



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92402113.2**

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

(22) Date de dépôt : **22.07.92**

(30) Priorité : **25.07.91 FR 9109425**

(43) Date de publication de la demande :
27.01.93 Bulletin 93/04

(84) Etats contractants désignés :
DE FR GB NL

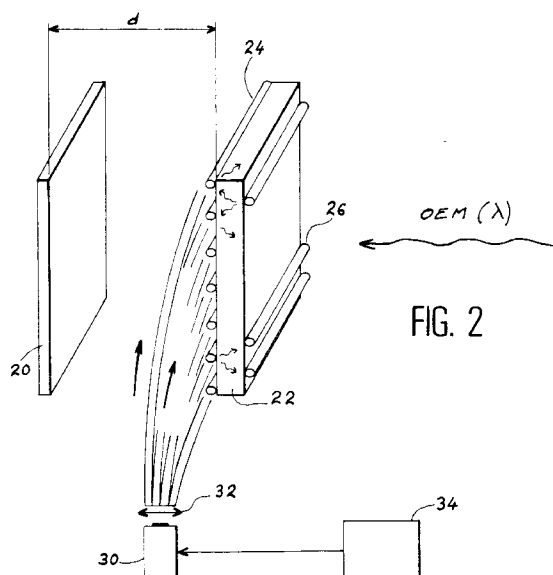
(71) Demandeur : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE**
31-33, rue de la Fédération
F-75015 Paris (FR)

(72) Inventeur : **Acher, Olivier**
41 rue de la Fontaine Grelot, Bât. 16
F-92340 Bourg la Reine (FR)
Inventeur : **Mathiot, Alain**
37 rue des Hautes Bièvres
F-92160 Antony (FR)

(74) Mandataire : **Mongrédien, André et al**
c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

(54) **Absorbeur hyperfréquence à semiconducteur et à commande optique.**

(57) L'absorbeur comprend essentiellement devant un écran conducteur (20) une couche de matériau semiconducteur (22) convenablement excitée optiquement (30, 24, 26). Le semiconducteur présente sous excitation optique une conductivité qui permet d'agir sur l'absorption.
Application en hyperfréquence.



Domaine technique

La présente invention a pour objet un absorbeur hyperfréquence à semiconducteur et à commande optique.

Bien que le dispositif de l'invention puisse présenter des formes diverses (planes, courbes, pyramidales, etc...), le plus souvent il présente la forme d'un écran plat. On parlera donc, dans la suite, et pour simplifier, d'écran hyperfréquence.

Etat de la technique antérieure

On connaît des écrans hyperfréquence comprenant, comme illustré sur la figure 1 annexée, une plaque conductrice 10, avec, disposée en regard de cette plaque et à une distance d, une couche mince 12 de résistivité surfacique proche de 377 Ohms par carré.

Un tel écran est appelé souvent "écran de SALISBURY".

Une onde électromagnétique OEM, de longueur d'onde $\lambda=4d$, dirigée perpendiculairement à l'écran, est complètement absorbée par celui-ci. Il s'agit donc d'un écran antiréfléchissant.

D'autres écrans antiréfléchissants sont connus, qui utilisent des matériaux conducteurs et/ou magnétiques dispersés dans une matrice isolante (caoutchouc chargé avec du noir de carbone, particules de fer, etc...).

Des dispositifs de ce genre sont décrits dans l'ouvrage de George T. RUCK et al. intitulé "RADAR CROSS SECTION HANDBOOK", Plenum Press 1970 ainsi que dans un article de P. HARTMANN et al. intitulé "Absorbants d'onde électromagnétiques" publié dans la revue technique de THOMSON-CSF, 1987, vol. 19, n° 3-4.

En ce qui concerne plus particulièrement les écrans de SALISBURY, ils sont décrits dans la première référence au paragraphe 8.3.2.1.1.1 du volume 2 et dans la seconde, paragraphe 5.1 ainsi que dans le brevet américain US-A-3 309 704.

Exposé de l'invention

Si ces dispositifs sont satisfaisants à certains égards, ils présentent tous néanmoins l'inconvénient de ne pas pouvoir être commandés à volonté pour présenter ou non une aptitude à agir sur une onde électromagnétique. Par ailleurs, ils sont généralement conçus pour travailler à une seule longueur d'onde. En un mot, ils sont permanents.

La présente invention a justement pour but de remédier à cet inconvénient en proposant un absorbeur qui peut être rendu actif ou inactif, ou bien être adapté en fonction de la longueur d'onde à laquelle on souhaite travailler. A cette fin, le dispositif de l'invention comprend :

- un écran conducteur,
- placée devant cet écran et à une certaine distance de celui-ci, au moins une couche de matériau semiconducteur présentant une conductivité sensible à une excitation optique, cette conductivité étant quasi-nulle en l'absence d'excitation optique et présentant une certaine valeur en présence d'excitation optique,
- des moyens optiques aptes à exciter optiquement cette couche de matériau semiconducteur pour lui donner une conductivité égale à ladite valeur,
- des moyens de commande des moyens optiques pour rendre l'absorbeur actif à la longueur d'onde égale à quatre fois la distance séparant l'écran de la couche.

Sans que la portée de l'invention ne soit en rien limitée par les explications scientifiques qui suivent, on peut dire que l'invention utilise la propriété que présentent certains semiconducteurs de voir leur conductivité (ou, ce qui revient au même, leur résistivité) changer sous excitation optique. Un semiconducteur, dont la bande interdite a une largeur E_g et qui est excité par un rayonnement optique d'énergie supérieure à E_g , est en général le siège d'une absorption photonique engendrant des paires électrons-trous. Les électrons photocréés (ainsi que les trous, mais dans une mesure moindre, car leur mobilité est beaucoup plus faible) participent à la conductivité du semiconducteur.

L'augmentation de conductivité qui résulte de l'excitation optique est proportionnelle à la puissance optique de l'excitation, à la mobilité des électrons et à la durée de vie des paires photocréées.

En l'absence d'excitation optique, la conductivité du semi-conducteur dépend de la nature et de la concentration des impuretés qu'il contient (dopage). Il convient de choisir un niveau de dopage suffisamment faible pour que le semiconducteur présente une très faible conductivité (autrement dit, une très grande résistivité). Sous excitation optique convenable, sa conductivité augmente (sa résistivité diminue). On peut par exemple, atteindre une résistivité de 377 Ohms par carré (ou en d'autres termes, une conductivité de $1/377 \text{ Ohm}^{-1}$ ou $1/377 \text{ S}$, correspondant à l'impédance du vide), ce qui rend la couche semiconductrice apte à constituer l'un des moyens absorbants des écrans hyperfréquence connus.

Dans le cas du silicium par exemple, la largeur de bande interdite est de 1,1 eV. Le rayonnement d'excitation peut être obtenu au moyen d'un laser à arsénure de gallium (AsGa), qui émet des photons d'énergie 1,4 eV, donc supérieure à la bande interdite du silicium.

Une plaquette de silicium suffisamment pur (résistivité supérieure à $2500 \Omega \cdot \text{cm}$), d'épaisseur $20 \mu\text{m}$ présente une conductivité surfacique inférieure à $1/10^6 \text{ S}$. La mobilité des électrons dans le silicium est

de $1500\text{cm}^2/\text{V}/\text{s}$ et la durée de vie des paires peut atteindre 2,5 ms. La profondeur de pénétration du rayonnement délivré par le laser AsGa est de $10\mu\text{m}$. On peut alors calculer que, pour une densité d'excitation optique de l'ordre de $1,6\text{mW}/\text{cm}^2$, la conductivité passe à $1/377\text{ S}$ ce qui est la valeur recherchée généralement dans le cas des écrans de SALISBURY. Avec un Watt de puissance optique, on peut exciter une plaquette de 700cm^2 .

L'exemple du silicium n'est naturellement pas limitatif. L'homme de l'art trouvera dans les ouvrages spécialisés toutes les propriétés des semiconducteurs qui permettent de décider si un semiconducteur est utilisable dans l'invention ou non et sous quelle excitation optique. On pourra consulter à cet égard, par exemple, l'ouvrage de S.M. SZE intitulé "Physics of Semiconductor Devices", édité par John WILEY and SONS.

Ce qui compte avant tout dans le choix du matériau semiconducteur c'est le produit de la mobilité des électrons par la durée de vie des couples électron-trou. Pour certains semiconducteurs, ce produit est manifestement trop faible et ces semiconducteurs doivent être écartés. Par exemple, pour le silicium amorphe hydrogéné (a:Si-H), ce produit vaut environ $10^{-5}\text{cm}^2/\text{V}$, ce qui est beaucoup trop faible pour pouvoir espérer obtenir une conductivité de $1/377\text{ S}$. Les composés binaires de type III-V présentent des mobilités beaucoup plus élevées (de l'ordre de $10^4\text{cm}^2/\text{V}/\text{s}$) et peuvent convenir, si les temps de vie sont satisfaisants. Pour le GaAs cependant, ce temps de vie n'est que de 10^{-8}s ce qui est un peu faible. Mais pour d'autres composés III-V, des phénomènes de photoconductivité persistante sont possibles ce qui les rend mieux adaptés à la mise en oeuvre de l'invention.

Brève description des dessins

- la figure 1, déjà décrite, représente un écran de type SALISBURY selon l'art antérieur,
- la figure 2 représente un écran de type SALISBURY conforme à l'invention à une seule couche semiconductrice et à fibres optiques,
- la figure 3 représente un écran de type SALISBURY conforme à l'invention à plusieurs couches semiconductrices et à fibres optiques,
- la figure 4 montre l'extrémité d'une fibre optique pouvant être utilisée selon l'invention,
- la figure 5 montre un autre mode de réalisation des moyens optiques d'excitation,
- la figure 6 montre encore un autre mode de réalisation des moyens optiques d'excitation,
- la figure 7 montre un dispositif du type écran absorbant à matériau composite et à semiconducteur.

Exposé détaillé de modes de réalisation

On voit, sur la figure 2, un écran de type SALISBURY comprenant une plaque conductrice 20 et, en regard de cette plaque et à une distance d , une couche 22 de matériau semiconducteur. Cette couche peut être excitée optiquement à l'aide de moyens qui, dans la variante illustrée, comprennent des fibres optiques 24 et 26 alimentées par un laser 30 à travers une optique 32. Le laser est commandé par un circuit d'alimentation 34.

Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant.

Lorsque le circuit d'alimentation 34 est hors service, le semiconducteur 22 présente une conductivité quasi-nulle et, de ce fait, est transparent aux hyperfréquences. L'ensemble se comporte alors comme un simple écran métallique réfléchissant, du fait de la plaque 20, la couche 22 et les fibres 24, 26 ne jouant aucun rôle.

Lorsque le circuit d'alimentation 34 est mis en service, le laser 30 émet un rayonnement lumineux qui est dirigé par l'optique 32 dans les fibres 24 et 26. L'extrémité de ces fibres diffuse la lumière (comme on le comprendra mieux en liaison avec la figure 4) dans la couche 22 (sur les deux faces de celle-ci dans la variante illustrée, mais une seule face pourrait suffire). Le semiconducteur présente alors une conductivité plus élevée, qui peut être proche de $1/377\text{ S}$. On retrouve alors un écran de type SALISBURY, c'est-à-dire un écran absorbant les ondes électromagnétiques hyperfréquences ayant une incidence normale et dont la longueur d'onde est égale à quatre fois la distance d . La différence avec l'art antérieur est que, selon l'invention, cet écran absorbant est commutable.

On observera que les fibres optiques 22, 24, qui entourent la couche semiconductrice 22, ne perturbent en rien l'onde hyperfréquence OEM, car, étant généralement en verre ou en silice, elles se comportent vis-à-vis de cette onde comme des diélectriques.

L'intervalle entre la plaque conductrice 20 et la plaque 22 de matériau semiconducteur peut être comblé par un matériau diélectrique d'indice n , jouant le rôle d'espaceur. La longueur d'onde pour laquelle l'écran est réfléchissant est égale alors à $4nd$.

La figure 3 montre un écran de type SALISBURY à trois couches semiconductrices 22/1, 22/2, 22/3 placées respectivement à des distances d_1 , d_2 , d_3 de la plaque conductrice 20. Des lasers 30/1, 30/2, 30/3 permettent d'exciter séparément chacune de ces couches. Un circuit d'alimentation commun 34 est relié aux lasers par un moyen de commutation 35 qui permet d'alimenter l'un ou l'autre des lasers.

Celle des couches semiconductrices qui est excitée définit la longueur d'onde (λ_1 , λ_2 , λ_3) pour laquelle il y aura absorption. Cette longueur d'onde sera égale à quatre fois la distance (d_1 , d_2 ou d_3) séparant la couche semiconductrice excitée de la plaque

conductrice 20.

On a donc, selon l'invention, un écran absorbeur qui est non seulement commutable mais qui est à longueur d'onde variable.

Naturellement, le nombre de couches semiconductrices peut être quelconque et n'est pas limité à 3.

Par ailleurs, si les couches employées sont juxtaposées on peut obtenir un ajustement très fin de la longueur d'onde absorbée.

La figure 4 montre un détail d'une extrémité de fibre optique pouvant être employée dans l'invention. La fibre comprend un coeur 40 et une gaine 42. Cette gaine peut être partiellement enlevée à l'extrémité de la fibre, pour ménager une ouverture dirigée du côté de la couche semiconductrice à éclairer.

La disposition des fibres qui vient d'être décrite n'est pas la seule possible. On peut également disposer les fibres comme illustré sur la figure 5, où le laser porte encore la référence 30 et les fibres la référence 25. A la différence des fibres 24 et 26 de la figure 2, qui travaillaient en quelque sorte longitudinalement, les fibres 25 de la figure 5 travaillent transversalement. L'excitation optique s'obtient en bout de fibre, l'extrémité de celle-ci étant perpendiculaire au plan de la couche semiconductrice. On peut envisager de placer un petit système à lentille devant chaque extrémité de fibre.

Naturellement, le système à fibres n'est pas le seul moyen susceptible d'exciter optiquement une couche semiconductrice. On voit, ainsi, sur la figure 6, un laser 30 qui illumine directement la couche semiconductrice 22.

Les figures précédentes se rapportent toutes à des dispositifs du type écran de SALISBURY. La figure 7 montre un dispositif d'un autre type. Il s'agit d'un absorbeur à matériau composite 40. Ce matériau peut être déposé sur un support 42. A ce matériau composite est ajouté un matériau semiconducteur. Des fibres optiques 44 sont réparties dans l'ensemble et sont alimentées par un laser 46.

Dans l'art antérieur, un tel dispositif n'est antiréfléchissant que pour une polarisation bien particulière du rayonnement incident et seulement pour une incidence bien définie à une fréquence bien définie. Avec le dispositif de l'invention, et grâce au semiconducteur dispersé dans le matériau, il est possible, par variation de l'excitation optique, de modifier l'angle d'incidence ou bien la fréquence pour lequel l'absorption est maximale.

Les matériaux pouvant être utilisés sont le caoutchouc mélangé au noir de carbone ou le caoutchouc avec des particules magnétiques (fer ou ferrite par exemple). On y ajoutera un semiconducteur comme le silicium par exemple.

La source de lumière utilisée dans l'invention n'est pas nécessairement un laser à semiconducteur. Cela peut être un laser à gaz par exemple, ou une source incohérente.

Revendications

1. Absorbeur hyperfréquence, caractérisé par le fait qu'il comprend :

- un écran conducteur (20),
- placée devant cet écran (20) et à une certaine distance (d) de celui-ci au moins une couche de matériau semiconducteur (33, 40, 50) présentant une conductivité sensible à une excitation optique, cette conductivité étant quasi-nulle en l'absence d'excitation optique et présentant une certaine valeur en présence d'excitation optique,
- des moyens optiques (30, 32, 24, 26, 30, 54, 58) aptes à exciter optiquement cette couche de matériau semiconducteur (33, 40, 50) pour lui donner une conductivité égale à ladite valeur,
- des moyens (34, 35) de commande des moyens optiques pour rendre l'absorbeur actif à la longueur d'onde égale à quatre fois la distance (d) séparant l'écran de la couche.

2. Absorbeur selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comprend un écran conducteur (20) et, placée devant cet écran à des distances croissantes (d_1 , d_2 , d_3 , ...) une pluralité de couches de matériau semiconducteur (22/1, 22/2, 22/3), les moyens d'excitation optique (24/1, 24/2, 24/3, 30/1, 30/2, 30/3) étant aptes à exciter optiquement l'une quelconque de ces couches (22/1, 22/2, 22/3), le dispositif étant alors absorbeur pour l'une quelconque des longueurs d'onde (λ_1 , λ_2 , λ_3 , ...) égales à quatre fois la distance séparant les diverses couches semiconductrices de l'écran conducteur ($\lambda_1=4d_1$, $\lambda_2=4d_2$, $\lambda_3=4d_3$, ...).

3. Absorbeur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que la résistivité du matériau semiconducteur (22, 22/1, 22/2, 22/3) sous excitation optique est proche de 377 Ohms par carré.

4. Absorbeur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une couche de matériau composite antiréfléchissant (40) mélangé audit matériau semiconducteur.

5. Absorbeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que les moyens optiques (46) comprennent une source de lumière (30, 30/1, 30/2, 30/3, 54, 58) et des fibres optiques (24, 25, 26, 24/1, 24/2, 24/3, 25, 44) guidant la lumière d'excitation entre cette source et la couche de matériau semiconducteur (22, 22/1, 22/2, 22/3, 40, 50).

6. Absorbeur selon la revendication 5, caractérisé

par le fait que les fibres optiques ont une extrémité parallèle à la couche de matériau semiconducteur, et accolée à celle-ci.

7. Absorbeur selon la revendication 5, caractérisé par le fait que la source de lumière est un laser (30, 30/1, 30/2, 30/3). 5
8. Absorbeur selon la revendication 6, caractérisé par le fait que le laser est un laser à semiconducteur. 10
9. Absorbeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que le matériau semiconducteur (22, 22/1, 22/2, 22/3, 40) est le silicium. 15
10. Absorbeur selon les revendications 8 et 9, caractérisé par le fait que le laser (30, 30/1, 30/2, 30/3) est un laser à GaAs. 20

25

30

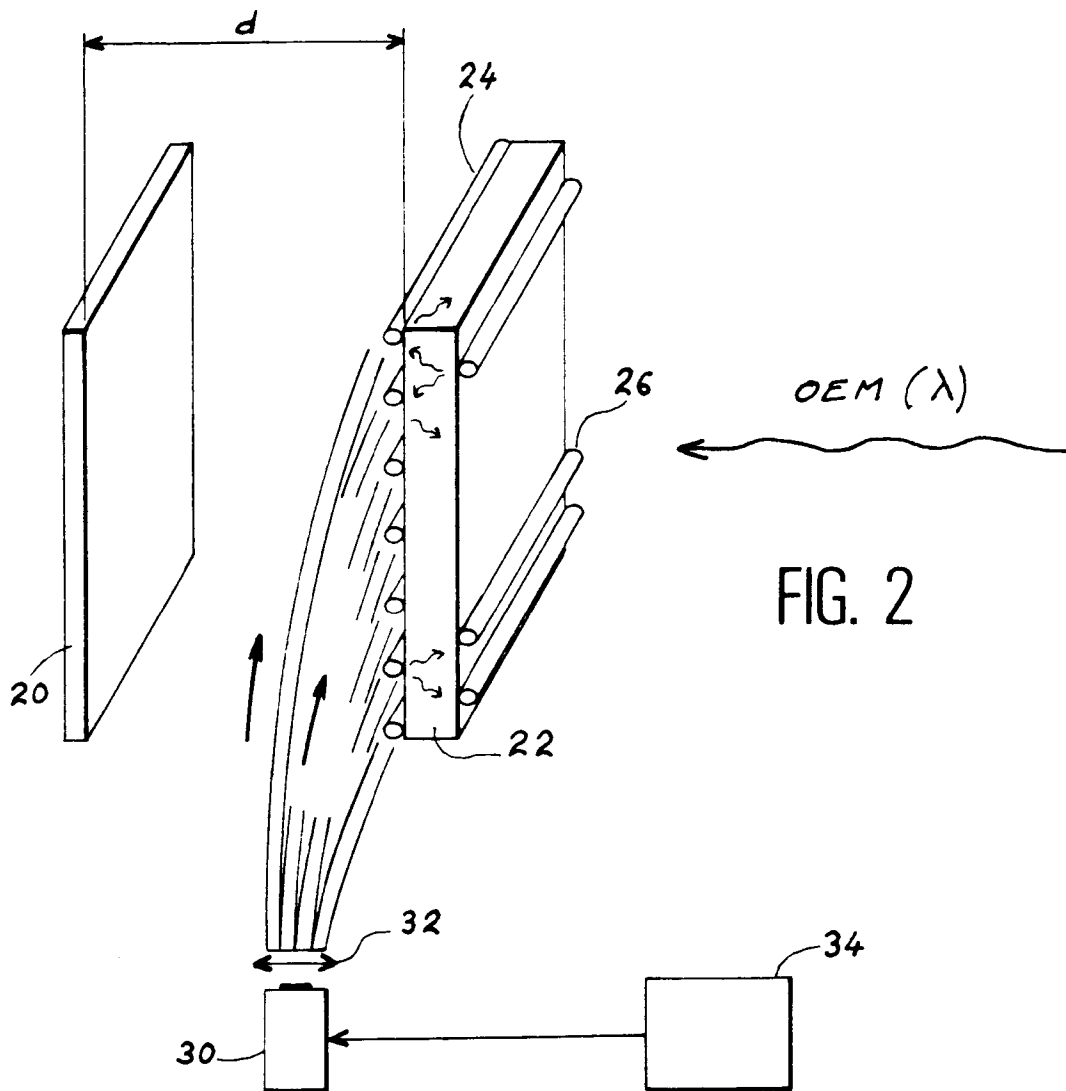
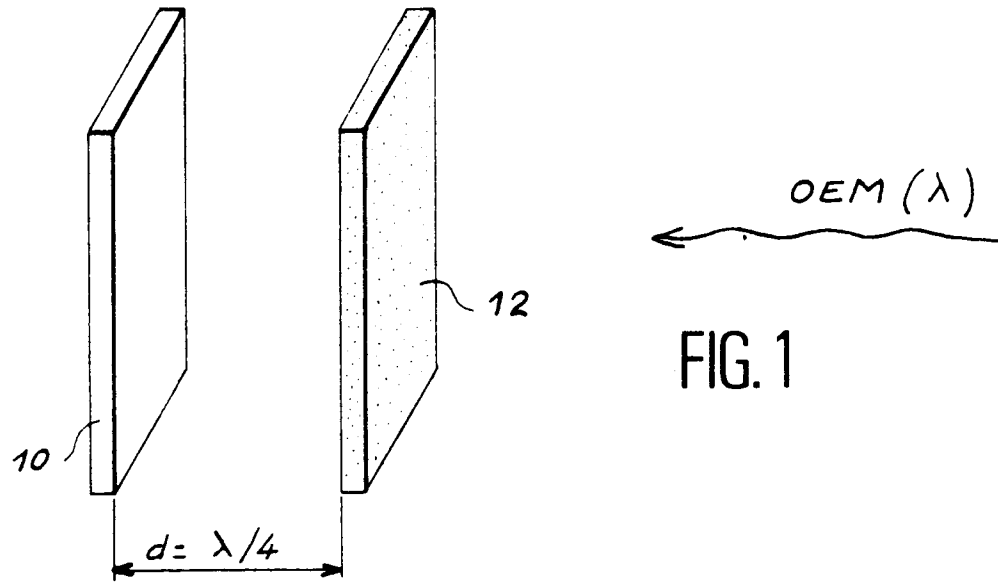
35

40

45

50

55



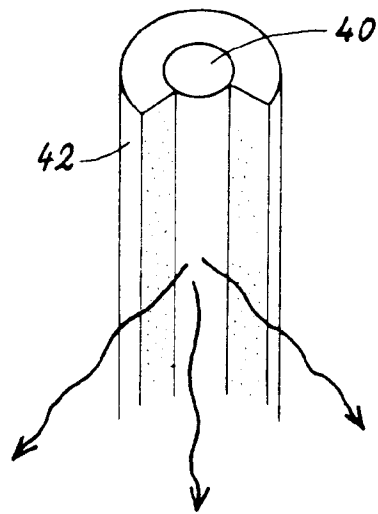


FIG. 4

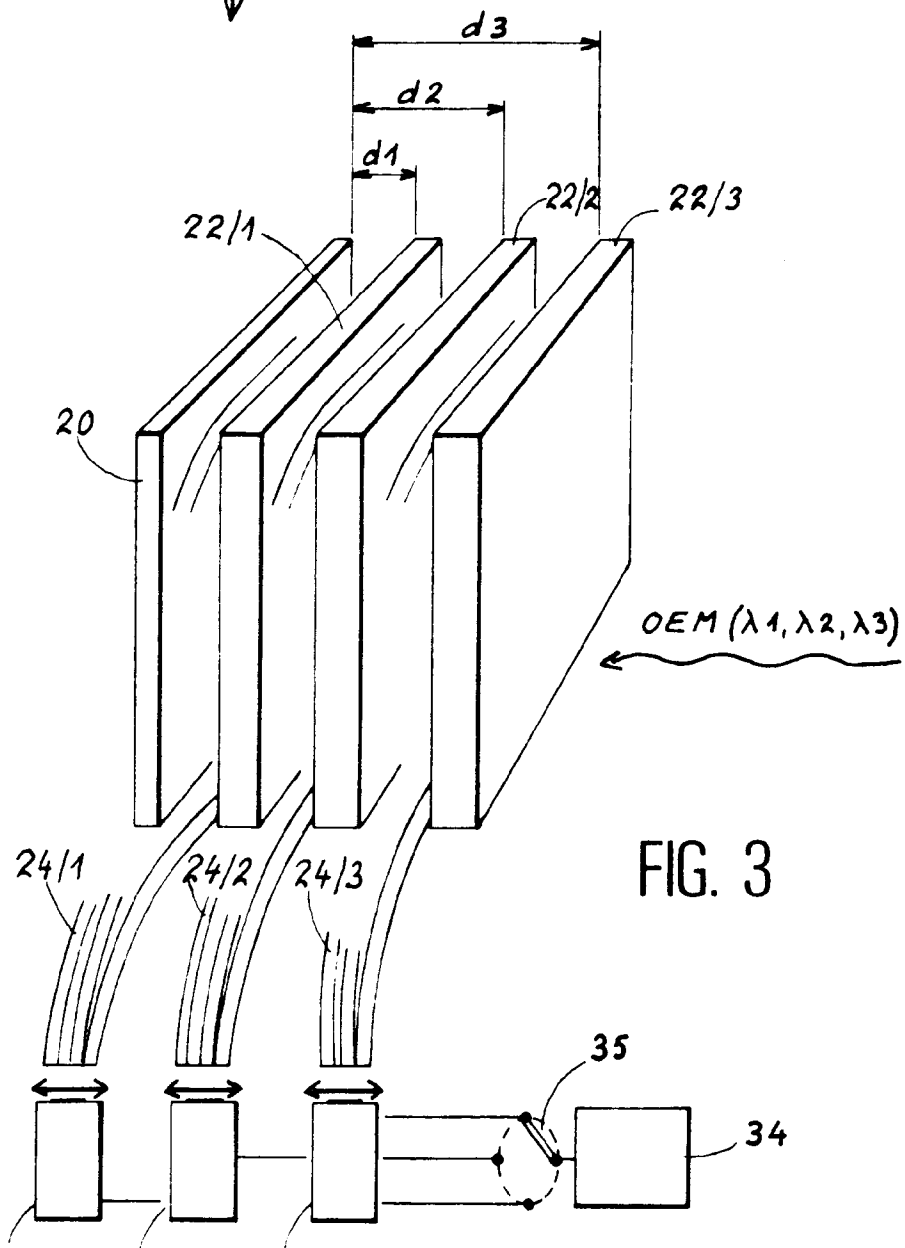
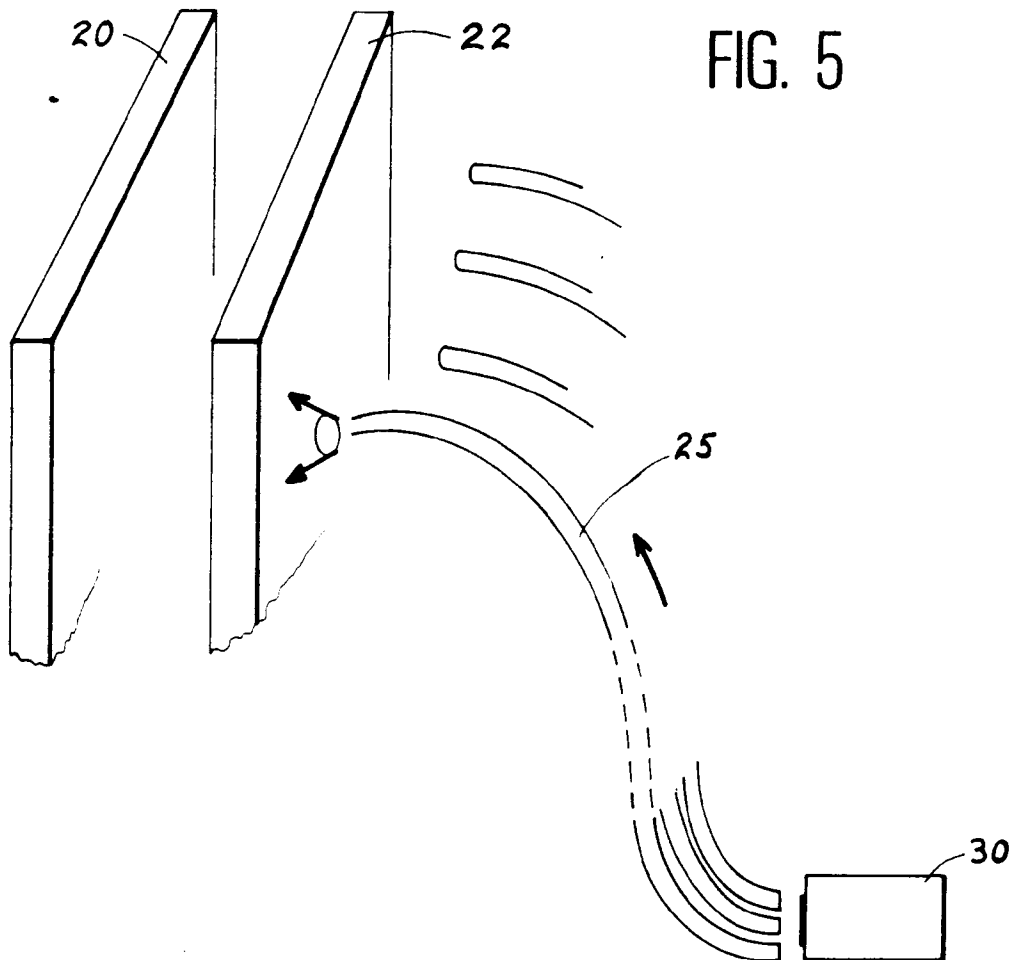
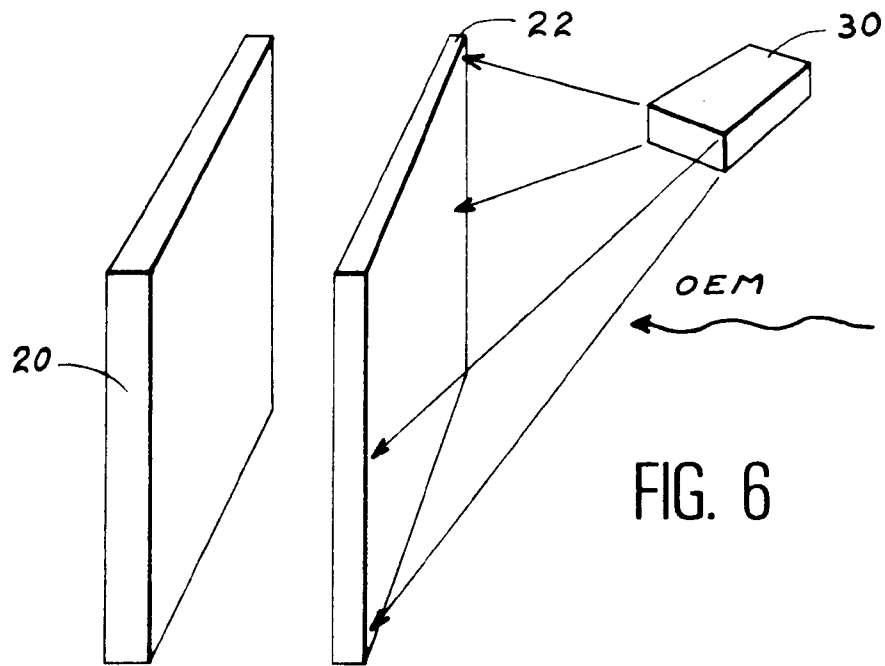
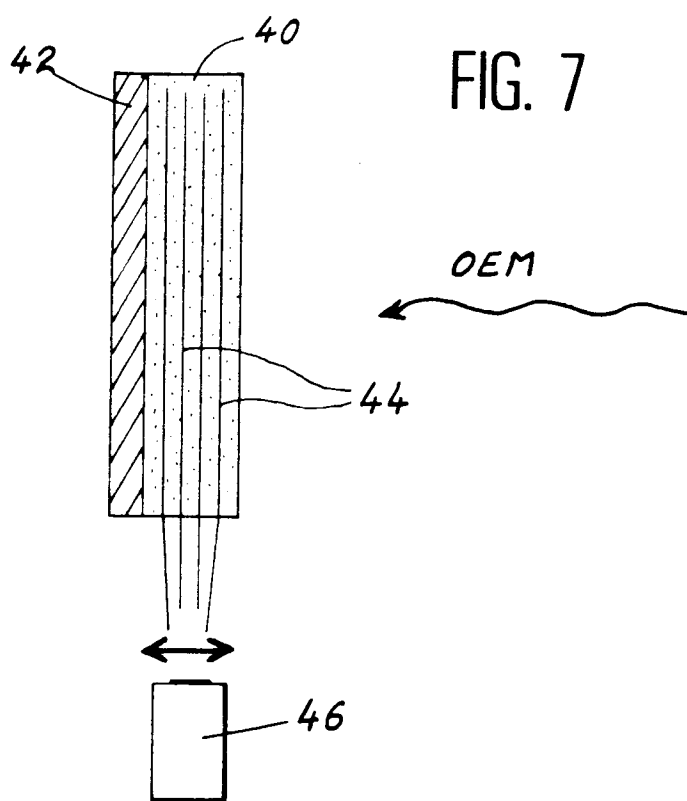


FIG. 3







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 2113

Page 1

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	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 97 (E-723)(3445) 7 Mars 1989 & JP-A-63 269 807 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 8 Novembre 1988 * abrégé *	1-5,7	H01Q3/26 H01Q3/46
Y	US-A-3 309 704 (KLINGLER) * colonne 1, ligne 36 - ligne 58 * * colonne 2, ligne 50 - ligne 64 * * colonne 5, ligne 71 - colonne 6, ligne 63; figure 1 *	1-4	
Y	US-A-4 751 513 (DARYOUSH ET AL.) * colonne 4, ligne 45 - colonne 5, ligne 23 * * colonne 9, ligne 1 - ligne 64; revendications 8,10; figures 2A,8A *	5,7	
A	DE-B-1 259 965 (SIEMENS AG) * colonne 3, ligne 45 - colonne 4, ligne 15; figure 1 *	1,5	
A	ELECTRO. 11 Avril 1989, LOS ANGELES US A.ROSEN ET AL. 'Laser activated PIN diode switch from DC to mm-wave' pages 13/4/1-6 * page 2, colonne de gauche, ligne 10 - ligne 17 * * page 5, colonne de gauche, ligne 9 - ligne 16; figures 2,11,12 *	1,7-10	H01Q H01P H03C H03H
A	DE-A-2 160 936 (SIEMENS AG) * page 5, ligne 19 - page 7, ligne 17; figures 2-4 *	1	
-/--			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 25 SEPTEMBRE 1992	Examineur DEN OTTER A.M.
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 03.92 (P0402)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 2113

Page 2

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)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 123 (E-178)(1268) 27 Mai 1983 & JP-A-58 042 303 (MORIO ONOUE) 11 Mars 1983 * abrégé *	1	
A	US-A-5 014 069 (SEILER ET AL.) * colonne 2, ligne 52 - colonne 3, ligne 64; figure 1 *	9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 25 SEPTEMBRE 1992	Examineur DEN OTTER A.M.
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 (P0402)