

(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
26 mars 2009 (26.03.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/037249 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G12B 21/06 (2006.01) **G11B 7/135** (2006.01)
G01N 13/14 (2006.01) **B29D 11/00** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/062296

(22) Date de dépôt international :
16 septembre 2008 (16.09.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0757641 17 septembre 2007 (17.09.2007) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE** [FR/FR]; 25
rue Leblanc, Immeuble "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BRUN,
Mickaël** [FR/FR]; 11 Allée des Arcelles, F-38320 Eybens

(FR). **MIMOUNI, Salim** [FR/FR]; 58 rue Félix Esclangon,
F-38000 Grenoble (FR). **NICOLETTI, Sergio** [FR/FR];
84 Avenue Amboise Croizat, F-38400 Saint Martin
D'heres (FR). **POUPINET, Ludovic** [FR/FR]; 10 Impasse
du Ruisset, F-38360 Sassenage (FR). **MORICEAU,
Hubert** [FR/FR]; 26 rue du Fournet, F-38120 Saint-egreve
(FR).

(74) Mandataires : **BREDA, Jean-Marc** etc.; Marks & Clerk
France, Conseils en Propriété Industrielle, Immeuble "Vi-
sium", 22, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, 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, ME, MG, MK, MN, MW,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SOLID IMMERSION LENS AND RELATED METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : LENTILLE A IMMERSION SOLIDE ET PROCEDE DE REALISATION ASSOCIE

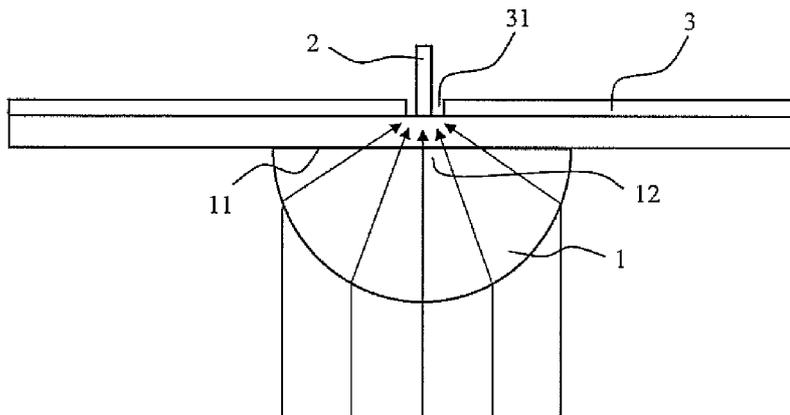


FIG. 1

(57) Abstract: The invention generally pertains to the field of solid immersion lenses for optical applications in high resolution microscopy. The lens of the invention includes a spherical sector (1) limited by a planar surface (11) and an object (2) having nanometric dimensions arranged on the planar surface at the focus of said solid immersion lens. A light-opaque layer (3) having a central opening (31) with nanometric dimensions can be provided on the planar surface, said opening being centred on the focus of the solid immersion lens. The nano-object can be a tube or a thread having a cylindrical shape. The lens of the invention can be made using lithography techniques.

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/037249 A1



MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

(57) Abrégé : Le domaine général de l'invention est celui des lentilles à immersion solide pour applications optiques, en microscopie à très haute résolution. La lentille selon l'invention comporte un secteur sphérique (1) limité par une surface plane (11) et un objet (2) de dimensions nanométriques disposé sur la surface plane, au foyer de ladite lentille à immersion solide. Une couche opaque (3) à la lumière comportant une ouverture centrale (31) de dimensions nanométriques peut être disposée sur la surface plane, ladite ouverture étant centrée sur le foyer de la lentille à immersion solide. Ce nanoobjet peut être un tube ou un fil de forme cylindrique. La lentille selon l'invention peut être réalisée par des techniques de lithographie.

Lentille à immersion solide et procédé de réalisation associé.

Le domaine de l'invention est celui des lentilles à immersion
5 permettant l'écriture ou la lecture d'informations optiques à des tailles
submicroniques.

La possibilité de focaliser une onde électromagnétique sur des
zones de très petites dimensions présente, depuis toujours, des applications
10 dans des domaines très variés. On citera la microscopie, la réalisation de
capteurs ou de détecteurs optiques, la réalisation de systèmes optiques
d'écriture et/ou de lecture de données sur un média d'enregistrement, et plus
généralement toutes les applications où la lumière est utilisée pour sonder ou
modifier localement une zone de focalisation ou le matériel qui s'y trouve. De
15 plus, la course à la miniaturisation des dispositifs et des systèmes, ainsi que
l'avènement des nanosciences et des nanotechnologies, requiert un
accroissement des capacités de focalisation des sondes optiques sur des
dimensions de plus en plus petites.

Cependant, la focalisation d'une onde électromagnétique par un
20 système optique en champ lointain classique est normalement limitée par le
critère de Rayleigh à un rayon r égal à $\lambda/2n \cdot \sin\theta$, où r est la taille du foyer de
focalisation, λ la longueur d'onde de l'onde électromagnétique, n l'indice
optique du matériau dans lequel se propage ladite onde, et θ l'angle maximal
d'ouverture du système de lentille assurant la focalisation. Pour focaliser une
25 onde sur des rayons les plus réduits possibles, plusieurs voies sont
généralement suivies.

La première consiste à augmenter au maximum l'ouverture
numérique NA égale à $n \cdot \sin \theta$. Ceci se fait soit par immersion dans un liquide
de haut indice optique, soit par immersion dans un matériau solide
30 également de haut indice grâce à une lentille hémisphérique ou super
hémisphérique. Ces lentilles sont dites à immersion solide et sont encore
appelées « SIL », acronyme de « Solid Immersion Lens », leur foyer de
focalisation se trouvant dans le plan de l'hémisphère ou du super
hémisphère. Pratiquement, ces techniques permettent de focaliser la lumière
35 sur un foyer plus petit d'un facteur n ou n^2 qu'un système classique en

conservant une transmission proche de 100%, le facteur étant fonction de la forme de la lentille. La limitation de cette technique est liée à l'indice optique du matériau qui n'excède pas quelques unités.

5 La seconde voie possible consiste à concentrer ce champ par les méthodes dites de champ proche optique. Celles-ci exploitent la localisation naturelle du champ électromagnétique à proximité immédiate d'un nano-objet sous forme d'un champ non-propagatif dû à la diffraction. On entend par nano-objet un objet dont au moins une des dimensions n'excède pas
10 quelques dizaines de nanomètres. La géométrie, la distribution spatiale de ce champ et son amplitude sont déterminées d'une part, par la nature, la géométrie et la taille du nano-objet, et d'autre part, par les caractéristiques de polarisation et de longueur d'onde de la lumière diffractée. Le fonctionnement est le suivant : une onde incidente est envoyée sur un nano-
15 objet qui diffracte cette onde, sa taille étant petite devant la longueur d'onde. Le champ résultant possède une composante propagative classique et une composante non propagative qui reste localisée à proximité du nano-objet et appelée champ proche. Ce champ proche peut ensuite être modifié par un second objet, également de faible dimension devant la longueur d'onde. La
20 modification est soit une diffraction, soit une diffusion, soit une modulation du champ. De nombreuses applications utilisent la génération et la détection de ce champ localisé pour l'écriture de points mémoire, la caractérisation, l'excitation et la détection d'objets, généralement de dimensions nanométriques localisés spatialement dans ce champ proche créé par le
25 premier nano-objet, la microscopie dite de champ proche, ...Deux types de nano-objets sont utilisés en pratique pour générer le champ localisé.

Le premier est un trou nanométrique dans un écran opaque généralement métallique. Celui-ci peut être réalisé en géométrie plane ou dans un revêtement métallique sur un support diélectrique comme une fibre
30 optique ou un guide d'onde. Dans cette géométrie, la taille du foyer ne dépend que de la taille du trou. On utilise le champ proche généré en transmission par ces trous de manière à s'affranchir au mieux de l'onde incidente, ce qui offre un bon rapport signal sur bruit. Dans le cas des écrans métalliques, l'effet d'exaltation par couplage aux modes de plasmon peut
35 également être mis à profit pour augmenter encore le rapport signal sur bruit

entre le champ local et le champ propagatif. Les principales limitations de cette approche viennent d'une part, de la faible transmission obtenue qui est proportionnelle au facteur $(a/\lambda)^4$ où a est le diamètre du trou, et d'autre part de la profondeur de pénétration de l'onde lumineuse dans le matériau opaque qui constitue l'écran et qui est liée à l'épaisseur de peau dans les métaux. Théoriquement, la résolution est limitée à environ 15 à 20 nm. Ce type de structure a été abondamment utilisé, par exemple, pour les applications de type microscopie optique en champ proche dites à ouverture. Les techniques de réalisation de ces pointes à base de fibres optiques ne sont généralement pas compatibles des procédés de la microélectronique standard et ces pointes sont donc peu reproductibles. Pour remédier à cela, certains procédés standards ont été proposés. On se reportera, en particulier, à l'article de P. N. Minh et al. paru dans *Review of Scientific Instruments* - Vol. 71, 3111 (2000). Cependant, la dimension de l'ouverture nanométrique dans l'écran n'est pas maîtrisée à mieux que 50 nm.

La deuxième voie consiste à utiliser un nano-objet unique de géométrie définie comme une nano-sphère, un nano-disque ou un paraboloïde ayant au moins une dimension confinée pour concentrer le champ à proximité de celle-ci. Dans cette approche, l'effet de peau n'est pas une limitation et le champ peut être potentiellement confiné sur de très petites dimensions. De même, la transmission n'est généralement plus un problème quand on considère cette approche. En revanche, il est nécessaire d'extraire le signal venant du champ confiné du signal incident. Ceci se fait par des techniques de modulation qui impliquent soit la manipulation physique de ces nano-objets souvent difficile, soit l'exploitation de l'effet d'exaltation via les modes de plasmon de surface pour les structures métalliques. Cette géométrie est abondamment utilisée pour la réalisation de capteurs ou de détecteurs et pour la microscopie optique en champ proche dite sans ouverture. La manipulation des nano-objets uniques 0-dimensionnels reste néanmoins difficile et en pratique, les objets nanométriques ayant au moins une dimension macroscopique sont plus souvent utilisés.

Afin de combiner les avantages des approches avec et sans ouverture de manière à conserver la résolution ultime avec un rapport signal sur bruit favorable, il est connu d'adjoindre un nano-objet à une nano-

ouverture. On citera, à cet égard, l'article de T. H. Taminiau et al., paru dans Nano Letters Vol. 7, 28 (2007) intitulé " $\lambda/4$ resonance of an optical monopole antenna probed by single molecule fluorescence". Dans ce cas, une antenne métallique est rapportée sur une pointe dite « SNOM », acronyme de

5 « Scanning Near-field Optical Microscope », ou « NSOM », acronyme de « Near-field Scanning Optical Microscope », à ouverture classique par des techniques de faisceau d'ion focalisé. Les limitations de cette structure sont multiples. Premièrement, la transmission de la pointe optique « SNOM » classique reste faible comme dans le cas des pointes à ouverture

10 précédemment évoquées. Deuxièmement, le nano-objet qui sert d'antenne est réalisé par gravure du masque métallique sous faisceau d'ions focalisé. Ces techniques de réalisation sont difficilement exploitables pour une réalisation en parallèle de ces têtes de focalisation avec des techniques de production de masse.

15

Il est également connu d'utiliser des lentilles « SIL » pour générer une excitation ou collection en champ proche de type ouverture, tout en conservant une transmission proche de 100%. La génération d'ondes évanescentes au foyer de la lentille « SIL » est alors liée à la réflexion totale

20 interne à l'interface plane de la lentille due à sa géométrie. Ceci a été abondamment mis à profit pour des applications :

- de type microscopie, on se reportera à la publication de S. M. Mansfield et al., parue dans Applied Physics Letters vol. 57, 2615 (1990) ;
- 25 • de type enregistrement optique, voir du même auteur, Optics Letters 18, 305 (1993) ;
- ou encore photolithographie, voir l'article de L. P. Ghislain et al., Applied Physics Letters 74, 501 (1999).

De telles lentilles « SIL » ont également été associées à une

30 pointe pyramidale ou conique. Ces solutions sont décrites dans le brevet US 6 441 359. Cette pointe est réalisée du côté du foyer de la lentille, permettant de balayer cette lentille à proximité de l'échantillon mesuré, sur une distance proche de la longueur d'onde. De telles pointes présentent un rayon de courbure typique de 500 nm et sont réalisées dans le même matériau que

35 celui constituant le « SIL ». Il est également connu d'adjoindre à cette pointe

un revêtement métallique percé d'un trou nanométrique servant à limiter la taille du foyer. L'inconvénient principal de ces pointes vient de leur facteur de forme peu élevé, l'angle ouverture au sommet est typiquement de 65 degrés afin de conserver l'effet de focalisation. Cet angle est très défavorable pour
5 obtenir une bonne résolution topographique en applications de type microscopie en champ proche. Ces pointes peuvent comporter un revêtement métallique mais elles souffrent alors des mêmes limites que les pointes « SNOM » à ouvertures classiques précédemment décrites.

10 L'idée de la présente invention est d'utiliser un nano-objet dit 1D en matériau semi-conducteur tel un nanofil, un nanotube de carbone, un nano-pilier unique au foyer d'une « SIL » comme pointe à haut facteur de forme d'une part et comme antenne pour augmenter la résolution optique d'autre part. Le couplage du nano-objet avec le monde macroscopique est
15 assuré par la lentille à immersion solide au foyer de laquelle est positionné ce nano-objet 1D. Il est particulièrement avantageux de réaliser le nano-objet en matériau semi-conducteur. En effet, un nano-objet est caractérisé entre autres par son facteur de forme. Celui-ci correspond au ratio entre la hauteur du nano-objet au-dessus de son support divisé par son diamètre dans le plan
20 du support. Un ratio élevé permet un asservissement plus facile du dispositif par rapport à la surface en regard le long de laquelle le dispositif se déplace et/ou permet de relâcher les contraintes de planéité sur cette surface. Or, les nano-objets métalliques ont des facteurs de forme assez faible, limité à deux ou trois alors que les nano-objets en matériau semi-conducteur peuvent avoir
25 des facteurs de forme beaucoup plus élevés, de l'ordre de dix.

Plus précisément, l'invention a pour objet une lentille à immersion solide pour applications optiques, comportant un secteur sphérique limité par une surface plane, caractérisé en ce que en ce qu'un fil ou un tube de forme
30 cylindrique en matériau semi-conducteur dont les génératrices sont perpendiculaires à la surface plane et dont au moins une dimension est nanométrique est disposé sur la surface plane, au foyer de ladite lentille à immersion solide.

Avantageusement, une couche opaque à la lumière comportant
35 une ouverture centrale de dimensions nanométriques est disposée sur la

surface plane, ladite ouverture étant centrée sur le foyer de la lentille à immersion solide. Le fil peut être en silicium, peut comporter à son extrémité libre une nanoparticule en or. Il peut également être en oxyde de zinc ou en nitrure de gallium ou être un fullerène tubulaire.

5 Avantageusement, le secteur sphérique est en matériau à fort indice de réfraction.

L'invention concerne également un dispositif optique comprenant une lentille optique selon les dispositions précédentes, le dispositif comprenant alors soit des moyens de génération d'une onde
10 électromagnétique agencés de façon à exciter l'objet de dimensions nanométriques, soit des moyens de détection d'une onde électromagnétique localisée au niveau de l'objet de dimensions nanométriques.

Avantageusement, les lentilles sont organisées en matrice comportant plusieurs lignes de colonnes, chaque colonne comportant
15 plusieurs lentilles.

Avantageusement, la lentille est réalisée par des techniques de lithographie et le procédé comporte au moins une première étape de réalisation qui peut être effectuée de deux façons différentes. Dans un premier mode de réalisation, on dépose :

- 20 • Sur un substrat d'un premier matériau, une première couche d'un second matériau différent du premier matériau apte à être gravé de façon isotrope ;
- une seconde couche d'un troisième matériau comportant une ouverture de dimensions nanométriques.

25 Dans un second mode de réalisation, on dépose sur un substrat d'un premier matériau apte à être gravé de façon isotrope, une seconde couche d'un troisième matériau comportant une ouverture de dimensions nanométriques.

Avantageusement, le procédé comporte au moins les étapes
30 suivantes :

- Etape 2 : réalisation à travers l'ouverture de la seconde couche d'une cavité dans le substrat ou la première couche de forme sensiblement hémisphérique par oxydation ou gravure isotrope ;

- Etape 3 : réalisation d'un dépôt d'un quatrième matériau dans la cavité hémisphérique de façon à former un secteur sphérique ;
- 5 • Etape 4 : suppression sur la seconde face du substrat de la partie du substrat recouvrant le secteur sphérique de façon à le dégager ;
- Etape 5 : réalisation d'un objet de dimensions nanométriques dans ou sur la première couche, au centre de l'ouverture de la seconde couche.

10 Avantageusement, la première étape est suivie d'une étape 1bis de réalisation d'un nano-pilier centré sur l'ouverture de la seconde couche et l'étape 5 consiste à réaliser l'objet de dimensions nanométriques à partir de ce nano-pilier.

15 Avantageusement, l'étape 5 est suivie d'une étape 5bis de croissance d'une couche d'un cinquième matériau sur l'objet de dimensions nanométriques.

 Avantageusement, l'étape 5 est suivie d'une étape 6 de réalisation d'une couche opaque à la lumière épargnant l'objet de dimensions nanométriques.

20 Avantageusement, le troisième matériau est un matériau opaque à la lumière.

 Avantageusement, le premier matériau est du silicium, le second matériau est du silicium ou de l'oxyde de silicium, le troisième matériau est de l'oxyde de silicium ou du nitrure de silicium et le quatrième matériau est
25 un matériau à fort indice de réfraction comme de l'oxyde de silicium ou de l'oxyde de hafnium.

 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non
30 limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

 La figure 1 représente une vue d'une lentille selon l'invention.

 Les figures 2 à 7 représentent les différentes étapes d'un premier procédé de réalisation d'une lentille selon l'invention.

 Les figures 8a et 8b représentent la première étape d'un second
35 procédé de réalisation d'une lentille selon l'invention.

Les figures 9 à 11 représentent les différentes étapes de préparation à la réalisation du nano-objet.

La figure 1 représente une vue en coupe d'une lentille à immersion solide selon l'invention. Elle comprend essentiellement :

- un secteur sphérique 1 limité par une surface plane 11. Ce secteur constitue une structure de focalisation de type lentille à immersion solide apte à focaliser un faisceau lumineux incident sur une zone de la structure, appelée zone focale ou foyer 12. Cette lentille peut être réalisée en silice. Cette lentille peut être réalisée en géométrie planaire par des techniques de lithographie, permettant son intégration en parallèle ;
- un objet de dimensions nanométriques 2 appelé nano-objet et disposé sur la surface plane 11, au foyer de ladite lentille à immersion solide.

Ce nano-objet peut servir de pointe à haut facteur de forme pour les applications dans lesquelles l'ensemble comprenant la lentille à immersion solide et le nano-objet est scanné en champ proche d'un échantillon afin d'en mener l'analyse ou d'en modifier la nature. Ces nano-objets 1D à haut facteur de forme, nanofils et nanotubes, sont utilisés comme pointes « AFM » haute résolution, « AFM » étant l'acronyme de « Atomic Force Microscopy ». On peut, par conséquent, utiliser la lentille selon l'invention, comme pointe multifonctions dans des applications soit AFM, soit « SNOM » et éventuellement « STM », acronyme de « Scanning Tunneling Microscopy ». Dans l'application « SNOM », le nano-objet 2 peut :

- être excité par le faisceau lumineux issu de la SIL dans la zone focale, à transmettre ce signal vers son extrémité opposée et/ou à induire des effets d'exaltation et de localisation spatiale du champ capables de modifier ou sonder localement son environnement. On peut alors l'utiliser, par exemple, pour des fonctions d'écriture d'un media ou d'excitation de molécules, ... ;
- ou détecter un champ électromagnétique localisé et transmettre ce signal à travers sa structure vers le monde macroscopique.

Le nano-objet 2 est choisi parmi une ou plusieurs molécules, un ou plusieurs agrégats, un ou plusieurs nanofils, un ou plusieurs nanotubes ou fullerènes, qu'ils soient organiques ou inorganiques, ou semi-conducteurs ou isolants et pouvant être « fonctionnalisés » ou non, dopés ou non, recouvert
5 d'un revêtement supplémentaire ou non. Ce revêtement peut être métallique. On entend par « fonctionnalisation » la capacité de modifier le nano-objet pour lui donner une fonction particulière. Dans le cas des fullerènes, cette fonctionnalisation peut être faite à l'intérieur ou à l'extérieur de la cage de carbone. Dans le cas des nanofils, la nanoparticule de catalyseur métallique
10 à l'extrémité du nanofil, nécessaire à la phase de croissance peut servir de nano-objet, déporté et positionné dans le foyer de la lentille de façon contrôlée pendant l'étape de croissance. Ainsi, la nature du nano-objet permet de modifier la nature du signal exploitable en fonction de l'application recherchée. A titre d'exemples non limitatifs,

- 15 • Si le nano-objet est un nanofil en silicium, la présence d'une nanoparticule de catalyseur en or à l'extrémité du fil permet la génération d'un plasmon qui concentre le champ à quelques nanomètres seulement de la nanoparticule. Dans ce cas, le contrôle de la croissance du fil permet de positionner et de
20 manipuler le résonateur plasmon aisément ;
- Si le nano-objet est un nanofil en ZnO ou en GaN, la luminescence guidée dans le nanofil peut être utilisée ;
- Si le nano-objet est un nanotube de carbone ou fullerène, la
25 possibilité de fonctionnaliser l'intérieur du tube avec une molécule unique peut être exploitée.

Dans le cas de nanofils photo-luminescents, on exploite la luminescence du nanofil individuel. Le système SIL associé au nanofil positionné en son foyer permet de coupler efficacement la lumière avec le
30 nanofil, afin d'une part, d'exciter la photoluminescence de ce nanofil individuel, et d'autre part, de collecter cette luminescence réémise dans la lentille.

Diverses applications peuvent exploiter ce couplage à un fil individuel. Il a, par exemple, été montré qu'un nanofil individuel se comporte
35 comme une nanocavité LASER et peut donner lieu à une émission stimulée,

voir à ce sujet l'article « Un effet laser » de Jonhson et al. dans Nature Materials 1, 106 (2002). On dispose alors d'un laser nanométrique et intégré qui peut être utilisé pour illuminer et/ou modifier une surface, faire de la photolithographie par matrice de nano-lasers, ou comme structure d'injection
5 dans le fil qui se comporte comme un guide d'onde pour des communications optiques sur des grandes distances.

La luminescence d'un nanofil individuel est de plus fortement modifiée par son environnement immédiat. Par exemple, la présence d'une surface métallique à quelques dizaines de nanomètre peut « éteindre » la
10 luminescence du nanofil. En sondant la luminescence du nanofil re-couplé dans la lentille il est donc possible de cartographier la surface métallique en balayant la surface avec le nanofil utilisé comme une sonde optique en champ proche. De la même façon, la structure « SIL » associé au nanofil permet d'exploiter les deux extrémités du nanofil. L'extrémité couplée à la
15 « SIL » sert de point d'entrée et sortie à la lumière et l'extrémité libre est à même de sonder l'environnement en champ proche du fil. Si on balaye une surface présentant des indices de réfractions variable, la proportion de lumière émise du nanofil vers la surface est d'autant plus forte que l'indice du matériau est fort. A puissance d'excitation constante, la partie réémise vers
20 la « SIL » diminue donc d'autant. La sonde permet dans cet exemple de cartographier la variation d'indice optique d'une surface avec une résolution de la taille nanométrique de la sonde correspondant au diamètre du nanofil.

Lorsque le nano-objet est un nanotube de carbone ou fullerène, il
25 peut être utilisé comme une cage dans laquelle des objets nanométriques aux propriétés optiques intéressantes peuvent être insérés. Par exemple, il a été montré que l'on peut faire entrer dans un nanotube de carbone des molécules organiques comme le β -carotène par traitement chimique et nettoyage des molécules en excédant. On se reportera à l'article de K.
30 Yanagi et al., *Phys. Rev. B* 74, 155420 (2006) sur ce point. Cela ouvre la porte à la réalisation d'une sonde nanotube comportant à son extrémité une molécule organique unique, typiquement un chromophore, couplée à une lentille afin d'accéder à ses propriétés électroniques et ayant une extrémité libre pouvant se coupler à son environnement immédiat pour le sonder. On
35 peut par exemple exciter et détecter la luminescence de cette molécule via la

« SIL » et enregistrer les modifications de celle-ci afin de remonter aux propriétés optiques de la surface étudiée comme dans l'exemple précédent. Le phénomène de transfert d'énergie de type Forster encore appelé « FRET » peut également être mis à profit pour imager des objets moléculaires déposés sur une surface. Si la molécule dans le nanotube est amenée à quelques nanomètres d'une autre molécule, elle peut se désexciter non plus radiativement mais en cédant son énergie à la seconde molécule de manière non radiative par couplage dipolaire. La luminescence de la molécule sonde est alors éteinte ce qui permet de distinguer la présence de la seconde molécule et donc d'imager celle-ci ou au moins d'en cartographier une propriété optique. Ici aussi, la taille « moléculaire » de la sonde permet d'envisager une cartographie avec une résolution de typiquement la taille de la molécule sonde.

Dans le cas de la figure 1, une couche opaque 3 au faisceau lumineux est disposée contre la face de la structure comportant la zone focale. Elle est munie d'un trou nanométrique 31 de dimension inférieure à celle de la zone focale 12 de la lentille afin de réduire la zone focale de la lentille. Avantageusement, l'ouverture de la couche opaque est auto-alignée avec la zone focale. Par ailleurs, cette couche est monocouche ou multicouches selon les applications visées. La « SIL » sert dans ce cas à augmenter la transmission à travers le trou. Le masque métallique troué sert également à aligner le champ électrique avec l'axe du nanofil. Le nano-objet est situé dans l'ouverture de la couche opaque et sur la zone focale de la structure de focalisation.

La lentille à immersion solide selon l'invention est reliée à des moyens d'excitation et d'utilisation de la réponse du nano-objet. Ses moyens ne sont pas représentés sur la figure 1. Ses moyens d'utilisation peuvent être :

- des moyens de traitement permettant d'utiliser la réponse du nano-objet pour le caractériser, ou pour caractériser le couplage de cette réponse avec un autre objet à proximité dans une fonction de type capteur ;

- des moyens d'écriture permettant d'utiliser la réponse du nano-objet pour modifier localement une couche notamment d'enregistrement ou lithographique ;
- des moyens de lecture permettant d'utiliser la réponse du nano-objet pour sonder localement l'état d'une couche d'enregistrement ou de cartographier une réponse locale sur un échantillon d'intérêt ou une couche de lithographie insolée.

Il peut-être avantageux d'utiliser de façon matricielle des dispositifs selon l'invention, en particulier pour écrire sur un milieu d'enregistrement ou lithographique ou utiliser de façon simultanée plusieurs capteurs.

La réalisation de la structure d'adressage « SIL » avec son écran métallique troué et son nano-objet est réalisable de façon parallèle avec des techniques de micro-électronique standard. Ces techniques sont très reproductibles et permettent la production de masse de têtes de lecture /écriture multiples. Ce type de tête combine les avantages des sondes à ouverture et sans ouverture en termes de rapport signal sur bruit et de résolution tout en assurant une transmission importante grâce à la lentille. Ces têtes assurent une diversité de fonctions au travers des divers nano-objets positionnés au foyer de la « SIL ».

A titre de premier exemple, les étapes d'un procédé de réalisation d'une lentille selon l'invention, typiques de l'industrie microélectronique, sont détaillées sur les figures 2 à 7. Ces figures représentent des vues en coupe de la lentille au cours des différentes étapes de sa réalisation.

- Dans une première étape illustrée en figures 2 et 3, on réalise sur une première face d'un substrat 100 d'un premier matériau un empilement comprenant :
 - une première couche 101 d'un second matériau apte à être gravé de façon isotrope. Il est à noter que cette couche aurait pu être le substrat 100 lui même.
 - une seconde couche 102 formée par au moins un troisième matériau. Cette seconde couche doit être à la fois opaque à la lumière et résistante à la gravure isotrope de la couche

inférieure. Bien entendu, on peut remplacer cette couche unique par un empilement de couches pour obtenir les effets souhaités ;

- 5 o On réalise ensuite dans cette seconde couche une ouverture de dimensions nanométriques 103. L'ouverture a un diamètre de dimension inférieure à celles de la structure de focalisation à réaliser ;

10 Le premier matériau peut être du silicium, le second matériau peut être du silicium ou de l'oxyde de silicium et le troisième matériau peut être, en fonction des sous-couches, du nitrure de silicium, de l'oxyde de silicium et un métal comme, par exemple, l'or ou le platine.

- 15 • Dans une seconde étape illustrée en figure 4, on réalise à travers l'ouverture de la seconde couche une cavité 106 dans le substrat de forme sensiblement hémisphérique par gravure isotrope. On obtient ainsi un auto-alignement de la zone focale par rapport à l'ouverture 103 ;
- 20 • Dans une troisième étape illustrée en figure 5, on réalise un premier dépôt conforme 107 d'un quatrième matériau qui peut être du nitrure de silicium puis on dépose une couche épaisse 108 d'un matériau à fort indice optique tel que l'oxyde de silicium ou l'oxyde d'hafnium dans la cavité hémisphérique de façon à former le secteur sphérique de la lentille à immersion. On réalise alors une seconde « planarisation » sur ce dernier dépôt ;
- 25 • Dans une quatrième étape illustrée en figure 6, on supprime, par gravure anisotrope sur la face arrière du substrat, la partie du substrat recouvrant le secteur sphérique 108 de façon à le dégager ;
- 30 • Dans une cinquième étape illustrée en figure 7, on réalise un objet 109 de dimensions nanométriques au centre de l'ouverture de la seconde couche. Cette étape peut être suivie d'une phase de croissance d'un nano-objet à forme fortement anisotrope tel qu'un nanofil ou un nanotube de carbone dans l'ouverture sur la zone focale.

On trouvera des informations concernant cette étape de réalisation de l'objet nanométrique dans les publications suivantes : Carbon nanotubes : opportunities and challenges de H. Dai publiée dans Surface Science 500 (2002) – Epitaxial growth of III-V Nanowires on group IV Substrates de E.P.A.M. Bakkers and Al. publiée dans MRS Bulletin (Vol. 32 – Fév. 2007) – Vertically aligned carbon nanofilters and related structures :controlled synthesis and directed assembly de Melechko and Al publiée dans Applied Physics Reviews 97 (2005) - Propriétés des nanoparticules de T.H. Taminiou et al publiée dans Nano Letters 7, 28 (2007).

A titre d'exemple, l'étape de réalisation du nano-objet peut être effectuée par une approche dite « descendante », plus connue sous le terme de « top-down » où le nano-objet est issu d'un procédé de report de couches associé à un procédé de photo-lithographie. Le nano-objet est alors réalisé dans la couche rapportée par une séquence d'étapes standards typiques des technologies microélectroniques.

Cette étape consiste à reporter une couche constituant le matériau sur le dépôt 107 par collage moléculaire. Cette couche est successivement mise en forme pour donner naissance au nano-objet placé au foyer de la « SIL ». Le procédé de report d'une couche par collage moléculaire sur une surface plane composée de plusieurs matériaux est décrit dans le brevet US2008/0079123. Cette méthode permet :

- D'associer toutes types de matériaux constituant le futur nano-objet placé au foyer, même ceux qui ne sont pas directement réalisables sous forme de nano-objet par dépôt et/ou croissance directe comme des nanofils, des nanotubes, des nano-tiges encore appelés « nanorods », des nano-points encore appelés « nanodots » ;
- De pouvoir gérer la forme du nano-objet a travers le contrôle dimensionnel mis a disposition par les techniques de photo-lithographie courantes et d'exploiter par conséquent toutes les propriétés lies à la forme du nano-objet.

Une variante de type « top-down mixte » du procédé décrit ci-dessus est d'utiliser la couche rapportée comme couche « patron », plus

connue sous la terminologie anglo-saxonne de couche « template » pour la croissance du nano-objet. Cette variante est décrite sur les figures 9, 10 et 11. Cette variante est utile pour les nanofils où il est nécessaire d'avoir une matrice cristalline pour guider la croissance du fil selon la direction souhaitée.

5 Dans ce cas, l'orientation de la couche « template » est la même que la direction préférentielle de croissance pour le nanofil. Par exemple, pour une structure en silicium, la direction cristalline est selon un axe $\langle 111 \rangle$. Comme indiqué sur la figure 9, la couche rapportée peut être constituée d'un sandwich comprenant la couche « template » 110 qui peut être en silicium,

10 une couche catalyseur 111 qui peut être en or et une couche de protection 112 qui peut être l'oxyde de la couche inférieure. Une fois gravée localement la couche de protection comme indiqué sur la figure 10, on fait croître le nanofil selon les procédures connues. On peut précéder cette étape de croissance d'une étape de traitement thermique de la couche du catalyseur comme

15 indiqué sur la figure 11.

L'intérêt de cette variante est lié au diamètre et à la taille du nanofil que l'on peut obtenir. Par des techniques de dépôt chimique en phase vapeur encore appelées « CVD » signifiant « Chemical Vapor Deposition », on obtient des fils dont le diamètre est de quelques dizaines de nanomètres

20 pour des tailles pouvant atteindre ou dépasser le micron.

A titre de second exemple, les étapes d'un second procédé de réalisation d'une lentille selon l'invention sont détaillées ci-dessous. Ce procédé est une variante du précédent et comprend également cinq étapes

25 de réalisation.

- Durant la première étape du procédé précédent, on réalise en plus dans le troisième matériau un nano-pilier 104 centré sur l'ouverture de la seconde couche comme illustrés en figures 8a et 8b. La figure 8a est une vue en coupe et la figure 8b est une
- 30 vue en perspective. L'ouverture a un diamètre de dimension inférieure à celles de la structure de focalisation à réaliser. Enfin, on dépose une couche sacrificielle sur la seconde couche et on réalise une « planarisation » sur cette couche;
- Les étapes 2, 3 et 4 sont sensiblement identiques aux étapes
- 35 correspondantes du procédé précédent ;

- Dans une cinquième étape, on réalise un nano-objet dans l'ouverture sur la zone focale à partir d'une phase de croissance en utilisant le nano-pilier réalisé au cours de la première étape comme support.

5

Cette variante peut être réalisée à partir d'un substrat de type SOI ou la couche d'oxyde est suffisamment épaisse pour y fabriquer la « SIL ». Cette épaisseur peut être de l'ordre de 2 ou 3 microns. La fabrication de la « SIL » est alors précédée par la réalisation d'une poutre nanométrique dans la couche cristalline du SOI, qui est typiquement du silicium, traversant l'ouverture à travers laquelle se fait la gravure isotrope.

La fabrication se poursuit selon les procédures précédemment décrites jusqu'aux étapes de « planarisation ». Ensuite, le catalyseur est déposé au foyer de la « SIL » selon un des procédés décrits. Ainsi, le catalyseur peut être déjà déposé sur la couche semi-conductrice avant gravure de la poutre, on peut également réaliser un greffage sélectif, On effectue enfin la croissance du nanofil ou du nanotube.

Le procédé décrit ci-dessus est bien adapté à l'obtention d'un nano-objet en matériau minéral ayant une structure cristalline donnée sous forme d'un nanofil ou bien sous forme d'une nano-bille.

Si le nano-objet que l'on souhaite coupler à la « SIL » est un nanotube, le procédé de fabrication peut être simplifié parce que la direction de croissance du nanotube est contrôlée par les conditions de croissance et non plus par l'orientation de la couche sous-jacente. Il est alors suffisant de localiser le catalyseur approprié selon une des techniques déjà décrites.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Lentille à immersion solide pour applications optiques, comportant un secteur sphérique (1) limité par une surface plane (11), caractérisée en ce qu'un fil (2) ou un tube de forme cylindrique en matériau semi-conducteur dont les génératrices sont perpendiculaires à la surface plane et dont au moins une dimension est nanométrique est disposé sur la surface plane (11), au foyer de ladite lentille à immersion solide.
- 10 2. Lentille à immersion solide selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'une couche (3) opaque à la lumière comportant une ouverture centrale (31) de dimensions nanométriques est disposée sur la surface plane (11), ladite ouverture étant centrée sur le foyer de la lentille à immersion solide.
- 15 3. Lentille à immersion solide selon la revendication 1, caractérisée en ce que le fil est en silicium.
- 20 4. Lentille à immersion solide selon la revendication 3, caractérisée en ce que le fil comporte à son extrémité libre une nanoparticule en or.
- 25 5. Lentille à immersion solide selon la revendication 1, caractérisée en ce que le fil est en oxyde de zinc ou en nitrure de gallium.
6. Lentille à immersion solide selon la revendication 1, caractérisée en ce que le tube est un fullerène tubulaire.
- 30 7. Lentille à immersion solide selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le secteur sphérique (1) est en matériau d'indice de réfraction supérieur à 1.
- 35 8. Lentille à immersion solide selon la revendication 7, caractérisée en ce que le secteur sphérique (1) est en oxyde de silicium.

9. Lentille à immersion solide selon la revendication 7, caractérisée en ce que le secteur sphérique (1) est en oxyde d'hafnium.

5 10. Dispositif optique comprenant une lentille optique selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le dispositif comprend des moyens de génération d'une onde électromagnétique agencés de façon à exciter l'objet de dimensions nanométriques.

10 11. Dispositif optique comprenant une lentille optique selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le dispositif comprend des moyens de détection d'une onde électro-magnétique localisée au niveau de l'objet de dimensions nanométriques.

15 12. Dispositif optique comprenant des lentilles optiques selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les lentilles sont organisées en matrice comportant plusieurs lignes de colonnes, chaque colonne comportant plusieurs lentilles.

20 13. Procédé de réalisation d'une lentille à immersion solide selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la lentille est réalisée par des techniques de microfabrication de composants microélectroniques.

25 14. Procédé de réalisation d'une lentille à immersion solide selon la revendication 13, caractérisé en ce que le procédé comporte au moins une première étape de réalisation :

- Sur un substrat d'un premier matériau (100), d'une première couche (101) d'un second matériau différent du premier matériau apte à être gravé de façon isotrope ;
- 30 ○ D'une seconde couche (102) d'un troisième matériau comportant une ouverture de dimensions nanométriques ;

35 15. Procédé de réalisation d'une lentille à immersion solide selon la revendication 13, caractérisé en ce que le procédé comporte au moins une première étape de réalisation, sur un substrat d'un premier matériau (100)

apte à être gravé de façon isotrope, d'une seconde couche (102) d'un troisième matériau comportant une ouverture de dimensions nanométriques.

16. Procédé de réalisation d'une lentille à immersion solide selon la revendication 14 ou la revendication 15, caractérisé en ce que le procédé comporte au moins les étapes suivantes :

- Etape 2 : réalisation dans le substrat ou la première couche, à travers l'ouverture de la seconde couche, d'une cavité (106) de forme sensiblement hémisphérique par oxydation ou gravure isotrope ;
- Etape 3 : réalisation d'un dépôt (108) d'un quatrième matériau dans la cavité hémisphérique de façon à former un secteur sphérique ;
- Etape 4 : suppression sur la seconde face du substrat de la partie du substrat recouvrant le secteur sphérique de façon à le dégager ;
- Etape 5 : réalisation d'un objet (109) de dimensions nanométriques dans la première couche, au centre de l'ouverture de la seconde couche.

20

17. Procédé de réalisation selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'étape 1 est suivie d'une étape 1bis de réalisation d'un nanopilier (104) centré sur l'ouverture de la seconde couche et que l'étape 5 consiste à réaliser l'objet de dimensions nanométriques sur le nanopilier.

25

18. Procédé de réalisation selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'étape 5 est suivie d'une étape 5bis de croissance d'une couche d'un cinquième matériau sur l'objet de dimensions nanométriques.

30

19. Procédé de réalisation selon la revendication 16, caractérisé en ce que le troisième matériau est un matériau opaque à la lumière.

20. Procédé de réalisation selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'étape 5 est suivie d'une étape 6 de réalisation d'une couche opaque à la lumière épargnant l'objet de dimensions nanométriques.

35

21. Procédé de réalisation selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'étape 5 comporte une sous-étape de report d'au moins une couche (110, 111, 112) constituant le matériau sur le dépôt (102) par collage moléculaire.

5

22. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 14 à 19, caractérisé en ce que le premier matériau est du silicium, le second matériau est du silicium ou de l'oxyde de silicium, le troisième matériau est de l'oxyde de silicium ou du nitrure de silicium et le quatrième matériau est un matériau à fort indice de réfraction comme de l'oxyde de silicium ou de l'oxyde de hafnium.

10

1/6

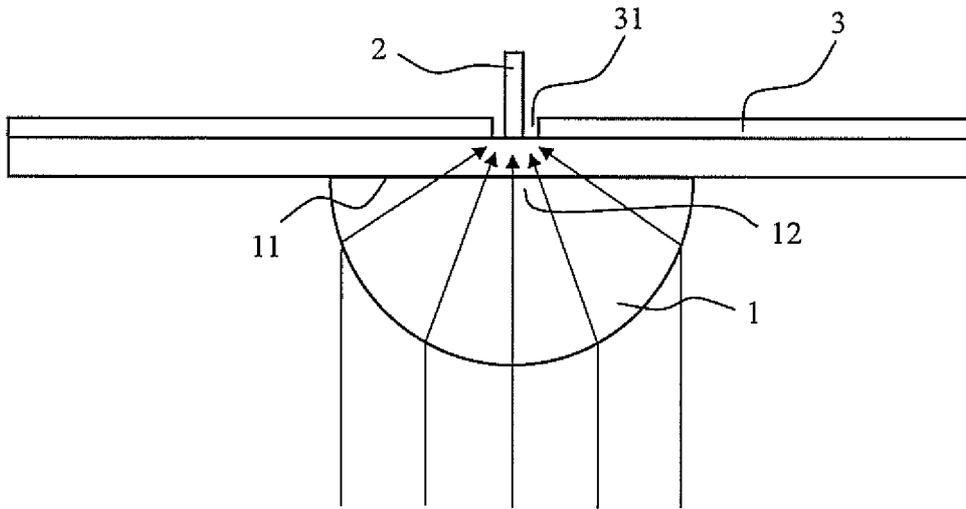


FIG. 1

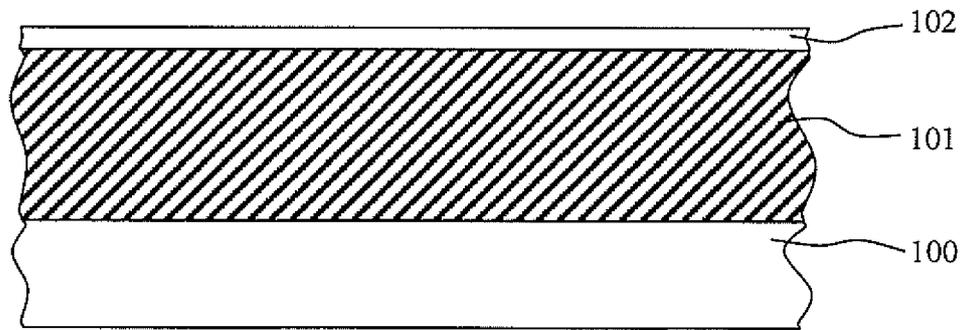


FIG. 2

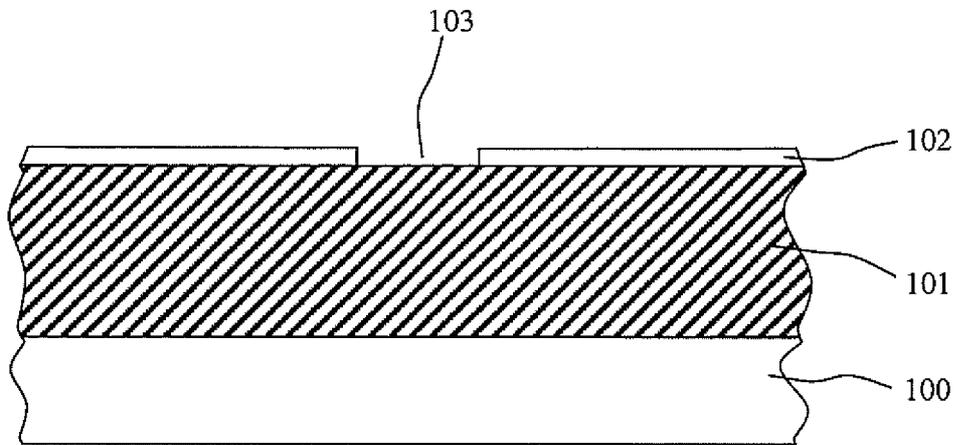


FIG. 3

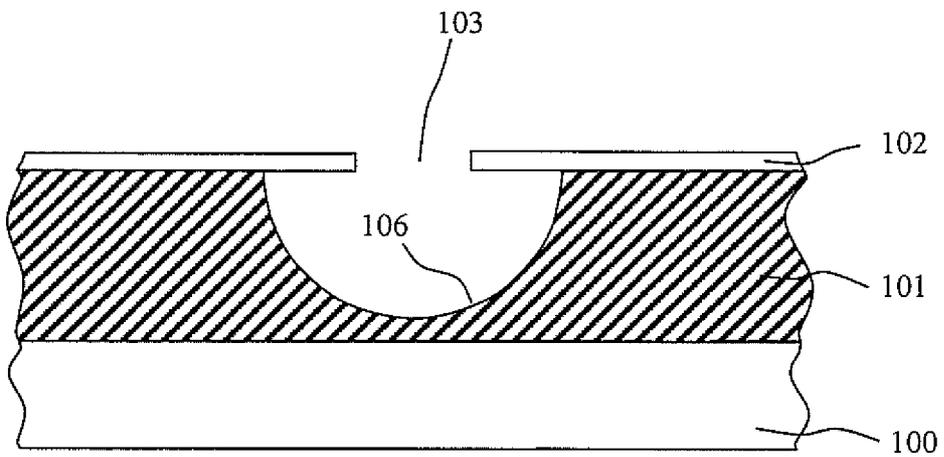


FIG. 4

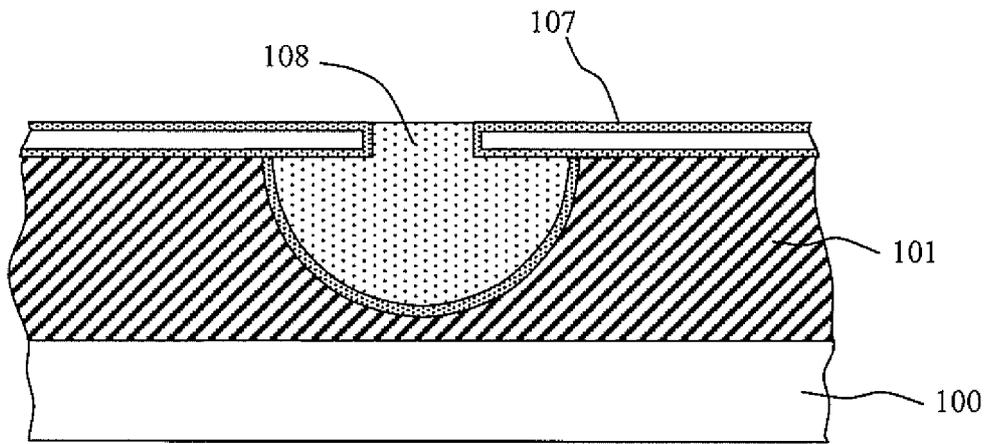


FIG. 5

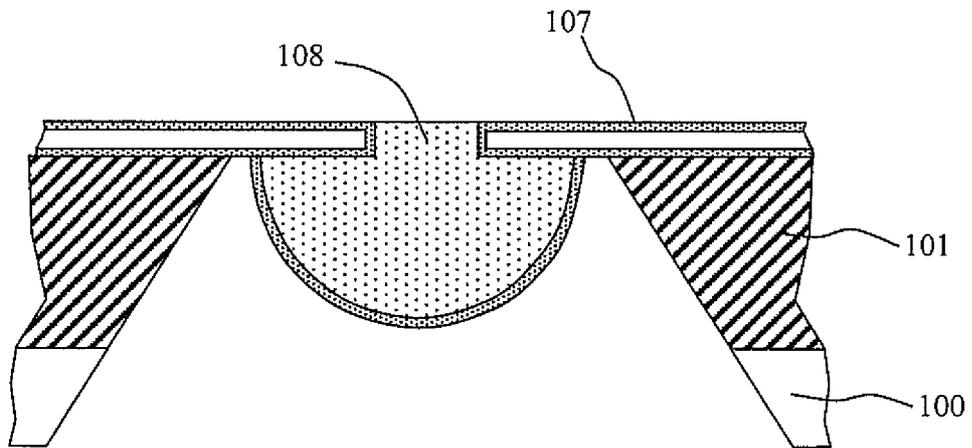


FIG. 6

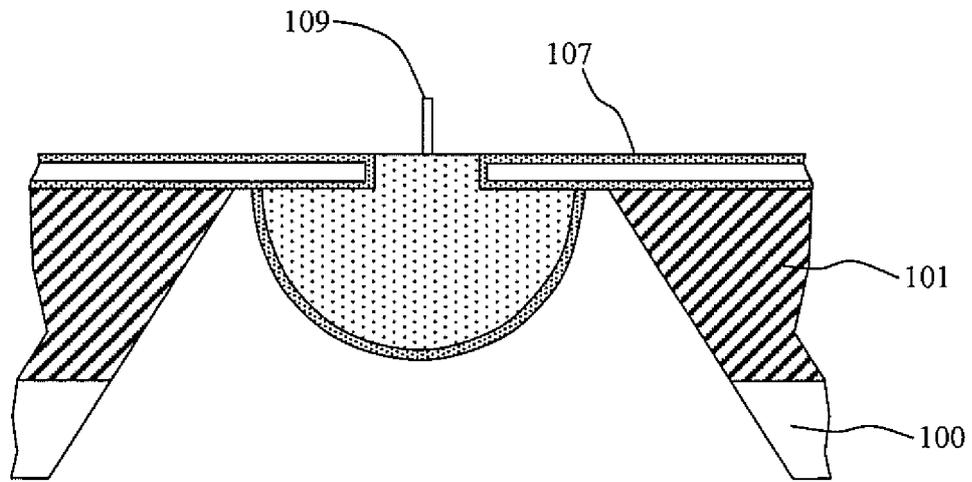


FIG. 7

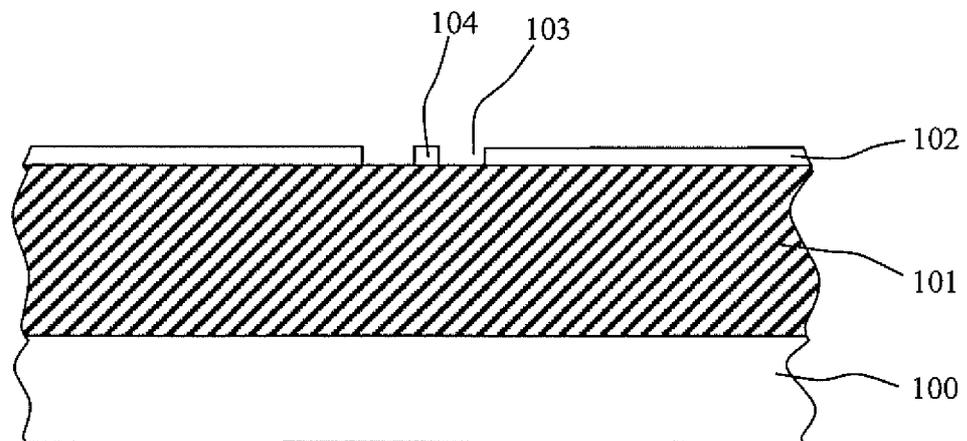


FIG. 8a

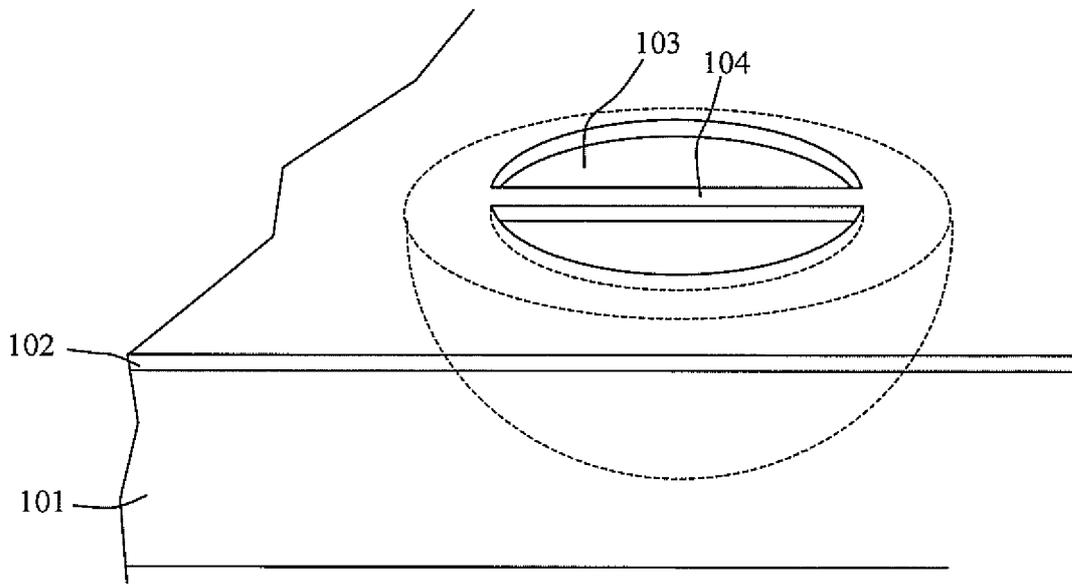


FIG. 8b

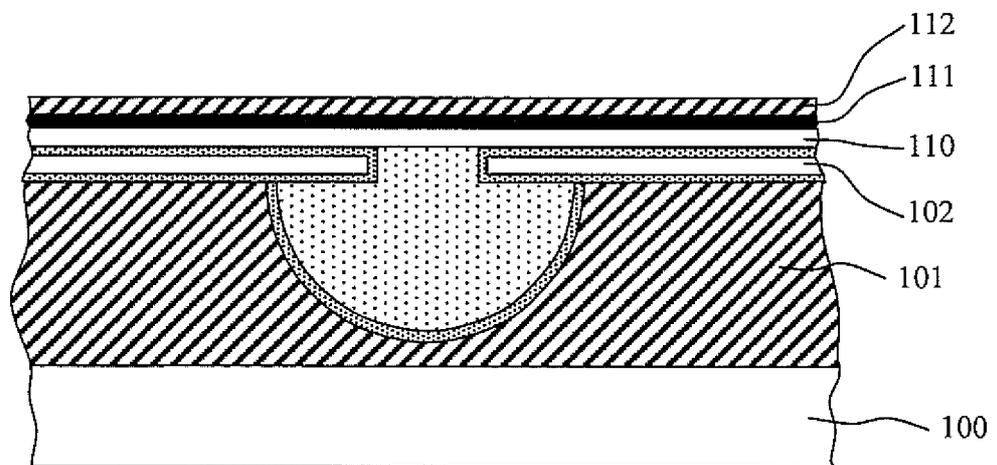


FIG. 9

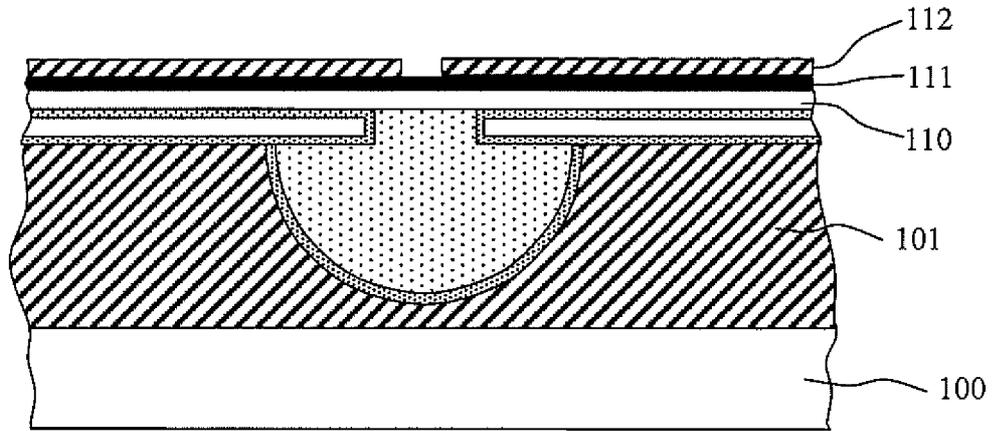


FIG. 10

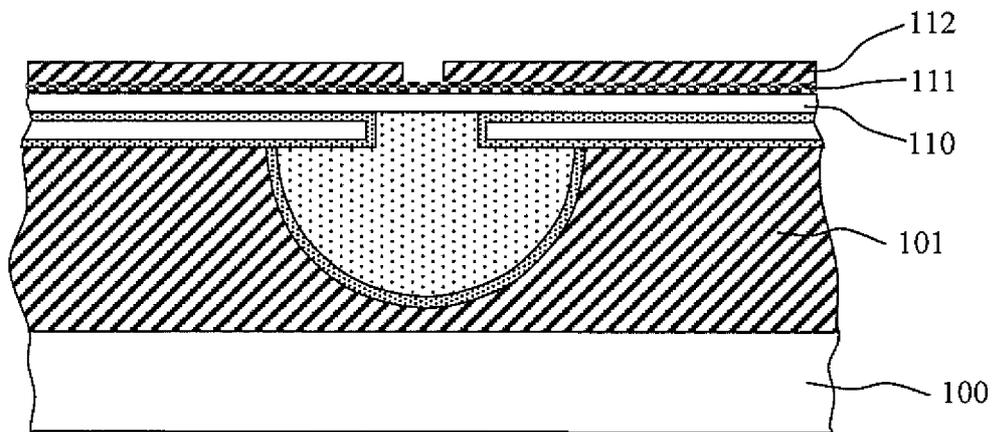


FIG. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/062296

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G12B21/06 G01N13/14 G11B7/135 B29D11/00

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)
G01N B29D G11B G12B B22F C01B

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, COMPENDEX, BIOSIS, EMBASE, FSTA, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 00/23840 A (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR [US]) 27 April 2000 (2000-04-27) cited in the application figures 4,7,11,13 page 5, line 25 - page 6, line 32 page 11, line 13 - page 13, line 20	1-22
Y	US 2007/186627 A1 (YI SUNGSOO [US] ET AL) 16 August 2007 (2007-08-16) figures 1a,3a paragraphs [0014], [0020], [0021], [0026]	1-22
A	EP 1 482 297 A (RIKEN [JP]) 1 December 2004 (2004-12-01) figures 2,3 paragraphs [0024], [0025]	6

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

10 novembre 2008

Date of mailing of the international search report

17/11/2008

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Polesello, Paolo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/062296

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 2001/004348 A1 (UEYANAGI KIICHI [JP]) 21 June 2001 (2001-06-21) figures 1,2,4 paragraphs [0046] - [0067], [0077] - [0081]	1-22
A	WO 2005/045815 A (SEAGATE TECHNOLOGY LLC [US]) 19 May 2005 (2005-05-19) figure 2 paragraphs [0034] - [0040], [0048], [0049], [0056] - [0063]	1-22
A	WO 02/063613 A (UNIV ROCHESTER [US]) 15 August 2002 (2002-08-15) figures 5A-5D paragraphs [0044] - [0047]	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2008/062296
--

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0023840	A	27-04-2000	US 6441359 B1	27-08-2002
US 2007186627	A1	16-08-2007	NONE	
EP 1482297	A	01-12-2004	WO 03067224 A1 JP 2003227788 A US 2005242283 A1	14-08-2003 15-08-2003 03-11-2005
US 2001004348	A1	21-06-2001	NONE	
WO 2005045815	A	19-05-2005	AU 2003284100 A1	26-05-2005
WO 02063613	A	15-08-2002	AU 2002245395 A1	19-08-2002

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/062296

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G12B21/06 G01N13/14 G11B7/135 B29D11/00

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)

G01N B29D G11B G12B B22F C01B

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, COMPENDEX, BIOSIS, EMBASE, FSTA, IBM-TDB

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 00/23840 A (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR [US]) 27 avril 2000 (2000-04-27) cité dans la demande figures 4,7,11,13 page 5, ligne 25 - page 6, ligne 32 page 11, ligne 13 - page 13, ligne 20	1-22
Y	US 2007/186627 A1 (YI SUNGSOO [US] ET AL) 16 août 2007 (2007-08-16) figures 1a,3a alinéas [0014], [0020], [0021], [0026]	1-22
A	EP 1 482 297 A (RIKEN [JP]) 1 décembre 2004 (2004-12-01) figures 2,3 alinéas [0024], [0025]	6
	-/--	



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



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

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

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)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

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

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

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

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

10 novembre 2008

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

17/11/2008

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.
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Pollesello, Paolo

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale n°
PCT/EP2008/062296

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 2001/004348 A1 (UEYANAGI KIICHI [JP]) 21 juin 2001 (2001-06-21) figures 1,2,4 alinéas [0046] - [0067], [0077] - [0081]	1-22
A	WO 2005/045815 A (SEAGATE TECHNOLOGY LLC [US]) 19 mai 2005 (2005-05-19) figure 2 alinéas [0034] - [0040], [0048], [0049], [0056] - [0063]	1-22
A	WO 02/063613 A (UNIV ROCHESTER [US]) 15 août 2002 (2002-08-15) figures 5A-5D alinéas [0044] - [0047]	1-22

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2008/062296

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0023840	A	27-04-2000	US 6441359 B1	27-08-2002
US 2007186627	A1	16-08-2007	AUCUN	
EP 1482297	A	01-12-2004	WO 03067224 A1	14-08-2003
			JP 2003227788 A	15-08-2003
			US 2005242283 A1	03-11-2005
US 2001004348	A1	21-06-2001	AUCUN	
WO 2005045815	A	19-05-2005	AU 2003284100 A1	26-05-2005
WO 02063613	A	15-08-2002	AU 2002245395 A1	19-08-2002