



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt : **91402915.2**

⑤① Int. Cl.⁵ : **H01Q 25/00, H01Q 9/04**

㉒ Date de dépôt : **30.10.91**

③① Priorité : **31.10.90 FR 9013563**

④③ Date de publication de la demande :
06.05.92 Bulletin 92/19

⑧④ Etats contractants désignés :
DE GB

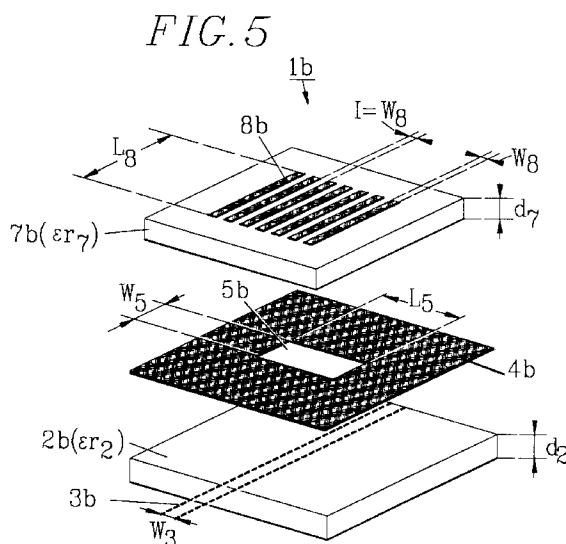
⑦① Demandeur : **FRANCE TELECOM**
Exploitant Autonome de Droit Public, 6, Place
d'Alleray
F-75015 Paris (FR)

⑦② Inventeur : **Behe, Roger**
Route de la tête de Chien, La Turbie
F-06320 Cap d'Ail (FR)
Inventeur : **Brachat, Patrice**
13, avenue de Flirey Les mimosas
Cimiez Park F-06000 Nice (FR)

⑦④ Mandataire : **Martinet & Lapoux**
BP 405
F-78055 St. Quentin en Yvelines Cédex (FR)

⑤④ **Antenne imprimée pour réseau à double polarisation.**

⑤⑦ L'antenne comprend, comme dans une antenne plaque, un substrat diélectrique (7b), un plan de masse (4b) de ligne d'alimentation (3b) disposé sur une face du substrat, et un élément rayonnant disposé sur une autre face du substrat et couplé à la ligne par une fente de couplage (5b) dans le plan de masse. L'élément rayonnant consiste en plusieurs bandes étroites conductrices (8b) s'étendant perpendiculairement à la fente de couplage (5b), afin d'obtenir une polarisation quasiment parfaite. De telles antennes ayant des polarisations orthogonales ne se perturbent pas mutuellement et peuvent être proches les unes des autres afin de constituer un réseau à double polarisation compact.



La présente invention concerne une antenne imprimée élémentaire en technologie plaquée pour réseau de réception et/ou d'émission de signaux de télécommunications, présentant un faible encombrement à des fins d'embarquement dans un engin, tel que satellite.

Plus précisément, l'antenne comprend, d'une manière connue, un substrat diélectrique, un plan conducteur de masse d'une ligne d'alimentation hyperfréquence disposé sur une face du substrat, et un élément rayonnant disposé sur une autre face du substrat, ledit plan conducteur ayant une fente de couplage pour coupler la ligne d'alimentation à l'élément rayonnant.

Dans une telle antenne, comme illustrée à la figure 14.6, page 824, du livre "MICROSTRIP ANTENNAS", Vol. 2, édité par J.R. James & P.S. Hall, 19.., l'élément rayonnant est constitué par une plaque métallique imprimée sur la face du substrat opposée à la fente pratiquée dans le plan de masse. La ligne d'alimentation est par exemple une ligne microruban.

La plaque rayonnante est assimilable à un résonateur ouvert qui est le siège d'ondes essentiellement polarisées suivant la largeur de la fente de couplage sous-jacente. Les résonances dépendent principalement des dimensions de la fente et de la plaque. La largeur de bande est fonction du coefficient de surtension du résonateur, lui-même dépendant de l'épaisseur et des caractéristiques électriques du substrat.

Pour constituer un réseau à double polarisation, celui-ci comprend un premier sous-réseau comprenant des antennes assujetties à une première polarisation, par exemple E_x , et un second sous-réseau comprenant des antennes assujetties à une seconde polarisation E_y orthogonale à la première. Les antennes dans les premier et second sous-réseaux sont entrelacées et sont donc à une relative proximité les unes des autres.

Les deux polarisations sont obtenues par des fentes de couplages perpendiculaires. Les mesures montrent que le champ électromagnétique n'est pas parfaitement polarisé dans le voisinage d'une antenne élémentaire. En effet, par exemple, les lignes de champ électrique s'incurvent en proportion de la distance au centre de la fente de couplage, le long de l'axe longitudinal de celle-ci. Cette incurvation de ligne de champ rend ainsi imparfaite la polarisation, et par suite engendre des couplages néfastes entre antennes élémentaires dans un même sous-réseau, mais également entre antennes élémentaires dans les deux sous-réseaux. Ces couplages sont d'autant plus prononcés que les antennes sont proches les unes des autres.

Le gain d'un tel réseau est donc faible. La surface occupée par celui-ci est d'autant plus grande que le gain est amélioré, au détriment de l'encombrement du réseau et donc contrairement à la recherche de compacité pour les matériels embarqués dans des

engins.

La présente invention vise à fournir une antenne imprimée élémentaire qui engendre une polarisation quasiment parfaite, c'est-à-dire quasiment rectiligne, ce qui permet de rapprocher de telles antennes ayant des polarisations croisées et donc de diminuer l'encombrement d'un réseau d'antennes.

A cette fin, une antenne imprimée selon l'invention et telle que définie dans l'entrée en matière, est caractérisée en ce que l'élément rayonnant consiste en plusieurs bandes étroites conductrices s'étendant perpendiculairement à la fente de couplage.

Les bandes étroites maintiennent une polarisation suivant leur direction longitudinale et empêche ainsi une excitation du mode orthogonal à la polarisation ainsi définie. Dans ces conditions deux antennes élémentaires ayant des bandes conductrices coplanaires et perpendiculaires entre elles offrent un couplage quasiment nul, ce qui permet de les rapprocher, et donc d'augmenter la densité d'antenne et la compacité dans un réseau à double polarisation.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit de plusieurs réalisations préférées de l'invention en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels:

- la fig. 1 est une vue éclatée en perspective d'une antenne imprimée à fente de couplage et plaque rayonnante selon la technique antérieure ;
- les figs. 2 et 3 sont respectivement une vue en coupe transversale à la fente de couplage et une vue de dessus de la plaque rayonnante, montrant des répartitions de lignes de champ électrique et du courant surfacique dans l'antenne de la fig. 1 ;
- la fig. 4 est analogue à la fig. 3 et montre une plaque rayonnante elliptique ;
- la fig. 5 est une vue éclatée en perspective d'une antenne imprimée à bandes rayonnantes selon l'invention ;
- les figs. 6 et 7 sont des vues de dessus de bandes rayonnantes inscrites globalement dans un rectangle et une ellipse, respectivement ; et
- la fig. 8 est une vue schématique de dessus d'un réseau d'antennes à deux polarisations orthogonales selon l'invention.

Afin de mieux discerner les caractéristiques de l'invention, la structure d'une antenne imprimée élémentaire 1a à fente de couplage selon la technique antérieure est rappelée en référence à la fig. 1.

Selon cet exemple, l'antenne 1a est alimentée par une ligne microruban hyperfréquence supporté par un premier substrat diélectrique 2a d'épaisseur d_2 et de permittivité relative ϵ_{r2} prédéterminées. Le substrat 2a est imprimé sur les deux faces. La face inférieure du substrat comporte un ruban conducteur 3a de largeur prédéterminée W_3 . La face supérieure du substrat 2a est recouverte d'un plan conducteur de

masse 4a. Une portion rectangulaire de la face supérieure du substrat 2a est dépourvue de matériau conducteur pour former une fente de couplage 5a. L'axe longitudinal de la fente 5a est perpendiculaire au microruban 3a, tandis que l'axe transversal de la fente 5a est parallèle à et aligné verticalement avec l'axe du microruban. Les longueur et largeur de la fente 5a sont dénotées par L_5 et W_5 dans la fig. 1.

L'antenne élémentaire 1a comprend également une plaque conductrice 6a ("patch" en terminologie anglo-saxonne) constituant l'élément rayonnant de l'antenne. La plaque 6a est superposée au-dessus du plan de masse 4a, à l'opposé de la face inférieure du substrat 2a supportant le microruban 3a, du moyen d'un second substrat diélectrique 7a. Le substrat 7a offre une épaisseur d_7 et une permittivité relative ϵ_{r7} généralement différentes de d_2 et ϵ_{r2} respectivement, la constante ϵ_{r7} étant souvent inférieure à ϵ_{r2} et voisine de l'unité pour augmenter la bande passante de l'antenne. Le substrat 7a est fixé sur le plan conducteur 4a du premier substrat, par exemple avec du ciment époxydique.

La plaque 6a est pleine, contrairement au caractère ajouré du plan de masse 4a conféré par la présence de la fente 5a.

La plaque 6a est rectangulaire et a des largeur W_6 et longueur L_6 prédéterminées beaucoup plus grandes que les dimensions de la fente 5a, comme montré à la fig. 3. Selon d'autres variantes, la plaque rayonnante peut être carrée, circulaire, trapézoïdale, polygonale ou bien elliptique comme montré à la fig. 4. Les centres de la fente 5a et de la plaque 6a sont superposés verticalement, c'est-à-dire alignés perpendiculairement à l'axe longitudinal du microruban 3a. Les axes transversal et longitudinal de la fente 5a sont ici parallèles aux axes transversal et longitudinal de la plaque 6a, respectivement.

Une plaque diélectrique mince (non représentée) servant de couverture de protection peut être collée sur la face supérieure du second substrat 7a supportant la plaque imprimée 6a.

Les deux substrats éventuellement avec la couverture de protection forment ainsi une antenne élémentaire monolithique.

La fig. 2 illustre des lignes de champ électrique E dans l'antenne 1a qui sont vues dans le plan vertical comprenant l'axe longitudinal du microruban 3a et l'axe transversal de la fente 5a, et donc qui s'étendent perpendiculairement à la fente 5a. La fig. 3 montre des lignes de courant surfacique sur la plaque rayonnante 6a. Ces figures font apparaître, comme déjà dit, des lignes de courant qui sont curvilignes de part et d'autre de l'axe transversal de la fente 5a et donc des lignes de champ non perpendiculaires à la fente ce qui perturbe toute polarisation de champ dans l'environnement proche de l'antenne 1a, et particulièrement provoque un couplage de cette antenne 1a avec tout autre antenne élémentaire voisine dans un

réseau plat d'antenne.

Une antenne imprimée élémentaire 1b à fente de couplage et ligne microruban d'alimentation hyperfréquence selon l'invention est illustrée à la fig. 5. Cette antenne 1b est donc du même type que l'antenne connue 1a décrite ci-dessus et comprend des éléments 2b, 3b, 4b, 5b et 7b, repérés avec l'indice b, respectivement analogues à ceux 2a, 3a, 4a, 5a et 7a de l'antenne 1a.

L'antenne 1b comprend, à la place de la plaque métallique 6a, plusieurs bandes étroites métalliques parallèles 8b formant l'élément rayonnant de l'antenne 1b. Les bandes 8b sont imprimées sur la face supérieure du second substrat 7b. Par exemple, selon la fig. 5, les bandes 8b sont au nombre de sept, ont chacune une longueur $L_8 = W_6$ et une largeur W_8 environ égale à $L_6/14$, et sont équidistantes par intervalles de largeur $l = W_8$ le long de l'axe longitudinal de la fente 5b. Les bandes 8 s'étendent ainsi parallèlement au microruban 3b et perpendiculairement à la fente 5b, et sont réparties symétriquement de part et d'autre de l'axe transversal de la fente 5b.

Le contour formé par les extrémités des bandes 8b peut être analogue à celui de la plaque 6a, et est par exemple rectangulaire comme montré aux fig. 5 et 6, ou elliptique comme montré à la fig. 7, ou bien encore circulaire ou polygonale.

Dans les figs. 6 et 7 sont indiquées par des flèches des lignes de courant surfacique qui sont confinées dans les bandes conductrices 8b. Comparativement aux figs. 3 et 4, ces lignes de courant sont parfaitement rectilignes et parallèles, eu égard à la faible largeur W_8 des bandes conductrices 8b par rapport à la longueur L_6 de la plaque 6a. Grâce à la rectitude des bandes 8b, la polarisation de champ électrique E est parfaitement perpendiculaire à la fente de couplage 5b, et ne peut être perturbée par et ne peut perturber un champ électrique polarisé orthogonal émis par une antenne élémentaire selon l'invention située au voisinage de l'antenne 1b, comme on le verra ci-après dans un réseau d'antennes.

A titre d'exemple, un réseau à double polarisation comprenant deux sous-réseaux ayant chacun seize antennes élémentaires selon l'invention est montré à la fig. 8.

Le premier sous-réseau comprend seize antennes $1X_1$ à $1X_{16}$ à polarisation E_x qui sont réparties uniformément en quatre rangées parallèles $1X_1$ à $1X_4$, $1X_5$ à $1X_8$, $1X_9$ à $1X_{12}$ et $1X_{13}$ à $1X_{16}$, formant des réseaux linéaires. Le premier sous-réseau d'antenne est alimenté par une ligne microruban 9X qui se termine en une ligne arborescente dans le réseau au moyen de diviseurs de puissance par deux 10X afin d'alimenter les quatre rangées, puis des paires d'antennes et enfin chacune des antennes élémentaires d'une paire. Les antennes $1X_1$ à $1X_{16}$ sont ainsi régulièrement réparties en une matrice carrée.

Le second sous-réseau comprend également quatre sous-réseaux linéaires d'antenne $1Y_1$ à $1Y_4$, $1Y_5$ à $1Y_8$, $1Y_9$ à $1Y_{12}$ et $1Y_{13}$ à $1Y_{16}$ formant des lignes d'une matrice carrée entrelacées deux à deux avec les lignes du premier sous-réseau. Une ligne micro-

5

ruban 9Y également arborescente à travers des diviseurs de puissance par deux 10Y alimente le second sous-réseau. La ligne 9Y est analogue à la ligne 9X et provient d'un côté opposé à la ligne 9Y par rapport au réseau, et les antennes dans le premier sous-réseau sont disposées en quinconce par rapport aux antennes dans le second sous-réseaux, les colonnes des sous-réseaux étant également entrelacées deux à deux.

10

Les deux sous-réseaux ont en commun les deux substrats diélectriques 2b et 7b entre lesquels s'étend le plan de masse 4b avec des fentes 5X et 5Y associées aux antennes $1X_1$ à $1X_{16}$ et $1Y_1$ à $1Y_{16}$, et sous le premier 2b desquels sont imprimés les microrubans de ligne 3X et 3Y associées auxdites antennes, respectivement. Les bandes rayonnantes 8X et 8Y des deux sous-réseaux sont ainsi coplanaires sur la face supérieure du substrat 7b.

15

20

Les antennes $1X_1$ à $1X_{16}$ ont leur bandes rayonnantes 8X, s'étendant suivant une direction Ex, tandis que les antennes $1Y_1$ à $1Y_{16}$ ont leurs bandes rayonnantes 8Y s'étendent suivant une direction Ey perpendiculaire à la direction Ex. Les antennes selon l'invention ainsi associées à des polarisations pures orthogonales peuvent être très proches les unes des autres, contrairement aux réseaux selon la technique antérieure, puisque les polarisations Ex et Ey sont parfaitement rectilignes et orthogonales, et donc ne se perturbent pas mutuellement. Par exemple une antenne 1X, 1Y est "encadrée" par quatre autres antennes 1Y, 1X selon la fig.8. Il en résulte une plus grande compacité qui est particulièrement avantageuse lorsque le réseau d'antenne est embarqué par exemple dans un satellite, un missile ou autre engin.

25

30

35

Bien que l'invention ait été décrite en référence à des lignes d'alimentation microruban (microstrip), l'homme du métier saura remplacer celles-ci par des lignes triplaques (stripline) ou des lignes coaxiales. Pour une ligne triplaque, un troisième substrat diélectrique est fixé sous la face inférieure du premier substrat 2b; un plan conducteur de masse réflecteur est imprimé sous la face inférieure du troisième substrat.

40

45

D'autre part, la répartition des antennes dans un réseau peut être différente de celle montrée à la fig. 8.

50

Revendications

1. Antenne imprimée (1b) comprenant un substrat diélectrique (7b), un plan conducteur de masse (5b) d'une ligne d'alimentation hyperfréquence (3b) disposé sur une face du substrat, et un élé-

55

ment rayonnant disposé sur une autre face du substrat, ledit plan conducteur ayant une fente de couplage (5b) pour coupler la ligne d'alimentation à l'élément rayonnant, caractérisée en ce que l'élément rayonnant consiste en plusieurs bandes étroites conductrices (8b) s'étendant perpendiculairement à la fente de couplage (5b).

2. Antenne conforme à la revendication 1, caractérisée en ce que les bandes (8b) sont réparties symétriquement de part et d'autre de l'axe transversal de la fente (5b).

3. Réseau d'antennes comprenant plusieurs premières antennes ($1X_1$ à $1X_{16}$) qui sont conformes à la revendication 1 ou 2 et dont les bandes (8X) sont parallèles entre elles.

4. Réseau d'antennes conforme à la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs secondes antennes ($1Y_1$ à $1Y_{16}$) qui sont conformes à la revendication 1 ou 2 et dont les bandes (8Y) sont parallèles entre elles et s'étendent coplanairement et perpendiculairement aux bandes (8X) des premières antennes ($1X_1$ à $1X_{16}$).

5. Réseau d'antennes conforme à la revendication 4, caractérisé en ce que les antennes les plus proches d'une première, respectivement seconde antenne (1X, 1Y) sont des secondes, respectivement premières antennes (1Y, 1X).

6. Réseau d'antennes conforme à la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que les premières antennes ($1X_1$ à $1X_{16}$) sont réparties suivant des rangées d'une première matrice qui sont entrelacées deux à deux avec des rangées d'une seconde matrice le long desquelles sont réparties les secondes antennes ($1Y_1$ à $1Y_{16}$).

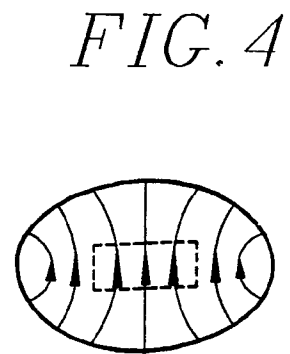
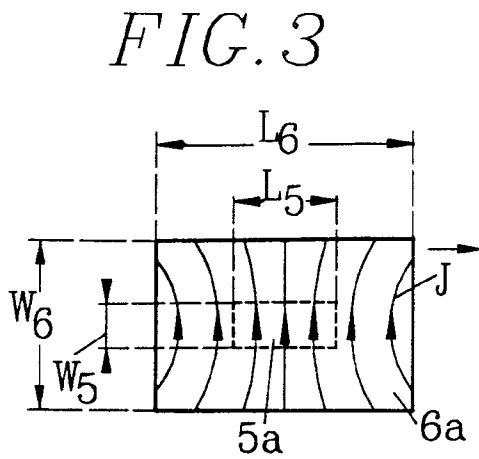
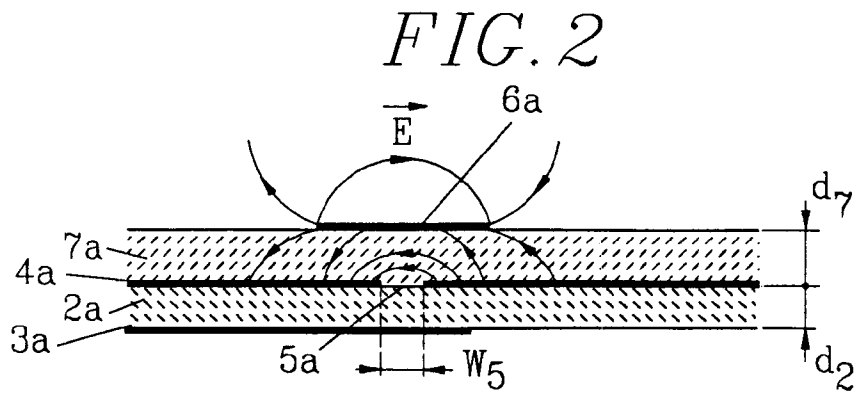
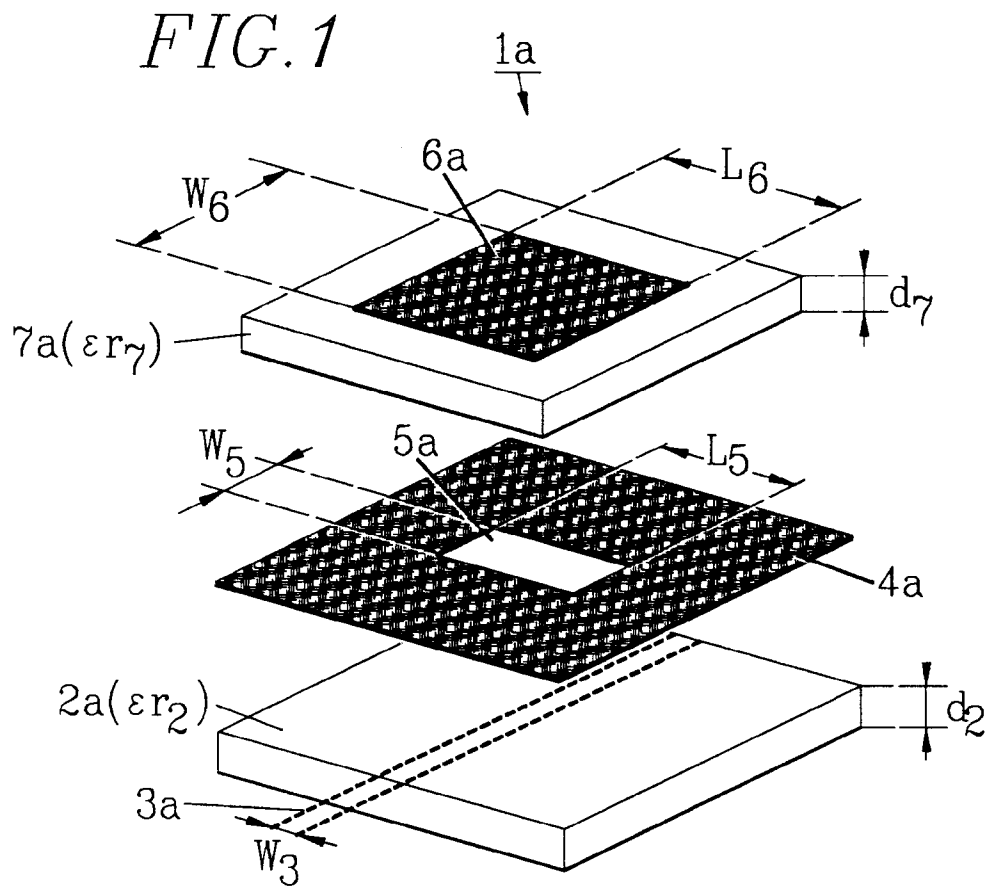


FIG. 5

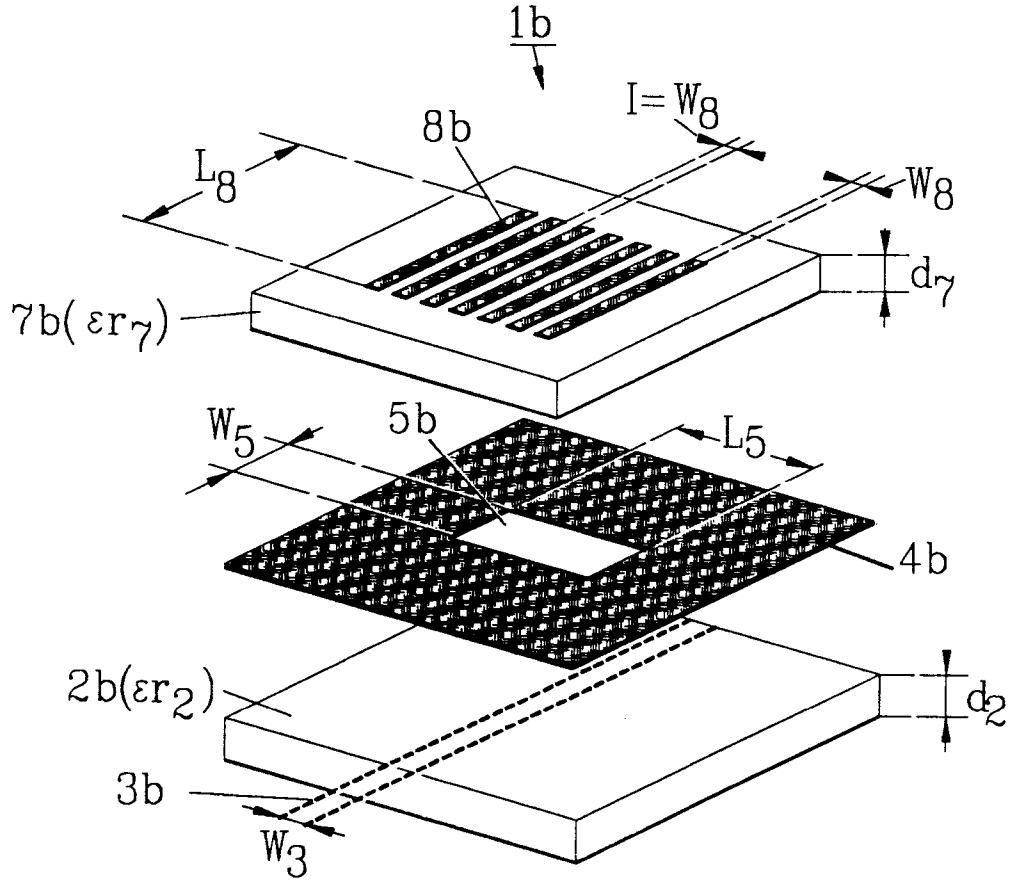


FIG. 6

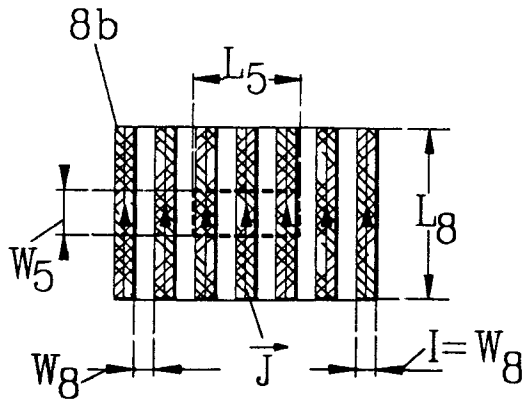


FIG. 7

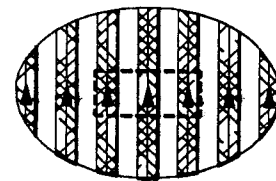
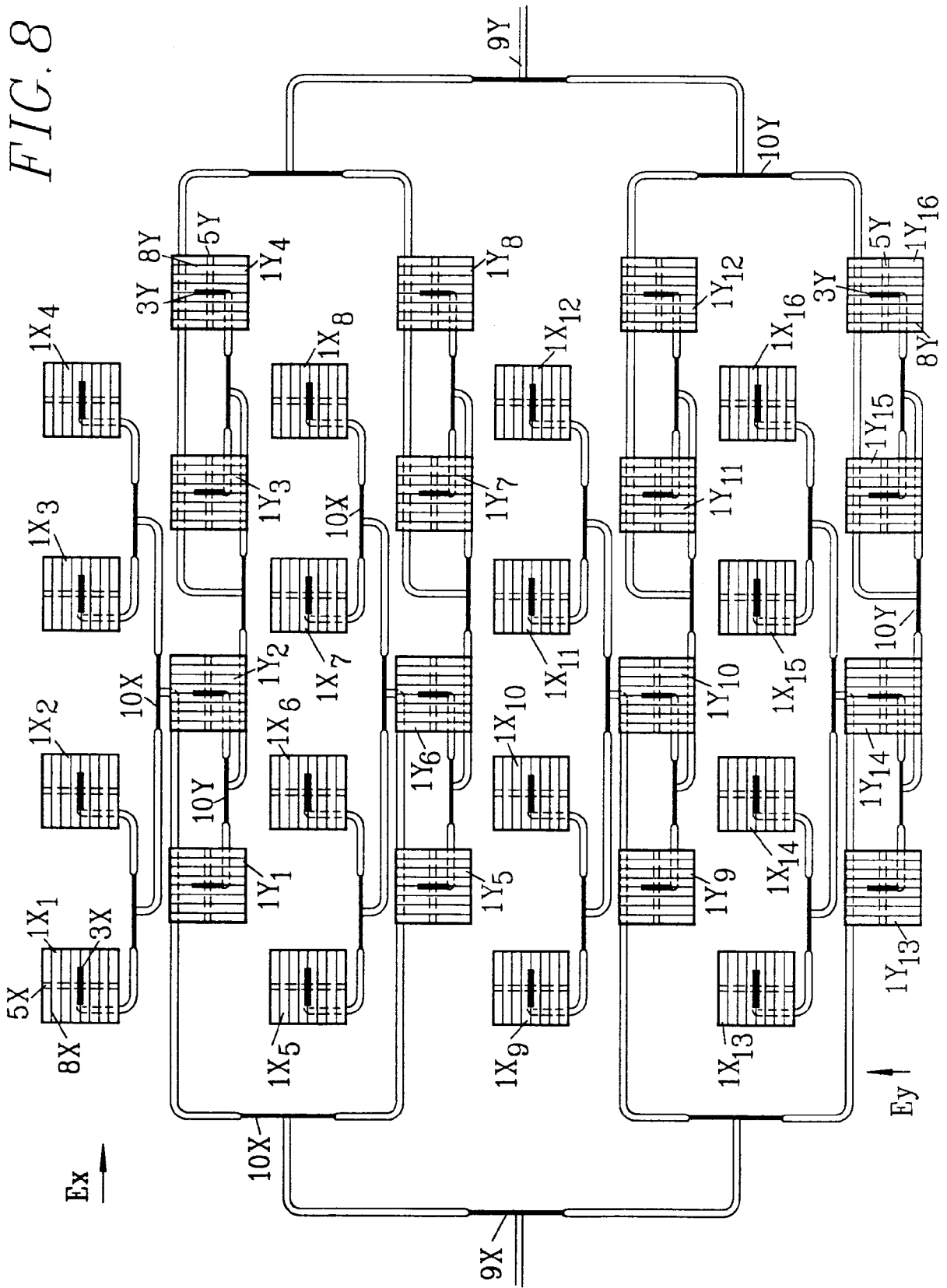


FIG. 8



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 2915

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.5)
Y	EP-A-0 342 175 (COMMUNICATIONS SATELLITE) * figure 5b; colonne 7, lignes 5-16 * ---	1	H 01 Q 25/00 H 01 Q 9/04
Y	US-A-4 403 221 (J.R. LAMBERG et al.) * figures 4,5; colonne 2, lignes 22-27 * ---	1	
A	GB-A-2 219 143 (MATSUSHITA) * figure 2; page 10, lignes 9-24 * ---	6	
A	IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES vol. MTT-28, no. 7, juillet 1980, pages 685-689, New York, US; R. WATANABE: "A novel polarization-independent beam splitter" * page 685; figure 1, paragraphe II * ---		
A	US-A-3 155 975 (M.G. CHATELAIN) * figure 1; colonne 1, lignes 45-63 * -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H 01 Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 23-01-1992	Examineur BREUSING J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)