



Numéro de publication: **0 440 126 A1**

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: **91101053.6**

Int. Cl.⁵: **H01Q 21/00, H01Q 13/10, H01Q 21/24**

Date de dépôt: **28.01.91**

Priorité: **29.01.90 FR 9000990**

Date de publication de la demande:
07.08.91 Bulletin 91/32

Etats contractants désignés:
DE FR GB IT SE

Demandeur: **ALCATEL ESPACE**
11, avenue Dubonnet
F-92407 Courbevoie Cédex(FR)

Inventeur: **Caille, Gérard**
7, rue de Vérasque
F-31170 Tournefeuille(FR)
Inventeur: **Lefeuvre, Pascal**
17, rue St Germier
F-31270 Frouzins(FR)

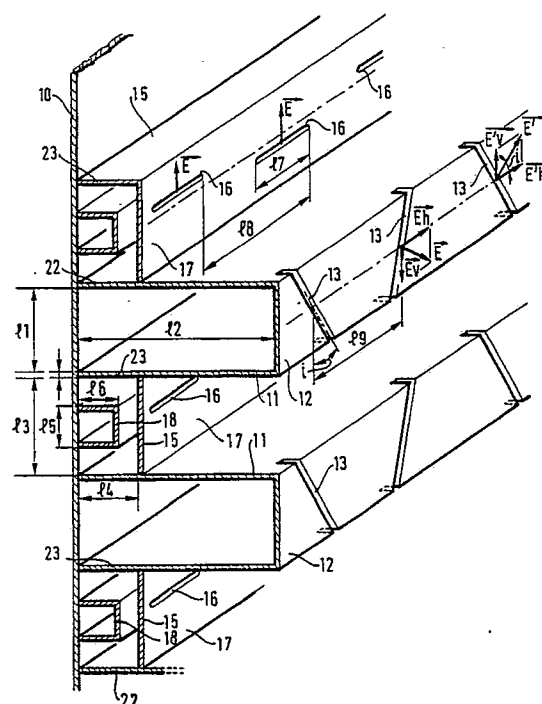
Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al**
Lennéstrasse 9 Postfach 24
W-8133 Feldafing(DE)

Antenne en guides d'ondes à fentes, notamment pour radars spatiaux.

L'invention concerne une antenne bipolarisée en guides d'ondes à fentes, notamment pour radars spatiaux, comprenant des guides d'ondes rectangulaires disposés parallèlement le long d'une paroi commune (10), deux guides voisins (11, 15) étant séparés entre eux par une même paroi (22, 23), la dernière paroi (12, 17) de chaque guide, située à l'opposé de la paroi commune (10), étant munie de fentes rayonnante (13, 16); cette antenne comprenant alternativement des guides d'onde d'un premier type (11) rayonnant une première polarisation et des guides d'onde d'un second type (15) rayonnant une seconde polarisation.

Application notamment au domaine des radars ou télécommunications spatiales.

FIG.1



EP 0 440 126 A1

ANTENNE EN GUIDES D'ONDES À FENTES, NOTAMMENT POUR RADARS SPATIAUX.

La présente invention concerne une antenne bipolarisée en guides d'ondes à fentes, notamment pour radars spatiaux.

Un satellite radar d'observation fonctionnant sur le principe de la visée latérale et de la synthèse d'ouverture (SAR ou "Synthetic Aperture Radar") nécessite une antenne de très grandes dimensions (voisine de 2 m x 8 m en bande X), avec agilité électronique en élévation, émettant et recevant successivement en deux polarisations linéaires orthogonales.

Pour de tels satellites les antennes, ayant déjà été réalisées ou en cours de développement, utilisent deux types d'éléments rayonnants :

- des guides à fentes résonnant en bande C fonctionnant en une seule polarisation V ("pseudo-verticale" perpendiculaire à la normale à l'antenne) : Il en est ainsi pour les antennes du satellite ERS1 de l'Agence Spatiale Européenne comme décrit dans l'article "The Planar array antennas for the European Remote Sensing Satellite ERS1" de Robert Peterson et Per Ingvarson paru dans les "Proceedings of IGARSS 1988". Mais le faisceau de ces antennes est fixe, sans balayage électronique.
- des "patches", c'est-à-dire des pavés conducteurs gravés sur un matériau du type nid d'abeille, résonnant en bande L en une seule polarisation H (horizontale perpendiculaire à la normale à l'antenne) : Il en est ainsi pour les antennes des satellites américains Seasat, SIRA et B comme décrit dans l'article "Seasat and SIR-A microstrip antennas" de L.R. Murphy paru dans les "Proceedings of Workshop on Printed Antennas Technology" - las Cruces 1979. Mais le faisceau d'une telle antenne est fixe.

Le satellite appelé "SIRC" (Shuttle Imaging Radar N° C) qui doit voler en 1991 ou 1992 comprendra des antennes superposées verticalement, réutilisant les principes précédents, comme décrit dans l'article "Heading for space : C band phased array" paru dans "Microwaves and RF" - d'avril 1986.

- des antennes à "patches" carrés en bandes L et C, fonctionnant cette fois alternativement en polarisation H et V, et comportant des modules actifs assurant un balayage électronique en élévation.
- des antennes en guides à fentes en bande X, à une seule polarisation V et à faisceau fixe.

L'antenne de l'invention correspond à la demande de satellites d'observation notamment des ressources terrestres (végétation, hydrologie, océa-

nographie) qui puissent observer en bande X (entre 9,5 et 9,8 GHz) dans les deux polarisations H et V.

Les dimensions de surface rayonnante nécessaire (hauteur 2 à 3 m x longueur 7 à 10 m) ne permettent pas la superposition sur un satellite de deux antennes différentes, une par polarisation.

Les "patches" bipolarisés sont peu performants en bande X si l'on se limite à un nombre de modules électroniques inférieur à 500, pour des raisons de masse et de coût. En effet, le large balayage électronique en élévation imposant une commande de phase par ligne horizontale d'éléments rayonnants, ces lignes doivent avoir une longueur de 2 à 4 m (une par panneau repliable d'antenne), et les pertes ohmiques seraient trop fortes en technologie imprimée.

Les guides à fentes sont les éléments rayonnants assurant les pertes les plus faibles en bande X sur une grande longueur ; mais chaque type de guide ne rayonne qu'une polarisation.

L'invention a pour objet de palier ces différents inconvénients.

Elle propose à cet effet une antenne en guides d'ondes à fentes, notamment pour radars spatiaux comprenant des guides d'onde rectangulaires disposés parallèlement le long d'une paroi commune, deux guides voisins étant séparés entre eux par une même paroi, la dernière paroi de chaque guide, située à l'opposé de la paroi commune, étant munie de fentes rayonnantes, caractérisée en ce qu'elle comprend alternativement des guides d'ondes rectangulaires rayonnant sur leur petit côté dans une première polarisation et des guides d'ondes à nervure rayonnant sur leur grand côté dans une seconde polarisation.

L'originalité de l'invention repose sur l'association, en alternance, dans un même réseau de deux types de guides à fentes :

- un guide normal avec des fentes sur le petit côté,
- un guide à nervure (ou guide ridgé) comportant des fentes sur le grand côté.

Ce qui présente l'avantage :

- de permettre d'émettre à la même fréquence sur deux polarisations croisées,
- d'augmenter le découplage des deux signaux émis,
- de présenter une plus grande facilité de réalisation que l'utilisation d'une structure coaxiale.

L'invention permet d'intercaler des guides rayonnant en polarisation horizontale ou verticale dans un "pas du réseau" suffisamment faible, par exemple inférieur ou égal à $0,7 \lambda_0$, λ_0 étant la

longueur d'onde centrale dans le vide ; ce qui permet un large balayage du faisceau d'antenne sans apparition de lobes parasites dans d'autres directions.

Dans une réalisation avantageuse les guides du premier type, qui rayonnent en polarisation horizontale, sont munis de fentes légèrement inclinées par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de symétrie des guides, alternativement orientées dans un sens puis dans l'autre symétriquement au plan perpendiculaire à l'axe de symétrie de ce guide, tout en étant proéminents par rapport aux guides du second type. Les guides d'ondes du second type, qui rayonnent en polarisation verticale, sont des guides à nervure munis de fentes parallèles aux axes de symétrie des guides ; les fentes de chaque guide du second type étant décalés par rapport à l'axe de symétrie de la face rayonnante alternativement d'un côté et de l'autre de cet axe.

Avantageusement une telle antenne est de masse modérée et ne subit que de faibles pertes.

De plus la même disposition peut être adoptée pour n'importe quelle bande de fréquences située entre 2 et 40 GHz, à condition d'adapter les dimensions à la longueur d'onde centrale.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre, à titre d'exemple non limitatif, en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 illustre le principe de l'antenne selon l'invention ;
- la figure 2 illustre schématiquement une première réalisation de l'antenne selon l'invention ;
- la figure 3 illustre le fonctionnement de l'antenne selon l'invention ;
- la figure 4 illustre schématiquement une seconde réalisation de l'antenne selon l'invention.

L'antenne de l'invention, telle que représentée sur la figure 1, comprend alternativement le long d'un plan de masse vertical 10 :

- des guides standard 11 bande X, comportant sur leur petit côté 12 des fentes 13 légèrement inclinées d'un angle i par rapport à la verticale ; La composition des champs

$$\vec{E} \text{ et } \vec{E}'$$

rayonnés par deux fentes 13 consécutives, séparées d'une demi-longueur d'onde guidée, permet de rayonner (et de recevoir) une polarisation horizontale (H) en limitant dans tout l'espace le niveau de polarisation croisée V à -20 dB du niveau H dans la direction de visée ;

- des guides 15 "ridgés" (ou "à nervure") dont les fentes horizontales 16 sur le grand côté 17 rayonnent (et reçoivent) la polarisation V ; le "ridge" ou nervure 18 intérieure permettant de diviser par un facteur supérieur à deux la hauteur intérieure de ces guides, pour la même bande de fréquences de fonctionnement.

De manière avantageuse les fentes 16 des seconds guides 15 sont alternativement disposées au dessus et en dessous d'un axe de symétrie de la face rayonnante 17.

Ces différents guides 11 et 15 sont disposés côte à côte de telle façon qu'ils aient des parois communes 22 et 23.

Dans les guides 11 du premier type, qui rayonnent en polarisation horizontale, on a :

- pour une fente de la première série de fentes inclinées de l'angle i par rapport à la verticale :

$$\vec{E} = \vec{E}_H + \vec{E}_V$$

25

- pour une fente voisine de la seconde série de fentes inclinées de l'angle $-i$:

30

$$\vec{E} = \vec{E}_H + \vec{E}_{V'} = \vec{E}_H - \vec{E}_V$$

et donc

35

$$\vec{E} + \vec{E}' = 2 \vec{E}_H$$

Dans les guides 15 du second type qui rayonnent en polarisation verticale :

40

$$\vec{E} = \vec{E}'$$

Dans une réalisation particulière de l'invention on a considéré :

45

- Largeur des premiers guides 11 : $L_1 \approx 10,2$ mm
- Longueur des premiers guides 11 : $L_2 \approx 22,9$ mm
- Largeur des seconds guides 15 : $L_3 \approx 10,8$ mm
- Longueur des seconds guides 15 : $L_4 \approx 5,6$ mm
- Largeur de la nervure 18 : $L_5 \approx 4,2$ mm
- Longueur de la nervure 18 : $L_6 \approx 3,6$ mm
- Longueur des fentes 16 réalisées sur les seconds guides 15 :

50

55

$$L7 \approx \frac{\lambda_0}{2} \approx 15,5 \text{ mm}$$

- Espacement entre ces fentes 16 : $L8 \approx \lambda/2 \approx 30,8 \text{ mm}$
- Espacement entre les fentes 13 réalisées sur les premiers guides 11 : $L9 \approx \lambda/2 \approx 21,2 \text{ mm}$
- Epaisseurs des guides 11 et 15 : $e \approx 0,4 \text{ mm}$

Il est ainsi possible de loger le jeu des deux types de guides 11 et 15 dans le pas vertical du réseau $d_v = 21,75 \text{ mm}$ et de répéter le même motif 88 fois sur la hauteur d'une antenne de 1,94 mètres.

Ces guides sont donc suffisamment compacts pour permettre un balayage électronique.

Pour assurer la rigidité de l'antenne, les guides 11 et 15, dans une première réalisation telle que représentée sur la figure 2, peuvent être réalisés par assemblage de profilés d'alliage d'aluminium 20 et 21 ; l'assemblage peut se faire alors par soudure automatisée.

Le calcul des conductances des fentes des guides du second type 15 tient compte de la présence des parois des guides 11 du premier type, qui modifie les conditions d'adaptation.

Pour une bande passante du signal radar ne dépassant pas 100 MHz, des guides de longueur 50 à 70 cm (soit 16 à 33 fentes chacun) peuvent être réalisés en maintenant un TOS inférieur à 2 à l'entrée.

La figure 3 représente une coupe dans le plan d'élévation passant par le centre de l'antenne 22 et perpendiculaire à la trajectoire 23 du satellite 24 (par exemple sur une orbite de 700 à 800 kilomètres).

L'antenne 22 est pointée vers B, proche du bord lointain A de la couverture (OB étant la normale de l'antenne 22), pour tirer parti de l'élargissement naturel du faisceau (proportionnel à $1/\cos \delta$, si δ est le dépointage depuis la normale) lorsque l'on vise au plus près du nadir N (la direction NC indiquant la direction vers le centre de la terre) : ceci permet de se rapprocher d'une fauchée 25 au sol constante, par exemple de 20 kilomètres (interceptée au sol par le lobe de l'antenne 22 coupé à -1 dB) ; la zone hachurée 26 représentant la zone de balayage de l'antenne ; les angles δM et $\delta M'$ étant les angles de dépointage maximum de chaque côté de la normale.

Des guides standard pour la polarisation verticale auraient entraîné un pas de répétition d_v beaucoup trop fort ; au-delà de $d_v = 22,6 \text{ mm}$ apparaissent, lors du balayage électronique en élévation représenté sur cette figure 3, des "lobes de réseau" qui provoquent une forte perte de gain et des échos ambigus pour le radar. Pour $21,75 < d_v$

$< 22,6$ serait apparu un phénomène "d'aveuglement" de l'antenne pour le dépointage maximal ($\delta M = 21^\circ$ 2 depuis la normale).

Dans une seconde réalisation possible, les guides d'onde peuvent être réalisés en fibre de carbone. Cette technologie permet de diminuer la masse de 30%, à épaisseur de cloison égale. De plus les dilatations sont moindres.

On adapte alors le profil, comme représenté sur la figure 4, pour utiliser :

- d'une part des plaques 30 et 31 de préimprégnés fibre de carbone + résine, obtenus par superposition de couches croisées,
- d'autre part des profilés de section rectangulaires 32 et 33 obtenus par drapage de ce même type de préimprégné autour d'un mandrin métallique qui est ensuite dissous après durcissement du composite résine/fibre de carbone.

Les plaques 30 et 31 et les profilés rectangulaires 32 et 33 sont ensuite assemblés par collage.

Il est bien entendu que la présente invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et que l'on pourra remplacer ses éléments constitutifs par des éléments équivalents sans, pour autant, sortir du cadre de l'invention.

Ainsi l'antenne de l'invention a été détaillée au niveau des dimensions pour une application bande X (fréquence centrale 9,65 GHz). Elle peut être utilisée dans d'autres bandes de fréquence comprises entre 2 et 40 GHz, notamment les bandes voisines C et Ku, en multipliant toutes les dimensions par le rapport des longueurs d'onde.

Ainsi l'antenne de l'invention peut également être utilisée dans le domaine des radars sol ou aéroportés, ou dans celui des transmissions hertziennes, aériennes ou spatiales.

Revendications

1. Antenne en guides d'ondes à fentes, notamment pour radars spatiaux, comprenant des guides d'ondes rectangulaires disposés parallèlement le long d'une paroi commune (10), deux guides voisins (11, 15) étant séparés entre eux par une même paroi (22, 23), la dernière paroi (12, 17) de chaque guide, située à l'opposé de la paroi commune (10), étant munie de fentes rayonnantes (13, 16), caractérisée en ce qu'elle comprend alternativement des guides d'ondes rectangulaires (11) rayonnant sur leur petit côté (12) dans une première polarisation et des guides d'ondes à nervure (15) rayonnant sur leur grand côté (17) dans une seconde polarisation.
2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que les guides d'ondes rectangulaires

(11) sont proéminents par rapport aux guides d'ondes à nervure (15).

3. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les guides d'ondes rectangulaires (11) rayonnent en polarisation horizontale, et en ce que les guides d'ondes à nervure (15) rayonnent en polarisation verticale. 5
4. Antenne selon la revendication 3, caractérisée en ce que les guides d'ondes rectangulaires (11) sont munis de fentes (13) légèrement inclinées (i) par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de symétrie des guides (11). 10 15
5. Antenne selon la revendication 4, caractérisée en ce que, pour un même guide (11), ces fentes (13) sont alternativement orientées dans un sens puis dans l'autre symétriquement au plan perpendiculaire à l'axe de symétrie de ce guide (11). 20
6. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que les guides d'ondes à nervure (15) sont munis de fentes (16) parallèles aux axes de symétrie des guides. 25
7. Antenne selon la revendication 6, caractérisée en ce que ces fentes (16) de chaque guide à nervure (15) sont décalés par rapport à l'axe de symétrie de la face rayonnante (17) alternativement d'un côté et de l'autre de cet axe. 30
8. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le pas du réseau, que forme ladite antenne, est inférieur ou égal à $0,7 \lambda_0$; λ_0 étant la longueur d'onde centrale de l'antenne dans le vide. 35 40
9. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle fonctionne dans une bande de fréquences comprise entre 2 et 40 GHz. 45
10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle est obtenue par assemblage de profilés d'alliage d'aluminium (20, 21). 50
11. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle est obtenue par assemblage de plaques (30 31) et de profilés (32, 33) de section rectangulaire réalisés en préimprégnés fibre de carbone + résine. 55

FIG.1

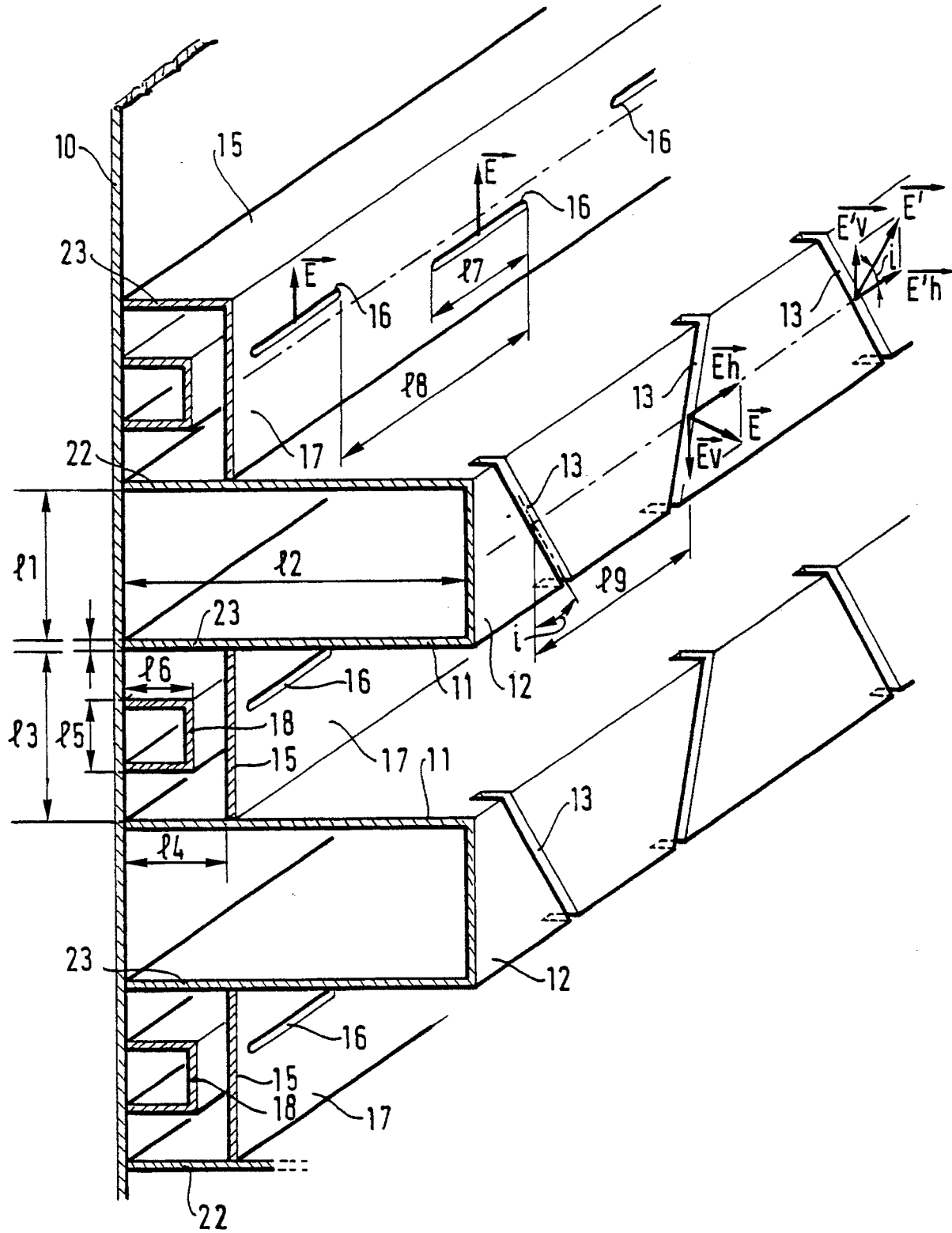


FIG.2

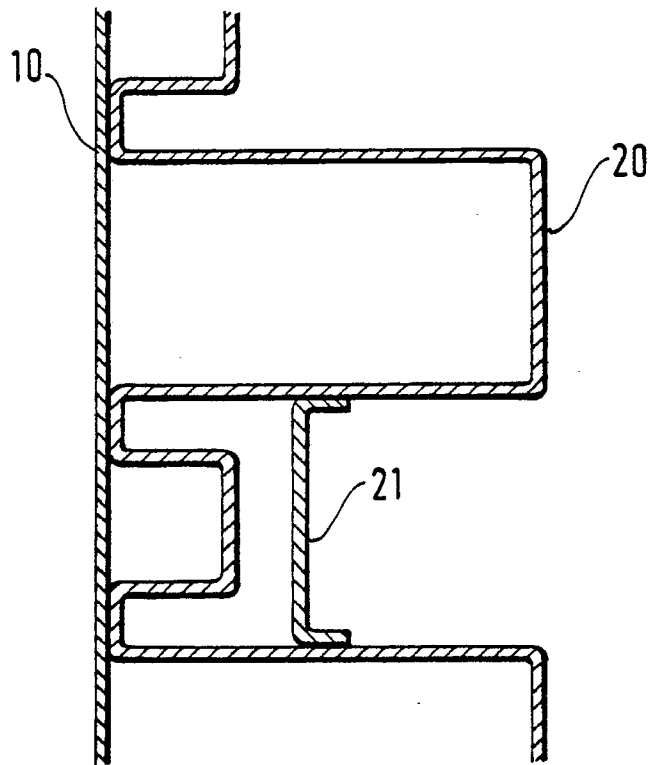


FIG.3

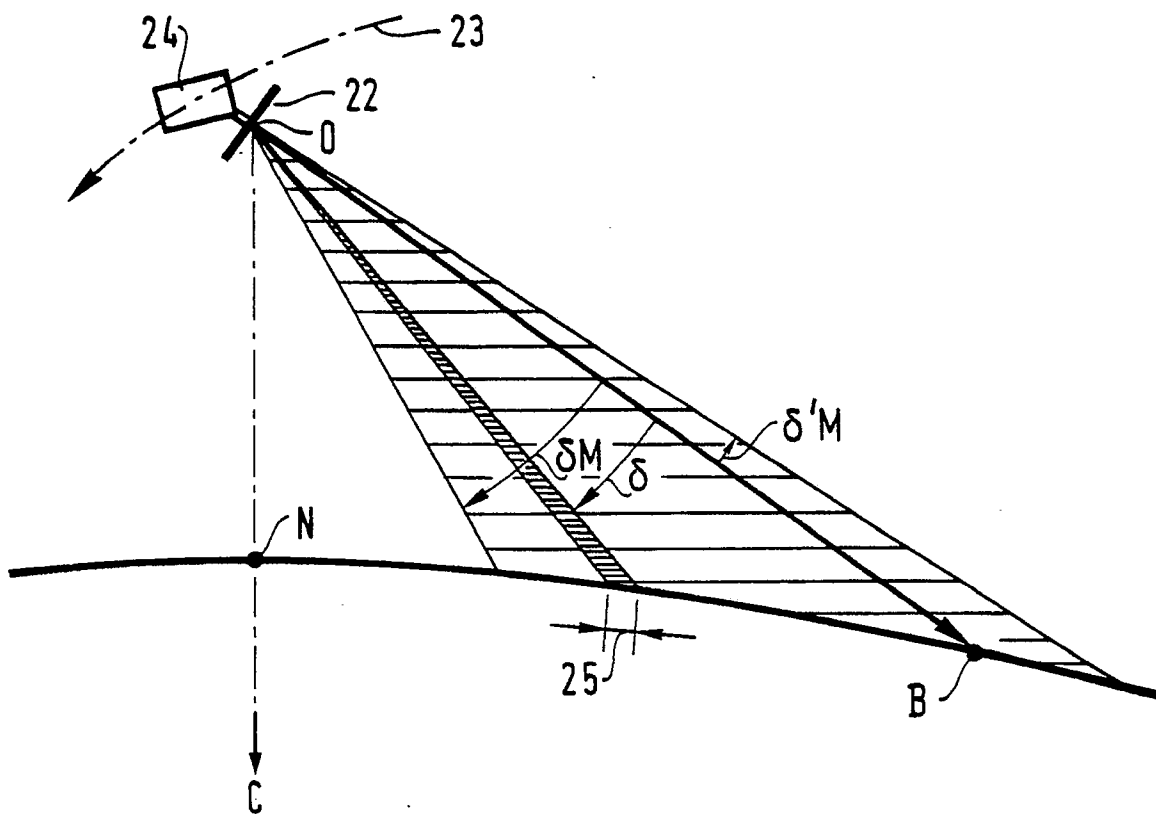
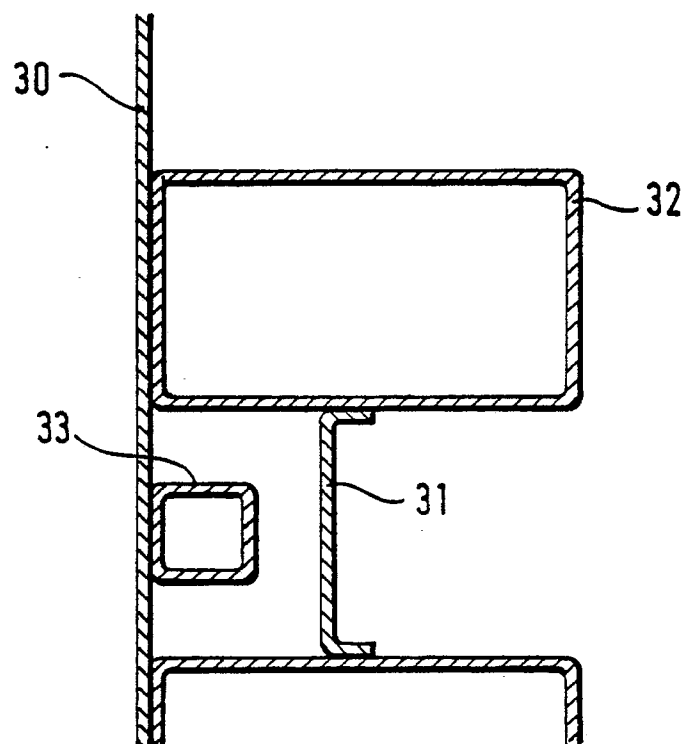


FIG.4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 91 10 1053

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. C1.5)
Y	FR-A-2 455 804 (INTERNATIONAL STANDARD ELECTRIC) * page 6, ligne 1 - page 7, ligne 9 ** page 12, lignes 13 - 17; figures 4, 5 *	1-9	H 01 Q 21/00 H 01 Q 13/10 H 01 Q 21/24
Y	US-A-3 524 189 (H.S.JONES) * colonne 3, lignes 3 - 29; figure 2 *	1-9	
A	GB-A-9 977 73 (HUGHES AIRCRAFT) * page 2, ligne 116 - page 3, ligne 13; figure 9 *	1,4-7	
A	IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION. vol. 36, no. 11, novembre 1988, NEW YORK US pages 1531 - 1544; 11M et al.: "A Design Procedure for Slot Arrays Fed by Single-Ridge Waveguide" * page 1531; figures 1, 2, 7 *	6	
A	Conference Proceedings Military Microwaves 3/4 86 juin 1986, Brighton/England pages 231 - 236; Wagner: "CARBON FIBRE SLOTTED WAVEGUIDE ARRAYS" * le document en entier *	1,10,11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. C1.5)
			H 01 Q
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 22 avril 91	Examineur ANGRABEIT F.F.K.
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			