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

(11) EP 1 191 630 A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
27.03.2002 Bulletin 2002/13

(51) Int Cl.[7]: **H01Q 15/06**, H01Q 25/00, H01Q 1/28

(21) Numéro de dépôt: **01402282.6**

(22) Date de dépôt: **03.09.2001**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **25.09.2000 FR 0012162**

(71) Demandeur: **ALCATEL**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **Martin, Laurent**
  Lieu dit Roch, 31470 Fontenilles (FR)
- **Caille, Gérard**
  31170 Tournefeuille (FR)
- **Lecompte, Agnès**
  31140 Launaguet (FR)

(74) Mandataire: **Smith, Bradford Lee et al**
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Dépt. Propr. Industrielle,
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

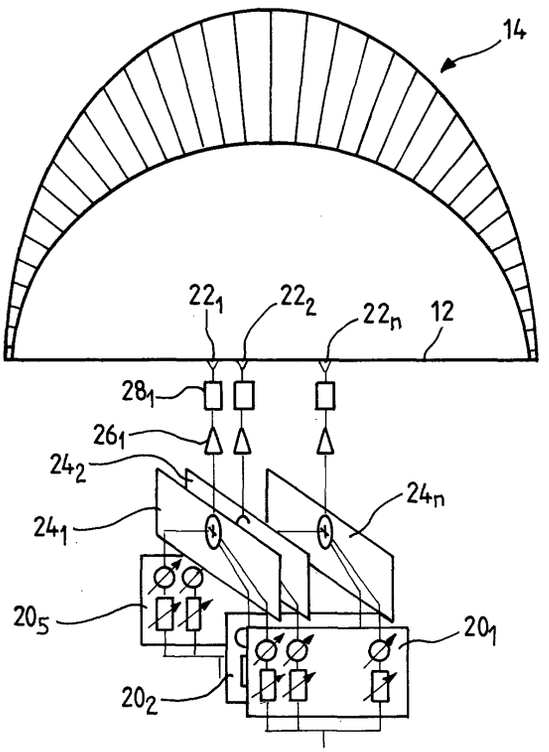
(54) Lentille divergente à dôme pour ondes hyperfréquences et antenne comportant une telle lentille

(57) L'invention concerne une lentille divergente à dôme (14) pour des ondes hyperfréquences.

Elle comporte une pluralité de guides d'onde (44_i) de longueurs variables, cette longueur étant la plus importante selon l'axe (16) de la lentille et étant plus faible pour les guides d'onde éloignés de l'axe.

Les axes des guides d'onde sont, par exemple, tous parallèles entre eux et parallèles à l'axe (16) de la lentille.

FIG_2



EP 1 191 630 A1

Description

[0001] L'invention est relative à une lentille divergente à dôme pour des ondes du domaine des hyperfréquences ou micro-ondes. Elle concerne aussi une antenne de télécommunication comprenant une telle lentille, cette antenne étant montée à bord d'un satellite pour communiquer avec des zones terrestres selon un large champ de vue.

[0002] Dans un système de télécommunication par satellites défilants à orbite basse ou moyenne, la terre est divisée en zones ou cellules dont chacune présente un diamètre de plusieurs centaines de kilomètres et les communications entre terminaux d'une zone s'effectuent par l'intermédiaire d'une station de base dans cette zone. Autrement dit, pour établir une communication entre deux terminaux d'une même zone, le premier terminal émet un signal vers la station de base, ce signal transitant par l'intermédiaire de moyens de communication à bord d'un satellite défilant et ensuite, la station de base transmet, toujours par l'intermédiaire d'un satellite, la communication au second terminal. Pour la communication entre deux terminaux se trouvant dans deux zones différentes, on établit une communication entre les deux stations de base des deux zones, par exemple par l'intermédiaire d'un réseau terrestre.

[0003] Étant donné qu'à bord d'un satellite il faut minimiser le poids et l'encombrement, il est préférable qu'une antenne d'émission ou de réception soit affectée à une pluralité de zones. Cette antenne doit donc couvrir un très large champ de vue. Par exemple, pour un satellite à l'altitude de 1 400 km, le champ de vue est constitué par un angle au sommet de 108° pour un système de télécommunication dont la couverture atteint une élévation de 10°.

[0004] En outre, comme le satellite est défilant et que les zones sont fixes au sol, l'antenne doit être du type à balayage de faisceaux, c'est-à-dire que le faisceau de l'antenne doit constamment se déplacer angulairement. Enfin, la difficulté de réalisation d'une telle antenne est accrue par le fait que son gain doit croître en fonction de l'angle de pointage. En effet, quand cet angle augmente, la distance à la zone augmente, ce qui entraîne une atténuation due à la distance et à la traversée de l'atmosphère.

[0005] Pour satisfaire à ces exigences, on a déjà proposé une antenne comportant, d'une part, un générateur de faisceaux à balayage électronique et, d'autre part, une lentille divergente à dôme diélectrique pour augmenter le champ de vue du générateur de faisceaux et corriger le gain en fonction de l'angle de pointage. Cette séparation entre la fonction de génération des faisceaux et la fonction d'augmentation du champ de vue avec correction de gain en fonction de l'angle de pointage permet de réaliser une antenne ayant un angle d'ouverture compris entre 60 et 120°. En outre, le générateur de faisceaux est réalisé en général à l'aide d'un balayage électronique ayant un nombre limité d'éléments rayonnants. La lentille divergente à dôme diélectrique est constituée en un matériau de permittivité constante sur lequel sont moulées des couches d'adaptation quart-d'onde.

[0006] Mais une lentille à dôme diélectrique est, en pratique, incompatible avec des applications spatiales car les matériaux diélectriques subissent au lancer et dans l'espace des contraintes mécaniques et thermiques très élevées. En outre, une telle lentille présente une masse élevée, ce qui est aussi difficilement compatible avec des applications spatiales.

[0007] L'invention remédie à cet inconvénient.

[0008] Ainsi, l'antenne conforme à l'invention comporte un réseau à balayage électronique associé à une lentille divergente à dôme pour augmenter le champ de vue du réseau à balayage et elle est caractérisée en ce que la lentille à dôme comporte une pluralité de guides d'onde métalliques de longueurs variables, la longueur étant la plus importante selon l'axe de la lentille et diminuant vers la périphérie.

[0009] Chaque guide d'onde constitue un capteur/émetteur ainsi qu'un déphaseur, ce qui permet de réaliser la fonction de lentille divergente. Comme un guide d'onde est constitué par de simples parois métalliques, l'antenne selon l'invention est bien adaptée aux applications spatiales.

[0010] Les guides d'onde peuvent avoir une section quelconque telle qu'une section circulaire, relativement aisée à fabriquer, une section rectangulaire ou une section hexagonale qui confère des pertes minimales.

[0011] Dans un mode de réalisation, la lentille à dôme se raccorde directement à un réseau plan de guides d'onde constituant le réseau à balayage électronique. Dans ce cas, le nombre de guides d'onde du réseau et de la lentille est le même et les guides d'onde du réseau plan et de la lentille à dôme forment, par exemple, une pièce d'un seul tenant.

[0012] L'invention concerne aussi une lentille à dôme divergente pour des ondes hyperfréquences qui est caractérisée en ce qu'elle comprend une pluralité de guides d'onde de longueurs variables, les guides d'onde ayant une longueur maximale selon l'axe du dôme, la longueur diminuant quand la distance à l'axe augmente.

[0013] L'invention concerne donc une lentille divergente à dôme pour des ondes hyperfréquences qui comporte une pluralité de guides d'onde de longueurs variables, cette longueur étant la plus importante selon l'axe de la lentille et étant plus faible pour les guides d'onde éloignés de l'axe.

[0014] Dans une réalisation, les axes des guides d'onde sont tous parallèles entre eux et parallèles à l'axe de la lentille.

[0015] En variante, les axes de chacun des guides d'onde convergent en un point de l'axe de la lentille.

[0016] La lentille présente, par exemple, une forme de révolution autour d'un axe

[0017] De préférence, tous les guides d'onde métalliques ont une même section, cette dernière étant, par

exemple, circulaire, rectangulaire ou hexagonale.

[0018] L'invention concerne aussi une antenne d'émission ou de réception pour système de télécommunication à satellite(s) défilant(s), cette antenne étant destinée à former des faisceaux fixes au sol, l'ensemble de ces faisceaux s'étendant sur un angle de vue total compris entre 60 et 120°, l'antenne comprenant, d'une part, un réseau d'éléments rayonnants à balayage électronique pour former des faisceaux correspondants aux diverses zones terrestres et, d'autre part, une lentille divergente à dôme pour élargir l'ouverture des faisceaux créés par le réseau d'éléments rayonnants et conférer un gain qui est minimum selon l'axe de l'antenne et maximum à la périphérie de cette dernière, la lentille divergente comportant une pluralité de guides d'onde métalliques de longueurs variables, cette longueur étant la plus importante selon l'axe de la lentille et étant plus faible pour les guides d'onde éloignés de l'axe.

[0019] Dans une réalisation, le réseau d'éléments rayonnants comporte des guides d'onde en nombre égal à celui de la lentille divergente à dôme.

[0020] Dans un exemple, les éléments rayonnants du réseau d'éléments rayonnants comportent chacun un guide d'onde formant une pièce d'un seul tenant avec un guide d'onde de la lentille divergente à dôme.

[0021] Dans ce cas, selon une réalisation, les guides d'onde du réseau d'éléments rayonnants sont prolongés, à l'opposé des guides d'onde de la lentille divergente, par une ou plusieurs sections pour des moyens de filtrage.

[0022] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

La figure 1 représente le globe terrestre et quelques zones fixes pour un système de télécommunication auquel s'applique l'antenne selon l'invention,

La figure 2 est un schéma d'une antenne d'émission installée à bord d'un satellite de façon à établir les communications avec les zones terrestres représentées sur la figure 1,

Les figures 3 et 4 sont des schémas de modes de réalisation de parties d'une antenne conforme à l'invention,

La figure 5 est un schéma d'ensemble d'une antenne de réception selon l'invention,

La figure 6 est un schéma d'une lentille divergente à dôme conforme à l'invention, et

La figure 7 est un schéma visant à expliquer certaines propriétés d'une lentille divergente en forme de dôme.

[0023] L'antenne que l'on va décrire en relation avec les figures est destinée à être installée à bord d'un satellite de télécommunication qui fait partie d'une constellation de satellites défilants en orbite à une altitude d'environ 1 400 km. Cette antenne est destinée à communiquer avec des zones terrestres 10_1, 10_2, 10_3, 10_4, 10_5 (figure 1) ayant chacune un diamètre de 700 km environ, ces zones étant fixes au sol.

[0024] Étant donné que le satellite est défilant, on fait appel à une antenne à balayage électronique de façon que chaque faisceau d'émission et de réception corresponde en permanence à la zone fixe au sol malgré le déplacement du satellite.

[0025] Ainsi, comme montré sur la figure 2, on prévoit, de façon en soi connue, un réseau 12 d'éléments rayonnants associé à une lentille divergente à dôme 14.

[0026] Le réseau 12 permet le balayage électronique et permet aussi de créer une pluralité de faisceaux pour communiquer avec les zones 10_1 ... 10_5, tandis que la lentille à dôme 14 permet d'élargir le champ de vue jusqu'à un angle d'environ 120° afin que le faisceau puisse couvrir l'ensemble des zones 10_1 à 10_5. En outre, comme montré sur la figure 7, le faisceau obtenu selon l'axe 16 de la lentille à dôme est relativement étroit tandis qu'il présente une plus grande section d'ouverture quand on s'éloigne de l'axe,. Ainsi, l'antenne est plus directive quand on s'éloigne de l'axe, ce qui permet de couvrir correctement les zones éloignées de l'axe telle que la zone 10_5 sur la figure 1. De plus, la lentille divergente permet un gain supérieur quand on s'éloigne de l'axe 16. Ainsi, on compense, par cette augmentation de gain, pour les zones 10_5 les plus éloignées de l'antenne, l'atténuation supérieure due à une plus grande distance et à une plus grande atténuation atmosphérique.

[0027] Pour l'excitation du réseau d'éléments rayonnants 12, on prévoit, de façon classique, pour former les faisceaux destinés aux zones 10_1 à 10_5, des réseaux formateurs de faisceaux 20_1, 20_2, ..., 20_5. Chaque réseau formateur de faisceau 20_i effectue un balayage électronique permanent de façon que le faisceau atteigne constamment la zone à laquelle il est affecté.

[0028] Chacun de ces réseaux formateurs de faisceaux fournit aux éléments rayonnants 22_1, 22_2, ..., 22_n un signal ayant une amplitude et une phase calculées pour que le faisceau d'ensemble corresponde au résultat désiré. Autrement dit, chaque réseau 20_i comporte autant de sorties que d'éléments rayonnants. Les sorties destinées au même élément rayonnant 22_i de ces réseaux 20_i sont connectées à une entrée respective d'un additionneur, ou combineur, 24_1, 24_2, ..., 24_n et la sortie de chaque additionneur est transmise à l'élément rayonnant correspondant par l'intermédiaire d'un amplificateur 26_i et d'un filtre 28_i.

[0029] Dans un premier mode de réalisation représenté sur la figure 3, le réseau 12 comporte une plaque métallique épaisse 30 dans laquelle les éléments rayonnants comportent de simples trous circulaires traversants 32_1, 32_2, etc. Ce réseau rayonnant est particulièrement simple à fabriquer.

[0030] Dans la variante représentée sur la figure 4, on prévoit également une plaque métallique épaisse mais les éléments rayonnants comprennent des trous de section rectangulaire 34_1, 34_2, etc.

[0031] Dans une autre variante (non montrée), les ouvertures de la plaque épaisse sont hexagonales, ce qui permet une meilleure efficacité de rayonnement des éléments rayonnants.

[0032] La présence de la lentille dôme permet, à performances données, de réduire considérablement le nombre total d'éléments rayonnants du réseau actif. Cette réduction est d'au moins un facteur 10. Elle permet aussi une réduction globale des dimensions de l'antenne. Le nombre d'éléments rayonnants du réseau est avantageusement réduit à une centaine, par exemple un réseau hexagonal à 127 éléments rayonnants.

[0033] Selon un aspect important de l'invention, la lentille divergente 14 est constituée par une pluralité de guides d'onde formés d'éléments métalliques ayant des longueurs variables, cette longueur étant la plus importante le long de l'axe de révolution 16 du dôme que forme la lentille et la plus faible à la périphérie 40 (figures 5 et 6). Ce sont les longueurs différentes des divers guides d'onde qui permettent de réaliser les déphasages nécessaires pour que la lentille à dôme constitue une lentille divergente.

[0034] Dans le mode de réalisation de l'invention qui est représenté sur la figure 5, les axes de tous les guides d'onde sont parallèles entre eux et parallèles à l'axe de révolution 16 tandis que dans le mode de réalisation de l'invention qui est représenté sur la figure 6, les axes des divers guides d'onde convergent en un point situé sur l'axe 16 et dans le plan du réseau 12.

[0035] On se réfère tout d'abord à la figure 5. Dans cet exemple, la lentille divergente à dôme 14 comporte une pluralité de guides d'onde de longueurs différentes. Cette lentille forme une pièce d'un seul tenant avec les éléments rayonnants 22 et les moyens de filtrage 28.

[0036] De façon plus précise, chaque guide d'onde 44_i présente trois sections 46_i, 48_i, et 50_i. La première section 46_i constitue la partie du guide d'onde affectée à la lentille divergente 14, la seconde section 48_i constitue le réseau rayonnant 12, et la troisième section 50_i correspond à un moyen de filtrage pour une antenne de réception (ou d'émission).

[0037] Une telle antenne formée de guides d'onde métalliques est d'une réalisation particulièrement simple. En particulier, il suffit de prévoir des trous dans une structure métallique.

[0038] Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 6, les axes 54_i des divers guides d'onde convergent en un point 56 sur l'axe 16 de la lentille dôme et se trouvant dans un plan du réseau 12 d'éléments rayonnants.

[0039] Le nombre typique de trous formant une lentille à guide est de quelques centaines.

[0040] Dans tous les modes de réalisation de l'invention qui ont été décrits, la surface extérieure de la lentille 14 présente la forme d'un ellipsoïde de révolution autour de l'axe 16. En outre, les divers guides d'onde 44_i (figure 5) ou 56_i (figure 6) sont disposés autour de l'axe 16 de façon qu'en section par un plan perpendiculaire à cet axe, les axes des divers guides d'onde sont répartis régulièrement sur une série de cercles concentriques centrés sur l'axe 16.

[0041] La lentille à guides d'onde selon l'invention peut être utilisée pour d'autres applications que celle décrite ci-dessus. En d'autres termes, la lentille divergente à pluralité de guides d'onde n'est pas forcément utilisée en combinaison avec un réseau à balayage électronique. De façon générale, elle est utile à chaque fois qu'il est nécessaire d'obtenir un large champ de vue avec augmentation de gain quand on s'éloigne de l'axe.

[0042] Elle peut, par exemple, être utilisée pour de la télémesure de charges utiles afin de contrôler le satellite.

[0043] Dans ce cas, la lentille présente des dimensions plus faibles que les dimensions des lentilles connues pour la même application. Cette lentille est, par exemple, associée à un simple cornet rayonnant. Elle permet de focaliser l'énergie dans des directions éloignées de l'axe de l'antenne, par exemple jusqu'à au moins 63°. Les niveaux de gain à 63° sont plus élevés que ne le permettent les antennes classiquement utilisées pour ce type d'application (cornet à piège ou réflecteur formé).

Revendications

1. Lentille divergente à dôme pour des ondes hyperfréquences, **caractérisée en ce qu'**elle comporte une pluralité de guides d'onde (44_i, 54_i) de longueurs variables, cette longueur étant la plus importante selon l'axe (16) de la lentille et étant plus faible pour les guides d'onde éloignés de l'axe.

2. Lentille divergente selon la revendication 1, **caractérisée** en que les axes des guides d'onde sont tous parallèles entre eux et parallèles à l'axe (16) de la lentille.

3. Lentille divergente selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les axes (54_i) de chacun des guides d'onde (56_i) convergent en un point de l'axe (16) de la lentille.

4. Lentille divergente selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisée en ce qu'**elle présente une forme de révolution autour d'un axe (16).

5. Lentille selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** tous les guides d'onde métalliques ont une même section, cette dernière étant, par exemple, circulaire, rectangulaire ou hexagonale.

6. Antenne d'émission ou de réception pour système de télécommunication à satellite(s) défilant(s), cette antenne étant destinée à former des faisceaux fixes

au sol (10_1, 10_2, 10_3, 10_4, 10_5), l'ensemble de ces faisceaux s'étendant sur un angle de vue total compris entre 60 et 120°, l'antenne comprenant, d'une part, un réseau (12) d'éléments rayonnants à balayage électronique pour former des faisceaux correspondants aux diverses zones terrestres et, d'autre part, une lentille(14) divergente à dôme pour élargir l'ouverture des faisceaux créés par le réseau (12) d'éléments rayonnants et conférer un gain qui est minimum selon l'axe de l'antenne et maximum à la périphérie de cette dernière, **caractérisée en ce que** la lentille divergente comporte une pluralité de guides d'onde métalliques de longueurs variables, cette longueur étant la plus importante selon l'axe (16) de la lentille et étant plus faible pour les guides d'onde éloignés de l'axe.

7. Antenne selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les guides d'onde de la lentille divergente à dôme présentent des axes parallèles entre eux et parallèles à l'axe (16) de cette lentille.

8. Antenne selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les axes des guides d'onde sont convergents en un point (56) sur l'axe de cette lentille et dans un plan du réseau (12) d'éléments rayonnants.

9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisée en ce que** les guides d'onde de la lentille divergente à dôme ont tous la même section, cette dernière étant, par exemple, circulaire, rectangulaire ou hexagonale.

10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, **caractérisée en ce que** le réseau d'éléments rayonnants comporte des guides d'onde en nombre égal à celui de la lentille divergente à dôme.

11. Antenne selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** les éléments rayonnants du réseau (12) d'éléments rayonnants comportent chacun un guide d'onde formant une pièce d'un seul tenant avec un guide d'onde de la lentille divergente à dôme.

12. Antenne selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** les guides d'onde du réseau d'éléments rayonnants sont prolongés, à l'opposé des guides d'onde de la lentille divergente, par une ou plusieurs sections pour des moyens de filtrage.

FIG_1

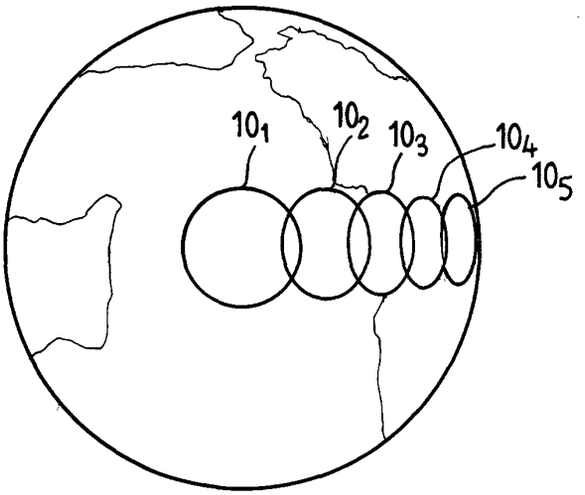

10_1
10_2
10_3
10_4
10_5

FIG_2

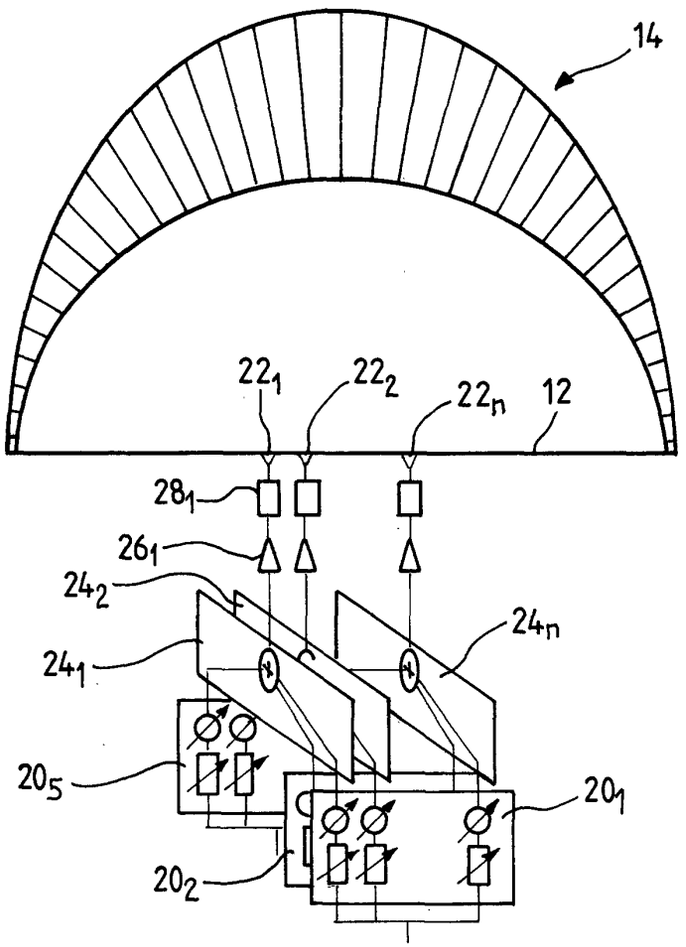

14
22_1
22_2
22_n
12
28_1
26_1
24_2
24_n
24_1
20_5
20_1
20_2

FIG_3

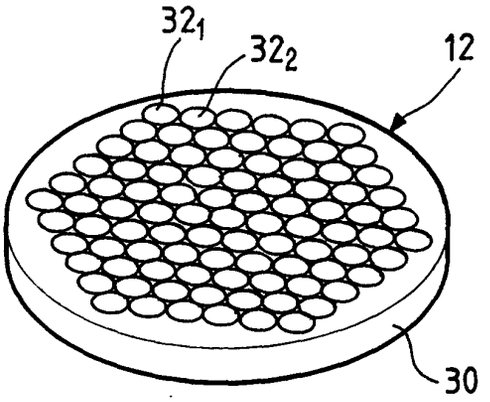
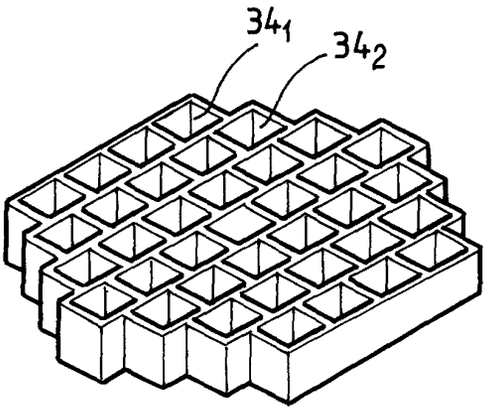


FIG_4



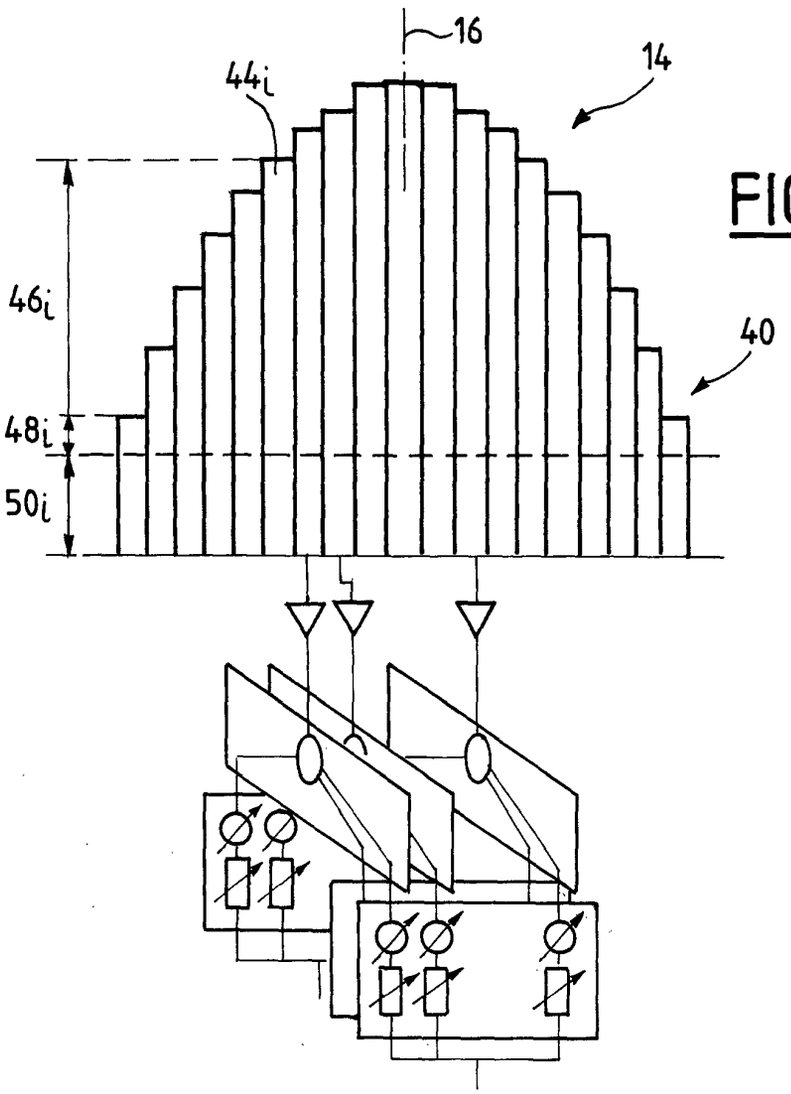


FIG_5

FIG_6

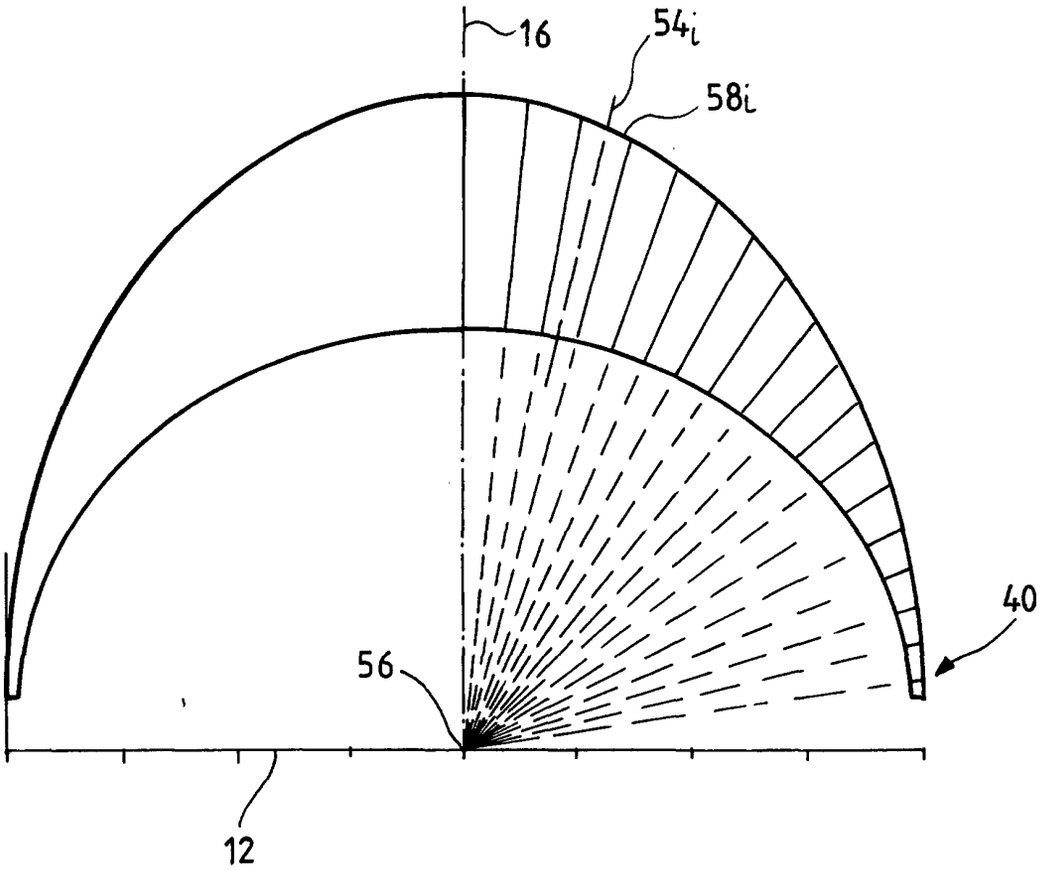
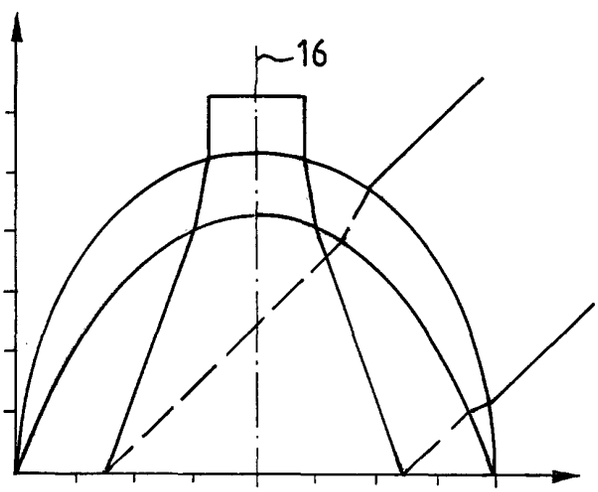


FIG_7



Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 01 40 2282

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X Y	US 4 321 604 A (AJIOKA JAMES S) 23 mars 1982 (1982-03-23) * colonne 3, ligne 47 - ligne 68 * * colonne 4, ligne 1 - ligne 12 * * colonne 6, ligne 22 - ligne 48 * * colonne 9, ligne 18 - ligne 30; revendication 1; figures 4,10 * ---	1,2,4,5 3,6,7, 9-12	H01Q15/06 H01Q25/00 H01Q1/28
Y A	GB 1 403 769 A (SPERRY RAND CORP) 28 août 1975 (1975-08-28) * le document en entier * ---	3 8	
Y	US 6 018 316 A (LEVY JOSEPH S ET AL) 25 janvier 2000 (2000-01-25) * colonne 6, ligne 6 - ligne 28 * * colonne 8, ligne 61 - ligne 67 * * colonne 9, ligne 1 - ligne 58; figure 10 * -----	6,7,9-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			H01Q

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE	21 décembre 2001	Moumen, A

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 01 40 2282

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 members 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.

21-12-2001

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4321604 A	23-03-1982	AUCUN	
GB 1403769 A	28-08-1975	CA 977844 A1	11-11-1975
		DE 2262495 A1	05-07-1973
		US 3755815 A	28-08-1973
US 6018316 A	25-01-2000	AUCUN	

EPO FORM P0460

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