

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
17 février 2005 (17.02.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/015148 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ :

G01M 11/02

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **DELAGE, Pascal** [FR/FR]; 30, rue Prosper Legoute, F-92160 Anthony (FR). **DIVO, Fabien** [FR/FR]; 2, rue Renaud, F-95160 Montmorency (FR). **PERION, Didier** [FR/FR]; 48, rue Vergniaud, F-75013 Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2004/002010

(22) Date de dépôt international : 27 juillet 2004 (27.07.2004)

(25) Langue de dépôt :

français

(74) Mandataire : **SANTARELLI**; 14, avenue de la Grande Armée, B.P. 237, F-75822 Paris Cedex 17 (FR).

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0309389 30 juillet 2003 (30.07.2003) FR

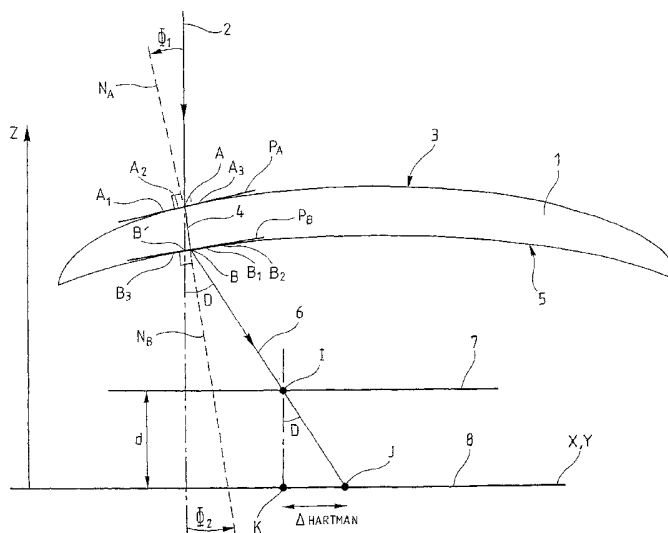
(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : **ES-SILOR INTERNATIONAL** [FR/FR]; 147, rue de Paris, F-94220 Charenton le Pont (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND MACHINE FOR MEASURING THE REFRACTIVE INDEX OF AN OPHTHALMIC LENS

(54) Titre : PROCÉDE ET MACHINE DE MESURE DE L'INDICE DE REFRACTION D'UNE LENTILLE OPHTHALMIQUE



(57) Abstract: The invention relates to a method for measuring the refractive index (n) of an ophthalmic lens (1) defined by a first side (3) and a second side (5), said method comprising the following steps: the co-ordinates of at least one group of three surrounding points (A_1, A_2, A_3) located on the first side (3) of the lens (1) at close proximity to an incidence point (A) and distributed around the same are determined; the co-ordinates of at least one group of three surrounding points (B_1, B_2, B_3) located on the second side (5) of the lens (1) at close proximity to an emergence point (B) and distributed around the same are determined; and the refractive index (n) of the lens (1) is calculated from the co-ordinates of said surrounding points ($A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$) and the deviation of an incident light beam in A and an emergent light beam in B.

(57) Abrégé: Procédé de mesure de l'indice de réfraction (n) d'une lentille ophtalmique (1) délimitée par une première face (3) et une deuxième face (5), comportant les étapes suivantes : déterminer les coordonnées d'au moins un groupe de trois points environnants (A_1, A_2, A_3) situés sur la première face (3) de la lentille (1) à proximité immédiate, et répartis autour, d'un point d'incidence (A) ; déterminer les coordonnées d'au moins un groupe de trois points environnants (B_1, B_2, B_3)

[Suite sur la page suivante]



MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Procédé et machine de mesure de l'indice de réfraction d'une lentille
ophtalmique

5 L'invention a trait au domaine de la caractérisation des lentilles ophtalmiques.

Elle concerne plus particulièrement un procédé et une machine destinés à mesurer l'indice de réfraction d'une lentille ophtalmique.

L'indice de réfraction est une caractéristique du matériau composant
10 une telle lentille. Cette caractéristique est liée à l'aptitude du matériau à dévier un rayon lumineux incident.

En effet, un rayon lumineux se propageant dans un milieu donné (par
exemplaire l'air) sera dévié en rencontrant un autre milieu (par exemple une
lentille ophtalmique) d'un angle qui dépend entre autres des indices de
15 réfraction des deux différents milieux.

Une lentille ophtalmique, qui a pour but de corriger un défaut de
vision tel que la myopie, l'astigmatisme, l'hypermétropie, la presbytie, est
caractérisée par plusieurs paramètres physiques principaux, en plus de l'indice
de réfraction du matériau la constituant : la géométrie des faces avant et arrière
20 et l'épaisseur de la lentille.

Pour un défaut à corriger donné, par exemple une myopie d'une
certaine valeur, il existe une infinité de combinaisons de ces paramètres
permettant d'obtenir la valeur de correction souhaitée et donc une infinité de
géométries de lentilles, d'épaisseurs et d'indices de réfraction possibles.

25 En pratique, la connaissance de l'indice de réfraction du matériau, de la puissance de la lentille et de l'identité du fabricant suffit en général pour déterminer toutes les caractéristiques de la lentille.

De plus, toujours pour une puissance de correction donnée, deux
lentilles ayant des indices de réfraction différents, bien que fournissant la même
30 correction de par leur géométrie, auront des propriétés optiques légèrement
différentes en ce qui concerne le grossissement. Ces deux lentilles donneront
deux images corrigées et nettes mais de taille légèrement différente. Ceci peut

être gênant, car pour une bonne vision binoculaire, les deux yeux doivent percevoir deux images identiques, du point de vue de la netteté mais aussi de la taille.

Par exemple, un opticien qui doit remplacer une lentille de monture
5 doit connaître la puissance de correction de celle-ci, mais aussi son indice de réfraction de sorte que la lentille à remplacer puisse l'être par une lentille de même indice de réfraction. Cela permettra à la lentille de remplacement d'avoir la même forme que l'ancienne (esthétisme du montage) et permettra également à la nouvelle lentille d'avoir le même coefficient de grossissement de l'image
10 vue par l'œil, pour respecter la vision binoculaire.

Il est donc nécessaire, dans le domaine de l'optique, de disposer de moyens pour mesurer l'indice de réfraction du matériau constituant une lentille ophtalmique, notamment lors de son remplacement.

Les différents principes employés couramment pour mesurer l'indice
15 de réfraction d'une lentille sont les suivants :

- mesure de la déviation des rayons lumineux par une lentille prismatique, de géométrie connue ;
- mesure de l'angle de réflexion totale sur une face plane connue ;
- mesure de la variation de puissance de la lentille quand elle est
20 plongée dans un milieu liquide d'indice de réfraction connu, ou principes équivalents ;
- mesure du retard de propagation d'un faisceau lumineux, entre une mesure avec et une mesure sans lentille (la lentille étant d'épaisseur connue) ;
- 25 - mesure au microscope de l'épaisseur optique d'une plaque de verre d'épaisseur géométrique connue.

Ces principes ne sont pas adaptés à l'opticien pour plusieurs raisons. Certains nécessitent de connaître ou imposent des caractéristiques de la lentille. De plus, la plupart de ces principes sont coûteux et difficiles d'emploi et
30 ne peuvent donc pas être mis en œuvre par les dispositifs connus de caractérisation d'une lentille ophtalmique.

On connaît en effet des documents US 5 825 476 et WO 00/40922 des dispositifs de caractérisation d'une lentille ophtalmique. Ces dispositifs permettent de mesurer des caractéristiques d'une lentille telles que puissance sphérique, puissance cylindrique, axe de cylindre, prisme, coma, vision de loin, vision de près, rayon de courbure mais ne permettent pas une mesure de l'indice de réfraction.

Par ailleurs, les documents EP 1 093 907 et EP 0 933 163 décrivent des dispositifs pour la détermination du centre optique d'une lentille ophtalmique, ces dispositifs permettant également la mesure de certains paramètres de la lentille sans toutefois proposer de mesure de l'indice de réfraction.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités en fournissant un principe de mesure de l'indice de réfraction simple à mettre en œuvre et qui de plus est adapté à venir compléter les dispositifs de caractérisation cités.

A cet effet, un premier objet de l'invention vise un procédé de mesure de l'indice de réfraction d'une lentille ophtalmique délimitée par une première face et une deuxième face, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- 20 immobiliser la lentille sur un support ;
- éclairer la lentille avec au moins un rayon lumineux orienté selon une direction d'incidence, ledit rayon formant un rayon incident entrant dans la lentille par la première face en un point d'incidence ainsi qu'un rayon émergeant sortant de la lentille par la deuxième face en un point d'émergence selon une direction d'émergence, avec, parmi la direction d'incidence et la direction d'émergence, l'une de ces directions qui est dite première direction et qui a une orientation prédéterminée ;
- déterminer l'orientation de l'autre de ces directions qui est dite deuxième direction ;
- 30 déterminer les coordonnées d'au moins un groupe de trois points environnants situés sur la première face de la lentille à proximité immédiate, et répartis autour, du point d'incidence ;

déterminer les coordonnées d'au moins un groupe de trois points environnants situés sur la deuxième face de la lentille à proximité immédiate, et répartis autour, du point d'émergence ;

- calculer l'indice de réfraction de la lentille à partir des coordonnées
5 desdits points environnants et de l'orientation de la deuxième direction.

Selon ce procédé, l'indice de réfraction du matériau composant une lentille ophtalmique peut être déterminé sur la lentille elle-même, sans recourir à des échantillons de géométrie connue du même matériau.

- L'opticien peut ainsi, par exemple effectuer cette mesure directement
10 sur un verre de lunettes cassé pour son remplacement par un verre identique. La mesure de l'indice de réfraction peut être effectuée sur un verre quelconque, aucun paramètre connu à l'avance n'est nécessaire.

- Un tel procédé peut également être employé pour reconnaître automatiquement une lentille parmi une liste de lentilles préenregistrées.
15 L'indice de réfraction est un des paramètres qui peut aider à l'identification de la lentille.

- Selon une caractéristique préférée de l'invention, l'étape de calcul de l'indice de réfraction est réalisée à partir de l'angle formé par les deux plans passant respectivement par les points environnants de la première face et par
20 les points environnants de la deuxième face.

Les coordonnées de trois points suffisent en effet pour déterminer l'équation du plan unique passant par ces trois points.

- Lorsque, comme c'est le cas ici, les trois points sont suffisamment proches d'un point central (d'incidence ou d'émergence), le plan déterminé
25 contient les quatre points (bien que la surface de ladite lentille soit courbe) et est donc le plan tangent à la surface de la lentille au point d'incidence ou au point d'émergence.

- Selon une autre caractéristique préférée, l'étape de détermination des coordonnées des points environnants de la deuxième face est effectuée en
30 référence à un point théorique défini par l'intersection entre la deuxième face de la lentille et le prolongement du rayon incident.

Cette opération d'approximation présente de l'intérêt lorsque l'objet mesuré présente une épaisseur suffisamment faible pour que la déviation du rayon incident soit limitée en valeur et en distance de sorte que le point d'émergence et le point théorique soient très proches, quasiment confondus. La plupart des lentilles ophtalmiques répondent à ces critères d'épaisseur et d'indice de réfraction.

Lorsque la surface du verre est continue, ce qui est également le cas des lentilles ophtalmiques, cette approximation génère une erreur de mesure tout à fait acceptable et rend la mesure plus aisée car les coordonnées du point d'émergence doivent être déterminées par calcul alors que le point théorique est facilement déterminable comme étant le prolongement théorique du rayon incident jusqu'à la deuxième face de la lentille.

Pour des raisons de commodité de mise en œuvre les coordonnées d'au moins l'un des points environnants peuvent être déterminées par palpement mécanique ou par palpement sans contact

Par ailleurs, l'étape de détermination de l'orientation de la deuxième direction peut comporter la mise en œuvre du procédé de Hartmann au moyen d'une matrice de Hartmann et d'un écran disposés en vis-à-vis de la lentille.

Cette disposition est avantageuse car des moyens de mise en œuvre du procédé de HARTMANN, bien connus de l'homme du métier, sont déjà disponibles dans différents types d'appareils de caractérisation de lentilles ophtalmiques.

Également pour des raisons de commodité de mise en œuvre, ladite première direction ayant une orientation prédéterminée peut être la direction du rayon incident et ladite deuxième direction peut être la direction du rayon émergent. Ladite première direction peut de plus avoir une orientation verticale.

Selon un deuxième objet, l'invention vise une machine de caractérisation d'une lentille ophtalmique délimitée par une première face et une deuxième face, ladite machine convenant à la mise en œuvre du procédé précité et comportant :

un support de lentille adapté à laisser au moins un rayon lumineux traverser de part en part la lentille ;

une source lumineuse adaptée à émettre au moins un rayon selon une direction d'incidence ;

- 5 un dispositif de mesure adapté à la mesure de l'orientation d'un rayon émergent qui s'élève de ladite deuxième face selon une direction d'émergence ;

caractérisée en ce que, parmi la direction d'incidence et la direction d'émergence, l'une de ces directions est dite première direction et est
10 prédéterminée, l'autre de ces directions étant dite deuxième direction, et en ce que la machine comporte en outre :

un dispositif de palpement adapté à relever la position de points particuliers de la première et de la deuxième face de la lentille lorsque celle-ci est en place sur le support ;

- 15 un dispositif de calcul relié au dispositif de palpement ainsi qu'au dispositif de mesure et adapté à l'acquisition et au traitement numérique des coordonnées des points palpés et de ladite déviation pour déterminer l'indice de réfraction de la lentille optique.

L'invention peut ainsi être intégrée à un appareillage existant, tel
20 qu'un système de débordage de verre avec centreur automatique.

Le document WO 02/099376, par exemple, décrit un tel appareillage. Dans ce dernier cas, la fonction supplémentaire de mesure de l'indice de réfraction peut avantageusement être ajoutée à ce système.

La machine de caractérisation peut également présenter les
25 caractéristiques préférées suivantes, indépendamment les unes des autres, dont les avantages sont ceux du procédé précité.

Le dispositif de mesure peut comporter un écran disposé en vis-à-vis de la deuxième face de la lentille, ainsi qu'une matrice de Hartmann disposée entre la deuxième face de la lentille et ledit écran.

- 30 Le dispositif de mesure peut comporter en outre des moyens d'acquisition de l'image formée sur ledit écran.

L'écran et la matrice de Hartmann peuvent être disposés horizontalement, la source lumineuse peut être adaptée à émettre un rayon vertical et le support peut être adapté à maintenir horizontalement la lentille.

Ladite première direction ayant une orientation prédéterminée peut
5 être la direction du rayon incident et ladite deuxième direction peut être la direction du rayon émergeant, ladite première direction pouvant avoir une orientation verticale.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaissent à la lumière de la description qui va suivre d'un mode de réalisation préféré
10 donné à titre d'exemple non limitatif, description faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un diagramme représentant une lentille de profil et, schématiquement, les rayons lumineux mis en œuvre dans le cadre de l'invention, avec leurs dispositions angulaires ;
- 15 - la figure 2 est une vue schématique, de profil et en coupe, d'une machine selon un mode de réalisation de l'invention, dans laquelle est montée une lentille ophtalmique dont l'indice de réfraction est destiné à être mesuré.

La figure 1 illustre le principe de mesure à la base de l'invention.

Une lentille 1 dont on cherche à mesurer l'indice de réfraction est vue
20 de profil.

Un rayon lumineux incident 2 est tout d'abord projeté selon une direction qui est ici verticale en direction d'une première face 3 de la lentille 1.

Le rayon incident 2 rencontre ladite face 3 en un point d'incidence A.

Le rayon suit un trajet à l'intérieur de la lentille le long d'une portion 4
25 déviée par rapport au rayon incident. La déviation du rayon est causée par le changement de milieu, entre l'air avec son indice de réfraction propre et la lentille avec son indice de réfraction propre.

Le rayon rencontre la seconde face 5 de la lentille 1 en un point d'émergence B et est à nouveau dévié en un rayon émergent 6 qui saille à
30 partir de ce point B.

Un dispositif de HARTMANN est disposé en vis-à-vis de la deuxième face 5 la lentille 1.

Ce type de dispositif et son emploi étant bien connu de l'homme du métier, son fonctionnement ne sera pas ici décrit en détails.

En résumé, ce dispositif comporte une matrice de HARTMANN 7 disposée horizontalement, donc vue de profil sur la figure 1, ainsi qu'un écran 8 également disposé horizontalement et vu de profil.

Le rayon émergent 6 traverse la matrice de HARTMANN 7 en un point I et rencontre l'écran en un point J.

Un point supplémentaire K, représenté sur la figure 1, est tel qu'il matérialise la projection verticale du point I sur l'écran 8.

Un tel dispositif de HARTMANN est adapté à mesurer la distance Δ_{HARTMANN} avec une précision de l'ordre de $10\mu\text{m}$.

La distance d étant connue comme l'écartement entre la matrice de HARTMANN 7 et l'écran 8, il est alors mathématiquement aisé de calculer la valeur de l'angle D au sommet I du triangle I J K.

Cet angle D correspond à la déviation du rayon émergent 6 par rapport à la verticale, celle-ci étant ici la direction du rayon incident 2.

En plus de cet angle D, il est nécessaire de connaître l'angle Φ correspondant à l'angle formé par les deux droites normales N_A , N_B respectivement au plan P_A tangent à la première face 3 au point A et au plan P_B tangent à la deuxième face 5 au point B (les plans P_A et P_B sont représentés de profil sur la figure 1).

Dans cette optique, l'équation de chaque plan P_A , P_B est déterminée dans le repère formé par le plan XY de l'écran 8 et par un axe Z, normal à l'écran 8, représenté à la figure 1.

La manière d'obtenir l'équation des plan P_A , P_B sera détaillée plus loin en référence à la figure 2.

L'équation desdites normales N_A , N_B peut ensuite être calculée à partir respectivement de l'équation du plan P_A et de l'équation du plan P_B .

Ceci permet de déterminer l'angle Φ_1 formé entre la verticale passant par A et la normale N_A au point A. Cet angle Φ_1 peut être calculé à partir de l'équation de ces deux droites.

L'équation de la verticale passant par A est connue puisque celle-ci est parallèle à l'axe Z et a la même position dans le plan XY que le rayon lumineux 2.

De même est calculé l'angle Φ_2 formé entre la verticale passant par
5 A et la normale N_B au point B.

L'angle Φ est égal à la somme $\Phi_1 - \Phi_2$ dans laquelle Φ_1 et Φ_2 sont des angles trigonométriquement orientés.

L'angle Φ peut aussi être calculé directement à partir des équations des normales N_A , N_B .

10 L'indice de réfraction de la lentille 1 est alors obtenu par la formule approchée

$$n \cong 1 + D/\Phi$$

qui dérive de l'équation

$$D = \arcsin [n \cdot \sin (\Phi_1 - 1/n \cdot \arcsin (\Phi_1) - \Phi_2)] + \Phi_2.$$

15 Pour ce qui est de la réalisation pratique de ces principes, la figure 2 représente schématiquement une machine 9 selon l'invention, vue de profil.

La machine 9 est ici un centreur adapté à la détermination du centre optique de la lentille, en plus de la mesure de l'indice de réfraction décrite ci-dessous.

20 Cette machine 9 est vue en coupe pour montrer ses éléments constitutifs.

Un bâti 10, en forme de C, forme la structure de la machine 9. Ce bâti 10 comporte une partie supérieure 11 dans laquelle prend place une source lumineuse 12, une partie inférieure 13 recevant un dispositif de
25 HARTMANN 14 et une partie intermédiaire 15 dans laquelle est logé un calculateur 16.

La source lumineuse 12 est orientée pour émettre un rayon lumineux 2 vertical. Elle est de plus positionnée pour que les coordonnées du rayon 2 dans le plan XY soient connues du calculateur 16, celui-ci pouvant pivoter
30 l'allumage de la source 12 et éventuellement son déplacement.

En ce qui concerne le dispositif de HARTMANN 14, celui-ci est représenté schématiquement conformément à la figure 1 par une matrice de HARTMANN 7 et un écran 8.

Un dispositif d'acquisition 22 de l'image formée sur l'écran 8 est de plus disposé en regard de l'écran 8 et relié au calculateur 16 pour fournir à celui-ci les valeurs Δ_{HARTMANN} mesurées.

Le calculateur 16 est un dispositif électronique adapté à recueillir et traiter des données numériques selon un programme. Il s'agit par exemple d'une carte électronique à microprocesseur avec programmes embarqués ou encore d'un ordinateur standard sur lequel sont installés les programmes adéquats.

La machine 9 comporte en outre un support 17 pour maintenir une lentille 1 horizontalement au-dessus de la partie inférieure 13.

Sous l'emplacement de la lentille 1, une paroi transparente 18 permet au rayon émergent 6 d'atteindre le dispositif de HARTMANN 14. Cette paroi pourrait être remplacée par une simple ouverture laissant passer les rayons lumineux.

La machine comporte également un palpeur 19, courant dans des applications de métrologie tridimensionnelle, monté de manière classique sur un système de glissières 20 permettant un déplacement du palpeur 19 dans les trois directions de l'espace.

Le palpeur 19 comporte une pointe de touche 21 orientable disposant de trois degrés de liberté et permettant, conjointement aux glissières 20, de palper n'importe quel point de la première face 3 ou de la deuxième face 5 de la lentille 1.

Le palpeur 19 et l'équipement s'y rapportant est relié au calculateur 16 pour que celui-ci puisse piloter le déplacement du palpeur 19 et acquérir les coordonnées des points palpés.

La détermination des équations respectives des plans tangents P_A et P_B nécessite de palper et d'acquérir la position de plusieurs points autour des points A et B.

Pour le palpement et l'acquisition des coordonnées de trois points A_1 , A_2 , A_3 dans le voisinage immédiat du point A, les points A_1 , A_2 , A_3 seront de préférence choisis dans un rayon de 2,5 mm autour du point A. Les coordonnées du point A dans le plan XY étant connues (ce sont les mêmes que celle du rayon incident 2), le palpeur est d'abord positionné dans une zone
5 correspondant au rayon de 2,5 mm précité puis effectue une descente jusqu'à toucher la première face 3 pour acquérir la position en Z manquante.

Cette opération est répétée pour chacun des points A_1 , A_2 , A_3 .

Pour ce qui est du palpement et de l'acquisition des coordonnées de
10 points B_1 , B_2 , B_3 autour du point B (en réalité B', voir ci-dessous), on procède de même que précédemment sauf que le palpeur est d'abord disposé sous la lentille 1 et positionné, selon le plan XY, dans ladite zone correspondante au rayon maximal de 2,5 mm, puis est actionné pour venir en contact de la deuxième face 5 en remontant. Pour cela, il est nécessaire de considérer
15 comme confondus le point B et un point B' (mieux visible à la figure 1), ce dernier étant défini par l'intersection entre le prolongement du rayon incident 2 et la deuxième face 5. Les points B et B' étant très proches dans la plupart des cas, cette approximation est acceptable.

Les coordonnées réelles du point B peuvent également être
20 déterminées par calcul trigonométrique à l'aide du dispositif de HARTMANN 14, de sorte à permettre l'acquisition de trois points autour de B et non de B', pour plus de précision.

Une fois les coordonnées des points A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , B_3 acquis, le calculateur est en mesure de déterminer l'équation des plans P_A , P_B et des
25 normales N_A , N_B , la valeur des angles Φ et D et enfin de calculer l'indice de réfraction n.

Bien que l'exemple décrit ici se réfère à l'éclairage de la lentille par un rayon lumineux, il est possible d'employer plus d'un rayon lumineux, par exemple en éclairant toute la lentille avec un faisceau d'un diamètre important
30 qui équivaut à un faisceau de rayons lumineux parallèles et en ne sélectionnant que les faisceaux nécessaires.

- Des variantes de réalisation du dispositif peuvent être envisagées sans pour autant sortir du cadre de l'invention. Notamment, le palpement mécanique peut être remplacé par un palpement optique sans contact à rayon laser et caméra CCD basé sur des calculs de triangulation tel qu'illustré par le document US 6 122 063. De plus, bien que la machine décrite ici soit un centreur, la détermination des points A_1 , A_2 , A_3 et B_1 , B_2 , B_3 peut être réalisée dans un poste de palpement spécifique ou sur une meuleuse de lentilles équipée de palpeurs. L'opération implique alors le déplacement de la lentille entre les différents postes de travail, par exemple à l'aide d'un bras manipulateur, vis-à-vis d'un référentiel préétabli.
- Elle peut alternativement impliquer la pose d'une référence sur la lentille, tel qu'un accessoire de glissement courant dans ce domaine. La machine décrite peut ainsi intégrer des fonctions courantes de caractérisation d'autres paramètres de la lentille, des fonctions de centrage et de pose d'un pion de centrage ou d'entraînement. Dans la pratique, l'étape de palpement suivra celle de centrage.
- De même, d'autres méthodes mathématiques basées sur le procédé objet de l'invention peuvent permettre d'aboutir à l'indice de réfraction mesuré. Par exemple, après palpement des trois points et détermination de l'orientation de la deuxième direction, il peut être employé une table de correspondance, au lieu du calcul précité, donnant directement la valeur d'indice de réfraction correspondant à chaque combinaison de points palpés et de deuxième direction définie.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure de l'indice de réfraction (n) d'une lentille ophtalmique (1) délimitée par une première face (3) et une deuxième face (5), caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

5 immobiliser la lentille (1) sur un support (17) ;

 éclairer la lentille (1) avec au moins un rayon lumineux orienté selon une direction d'incidence, ledit rayon formant un rayon incident (2) entrant dans la lentille (1) par la première face (3) en un point d'incidence (A) ainsi qu'un rayon émergeant (6) sortant de la lentille (1) par la deuxième face (5) en un
10 point d'émergence (B) selon une direction d'émergence, avec, parmi la direction d'incidence et la direction d'émergence, l'une de ces directions qui est dite première direction et qui a une orientation prédéterminée ;

 déterminer l'orientation de l'autre de ces directions qui est dite deuxième direction ;

15 déterminer les coordonnées d'au moins un groupe de trois points environnants (A_1 , A_2 , A_3) situés sur la première face (3) de la lentille (1) à proximité immédiate, et répartis autour, du point d'incidence (A) ;

 déterminer les coordonnées d'au moins un groupe de trois points environnants (B_1 , B_2 , B_3) situés sur la deuxième face (5) de la lentille (1) à
20 proximité immédiate, et répartis autour, du point d'émergence (B) ;

 calculer l'indice de réfraction (n) de la lentille (1) à partir des coordonnées desdits points environnants (A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , B_3) et de l'orientation de la deuxième direction.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape
25 de calcul de l'indice de réfraction (n) est réalisée à partir de l'angle formé par les deux plans (P_A , P_B) passant respectivement par les points environnants (A_1 , A_2 , A_3) de la première face (3) et par les points environnants (B_1 , B_2 , B_3) de la deuxième face (5).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que
30 l'étape de détermination des coordonnées des points environnants (B_1 , B_2 , B_3) de la deuxième face (5) est effectuée en référence à un point théorique (B')

défini par l'intersection entre la deuxième face (5) de la lentille (1) et le prolongement du rayon incident (2).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les coordonnées d'au moins l'un des points environnants (A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , B_3) sont déterminées par palpement mécanique.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les coordonnées d'au moins l'un des points environnants (A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , B_3) sont déterminées par palpement sans contact.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'étape de détermination de l'orientation de la deuxième direction comporte la mise en œuvre du procédé de Hartmann au moyen d'une matrice de Hartmann (7) et d'un écran (8) disposés en vis-à-vis de la lentille (1).

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite première direction ayant une orientation prédéterminée est la direction du rayon incident (2) et en ce que ladite deuxième direction est la direction du rayon émergent (6).

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite première direction a une orientation verticale.

9. Machine de caractérisation d'une lentille ophtalmique (1) délimitée par une première face (3) et une deuxième face (5), ladite machine convenant à la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 8 et comportant :

un support (17) de lentille adapté à laisser au moins un rayon lumineux traverser de part en part la lentille (1) ;

une source lumineuse (12) adaptée à émettre au moins un rayon selon une direction d'incidence ;

un dispositif de mesure (7, 8, 22) adapté à la mesure de l'orientation d'au moins un rayon émergent qui s'élève de ladite deuxième face selon une direction d'émergence ;

caractérisée en ce que, parmi la direction d'incidence et la direction d'émergence, l'une de ces directions est dite première direction et est

prédéterminée, l'autre de ces directions étant dite deuxième direction, et en ce que la machine comporte en outre :

un dispositif de palpation (19, 20) adapté à relever la position de points particuliers (A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , B_3) de la première (3) et de la deuxième
5 (5) face de la lentille (1) lorsque celle-ci est en place sur le support (17) ;

un dispositif de calcul (16) relié au dispositif de palpation (19, 20) ainsi qu'au dispositif de mesure (7, 8, 22) et adapté à l'acquisition et au traitement numérique des coordonnées des points palpés et de ladite déviation pour déterminer l'indice de réfraction (n) de la lentille ophtalmique (1).

10 10. Machine selon la revendication 9, caractérisée en ce que le dispositif de mesure comporte un écran (8) disposé en vis-à-vis de la deuxième face (5) de la lentille (1), ainsi qu'une matrice de Hartmann (7) disposée entre la deuxième face (5) de la lentille (1) et ledit écran (8).

15 11. Machine selon la revendication 10, caractérisée en ce que le dispositif de mesure comporte en outre des moyens d'acquisition (22) de l'image formée sur ledit écran (8).

20 12. Machine selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisée en ce que l'écran (8) et la matrice de Hartmann (7) sont disposés horizontalement, en ce que la source lumineuse (12) est adaptée à émettre un rayon vertical et en ce que le support (17) est adapté à maintenir horizontalement la lentille (1).

13. Machine selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisée en ce que ladite première direction ayant une orientation prédéterminée est la direction du rayon incident (2) et en ce que ladite deuxième direction est la direction du rayon émergent (6).

25 14. Machine selon l'une des revendications 9 à 12, caractérisée en ce que ladite première direction a une orientation verticale.

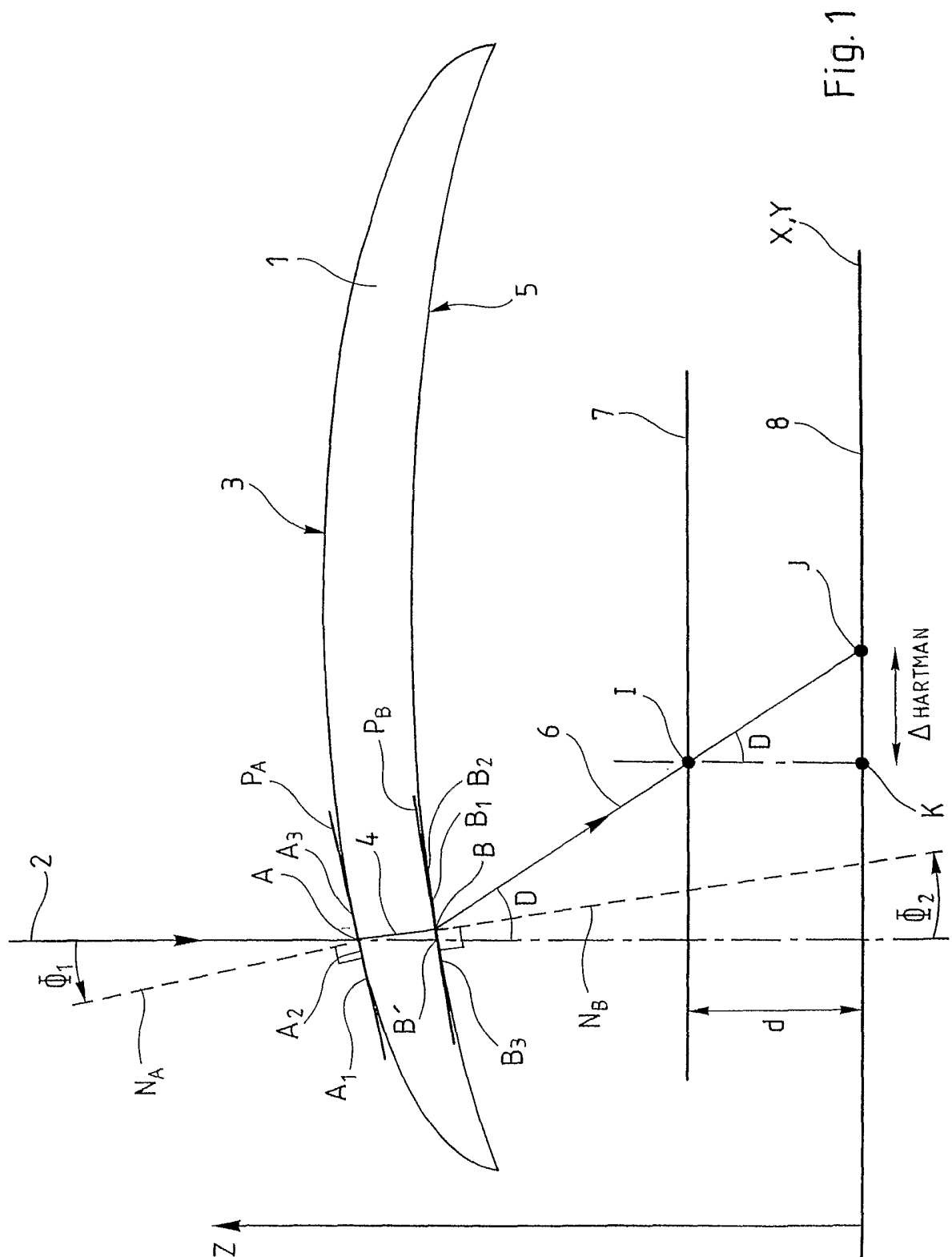


Fig. 1

2/2

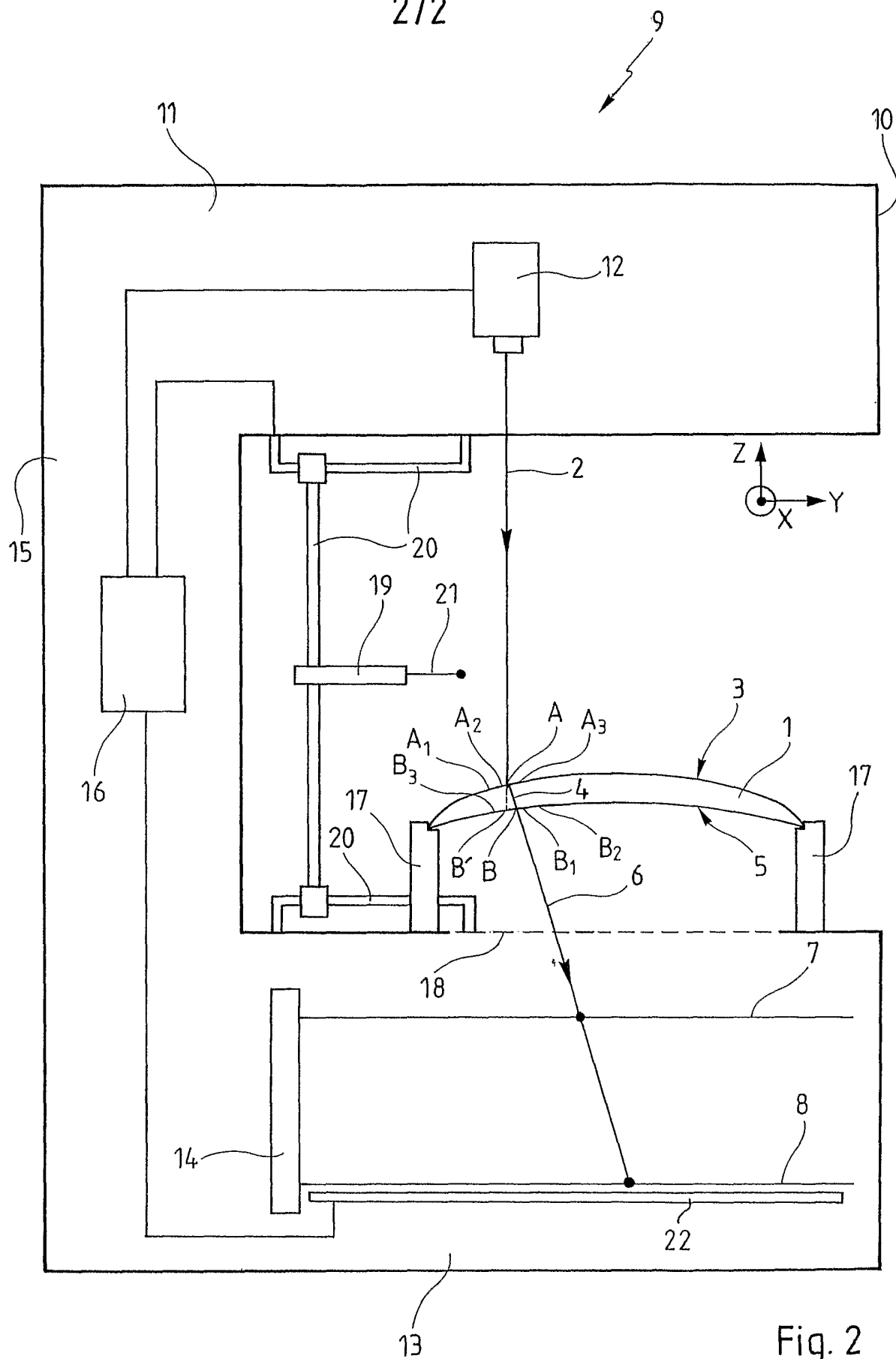


Fig. 2