

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 697 680**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **92 13150**

⑤1 Int Cl<sup>5</sup> : H 01 Q 3/26, 21/00, G 01 S 13/93

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 03.11.92.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 06.05.94 Bulletin 94/18.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : THOMSON-CSF RADANT — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Chekroun Claude et Hinnekens Werner.

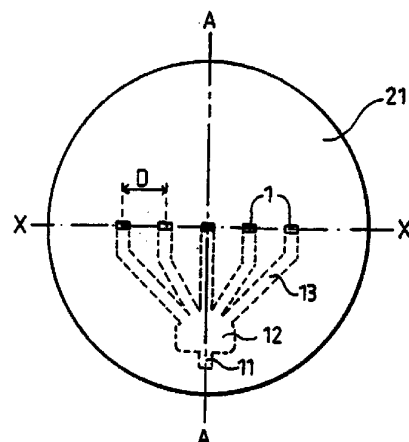
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Benoît Monique.

⑤4 Antenne radar à balayage électronique, notamment applicable à un radar anticollision pour automobile.

⑤7 L'invention a pour objet une antenne radar à balayage électronique fonctionnant dans le domaine des ondes millimétriques et notamment applicable à un radar anticollision pour automobiles.

L'invention comporte une pluralité d'ouvertures rayonnantes (1) disposées entre un plan réflecteur (21) et un plan partiellement réfléchissant. Chacun des éléments rayonnants est relié à des moyens de déphasage assurant le balayage électronique. La distance (D) entre les éléments rayonnants (1) et le coefficient de réflexion du plan partiellement réfléchissant sont choisis en fonction de la longueur d'onde ( $\lambda$ ) et de l'angle ( $\theta_m$ ) maximum de balayage souhaité pour éviter l'apparition de lobes de rétrodiffusion.



FR 2 697 680 - A1



**ANTENNE RADAR A BALAYAGE  
ELECTRONIQUE, NOTAMMENT APPLICABLE  
A UN RADAR ANTICOLLISION POUR AUTOMOBILE**

5

La présente invention a pour objet une antenne radar à balayage électronique, notamment applicable à un radar anticollision pour automobile.

10

Dans les domaines des radars destinés aux automobiles, il est généralement choisi des longueurs d'ondes de fonctionnement millimétriques, pour des raisons tant de résolution que d'encombrement des éléments rayonnants montés sur les véhicules.

15

Par ailleurs, il est plus performant dans certains cas, notamment pour les radars d'anticollision, de pouvoir disposer d'un faisceau radar mobile. Ceci peut être obtenu classiquement par mobilité de l'antenne ou par balayage électronique. La première solution n'est pas bien adaptée à un radar monté sur une automobile, pour des raisons d'encombrement et de fiabilité. La deuxième solution pose un problème pour des ondes millimétriques. En effet, ainsi qu'il est connu, le balayage électronique est obtenu à l'aide d'un réseau d'éléments rayonnants ; le contrôle de la phase du rayonnement émis par chacun des éléments permet de commander la direction du faisceau radar résultant. Toutefois, l'existence même d'un réseau fait apparaître des lobes parasites, dits lobes de réseau, dans le diagramme d'émission de l'antenne ; pour éviter ces lobes de réseau, il est connu de réduire la distance entre les éléments rayonnants au moins jusqu'à un seuil, qui est fonction de la longueur d'onde. Pour le domaine d'application mentionné plus

20  
25  
30

haut, cette distance seuil devient trop petite pour pouvoir être réalisable à des coûts compatibles avec le domaine d'application.

Le but de la présente invention est donc de réaliser une  
5 antenne à balayage électronique qui soit susceptible de fonctionner en millimétrique de façon satisfaisante et dont les coûts soient limités.

A cet effet, l'invention comporte une pluralité d'éléments rayonnants disposés entre un plan réflecteur et un plan partiellement réfléchissant ; ce dernier est disposé à une demi-longueur  
10 d'onde (ou un multiple impair de celle-ci) des éléments rayonnants, les réflexions multiples de l'énergie entre ces deux plans augmentant la directivité du diagramme de rayonnement des éléments. Chacun des éléments rayonnants est relié à des moyens de déphasage  
15 commandables, assurant le balayage électronique. La distance entre les éléments rayonnants et le coefficient de réflexion du plan partiellement réfléchissant sont choisis, en fonction de la longueur d'onde et de l'angle maximum de balayage souhaité, pour éviter l'apparition de lobes de réseau.

20

D'autres objets, particularités et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple et illustrée par les dessins annexés, qui représentent :

- la figure 1a, une vue de dessus et la figure 1b, une vue  
25 en coupe d'un mode de réalisation de l'antenne selon l'invention ;
- les figures 2a à 2c, des diagrammes explicatifs ;
- la figure 3, une variante de réalisation d'un des éléments de l'antenne selon l'invention ;
- les figures 4, 5 et 6, des exemples de mise en oeuvre  
30 pratique de l'antenne selon l'invention.

Sur ces différentes figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments.

Par ailleurs, par souci de simplification, l'antenne selon l'invention sera décrite à l'émission, étant entendu qu'elle fonctionne également, de façon réciproque, à la réception.

5 Les figures 1a et 1b représentent donc un mode de réalisation de l'antenne selon l'invention, respectivement vue de dessus et vue en coupe, selon un axe AA de la figure 1a.

L'antenne comporte une pluralité de  $n$  ouvertures rayonnantes équidistantes (au pas D), repérées 1, cinq dans l'exemple de la figure, réalisées dans une plaque conductrice 21, par exemple de  
10 forme circulaire, formant plan réflecteur. Derrière la plaque 21 est disposée une seconde plaque conductrice 22, sensiblement de même dimension, dans laquelle sont réalisés, par gravure par exemple, des guides d'ondes 13 reliant chacune des ouvertures 1 à  
15 un espace commun 12, lui-même débouchant sur une ouverture unique 11 vers la face arrière de l'antenne. L'ouverture 11 est reliée à une source hyperfréquence non représentée, par exemple du type monopulse, émettant une onde de longueur d'onde  $\lambda$  en espace libre.

20 Les ouvertures rayonnantes 1 sont alignées sur un même axe XX et forment un réseau d'éléments rayonnants permettant de réaliser un balayage électronique, sous réserve de prévoir des moyens de commande de la phase de l'onde qu'ils émettent chacun. Ces moyens de commande sont insérés dans au moins  
25 quatre des guides d'ondes 13 sous forme de déphaseurs 15, par exemple des déphaseurs à ferrite. La commande des déphaseurs se fait à l'aide d'un circuit électronique, par exemple porté par un circuit imprimé 4 disposé sur la face arrière (qui ne porte pas les guides 13) de la plaque 22, et relié électriquement aux déphaseurs à  
30 travers la plaque 22.

Devant les ouvertures rayonnantes, à une distance de l'ordre de  $\lambda/2$  (ou un multiple impair de cette grandeur), on dispose

un plan 3 partiellement réflecteur, par exemple maintenu sur la plaque 21 par des entretoises 31.

Ainsi qu'il est connu sous le nom d'antenne à élément image (Image Element Antenna en anglais) et notamment décrit  
5 dans le brevet américain 3.990.078, la présence de ce plan 3 partiellement réfléchissant se traduit par l'apparition de réflexions multiples entre lui et le plan réflecteur 21 et, par suite, une augmentation de la directivité du diagramme de rayonnement de chacune des ouvertures rayonnantes.

10 Les figures 2a à 2c sont des diagrammes explicatifs illustrant le rôle du plan partiellement réfléchissant 3.

La figure 2a représente le diagramme de rayonnement d'une ouverture 1 de l'antenne selon l'invention. On voit que la courbe de la puissance rayonnée en fonction de l'angle  $\theta$  d'observa-  
15 tion (la direction où  $\theta = 0$  étant prise normale au plan de l'antenne) est assez aplatie : le diagramme est extrêmement peu directif.

La figure 2b représente le diagramme de rayonnement de cette même ouverture 1 en présence du plan partiellement réfléchissant 3 et on peut voir que la directivité du rayonnement est forte-  
20 ment augmentée.

La figure 2c illustre le phénomène des lobes de réseau qui apparaît lorsqu'on réalise un alignement d'éléments rayonnants. Sur cette figure, on a représenté en traits continus les lobes de réseaux ainsi que, en traits discontinus le lobe principal d'un élément rayonn-  
25 nant seul. On sait que les lobes de réseaux sont distants de  $\lambda/D$ , où D est le pas des éléments.

Selon l'invention, on choisit les paramètres de l'antenne de sorte que, pour un pas D suffisamment grand pour être aisément réalisable, le lobe principal de chacun des éléments rayonnants (les  
30 ouvertures 1) soit suffisamment fin pour ne pas recouper sensiblement un deuxième lobe de réseau sachant que, lorsque l'on fait balayer l'espace par le faisceau de l'antenne, il existe un déplacement

relatif des lobes de réseaux par rapport au diagramme d'un élément rayonnant. Les paramètres concernés sont le coefficient de réflectivité du plan partiellement transparent, qui détermine le gain de l'ouverture rayonnante 1 et, par suite, la largeur de son lobe, le pas D entre les ouvertures 1 et l'angle maximum  $\theta_M$  de balayage souhaité, le tout bien entendu à longueur d'onde ( $\lambda$ ) donnée.

Plus précisément, on montre que pour un angle  $\theta_M$  choisi

égal à  $\frac{\theta_{3dB}}{2}$ , il faut qu'on ait la condition suivante :

$$\theta_{3dB} = \frac{1}{1,77} \cdot \frac{\lambda}{D}$$

pour qu'il n'y ait pas apparition de lobes de réseau, avec :

- D : pas des ouvertures rayonnantes,
- $\theta_{3dB}$  : angle d'ouverture du lobe principal d'une ouverture rayonnante, pour un gain de -3dB par rapport au gain maximum, cet angle étant déterminé, on le rappelle, par le choix du coefficient de réflexion du plan 3 ;
- $\theta_M$  : valeur maximale choisie pour l'angle  $\theta$  de balayage électronique, cet angle étant déterminé ainsi qu'il est connu par l'incrément de phase  $\Delta\varphi$  appliqué par les déphaseurs entre deux ouvertures rayonnantes successives, selon la relation :

$$2\pi \frac{D}{\lambda} \sin \theta = \Delta\varphi$$

A titre d'exemple, si on choisit  $D = 3\lambda$ , soit environ 12 mm pour une onde millimétrique de 76 GHz, on a  $\theta_M = \pm 6^\circ$  de part et d'autre de la normale à l'antenne, soit une couverture de  $12^\circ$ , ce qui est tout à fait satisfaisant pour une application à l'anticollision automobile, sans apparition de lobes de réseau.

Le plan partiellement réfléchissant 3 peut être réalisé par exemple à l'aide d'un panneau diélectrique, d'épaisseur voisine de  $\lambda/4$  et de constante diélectrique  $\mathcal{E}$ . On sait en effet que la réflectivité du panneau augmente avec la constante diélectrique  $\mathcal{E}$  et l'augmentation du gain du lobe principal d'une ouverture est directement proportionnelle à la valeur de  $\mathcal{E}$ .

Dans l'exemple numérique précédent, un matériau dont la constante diélectrique  $\mathcal{E}$  est voisine de 20 convient.

Selon une variante de réalisation illustrée sur la figure 3, ce plan partiellement réfléchissant 3 peut être réalisé à l'aide d'un réseau de fils conducteurs  $f$ , continus et sensiblement parallèles au champ électrique émis par les ouvertures rayonnantes, les fils étant par exemple imprimés sur un substrat isolant 30, type circuit imprimé, dont les dimensions extérieures sont de préférence sensiblement identiques à celles des plaques 21 et 22.

Le coefficient de réflectivité est alors fonction, ainsi qu'il est connu, de l'admittance du réseau, elle-même fonction du pas ( $p$ ) des fils et de leur largeur ( $e$ ). Plus précisément, on sait que le coefficient de réflexion complexe  $\rho$  est donné, en fonction de l'admittance  $y$  du réseau de fil, par :

$$\rho = \frac{1 - y}{1 + y}$$

Toujours dans l'exemple numérique précédent, un réseau de fils d'épaisseur  $e$  voisine de  $\lambda/100$  et de pas  $p$  voisin de  $\lambda/10$  convient.

La figure 4 illustre une variante de mise en oeuvre pratique de l'antenne selon l'invention.

L'antenne selon l'invention, telle que décrite par exemple sur les figures 1, est globalement repérée 40 et disposée sur la base d'un cylindre 50 dont les parois internes sont recouvertes d'un

matériau 60 absorbant les ondes hyperfréquences pour les longueurs d'ondes concernées.

La longueur L du cylindre 50 est déterminée géométriquement en fonction du diamètre D de l'antenne 40 par l'angle de balayage maximum  $\theta_M$  souhaité, de façon à ne pas intercepter le lobe principal de l'antenne, mais intercepter et absorber ses lobes secondaires.

La figure 5 illustre une autre variante de mise en oeuvre pratique, dans laquelle on retrouve le cylindre 50 entourant l'antenne 40 mais celui-ci, ici, est fermé par une lentille convexe 51.

Cette lentille 51, de préférence cylindrique, l'axe du cylindre étant perpendiculaire au plan de la figure, a pour fonction de focaliser l'énergie émise par l'antenne ou, en d'autres termes, d'affiner le lobe principal de l'antenne, ce qui peut être utile dans certaines applications.

L'adaptation d'impédance de cette lentille peut être réalisée sur ses faces 52 et 53 par des rainures, appelées également corrugations, réalisée parallèlement à l'axe du cylindre formant la lentille sur une profondeur de l'ordre de  $\lambda/4$ , à un pas voisin de  $\lambda/2$ . La lentille est elle-même réalisée en un matériau diélectrique à faibles pertes.

La figure 6 illustre un autre mode de mise en oeuvre pratique de l'antenne selon l'invention, dans le cas où elle fonctionne en liaison avec un radar à ondes continues.

Dans ce cas, l'antenne se compose de deux parties, l'une fonctionnant à l'émission, l'autre à la réception, chacune des parties, 61 et 62 sur la figure, étant constituée comme illustré sur l'une des figures précédentes. Les deux parties sont juxtaposées et séparées par exemple par une paroi absorbante 63. Il n'est ici pas néces-



saire que les deux parties soient à balayage électronique, seule la partie réception (par exemple) l'étant.

On a ainsi décrit une antenne millimétrique à balayage  
5 électronique, susceptible d'être montée sur une automobile, dans  
des conditions de fonctionnement et de coût satisfaisants, pour  
constituer l'antenne d'un radar anticollision.

L'invention n'est toutefois pas limitée aux exemples dé-  
crits. C'est ainsi par exemple qu'on a décrit des éléments rayon-  
10 nants formés par l'ouverture de guides d'ondes ; ces éléments  
rayonnants peuvent aussi être constitués par tous autres moyens  
connus, tels que fentes ou dipôles par exemple. Egalement, on a  
représenté figure 1 le plan partiellement réflecteur 3 comme étant  
supporté par des entretoises (31), mais il peut également être  
15 supporté par une plaque pleine, réalisée en un matériau dont la  
constante diélectrique et l'épaisseur sont choisies pour être  
sensiblement équivalentes à une lame d'air d'épaisseur  $\lambda/2$ . Enfin,  
on a représenté une antenne comportant cinq ouvertures  
rayonnantes, mais ce nombre peut être choisi, selon les critères  
20 connus de l'homme du métier, en fonction des applications.

## REVENDEICATIONS

1. Antenne radar à balayage électronique, caractérisée par le fait qu'elle comporte n éléments (1) rayonnant une énergie  
5 électromagnétique de longueur d'onde donnée, sensiblement dans une direction donnée, disposés entre un plan réflecteur (21) et un plan (3) partiellement réfléchissant, sensiblement normaux à la direction précédente, le plan partiellement réfléchissant étant  
10 disposé sensiblement à une demi-longueur d'onde, ou un multiple impair de celle-ci, des éléments rayonnants, n-1 au moins des éléments rayonnants étant reliés à des moyens déphaseurs (15) permettant de réaliser un balayage électronique, la distance (D) entre les éléments rayonnants et le coefficient de réflexion du plan partiellement réfléchissant étant choisis en fonction de la longueur  
15 d'onde pour éviter l'apparition de lobes de réseaux.

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le plan partiellement réfléchissant est formé d'un panneau de matériau diélectrique dont l'épaisseur est de l'ordre de  $\lambda/4$ , ou un  
20 multiple impair de cette longueur.

3. Antenne selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le plan partiellement réfléchissant est formé par un réseau de fils conducteurs sensiblement parallèles.  
25

4. Antenne selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait qu'elle comporte une première plaque conductrice (21) formant le plan réflecteur, dans laquelle sont réalisées n ouvertures (1) formant respectivement les n éléments  
30 rayonnants, une deuxième plaque conductrice (22) dans laquelle sont réalisés n guides d'onde, distribuant l'énergie électromagnétique d'une source commune (11) aux n ouvertures,

les moyens déphaseurs étant disposés dans (n-1) au moins des guides d'onde.

5            5. Antenne selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait qu'elle forme la base d'un cylindre (50) dont les parois internes sont recouvertes d'un matériau (60) absorbant l'énergie électromagnétique et dont la longueur (L) est déterminée pour intercepter les lobes secondaires du diagramme de rayonnement de l'antenne.

10

6. Antenne selon la revendication 5, caractérisée par le fait que le cylindre est fermé à son autre extrémité par une lentille convexe (51).

15

7. Antenne selon la revendication 6, caractérisée par le fait que la surface de la lentille présente des corrugations assurant l'adaptation d'impédance de la lentille.

20            8. Utilisation de l'antenne selon l'une des revendications précédentes dans un radar anti-collision, caractérisée par le fait que le radar est à ondes continues, que l'antenne est utilisée à l'émission ou à la réception, et qu'il comporte en outre une deuxième antenne utilisée respectivement à la réception ou à l'émission.

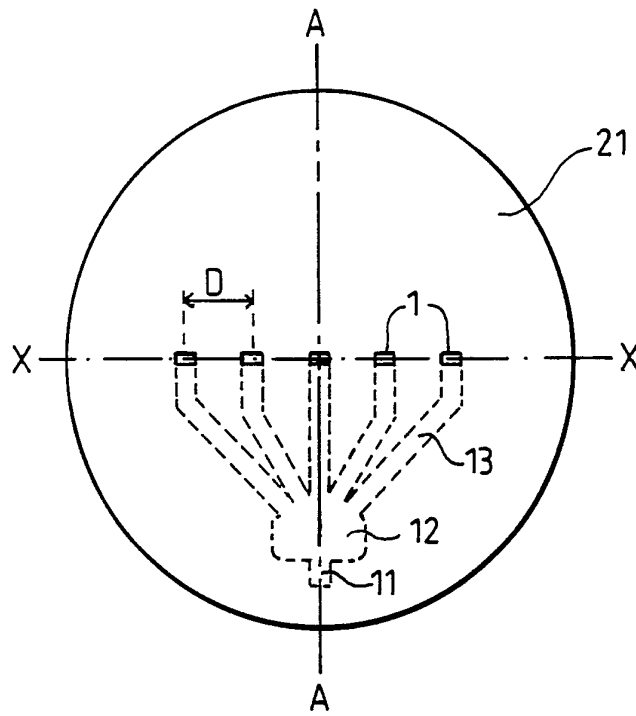
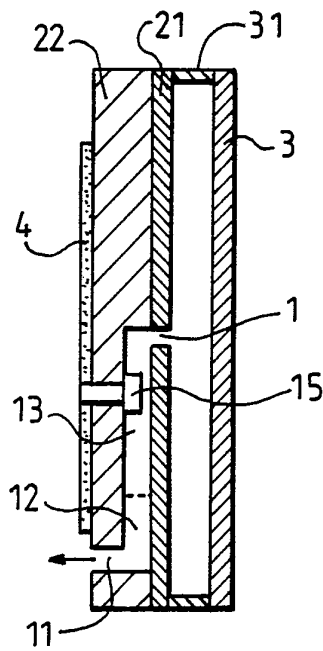
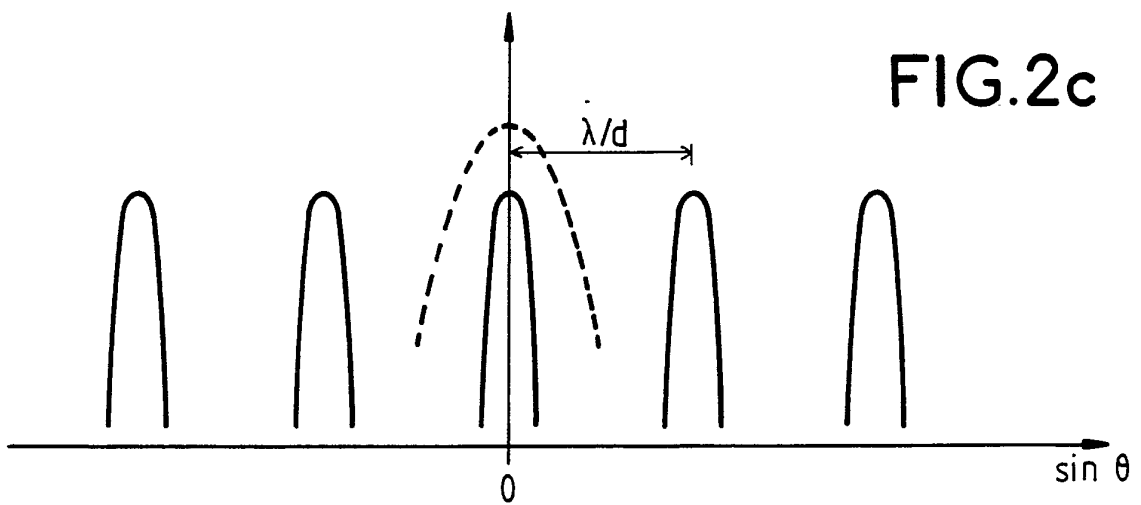
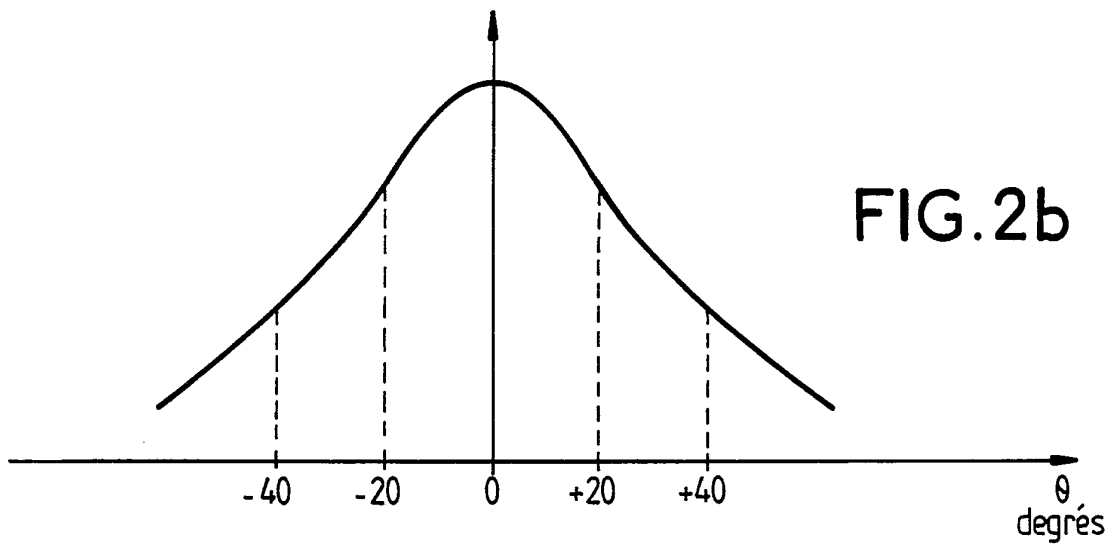
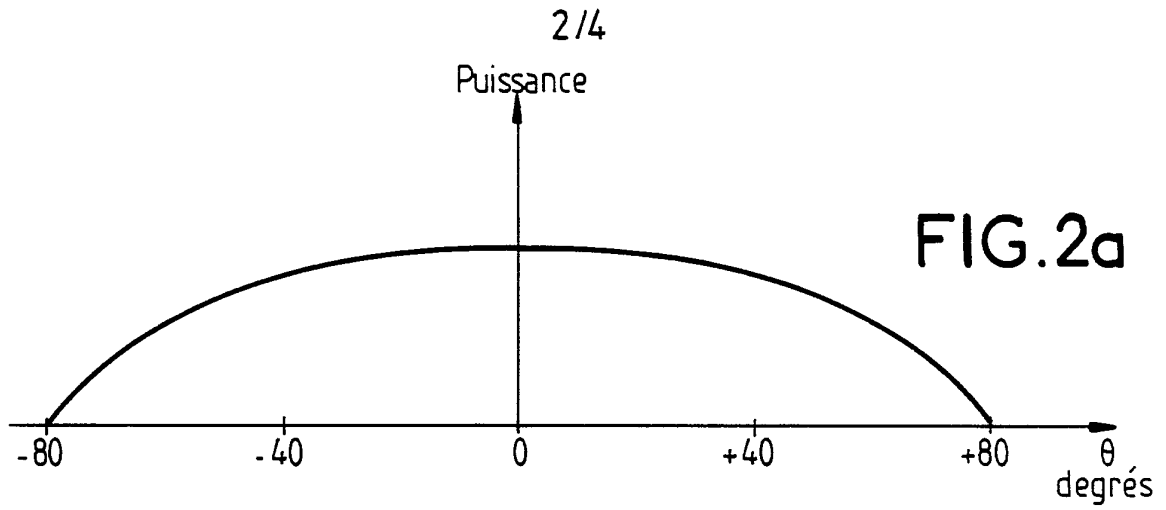


FIG. 1a



COUPE A-A

FIG. 1b



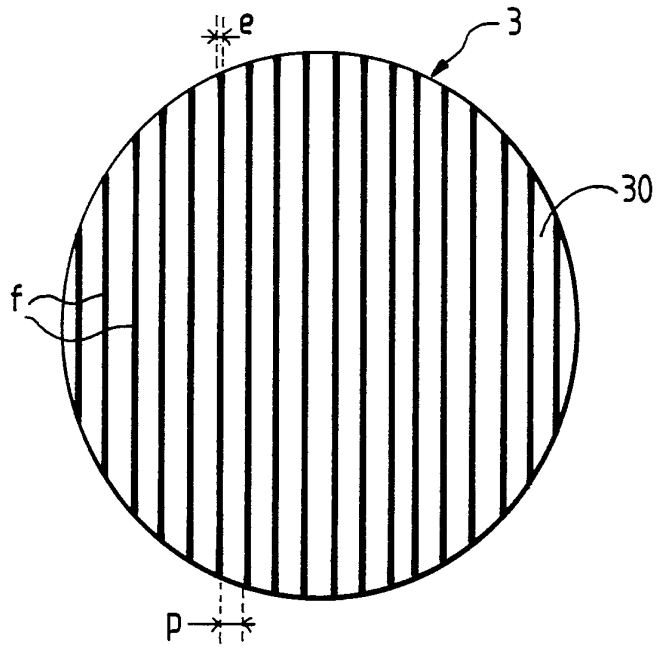


FIG. 3

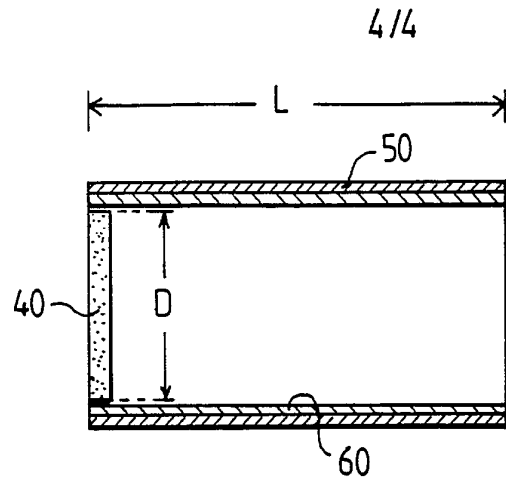


FIG. 4

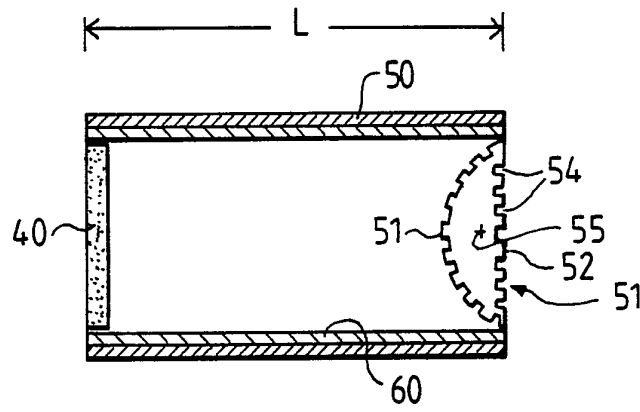


FIG. 5

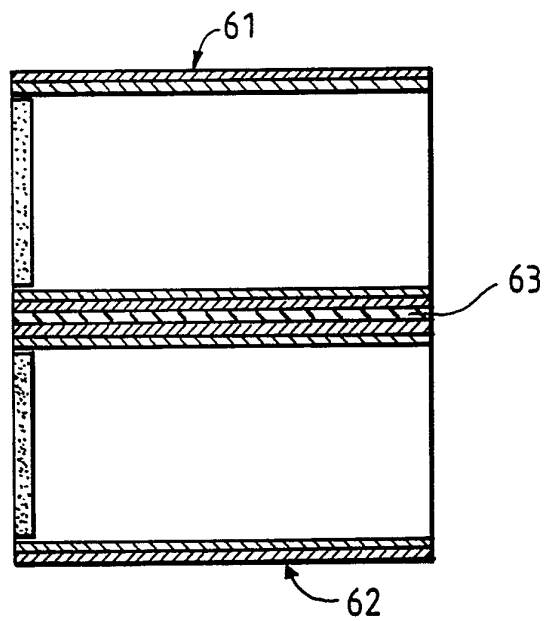


FIG. 6

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X Y	FR-A-2 373 891 (GENERAL DYNAMICS) * page 1, ligne 4 - page 2, ligne 18 * * page 4, ligne 3 - page 5, ligne 24; figures 1-3 *	1,4 2,3,5-8
Y	--- IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION vol. 27, no. 1, 1979, NEW YORK US pages 79 - 85 MAILLOUX ET AL. 'Grating Lobe Control in Limited Scan Arrays' * page 80, alinéa B * * page 84, alinéa B - page 85; figures 1,9 *	2,3,5-7
Y	--- EP-A-0 498 524 (GEC-MARCONI) * colonne 1, ligne 1 - ligne 38; revendications 1,2; figure *	8
A	--- US-A-4 169 268 (SCHELL ET AL.) * abrégé; figures 1-9 *	1-3,5
A	--- DE-A-4 035 793 (TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK) * le document en entier *	1,4,6
	-----	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
12 JUILLET 1993		ANGRABEIT F.F.K.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un                      autre document de la même catégorie                      A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication                      ou arrière-plan technologique général                      O : divulgation non-écrite                      P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention                      E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure                      à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date                      de dépôt ou qu'à une date postérieure.                      D : cité dans la demande                      L : cité pour d'autres raisons                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P0412)