

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 15.06.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 21.12.07 Bulletin 07/51.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : *IMAGINE EYES Société à responsabilité limitée — FR.*

72) Inventeur(s) : *LEVECQ XAVIER JEAN FRANCOIS et HARMS FABRICE.*

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) :

54) METHODE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA DIFFUSION LOCALE D'UN SYSTEME OPTIQUE.

57) Méthode de mesure dans un plan de mesure (PLM) donné de la diffusion locale d'un système optique (SYST), comprenant:

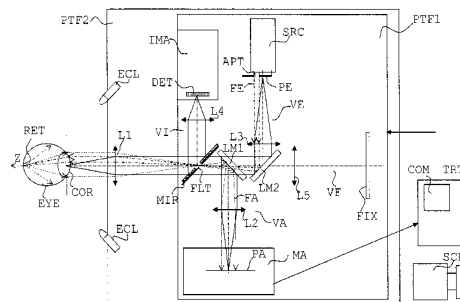
- l'éclairage du système optique au moyen d'une source ponctuelle ou quasi ponctuelle (SC) émettant un flux lumineux destiné à être transmis par le système optique, de telle sorte que ledit flux transmis comprenne une composante de flux direct (LD) et une composante de flux diffusé par ledit système;

- l'interception d'une partie centrale du flux transmis par des moyens de prélèvement du flux, de dimensions données, positionnés dans un plan conjugué du plan de ladite source, le flux intercepté comprenant la composante de flux direct et une partie (DIFF\_PA) dite petit angle de la composante de flux diffusé;

- la mesure du flux intercepté au moyen d'un analyseur comprenant une matrice de microlentilles (MLA) positionnée dans un plan image du plan de mesure et des premiers moyens de détection d'image (CCD), chaque microlentille (MLi) formant l'image desdits moyens de prélèvement sur les premiers moyens de détection d'image, les dimensions des moyens de prélèvement étant définies de telle sorte que les images des moyens de prélèvement formées par des microlentilles adjacentes présentent une zone de recouvre-

ment (ZR) inférieure à la zone de projection (Ai) d'une microlentille sur les moyens de détection d'image;

- la détermination de la partie petit angle de la composante du flux diffusé par la mesure du flux dans chaque zone de recouvrement.



-1-

La présente invention s'inscrit dans le domaine de la métrologie optique en général. Plus précisément elle couvre le domaine de la mesure de diffusion locale d'un système optique et du système optique de l'œil en particulier.

#### ETAT DE L'ART

De nombreux instruments ont pour objet la mesure objective des caractéristiques de l'œil. Ces instruments permettent notamment de définir avec précision les éléments correctifs de la vision, d'apporter un support à la chirurgie corrective de l'œil, de détecter des pathologies oculaires, et plus généralement, de fournir des mesures précises à tout appareil qui nécessite la connaissance des aberrations de l'œil.

Le dispositif décrit dans la demande de brevet français FR2828396 au nom de la déposante, et dont le contenu est intégré par référence à la présente demande, décrit un dispositif de mesure des aberrations optiques de l'œil. Ce dispositif, illustré sur la figure 1, comprend notamment une voie d'éclairage VE de l'œil EYE avec des moyens d'émission d'un faisceau d'éclairage FE pour former par rétro diffusion sur la rétine RET de l'œil une source lumineuse secondaire, et des moyens d'analyse MA de la phase du front de l'onde émise par ladite source secondaire et émergente de l'œil. Ces moyens d'analyse sont par exemple formés d'un analyseur de type Shack-Hartmann, comprenant une matrice de microlentilles et des moyens de détection (non représentés sur la figure 1). Dans ce dispositif notamment, un système d'éléments de filtrage optique APT, FLT, permet d'optimiser le rendement entre le flux lumineux incident sur la rétine et le flux FA reçu par les moyens d'analyse pour la détermination des aberrations, en diminuant l'effet des réflexions parasites.

Outre les aberrations optiques de l'œil, il est important de connaître la diffusion locale de l'œil, c'est-à-dire la diffusion mesurée en tout point d'un plan de l'œil, par exemple la pupille, la diffusion étant due à

-2-

de fines particules opaques présentes dans le cristallin en particulier, ou sur la cornée.

La demande de brevet américain US 6 659 613 décrit un principe de mesure de la diffusion d'un système optique et de l'œil en particulier. Le principe repose sur l'exploitation approfondie du signal issu de la caméra d'un analyseur de front d'onde de type Shack-Hartmann et repose sur le postulat que chaque tache de l'analyseur est le résultat de la convolution de trois phénomènes, à savoir les aberrations du système optique de mesure, les aberrations et la diffusion du système optique que l'on cherche à caractériser. La diffusion serait alors calculée en déconvoluant chaque tache de l'analyseur par la tache théorique calculée grâce à l'estimation par des méthodes connues des deux premiers phénomènes, aberrations du système optique de mesure, et aberrations du système optique que l'on cherche à caractériser.

Lorsqu'on cherche à l'appliquer à l'œil, cette méthode souffre cependant de deux inconvénients majeurs. Elle est basée tout d'abord sur l'hypothèse que la source ayant permis l'élaboration de la figure d'analyse de l'analyseur Shack-Hartmann est parfaitement ponctuelle (cohérente spatialement). Or la source lumineuse secondaire, créée sur la rétine et qui sert de « point source » à la mesure du Shack Hartmann n'est pas une source ponctuelle. En effet, la lumière qui est focalisée sur la rétine pour former cette source secondaire a traversé le système optique de l'œil qui n'est pas parfait. D'autre part, la rétine est un milieu partiellement transparent et extrêmement diffusant comme tout les tissus humains et la lumière qui se focalise dessus ne peut pas former une tache surfacique et ponctuelle mais diffuse à l'intérieure en formant une tache volumique de diamètre apparent plusieurs fois supérieur au diamètre du faisceau incident focalisé à sa surface. Par ailleurs, la valeur de cette diffusion à l'intérieur de la rétine n'est pas une constante dans l'œil et varie d'une rétine à l'autre et même d'un endroit de la rétine à un autre. Il n'est donc pas possible d'utiliser un gabarit ou une règle qui permettrait de

-3-

prendre en compte ce paramètre dans le cadre du calcul de déconvolution proposé dans le brevet.

L'autre inconvénient de la méthode proposée est qu'elle ne peut s'appliquer que dans le cadre de diffusion  
5 extrêmement directive le long de l'axe, dont l'angle de diffusion serait du même ordre de grandeur ou plus petit que le champ de chacune des microlentilles. Le champ d'une microlentille est défini au niveau des moyens de détection  
10 comme étant égal à la surface de projection de ladite microlentille sur lesdits moyens de détection. En effet, si l'angle de diffusion est supérieur au champ d'une microlentille, ce qui est le cas de la diffusion des éléments optiques de l'œil, l'étalement du flux dû à la diffusion sera supérieur à la taille d'une microlentille  
15 et s'étalera également sur la zone couverte par les taches adjacentes, rendant le calcul de la diffusion ainsi proposé inapplicable.

La présente invention permet de réaliser une mesure de la diffusion locale d'un système optique, et en  
20 particulier de l'œil, en résolvant les problèmes présentés ci dessus.

#### **RESUME DE L'INVENTION**

Selon un premier aspect, l'invention concerne une méthode de mesure dans un plan de mesure donné de la  
25 diffusion locale d'un système optique, comprenant :

- l'éclairage du système optique au moyen d'une source ponctuelle ou quasi ponctuelle émettant un flux lumineux destiné à être transmis par le système optique, de telle sorte que ledit flux transmis comprenne une  
30 composante de flux direct et une composante de flux diffusé par ledit système;

- l'interception d'une partie centrale du flux transmis par des moyens de prélèvement du flux, de dimensions données, positionnés dans un plan conjugué du  
35 plan de ladite source, le flux intercepté comprenant la composante de flux direct et une partie dite petit angle de la composante de flux diffusé ;

- la mesure du flux intercepté au moyen d'un analyseur comprenant une matrice de microlentilles

-4-

positionnée dans un plan image du plan de mesure et des premiers moyens de détection d'image, chaque microlentille formant l'image desdits moyens de prélèvement sur les premiers moyens de détection d'image, les dimensions des  
5 moyens de prélèvement étant définies de telle sorte que les images des moyens de prélèvement formées par des microlentilles adjacentes présentent une zone de recouvrement inférieure à la zone de projection d'une microlentille sur les moyens de détection d'image;

10 - la détermination de la partie petit angle de la composante du flux diffusé par la mesure du flux dans chaque zone de recouvrement.

Selon une variante, la méthode comprend en outre l'interception d'une partie périphérique du flux transmis,  
15 distincte de ladite partie centrale, sur des seconds moyens de détection d'image positionnés dans un plan conjugué du plan de mesure, afin de mesurer une partie dite grand angle de la composante de flux diffusé.

Selon une variante, la méthode comprend en  
20 outre la mesure de la transmission locale du système optique grâce à la mesure par les premiers moyens de détection d'image de la composante de flux direct intercepté par chaque microlentille et la normalisation de la composante de diffusion locale par la transmission  
25 locale.

Selon une variante, la méthode est appliquée à la mesure dans un plan de mesure donné de la diffusion locale du système optique de l'œil et comprend en  
30 outre l'éclairage de l'œil pour former sur la rétine une source secondaire, le flux transmis étant le flux émis par ladite source secondaire après traversée du système optique de l'œil.

Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un dispositif de mesure dans un plan de mesure donné de la  
35 diffusion locale d'un système optique, comprenant :

- une source ponctuelle ou quasi ponctuelle émettant un flux lumineux destiné à être transmis par le système optique, de telle sorte que ledit flux transmis comprenne une composante de flux direct et une composante  
40 de flux diffusé par ledit système;

- une première voie d'imagerie comprenant

-5-

5 - des moyens de prélèvement d'une partie centrale du flux transmis, de dimensions données, positionnés dans un plan conjugué du plan de ladite source, permettant d'intercepter la composante de flux directe et une partie dite petit angle de la composante de flux diffusé,

- une matrice de microlentilles positionnée dans un plan image du plan de mesure,

10 - des premiers moyens de détection d'image, chaque microlentille formant l'image desdits moyens de prélèvement sur les premiers moyens de détection d'image, les dimensions des moyens de prélèvement étant définies de telle sorte que les images des moyens de prélèvement formées par des microlentilles  
15 adjacentes présentent une zone de recouvrement inférieure à la zone de projection d'une microlentille sur les moyens de détection d'image ;  
et

20 - des moyens de calcul de la partie petit angle de la composante du flux diffusé, par la mesure du flux dans chaque zone de recouvrement.

Selon une variante, le dispositif comprend en outre une seconde voie d'imagerie, avec des moyens de prélèvement d'une partie périphérique du flux transmis,  
25 distincte de ladite partie centrale, et des seconds moyens de détection d'image positionnés dans un plan conjugué du plan de mesure et recevant ladite partie périphérique du flux transmis et des moyens de calcul d'une partie dite grand angle de la composante de flux diffusé, à partir de  
30 la mesure de la partie périphérique du flux reçu par les seconds moyens d'imagerie.

Selon une variante, les moyens de prélèvement sont formés d'un élément réfléchissant de dimensions prédéterminées, permettant la réflexion de la partie  
35 centrale du flux transmis vers la première voie d'imagerie, et positionné de telle sorte que le flux non intercepté soit envoyé vers la seconde voie d'imagerie, formant ainsi la partie périphérique du flux.

40 Selon une variante, les moyens de prélèvement sont formés d'un élément réfléchissant muni d'une ouverture de dimensions prédéterminées, permettant la transmission de

-6-

la partie centrale du flux transmis vers la première voie d'imagerie, et la réflexion de la partie périphérique du flux, et positionné de telle sorte que le flux réfléchi soit envoyé vers la seconde voie d'imagerie.

5            Selon une variante, le dispositif est un dispositif de mesure dans un plan de mesure donné de la diffusion locale du système optique de l'œil et comprend en outre des moyens d'éclairage de l'œil pour former sur la rétine une source secondaire, le flux transmis étant le  
10 flux émis par ladite source secondaire après traversée du système optique de l'œil.

#### **DESCRIPTION SOMMAIRE DES FIGURES**

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de  
15 la description qui suit, illustrée par les figures qui représentent :

- La figure 1, un dispositif de mesure des aberrations de l'œil selon l'art antérieur (déjà décrite);
- 20            - La figure 2, un schéma d'un dispositif de mesure de la diffusion selon l'invention ;
- La figure 3, un schéma expliquant la détermination de la partie dite petit angle du flux diffusé ;
- 25            - La figure 4, un schéma montrant la répartition du flux lumineux au foyer d'une microlentille.

#### **DESCRIPTION D'EXEMPLES DE REALISATION**

La figure 2 représente un schéma d'un exemple de  
30 dispositif de mesure de la diffusion locale d'un système optique SYST selon l'invention. Dans cet exemple, le système optique est un système présentant des zones de diffusion locale dont on cherche à établir une cartographie dans un plan de mesure PLM. Le dispositif  
35 comprend notamment une source ponctuelle ou quasi ponctuelle SC, émettant un flux lumineux destiné à être transmis par le système optique, une première voie d'imagerie avec des moyens de prélèvement MP d'une partie

-7-

centrale du flux transmis, une matrice de microlentilles  
MLA positionnée dans un plan conjugué optiquement du plan  
de mesure par des moyens d'imagerie L1, et des premiers  
moyens de détection d'image CCD. Selon cette exemple, le  
5 dispositif comprend en outre une seconde voie d'imagerie  
avec des seconds moyens de détection d'image CAM et des  
moyens d'imagerie (L1, L2) permettant de conjuguer  
optiquement les seconds moyens de détection d'image avec  
le plan de mesure PLM

10 Lorsque le faisceau lumineux issu de la source  
cohérente spatialement SC traverse le système optique  
SYST, il se propage généralement selon les lois de la  
réfraction des éléments optiques du système, formant ce  
que l'on appelle par la suite la lumière directe , ou flux  
15 lumineux direct, LD. Mais lorsque le flux traversant le  
système optique rencontre une zone diffusante DIFF, une  
partie du la lumière directe LD est dispersée  
angulairement pour former un flux lumineux diffusé. Le  
flux lumineux diffusé peut être décomposé en plusieurs  
20 composantes selon l'angle de diffusion. Par la suite, on  
appelle la composante « petit angle » (DIFF\_PA) la  
composante du flux diffusé qui est interceptée avec la  
lumière directe LD par les moyens de prélèvements MP. On  
appelle composante « grand angle » (DIFF\_GA) la composante  
25 périphérique du flux diffusé, non interceptée par les  
moyens de prélèvement MP et qui parvient jusqu'aux seconds  
moyens de détection CAM.

La lumière incidente sur le détecteur CCD au plan  
de focalisation de chaque microlentille de la matrice MLA  
30 contient donc une partie de la lumière directe LDi et une  
partie de la composante de diffusion petit angle DIFF\_PAi,  
comme cela est illustré sur la figure 4. La partie de  
lumière directe est focalisée en une tache LDi de petite  
dimension, tandis que la partie de la lumière diffusée  
35 petit angle s'étale de façon sensiblement uniforme sur la  
surface couverte par l'image IMPi des moyens de  
prélèvement MP formée par chaque microlentille MLi  
considérée.

Selon l'invention, les dimensions des moyens de  
40 prélèvement MP sont déterminées de façon à contrôler la  
taille de la zone éclairée au plan de focalisation de

-8-

chaque microlentille. Cette dernière doit être significativement plus grande que la zone couverte par la tache de focalisation liée à la lumière directe et doit être suffisamment petite pour que la partie de lumière diffusée ayant traversé chaque microlentille M<sub>Li</sub> reste localisée aux alentours de celle-ci. En effet, dans le cadre de la détermination de la diffusion locale, il est impératif que la lumière diffusée mesurée sous ou aux abords immédiat de la microlentille M<sub>Li</sub> puisse être attribuée sans ambiguïté à la position d'un point P<sub>i</sub> du plan de mesure PLM. Ce point de mesure est le conjugué optique de la microlentille M<sub>Li</sub>. De façon préférée, les dimensions des moyens de prélèvement MP sont déterminées de façon à ce que son image dans le plan de focalisation de chaque microlentille M<sub>Li</sub> soit compris entre une et deux fois la surface de projection A<sub>i</sub> d'une microlentille sur les moyens de détection, appelée par la suite champ de la microlentille M<sub>Li</sub>.

Par exemple, dans une configuration optique du type de celle schématisée sur la figure 2, on choisit une géométrie des microlentilles carrée, de l'ordre de 100 µm de coté, une distance focale pour chaque microlentille de l'ordre de 2 mm. Le flux lumineux incident sur la matrice de microlentilles est sensiblement parallèle. On choisit comme moyens de prélèvement un élément de réflexion de forme rectangulaire, de telle sorte que l'image de cet élément de réflexion au foyer de chaque microlentille couvre une surface carrée dont la taille du coté soit égal à environ 1,5 fois le champ A<sub>i</sub> d'une microlentille, soit environ 150µm de coté. On peut alors en déduire en fonction des valeurs focales des moyens d'imagerie L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> les dimensions de l'élément de réflexion. Dans l'exemple choisi, pour une focale de la lentille L<sub>1</sub> de 80 mm et L<sub>2</sub> de 40 mm par exemple, l'élément de réflexion sera un rectangle de 3 mm par 4,24 mm environ. Il serait également possible de choisir d'autres exemples de réalisation des moyens de prélèvement MP. Par exemple, il pourrait s'agir d'un élément de réflexion percé en son centre d'une ouverture de dimensions prédéterminées, le flux direct et le flux diffusé petit angle étant transmis par l'ouverture

-9-

vers la première voie d'imagerie. Une telle configuration est proche de celle représentée sur la figure 1.

La figure 3 montre le recouvrement des images IP1, IP2, IP3, IP4 des moyens de prélèvement MP au plan de focalisation de 4 microlentilles adjacentes ML1, ML2, ML3, ML4. Comme cela est illustré sur la figure 3, il est  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
avantageux d'avoir l'image des moyens de prélèvement au plan de focalisation de chaque microlentille plus grande que le champ d'une microlentille. Dans ce cas en effet, on obtient une zone de recouvrement ZR des 4 zones de diffusion petit angle (IP1 à IP4) et une augmentation significative du rapport signal à bruit de la mesure, du fait de la sommation des signaux DIFF\_PAi interceptés par les 4 microlentilles adjacentes.

La mesure de la diffusion petit angle, en un point Pi du plan de mesure, est obtenue de la façon suivante. A une microlentille est attribuée une zone de recouvrement. Par exemple, comme sur la figure 3, la zone de recouvrement est constituée de l'intersection des parties de diffusion petit angle des flux interceptés par les microlentilles ML1, ML2, ML3, ML4. Selon une première variante, la mesure du flux sur la zone de recouvrement donne une valeur de la diffusion locale (petit angle) au point de mesure correspondant à la microlentille à laquelle est attribuée la zone de recouvrement. On a dans ce cas une cartographie de la diffusion locale petit angle, avec pour chaque point, une valeur sommée sur 4 points adjacents. Eventuellement, pour gagner en résolution spatiale, des moyens de traitement du signal permettent de calculer la diffusion locale petit champ de chaque point, débarrassée de la contribution des points adjacents.

Cette mesure fait l'hypothèse que le flux direct sur la zone de recouvrement est négligeable. Dans le cas de systèmes optiques très aberrants, comme par exemple le système optique de l'œil, notamment lorsqu'il est entaché d'un fort astigmatisme, la tache lumineuse LDi correspondant au flux direct intercepté par une partie des microlentilles, peut se décaler dans le champ de la microlentille et se superposer à la zone de recouvrement. Selon l'invention, il est possible de s'affranchir de ce

-10-

défaut en réalisant plusieurs mesures de la diffusion locale petit angle, pour chacune de ces mesures, la voie d'imagerie comprenant les moyens de prélèvement et d'analyse étant translatée, par exemple grâce à la  
5 translation de la plateforme PLAT, représentée sur la Figure 2. En effet, tout déplacement de la plateforme entraîne un déplacement des taches de flux direct dans le plan de focalisation de chacune des microlentilles. Pour chaque mesure, on enregistre la valeur de diffusion locale  
10 petit angle, puis on ne garde que la plus petite des valeurs, qui correspondra nécessairement à la valeur la moins entachée d'une contribution du flux direct aberrant. Les positions de la plateforme sont choisies de telle sorte à obtenir un déplacement suffisant des taches de  
15 flux direct.

Selon une variante, la mesure de diffusion locale petit angle est normalisée par la valeur locale de la transmission du système optique. Celle-ci peut être obtenue par la mesure par les premiers moyens de détection  
20 d'image (CCD) de la composante de flux direct intercepté par chaque microlentille.

Avantageusement, la mesure de diffusion petit angle est complétée par une mesure de la diffusion dite grand angle, réalisée grâce à la seconde voie d'imagerie.  
25 Cette voie d'imagerie permet la mesure de la partie périphérique du flux diffusé, appelée partie grand angle, distincte de ladite partie centrale du flux diffusé, et correspondant dans l'exemple de la figure 2 à la partie du flux non interceptée par les moyens de prélèvement MP. La  
30 partie grand angle du flux diffusé (DIFF\_GA) est focalisée au moyen d'un objectif L3 sur les seconds moyens de détection d'image CAM, par exemple un détecteur de type CCD ou CMOS, conjugués optiquement du plan de mesure PLM. On obtient ainsi directement une cartographie, au niveau  
35 du plan de mesure, de la diffusion locale grand angle. Comme précédemment, la valeur de la diffusion grand angle peut être normalisée par la valeur locale de la transmission du système optique.

On obtient ainsi deux cartographies dans le plan  
40 de mesure PLM, correspondant respectivement à la diffusion locale petit angle et grand angle. Ces deux cartographies

-11-

peuvent être sommées pour obtenir une cartographie de la composante globale du flux diffusé.

Par exemple, ces cartographies pourront être utilisées en complément des mesures des aberrations du système optique, pour calculer la réponse percussionnelle et la fonction de transfert de modulation du système optique, en tenant compte de la diffusion.

Bien que l'exemple de la figure 2 soit décrit pour la mesure de la diffusion d'un système optique en général, il s'applique tout à fait à la mesure du système optique de l'œil EYE, tel qu'il est schématisé sur la figure 1. Celui-ci comprend la rétine, le cristallin, la cornée et l'humeur aqueuse ou vitrée. Dans le cas du système optique de l'œil, les zones de diffusion sont en général situées au niveau du cristallin et de la pupille de l'œil. Le plan de mesure est par exemple celui de la pupille. Dans le cas de l'analyse de l'œil, il est nécessaire de former une source secondaire au niveau de la rétine. On peut utiliser par exemple des moyens d'éclairage tels qu'il sont décrits sur la figure 1.

L'invention a été décrite au moyen d'exemples de réalisation particuliers non limitatifs et est susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

En particulier, les moyens de prélèvement ont été décrits avec une forme rectangulaire, mais ils peuvent présenter différentes formes, carrée, circulaire, elliptique, etc. du moment que la contrainte sur les dimensions soit respectée afin que chaque zone de recouvrement reste inférieure au champ d'une microlentille.

La forme des microlentilles peut également varier. Avantageusement, on choisira une forme similaire pour les images des moyens de prélèvement et les microlentilles pour simplifier le traitement des signaux, mais des formes différentes peuvent également être choisies.

**REVENDEICATIONS**

1 - Méthode de mesure dans un plan de mesure (PLM) donné de la diffusion locale d'un système optique (SYST), comprenant :

5 - l'éclairage du système optique au moyen d'une source ponctuelle ou quasi ponctuelle (SC) émettant un flux lumineux destiné à être transmis par le système optique, de telle sorte que ledit flux transmis comprenne une composante de flux direct (LD) et une composante de flux diffusé par ledit système;

10 - l'interception d'une partie centrale du flux transmis par des moyens de prélèvement du flux, de dimensions données, positionnés dans un plan conjugué du plan de ladite source, le flux intercepté comprenant la composante de flux direct et une partie (DIFF\_PA) dite petit angle de la composante de flux diffusé ;

15 - la mesure du flux intercepté au moyen d'un analyseur comprenant une matrice de microlentilles (MLA) positionnée dans un plan image du plan de mesure et des premiers moyens de détection d'image (CCD), chaque microlentille (MLi) formant l'image desdits moyens de prélèvement sur les premiers moyens de détection d'image, les dimensions des moyens de prélèvement étant définies de telle sorte que les images des moyens de prélèvement formées par des microlentilles adjacentes présentent une zone de recouvrement (ZR) inférieure à la zone de projection (Ai) d'une microlentille sur les moyens de détection d'image;

20 - la détermination de la partie petit angle de la composante du flux diffusé par la mesure du flux dans chaque zone de recouvrement.

2 - Méthode selon la revendication 1 comprenant en outre :

35 - L'interception d'une partie périphérique du flux transmis, distincte de ladite partie centrale, sur des seconds moyens de détection d'image (CAM) positionnés dans un plan conjugué du plan de mesure, afin de mesurer une partie (DIFF\_GA) dite grand angle de la composante de flux diffusé.

-13-

3 - Méthode selon l'une des revendications 1 ou 2 comprenant en outre :

5 - la mesure de la transmission locale du système optique grâce à la mesure par les premiers moyens de détection d'image (CCD) de la composante de flux direct intercepté par chaque microlentille ;

- la normalisation de la composante de diffusion locale par la transmission locale.

10 4 - Méthode selon l'une des revendications précédentes appliquée à la mesure dans un plan de mesure donné de la diffusion locale du système optique de l'œil, comprenant en outre :

15 - l'éclairage de l'œil pour former sur la rétine une source secondaire, le flux transmis étant le flux émis par ladite source secondaire après traversée du système optique de l'œil ;

5 - Méthode selon la revendication 4 selon laquelle ledit plan de mesure est le plan de la pupille de l'œil.

20 6 - Dispositif de mesure dans un plan de mesure (PLM) donné de la diffusion locale d'un système optique, comprenant :

25 - une source ponctuelle ou quasi ponctuelle (SC) émettant un flux lumineux destiné à être transmis par le système optique, de telle sorte que ledit flux transmis comprenne une composante de flux direct (LD) et une composante de flux diffusé par ledit système;

30 - une première voie d'imagerie comprenant  
- des moyens de prélèvement (MP) d'une partie centrale du flux transmis, de dimensions données, positionnés dans un plan conjugué du plan de ladite source, permettant d'intercepter la composante de flux directe et une partie (DII\_PA) dite petit angle de la composante de flux diffusé,

35 - une matrice de microlentilles (MLA) positionnée dans un plan image du plan de mesure,

-14-

- 5 - des premiers moyens de détection d'image, chaque microlentille formant l'image desdits moyens de prélèvement sur les premiers moyens de détection d'image, les dimensions des moyens de  
10 prélèvement étant définies de telle sorte que les images des moyens de prélèvement formées par des microlentilles adjacentes présentent une zone de recouvrement (ZR) inférieure à la zone de projection (Ai) d'une microlentille sur les  
15 moyens de détection d'image ; et
- des moyens de calcul de la partie petit angle de la composante du flux diffusé, par la mesure du flux dans chaque zone de recouvrement.

15 7 - Dispositif selon la revendication 6, comprenant en outre :

- une seconde voie d'imagerie, avec des moyens de prélèvement d'une partie périphérique du flux transmis, distincte de ladite partie centrale, et des seconds moyens de détection d'image (CAM) positionnés dans un plan  
20 conjugué du plan de mesure et recevant ladite partie périphérique du flux transmis;

- des moyens de calcul d'une partie (DIFF\_GA) dite grand angle de la composante de flux diffusé, à partir de la mesure de la partie périphérique du flux reçu par les  
25 seconds moyens d'imagerie.

30 8 - Dispositif selon les revendications 6 et 7, dans lequel les moyens de prélèvement sont formés d'un élément réfléchissant de dimensions prédéterminées, permettant la réflexion de la partie centrale du flux transmis vers la première voie d'imagerie, et positionné de telle sorte que le flux non intercepté soit envoyé vers la seconde voie d'imagerie, formant ainsi la partie  
35 périphérique du flux.

9 - Dispositif selon les revendications 6 et 7, dans lequel les moyens de prélèvement sont formés d'un élément réfléchissant muni d'une ouverture de dimensions prédéterminées, permettant la transmission de la partie centrale du flux transmis vers la première voie d'imagerie, et la réflexion de la partie périphérique du

-15-

flux, et positionné de telle sorte que le flux réfléchi soit envoyé vers la seconde voie d'imagerie.

10 - Dispositif de mesure dans un plan de mesure donné de la diffusion locale du système optique de l'œil  
5 selon l'une des revendications 6 à 9, comprenant en outre des moyens d'éclairage de l'œil pour former sur la rétine une source secondaire, le flux transmis étant le flux émis par ladite source secondaire après traversée du système  
10 optique de l'œil.

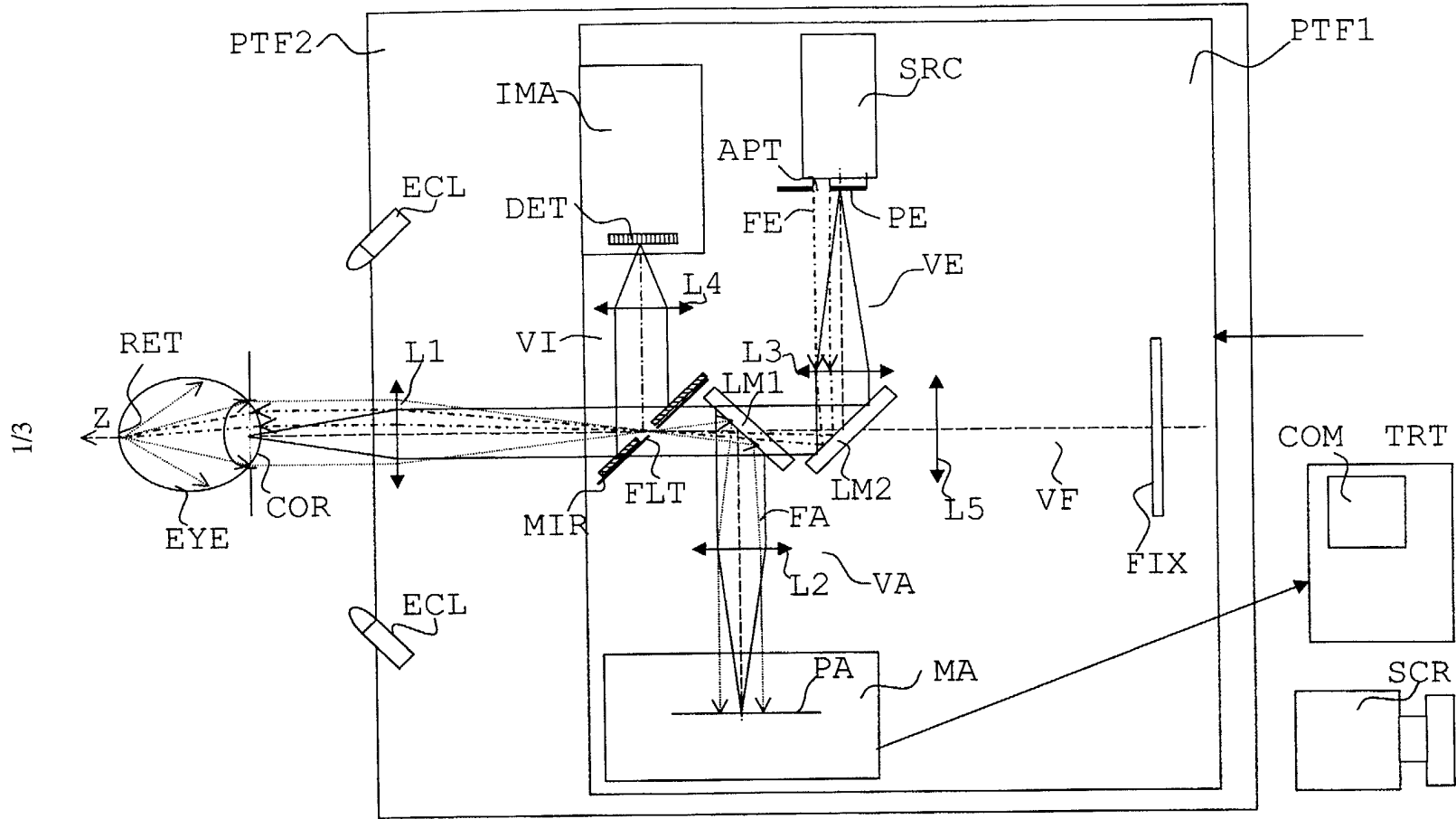


Figure 1



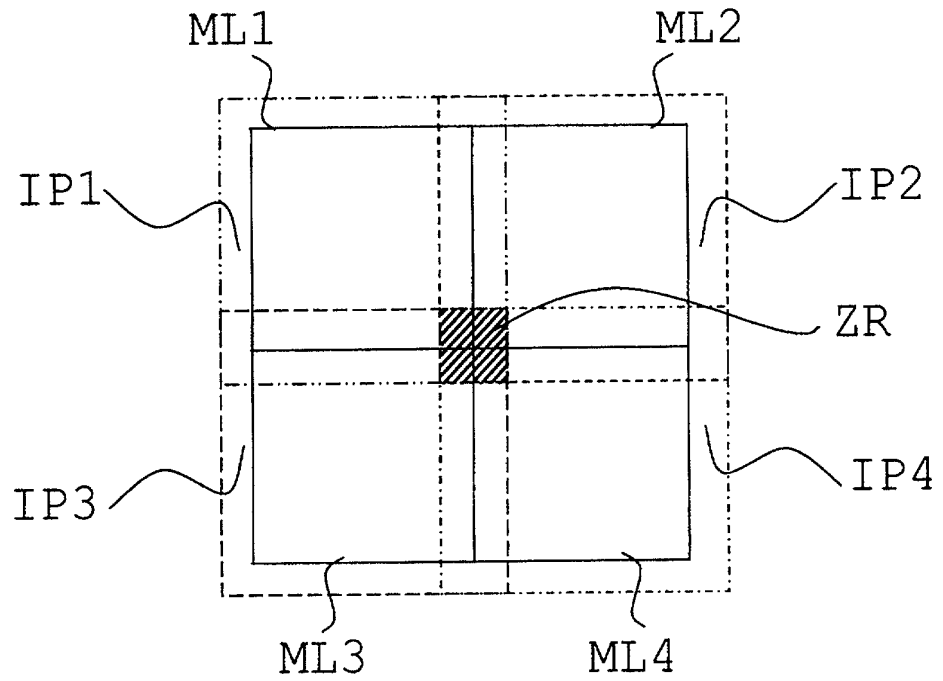


Figure 3

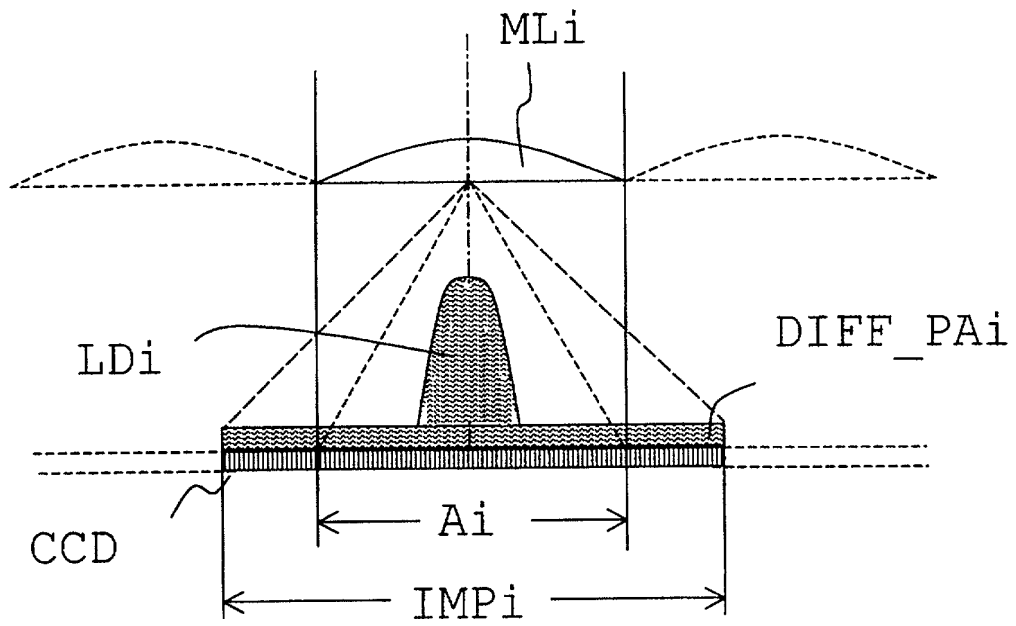


Figure 4



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 680565  
FR 0605330

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
D,A	US 2002/097376 A1 (APLEGATE RAYMOND A [US] ET AL) 25 juillet 2002 (2002-07-25) * alinéa [0055] - alinéa [0069] * -----	1-10	A61B3/10
A	WO 01/89372 A2 (ZEISS CARL [DE]; ZEISS STIFTUNG [DE]) 29 novembre 2001 (2001-11-29) * le document en entier * -----	1-10	
A	EP 1 059 061 A2 (20 10 PERFECT VISION OPTISCHE [DE]) 13 décembre 2000 (2000-12-13) * alinéa [0034] - alinéa [0049] * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			A61B
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		14 février 2007	Rivera Pons, Carlos
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0605330 FA 680565**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 14-02-2007

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002097376 A1	25-07-2002	US 2004119942 A1	24-06-2004
-----			
WO 0189372 A2	29-11-2001	DE 60121123 T2	01-02-2007
		EP 1217939 A2	03-07-2002
		JP 2003533320 T	11-11-2003
		US 6382795 B1	07-05-2002
-----			
EP 1059061 A2	13-12-2000	JP 3452860 B2	06-10-2003
		JP 2001000393 A	09-01-2001
		US 6050687 A	18-04-2000
		US 6155684 A	05-12-2000
-----			