

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : 2 687 484
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)
(21) N° d'enregistrement national : 92 01812
(51) Int Cl⁵ : G 02 B 5/32, 5/20, A 61 F 9/02

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 18.02.92.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société dite: SEXTANT AVIONIQUE — FR.

(72) Inventeur(s) : Le Paih Gérard et Migozzi Jean-Blaise.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 20.08.93 Bulletin 93/33.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Lucas Laurent.

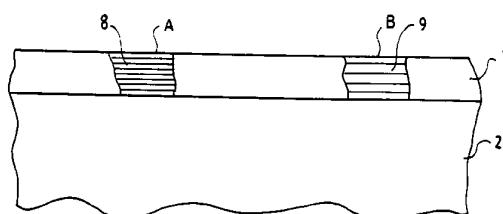
(54) Filtre holographique de protection contre des rayonnements, notamment laser.

(57) L'invention concerne un filtre holographique de protection d'un capteur contre des rayonnements, notamment laser.

Il comprend au moins un support (1) recouvert d'un premier hologramme (2) composé d'un empilement de strates (8, 9).

L'hologramme (2) étant vu par le capteur, la géométrie des strates (8, 9) de l'hologramme (2) varie en fonction de l'angle sous lequel elles sont vues par le capteur.

Application: Lunettes ou visières anti-laser.



FR 2 687 484 - A1



**FILTRE HOLOGRAPHIQUE DE PROTECTION
CONTRE DES RAYONNEMENTS, NOTAMMENT LASER**

5

La présente invention concerne un filtre holographique de protection contre des rayonnements, notamment laser. Elle s'applique particulièrement à la réalisation de lunettes ou de visières pour la protection efficace des yeux face à une illumination laser monoraie ou 10 multiraires tout en offrant une bonne transmission sur le reste du spectre visible, de manière à garder un confort de vision au travers des lunettes ou des visières. Plus généralement, elle s'applique à la protection de tous capteurs physiques susceptibles d'être détruits ou endommagés par des rayonnements, émis par laser par exemple.

15

Il existe plusieurs solutions pour atténuer des rayonnements, par exemple par absorption d'une ou de plusieurs de leurs raies. Les absorbants classiques ne sont pas assez sélectifs et toute protection efficace altère considérablement la transmission du reste du spectre visible. Par exemple, pour se protéger d'une raie donnée et obtenir une 20 atténuation correspondant à une densité supérieure à 5, l'ensemble du spectre visible devient très fortement atténué. La densité précitée exprimant l'atténuation de la raie signifie que, dans ce cas seulement une partie inférieure à 10^{-5} de l'énergie de la raie à atténuer est transmise. Plus généralement, une densité égale à n signifie que l'énergie transmise 25 à travers l'absorbant est égale à 10^{-n} de l'énergie reçue par cet absorbant.

30

Les seuls absorbants sélectifs connus sont les absorbants "passe-rouge" ne filtrant que les raies de longueur d'onde inférieure à 520 nm environ, mais ces absorbants dégradent grandement la vision, le paysage ayant un aspect jaune, voire rouge.

Une autre solution consiste à utiliser des dispositifs de filtrage réalisés à base de couches minces ; celles-ci sont constituées par un empilements de couches métalliques ou diélectriques représentant une

variation d'indice dont le but est de dévier et réfléchir la lumière. Dans de tels dispositifs, la largeur de la bande spectrale réfléchie est directement liée au domaine angulaire à protéger. Par exemple, s'il est envisagé de protéger un fort domaine angulaire, plus ou moins 45° par exemple,

5 contre une raie laser (532 nm par exemple), il faut, pour un angle d'incidence donné, 30° par exemple, réfléchir une large bande spectrale, comprise entre 490 et 570 nm, ce qui détériore la vision. Si cette solution paraît suffisamment sélective au niveau de l'angle d'incidence, elle ne l'est pas au niveau de la longueur d'onde.

10 Le but de l'invention est de pallier les inconvénients précités.

A cet effet l'invention a pour objet un filtre holographique de protection d'un capteur contre des rayonnements, comprenant au moins un support recouvert d'un premier hologramme composé d'un empilement de strates, caractérisé en ce que la géométrie des strates de
15 l'hologramme varie en fonction de l'angle sous lequel elles sont vues par le capteur.

L'invention a pour principaux avantages qu'elle permet de filtrer de façon sélective un ou plusieurs rayons lumineux sur une grande plage angulaire tout en assurant une bonne transmission du reste du
20 spectre visible, qu'elle permet une protection efficace de l'oeil ou de tout autre capteur face à des rayonnements laser, enfin qu'elle permet de garder un confort de vision dans le cas d'application à des lunettes ou des visières par exemple.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit, faite en regard des dessins annexés qui représentent :

- la figure 1a, la position d'un oeil ou d'un capteur par rapport à un filtre selon l'invention ;
- la figure 1b, un premier exemple de réalisation possible d'un
30 filtre selon l'invention ;
- la figure 2, un principe de méthode d'enregistrement d'hologramme pour la réalisation du filtre précité ;

- la figure 3, un deuxième exemple de réalisation possible d'un filtre selon l'invention ;
- la figure 4, un principe de méthode d'enregistrement d'hologramme pour la réalisation du filtre précité ;
- 5 - la figure 5a, un troisième exemple de réalisation possible d'un filtre selon l'invention ;
- la figure 5b, un principe de méthode d'enregistrement d'hologramme pour la réalisation du filtre précité ;
- 10 - la figure 5c, des zones d'acceptance angulaire du filtre précité.

Les figures 1a, et 1b, illustrent un exemple possible de filtre réalisé selon l'invention dans le cas où l'oeil ou le capteur restent fixes par rapport au filtre. Sur la figure 1a, un support 1, transparent à la lumière, qui peut être plan, est recouvert par un hologramme 2. Cet 15 hologramme 2 est vu par un oeil humain 3 ou un capteur par exemple, l'hologramme 2 est composé d'un empilement de strates. L'indice de réfraction de l'hologramme 2 présente une modulation d'indice. L'indice varie périodiquement suivant l'épaisseur du matériau d'enregistrement de l'hologramme, la période de variation constitue le pas des strates, cette 20 variation peut par exemple être sinusoïdale.

Selon l'invention, dans le but de filtrer une ou plusieurs raies optique de façon sélective, le support 1 recouvert de l'hologramme 2 étant à une distance sensiblement constante de l'oeil 3, la géométrie des strates varie suivant l'angle θ sous lequel elles sont vues par l'oeil 3.

25 La figure 1b présente une réalisation possible selon l'invention en illustrant une variation de géométrie possible des strates de l'hologramme 2. Le support 1 et l'hologramme 2 sont principalement agrandis dans le sens de leurs épaisseurs par rapport à la figure 1a. La géométrie des strates est représentée telle qu'elle est par exemple à un point A et à un point B de l'hologramme. Le point A est vu par l'oeil 3 selon une direction 4 perpendiculaire au support 1 comme le montre la figure 1a alors que le point B est vu par l'oeil 3 selon une direction 5

faisant un angle θ avec la direction 4 précitée. Dans le cas de la figure 1b, la différence de géométrie entre les strates 8 au point A et les strates 9 au point B tient à la variation du pas entre celles-ci. Si λ désigne la longueur d'onde d'une raie à filtrer au point B et θ l'angle d'incidence de 5 cette raie par rapport à la normale de l'hologramme 2 sur le support 1, le pas des strates de l'hologramme dans le matériau d'enregistrement holographique produisant la réflexion de la raie sur ce dernier est donné par la relation Bragg :

$$p = \frac{\lambda}{2\cos\theta} \quad (1) \quad p \text{ désignant le pas}$$

10 Ainsi le filtrage de la raie est obtenu par réflexion de celle-ci sur l'hologramme.

Par exemple, au point A, $p = \frac{\lambda}{2}$.

Selon l'invention, pour protéger l'oeil 3 ou tout autre capteur contre un rayonnement de longueur d'onde donnée dans toutes les 15 directions suivant lesquelles l'oeil voit l'hologramme 2 entre les bords 6 et 7 de celui-ci, le pas des strates peut varier par exemple en fonction de l'angle θ sous lequel elles sont vues selon la relation (1) mentionnée précédemment.

Il serait possible de superposer plusieurs filtres de pas 20 différents permettant de filtrer des longueurs d'ondes différentes sur des zones angulaires différentes.

L'avantage de la réalisation du filtre selon l'invention illustré par la figure 1b est qu'il est aisé d'enregistrer l'hologramme 2 par des méthodes holographiques connues de l'homme de l'art. Il faut néanmoins 25 que le pas des strates soit défini de façon suffisamment précise pour que le filtre réalisé selon l'invention soit suffisamment sélectif

La figure 2 présente un premier mode de réalisation d'un tel hologramme à strates parallèles au support et à pas variable.

Pour améliorer la stabilité, le support 1 ayant une de ses faces recouverte d'un matériau photosensible 21 pour l'enregistrement de l'hologramme 2, une méthode possible consiste à le mettre au contact d'un miroir 22, la réflexion des rayons laser d'enregistrement 23 issus 5 d'un point source 24 sur le miroir 22 générant des rayons interférant avec les précédents. Cette solution permet d'obtenir une seconde source d'émission parfaitement stable par rapport au support. L'angle d'incidence de chaque rayon d'enregistrement fixe le pas des strates et par voie de conséquence, le futur rayon incident filtré, à longueur d'onde 10 donnée.

La figure 3 présente une autre configuration possible du filtre selon l'invention en illustrant une autre variation possible de géométrie des strates de l'hologramme 2. Dans ce mode de réalisation, le pas des strates au point A vu par l'oeil 3 suivant une direction normale par 15 rapport au support 1 est par exemple identique au cas précédent, de la figure 1b, si la raie à filtrer est la même. Au point A, d'après la relation (1), le pas p_A est donné par la relation suivante :

$$p_A = \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

20 puisqu'en ce point $\cos \theta = 1$.

Au point B, les strates 1 ont le même pas que les strates 8 au point A, mais elles sont inclinées par rapport à ces dernières. Les strates au point B sont toutes parallèles entre elles mais elles sont inclinées de façon à être vues par l'oeil 3 suivant une direction perpendiculaire à leur plan d'inclinaison, raison pour laquelle le pas des strates au point B est toujours donné par la relation (2). Dans ce second mode de réalisation 25 possible, les strates de l'hologramme 2 sont orientées de façon à être vues par l'oeil 3 suivant une direction perpendiculaire à leur plan tangent, quelque soit l'endroit où elles se situent.

30 La configuration illustrée par la figure 1b offre l'avantage d'être simple à enregistrer et conduit à un hologramme sans images parasites.

Elle présente par contre une forte largeur spectrale en bord de champ, et permet un débattement de l'oeil ou du capteur limité.

La configuration illustrée par la figure 3 présente une meilleure sélectivité angulaire donc une meilleure transmission du paysage par 5 contre elle est plus difficile à réaliser, l'oeil ou le capteur est figé et l'hologramme peut présenter des images parasites.

Une méthode d'enregistrement des strates pour la réalisation de ce second mode de réalisation est illustrée par un schéma de principe présenté par la figure 4. Le support 1 est recouvert sur une de ses faces 10 d'un matériau d'enregistrement photosensible 21, son autre face étant soumise à un rayonnement 23 de lumière cohérente. Le rayonnement 23 traverse le support 1 et le matériau d'enregistrement 21, celui-ci étant plaqué contre une lentille plan convexe 41 dont la face convexe 42 est traitée réfléchissante. La courbure est telle que tout rayon issu de la 15 source 43 se réfléchit normalement sur la face convexe 42, correspondant à l'enregistrement d'une onde sphérique en autocollimation au centre d'un miroir concave. La sélection de la longueur d'onde filtrée peut se faire en jouant sur la longueur d'onde du rayonnement 23 qui doit être voisin de la longueur d'onde de portection.

20 La figure 5a illustre une réalisation possible d'un filtre selon l'invention permettant à l'oeil 3 ou à tout autre capteur d'être protégé et mobile par rapport à l'hologramme, selon un axe coplanaire à la figure. Pour cela le filtre de la figure 5a comporte un premier support 1 recouvert d'un premier hologramme 2 dont les strates symbolisées par 25 des traits 31 ont une inclinaison constante, la normale N1 à ces states faisant un angle α avec la normale N du support 1.

Une méthode d'enregistrement des strates inclinées à pas constant est illustrée par le schéma de principe présenté par la figure 5b. Le support 1 est recouvert sur une de ses faces d'un matériau 30 d'enregistrement photosensible 21, son autre face étant soumise à un rayonnement 23 de lumière cohérente. Le rayonnement 23 traverse le support 1 et le matériau d'enregistrement 21, celui-ci étant plaqué contre

un prisme 51 d'angle, au sommet, α . Le rayonnement se réfléchit selon un angle 2α contre un miroir 52, fixé sur le prisme 51. Les interférences créées par les rayons incidents et réfléchis à l'intérieur du prisme 51 sont enregistrées par le matériau 21 avec des strates inclinées d'un angle α 5 par rapport au support.

Sur le premier hologramme 2 de la figure 5a est superposé un deuxième hologramme 34. Ces deux derniers sont par exemples fixés l'un à l'autre par une colle optique 33. Les strates du deuxième hologramme 34 sont parallèles au support 1, leur normale N2 est donc 10 parallèle à la normale N du support 1 et leur pas est constant. Il s'obtient selon le principe de la figure 5b mais en supprimant le prisme, correspondant ainsi à l'enregistrement d'un faisceau collimaté sur un miroir. Le deuxième hologramme 34 est recouvert par un troisième hologramme 36. Ces deux derniers sont par exemple assemblés par une 15 colle optique 35. L'hologramme 36, sur un support 37, a des strates inclinées symbolisées par les traits 32, identiques par exemples à celles du premier hologramme 2 à l'exception près que leur normale N3 fait un angle α avec la normale N du support 21 mais est symétrique à la normale N1 par rapport à cette normale N. Les longueurs d'onde filtrées 20 selon la normale aux hologrammes 2, 34, 36 sont identiques.

Le mode de réalisation d'un filtre selon l'invention de la figure 5a permet de rendre mobile l'oeil 3 par rapport au filtre parallèlement au filtre dans le plan de la figure.

Chaque hologramme possède en pratique une zone angulaire 25 autour de sa normale appelée zone d'acceptance angulaire où l'oeil ou tout autre capteur peut se mouvoir tout en restant protégé contre un rayonnement de longueur d'onde donnée. Ces zones font cependant un angle d'ouverture relativement faible et en conséquence, une seule zone offre peut de mobilité à l'oeil 3.

C'est le cas des figures 1b et 3 où un seul hologramme impose pratiquement à l'oeil de rester fixe par rapport au filtre pour être protégé. Le filtre de la figure 5a en augmentant le nombre de ces zones

d'acceptance angulaire permet une mobilité de l'oeil 3 comme le montre la figure 5c.

La figure 5c illustre les zones d'acceptances angulaires α_1 , α_2 , α_3 relatives respectivement aux hologrammes 2, 34, 36 filtrant par exemple chacun la même longueur d'onde. A condition que ces zones se chevauchent, comme c'est le cas sur la figure 5c l'oeil peut se déplacer dans la zone globale d'acceptance angulaire rassemblant ces trois zones angulaires α_1 , α_2 , α_3 tout en restant protégé contre des rayonnements selon un axe coplanaire à la figure

Il serait possible d'augmenter le nombre d'hologrammes superposés pour augmenter la zone globale d'acceptance angulaire, ces hologramme ayant des strates plus ou moins inclinées. La transmission globale du filtre en serait affectée.

Les exemples de réalisation de filtres selon l'invention présentés précédemment étaient monoraie, c'est à dire qu'ils filtraient le rayonnement dans une bande autour d'une longueur d'onde donnée, la bande pouvant être la plus étroite possible.

De manière analogue à l'exemple de réalisation de la figure 5b, il est possible de superposer plusieurs hologrammes, dans les limites acceptables de la qualité de vision. Mais dans ce cas, chaque hologramme filtre une longueur d'onde donnée.

Cela permet de réaliser un filtre multiraias, filtrant plusieurs longueurs d'ondes.

Les hologrammes peuvent alors être réalisés suivant une géométrie variable de leurs strates analogue au premier mode de réalisation de la figure 1b, c'est à dire par variation du pas de ces dernières, ou analogue au second mode de réalisation de la figure 3, c'est à dire par variation d'inclinaison des strates.

Il est possible de combiner ce dernier mode avec celui présenté par la figure 5b et réaliser un filtre multiraias.

Les matériaux d'enregistrement des hologrammes peuvent être par exemple de la gélatine argentique, de la gélatine bichromatée ou un

photopolymère, tous sensibles au rayonnement contre lequel il faut se protéger.

Les supports 1, 37 peuvent être par exemple en verre, en plastique ou tous matériaux transparents aux ondes à transmettre et 5 permettant la mise en oeuvre de l'enregistrement des hologrammes selon des méthodes connues de l'homme de l'art.

Enfin, un filtre selon l'invention peut être associé à une autre technique de filtre, notamment non holographique, constitué par exemple d'absorbant et de couches minces.

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

1. Filtre holographique de protection d'un capteur (3) contre des rayonnements, comprenant au moins un support recouvert d'un premier hologramme (2) composé d'un empilement de strates (8, 9, 10), caractérisé en ce que la géométrie des strates (8, 9, 10) de l'hologramme (2) varie en fonction de l'angle (θ) sous lequel elles sont vues par le capteur (3).
10 2. Filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce que le pas des strates (8, 9) varie en fonction de l'angle (θ) sous lequel elles sont vues par le capteur (3).
- 15 3. Filtre selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le pas des strates (8, 9) varie comme le rapport de la longueur d'onde à filtrer sur deux fois le cosinus de l'angle (θ) sous lequel elles sont vues par le capteur (3).
- 20 4. Filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'inclinaison des strates (8, 10) par rapport à la normale du support (1) varie en fonction de l'angle (θ) sous lequel elles sont vues par le capteur (3).
- 25 5. Filtre selon l'une quelconque des revendications 1 ou 4, caractérisé en ce que les strates (8, 10) sont orientées de façon à être vues par le capteur (3) suivant une direction perpendiculaire à leur plan tangent.
- 30 6. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les strates (8) vues par le capteur (3) sous un angle nul (A) sont perpendiculaires à la normale du support (1).

7. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un deuxième hologramme (34) superposé au premier hologramme (2), le deuxième hologramme (34) ayant des strates dont la géométrie est 5 différente de celles du premier hologramme (2).

8. Filtre selon la revendication 7, caractérisé en ce que le premier hologramme (2) et le deuxième hologramme (34) sont superposés et sont fixés par une colle optique, la colle optique étant 10 associée à un absorbant sélectif.

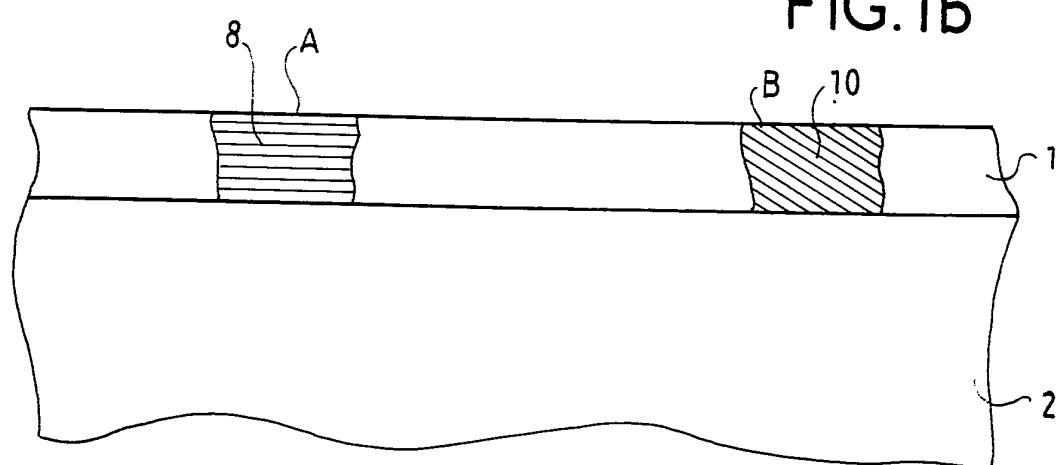
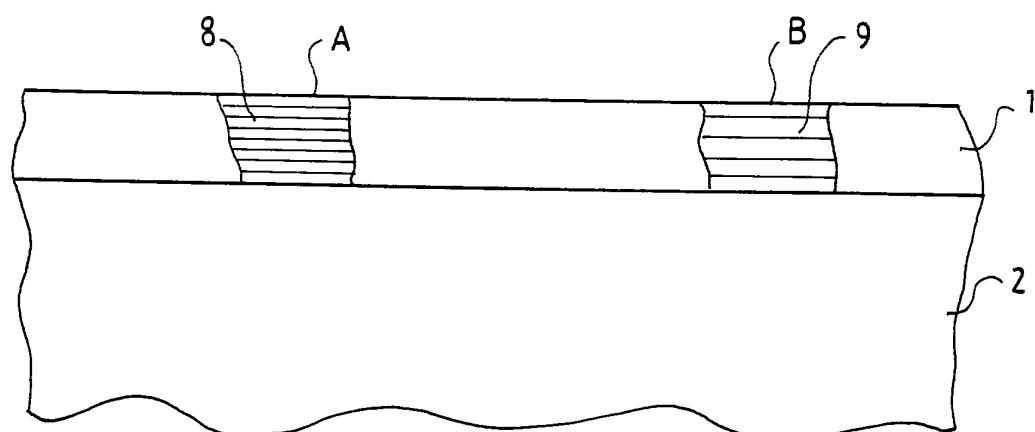
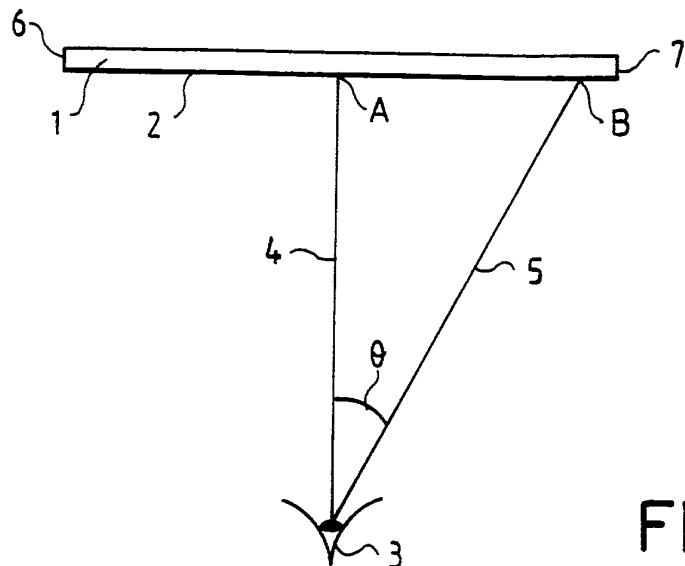
9. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le support (1) est en verre.

15 10. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le support (1) est en plastique.

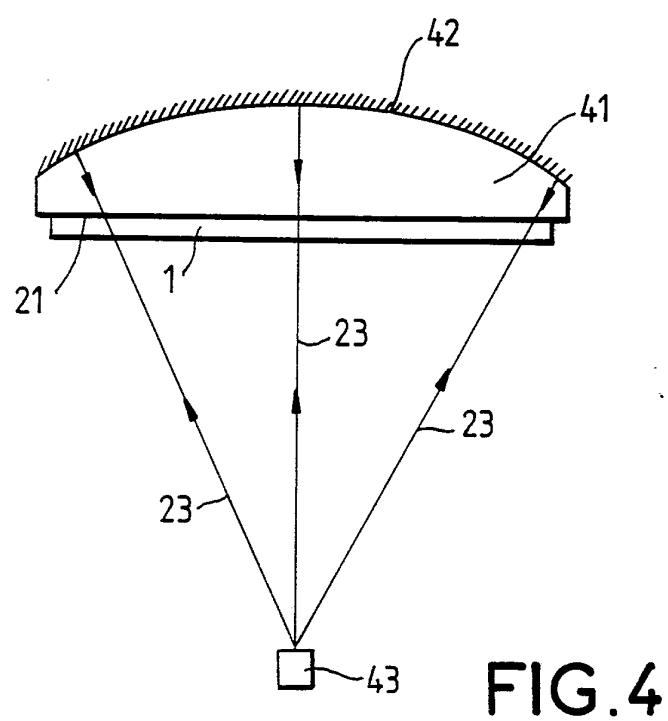
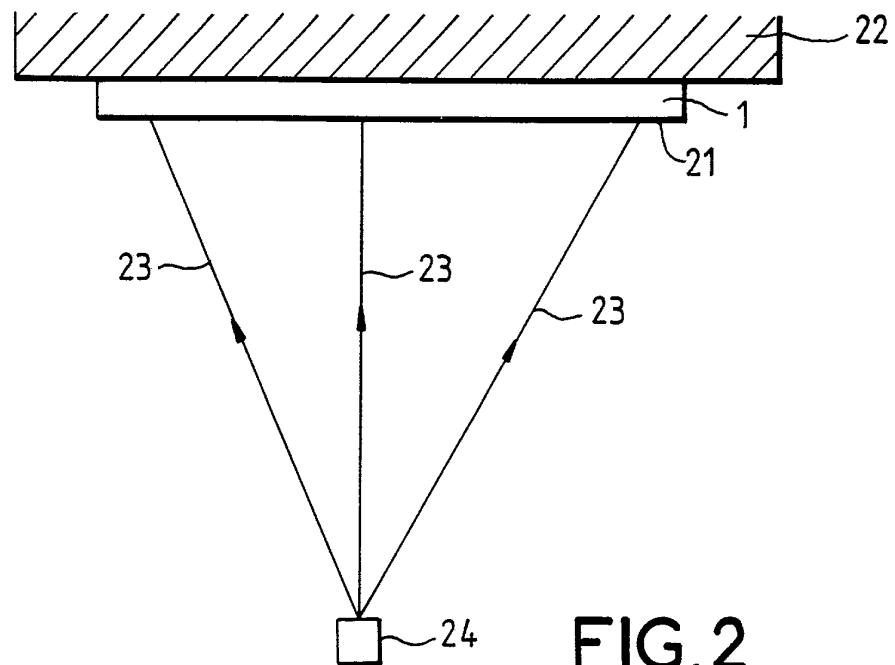
11. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le capteur (3) est un oeil humain.

20 12. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les rayonnements filtrés sont des rayonnements laser.

1/3



2/3



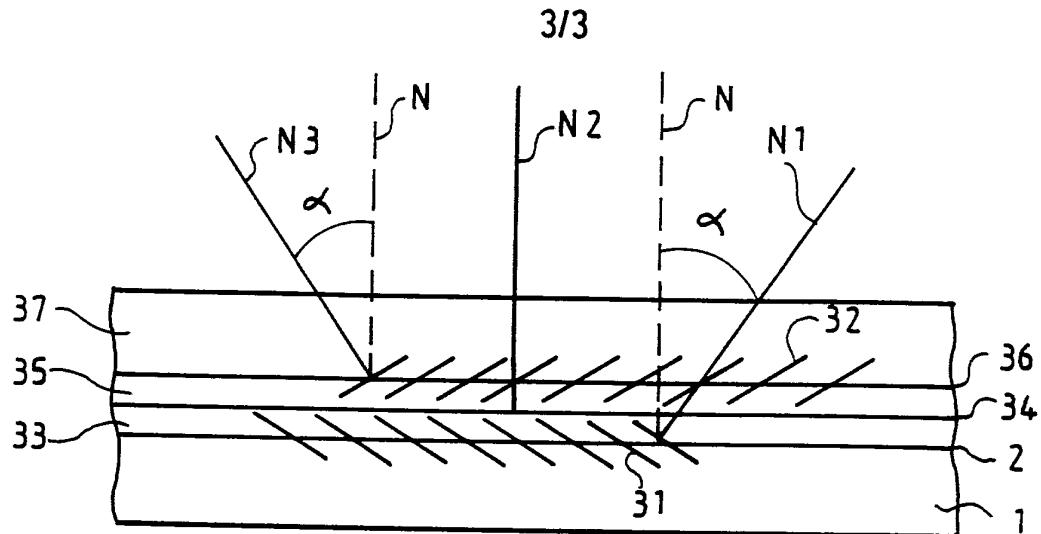


FIG. 5a

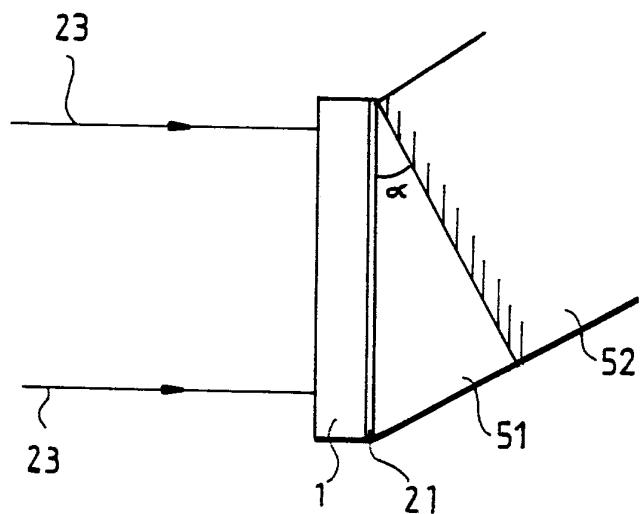


FIG. 5b

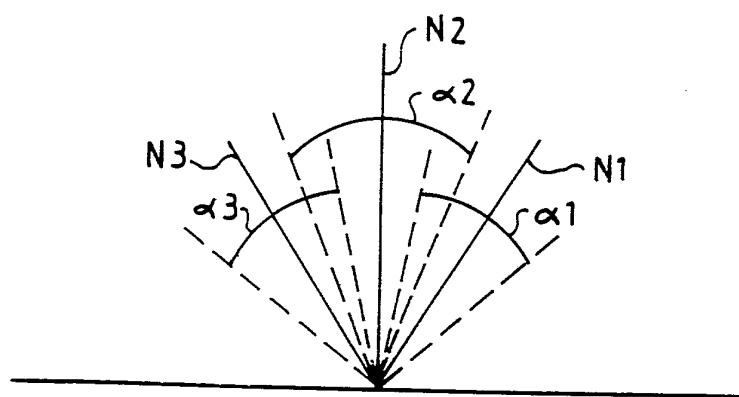


FIG. 5c

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
nationalFR 9201812
FA 471195

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	OPTICAL ENGINEERING. vol. 28, no. 6, Juin 1989, BELLINGHAM US pages 609 - 615 TEDESCO 'Holographic laser-protective filters and eyewear' * page 609, colonne de droite, alinéa 2 * * page 613 - page 614 * ---	1,2,4-6, 10-12
X	FR-A-2 551 224 (FARRAND OPTICAL CO.) * page 10, ligne 8 - page 13, ligne 39; revendications 7,8; figures 2-4 * ---	1,4-6, 10-12
X	APPLIED OPTICS vol. 26, no. 13, 1 Juillet 1987, NEW YORK US pages 2575 - 2581 MAGARIÑOS ET AL. 'Holographic optical configurations for eye protection against lasers' * page 2576 * ---	1,4,5, 10-12
X	US-A-4 601 533 (MOSS) * colonne 2, ligne 53 - colonne 3, ligne 24; figures 2,3 * ---	1,4,7, 9-12
A	EP-A-0 442 206 (PHYSICAL OPTICS CORP.) * page 4, ligne 56 - page 5, colonne 15; figures 9,16,17,20,21 * -----	1-6
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		G02B A61F
1	Date d'achèvement de la recherche 14 OCTOBRE 1992	Examinateur VON MOERS F.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		