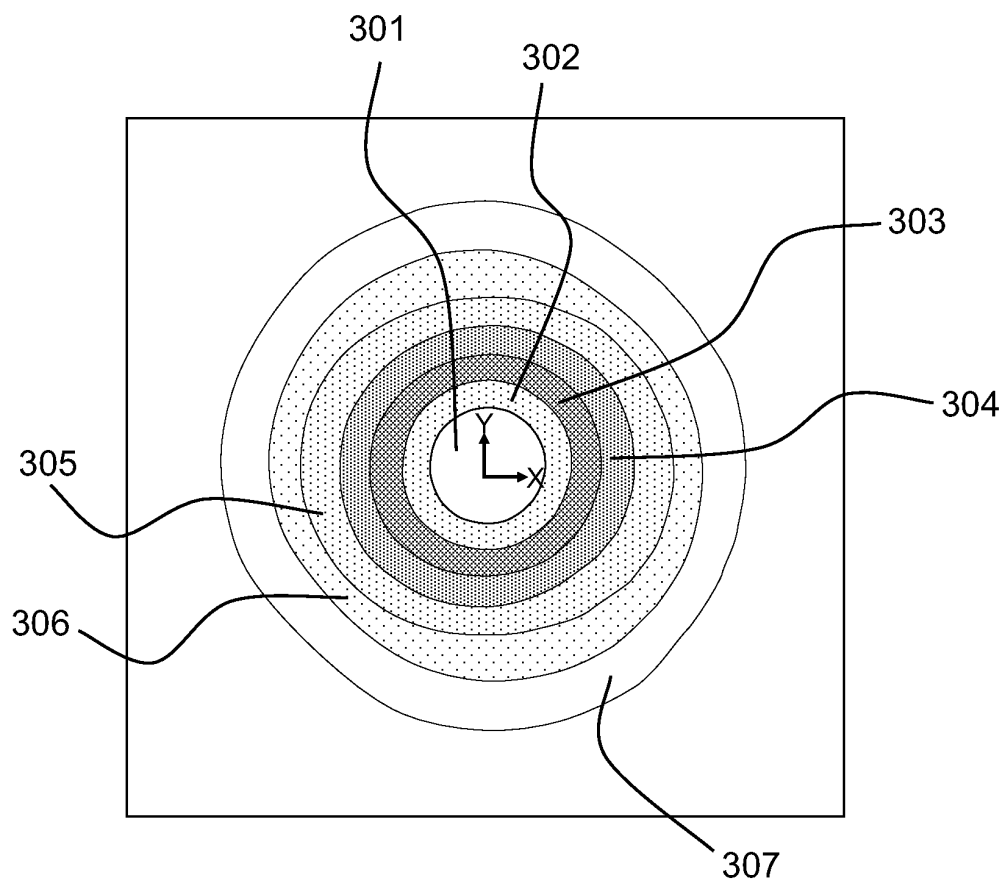


FIG.3a

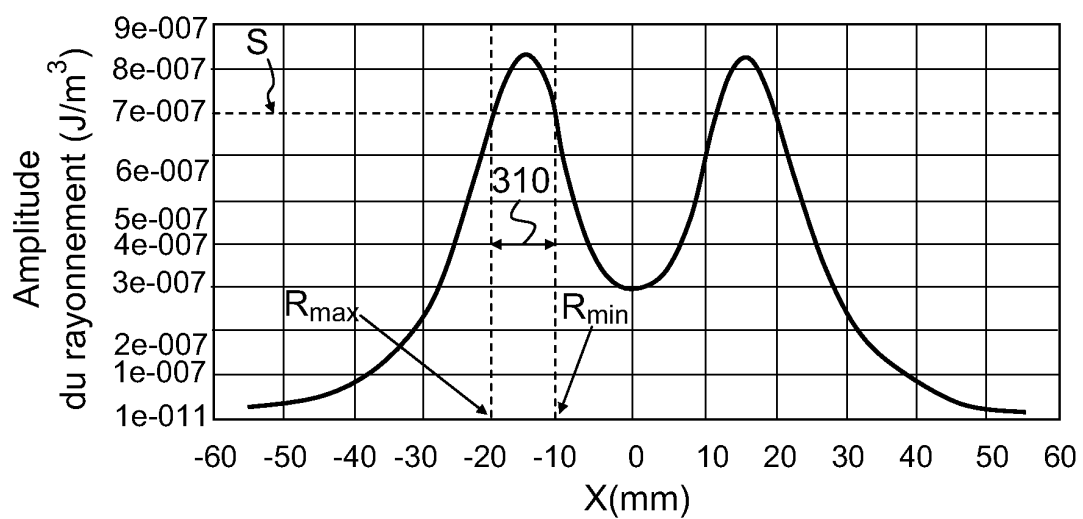


FIG.3b

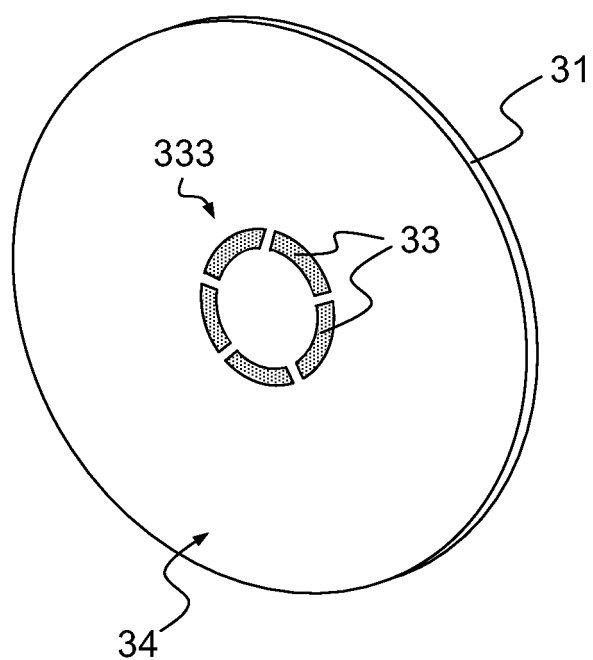


FIG. 4

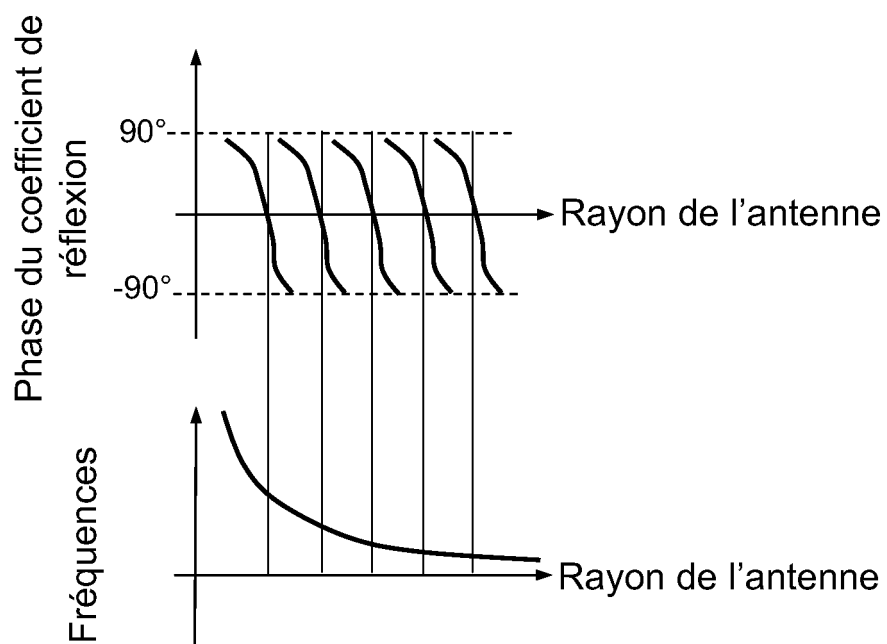


FIG. 5

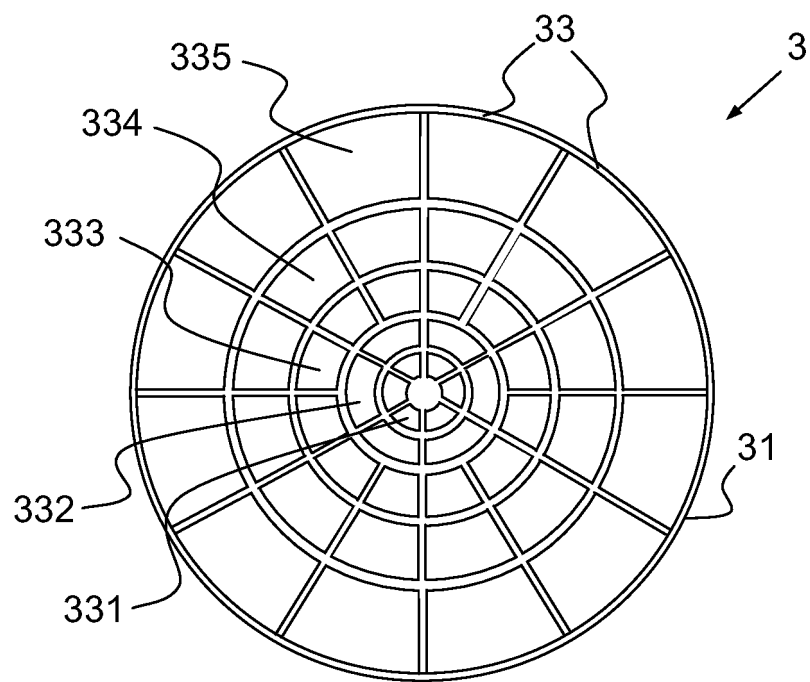


FIG.6

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

- FR 2922687 [0007]