

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 23737

(54) Filtre spatial de fréquences et antenne comportant un tel filtre.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 Q 15/22.

(22) Date de dépôt 18 décembre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 24-6-1983.

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme. — FR.

(72) Invention de : Claude Aubry, Dominique Rimbert, François Salvat et Jean Bouko.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Philippe Guilguet, Thomson-CSF, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

1

FILTRE SPATIAL DE FREQUENCES ET ANTENNE COMPORTANT UN TEL FILTRE

La présente invention concerne un filtre spatial de fréquences et son application à une antenne fonctionnant simultanément sur deux bandes de fréquences différentes. Il est connu que de tels filtres sont utilisés pour réunir en un seul faisceau d'ondes électromagnétiques au moins deux
5 faisceaux de fréquences différentes issus généralement de deux sources séparées. Inversement, de tels filtres sont aussi utilisés pour séparer, dans un faisceau composite, les faisceaux d'ondes électromagnétiques de fréquences différentes et les diriger vers des récepteurs distincts. Le comportement de ces filtres est à rapprocher de celui des miroirs
10 dichroïques utilisés en optique dont la propriété est d'être transparents aux faisceaux de lumière d'une certaine longueur d'onde et d'être réfléchissants pour des faisceaux de lumière d'une autre longueur d'onde.

Les filtres spatiaux de fréquences sont utilisés, en particulier, dans les antennes à micro-ondes et plus particulièrement dans les antennes à
15 réflecteur parabolique. Il est en effet avantageux de rentabiliser au mieux de telles antennes en augmentant la quantité d'informations transmises ou reçues. Un des moyens connus est de faire fonctionner l'antenne simultanément sur plusieurs bandes de fréquences ce qui implique l'emploi de moyens de multiplexage et de démultiplexage de fréquences, qui, en particulier,
20 peuvent être des filtres spatiaux de fréquences. De telles antennes multibandes sont utilisées en télécommunications dans les liaisons au sol ou encore entre le sol et des satellites généralement géostationnaires. La réception simultanée sur plusieurs fréquences est aussi très avantageuse en radio-astronomie où le coût des antennes multiples est particulièrement
25 élevé. Enfin, l'emploi simultané d'une deuxième fréquence dans un radar de poursuite augmente ses performances et en particulier permet de distinguer plus nettement la cible réelle de son image dans le sol ou dans la mer.

Les filtres spatiaux utilisés dans les antennes et réalisés selon l'art connu sont généralement des filtres à diélectrique multicouche, des filtres
30 utilisant les propriétés sélectives des réseaux métalliques et plus rarement des filtres utilisant des ensembles de guides d'onde.

Les filtres spatiaux à diélectrique multicouche sont constitués d'une superposition de couches en matériaux diélectriques d'épaisseurs différentes. Deux types de matériaux diélectriques de caractéristiques différentes sont utilisés l'un pour les couches de rang pair, l'autre pour les couches de rang
5 impair. Un matériau diélectrique d'un troisième type doit être utilisé pour la première et la dernière couche afin de réaliser l'adaptation d'impédance entre le filtre et le milieu. Ce type de filtre à diélectrique multicouche doit, pour maintenir de façon satisfaisante la pureté de polarisation des ondes électromagnétiques, fonctionner sous un angle d'incidence faible ce qui
10 complique généralement les problèmes d'implantation du filtre dans la chaîne des éléments qui relie les sources (ou les détecteurs) fixes au réflecteur principal généralement mobile. Par ailleurs, ces filtres à diélectrique multicouche requièrent des matériaux de trois natures différentes ce qui, compte tenu de la rareté des matériaux diélectriques à faibles pertes,
15 limite les combinaisons possibles de réalisation. Enfin, le collage des différentes couches de matériaux diélectriques pose des problèmes technologiques car ces filtres peuvent atteindre jusqu'à trois mètres de diamètre.

Les filtres spatiaux utilisant les propriétés sélectives des réseaux métalliques sont constitués d'une surface plane ou courbe sur laquelle ont
20 été réalisés, généralement par photogravure, des dessins en cuivre de faible épaisseur dont la forme est fonction du résultat recherché. Un réseau métallique maillé présente les propriétés d'un filtre passe-haut alors que le réseau complémentaire, c'est-à-dire un ensemble de rectangles conducteurs isolés entre eux, présente les propriétés d'un filtre passe-bas. Enfin, un
25 ensemble de croix conductrices grecques ou potencées (croix de Jérusalem) a des propriétés du type "passe-bande". Plusieurs inconvénients sont propres à ce type de filtre. Le réseau métallique dont l'épaisseur est de quelques dizaines de micromètres est porté par un substrat isolant dont l'épaisseur, sensiblement plus grande, reste cependant inférieure à une centaine de
30 micromètres ; un tel dispositif, généralement de grandes dimensions, pose un problème de rigidité mécanique. De plus, le substrat porteur des éléments conducteurs est un matériau diélectrique qui, bien que de faible épaisseur, introduit des phénomènes parasites très gênants du type résonance, difficiles à prévoir et à réduire.

Les filtres spatiaux utilisant des guides d'ondes comportant un certain nombre de ces guides empilés de façon à former un volume dont la face d'entrée correspond aux dimensions du faisceau global qui la frappe. Les fréquences élevées sont transmises par ces guides alors que les fréquences basses sont réfléchies, la fréquence de coupure étant déterminée par les dimensions des guides d'ondes. Ces filtres sont rarement utilisés parce qu'ils limitent la largeur de bande et surtout en raison de leur poids et de leur volume élevés.

Pour pallier les inconvénients de l'art connu, l'invention propose un filtre spatial constitué de réseaux métalliques minces associés à des couches de matériaux diélectriques. L'association dans un même dispositif de ces deux techniques de filtre connues permet selon la caractéristique essentielle de l'invention de conserver les avantages propres à ces techniques tout en écartant les inconvénients.

L'invention a donc pour objet un filtre spatial de fréquences capable de séparer ou de combiner des ondes électromagnétiques d'angle d'incidence moyen déterminé et situées dans des bandes de fréquences différentes caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux couches de matériaux diélectriques superposées et des réseaux métalliques interposés entre les couches successives de matériau diélectrique.

L'invention a encore pour objet une antenne comprenant un tel filtre.

L'invention sera mieux comprise et les détails de réalisation apparaîtront plus clairement à l'aide de la description qui suit, en référence aux figures annexées.

La figure 1 illustre un exemple de réalisation de filtre spatial selon l'invention.

La figure 2 est une vue agrandie d'une partie du réseau métallique utilisé dans l'exemple précédent.

La figure 3 est une vue de profil du dispositif selon l'invention montrant l'action du filtre sur les faisceaux d'ondes électromagnétiques.

La figure 4 illustre un exemple d'application d'un filtre selon l'invention à une antenne du type Gregory off-set.

La figure 5 représente une première variante d'antenne Cassegrain utilisant un filtre selon l'invention.

La figure 6 représente une deuxième variante d'antenne Cassegrain utilisant un filtre selon l'invention.

La figure 1 illustre un exemple de réalisation de filtre spatial selon l'invention. Une lame centrale 2 en matériau diélectrique à faibles pertes porte sur ses deux faces des réseaux identiques 4 et 5 constitués de rectangles métalliques admettant le plan d'incidence 6 comme plan de symétrie. Les réseaux métalliques 4 et 5 peuvent être obtenus par photogravure ou par usinage à la fraise à partir d'une lame diélectrique 2 métallisée sur ses deux faces. Cette lame centrale 2 est placée entre deux autres lames 1 et 3, les trois lames étant faites du même matériau diélectrique ou de matériaux ayant les mêmes caractéristiques. Les couches 1, 2 et 3 de matériau diélectrique et d'épaisseurs respectives S_1 , S_2 et S_3 sont, dans cet exemple, en polyphénylène. Le faisceau d'ondes électromagnétiques est dirigé sur le filtre selon une direction parallèle à la droite 7 située dans le plan d'incidence 6. Cette droite 7 fait avec la droite 8 située elle aussi dans le plan d'incidence et perpendiculairement aux plans des couches de matériau diélectrique un angle d'incidence θ qui dans cette variante préférée de fonctionnement du filtre conforme à l'invention est de 45° .

La figure 2 est une vue agrandie d'une partie du réseau métallique utilisé dans l'exemple précédent. Des petits rectangles métalliques 10 de quelques dizaines de micromètres d'épaisseurs et généralement en cuivre sont disposés selon la figure 2 sur chacune des faces de la couche de matériau diélectrique centrale 2. Ces rectangles de longueur a , de largeur b et séparés les uns des autres d'une distance d peuvent être réalisés, à titre d'exemple par photogravure ou fraisage d'une couche de matériau diélectrique métallisée sur ses deux faces.

La figure 3 est une vue de profil du dispositif selon l'invention montrant l'action du filtre sur les faisceaux d'ondes électromagnétiques. Un premier faisceau d'ondes situé dans la bande W (94 GHz), dirigé vers le filtre spatial 11 sous un angle d'incidence θ dans une direction parallèle à la droite 15 est réfléchi, selon les lois de l'optique, dans une direction parallèle à la droite 14. Un second faisceau d'ondes situé dans la bande X (≈ 10 GHz), dirigé vers l'autre face du filtre 11 sous un même angle d'incidence θ et dans

une direction parallèle à la droite 14 est transmis, sans changement de direction, à travers ledit filtre dans une direction parallèle à celle du faisceau de la bande W. Une telle description correspond au cas d'un multiplexage de fréquences où deux faisceaux séparés X et W sont combinés pour former un faisceau composite unique. Il suffit, sur la figure 3, d'inverser le sens des flèches pour comprendre le fonctionnement du filtre dans le mode démultiplexage. Le faisceau composite dirigé alors vers une face du filtre 11 selon une direction parallèle à la droite 14 voit sa composante W réfléchié selon une direction parallèle à la droite 15 et sa composante X se propager à travers le filtre en conservant sa direction initiale. Les deux bandes de fréquences X et W peuvent ainsi être dirigées vers des récepteurs distincts.

Le tableau I placé en fin de la présente description résume les caractéristiques et performances obtenues dans un exemple de réalisation typique.

La figure 4 illustre un exemple d'application d'un filtre selon l'invention à une antenne du type "Grégory off-set". Un cornet corrugué 21 émet un faisceau d'ondes électromagnétiques 22 situées, à titre d'exemple, dans la bande X. Ce faisceau 22 traverse, sans changer de direction et sans pertes notables, un filtre 11 selon l'invention avant d'être réfléchi une première fois par un élément d'ellipsoïde 23 puis une seconde fois par un élément de paraboloïde 24 avant d'être transmis dans l'espace. Un second cornet corrugué 24 émet un faisceau d'ondes électromagnétiques 25 situées, à titre d'exemple, dans la bande W. Ce faisceau 25 est dirigé sous un angle d'incidence de 45° vers le filtre 11 qui le réfléchit selon une direction parallèle au faisceau 22 vers les réflecteurs 23 et 24. Les faisceaux 22 et 25 forment un faisceau composite transmis dans une même direction de l'espace par une antenne dite dans ce cas "bi-fréquences".

La figure 5 représente une première variante d'antenne Cassegrain utilisant un filtre selon l'invention. Le filtre 51 est un filtre spatial conforme à la variante décrite en relation avec la figure 1 mais galbé, comme le montre la figure 5, selon une loi hyperbolique.

Une première source d'ondes électromagnétiques émettant dans la bande X et représentée par le cornet corrugué 53 émet un faisceau d'ondes

54 qui traverse, sans changer de direction le filtre 51 avant d'être réfléchi vers l'espace par le réflecteur principal 50. Une deuxième source d'ondes émettant dans la bande W et représentée par le cornet 52 émet un faisceau d'ondes 55 qui est dirigé vers l'espace selon une direction parallèle au faisceau 54 après deux réflexions successives sur le filtre 51 puis sur le réflecteur principal 50.

La figure 6 représente une deuxième variante d'antenne Cassegrain utilisant un filtre selon l'invention.

Un réflecteur parabolique principal 30, un miroir auxiliaire 31 et un miroir de renvoi 34 forment un ensemble 41 qui peut se déplacer en site autour d'un axe 33. Un ensemble 42 comportant un miroir ellipsoïdal 35 peut se déplacer autour d'un axe 32 assurant de ce fait un déplacement en azimut de l'ensemble 41.

La partie fixe 43 comporte un filtre spatial 38 selon l'invention, deux miroirs ellipsoïdaux 36 et 37, une première source d'ondes électromagnétiques émettant dans la bande W représentée par le cornet corrugué 39 et une deuxième source émettant dans la bande X représentée par le cornet 40.

Les miroirs ellipsoïdaux 35, 36 et 37 sont disposés pour avoir chacun un de ses foyers situé sur le filtre 38 ; les cornets 39, 40 et le miroir 34 sont respectivement en coïncidence avec l'autre foyer des miroirs 36, 37 et 35.

L'onde électromagnétique située dans la bande W et émise par le cornet 39 est dirigée, après réflexion par le miroir 36, sous un angle d'incidence de 45° vers le filtre spatial 38 ; l'onde est entièrement réfléchie par le filtre 38 et dirigée vers l'espace par réflexions successives sur les éléments 35, 34, 31 et 30. L'onde électromagnétique située dans la bande X et émise par le cornet 40 est dirigée, après réflexion par le miroir 37, sous un angle d'incidence de 45° vers le filtre spatial 38 ; l'onde est entièrement transmise sans changement de direction, par le filtre 38 et dirigée vers l'espace par réflexions successives sur les éléments 35, 34, 31 et 30.

Le filtre spatial selon l'invention n'est pas limité aux exemples de réalisations qui viennent d'être décrits.

Le filtre peut être déterminé pour fonctionner sous un autre angle d'incidence, cet angle pouvant être choisi dans une gamme comprise entre

dix et cinquante degrés. Les bandes de fréquences à séparer ou à combiner peuvent être différentes de celles citées à titre d'illustration. Le filtre selon l'invention peut être réalisé de façon à présenter des propriétés passe-haut ou passe-bande. Les réseaux métalliques peuvent être de configurations
5 différentes de celles citées ; un même filtre peut comporter plus de deux réseaux métalliques, chaque réseau, séparé des autres par un matériau diélectrique, pouvant avoir sa propre configuration. En outre, chaque réseau métallique peut être indifféremment solidaire de l'une ou l'autre des couches qui lui sont adjacentes, il peut encore en être indépendant et maintenu en
10 place par tout moyen connu. Le filtre peut comporter au moins deux couches de matériau diélectrique d'épaisseurs différentes et être galbé selon toute forme prédéterminée. D'autres matériaux diélectriques ayant des propriétés similaires au polyphénylène peuvent être utilisés.

Le filtre spatial selon l'invention a donc pour avantages, comparé aux
15 filtres diélectriques multicouches de l'art antérieur, de conserver la pureté de polarisation de l'onde électromagnétique pour un angle d'incidence beaucoup plus grand, de ne nécessiter qu'un seul type de matériau diélectrique au lieu de trois, de simplifier les problèmes mécaniques d'assemblage en réduisant considérablement le nombre de couches de matériau diélec-
20 trique. Comparé aux filtres à réseaux métalliques de l'art connu, le filtre selon l'invention ne pose pas de problèmes de rigidité mécanique et n'introduit pas de phénomènes parasites fort gênants liés à l'existence dans l'art connu d'un matériau diélectrique destiné à servir seulement de support mécanique au réseau métallique. Enfin, par rapport aux filtres connus
25 utilisant des ensembles de guides d'ondes, le filtre selon l'invention est beaucoup plus léger, plus économique et peut fonctionner avec une largeur de bande plus étendue.

TABLEAU I

Caractéristiques et performances obtenues dans un exemple de réalisation typique.

- . Epaisseur des matériaux diélectriques S_1, S_2, S_3 : entre 3 et 4 mm
- . Nature du matériau diélectrique : polyphénylène.
- 5 . Dimensions des rectangles du réseau métallique :
 - a = 1 mm
 - b $\approx$ 0,8 mm
 - d = de 0.1 à 0.2 mm.
- . Fréquences utilisées :
 - 10 bande X : 9 à 10 GHz
 - bande W : 94 GHz.
- . Pertes à la transmission en bande X : 0,5 dB
- . Pertes à la réflexion en bande W : 0,5 dB
- . Taux d'ellipticité de l'onde réfléchie pour une onde
- 15 incidente parfaitement circulaire : 0,1 dB
- . Taux d'ellipticité de l'onde ayant traversé le
- filtre pour une onde incidente parfaitement circulaire : 0,1 dB.

REVENDICATIONS

1. Filtre spatial de fréquences capable de séparer ou de combiner des ondes électromagnétiques d'angle d'incidence moyen déterminé et situées dans des bandes de fréquences différentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux couches (1 - 3) de matériau diélectrique superposées et des réseaux
5 métalliques (4 - 5) interposés entre les couches successives de matériau diélectrique.

2. Filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce que les réseaux métalliques ont la configuration d'un ensemble de rectangles conducteurs (10) isolés entre eux.

10 3. Filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce que les réseaux métalliques ont la configuration d'un quadrillage de conducteurs filiformes parallèles en contact à leurs points d'intersection.

4. Filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce que les réseaux métalliques ont la configuration d'un ensemble de croix conductrices isolées
15 entre elles.

5. Filtre selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que les réseaux métalliques sont constitués par une métallisation d'au moins une face des couches de matériau diélectrique résultant d'une photogravure ou d'un fraisage.

20 6. Filtre selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux configurations différentes de réseaux métalliques.

7. Filtre selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux couches de matériau diélectrique
25 d'épaisseurs différentes.

8. Filtre selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que sa structure est plane (11).

9. Filtre selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que sa structure est en forme d'éléments d'hyperboloïde (51).

30 10. Filtre selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'angle d'incidence moyen déterminé du faisceau d'ondes électromagnétique est choisi dans une gamme comprise entre dix et cinquantes degrés.

11. Filtre selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'angle d'incidence moyen choisi est de quarante cinq degrés.

12. Filtre selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le matériau diélectrique est du polyphénylène.

5 13. Antenne fonctionnant simultanément sur deux bandes de fréquences différentes et caractérisé en ce qu'elle comporte un filtre selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

14. Antenne selon la revendication 13, caractérisée en ce qu'elle est du type "Gregory off-set".

10 15. Antenne selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'elle est du type "Cassegrain".

FIG. 1

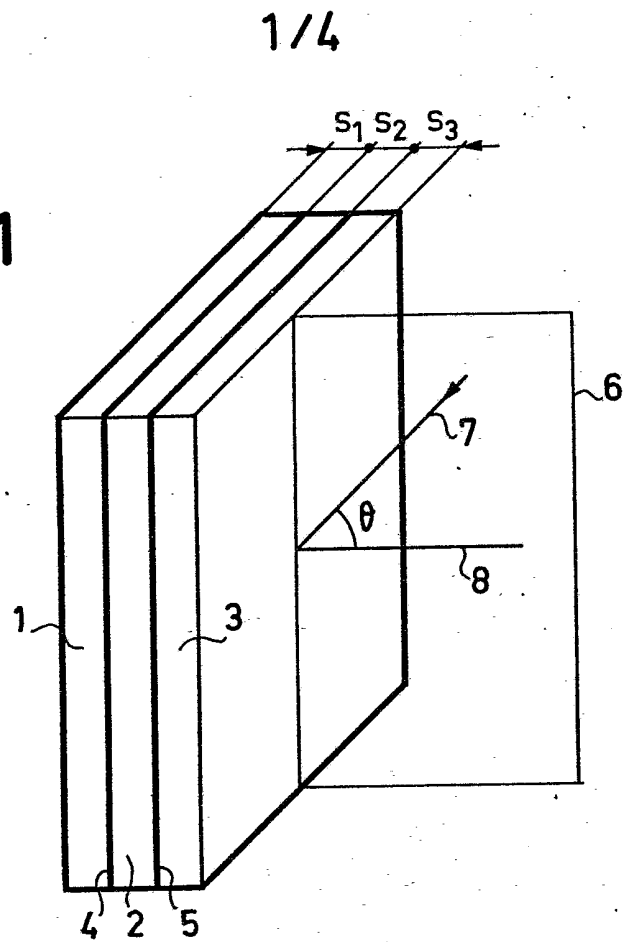
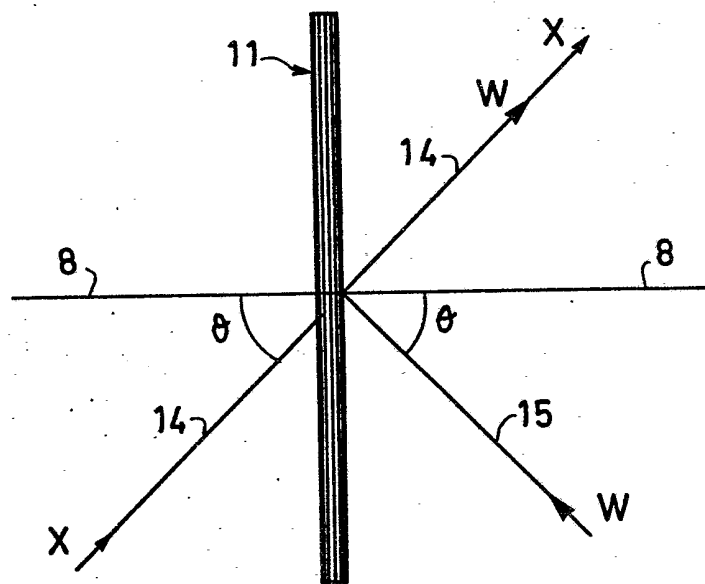
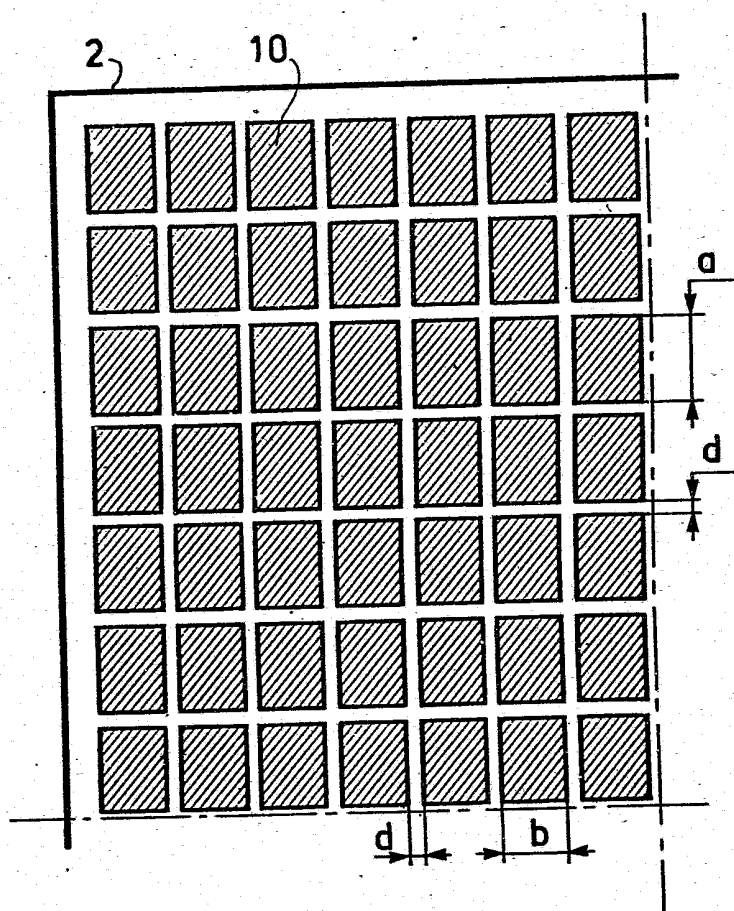


FIG. 3



2/4

FIG. 2



4/4

