



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0018 261
A1

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(5) Numéro de dépôt: 80400448.9

(51) Int. Cl.³: **H 01 P 3/06, H 01 P 1/161**

(2) Date de dépôt: 03.04.80

(3) Priorité: 13.04.79 FR 7909493

(71) Demandeur: "THOMSON-CSF" - SCPI, 173, Boulevard Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

(6) Date de publication de la demande: 29.10.80
Bulletin 80/22

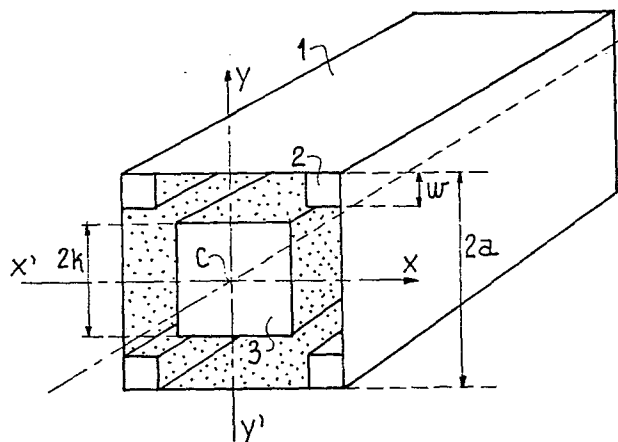
(72) Inventeur: Tourneur, Jacky, "THOMSON-CSF" - SCPI
173, bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

(34) Etats contractants désignés: DE GB IT NL SE

(74) Mandataire: Trocellier, Roger et al, "THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

(54) Guide d'onde à large bande à double polarisation et circuit hyperfréquence comportant un tel guide d'onde.

(57) Guide d'onde bande à double polarisation à large comprenant un guide d'onde (1) de section polygonale présentant une symétrie d'ordre $4n$ par rapport à un centre de symétrie (C). Le guide d'onde est muni d'une pluralité de redans conducteurs (2) disposés sur la face interne des côtés du guide d'onde selon une symétrie d'ordre 4 par rapport au centre (C) et d'un noyau central conducteur (3) dont la section présente par rapport au centre (C) une même symétrie d'ordre $4n$.
Application aux circuits hyperfréquences de connexion.



GUIDE D'ONDE A LARGE BANDE A DOUBLE POLARISATION ET
CIRCUIT HYPERFREQUENCE COMPORTANT UN TEL
GUIDE D'ONDE

La présente invention est relative aux guides d'ondes hyperfréquences à large bande, permettant la propagation dans des conditions identiques de fréquence de coupure et d'impédance de deux ondes électromagnétiques de polarisation, ou direction du champ électrique, orthogonales.

Dans les guides d'ondes à large bande, c'est-à-dire les guides d'ondes utilisés sur une plage de fréquences supérieure à la bande passante normale du guide d'onde, l'apparition de modes de propagation parasites, notamment lors d'une utilisation de ces guides d'ondes dans une bande passante sensiblement supérieure à 30 % de la fréquence moyenne du guide d'onde, perturbe dangereusement le fonctionnement de ce dernier. En effet, dans un guide d'onde homogène, il existe une double infinité dénombrable de modes susceptibles de se propager : les modes dits modes TE et TM, respectivement transversaux électriques et transversaux magnétiques. Chaque mode de propagation possède une fréquence de coupure en dessous de laquelle la propagation s'effectue avec atténuation. Le domaine d'utilisation d'un guide d'onde ou bande passante est la plage de fréquences qui sépare la fréquence de coupure la plus basse, dite du mode fondamental, de la fréquence de coupure suivante, dite du premier mode d'ordre supérieur. Dans cet intervalle, le seul mode de propagation possible est celui du mode fondamental.

La bande passante est définie par le rapport :

$$B_{\%} = \frac{\lambda_{c2} - \lambda_{c1}}{\lambda_{c2} + \lambda_{c1}} \times 200$$

où λ_{c2} et λ_{c1} sont les longueurs d'onde de coupure du mode fondamental et du premier mode d'ordre supérieur.

La contrainte de la double polarisation impose à la section transversale du guide d'admettre l'axe longitudinal du guide d'onde comme axe de symétrie d'ordre $4n$ où n est un entier quelconque ≥ 1 , une symétrie d'ordre $4n$ par rapport à cet axe longitudinal étant une symétrie telle qu'une rotation autour de ce même axe de la section du guide d'onde d'un angle de $\frac{2\pi}{4n}$ ne change pas les propriétés du guide d'onde, les polarisations de ce guide d'onde étant globalement inchangées.

Cependant, un mode déterminé ne se propage que s'il existe les conditions nécessaires à son excitation, le mode TE_{20} , mode dissymétrique, n'apparaissant pas dans un guide d'onde où sont maintenues des conditions de symétrie de propagation radioélectrique, même au-delà de la fréquence de coupure du mode TE_{20} . Par contre, un coudage du guide, propre à créer une dissymétrie, provoque l'apparition du mode TE_{20} . Un guide n'est donc utilisable, en dehors de sa bande passante, que dans des conditions très particulières de symétrie mécanique et/ou radioélectrique.

Différentes solutions ont été proposées, en vue de l'augmentation de la bande passante, sans provoquer l'apparition de modes parasites d'ordre supérieur. Une solution consiste à ajouter à la structure du guide d'onde un redan, connu sous le vocable anglo-saxon de "ridge", n'a pas permis, dans le cas des guides de section circulaire ou carrée, d'obtenir un accroissement de bande passante aussi important que dans le cas du guide de section rectangulaire. De tels résultats ont été publiés ; notamment dans le cadre des études effectuées par M. H. CHEN,

G. N. TSANDOULAS et F. G. WILLWERTH, intitulées
"Modal Characteristics of quadruple-ridged circular
and square waveguides", publiées dans la revue
IEEE-Trans Microwave Theory Tech Vol MTT 22, pages
5 801 à 804, Août 1974.

Une autre solution, consistant à introduire des
redans carrés dans les angles dièdres formés par les
côtés d'un guide d'onde de section carrée, a permis
d'obtenir une bande passante de 38 %, ce type de
10 guide d'onde pouvant être utilisé sur un octave de
bande, avec seulement un mode parasite TE_{20} désigné
comme mode TE_{201} obtenu lorsque la dégénérescence
entre le mode TE_{20} et le mode TE_{02} d'un guide carré
est levée par l'adjonction de redans. Une telle solu-
15 tion a été publiée par H. J. STALZER, M. D. GREENMAN
et F. G. WILLWERTH dans une publication intitulée
"Modes of crossed rectangular waveguide" dans la re-
vue IEEE-Trans Ant Propag - AP, March 1976.

Dans ces différentes solutions, l'adjonction de
20 redans à des guides d'ondes de section carrée, octo-
gonale, ou circulaire n'a jamais permis de dépasser
une bande passante de 40 %.

Une autre solution consiste à adjoindre à des
guides d'ondes de section rectangulaire un noyau cen-
25 tral conducteur. Une telle solution a été décrite,
notamment, dans l'article de L. GRUNER, intitulé
"Higher order modes in rectangular waveguides" et pu-
blié dans la revue IEEE-Trans microwave theory tech
(Corresp.) Vol MTT 15, pages 483 à 485, August 1967.

30 La présente invention permet de remédier aux
inconvenients précités et notamment d'obtenir des
bandes passantes supérieures à 60 %.

Un autre objet de la présente invention est la
mise en oeuvre d'un guide d'onde à large bande à dou-
35 ble polarisation, dans lequel la largeur de la bande

est en relation directe des paramètres géométriques du guide d'onde.

Selon l'invention, le guide d'onde à large bande à double polarisation comprend : un guide d'onde de section polygonale présentant, par rapport à un centre de symétrie C, une symétrie d'ordre $4n$ où n est un entier quelconque. Le guide d'onde à large bande comporte à l'intérieur du guide d'onde de section polygonale, d'une part une pluralité de redans conducteurs dont la section détermine avec la section polygonale une section de propagation du guide d'onde. Chacun des redans est disposé sur la face interne des côtés du guide d'onde, selon une symétrie d'ordre 4 par rapport à ce même centre de symétrie. Le plan de symétrie longitudinal de chacun des redans est orienté dans la section de propagation du guide d'onde, dans la direction des bissectrices des axes principaux du guide d'onde. Le guide d'onde à large bande comporte, d'autre part, un noyau central conducteur dont la section présente, par rapport à ce même centre de symétrie, une même symétrie d'ordre $4n$.

Le guide d'onde selon l'invention peut être utilisé dans tout système de connexion ou circuit hyperfréquence utilisé dans la transmission de signaux à large bande de fréquence. L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description et des dessins ci-après où les cotes et proportions relatives des différents éléments n'ont pas été respectées, afin d'assurer une meilleure compréhension de l'ensemble et desquels,

- la figure 1 représente un guide d'onde à large bande à double polarisation, selon l'invention ;
- les figures 2a, 2b représentent respectivement la variation des fréquences de coupure, d'une part pour un guide d'onde à redans diagonaux seul, et d'autre

part, pour un guide d'onde à noyau central conducteur seul ;

- les figures 3a, 3b représentent la variation de la fréquence de coupure du guide d'onde, selon le mode de réalisation de l'invention, tel que représenté figure 1, en fonction des paramètres géométriques du mode de réalisation considéré ;
- les figures 4a et 4b représentent une vue de face d'une coupe, selon un plan orthogonal à l'axe longitudinal du guide d'onde du mode de réalisation de la figure 1, selon deux variantes de réalisation particulières.

Selon la figure 1, le guide d'onde à large bande à double polarisation, objet de l'invention, comprend un guide d'onde de section polygonale 1 présentant, par rapport à un centre de symétrie C, une symétrie d'ordre $4n$ où n est un entier quelconque. Le guide d'onde, selon l'invention, contient à l'intérieur du guide d'onde de section polygonale une pluralité de redans conducteurs 2, dont la section détermine, avec la section polygonale, une section de propagation du guide d'onde. Chacun des redans 2 est disposé sur la face interne des côtés du guide d'onde, selon une symétrie d'ordre 4 par rapport au centre de symétrie C. Le plan de symétrie longitudinal de chacun des redans est orienté, dans la section de propagation du guide d'onde, dans la direction des bissectrices des axes principaux du guide d'onde. Sur la figure 1, les axes principaux du guide d'onde sont représentés par les axes X'X, et Y'Y, leur orientation correspond respectivement à la direction des champs électriques des modes de propagation TE_{10} et TE_{01} , pour le guide d'onde considéré. Sur la figure 1, le plan de symétrie longitudinal de chaque redan n'a pas été représenté afin de ne pas surcharger la figure. Le guide d'onde,

selon l'invention, comporte, d'autre part, à l'intérieur du guide d'onde de section polygonale, un noyau central conducteur 3, dont la section présente par rapport au centre de symétrie C une même symétrie d'ordre $4n$, les sections du noyau central conducteur et du guide d'onde de section polygonale étant homothétiques par rapport à ce centre de symétrie C.

Selon la figure 1, le guide d'onde de section polygonale a une section carrée de côté $2a$. Cette section présente, par rapport au centre de symétrie C, une symétrie d'ordre 4. Le guide d'onde comporte, à l'intérieur de chaque angle dièdre formé par deux côtés consécutifs de la section carrée, un redan conducteur 2 de section également carrée de côté W . Les quatre redans disposés dans la section du guide d'onde, à l'extrémité des diagonales de cette section, déterminent, avec la section carrée du guide d'onde, une section de propagation du guide d'onde présentant, par rapport à ce même centre de symétrie C, une symétrie d'ordre 4. Selon l'invention, le guide d'onde de section polygonale comporte, d'autre part, un noyau central conducteur 3 dont la section carrée de côté $2k$ présente, par rapport à ce même centre de symétrie C, une même symétrie d'ordre 4. Ainsi, les diagonales de la section carrée du guide d'onde 1 et les diagonales de la section du noyau central conducteur sont confondues.

Le fonctionnement du guide d'onde, objet de l'invention, est le suivant compte tenu des figures 2a et 2b dans lesquelles la figure 2a comporte un système d'axes dont les ordonnées sont graduées en fréquence de coupure normalisée ou rapport de la dimension du guide, selon la figure 1, à la longueur d'onde de coupure de ce même guide, la fréquence de coupure normalisée étant notée $\frac{2a}{\lambda_c}$, et dont les abscisses sont graduées en rapport de la dimension du côté du

redan W à la même dimension $2a$ du guide d'onde. La figure 2a représente les variations des fréquences de coupure des modes de propagation d'ordre supérieur tels que les modes TE_{11} , TM_{11} , TE_{201} et TE_{10} . De la même manière, la figure 2b représente, sur un système d'axes, respectivement en ordonnées, les fréquences de coupure normalisées du guide d'onde, l'axe d'ordonnées étant gradué en valeur du rapport $\frac{2a}{\lambda_c}$ où $2a$ représente la dimension du côté de la section carrée du guide d'onde, selon la figure 1, et λ_c la longueur d'onde de coupure correspondante, en fonction du rapport de la dimension du noyau central conducteur de section carrée de côté $2k$ rapportée à cette même dimension du guide d'onde de section carrée et de côté $2a$. La figure 2b représente les différentes fréquences de coupure normalisées pour les modes d'ordre supérieur tels que TM_{11} , TE_{201} , TE_{11} , et TE_{10} . Les figures 2a et 2b montrent respectivement que, dans le cas du guide carré comportant les seuls redans à l'intérieur de chaque angle dièdre formé par deux côtés consécutifs de la section carrée, le mode TM_{11} limite la bande passante tant que le rapport $\frac{W}{2a}$ reste inférieur à 0,22, le mode TE_{201} devenant sensiblement le premier mode parasite pour des valeurs supérieures de ce rapport. D'une autre manière, la figure 2b montre que, dans le cas du guide de section carrée comportant un noyau central de section également carrée, le seul mode d'ordre supérieur limitant la bande passante est le mode TE_{11} dont la fréquence de coupure dépend peu du rapport $\frac{k}{a}$. Selon l'invention, l'utilisation simultanée des caractéristiques de propagation du guide seul comportant les redans, telles que représentées figure 2a, et des caractéristiques de propagation du guide de section carrée comportant un noyau central conducteur de sec-

tion également carrée telles que représentées figure 2b, permet en particulier d'obtenir, ainsi que représenté figure 3a et figure 3b, une réjection vers les fréquences supérieures de la fréquence de coupure du mode TM_{11} et une variation parabolique en fonction du rapport $\frac{W}{a}$ de la fréquence de coupure pour le mode TE_{11} . La bande passante du guide ainsi réalisé est fonction des rapports $\frac{W}{a}$ et $\frac{k}{a}$, paramètres géométriques du guide selon l'invention. Pour une

10 valeur $\frac{k}{a}$ déterminée, il existe un rapport $\frac{W}{a}$ optimal pour lequel la bande passante est maximum. La valeur de la bande passante BW obtenue par la mise en oeuvre d'un guide d'onde selon l'invention tel que représenté figure 1, est donnée dans le tableau suivant, en

15 fonction des valeurs des rapports $\frac{k}{a}$ et $\frac{W}{a}$.

20

k/a	W/a	BW %
0,0	0,44	38 %
0,2	0,36	57 %
0,3	0,36	61 %
0,4	0,32	64,5 %
0,5	0,26	66 %
0,6	0,22	60 %

Les figures 3a et 3b représentent pour différentes valeurs du rapport $\frac{k}{a}$ la variation de la fréquence de coupure normalisée $\frac{a}{\lambda_c}$, rapport de la

25 demi-dimension du guide d'onde de section carrée à

la longueur d'onde de coupure du guide, en fonction du rapport $\frac{W}{a}$, dimension du côté de la section du redan carré rapportée à cette même demi-dimension a de la section du guide d'onde.

5 Le guide d'onde selon l'invention permet d'obtenir une bande passante plus importante que celle des guides jusqu'alors utilisés pour résoudre des problèmes analogues. La bande passante du guide suivant l'invention, fonction des rapports $\frac{k}{a}$ et $\frac{W}{a}$, atteint
10 une valeur de 66 % lorsque ces rapports ont pour valeur respective 0,5 et 0,26.

Selon la figure 4a, le guide d'onde, objet de l'invention, comporte en outre une pluralité d'entretoises 4 de matériau diélectrique. Ces entretoises
15 permettent de maintenir en position le noyau central conducteur. Selon une variante de réalisation représentée figure 4b, le guide d'onde selon l'invention comporte à l'intérieur du guide une mousse de matériau diélectrique 5 permettant de maintenir en position
20 le noyau central conducteur. Tout mode de réalisation dans lequel un système de maintien du noyau central conducteur est utilisé ne sort pas du cadre de la présente invention. A titre d'exemple, les fréquences de coupure principales d'un guide, pour lesquelles les dimensions respectives étaient $a = 20$ mm, $\frac{W}{a} = 0,3$, $\frac{k}{a} = 0,5$, ont été pour le mode TE_{10} :
Fc (TE_{10}) = 5,588 GHz, pour le mode TE_{11} :
Fc (TE_{11}) = 11,300 GHz, pour le mode TE_{201} :
Fc (TE_{201}) = 10,808 GHz. Pour des valeurs de paramètres déterminés, valeur des rapports $\frac{W}{a}$ et $\frac{k}{a}$, le problème de la recherche des fréquences de coupure des modes du guide d'onde se résume à la résolution de l'équation de HELMHOLTZ à deux dimensions dans la section transversale du guide. Deux méthodes peuvent
35 être de préférence utilisées.

Une première méthode, la méthode de RAYLEIGH-RITZ,

permet un calcul polynômial du champ. Une deuxième méthode, méthode par éléments finis, permet par un processus plus long mais plus coûteux d'obtenir des calculs plus précis. On a ainsi décrit un guide
5 d'onde à large bande à double polarisation utilisable en particulier dans tout circuit hyperfréquence et notamment dans les circuits de connexion hyperfréquences à large bande.

RE V E N D I C A T I O N S

1. Guide d'onde à large bande à double polarisation, comprenant un guide d'onde de section polygonale présentant, par rapport à un centre de symétrie C, une symétrie d'ordre $4n$ où n est un entier quelconque,
- 5 caractérisé en ce qu'il comporte à l'intérieur du guide d'onde de section polygonale, d'une part, une pluralité de redans conducteurs dont la section détermine avec la section polygonale une section de propagation du guide d'onde, chacun des redans étant disposé sur la face interne des côtés du guide d'onde,
- 10 selon une symétrie d'ordre 4 par rapport à ce même centre de symétrie, le plan de symétrie longitudinal de chacun des redans étant orienté, dans la section de propagation du guide d'onde, dans la direction des bissectrices des axes principaux du guide d'onde, et,
- 15 d'autre part, un noyau central conducteur dont la section présente, par rapport à ce même centre de symétrie, une même symétrie d'ordre $4n$.
2. Guide d'onde selon la revendication 1, caractérisé en ce que le guide d'onde de section polygonale a une section carrée de côté $2a$ présentant, par rapport au centre de symétrie, une symétrie d'ordre quatre, le guide d'onde comportant, d'une part, à l'intérieur de chaque angle dièdre formé par deux côtés consécutifs de la section carrée, un redan conducteur diagonal de section carrée et de côté W déterminant, avec la section carrée du guide d'onde, une section de propagation du guide d'onde présentant, par rapport à ce même centre de symétrie, une symétrie
- 20 d'ordre quatre, et, d'autre part un noyau central conducteur dont la section carrée de côté $2k$ présente, par rapport à ce même centre de symétrie, une symétrie d'ordre quatre.
- 30

3. Guide d'onde selon la revendication 2, caractérisé en ce que le rapport de la dimension du côté du redan W, rapportée à la demi-dimension a de la section carrée du guide d'onde, a une valeur comprise
5 entre 0,2 et 0,36, soit $0,2 \leq \frac{W}{a} \leq 0,36$.

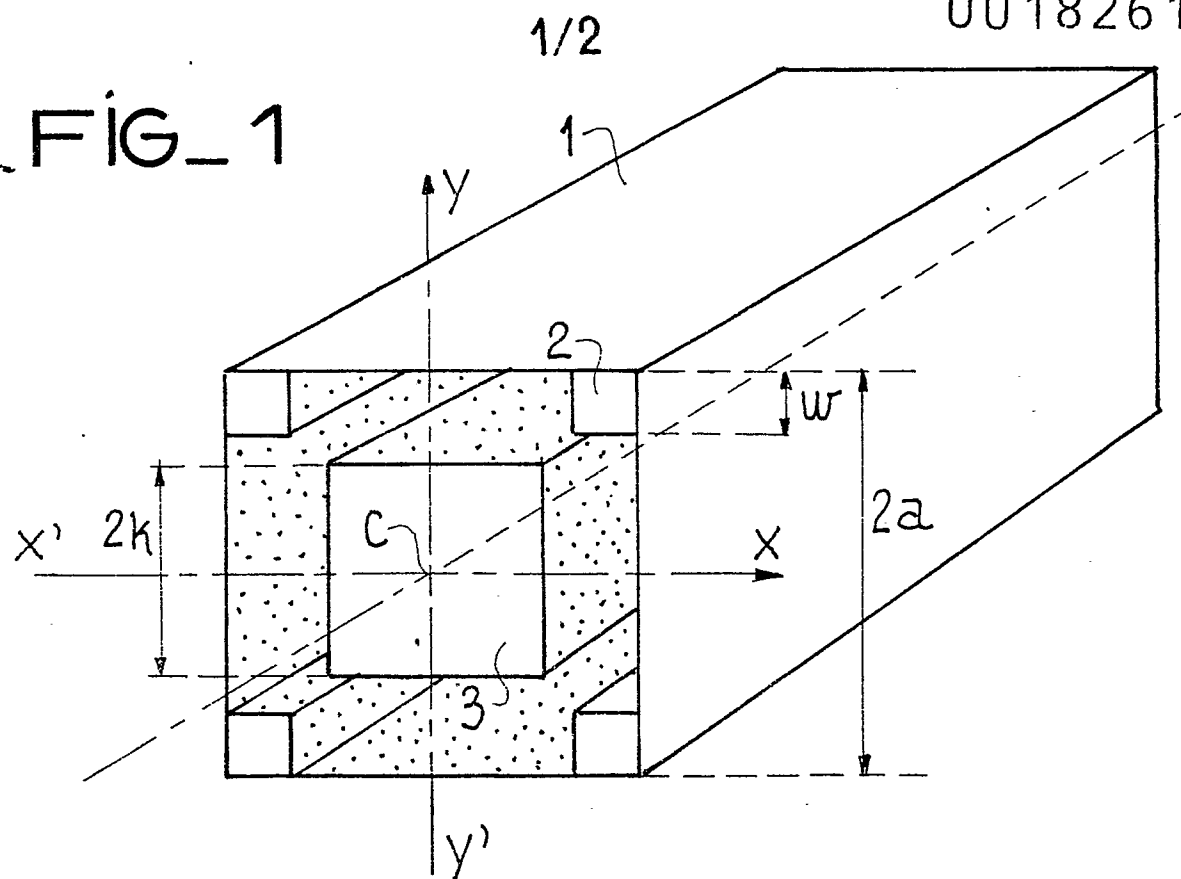
4. Guide d'onde selon la revendication 2, caractérisé en ce que le rapport de la dimension du côté de la section du noyau central 2k, rapportée à la dimension 2a de la section carrée du guide d'onde, a
10 une valeur comprise entre 0,2 et 0,6, soit
 $0,2 \leq \frac{k}{a} \leq 0,6$.

5. Guide d'onde selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité d'entretoises de matériau diélectrique permettant de
15 maintenir en position le noyau central conducteur.

6. Guide d'onde selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte une mousse de matériau diélectrique permettant de maintenir en position le noyau central conducteur.

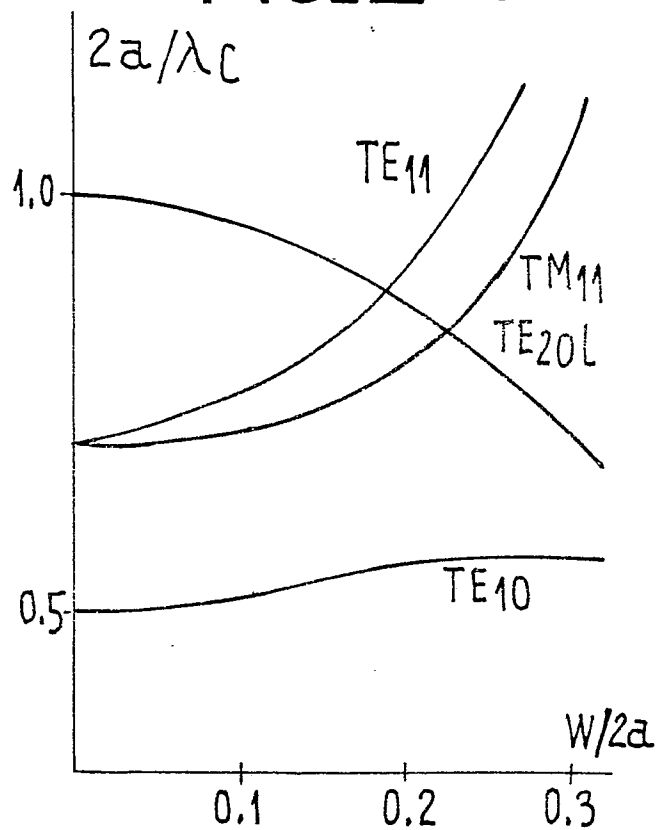
20 7. Circuit hyperfréquence de connexion à large bande comportant un guide d'onde selon l'une des revendications précédentes.

FIG_1



FIG_2

FIG_2-a



FIG_2-b

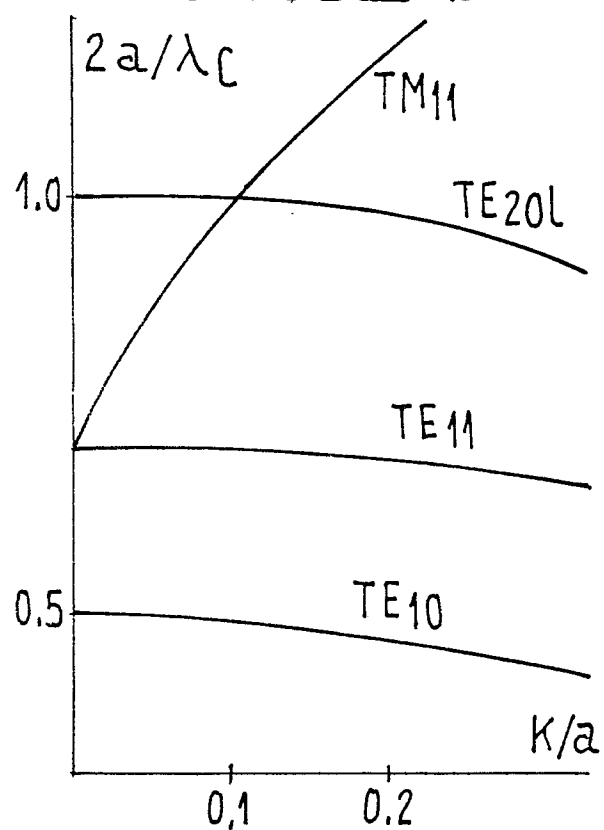


FIG. 3

FIG. 3-a

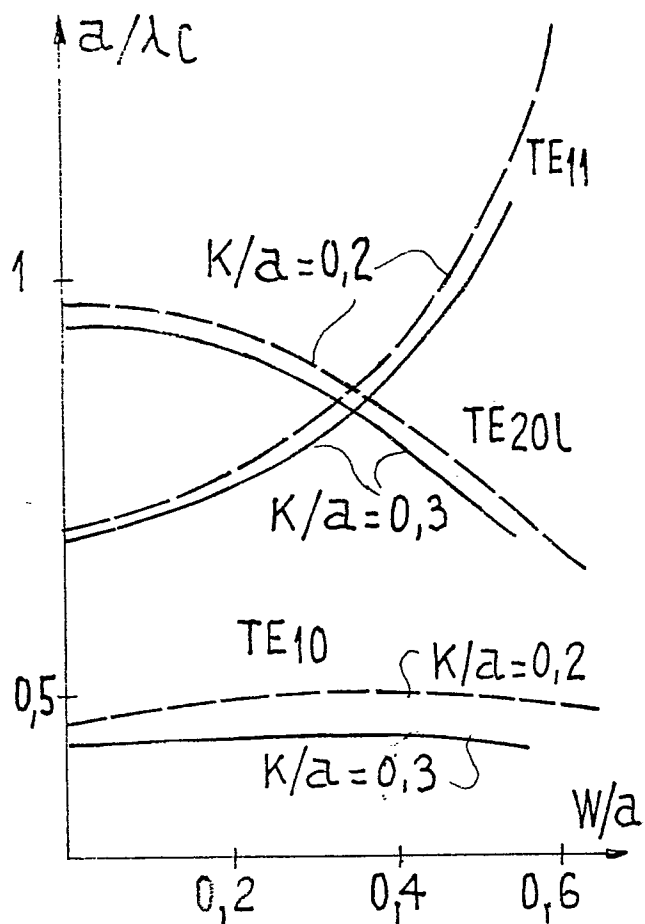


FIG. 3-b

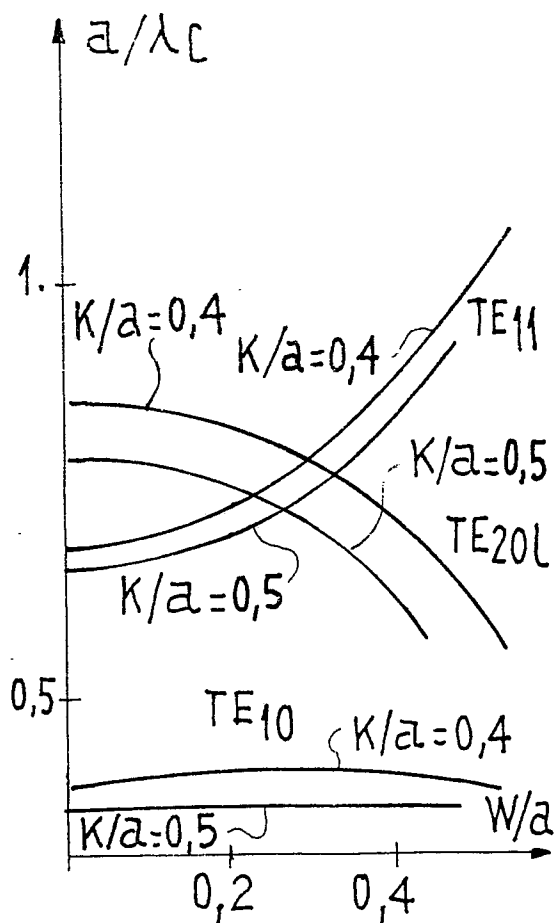


FIG. 4

FIG. 4-a

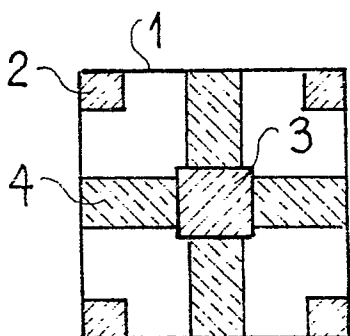
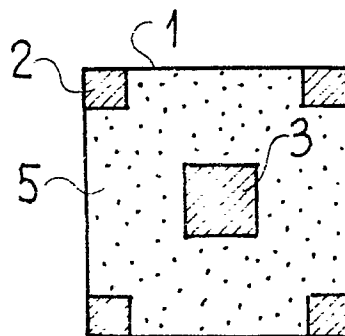


FIG. 4-b





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0018261
Numéro de la demande

EP 80 40 0448

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	FR - A - 2 294 554 (THOMSON-CSF) * Page 3, lignes 18-21; figures *	1,2,4,7	H 01 P 3/06 1/161
	--		
	FR - A - 2 116 441 (LICENTIA PATENTVERWALTUNGS-GMBH) * Revendications 2 et 3; figure 1 *	1-3,7	
	--		
	US - A - 3 150 333 (D.F. BOWMAN) * Figures 6 et 8 *	1,7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.)
	--		
A	US - A - 4 035 598 (C.J.M. VAN AMSTERDAM) * Figure 3 *	1	H 01 P 3/02 3/06 1/161
--			
A	FR - A - 2 113 962 (LICENTIA PATENTVERWALTUNGS-GMBH) * Figures 1a - 1d *	1	
--			
A	DE - B - 1 013 338 (PINTSCH-ELECTRO) * Figures 7 et 8 *	1,2,5-7	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
			&: membre de la même famille, document correspondant
☒ Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 21-07-1980	Examineur LAUGEL