

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
11 octobre 2007 (11.10.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/113281 A1

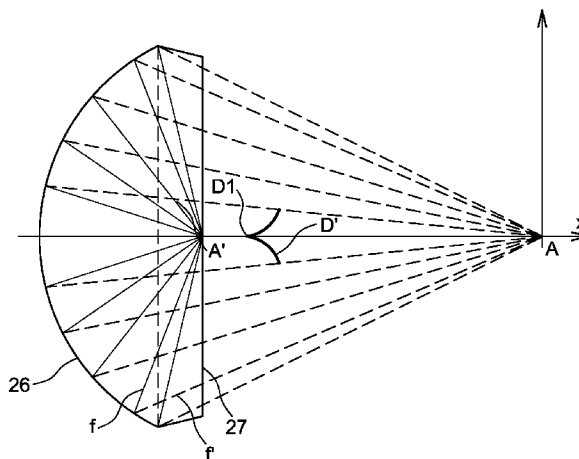
- (51) Classification internationale des brevets :
G11B 7/135 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2007/053168
- (22) Date de dépôt international : 2 avril 2007 (02.04.2007)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
06 51193 4 avril 2006 (04.04.2006) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE** [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Immeuble "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **MIMOUNI, Salim** [DZ/FR]; 58 rue Félix Esclangon, Appt 320, Résidence Marie Curie 2, F-38000 Grenoble (FR).
- (74) Mandataire : **POULIN, Gérard**; BREVATOME, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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), eurasien (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, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SOLID IMMERSION LENS WITH INCREASED FOCUSING CAPACITY

(54) Titre : LENTILLE A IMMERSION SOLIDE A CAPACITE DE FOCALISATION ACCRUE.

$$\sqrt{x^2 + y^2} - n\sqrt{(x-a)^2 + y^2} = L \quad (3)$$



(57) Abstract: The invention concerns a solid immersion lens made of a material with refractive index n1, having a useful separation diopter (26) with a medium having a refractive index n2, an optical axis, a virtual object focus (A) for a convergent optical beam penetrating the lens through the useful diopter, said virtual object focus (A) being conjugated with a real-image focus (A'). The diopter (26) is defined by the equation (3), x, y are the coordinates of a point (I) of the diopter (26) in a mark (A, x, y) originating in the virtual object focus (A) and the x axis of the optical axis (Ax), a is the non-null algebraic distance between the virtual object focus (A) and its conjugate (A'), n is the ratio n1/n2 of the refractive indices. The diopter (26) is smooth and the conjugate (A') is located downstream of the useful diopter (26) for the optical beam. The invention is in particular useful for recording, reading, reproducing optical data.

[Suite sur la page suivante]

WO 2007/113281 A1



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

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

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.

(57) Abrégé : Il s'agit d'une lentille à immersion solide en un matériau à indice de réfraction n_1 , possédant un dioptré utile (26) de séparation avec un milieu ayant un indice de réfraction n_2 , un axe optique, un foyer objet virtuel (A) pour un faisceau optique convergent entrant dans la lentille par le dioptré utile, ce foyer objet virtuel (A) étant conjugué avec un foyer image-réel (A'). Le dioptré (26) est défini par l'équation (3), x, y sont les coordonnées d'un point (I) du dioptré (26) dans un repère (A, x, y) ayant pour origine le foyer objet virtuel (A) et axe des abscisses l'axe optique (Ax), a est la distance algébrique, non nulle, entre le foyer objet virtuel (A) et son conjugué (A'), L est le chemin optique, non nul, séparant le foyer objet virtuel (A) de son conjugué (A'), n est le rapport n_1/n_2 des indices de réfraction. Le dioptré (26) est lisse et le conjugué (A') est situé en aval du dioptré utile (26) pour le faisceau optique. Application notamment à l'enregistrement, la lecture, la reproduction d'informations optiques.

**LENTILLE A IMMERSION SOLIDE A CAPACITE DE FOCALISATION
ACCRUE**

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne une lentille
5 à immersion solide (connue sous l'abréviation anglo-
saxonne de SIL) à capacité de focalisation accrue. Une
telle lentille est particulièrement intéressante dans
le domaine de l'enregistrement et/ou la lecture et/ou
la reproduction d'informations sur un support
10 d'enregistrement optique destiné à stocker les
informations. D'autres applications pour cette lentille
sont possibles telles que la microscopie ou la
lithographie. De telles lentilles sont placées en aval
de l'objectif de focalisation de l'appareil de lecture
15 et/ou d'enregistrement et/ou de reproduction
d'informations optiques, du microscope ou de l'appareil
de lithographie.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

20 Les lentilles classiques sont définies par
les constructeurs par trois paramètres dont deux sont
les rayons de courbure de leurs dioptries d'entrée et de
sortie et dont le troisième est l'indice du matériau
qui les constituent. Ces paramètres définissent les
25 caractéristiques paraxiales de la lentilles telle sa
distance focale. Dans le cadre d'une conjugaison image
objet à distances finies, ces lentilles classiques
fonctionnent avec une bonne capacité de focalisation

pour des rayons incidents à faibles inclinaisons. Dès que l'inclinaison des rayons incidents augmente, elles se révèlent imparfaites, les rayons à forte inclinaison ne se focalisent pas au même point que ceux à faible inclinaison. Pour y remédier, on introduit à leur surface des corrections ponctuelles appelées asphérisations.

Dans le cadre des lentilles à immersion solide, on travaille en principe avec des ouvertures numériques importantes et les lentilles utilisées doivent être aussi parfaites que possible quelle que soit l'inclinaison du rayon incident. On rappelle que l'expression « immersion solide » signifie que le foyer image où s'effectue la focalisation se trouve soit à l'intérieur de la lentille soit au niveau de l'interface de sortie ou même en aval de la lentille dans un voisinage champ proche de l'interface de sortie, c'est-à-dire dans un rayon égal à la longueur d'onde de travail divisé par 2π . De plus, dans de telles lentilles, seul un des dioptries est réellement utilisé, il s'agit de celui qui se trouve du côté de l'objectif de focalisation qui est destiné à coopérer avec une telle lentille. Par la suite, ce dioptrie sera qualifié de dioptrie utile. Une telle configuration permet d'obtenir une conjugaison aussi parfaite que possible entre un foyer objet virtuel et le foyer image réel, indépendamment de défauts éventuels induits par des décentremments ou des désalignements. Ces lentilles à immersion solide sont par définition des imageurs aussi parfaits que possible. Par contre, en particulier dans les applications citées plus haut, on cherche à

améliorer leur capacité de focalisation. On va prendre pour exemple le domaine de l'enregistrement et/ou de la lecture d'informations sur un support d'enregistrement optique pour expliquer les améliorations recherchées pour de telles lentilles à immersion solide.

Récemment une demande croissante en capacité de stockage des disques optiques est intervenue et a posé la problématique de l'augmentation de la densité des données sur le support d'enregistrement optique puisque l'augmentation de la dimension du support d'enregistrement optique n'est pas envisageable. Une réponse directe à ce problème est de réduire la taille de la tache lumineuse (ou spot) faite par le faisceau laser sur le support d'enregistrement optique. Il est connu qu'une tête de lecture et/ou d'enregistrement avec uniquement un objectif de focalisation ayant une ouverture numérique NA sans aberration réalise une focalisation du faisceau laser, de longueur d'onde λ , limitée par la diffraction. La taille d du spot ne dépend que de la longueur d'onde et de l'ouverture numérique NA de l'objectif. La relation approximative qui lie ces grandeurs est :

$$d \approx 1,22 \lambda / NA \quad (1)$$

Dans une telle formule, une réduction de la longueur d'onde λ et/ou une augmentation de l'ouverture numérique NA permettent de diminuer la taille du spot d et donc d'augmenter la densité d'enregistrement sur le support d'enregistrement optique.

Il est connu également que l'introduction d'une lentille à immersion solide dans la tête de

lecture et/ou d'enregistrement accroît l'ouverture numérique de la manière suivante :

$$NA = n_1 \cdot \sin(\alpha_m) \quad (2)$$

avec n_1 indice de réfraction du matériau constituant la lentille à immersion solide, α_m angle entre l'axe optique de la lentille et le rayon marginal. Ces deux paramètres permettent de caractériser la puissance de focalisation de la lentille à immersion solide.

On va se référer aux figures 1A, 1B qui illustrent deux configurations de lentilles à immersion solide conventionnelles.

La lentille de la figure 1A est décrite dans le brevet US-A-5 125 750.

Sur ces figures 1A, 1B, on a représenté une tête optique 10 qui dans cet exemple est une tête de lecture et/ou d'enregistrement et elle est placée à proximité d'un support d'enregistrement optique 3. La tête optique 10 comporte en cascade un objectif de focalisation 1 (schématisé par une lentille) et une lentille à immersion solide 2. La lentille à immersion solide 2 est intercalée entre l'objectif 1 et le support d'enregistrement optique 3. Un faisceau optique 4 a été dessiné, il émerge de la tête de lecture et/ou d'enregistrement 10, il a traversé l'objectif 1 puis la lentille à immersion solide 2 en se focalisant et il forme un spot 5 sur le support d'enregistrement optique 3. Un espace d'air 8 est aménagé entre la lentille à immersion solide 2 et le support d'enregistrement optique 3. La tête de lecture et/ou d'enregistrement 10

peut ainsi survoler le support d'enregistrement optique 3 sans venir en contact avec lui lorsqu'il se déplace.

Sur la figure 1A, le dioptre utile 6 de la lentille à immersion solide 2, se trouve à l'opposé du support d'enregistrement optique 3, du côté de l'objectif de focalisation 1. Il est hémisphérique. L'autre dioptre 7 qui se trouve du côté du support d'enregistrement optique 3 est plan. Sur la figure 1A, l'ouverture numérique de la tête de lecture et/ou d'enregistrement 10 est n_1 fois plus importante que celle de l'objectif 1 seul à cause de la présence de la lentille à immersion solide 2 hémisphérique, n_1 représentant l'indice de réfraction du matériau de la lentille à immersion solide 2. L'inclinaison des rayons du faisceau optique 4 n'est pas altérée par la réfraction dans la lentille à immersion solide 4 dans cette configuration appelée hémisphérique. Il se produit une conjugaison du centre de la sphère avec lui-même. La taille du spot est réduite d'un facteur n_1 par rapport à celle qu'elle serait en l'absence de la lentille à immersion solide hémisphérique.

Sur la figure 1B, la lentille à immersion solide 2 est plus performante en terme de puissance de focalisation. Le dioptre utile 6 de la lentille à immersion solide 2 situé face à l'objectif de focalisation 1 de la tête de lecture et/ou d'enregistrement 10 est maintenant une sphère tronquée d'épaisseur supérieure au rayon de la sphère. Cette lentille à immersion solide est dénommée lentille super-sphérique. L'inclinaison des rayons du faisceau optique 4 est modifiée lors de la traversée de la

lentille à immersion solide. Il se produit une convergence supplémentaire par rapport à celle générée par l'objectif de focalisation 1. Il se produit une conjugaison rigoureusement stigmatique entre les points
5 d'Young-Weierstrass. Ce couple de points est unique, lorsque l'indice de réfraction n_1 de la lentille et celui du milieu environnant n_2 sont fixés ainsi que le rayon de la sphère. La lentille peut être dans l'air et $n_2=1$. L'ouverture numérique de la tête de lecture et/ou
10 d'enregistrement 10 est n_1^2 fois plus importante que celle de l'objectif de focalisation 1 seul à cause de la présence de la lentille à immersion solide 2 super-sphérique. La taille du spot est réduite d'un facteur n_1^2 par rapport à celle qu'elle serait en l'absence de
15 la lentille à immersion solide super-sphérique.

En utilisant de telles lentilles à immersion solide appelées lentilles stigmatiques à dioptré sphérique, il est possible de réaliser des têtes de lecture et/ou d'enregistrement 10 ayant une
20 ouverture numérique supérieure à 1. L'épaisseur de l'espace d'air 8 entre la lentille à immersion solide 2 et le support d'enregistrement optique 3 doit être maintenu aussi faible que possible pour conserver un spot 5 aussi réduit que possible. En effet, le tronçon
25 du faisceau optique 4 d'ouverture supérieure à un, c'est dire situé entre la lentille à immersion solide 2 et le support d'enregistrement optique 3 participe de manière active à la formation du spot 5 limité par la diffraction. Or la réflectivité de ce tronçon de
30 faisceau optique augmente lorsque l'espace d'air 8 augmente. Le brevet US-A-5 125 750 enseigne une méthode

de contrôle continu de l'espace entre la lentille à immersion solide et le support d'enregistrement optique à moins de 100 nanomètres voire même moins de 50 nanomètres dans le meilleur des cas.

5

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de proposer une lentille à immersion solide ne présentant pas les limitations et difficultés ci-dessus, c'est-à-dire ayant une capacité de focalisation accrue.

Un autre but de l'invention est de proposer une lentille à immersion solide qui permette de réduire encore plus la taille du spot et plus généralement la dimension transversale maximale d'un faisceau optique qui émerge d'elle lorsqu'elle est utilisée dans une tête optique en aval d'un objectif de focalisation.

Pour atteindre ces buts l'invention concerne plus précisément une lentille à immersion solide réalisée dans un matériau ayant un indice de réfraction n_1 , possédant un dioptre utile de séparation avec un milieu ayant un indice de réfraction n_2 , un axe optique, un foyer objet virtuel pour un faisceau optique convergent entrant dans la lentille par le dioptre utile, ce foyer objet virtuel étant conjugué avec un foyer image réel. Le dioptre utile est défini par l'équation $\sqrt{x^2 + y^2} - n\sqrt{(x-a)^2 + y^2} = L$ dans laquelle :

x , y représentent les coordonnées d'un point du dioptre utile dans un repère cartésien ayant pour origine le foyer objet virtuel et pour axe des abscisses l'axe optique,

30

a est la distance algébrique entre le foyer objet virtuel et son conjugué, cette distance étant non nulle,

L est le chemin optique séparant le foyer objet virtuel de son conjugué, ce chemin optique étant constant et non nul,

n est le rapport de l'indice de réfraction n_1 sur l'indice de réfraction n_2 , le dioptre utile étant lisse et le conjugué étant situé en aval du dioptre utile pour le faisceau optique.

On rappelle que dans un système optique, le foyer objet virtuel correspond au point de convergence du prolongement dans leur direction initiale des rayons d'un faisceau incident convergent qui entre dans le système optique. Le foyer est qualifié de foyer objet car il est construit à partir de rayons entrants dans le système optique et de foyer virtuel car ce sont les prolongements des rayons qui se coupent en ce point. Les rayons qui vont sortir du système optique ne suivent pas ce chemin. Le foyer image réel correspond au point de convergence des rayons qui sortent du système optique et qui résultent du faisceau convergent incident. Ce foyer est qualifié de foyer image car ce sont les rayons sortants qui se coupent en ce point et de foyer réel car ce sont les rayons eux-mêmes qui se coupent en ce point.

La lentille comporte un autre dioptre à l'opposé du dioptre utile, cet autre dioptre est avantageusement sensiblement plan.

Il est préférable que le conjugué du foyer objet virtuel se trouve au niveau de l'autre dioptre.

Dans une application de tête de lecture et/ou d'enregistrement et/ou de reproduction d'informations optiques notamment, il est préférable que la lentille à immersion solide comporte un bord chanfreiné qui s'évase en se rapprochant du dioptré utile de manière à éviter un contact entre la lentille et un support d'enregistrement des informations optiques.

Il est préférable que, lorsque son dioptré utile est éclairé par un faisceau optique ayant une dimension transversale maximale, la distance algébrique entre le foyer objet virtuel et son conjugué soit sensiblement égale à la dimension transversale maximale du faisceau optique qui éclaire le dioptré utile.

La lentille à immersion solide possède une dimension transversale maximale, il est préférable que la distance algébrique entre le foyer objet virtuel et son conjugué soit sensiblement égale à sa dimension transversale maximale.

Le matériau de la lentille à immersion solide peut être avantageusement du diamant ou du verre LaSF35.

La présente invention concerne également une tête optique qui comporte un objectif de focalisation coopérant avec une lentille à immersion solide ainsi définie, le dioptré utile de la lentille à immersion solide se trouvant du côté de l'objectif de focalisation.

La présente invention concerne également un appareil optique qui comporte une tête optique ainsi définie. Cet appareil optique peut être un appareil de

lecture et/ou d'enregistrement et/ou de reproduction d'informations optiques, un microscope, un appareil de lithographie.

5 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur
10 lesquels :

les figures 1A, 1B (déjà décrites) représentent une tête optique comportant respectivement une lentille à immersion solide hémisphérique et une
lentille à immersion solide super-sphérique ;

15 la figure 2 illustre un appareil optique selon l'invention doté d'une tête optique selon l'invention, elle-même dotée d'une lentille à immersion solide selon l'invention ;

la figure 3 illustre une portion du dioptre
20 utile d'une lentille à immersion solide selon l'invention ainsi que les rayons réels et virtuels qui la traversent ;

la figure 4A illustre une lentille à immersion solide conforme à l'invention ainsi que la
25 développée de son dioptre utile, les figures 4B, 4C montrant les dioptres utiles et leurs développées de lentilles à immersion solide conventionnelles respectivement hémisphérique et super-sphérique ;

les figures 5A, 5B sont des abaques
30 permettant de déterminer le dioptre utile de lentilles à immersion solide de l'invention ;

la figure 6A donne un exemple de lentille à immersion solide super-sphérique, la figure 6B est une courbe d'optimisation permettant de déterminer le dioptre utile d'une lentille à immersion solide de l'invention dérivée de la lentille à immersion solide de la figure 6A, la figure 6C illustre un exemple de dioptre utile d'une lentille à immersion solide obtenu à partir de la courbe de la figure 6B ;

la figure 6D donne un exemple de lentille à immersion solide hémisphérique, la figure 6E est une courbe d'optimisation permettant de déterminer le dioptre utile d'une lentille à immersion solide de l'invention dérivée de la lentille à immersion solide de la figure 6D, les figures 6F et 6G illustrent le dioptre utile de deux lentilles à immersion solide obtenu à partir de la courbe de la figure 6D.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

25

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On va maintenant se référer à la figure 2 qui illustre un exemple de lentille à immersion solide selon l'invention dont est dotée une tête optique 20 d'un appareil optique 100 selon l'invention. Dans l'exemple décrit, la tête optique 20 est une tête de

30

lecture et/ou d'enregistrement et l'appareil optique 100 est un appareil de lecture et/ou d'enregistrement et/ou de reproduction d'informations optiques sur un support d'enregistrement optique 23. L'appareil aurait
5 tout aussi bien pu être un microscope ou un appareil de lithographie. Dans des appareils de type microscope ou appareil de lithographie, la tête optique serait bien sûr configurée de la même manière, c'est pourquoi on n'a pas représenté explicitement de telles têtes afin
10 de ne pas accroître de manière inutile le nombre de figures. Il en est de même pour l'appareil optique. Comme dans les exemples précédents, la lentille à immersion solide 22 est intercalée entre l'objectif 21 de la tête optique 20 et le support d'enregistrement
15 optique 23.

La lentille à immersion solide 22 selon l'invention possède deux dioptries opposés, l'un référencé 27 se trouvant du côté du support d'enregistrement optique 23 et l'autre dit utile
20 référencé 26 se trouvant du côté de l'objectif 21 de la tête optique 20. Dans un microscope électronique, le support d'enregistrement serait remplacé par un objet à observer et dans un appareil de lithographie par un objet sur lequel on va projeter un motif.

25 L'appareil optique 100 comporte de plus une source optique 101 (par exemple un laser) destinée à émettre un faisceau optique 102 vers un séparateur de faisceau 103. Le faisceau optique 102 est dévié par le séparateur de faisceau 103 et concentré sur le support
30 d'enregistrement optique 23 après avoir traversé la tête optique 20. Le faisceau optique 102 qui arrive sur

le support d'enregistrement optique 23 est réfléchi et récupéré par un dispositif de réception 104 par exemple de type photodiode. L'appareil optique 100 comporte de plus des moyens 105 pour asservir la position de la tête optique 20 à celle du support d'enregistrement optique 23. Les éléments bien connus de l'appareil ne sont pas représentés en détail afin de ne pas alourdir inutilement la présente description.

Comme précédemment, le dioptre 27 se trouvant du côté du support d'enregistrement optique 23 est sensiblement plan. L'autre dioptre 26 est maintenant asphérique, il s'agit du dioptre utile. Le faisceau optique 102 est convergent et il rentre dans la lentille par le dioptre utile 26. Cette lentille à immersion solide réalise toujours un stigmatisme rigoureux, c'est-à-dire que le chemin optique entre un point objet et un point image est indépendant du chemin des rayons lumineux qui traversent la lentille. La lentille à immersion solide selon l'invention n'utilise donc pas le même type de conjugaisons propres aux dioptries sphériques, elle ne réalise pas le même gain en taille de spot, ni en ouverture numérique, ni en profondeur de champ.

On suppose que la lentille à immersion solide de l'invention est réalisée dans un matériau ayant un indice de réfraction n_1 et qu'elle est destinée à être plongée dans un milieu ayant un indice de réfraction n_2 différent de n_1 . En général n_2 est de l'air et vaut 1. Le matériau de la lentille pourra être, par exemple, du diamant dont l'indice de réfraction est de 2,4619 pour une longueur d'onde de

405 nanomètres ou du verre par exemple de type LaSF35 (dénomination du catalogue de la société Schott) dont l'indice de réfraction vaut 2,02 pour une longueur d'onde de 405 nanomètres. On appellera par la suite n le rapport n_2/n_1 .

La forme du dioptre utile 26 de la lentille à immersion solide est définie par l'équation suivante :

$$\sqrt{x^2 + y^2} - n\sqrt{(x-a)^2 + y^2} = L \quad (3)$$

avec x, y coordonnées d'un point I du dioptre utile dans un repère cartésien (A, x, y) , illustré sur la figure 3, ayant une origine A et un axe des abscisses Ax qui est un axe optique de la lentille et un axe des ordonnées qui est un axe méridien de la lentille. Le dioptre utile est une surface de révolution autour de l'axe optique Ax. L'axe optique Ax est dirigé vers l'aval du dioptre utile pour un faisceau optique traversant la lentille depuis le dioptre utile. L'origine A est conjuguée avec un point A' placé également sur l'axe optique Ax et la grandeur algébrique AA' est notée a. Cette grandeur a peut être vue comme un facteur de forme. Le point A est un point objet ou le foyer objet virtuel de la lentille. Le point A' peut se trouver au niveau de l'autre dioptre de la lentille ou être immergé ou être hors de la lentille. Il correspond au foyer image réel de la lentille. Le point A' peut aussi être appelé point image. La grandeur L représente le chemin optique entre l'origine A et son conjugué A'. La grandeur L est constante et non nulle. La grandeur a est également non

nulle. En fait les points A et A' vérifient de manière générale le principe de Fermat qui s'exprime par :

$$\overline{IA} + n\overline{IA'} = L \quad (4)$$

ce qui garantit le stigmatisme rigoureux.

5 La courbe décrite par le point I(x, y) n'est pas un cercle puisqu'elle ne peut se mettre sous la forme $(x-u)^2 + (y-u)^2 = R^2$. Ce n'est pas non plus une conique, elle ne peut se mettre sous la forme $ex^2 + fy^2 + gxy + hx + iy + j = 0$ car si l'équation (3) est élevée
10 au carré, il reste une quantité sous la racine carrée.

 Pour définir le dioptre utile de la lentille selon l'invention, on pourra choisir la grandeur a sensiblement égale à la dimension transversale maximale qu'a le faisceau optique au
15 niveau du dioptre utile ou bien sensiblement égale à la dimension transversale maximale de la lentille. Lorsque le faisceau optique a une section circulaire, cette dimension transversale maximale est son diamètre. Lorsque la lentille à immersion solide est circulaire,
20 la dimension transversale maximale est son diamètre.

 En fonction de l'ouverture numérique souhaitée, on obtient alors la grandeur L comme on le verra par la suite.

 La puissance de focalisation de la lentille
25 influe directement sur la taille du spot illuminant le support d'enregistrement optique 23. La taille du spot au niveau du foyer image réel de la lentille à immersion solide est donné par l'équation (1) ce qui donne en combinant les équations (1) et (2).

$$30 \quad d' = 1,22\lambda / n\sin(\alpha') \quad (5)$$

Pour le dioptré utile de la lentille de l'invention dont l'équation est donnée en (3), il

$$\text{vient : } \sin(\alpha) = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad \sin(\alpha') = \frac{y}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2}} \quad (6)$$

On obtient alors :

$$5 \quad \left| \frac{\sin(\alpha')}{\sin(\alpha)} \right| = \left| \frac{n}{1-L/r} \right| \quad (7)$$

Le rapport des ouvertures numériques NA'/NA avec lentille à immersion solide et sans lentille à immersion solide traduit la puissance de focalisation.

$$P = \frac{n^2}{|1-L/r|} \quad (8)$$

10 r représente la distance séparant le point I(x,y) du dioptré utile à l'origine A.

Cette grandeur P est supérieure à n^2 car $1/1-L/r$ peut être inférieur à un pour certaines valeurs de L.

15 Pour une lentille à immersion solide hémisphérique, le dioptré utile obéit à :

$$\sqrt{x^2 + y^2} = \left| \frac{L}{1-n} \right| \quad (9)$$

ce qui signifie que par rapport à l'équation (3) $a=0$ et $L/r = n+1$, on obtient bien $P = n$.

20 Dans ce cas, A est confondu avec A'.

Pour une lentille à immersion solide super-sphérique, le dioptré utile obéit à :

$$\left(x - \frac{an^2}{n^2-1} \right)^2 + y^2 = \left(\frac{an}{n^2-1} \right)^2 \quad (10)$$

25 ce qui signifie que par rapport à l'équation (3) $L=0$, on obtient bien $P = n^2$.

En revenant à la lentille de l'invention à dioptré utile asphérique, la puissance de focalisation dépend de la grandeur r . Cela signifie que selon

l'incidence, un rayon qui percute ce dioptre asphérique, va être réfracté avec un gain d'ouverture numérique différent. Il existe une infinité de dioptres utiles rigoureusement stigmatiques qui obéissent à l'équation (3) lorsque la grandeur a est fixée.

Pour que la lentille selon l'invention puisse être techniquement réalisable, il faut également que deux conditions soient vérifiées. La première est que le dioptre utile soit lisse, ce qui signifie que la courbe qui définit ce dioptre utile est dérivable une fois et que sa dérivée est continue. En d'autres termes, elle possède une tangente unique en tous points. La seconde est que le point A' soit situé en aval du dioptre utile pour un faisceau optique entrant dans la lentille par le dioptre utile et ressortant par l'autre dioptre. L'expression « est situé en aval du dioptre utile » veut dire que l'abscisse du point conjugué A' dans le repère (A, x, y) est supérieure algébriquement à celles des points du dioptre utile ou est égale à l'abscisse la plus grande des points du dioptre utile. On a orienté l'axe Ax des abscisses de manière à ce qu'il soit dirigé vers l'aval du dioptre utile pour un faisceau optique entrant dans la lentille par le dioptre utile et sortant par l'autre dioptre. Le point A' n'est pas situé strictement en amont de tous les points du dioptre.

Il est avantageux de réduire la surface de la lentille à immersion solide 22 la plus proche du support d'enregistrement optique 23 pour éviter des risques de contact entre lentille à immersion solide et support d'enregistrement optique. Cela peut se faire en

chanfreinant le bord 28 de la lentille à immersion solide 22 selon l'invention entre les deux dioptries 26, 27. Le bord chanfreiné 28 s'évase plus on se rapproche du dioptre utile 26. Le bord chanfreiné 28 n'est pas
5 traversé par le faisceau optique 102 ce qui n'introduit pas d'altération de ses propriétés.

Comme dans les lentilles à immersion solide conventionnelles, le foyer image réel A' se trouve de préférence au niveau de l'autre dioptre 27 ainsi la
10 taille du spot sur le support d'enregistrement 23 est la plus petite possible.

Nous allons maintenant comparer la développée du dioptre utile asphérique de la lentille selon l'invention avec celle des dioptres utiles
15 hémisphérique et super-shérique des lentilles conventionnelles.

On va rappeler brièvement la notion de rayon de courbure en se référant à la figure 3. La courbure moyenne d'une courbe $I(x, y)$ entre deux points
20 S et S' se quantifie par le rapport entre l'angle formé par les tangentes à la courbe en S et S' et par la longueur de l'arc SS' . Le rayon de courbure moyen est l'inverse de la courbure moyenne par définition. Si S et S' se rapprochent indéfiniment, la limite de la
25 courbure moyenne correspond à ce qui peut s'appeler courbure en un point unique S . Le rayon de courbure en ce point unique S est toujours l'inverse de la courbure. Le centre de courbure se trouve à l'extrémité libre du rayon de courbure. Intuitivement le rayon de
30 courbure (non représenté sur la figure 3) d'une courbe $I(x, y)$ en un point S est le rayon du cercle qui épouse

au mieux la courbe $I(x, y)$ au voisinage du point S. Ainsi pour une droite, le rayon de courbure est infini et la courbure est nulle. Pour un cercle, la courbure est constante et vaut l'inverse du rayon.

5 La développée du dioptré utile est la surface obtenue par la révolution autour de l'axe optique Ax de la développée de la courbe méridienne à ce dioptré utile. On rappelle que la développée d'une courbe est le lieu suivi par le centre de courbure
10 lorsque le rayon de courbure parcourt la courbe. Les figures 4A, 4B, 4C illustrent respectivement la développée du dioptré utile d'une lentille à immersion solide selon l'invention, celle du dioptré utile d'une lentille à immersion solide hémisphérique et celle du
15 dioptré utile d'une lentille à immersion solide super-sphérique conventionnelles. Sur ces figures, le dioptré utile 26, 26' est représenté ainsi que des rayons optiques f se focalisant au foyer image réel immergé A' (point image). Des rayons optiques virtuels f' sont
20 aussi illustrés sur les figures 4A et 4C, ils se concentrent au foyer objet virtuel A (point objet), puisque dans ces cas les foyers A et A' sont distincts.

 Cette développée est révélatrice de la nature du dioptré utile. Si cette développée est un
25 point (noté D) comme sur la figure 4B, cela signifie que le dioptré utile est sphérique, ce point D se trouvant confondu avec le point A lui-même confondu avec le point A'). Sur la figure 4C, ce point D est distincts des points A et A'. Il a une abscisse plus
30 petite que celle des foyers A et A'. Sur la figure 4A, la développée D' est une courbe sensiblement en V dont

la pointe D1 représente le centre d'un cercle qui épouse au mieux la courbe I(x,y) au voisinage de l'axe optique Ax. Ce point D1 constitue le centre de courbure paraxial et une première approximation d'ordre un du dioptré utile 26. On pourrait démontrer que la forme de la développée du dioptré utile 26 s'apparente à celle d'une parabole semi-cubique qui se développe de part et d'autre de l'axe optique Ax. Cette parabole semi-cubique est la développée générale d'une conique, ceci confirme que le dioptré utile 26 est approximable à l'ordre deux par une conique, dont l'équation s'obtient en réalisant un développement limité à l'ordre deux du radical présent dans l'équation (3).

On a vu que le dioptré utile de la lentille selon l'invention était rigoureusement stigmatique pour le couple de points A et A'. L'aberration est nulle pour une mise au point parfaite au foyer image réel A'. Par contre, il est intéressant d'analyser dans quelles conditions un point B voisin de A dans un plan orthogonal à l'axe optique Ax passant par A se conjugue parfaitement en un point B' voisin de A', situé dans un plan orthogonal à l'axe optique Ax passant par A'. Cette conjugaison parfaite caractérise les lentilles aplanétiques. On peut se référer à la figure 3.

S'il y a conjugaison entre B et B' on peut écrire :

$$dL = -\overrightarrow{AB}.u + \overrightarrow{A'B'}.u \tag{11}$$

avec dL constante.

On tombe alors sur la condition bien connue d'Abbe qui lie les deux points B et B'. Posons $\overline{AB}=h$ et $\overline{A'B'}=h'$. On peut écrire l'équation :

$$h' = \frac{\sin(\alpha_1)}{n \sin(\alpha_1')} h \quad (12)$$

ainsi que l'équation :

$$h' = \frac{h(1 - L/r(\alpha_1))}{n^2} \quad (13)$$

On s'aperçoit donc que le point B' varie
5 avec l'angle α_1 .

La lentille à immersion solide selon l'invention n'est pas aplanétique alors que la lentille à immersion solide super-sphérique l'est. La lentille à immersion solide hémisphérique ne l'était pas non plus.

10 De la même manière, en utilisant la même méthode de différentiation de chemin optique, on peut analyser la condition de conservation de conjugaison entre un point C situé sur l'axe optique Ax voisin de A et un point C' appartenant à l'axe optique Ax et voisin
15 de A'. On aboutit à l'équation suivante (14) connue sous la dénomination de condition d'Herschell. Posons $\overline{AC} = k$ et $\overline{A'C'} = k'$. On obtient :

$$k' = \frac{\sin^2(\alpha_2/2)}{n \sin^2(\alpha_2'/2)} k \quad (14)$$

Ainsi le point C' conjugué de C dépend dans
20 toutes les configurations de l'angle α . La lentille à immersion solide de l'invention ne conserve pas le stigmatisme le long de l'axe optique Ax. Le point C est sur l'axe optique Ax.

Les deux figures suivantes 5A, 5B sont des
25 abaques d'optimisation pour réaliser des lentilles à immersion solide selon l'invention respectivement dans le cas du verre LaSF35 (indice de réfraction $n_1 = 2,09$) et de diamant (indice de réfraction $n_1 = 2,46$) pour une longueur d'onde de 405 nm. En abscisse, on trouve la

grandeur L de l'équation (3) et en ordonnée, l'ouverture numérique du faisceau optique illuminant le dioptré utile de la lentille. On a choisi la grandeur $a = 1$. Des unités arbitraires sont utilisées. Les 5 différentes courbes en traits fins situées en dessous des courbes en traits épais représentent les ouvertures numériques globales possibles pour une lentille asphérique selon l'invention coopérant avec un objectif de focalisation. Au-dessus des courbes en trait épais, 10 on trouve des ouvertures numériques qui ne peuvent être atteintes car la lentille selon l'invention n'est pas réalisable, comme cela a été expliqué plus haut. La droite passant par l'abscisse zéro est exclue car elle caractérise une lentille à immersion solide super- 15 sphérique (avec $L = 0$). Une fois que la grandeur a est choisie et que les abaques sont tracées par ordinateur en fonction des matériaux, de la longueur d'onde et de l'ouverture numérique de l'objectif de focalisation, il suffit de choisir l'ouverture numérique globale qui 20 convient pour une application donnée et de déduire la grandeur L de la lentille. L'équation à laquelle le dioptré utile obéit est alors obtenue. Une telle lentille peut alors être construite par moulage ou par usinage puisque son dioptré utile est parfaitement 25 déterminé.

On va maintenant en se référant aux figures 6A à 6G décrire des exemples de lentilles à immersion solide selon l'invention et faire une comparaison avec des lentilles à immersion solide super-sphérique et 30 hémisphérique conventionnelles.

On va s'intéresser à une tête optique utilisée dans l'air comprenant un objectif de focalisation dont l'ouverture numérique NA vaut 0,45 et qui coopère avec une lentille à immersion solide super-sphérique conventionnelle en verre LaSF35 dont l'indice de réfraction n_1 vaut 2,09. La puissance de focalisation de la lentille vaut n_1^2 soit 4,3681. Le dioptre utile de cette lentille est illustré sur la figure 6A. L'ouverture numérique NA' de la tête optique
5
10
15
20
vaut $n_1^2 NA$ soit 1,97. Comme précédemment, le foyer objet virtuel de la lentille est appelé A, le foyer image réel de la lentille est appelé A' et la distance AA' est choisie égale à -1. La lentille est placée dans un repère cartésien (A, x, y) dont l'origine est A, l'axe des abscisses est l'axe optique de la lentille et l'axe des ordonnées est l'axe méridien de la lentille. Des rayons image réels sont représentés en traits pleins, ils passent par le point A'. Des rayons objet virtuels sont représentés en traits pointillés, ils passent par le point A.

La figure 6B illustre une courbe d'optimisation permettant, à partir de la lentille à immersion solide super-sphérique illustrée sur la figure 6A d'obtenir une lentille à immersion solide
25
30
asphérique de l'invention. Le paramètre a reste égal à -1. On fait évoluer le paramètre L de chemin optique, exprimé en grandeurs arbitraires, et on observe les variations de la puissance de focalisation de la lentille ayant un dioptre utile obtenu avec ces valeurs de L et a. La plage notée Pi illustre une zone dans laquelle on ne peut pas techniquement réaliser un tel

dioptre utile. On a également illustré deux plages P1, P2 qui correspondent à celles de lentilles à immersion solide selon l'invention. La droite en pointillés représente le niveau de puissance de focalisation de la
5 lentille à immersion solide super-sphérique de la figure 6A. Il faut noter que la courbe d'optimisation qui a été tracée est spécifique à un objectif de focalisation donné de la tête optique et à l'indice de réfraction du matériau de la lentille à immersion
10 solide.

La figure 6C illustre un exemple de dioptre utile d'une lentille à immersion solide selon l'invention, obtenu à partir de la courbe d'optimisation de la figure 6B lorsque le paramètre L
15 prend une valeur optimisée de 2,3. Sur la figure 6B, cette valeur est repérée par un point 0. L'ouverture numérique NA' de la tête optique (objectif de focalisation+lentille) vaut 2,08 alors qu'elle valait 1,97 avec la lentille à immersion solide super-sphérique de la figure 6A.
20

On va s'intéresser à une tête optique comprenant un objectif de focalisation dont l'ouverture numérique NA vaut 0,7 et qui coopère avec une lentille à immersion solide hémisphérique conventionnelle en
25 verre LaSF35 dont l'indice de réfraction n_1 vaut 2,09. La puissance de focalisation de la lentille vaut n_1 soit 2,09. Le dioptre utile de cette lentille est illustré sur la figure 6D. L'ouverture numérique NA' de la tête optique vaut n_1NA soit 1,463. La distance AA'
30 est maintenant nulle ($a=0$), le point A étant confondu avec le point A'. La lentille à immersion solide est

placée dans le repère cartésien (A, x, y) . Des rayons image réels sont représentés, ils convergent vers le point A' . Ils sont confondus avec les rayons objet virtuels.

5 La figure 6E illustre une courbe d'optimisation permettant, à partir de la lentille à immersion solide hémisphérique illustrée sur la figure 6D d'obtenir une lentille à immersion solide asphérique de l'invention. On fait évoluer le paramètre L de
10 chemin optique, exprimé en grandeurs arbitraires, et on observe les variations de la puissance de focalisation de la lentille ayant un dioptre utile obtenu avec ces valeurs de L et $a=0$. La plage notée P_i illustre la zone dans laquelle on ne peut pas techniquement réaliser un
15 tel dioptre utile. On a également illustré deux plages P_1 , P_2 qui correspondent à celles de lentilles à immersion solide selon l'invention. La droite en pointillés représente le niveau de puissance de focalisation de la lentille à immersion solide
20 hémisphérique de la figure 6D.

La figure 6F illustre un premier exemple de dioptre utile d'une lentille à immersion solide selon l'invention, obtenu à partir de la courbe d'optimisation de la figure 6E lorsque le paramètre L
25 prend une valeur optimisée de $-0,8$. Sur la figure 6E, cette valeur est repérée par un point O_1 . L'ouverture numérique NA' de la tête optique vaut $2,06$ alors qu'elle valait $1,463$ avec la lentille hémisphérique de la figure 6D.

30 La figure 6G illustre un deuxième exemple de dioptre utile d'une lentille selon l'invention,

obtenu à partir de la courbe d'optimisation de la figure 6E lorsque le paramètre L prend une valeur optimisée de 3,5. Sur la figure 6E, cette valeur est repérée par un point 02. L'ouverture numérique NA' de la tête optique vaut 2,07 alors qu'elle valait 1,463 avec la lentille hémisphérique de la figure 6D.

Sur les figures 6C, 6F, 6G, on s'aperçoit que le dioptre utile est défini par une courbe lisse et que l'abscisse du point A' (-1) est supérieure à l'abscisse de chacun des points du dioptre utile. L'abscisse maximale des points du dioptre utile a été repérée. Les deux conditions supplémentaires nécessaires à l'obtention du dioptre utile de la lentille selon l'invention sont satisfaites.

Bien que plusieurs modes de réalisation de la lentille à immersion solide selon l'invention aient été représentés et décrits de façon détaillée, on comprendra que différents changements et modifications puissent être apportés sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Lentille à immersion solide réalisée dans un matériau ayant un indice de réfraction n_1 , possédant un dioptre utile (26) de séparation avec un milieu ayant un indice de réfraction n_2 , un axe optique (Ax), un foyer objet virtuel (A) pour un faisceau optique convergent entrant dans la lentille par le dioptre utile, ce foyer objet virtuel étant conjugué avec un foyer image réel (A'), caractérisée en ce que le dioptre utile (26) est défini par l'équation $\sqrt{x^2 + y^2} - n\sqrt{(x-a)^2 + y^2} = L$ dans laquelle :

x, y représentent les coordonnées d'un point (I) du dioptre utile (26) dans un repère cartésien (A, x, y) ayant pour origine le foyer objet virtuel (A) et pour axe des abscisses l'axe optique (Ax),

a est la distance algébrique entre le foyer objet virtuel (A) et son conjugué (A'), cette distance étant non nulle,

L est le chemin optique séparant le foyer objet virtuel (A) de son conjugué (A'), ce chemin optique étant constant et non nul,

n est le rapport de l'indice de réfraction n_1 sur l'indice de réfraction n_2 ,

et en ce que le dioptre utile (26) est lisse et le conjugué (A') est situé en aval du dioptre utile (26) pour le faisceau optique.

2. Lentille à immersion solide selon la revendication 1, caractérisée en ce quelle comporte un

autre dioptre (27) à l'opposé du dioptre utile (26),
cet autre dioptre étant sensiblement plan.

3. Lentille à immersion optique selon la
5 revendication 2, caractérisée en ce que le conjugué
(A') du foyer objet virtuel (A) se trouve au niveau de
l'autre dioptre (27).

4. Lentille à immersion solide selon l'une
10 des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle
comporte un bord chanfreiné (28) qui s'évase en se
rapprochant du dioptre utile (26).

5. Lentille à immersion solide selon l'une
15 des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que,
lorsque son dioptre utile est éclairé par un faisceau
optique ayant une dimension transversale maximale, la
distance algébrique (a) entre le foyer objet virtuel
(A) et son conjugué (A') est sensiblement égale à la
20 dimension transversale maximale du faisceau optique qui
éclaire le dioptre utile (26).

6. Lentille à immersion solide selon l'une
des revendications 1 à 5, possédant une dimension
25 transversale maximale, caractérisée en ce que la
distance algébrique entre le foyer objet virtuel (A) et
son conjugué (A') est sensiblement égale à sa dimension
transversale maximale.

30 7. Lentille à immersion solide selon l'une
des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le

matériau qui la réalise est du diamant ou du verre LaSF35.

5 8. Tête optique (20), caractérisée en ce
qu'elle comporte un objectif de focalisation (21) qui
coopère avec une lentille à immersion optique (22)
selon l'une des revendications 1 à 7, le dioptre utile
(26) de la lentille à immersion solide se trouvant du
côté de l'objectif de focalisation (21).

10

9. Appareil optique (100) caractérisé en ce
qu'il comporte une tête optique (20) selon la
revendication 8.

15

10. Appareil optique (100) selon la
revendication 9, caractérisé en ce que c'est un
appareil de lecture et/ou d'enregistrement et/ou de
reproduction d'informations optiques, un microscope, un
appareil de lithographie.

20

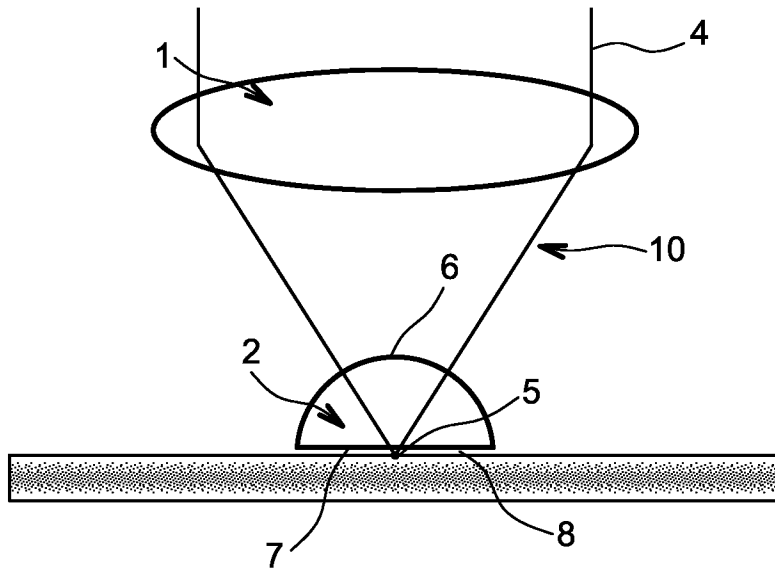


FIG. 1A

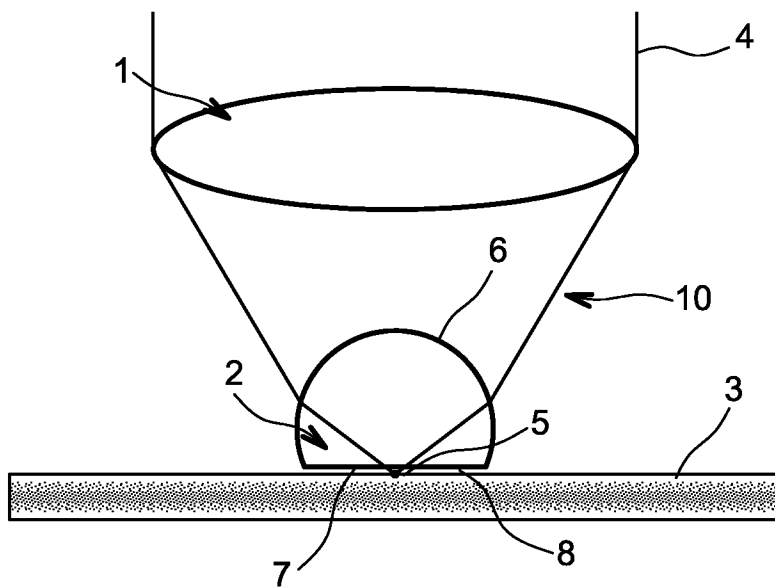


FIG. 1B

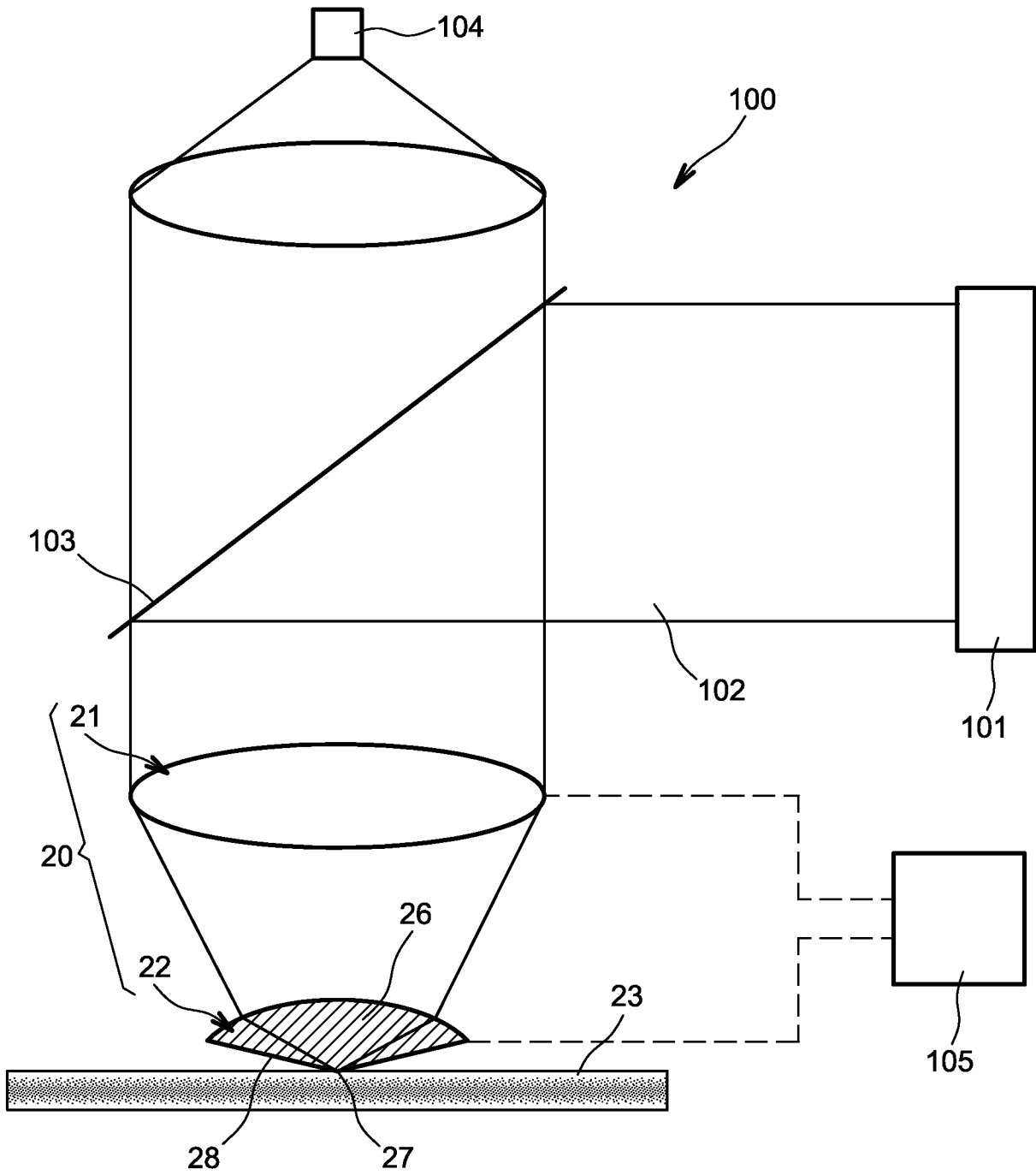


FIG. 2

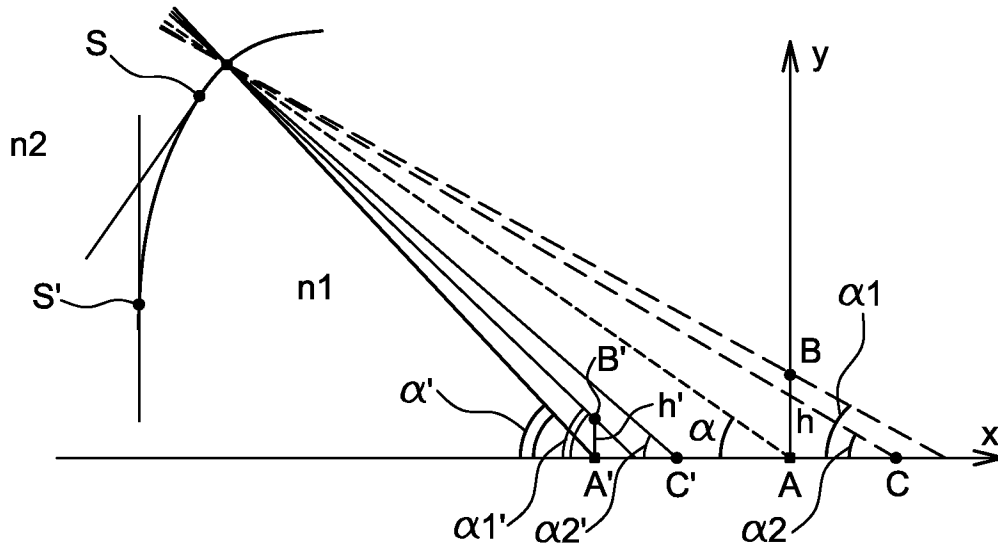


FIG. 3

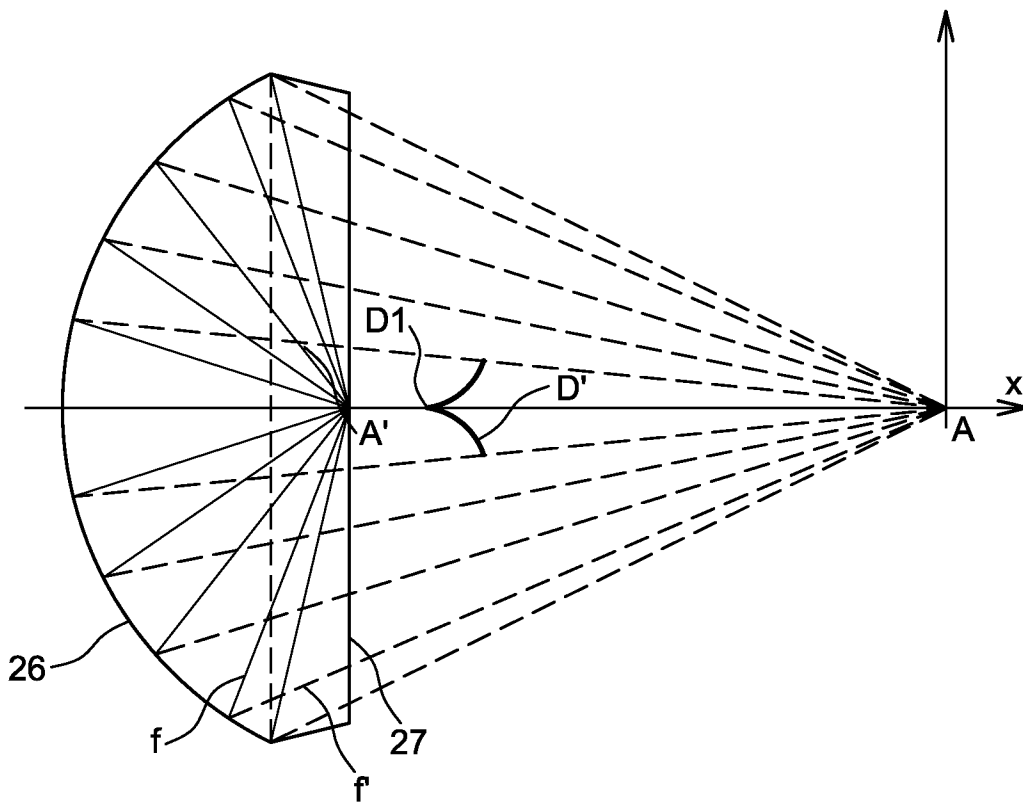


FIG. 4A

4 / 8

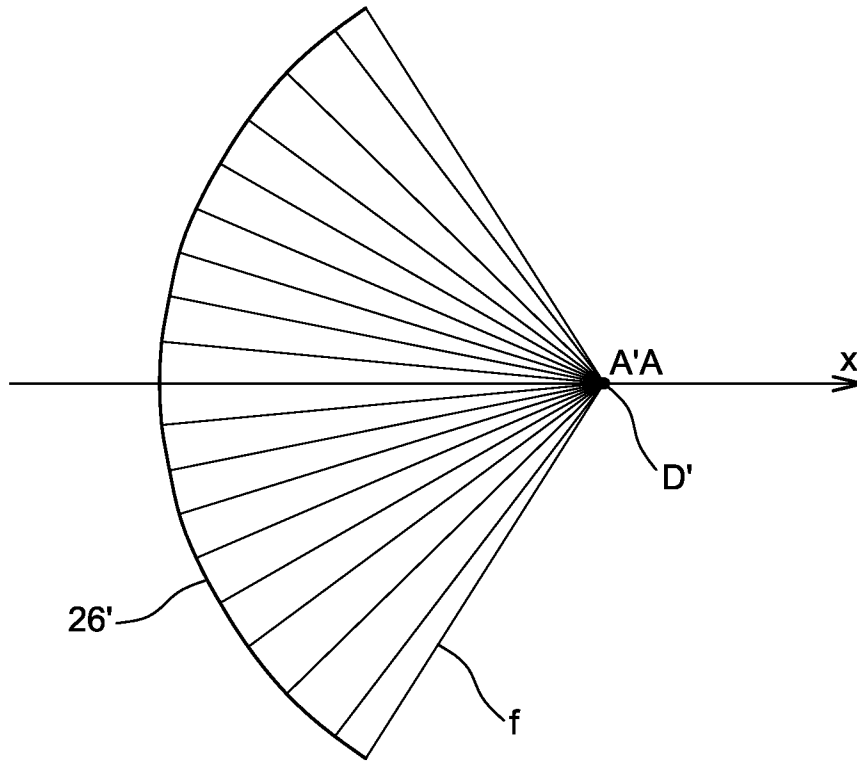


FIG. 4B

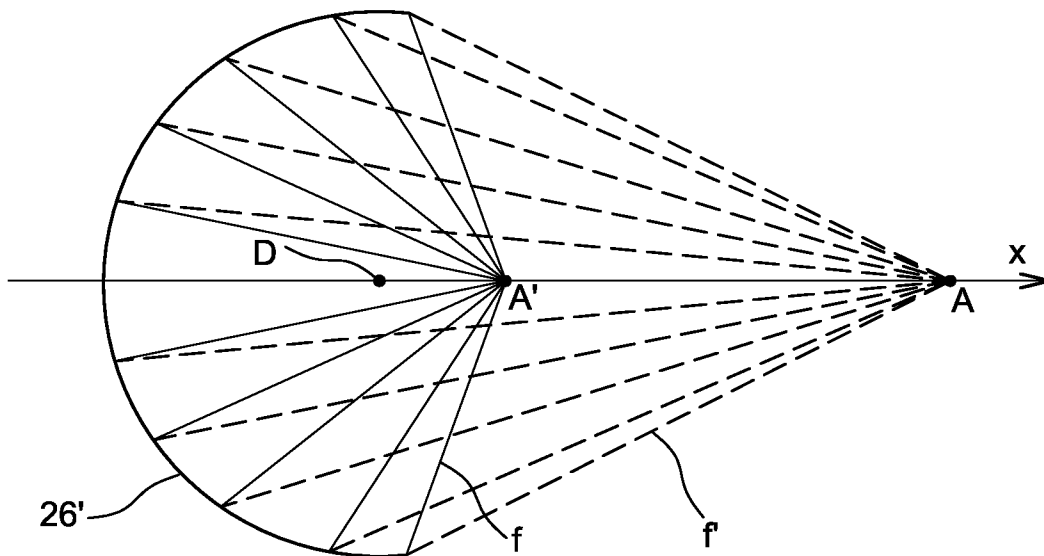


FIG. 4C

6 / 8

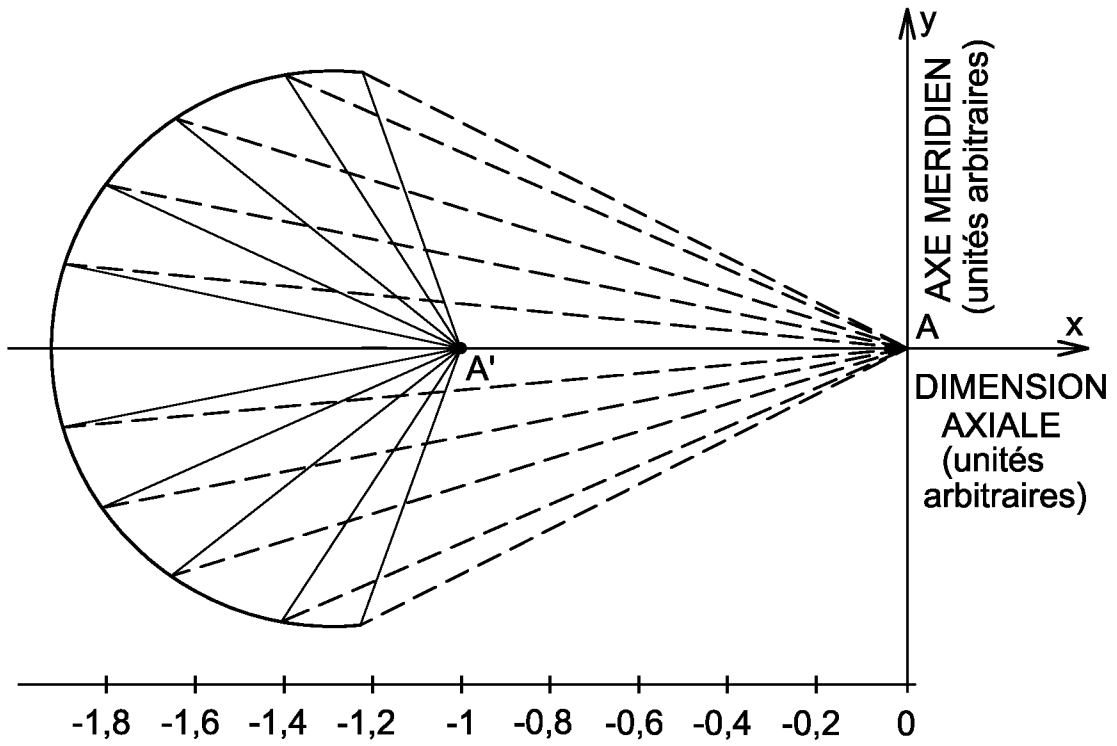


FIG. 6A

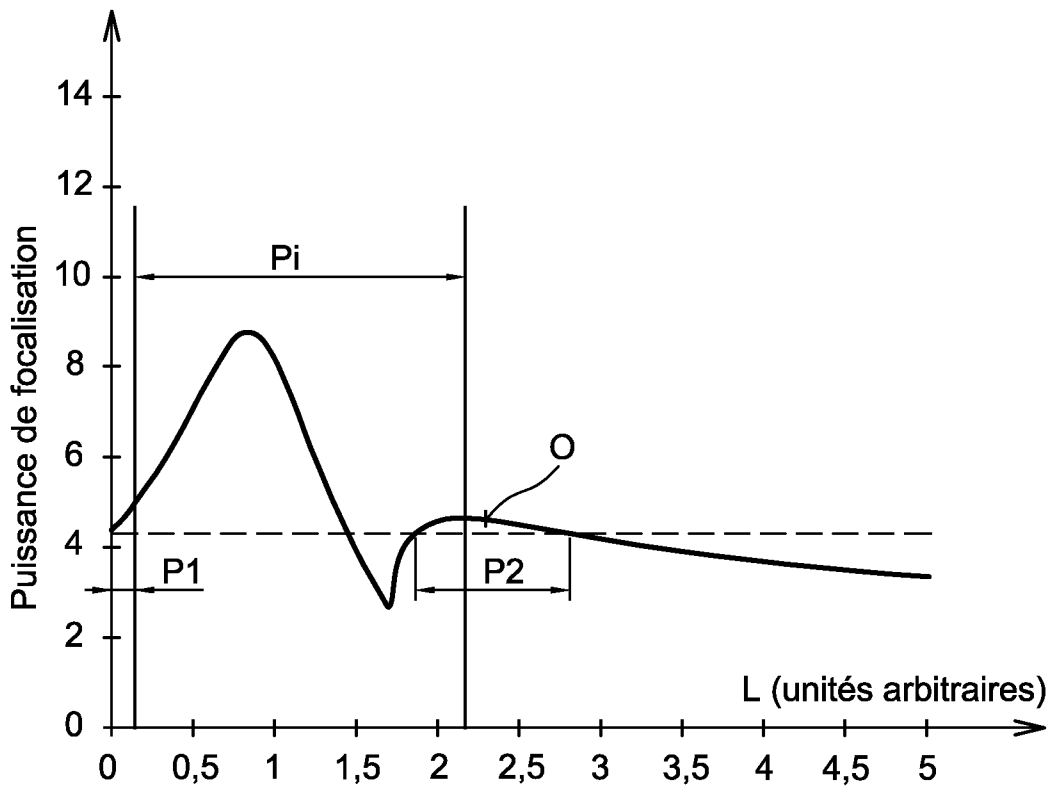


FIG. 6B

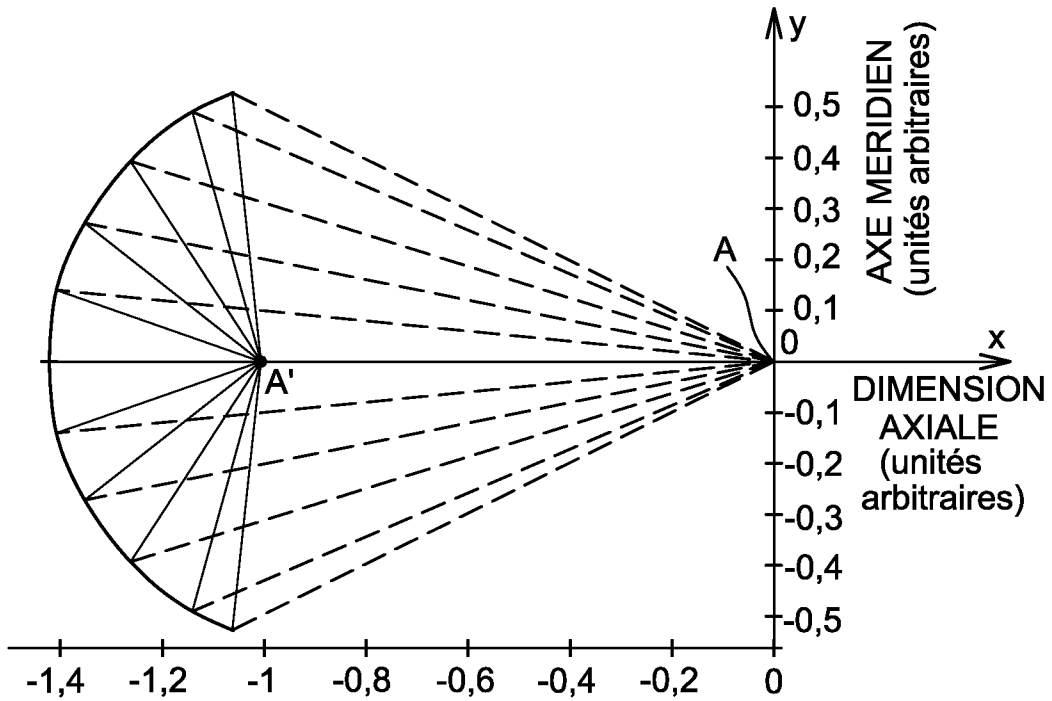


FIG. 6C

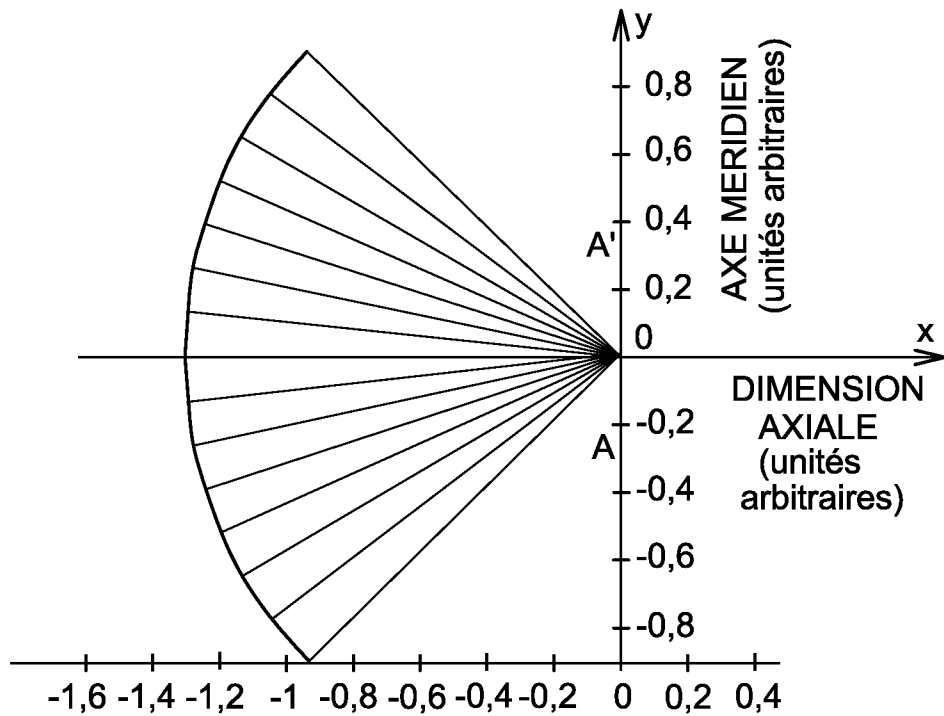
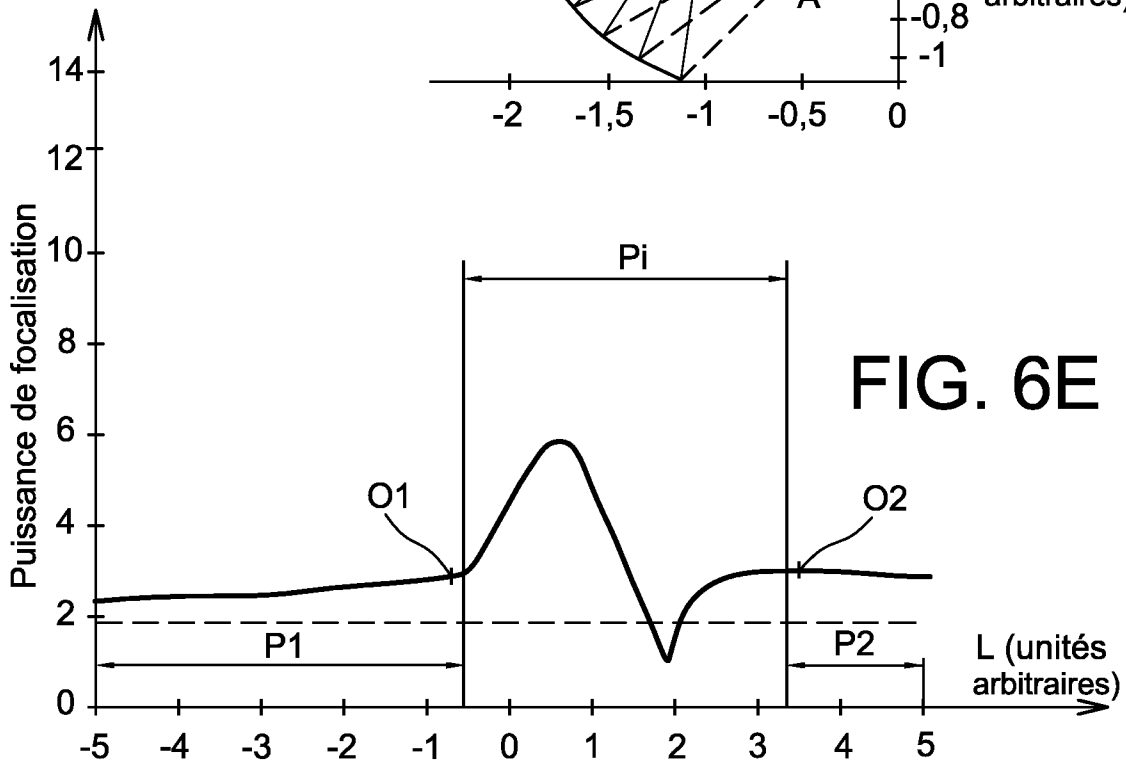
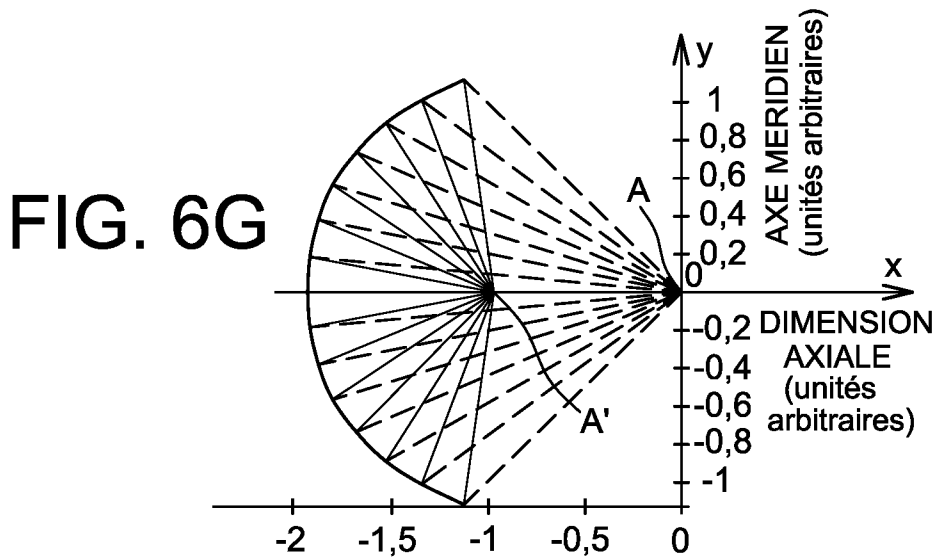
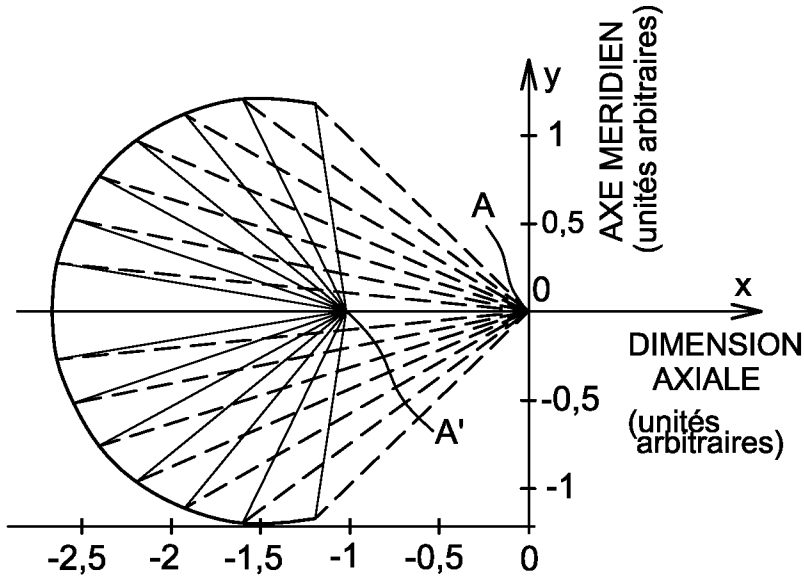


FIG. 6D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/053168

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G11B7/135

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G11B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 02/41309 A (SONG TAE SUN [KR]) 23 May 2002 (2002-05-23) abstract page 1, line 19 - page 4, line 18 page 16, last paragraph - page 26, last paragraph figures 6-8	1-10
A	US 6 633 439 B1 (XU BAOXI [SG] ET AL) 14 October 2003 (2003-10-14) abstract column 1, line 34 - column 2, paragraph 1 column 3, paragraph 2 - column 6, paragraph 2 figures 2-6	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 May 2007

Date of mailing of the international search report

06/06/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moroz, Alexander

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/053168

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/203257 A1 (YOSHIDA TAKESHI [JP] ET AL) 14 October 2004 (2004-10-14) abstract paragraphs [0042] - [0067] figures 4-8	1-10
A	WO 00/23840 A1 (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR [US]) 27 April 2000 (2000-04-27) abstract page 9 - page 10 figures 6-9	1-10
Y	US 5 125 750 A (CORLE TIMOTHY R [US] ET AL) 30 June 1992 (1992-06-30) cited in the application the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/053168

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 0241309	A	23-05-2002	AU 2114602 A	27-05-2002
			JP 2004523053 T	29-07-2004
			US 2004036980 A1	26-02-2004
US 6633439	B1	14-10-2003	SG 97826 A1	20-08-2003
US 2004203257	A1	14-10-2004	JP 2004311823 A	04-11-2004
			KR 20040087847 A	15-10-2004
WO 0023840	A1	27-04-2000	US 6441359 B1	27-08-2002
US 5125750	A	30-06-1992	JP 2553275 B2	13-11-1996
			JP 5189796 A	30-07-1993

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale n°

PCT/EP2007/053168

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G11B7/135				
Selon la classification Internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE				
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G11B				
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche				
Base de données électronique consultée au cours de la recherche Internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
Y	WO 02/41309 A (SONG TAE SUN [KR]) 23 mai 2002 (2002-05-23) abrégé page 1, ligne 19 - page 4, ligne 18 page 16, dernier alinéa - page 26, dernier alinéa figures 6-8	1-10		
A	US 6 633 439 B1 (XU BAOXI [SG] ET AL) 14 octobre 2003 (2003-10-14) abrégé colonne 1, ligne 34 - colonne 2, alinéa 1 colonne 3, alinéa 2 - colonne 6, alinéa 2 figures 2-6 ----- -/--	1-10		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités:				
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention			
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date	"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément			
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)	"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier			
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens	"&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée				
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 30 mai 2007	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 06/06/2007			
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Moroz, Alexander			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2007/053168

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2004/203257 A1 (YOSHIDA TAKESHI [JP] ET AL) 14 octobre 2004 (2004-10-14) abrégé alinéas [0042] - [0067] figures 4-8 -----	1-10
A	WO 00/23840 A1 (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR [US]) 27 avril 2000 (2000-04-27) abrégé page 9 - page 10 figures 6-9 -----	1-10
Y	US 5 125 750 A (CORLE TIMOTHY R [US] ET AL) 30 juin 1992 (1992-06-30) cité dans la demande le document en entier -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2007/053168

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0241309	A	23-05-2002	AU 2114602 A	27-05-2002
			JP 2004523053 T	29-07-2004
			US 2004036980 A1	26-02-2004
US 6633439	B1	14-10-2003	SG 97826 A1	20-08-2003
US 2004203257	A1	14-10-2004	JP 2004311823 A	04-11-2004
			KR 20040087847 A	15-10-2004
WO 0023840	A1	27-04-2000	US 6441359 B1	27-08-2002
US 5125750	A	30-06-1992	JP 2553275 B2	13-11-1996
			JP 5189796 A	30-07-1993