



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 993 073 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
12.04.2000 Bulletin 2000/15

(51) Int Cl.7: **H01Q 21/00, H01Q 25/00**

(21) Numéro de dépôt: **99402322.4**

(22) Date de dépôt: **23.09.1999**

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

(72) Inventeurs:
• **George, Sébastien**
31130 Fonsegrives (FR)
• **Ulian, Patrice**
31310 Latrape (FR)

(30) Priorité: **05.10.1998 FR 9812457**

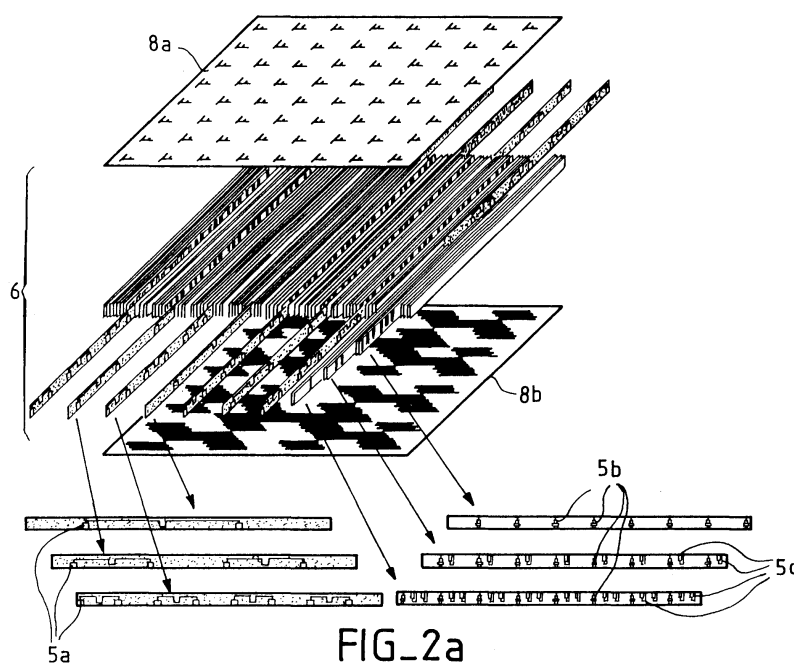
(74) Mandataire: **Lamoureux, Bernard et al**
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Dépt. Propriété industrielle
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

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

(54) **Panneau d'antenne active à structure multicouche**

(57) L'invention concerne un panneau d'antenne active (1) comportant un réseau (2) de n éléments rayonnants et un répartiteur (3) de m faisceaux à structure multicouche destiné à alimenter les n éléments rayonnants (2i), le répartiteur comportant des premières couches dites de formation (6) destinées à supporter des moyens de formation des faisceaux, et des deuxièmes couches dites de connexion (8a, 8b) destinées à supporter des premiers moyens de connexion électri-

ques des premières couches entre elles et des seconds moyens de connexion électriques aux éléments rayonnants. Selon l'invention les couches de formation s'étendent sensiblement perpendiculairement au plan principal de l'antenne, les couches de formation et les couches de connexion sont assemblées par moulage de telle sorte que le répartiteur de faisceaux constitue un monobloc et les éléments rayonnants sont connectés directement aux seconds moyens de connexion.



FIG_2a

EP 0 993 073 A1

Description

[0001] L'invention concerne un panneau d'antenne active à structure multicouches.

[0002] Elle vise notamment mais de manière non limitative les systèmes d'antenne active pour satellite destinés à gérer un ou plusieurs faisceaux par un seul panneau d'éléments rayonnant, par l'intermédiaire d'un répartiteur de faisceaux à structure multicouches.

[0003] Ces systèmes d'antenne active pour satellite requièrent des complexités de plus en plus croissantes en terme notamment de nombre de faisceaux (m) gérés par le seul panneau rayonnant (n éléments rayonnants). La complexité et les missions du répartiteur de faisceau s'en trouvent alors accrues, puisqu'il faut dès lors assurer d'une part la division de puissance $m \times 1$ vers $m \times n$, et d'autre part la recombinaison $m \times n$ vers $1 \times n$:

- le routage devient alors plus dense et donc plus difficile, notamment pour assurer des chemins électriques identiques à tous les signaux; les pertes augmentant inévitablement ;
- la présence de plusieurs faisceaux oblige à gérer la loi (amplitude; phase) d'illumination de chaque pinceau au sein-même du répartiteur, entre les fonctions de division et de recombinaison, l'intégration de puces (atténuateur; déphaseur) dans le répartiteur s'avérant alors nécessaire.

[0004] Enfin, l'inévitable montée en fréquence rend de plus en plus inapplicables les techniques et technologies traditionnellement employées pour mettre en oeuvre les répartiteurs d'antenne active.

[0005] Actuellement, les technologies dites PCB (print circuit board) multicouches organique sont celles qui répondent le mieux au problème du répartiteur de faisceaux. Néanmoins, elles se montrent plus ou moins inadaptées dans certaines conditions telles que :

- dès que la fréquence d'utilisation dépasse 20 Ghz. Dans ce cas les techniques d'interconnexion multicouche RF utilisables dans cette technologie (trou métallisé notamment) sont limitées par l'état de l'art actuel ;
- pour l'intégration de puces à l'intérieur-même du répartiteur puisque le procédé de réalisation des multicouches PCB (laminage, pression, thermofusion) est généralement incompatible avec tout composant de relief que l'on souhaite insérer dans le multicouche. Cet inconvénient oblige à déporter les puces à l'extérieur du répartiteur.

[0006] Enfin, ces répartiteurs sont construits sur un modèle d'empilement horizontal des couches (parallèlement au plan de l'antenne, qui crée d'importantes contraintes sur les performances (généralement bande

étroite) et l'encombrement de l'interconnexion avec les éléments rayonnants, alors disposés perpendiculairement au répartiteur.

[0007] En effet, cette interconnexion ne peut être réalisée qu'au niveau des tranches du circuit, ce qui constitue un inconvénient majeur pour un répartiteur "horizontal" : l'augmentation des pertes pour acheminer les signaux vers les tranches est rédhibitoire, et la densité de routage sur les tranches très peu spacieuses n'apporte aucun gain de simplicité par rapport à d'autres solutions.

[0008] L'invention vise donc à pallier les inconvénients précédemment mentionnés.

[0009] Elle a donc pour objet un panneau d'antenne active permettant sans difficultés l'intégration des puces au sein-même du répartiteur.

[0010] Elle a en outre pour objet un tel panneau dont l'encombrement en terme d'interconnexions et de circuits est réduit par rapport aux solutions de l'art antérieur.

[0011] A cet effet, l'invention propose un panneau d'antenne active présentant un plan principal et comportant un réseau de n éléments rayonnants et un répartiteur de m faisceaux à structure multicouches destiné à alimenter les n éléments rayonnants, le répartiteur comportant des premières couches dites de formation destinées à supporter des moyens de formation des faisceaux, et des deuxième couches dites de connexion destinées à supporter des premiers moyens de connexion électriques des premières couches entre elles et des seconds moyens de connexion électriques aux éléments rayonnants.

[0012] Selon l'invention :

- les couches de formation s'étendent sensiblement perpendiculairement au plan principal de l'antenne ;
- les couches de formation et les couches de connexion sont assemblées par moulage de telle sorte que le répartiteur de faisceaux constitue un monobloc. ;
- les éléments rayonnants sont connectés directement aux seconds moyens de connexion.

[0013] Cette topologie multicouche verticale en technologie moulée permet la réutilisation de l'interconnexion tridimensionnelle RF coplanaire par une des couches de connexion, seule technique aujourd'hui connue de transition tridimensionnelles performante et large bande. Elle permet ainsi de viser un large panel d'applications sans variation de concepts, ni de technologies.

[0014] Selon un mode de réalisation le monobloc est un parallélépipède plan, les couches de connexion s'étendant sensiblement parallèlement au plan de l'antenne et comportant une couche de connexion avant

comportant les second moyens de connexion et une couche de connexion arrière comportant les premiers moyens de connexion, les éléments rayonnant étant rapportés directement sur ladite couche de connexion avant.

[0015] Ainsi on déporte la zone d'interconnexion tridimensionnelle RF des tranches des solutions "horizontales" vers les couches de connexion avant et arrière du répartiteur, ces couches étant beaucoup plus spacieuses:

[0016] Le routage d'interconnexion tridimensionnelle RF devient alors simpliste et plus facile à optimiser. En outre on dispose de la même surface qu'en multicouche horizontal pour effectuer l'acheminement des signaux;

[0017] D'autres caractéristiques de l'invention sont explicitées dans la description qui suit d'un mode de réalisation donné uniquement à titre d'exemple, en référence aux figures annexées.

[0018] La figure 1a est une représentation schématique en perspective d'un panneau d'antenne active selon l'invention dans lequel les éléments rayonnants ne sont pas rapportés.

[0019] La figure 1b est une représentation schématique en perspective du panneau d'antenne active de la figure 1a dans lequel les éléments rayonnants sont rapportés.

[0020] La figure 2a est une représentation schématique éclatée et plus détaillée du panneau d'antenne active des figures 1a et 1b.

[0021] La figure 2b est une représentation schématique du panneau de la figure 2a après moulage des différentes couches.

[0022] Les figure 3a, b et c sont des représentations schématiques des différentes couches de formation d'un panneau d'antenne active selon l'invention.

[0023] La figure 4a et b sont des représentations schématiques de différents modes de réalisation des couches de connexion d'un panneau d'antenne active selon l'invention.

[0024] La figure 5 est schéma électrique des différentes fonctions mises en oeuvre dans le répartiteur de faisceaux d'un panneau d'antenne selon l'invention.

[0025] Le panneau 1 d'antenne active comporte un réseau d'éléments rayonnant 2 et un répartiteur de faisceaux 3.

[0026] Dans l'exemple de réalisation représenté, le réseau d'éléments rayonnant 2 comporte 64 éléments rayonnant 2i répartis sur une matrice 8x8. Ces éléments rayonnants 2i sont réalisés dans un technologie tridimensionnelle connue de l'homme du métier. Elle ne sera donc pas décrite plus en détail.

[0027] Le répartiteur de faisceaux 3 est destiné à alimenter les éléments rayonnants 2i à partir de m faisceaux, m étant un nombre entier supérieur ou égal à 1. Dans l'exemple de réalisation représenté à la figure 2a, m est égal à 6.

[0028] Pour alimenter les éléments rayonnants 2i, le répartiteur de faisceaux 3 met en oeuvre les fonctions

suivantes :

- division de puissance des m sources de signal RF (non représentées) ;
- 5 - traitement en phase et en amplitude de la puissance divisée de manière à générer, ou niveau des éléments rayonnants 2i, le dépointage souhaité ; et
- recombinaison après le traitement en phase et en amplitude de manière à alimenter les éléments rayonnants 2i pour obtenir ledit dépointage souhaité.
- 10

[0029] Ces fonctions sont réalisées par l'intermédiaire de moyens de formation comprenant des moyens de division de puissance 5a éventuellement à plusieurs niveaux, des moyens de traitement en phase et en amplitude 5b et des moyens de recombinaisons 5c, éventuellement à plusieurs niveaux. Ces moyens de formation sont supportés par des premières couches dites de formation 6.

- 15
- 20

[0030] Le répartiteur 3 réalise en outre les fonctions de connexion électrique suivantes :

- connexion des moyens de division de puissance 5a vers les sources de signaux RF ;
- 25 - connexion des différents niveaux de division de puissance entre eux ;
- connexion des moyens de division de puissance 5a aux moyens de traitement 5b ;
- 30 - connexion des moyens de traitement 5b aux moyens de recombinaison 5c ;
- connexion des différents niveaux de recombinaison entre eux ; et
- 35 - connexion des moyens de recombinaison 5c aux éléments rayonnants 2i.

[0031] Ces fonctions de connexion sont réalisées par des moyens de connexion comportant :

- 40 - des premiers moyens de connexion 7a réalisant les connexions des moyens de division de puissance 5a vers les sources de signaux RF, les connexions des différents niveaux de division de puissance entre eux et les connexions des moyens de division de puissance 5a aux moyens de traitement 5b ; et
- 45 - des seconds moyens de connexions 7b réalisant les connexions des moyens de traitement 5b aux moyens de recombinaison 5c , les connexions des différents niveaux de recombinaison entre eux et les connexions des moyens de recombinaison 5c aux éléments rayonnants 2i.
- 50

[0032] Ces moyens de connexion sont supportés par des deuxième couches dites de connexion 8.

[0033] Selon l'invention, les couches de formation 6 et les couches de connexion 8 sont assemblées par moulage de telle sorte que le répartiteur de faisceaux constitue un monobloc 9, les couches de formation 6

- 55

s'étendant sensiblement perpendiculairement au plan principal P de l'antenne.

de connexion avant.

[0034] Dans le mode de réalisation représenté le monobloc 9 est un parallélépipède plan présentant deux grandes faces 10 et 11 dont la superficie correspond à celle de la matrice des éléments rayonnants 2i.

[0035] Dans cette configuration, les couches de connexion 8 comportent une couche de connexion avant 8a comportant les second moyens de connexion 7b et une couche de connexion arrière 8b comportant les premiers moyens de connexion 7a, les éléments rayonnant 2i étant rapportés directement sur ladite couche de connexion avant 8a.

[0036] Bien entendu, les différents moyens de formation 5a, 5b, 5c sont réalisables à l'aide de toutes technologies accessibles à l'homme du métier telle que par exemple la technologie PCB (Print Circuit Board) multicouches hyperfréquence.

[0037] Il en est de même pour les circuits de connexion 7a et 7b.

Revendications

1. Panneau d'antenne active présentant un plan principal et comportant un réseau de n éléments rayonnants et un répartiteur de m faisceaux à structure multicouches destiné à alimenter les n éléments rayonnants, le répartiteur comportant des premières couches dites de formation destinées à supporter des moyens de formation des faisceaux, et des deuxièmes couches dites de connexion destinées à supporter des premiers moyens de connexion électriques des premières couches entre elles et des seconds moyens de connexion électriques aux éléments rayonnants, caractérisé en ce que :

- les couches de formation s'étendent sensiblement perpendiculairement au plan principal de l'antenne ;
- les couches de formation et les couches de connexion sont assemblées par moulage de telle sorte que le répartiteur de faisceaux constitue un monobloc. ;
- les éléments rayonnants sont connectés directement aux seconds moyens de connexion.

2. Panneau d'antenne active selon la revendication 1, caractérisé en ce que le monobloc est un parallélépipède plan, les couches de connexion s'étendant sensiblement parallèlement au plan de l'antenne et comportant une couche de connexion avant comportant les second moyens de connexion et une couche de connexion arrière comportant les premiers moyens de connexion, les éléments rayonnant étant rapportés directement sur ladite couche

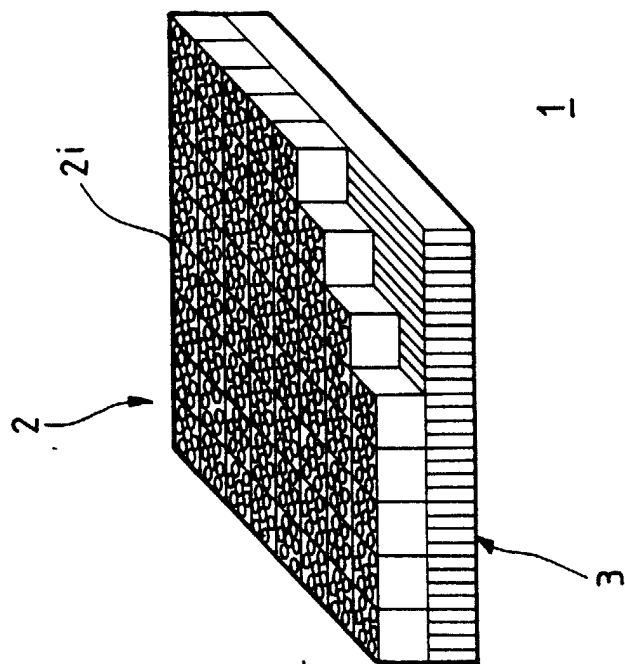
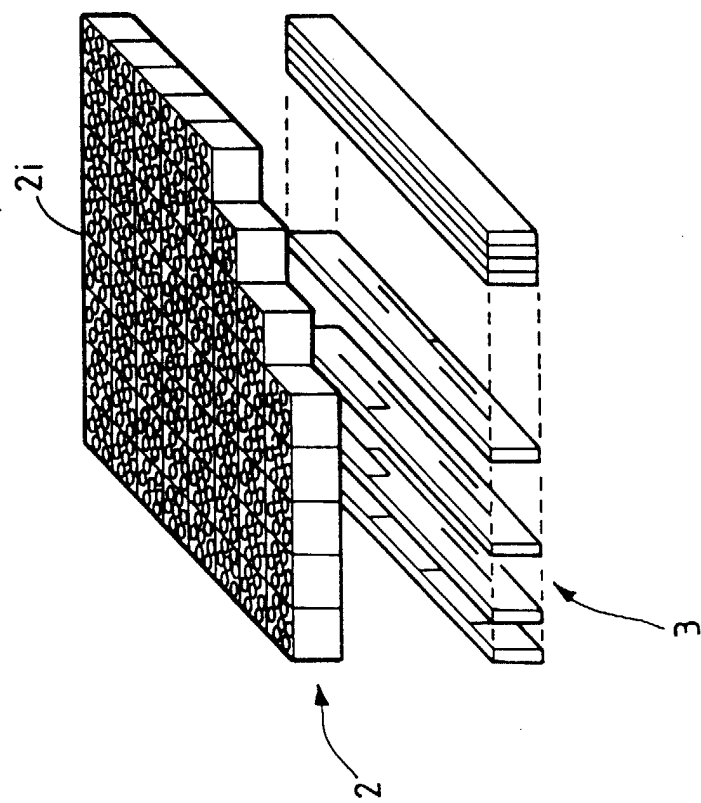
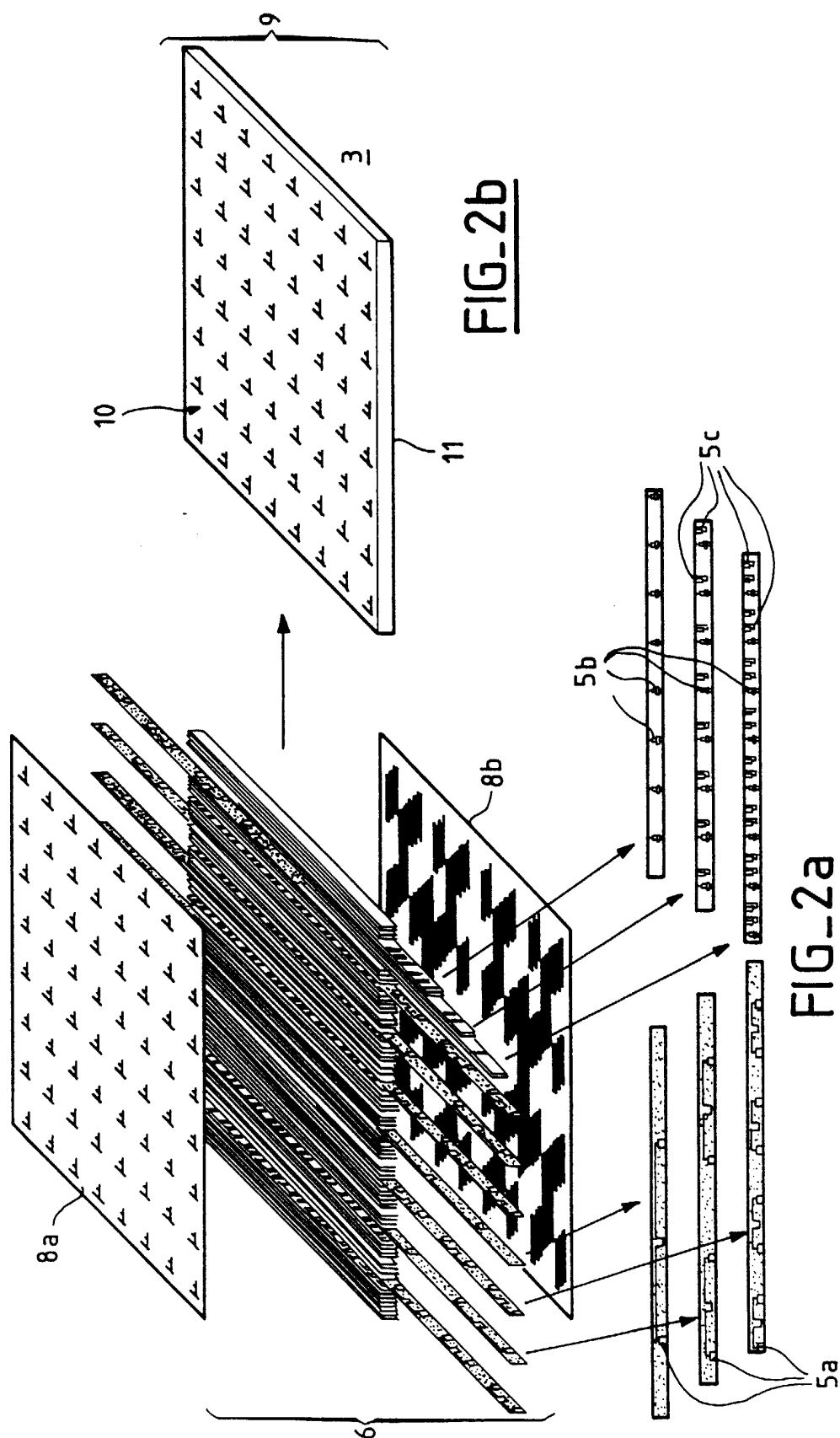
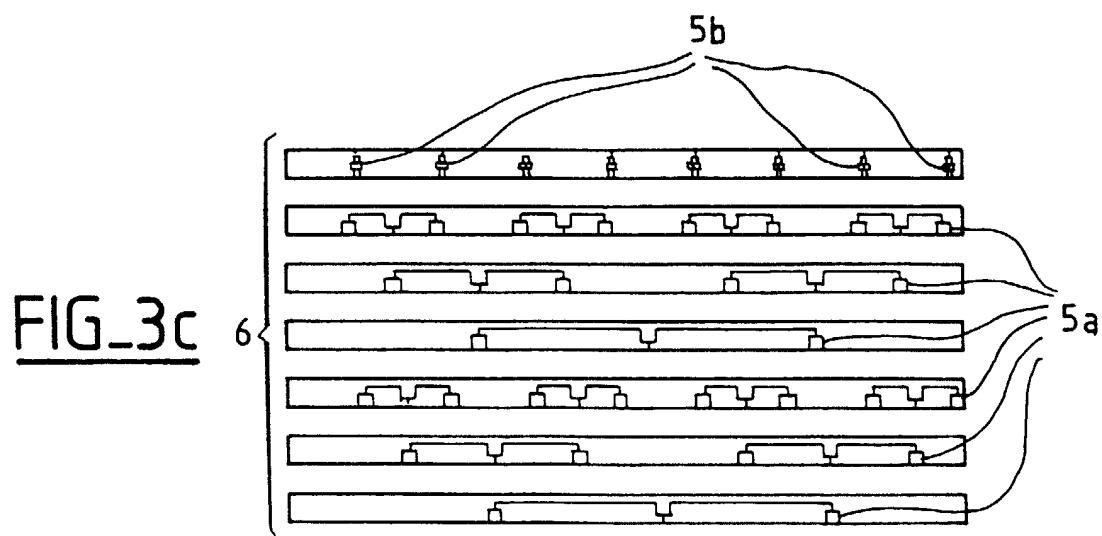
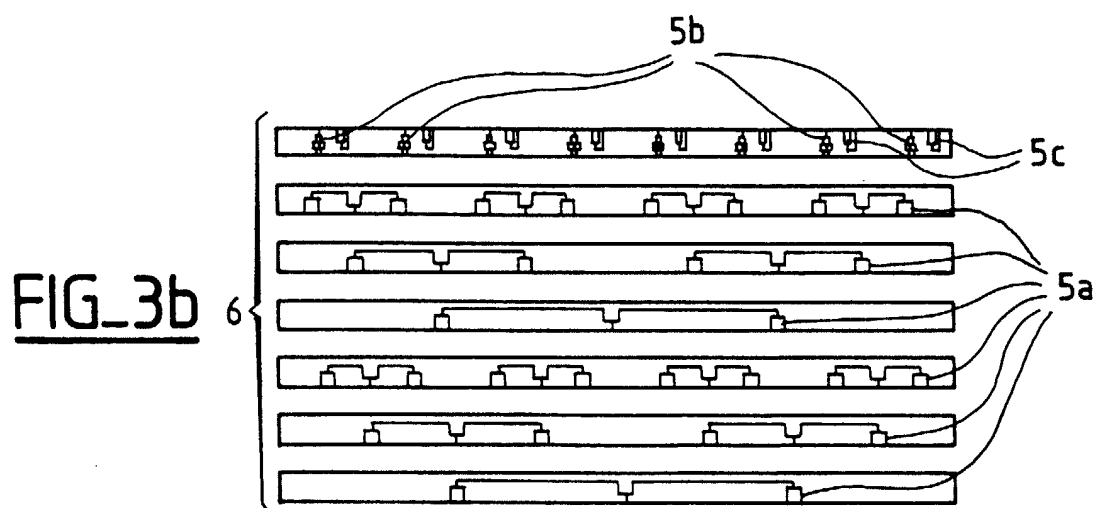
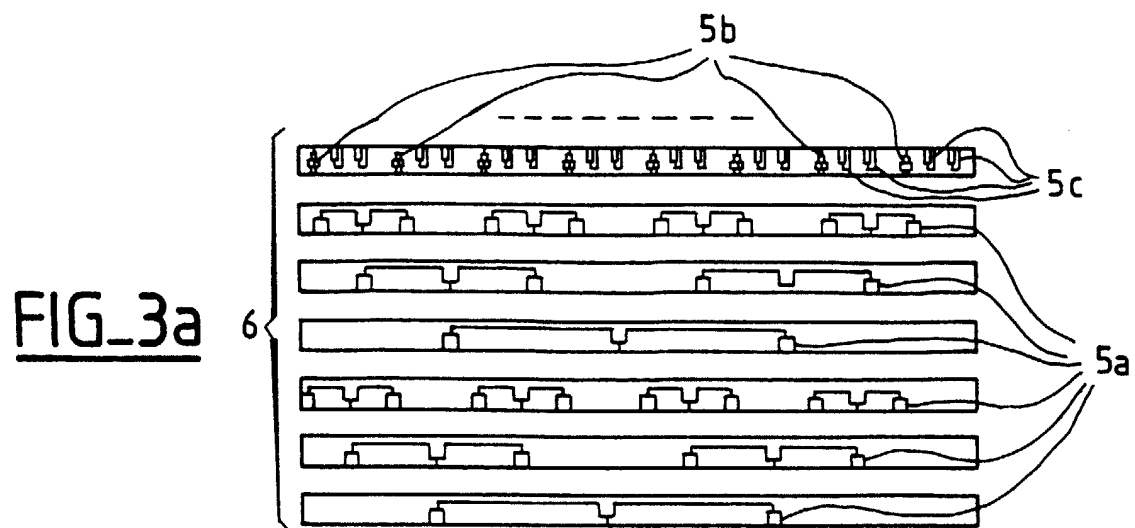
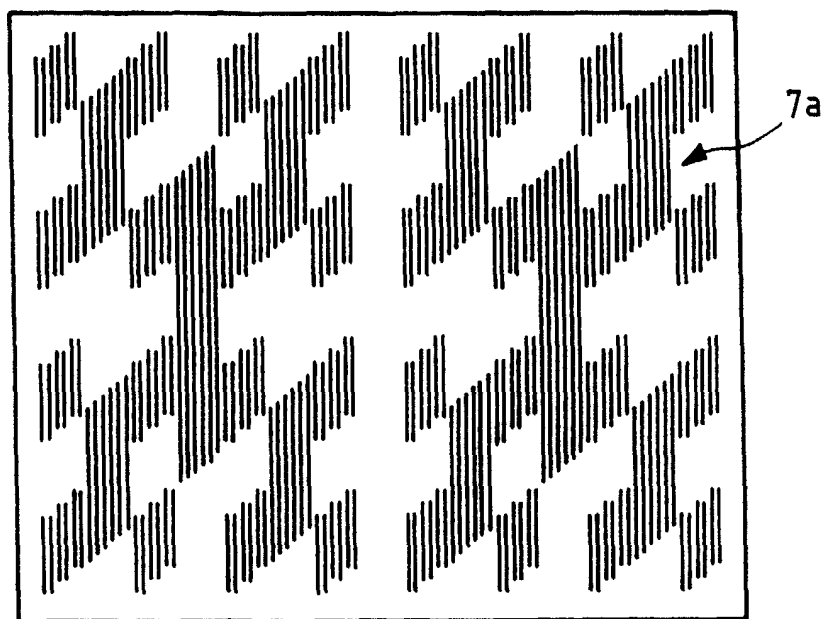


FIG. 1

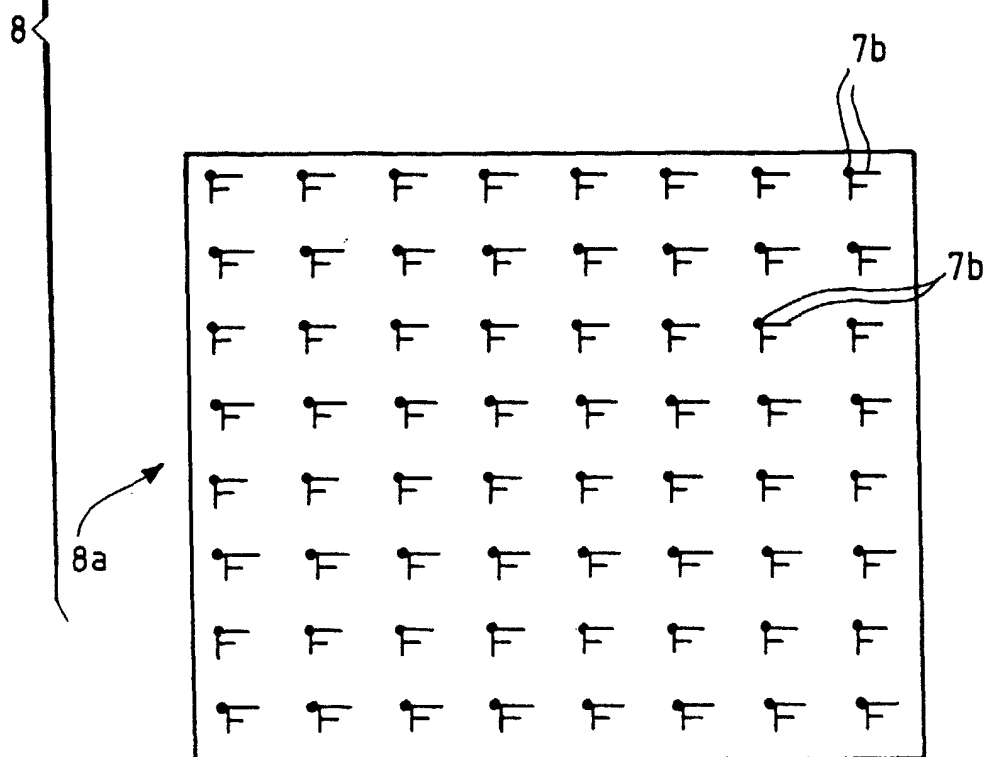




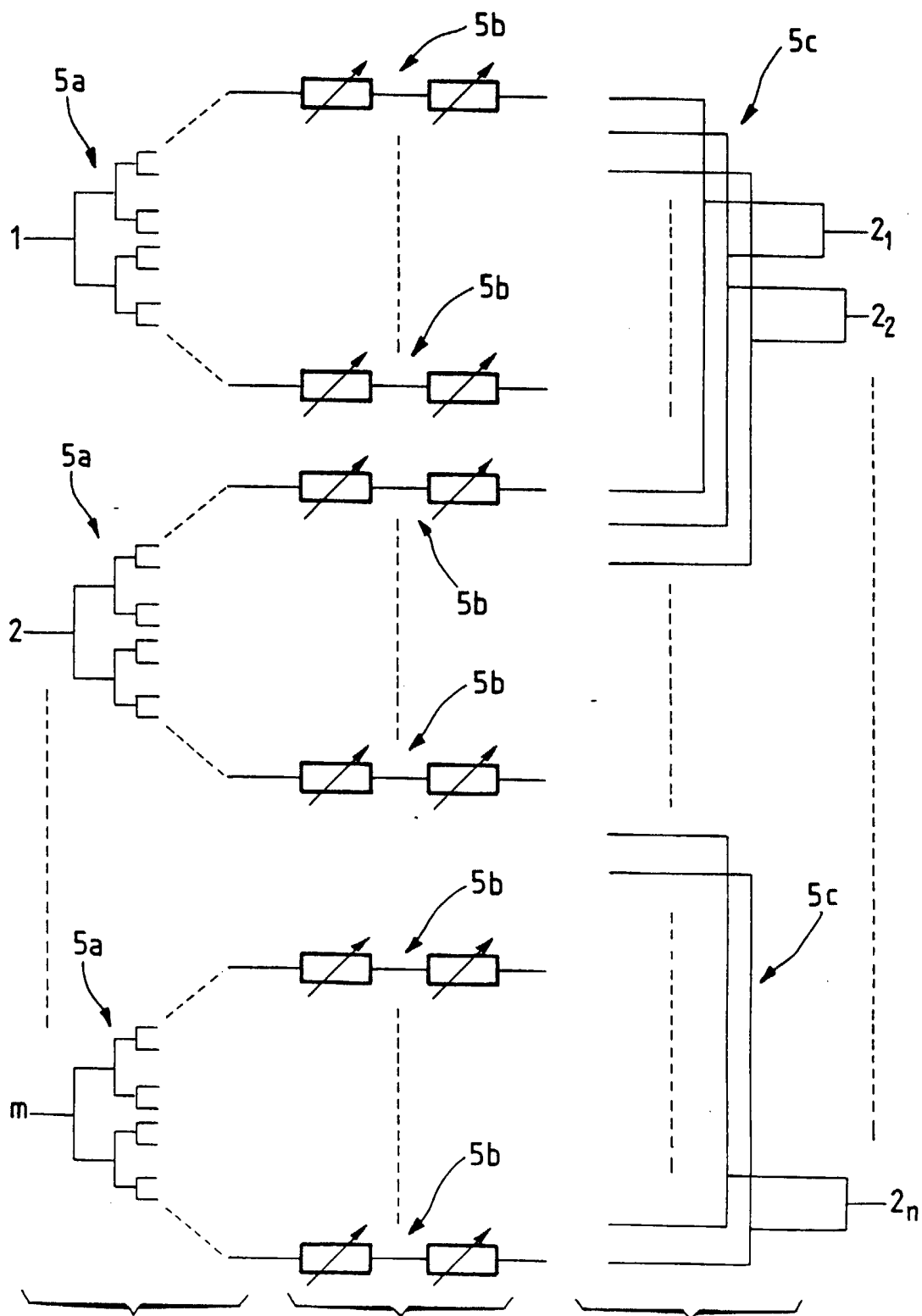




FIG_4a



FIG_4b

FIG_5



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 2322

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	ULIAN P ET AL: "3D ACTIVE MODULES FOR HIGH INTEGRATION ANTENNAS" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN MICROWAVE WEEK, INCLUDING 28TH EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE, vol. 1, 5 - 6 octobre 1998, pages 271-276, XP002106338 AMSTERDAM, NETHERLANDS * le document en entier *	1,2	H01Q21/00 H01Q25/00
Y	COROMINA F ET AL: "NEW MULTIBEAM BEAMFORMING NETWORKS FOR PHASED ARRAY ANTENNAS USING ADVANCED MMCM TECHNOLOGY" 1996 IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, SAN FRANCISCO, JUNE 17 - 21, 1996, vol. 1, 17 juin 1996 (1996-06-17), pages 79-82, XP000704868 RANSON R G (ED) * page 79, colonne de droite, ligne 16-25 * * page 80, colonne de gauche, ligne 18-25; figures 1,5,7 *	1,2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) H01Q
Y	MONFRAIX P ET AL: "3D MICROWAVE MODULES FOR SPACE APPLICATIONS" 1998 IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, vol. 3, 7 - 12 juin 1998, pages 1289-1292, XP002106340 Baltimore, USA * le document en entier *	1,2	
A	EP 0 620 613 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 19 octobre 1994 (1994-10-19) * colonne 5, ligne 15 - colonne 6, ligne 50; figure 2 *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 6 janvier 2000	Examineur Van Dooren, G
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)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 2322

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)
A	US 5 471 220 A (HAMMERS DAVID E ET AL) 28 novembre 1995 (1995-11-28) * colonne 4, ligne 15 - colonne 5, ligne 35; figures 2,3 *	1	
A	EP 0 398 555 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 22 novembre 1990 (1990-11-22) * colonne 3, ligne 14 - colonne 4, ligne 34; figure 2 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 6 janvier 2000	Examineur Van Dooren, G
CATÉGORIE 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 (P4C02)

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

EP 99 40 2322

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

06-01-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0620613 A	19-10-1994	US 5493305 A	20-02-1996
		AU 668021 B	18-04-1996
		AU 5948494 A	20-10-1994
		CA 2120978 A,C	16-10-1994
		IL 109287 A	17-08-1999
		JP 2598608 B	09-04-1997
		JP 7049374 A	21-02-1995
US 5471220 A	28-11-1995	AUCUN	
EP 0398555 A	22-11-1990	US 4965605 A	23-10-1990
		CA 2014665 A	16-11-1990
		DE 69016827 D	23-03-1995
		DE 69016827 T	05-10-1995
		JP 1967636 C	18-09-1995
		JP 3004604 A	10-01-1991
		JP 6095606 B	24-11-1994

EPO FORM P0460

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