



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92401383.2**

(51) Int. Cl.⁵ : **H01Q 3/26, H01Q 3/46**

(22) Date de dépôt : **21.05.92**

(30) Priorité : **18.06.91 FR 9107422**

(43) Date de publication de la demande :
23.12.92 Bulletin 92/52

(84) Etats contractants désignés :
DE FR GB IT SE

(71) Demandeur : **THOMSON-CSF**
51, Esplanade du Général de Gaulle
F-92800 Puteaux (FR)

(72) Inventeur : **Cachier, Georges**
Thomson-CSF, SCPI - Cédex 67
92045 Paris la Défense (FR)

(74) Mandataire : **Beylot, Jacques et al**
Thomson-CSF SCPI B.P. 329
F-92402 COURBEVOIE CEDEX (FR)

(54) **Antenne hyperfréquence à balayage optoélectronique.**

(57) Cette antenne est pourvue d'un réseau (2) de réflecteurs élémentaires à déphaseurs commandés optiquement. Le réseau de réflecteurs élémentaires comporte un substrat (20) en un matériau diélectrique à faibles pertes en hyperfréquences, transparent à la lumière, revêtu du côté exposé aux hyperfréquences, l'une couche (21) l'éléments photoconducteurs répartis en réseau et, du côté opposé, d'une électrode (22) conductrice transparente à la lumière. Des moyens d'éclairage sélectif (3, 4, 5) des éléments photoconducteurs permettent de faire passer ces derniers d'un état électriquement isolant à un état conducteur et réciproquement pour modifier le trajet de l'onde hyperfréquence au sein des réflecteurs et permettre la formation du faisceau. Le réseau d'éléments photoconducteurs a un maillage qui suréchantillonne le maillage du réseau de réflecteurs élémentaires. Ainsi chaque réflecteur élémentaire regroupe plusieurs éléments photoconducteurs dont une proportion plus ou moins grande peut être éclairée ce qui lui procure différents états de phase possibles.

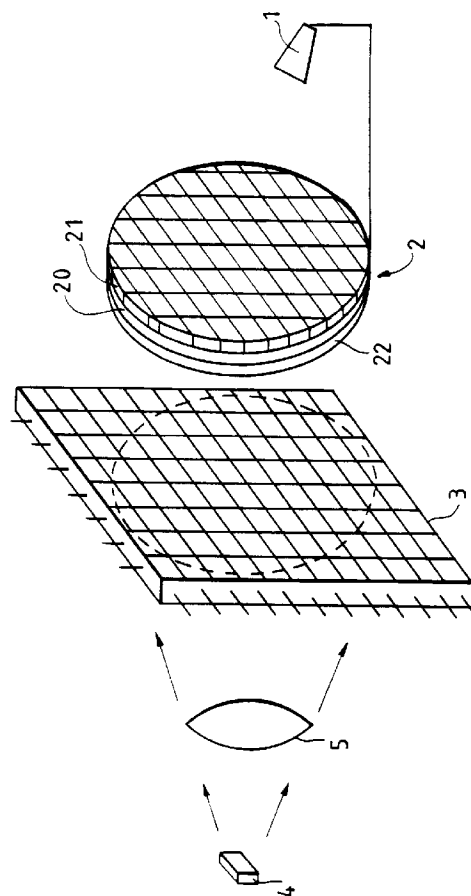


FIG.1

La présente invention concerne une antenne hyperfréquence utilisant, pour le pointage de son faisceau, un réseau de réflecteurs élémentaires à éléments actifs capables de modifier, à volonté, sous le contrôle d'une commande optique, la longueur du trajet de pénétration des ondes hyperfréquences dans les réflecteurs du réseau pour engendrer des déphasages variant d'un réflecteur élémentaire à l'autre et assurer le pointage du faisceau d'antenne.

Une antenne connue de ce genre possède un réflecteur réalisé à partir d'un substrat en un matériau diélectrique à faibles pertes pour les ondes hyperfréquences, transparent à la lumière, tel que de l'oxyde de silice SiO_2 ou de l'alumine cristallisée Al_2O_3 . Du côté exposé aux hyperfréquences ce substrat est revêtu d'éléments photoconducteurs isolés entre eux par un matériau électriquement isolant, éventuellement recouverts d'une couche opaque transparente aux hyperfréquences, et disposés en réseau avec un pas de maillage égal à $\lambda/2$ pour éviter les angles multiples de réflexion, λ étant la longueur d'onde des hyperfréquences considérées. Du côté opposé, non exposé aux hyperfréquences, il est revêtu d'une électrode transparente à la lumière réalisée en un matériau électriquement conducteur tel que de l'oxyde d'étain ITO.

Les éléments photoconducteurs, qui peuvent être en silicium "intrinsèque" c'est à dire isolant, sont éclairés ou non sur commande au travers du substrat et de l'électrode transparente, par exemple à l'aide d'un écran à cristaux liquides plaqué contre le substrat sur l'électrode transparente et éclairé par une source lumineuse. Lorsqu'ils sont éclairés, ils deviennent électriquement conducteurs et réfléchissent les ondes hyperfréquences avant qu'elles ne pénètrent dans le substrat. Lorsqu'ils ne sont pas éclairés, ils sont électriquement isolants et se laissent traverser par les ondes hyperfréquences qui pénètrent au travers du substrat et se réfléchissent sur l'électrode transparente. Si le retard de propagation à travers les épaisseurs des éléments photoconducteurs et du substrat est pioche d'un nombre impair de quarts de période de l'onde hyperfréquence, le déphasage obtenu entre des ondes hyperfréquences selon qu'elles rencontrent un élément photoconducteur éclairé ou un élément photoconducteur non éclairé est de π .

On réalise ainsi un réseau de réflecteurs élémentaires, avec un maillage au pas de la moitié de la longueur d'onde des hyperfréquences, qui sont capables chacun d'engendrer à volonté des déphasages de 0 ou π sous contrôle d'une commande optique. Cependant, les performances d'une antenne hyperfréquence à balayage concernant le gain, le niveau de lobes secondaires et le diffus nécessitent, en général, pour être acceptables, l'utilisation d'un déphaseur commandable à plus de deux états de phase au niveau de chaque réflecteur élémentaire.

Pour satisfaire cette exigence, il a été proposé

d'empiler des couches de silicium photoconducteur et de substrat diélectrique à faible perte devant l'électrode conductrice transparente pour présenter à l'onde hyperfréquence, au sein de chaque réflecteur élémentaire, différents chemins de longueurs échelonnées qui correspondent à diverses valeurs de déphasage comprises entre 0 et 2π et qui sont fonctions de la profondeur dans l'empilement de la première couche de silicium photoconducteur rendue conductrice par éclairement. On rencontre alors des difficultés pour l'illumination sélective des différentes couches de silicium photoconducteur qui se masquent les unes les autres.

La présente invention a pour but de remédier à ces difficultés et de permettre l'obtention de déphaseurs commandables à plus de deux états de phase dans un réseau de réflecteurs pour onde hyperfréquence tout en conservant pour le réseau de réflecteurs une structure simple à trois couches formée d'un substrat en matériau d'électrique à faible perte transparent à la lumière portant, du côté exposé aux hyperfréquences, un réseau d'éléments photoconducteurs et, du côté opposé, une électrode conductrice transparente à la lumière.

Elle a pour objet une antenne hyperfréquence à balayage optoélectronique pourvue d'une part, d'un réseau de réflecteurs élémentaires à déphaseurs commandés optiquement comportant un substrat en un matériau diélectrique à faibles pertes en hyperfréquences, transparent à la lumière, revêtu, du côté exposé aux hyperfréquences, d'une couche d'éléments photoconducteurs répartis en réseau, et, du côté opposé, d'une électrode conductrice transparente à la lumière, et d'autre part, de moyens d'éclairage sélectif des éléments photoconducteurs aptes à faire passer ces derniers d'un état électriquement isolant à un état conducteur et réciproquement. Cette antenne est remarquable en ce que le réseau d'éléments photoconducteurs présente un maillage qui suréchantillonne le maillage du réseau de réflecteurs élémentaires. Ainsi, chaque réflecteur élémentaire regroupe n^2 éléments photoconducteurs, n étant le taux de suréchantillonnage, dont une proportion plus ou moins grande est éclairée ce qui lui procure différents états de phase échelonnés depuis une valeur minimale obtenue lorsque tous ses éléments photoconducteurs sont éclairés jusqu'à une valeur maximale obtenue lorsque tous ses éléments photoconducteurs sont dans l'obscurité.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple. Cette description sera faite ci-après, en regard du dessin dans lequel :

- une figure 1 représente, de manière schématisée et partiellement démontée, une antenne hyperfréquence à balayage optoélectronique selon l'invention ;
- une figure 2 est un diagramme qui représente

les variations du coefficient de réflexion sous incidence normale et du déphasage à la réflexion, en fonction de la résistivité, pour du silicium utilisé comme photoconducteur ;

- une figure 3 est un diagramme qui représente les variations du déphasage à la transmission et à la réflexion du silicium en fonction de la fréquence et

- une figure 4 illustre un exemple de répartition d'éléments photoconducteurs à la surface d'un réflecteur élémentaire de l'antenne représentée à la figure 1.

L'antenne hyperfréquence représentée à la figure 1 fonctionne aux environs de 94 GHz. Elle comporte un cornet 1 Qui illumine avec une onde hyperfréquence un réseau plan 2 de réflecteurs élémentaires placé devant un écran à cristaux liquides 3 éclairé par une source lumineuse 4 au travers d'une optique de focalisation 5.

Le réseau de réflecteurs élémentaires se présente sous la forme d'un disque plat d'environ 10 cm de diamètre. Il est constitué d'un substrat 20 en un matériau diélectrique à faibles pertes en hyperfréquences, transparent à la lumière, tel que de l'oxyde de Silice SiO_2 ou de l'alumine cristallisée Al_2O_3 . Du côté tourné vers le cornet 1, qui est exposé aux hyperfréquences, ce substrat 20 porte une couche 21 d'éléments photoconducteurs tel que du silicium ou de l'arséniure de gallium qui sont isolés entre eux et répartis à la surface du substrat de manière à suréchantillonner le maillage d'un réseau de réflecteurs élémentaires au pas de $\lambda/2$ ici, environ 1,5 mm. Du côté opposé au cornet 1, le substrat 20 est revêtu d'une électrode conductrice 22 transparente à la lumière qui est, par exemple, en oxyde d'étain.

L'écran à cristaux liquides 3 est plaqué contre l'électrode conductrice 22 du substrat 20. Il comporte un réseau de pixels qui reproduisent fidèlement la répartition des éléments photoconducteurs 21 portés par le substrat 20 et qui peuvent être rendus, sur commande, soit transparents, soit opaques afin de provoquer, de manière sélective, l'éclairage des éléments photoconducteurs placés dans leur prolongement.

La source lumineuse 4 peut être un réseau de diodes électroluminescentes ou de lasers fournissant une puissance de 30 à 50 Watts en continu à une longueur d'ondes de 0,8 μm environ. L'intensité lumineuse arrivant sur un élément photoconducteur en silicium, lorsque le pixel de l'écran de cristaux liquides qui lui est associé est transparent, est alors suffisante pour rendre ledit élément conducteur.

La figure 2 représente les variations du coefficient de réflexion sous incidence normale et du déphasage à la réflexion, en fonction de la résistivité, pour du silicium utilisé comme photoconducteur. Elle montre qu'il est possible de passer d'une réflexion totale à une transmission quasi totale des ondes hyper-

fréquences avec du silicium dont la résistivité varie de 0,1 ohm. cm environ à plus de 1000 ohm. cm en fonction de son éclairage. Elle montre également qu'il existe une condition d'éclairage pour laquelle le silicium absorbe complètement les hyperfréquences. Cet effet peut être utilisé pour rendre l'antenne absorbante, donc furtive pour un système de détection.

La figure 3 représente la réponse en fréquence du déphasage à la transmission ($P=1000$ ohm.cm) et à la réflexion ($P=0,18$ ohm.cm) du silicium. Elle montre que le déphasage à la transmission est pratiquement nul pour une onde hyperfréquence de 94 GHz.

La figure 4 donne un exemple de répartition des éléments photoconducteurs à la surface du substrat 20. Ceux-ci suréchantillonnent le maillage du réseau de réflecteurs élémentaires au pas de $\lambda/2$ représenté en traits pleins, avec un maillage quatre fois plus fin représenté en pointillés. Ainsi, chaque réflecteur élémentaire est formé d'un dallage de 16 éléments photoconducteurs 1a,..., 4d qu'il est possible d'éclairer individuellement par l'intermédiaire des pixels de l'écran à cristaux liquides afin de les rendre à volonté isolants ou conducteurs. On peut alors choisir une forme variable de la surface photoconductrice éclairée dans chaque réflecteur élémentaire pour définir une phase variable. Cela revient à l'introduction, dans un guide d'onde hyperfréquence matérialisé par le contour d'un réflecteur élémentaire, d'un iris conducteur qui est équivalent à une susceptance dont on sait calculer la phase en réflexion. Cette susceptance variable peut être la même pour plusieurs polarisations hyperfréquences si celles-ci voient des surfaces équivalentes.

Par exemple, une polarisation horizontale et une polarisation verticale voient le même déphasage si la surface de photoconducteur rendue conductrice a une forme conservée dans une rotation de $\pi/2$.

Dans le cas illustré par la figure 4 où un réflecteur élémentaire est constitué d'un dallage de 16 éléments photoconducteurs 1a,..., 4d on peut adopter cinq configurations différentes conservées par une rotation de $\pi/2$:

- une première configuration où aucun élément photoconducteur n'est éclairé ;
- une deuxième configuration, qui est celle représentée, où seuls les éléments photoconducteurs en coin 1a, 4a, 4d et 1d sont éclairés ;
- une troisième configuration où les éléments photoconducteurs 2a, 4b, 3d et 1c sont éclairés en plus des éléments photoconducteurs en coin 1a, 4a, 4d, et 1d ;
- une quatrième configuration où tous les éléments photoconducteurs du pourtour 1a, 2a, 3a, 4a, 4b, 4d, 3d, 2d, 1d, 1c, et 1b sont éclairés ;
- une cinquième configuration où tous les éléments photoconducteurs sont éclairés.

Si les épaisseurs des éléments photoconducteurs et du substrat sont de l'ordre de la moitié de la

longueur d'onde des hyperfréquences utilisées on obtient avec les quatre de dernières configurations un déphaseur commandé à deux bits indépendant de la polarisation.

Bien évidemment, on peut adopter un taux de suréchantillonnage moindre par exemple de deux ou trois mais on a alors un moindre choix de configurations ou supérieur mais on se heurte alors à des difficultés de réalisation dues à la petitesse des éléments photoconducteurs et les pixels de l'écran à cristaux liquides qui doivent leur correspondre.

Revendications

1. Antenne hyperfréquence à balayage optoélectronique pourvue d'une part, d'un réseau (2) de réflecteurs élémentaires commandés optiquement comportant un substrat (20) en un matériau diélectrique à faibles pertes en hyperfréquences, transparent à la lumière, revêtu, du côté exposé aux hyperfréquences, d'une couche (21) d'éléments photoconducteurs répartis en réseau, et, du côté opposé, d'une électrode (22) conductrice transparente à la lumière, et d'autre part, de moyens d'éclairage sélectif (3, 4, 5) des éléments photoconducteurs aptes à faire passer ces derniers d'un état électriquement isolant à un état conducteur et réciproquement, caractérisé en ce que le réseau d'éléments photoconducteurs a un maillage qui suréchantillonne le maillage du réseau de réflecteurs élémentaires.
2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que le réseau d'éléments photoconducteurs a un maillage qui suréchantillonne le maillage du réseau de réflecteurs élémentaires avec un taux de suréchantillonnage égal à quatre, chaque réflecteur élémentaire renfermant un dallage de seize éléments photoconducteurs.
3. Antenne selon la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments photoconducteurs appartenant à un réflecteur élémentaire sont éclairés de manière sélective de manière à former des configurations d'éléments conducteurs et. électriquement isolants invariantes dans des rotations de $\pi/2$.

50

55

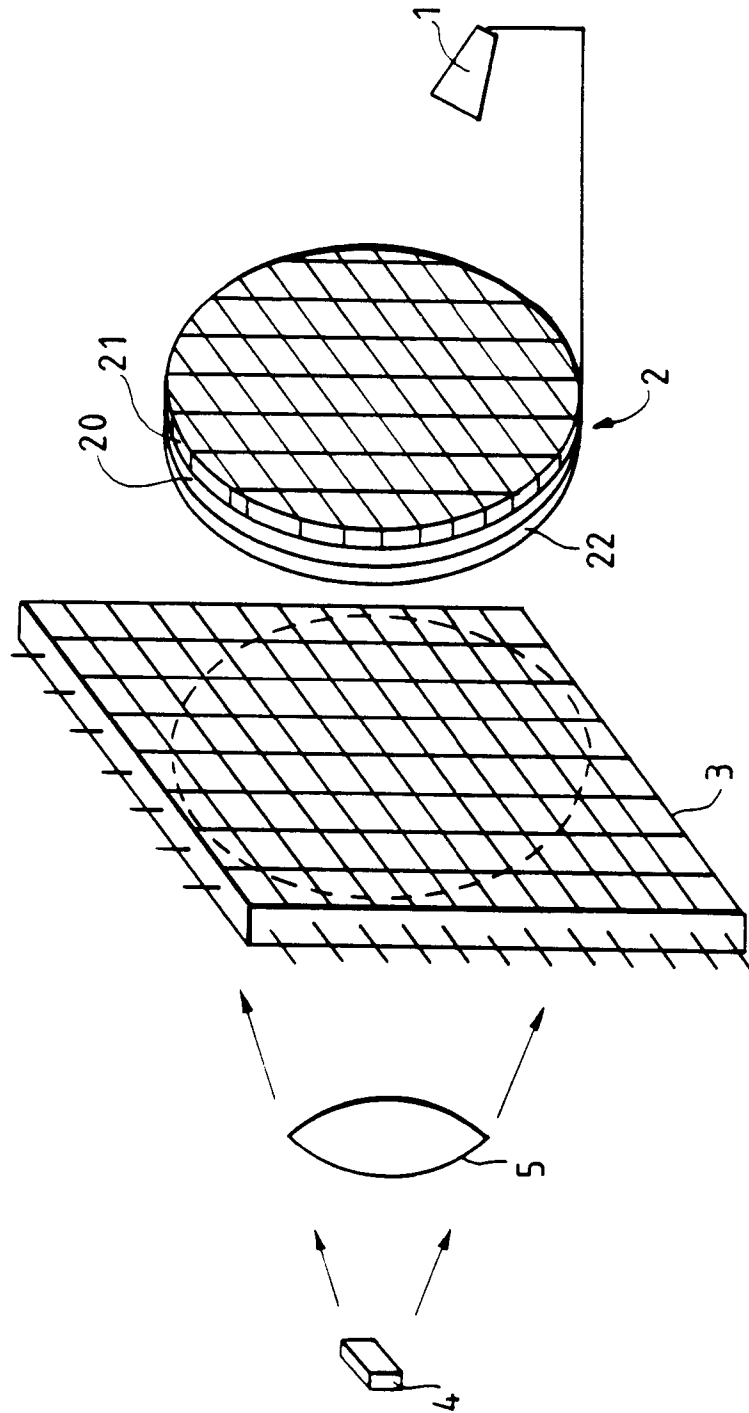


FIG.1

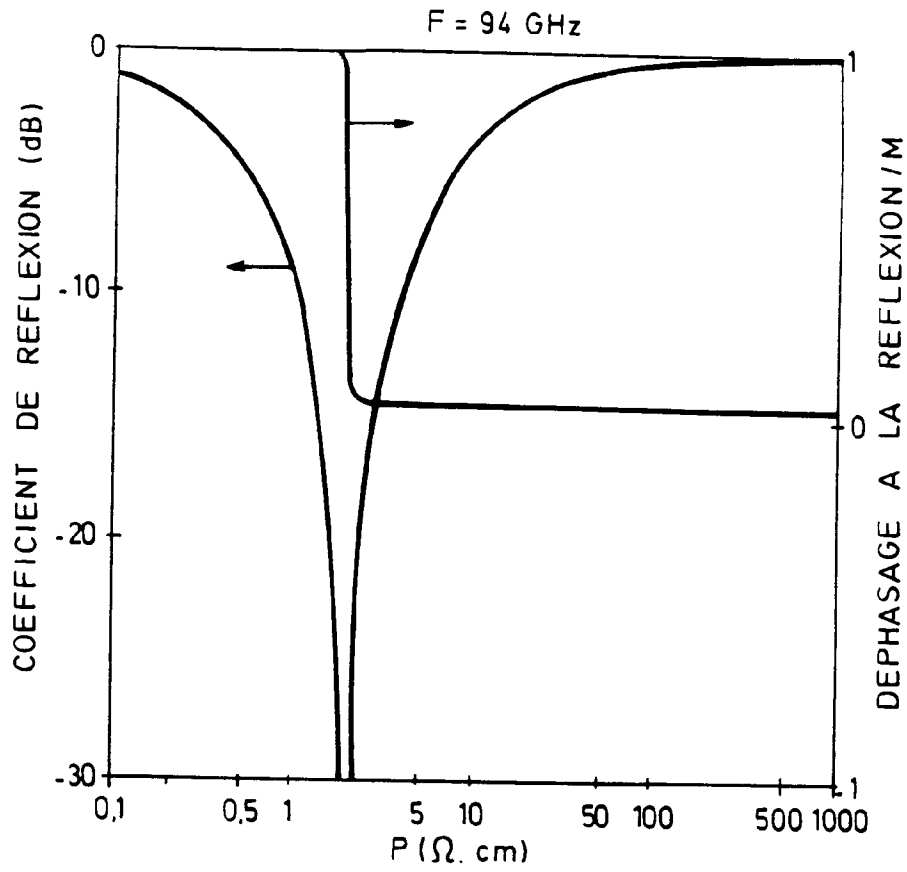


FIG. 2

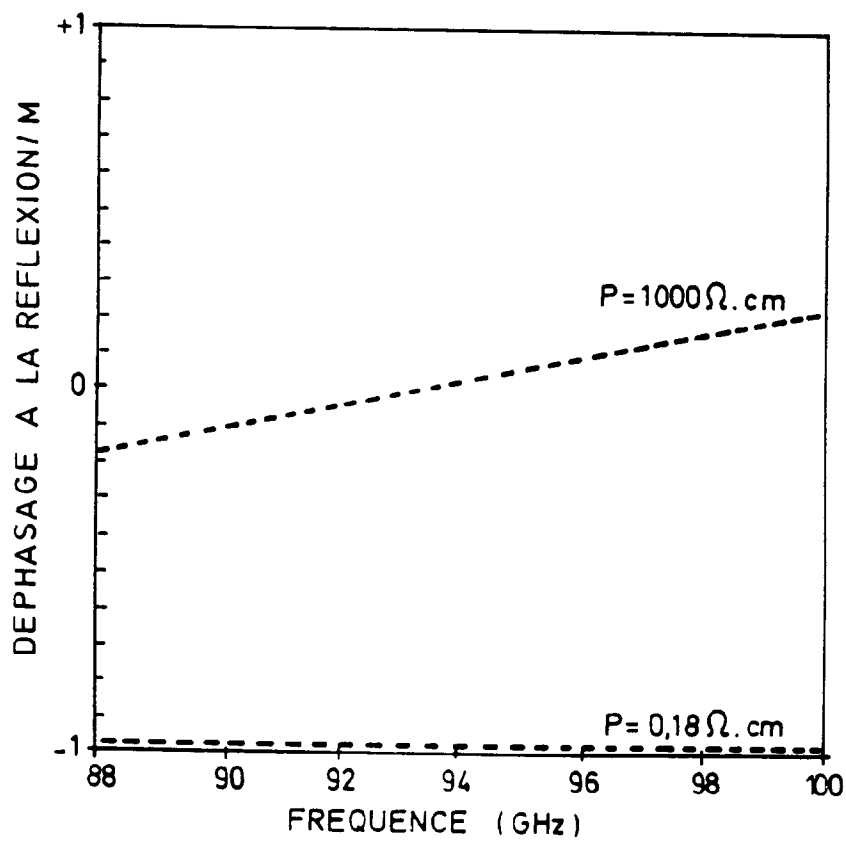


FIG. 3

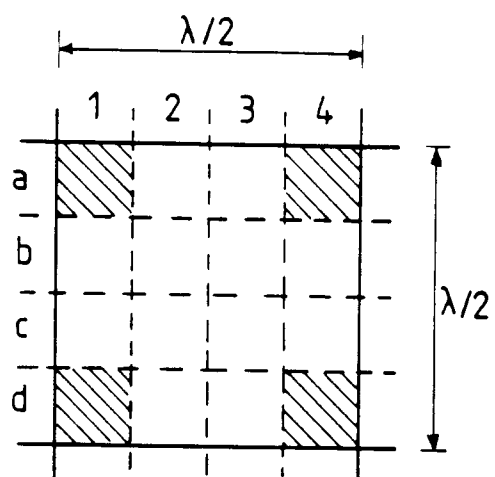


FIG.4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 1383

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)
P, A	EP-A-0 442 562 (HOLLANDESE SIGNAALAPPARATEN) * colonne 2, ligne 43 - colonne 5, ligne 20; figures 2,5-9 *	1	H01Q3/26 H01Q3/46
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 97 (E-723)(3445) 7 Mars 1989 & JP-A-63 269 807 (MITSUBISHI) * abrégé *	1	
A	--- US-A-5 014 069 (SEILER ET AL.) * abrégé * * colonne 3, ligne 26 - colonne 6, ligne 49 *	1	
A	--- GB-A-2 225 122 (THORN EMI PLC) * abrégé; figures 1-7 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 08 SEPTEMBRE 1992	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			

EPO FORM 150 (03.92) (P0402)