

(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
23 avril 2009 (23.04.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/050141 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G03F 1/14 (2006.01) **G03F 7/24** (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

Christophe [FR/FR]; 2 rue Sidi Brahimi, F-38100 Grenoble (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/063714

(74) Mandataires : **ILGART, Jean-Christophe** etc.;
Brevalex, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008
Paris (FR).

(22) Date de dépôt international :
13 octobre 2008 (13.10.2008)

(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, 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.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
07 58317 15 octobre 2007 (15.10.2007) FR

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

(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,

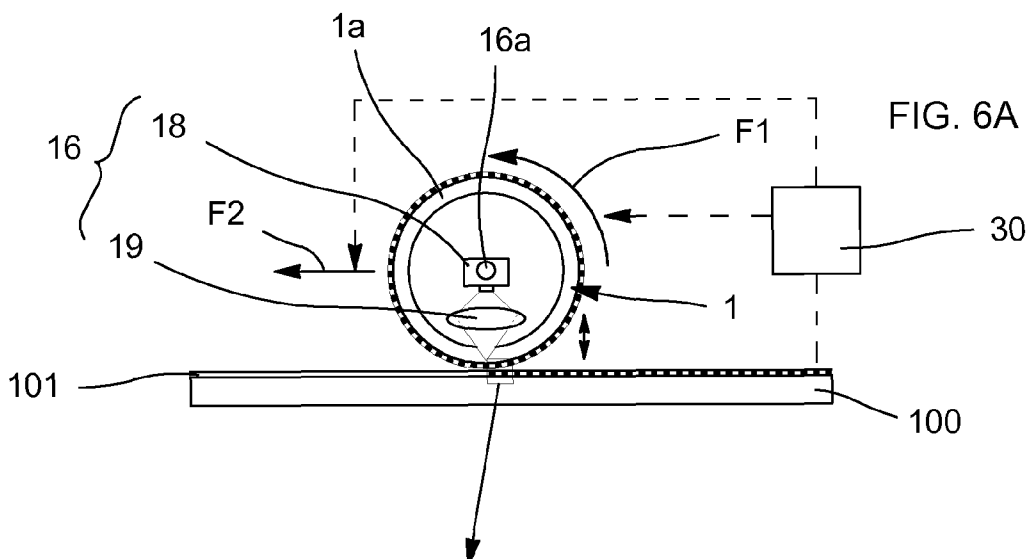
(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **MARTINEZ,**

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HIGH-RESOLUTION LITHOGRAPHY MASK, APPARATUS AND PROCESS FOR MANUFACTURE THEREOF, AND LITHOGRAPHY APPARATUS AND PROCESS USING SUCH A MASK

(54) Titre : MASQUE POUR LA LITHOGRAPHIE HAUTE RESOLUTION, SES APPAREIL ET PROCEDE DE FABRICATION, APPAREIL ET PROCEDE DE LITHOGRAPHIE UTILISANT UN TEL MASQUE



(57) Abstract: The invention relates to a high-resolution lithography mask (1) comprising a substrate (1a) defining a base (2) on which one or more features (3) to be transferred during the lithography are distributed. The substrate (1a) is a hollow cylinder of revolution, which is transparent to the radiation that has to be used during the lithography, at least one element from the base, one of the features, being transparent to said radiation.

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/050141 A1



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).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(57) Abrégé : Il s'agit d'un masque (1) pour la lithographie haute résolution comportant un substrat (1a) délimitant un fond (2) sur lequel sont répartis un ou plusieurs motifs (3) à transférer lors de la lithographie. Le substrat (1a) est un cylindre de révolution creux, transparent à un rayonnement devant être utilisé lors de la lithographie, au moins un élément parmi le fond, un des motifs, est transparent au rayonnement.

MASQUE POUR LA LITHOGRAPHIE HAUTE RESOLUTION, SES APPAREIL ET PROCEDE DE FABRICATION, APPAREIL ET PROCEDE DE LITHOGRAPHIE UTILISANT UN TEL MASQUE

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention est relative à la
5 technique de la lithographie haute résolution. Une
telle technique à haute résolution signifie que l'on
peut obtenir des tailles de motifs à une échelle
inférieure à la centaine de nanomètres. Elle concerne
plus particulièrement un masque, un procédé de
10 fabrication de ce masque, un appareil de réalisation du
masque, un procédé d'utilisation de ce masque et un
appareil de lithographie utilisant ce masque.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Les performances actuelles et les progrès à
15 venir dans le domaine de la microélectronique sont
fortement liés au procédé de lithographie utilisé. On
rappelle que, dans ce domaine, la lithographie concerne
l'ensemble des techniques qui permettent de reproduire,
dans une résine de lithographie déposée à la surface
20 d'un matériau, le motif d'une structure qu'on désire
fabriquer. C'est en effet lors de cette étape que les
schémas des microcircuits portés par un masque sont
transférés sur le matériau.

Depuis son origine la lithographie poursuit
25 deux objectifs principaux. Le premier concerne la
diminution de la résolution du motif afin de produire
des circuits toujours plus complexes sur une surface
donnée. Le deuxième objectif est le rendement que l'on

cherche à augmenter dans une perspective de réduction des coûts de production.

En terme de résolution, l'organisme « International Technology Roadmap for Semiconductor » (ITRS) (calendrier international de technologie pour les semi-conducteurs) a fixé les valeurs à atteindre dans un avenir proche, d'ici 2013, et plus lointain, jusqu'en 2020. Il apparaît clairement que d'ici une quinzaine d'années des résolutions de l'ordre de la dizaine à quelques dizaines de nanomètres seront nécessaires.

Parmi les techniques de lithographie, on distingue les techniques par projection et les techniques de contact.

La technique de contact est à l'origine de la production des semi-conducteurs avant le début des années 1970. Elle consiste à mettre en contact le masque et la couche de résine de lithographie et à illuminer la résine de lithographie à travers le masque. Il n'y a pas d'optique entre le masque et la résine de lithographie. Elle donne théoriquement la meilleure définition des motifs, mais détériore le masque après chaque opération de masquage en raison des frottements importants à l'échelle microscopique. Elle a été rapidement abandonnée du fait de la pollution du masque avec la résine de lithographie, le masque devant être changé après chaque utilisation. La moindre pollution par la résine de lithographie provenant d'une utilisation antérieure est transférée dans la résine de lithographie lors d'une utilisation postérieure et aucune correction n'est ensuite possible. Une autre

raison de l'abandon est l'émergence de la technique par projection. En contact, le masque est la réplique à l'échelle un des motifs à reporter, il doit donc posséder les motifs les plus petits possibles.

5 La technique de projection consiste à projeter les motifs du masque sur la couche de résine de lithographie à via une optique traversée par un faisceau optique d'insolation. Elle conduit à une moins bonne résolution en raison des effets de diffraction de la lumière. Par contre elle permet d'effectuer une réduction de la taille des motifs. La fabrication du masque est plus simple puisqu'elle n'exige pas une définition au moins égale à celle des motifs à reporter. La lithographie par projection est limitée en 10 résolution du fait de la notion de champ image. L'image qui est transférée sur le support est le résultat d'une convolution entre le motif idéal et la réponse percussionnelle de l'optique employée. Cette réponse percussionnelle possède un diamètre à mi-hauteur D_{FWHM} 15 directement lié à son ouverture numérique ON et à la longueur d'onde λ du rayonnement d'insolation : $D_{FWHM} = 0,5 \lambda / ON$. En pratique à une longueur d'onde de 193 nanomètres et en utilisant une ouverture numérique ON de 1,5 ce qui est le cas d'une lentille à immersion 20 solide, on obtient un diamètre à mi-hauteur de 64 nm. La lithographie par projection nécessite donc une réduction poussée de la longueur d'onde pour atteindre des dimensions de motifs inférieures à environ 50 nanomètres. On a essayé d'utiliser des rayonnements 25 d'insolation dans l'ultraviolet profond ce qui correspond à des longueurs d'ondes de l'ordre de 11 à 30

14 nanomètres, mais cette gamme de longueurs d'ondes pose des problèmes critiques en terme de transparence pour l'optique. L'essentiel de l'imagerie doit se faire avec des optiques réfléchives, le masque doit aussi
5 être utilisé en réflexion. On ne peut utiliser une pellicule de protection sur le masque pour le protéger de pollutions provenant de la résine de lithographie, puisque cette protection serait opaque à de telles longueurs d'ondes. En conséquence, la mise en œuvre de
10 cette technologie est limitée.

L'inconvénient lié aux effets de la diffraction conduit à de nouveau à envisager l'utilisation de lithographie optique par contact pour ne pas subir la diffraction. Deux techniques sont
15 actuellement explorées, la lithographie plasmon qui utilise les fortes résolutions spatiales du champ proche optique et la nano-impression qui utilise la réplique directe des motifs par impression et illumination. Dans la demande de brevet
20 US 2006/0138360, il est préconisé d'utiliser les effets de champ proche et dans le brevet US 5 772 905 il est décrit un procédé de nano-impression avec masque plan. Mais les problèmes existant dans la lithographie par contact à savoir la fabrication du masque pour les
25 résolutions recherchées et sa pollution doivent être résolus.

La structuration de motifs à une échelle inférieure à la centaine de nanomètres existe déjà avec la lithographie électronique. Un faisceau d'électrons
30 dessine directement des motifs dans de la résine de lithographie, sans utilisation d'un masque, à l'instar

d'un crayon. Cependant cette technique est longue et coûteuse.

En outre, il est connu depuis l'antiquité de reporter un motif sur une surface avec un cylindre portant ce motif. Des sceaux cylindriques servaient à apposer des cachets dans des tablettes d'argile. Le domaine de l'impression notamment dans le textile utilise couramment la rotation d'un rouleau pourvu d'un motif en relief enduit d'encre pour transférer ce motif sur une surface.

Dans le brevet US 5 259 926 on utilise un outil cylindrique structuré pour réaliser un masque en résine de lithographie sus-jacent à un film mince reposant sur un substrat. Cet outil possède des motifs topographiques qui laissent leur empreinte en relief inversé dans la résine de lithographie. La résine de lithographie est ensuite réticulée thermiquement en utilisant un dispositif de chauffage approprié situé en aval de l'outil.

20 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

La présente invention a justement comme but de proposer un masque et un procédé de fabrication d'un masque utilisable pour faire de la lithographie par transmission avec ou sans contact à haute définition. Le procédé permet de réaliser à un coût acceptable un masque dont la taille des motifs est à une échelle inférieure à la centaine de nanomètres.

Un autre but de l'invention est de proposer un masque pour la lithographie par contact qui peut être utilisé plusieurs fois sans risque de pollution.

Plus précisément, la présente invention propose un masque pour la lithographie haute résolution comportant un substrat délimitant un fond sur lequel sont répartis un ou plusieurs motifs à transférer lors
5 de la lithographie. Selon l'invention, le substrat est un cylindre de révolution creux, transparent à un rayonnement devant être utilisé lors de la lithographie, au moins un élément parmi le fond, un des motifs étant transparent au rayonnement.

10 Au moins un des motifs peut être topographique par rapport au fond, le motif ayant une épaisseur suffisante pour faire de la nano-impression.

Au moins un des motifs peut être opaque au rayonnement.

15 Un motif opaque peut être réalisé à partir d'un matériau opaque dont est revêtu localement le substrat. Le matériau opaque peut être métallique, tel que le chrome ou l'aluminium ou être de la résine de lithographie.

20 En variante, c'est le fond qui peut être opaque au rayonnement.

Le substrat peut comporter à chaque extrémité, une bordure annulaire épaissie afin que le masque ait une partie utile sans contact avec un
25 support sur lequel on veut transférer les motifs, lors d'une opération de lithographie.

Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un masque pour la lithographie dont les motifs ont des tailles
30 inférieures à la centaine de nanomètres et qui est compatible avec une industrialisation.

Pour y parvenir, le procédé comporte les étapes consistant à :

- a°) fournir un substrat transparent à un rayonnement, ce substrat étant un cylindre de révolution creux,
 - b°) l'enduire extérieurement de résine de lithographie,
 - c°) l'entraîner en rotation,
 - d°) déplacer en translation le long d'une génératrice du substrat, une tête optique focalisant au moins un faisceau optique modulé en amplitude, ce faisceau optique prenant la forme d'un spot balayant la surface extérieure du substrat enduit sensiblement en hélice de manière à insoler la résine localement selon un ou plusieurs motifs correspondants à des motifs du masque et à une bordure annulaire épaissie à chaque extrémité du masque,
 - e°) éliminer localement toute l'épaisseur de résine pour révéler les motifs du masque et les bordures annulaires épaissies ou des motifs provisoires calqués sur ceux du masque et sur les bordures annulaires épaissies.
- Avant l'étape b°) on peut revêtir le substrat extérieurement d'une couche de métal (1b), l'élimination locale de la résine à l'étape e°) rendant accessible le métal, on grave le métal rendu accessible pour exposer le substrat et révéler les motifs et les bordures annulaires épaissies à partir des motifs provisoires, puis on élimine ce qui reste de résine.
- Lorsque le masque possède des motifs opaques et topographiques décorrélés et que les motifs

formés aux étapes précédentes sont topographiques respectivement opaques, on reproduit les étapes b°), c°), d°), e°) et éventuellement celles conduisant à la gravure du métal pour former les motifs opaques
5 respectivement topographiques.

On donne de préférence à l'hélice un pas sensiblement égal à celui du spot.

La tête optique peut focaliser plusieurs faisceaux optiques de manière que les spots qu'ils
10 forment soient alignés dans une direction faisant un angle donné différent de 0 modulo π par rapport à l'hélice de manière à balayer en parallèle la surface extérieure du substrat enduit.

La présente invention concerne également un
15 appareil pour réaliser un masque de lithographie ainsi caractérisé, comportant un arbre destiné à recevoir le substrat, ce substrat étant enduit extérieurement de résine de lithographie, des moyens pour entraîner en rotation l'arbre, une tête optique reliée à au moins
20 une source optique, des moyens pour moduler en amplitude, la source optique au rythme du motif que doit porter le masque, des moyens pour déplacer la tête optique en translation selon une génératrice du substrat.

25 L'appareil peut comporter en outre des moyens d'asservissement pour ajuster la position de la tête optique par rapport à la surface extérieure du substrat enduit.

Lorsque la tête optique focalise plusieurs
30 faisceaux optiques, elle peut comporter en cascade une optique de focalisation commune et en aval un composant

optique muni d'autant d'ouvertures que de faisceaux, ces ouvertures laissant émerger chacune un spot.

La présente invention concerne également un appareil de lithographie utilisant un masque ainsi
5 caractérisé pour transférer les motifs du masque sur un support sensiblement plan placé en regard du masque. L'appareil comporte des moyens d'éclairage insérés à l'intérieur du substrat du masque, destinés à fournir un rideau lumineux radial, des moyens d'entraînement du
10 masque et/ou du support pour imprimer au masque un mouvement de rotation et de translation par rapport au support, le rideau lumineux étant destiné à balayer la surface du support après avoir traversé le masque sans subir de rotation alors que le masque est en rotation.

15 Les moyens d'éclairage peuvent comporter une source optique et une optique de type lentille barreau.

La source optique peut inclure un conduit lumineux à émission latérale.

20 En variante, la source optique peut comporter une pluralité de sources ponctuelles agencées en barrette.

Dans une autre configuration, la source optique peut être une source cylindrique.

25 L'appareil de lithographie peut comporter en outre des moyens de nettoyage pour nettoyer le masque lors de sa rotation, ces moyens étant situés à l'opposé du support par rapport au masque.

L'appareil de lithographie peut comporter
30 en outre, des moyens de nettoyage pour nettoyer le

support avant qu'il n'ait été balayé par le rideau lumineux.

La présente concerne enfin un procédé d'utilisation du masque ainsi caractérisé, dans lequel on déplace en rotation et en translation le masque par rapport à un support sensiblement plan sur lequel les motifs du masque doivent être transférés et on éclaire le support par un rideau lumineux émergeant radialement de l'intérieur du masque par l'élément transparent, le support étant sensible à la lumière du rideau lumineux, les bordures annulaires épaissies ayant un rôle de cale de manière qu'une partie utile du masque et le support soient sans contact.

BREVE 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 lesquels :

Les figures 1A, 1B, 1C, 1D, 1E montrent des exemples d'un masque selon l'invention à motif topographique ou sensiblement sans relief ;

La figure 2 montre un appareil pour la réalisation d'un masque de lithographie haute résolution ;

La figure 3 montre trois spots utilisés simultanément pour inscrire un motif sur le substrat lors de la réalisation du masque ;

La figure 4 montre une coupe de la tête optique qui délivre plusieurs spots ;

Les figures 5A à 5I illustrent différentes étapes d'un exemple de procédé de réalisation de masques pour lithographie selon l'invention ;

Les figures 6A, 6B, 6C, 6D montrent
5 diverses vues d'un appareil de lithographie par transmission utilisant le masque selon l'invention ;

Les figures 7A, 7B, 7C montrent diverses vues d'un appareil de lithographie par transmission et par nano-impression utilisant le masque selon
10 l'invention ;

La figure 8 montre un appareil de lithographie utilisant un masque selon l'invention équipé de moyens pour le nettoyer.

Des parties identiques, similaires ou
15 équivalentes des différentes figures 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
20 échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On se réfère aux figures 1A, 1B, 1C, 1D, 1E qui montrent des exemples de masque pour la
25 lithographie haute définition objet de l'invention. Le masque 1 est formé à base d'un substrat 1a qui est un cylindre de révolution creux. Le substrat 1a est transparent à un rayonnement utilisé lors d'une opération de lithographie avec un tel masque. Le masque
30 1 est formé classiquement d'un fond 2 sur lequel sont

répartis un ou plusieurs motifs 3 à transférer sur un support lors d'une opération de lithographie. Au moins un motif 3 et/ou le fond 2 sont transparents au rayonnement utilisé lors de la lithographie.

5 Le fond 2 peut être matérialisé par le substrat 1a. Il est alors transparent tout comme lui. Les motifs 3 peuvent se distinguer du fond 2 par le fait qu'ils sont opaques au rayonnement comme sur la figure 1A. Dans le mode de réalisation de la figure 1A,
10 leur épaisseur est faible et n'autorise pas la nano-impression. On pourrait envisager que ce soit les motifs 3 qui soient transparents et le fond qui soit opaque. En variante comme sur les figures 1B, 1C, les motifs 3 peuvent se distinguer du fond 2 par le fait
15 qu'ils sont topographiques, ils sont en relief par rapport au fond 2. Le relief peut être une saillie ou un creux. Le relief a une épaisseur suffisante pour faire de la nano-impression. Les motifs 3 en relief peuvent être opaques comme sur la figure 1B ou
20 transparents comme sur la figure 1C, ou les deux comme sur la figure 1E. Les motifs 3 en saillie par rapport au fond 2 matérialisé par le substrat 1a peuvent être réalisés par une couche épaisse qui revêt partiellement le substrat 1a. Lorsque les motifs en relief sont
25 transparents tout comme le fond 2, il est possible de faire avec le masque 1 de la nano-impression en mode de photoréticulation. Lorsqu'on a à la fois au moins un motif en relief opaque et au moins un motif en relief transparent comme sur la figure 1D, le motif en relief
30 opaque est obtenu à partir d'une couche opaque épaisse et le motif en relief transparent à partir d'une couche

transparente épaisse. Les motifs en relief opaques et transparents sont décorrélés.

La variante de la figure 1E combine à la fois la configuration avec motifs en relief
5 transparents 3 et motifs opaques 3' en couche mince.

Les motifs 3 en relief sont en creux. On peut créer un masque de motifs opaques 3' qui ne modifie pas sensiblement la topographie du substrat 1a. On crée des motifs en relief 3. Un motif en relief
10 3 transparent peut être rendu partiellement opaque par un motif opaque, car les deux types de motifs sont décorrélés.

Comme matériau opaque, on peut utiliser une en résine de lithographie ou un métal par exemple à
15 base de chrome ou d'aluminium. Dans le cas où l'on désire faire de la nano-impression, on peut utiliser la résine de lithographie.

Comme matériau transparent utilisé pour faire les motifs en relief et notamment en saillie par
20 rapport au fond, on peut utiliser des résines, du sol gel, des matériaux à changement de phase et plus généralement tout type de matériaux qui présente une bonne sélectivité de gravure entre une zone insolée ou non. Les motifs transparents en creux sont gravés dans
25 le matériau du substrat 1. Ce dernier peut être par exemple en quartz ou en verre.

On va maintenant s'intéresser à un procédé de fabrication d'un tel masque cylindrique en se référant à la figure 2.

30 Le principe est de balayer la surface du substrat 1a cylindrique de révolution, enduit d'un

matériau sensible, entraîné rotation, à l'aide d'au moins un spot 7 animé d'un mouvement de translation le long d'une génératrice G du substrat 1a, le spot 7 étant modulé en amplitude, de manière à y inscrire au moins un motif 70 qui se distinguera du reste du substrat formant un fond 71. Sur la figure 2, la référence 8 illustre un faisceau optique traversant une tête optique 9 comprenant au moins une optique de focalisation 9a de manière à générer le spot 7. Le faisceau optique 8 est délivré par une source optique S qui peut être un laser, tel un laser émettant dans le bleu par exemple. Le spot 7 correspond à la partie du faisceau optique 8, émergeant de la tête optique 9 après focalisation, et qui est interceptée par le substrat 1a revêtu. La tête optique 9 est animée d'un mouvement en translation illustré par la flèche 10 le long de la génératrice G du substrat 1a cylindrique. Le substrat 1a est entraîné en rotation pendant que s'effectue la translation, le mouvement de rotation étant illustré par la flèche 11. Le faisceau optique 8 est modulé en amplitude. Le matériau sensible au faisceau optique 8 dont est enduit extérieurement le substrat 1a est référencé 17. Ce matériau sensible 17 est de la résine de lithographie. Le spot 7 suit un trajet en hélice et donc inscrit un ou plusieurs motifs d'inscription 70 en hélice à la surface du substrat 1a enduit, au rythme de la modulation en amplitude. Les motifs d'inscription 70 conduiront ensuite aux motifs du masque. La référence 6 représente une zone déjà inscrite sur le substrat 1a. L'inscription des motifs 70 sur le matériau sensible 17 correspond à une

insolation au rythme de la modulation. On donne à l'hélice un pas p faible, de l'ordre de grandeur du spot 7. La résine 17 est donc insolée suivant un motif linéaire de forme tridimensionnelle hélicoïdale. On met
5 donc en œuvre un double mouvement de rotation et de translation entre la tête optique 9 et le substrat 1a.

Dans l'art antérieur, lorsque l'on voulait transférer un motif sur un support plan pour en faire un masque sensiblement rectangulaire de taille $L_x \times L_y$, en
10 suivant un balayage selon y , la distance L_T parcourue par la tête optique s'exprimait par $L_T = L_x \times L_y / p$ si p est le pas. Ce balayage nécessitait une translation continue de la tête optique à vitesse linéaire V_{lin} d'inscription sensiblement constante afin de garantir
15 l'homogénéité de la réponse du matériau sensible. La durée de l'insolation était donnée par le rapport L_T / V_{lin} .

Pour un masque plan rectangulaire de taille $26 \times 32 \text{ mm}^2$, ce qui correspond à une cellule élémentaire
20 en lithographie, le tableau suivant donne les durées d'insolation requises en fonction du pas et de la vitesse d'avancement de la tête optique.

p (nm)	$V_{lin} \text{ 0,1m/s}$	$V_{lin} \text{ 0,5m/s}$	$V_{lin} \text{ 1m/s}$	$V_{lin} \text{ 2m/s}$	$V_{lin} \text{ 5m/s}$
10	9,6 jours	2 jours	1 jour	11 h 33 mn	4 h 37 mn
20	4,8 jours	1 jour	11 h 33 mn	5 h 46 mn	2 h 18 mn
40	2,4 jours	11 h 33 mn	5 h 46 mn	2 h 53 mn	1 h 09 mn

25 On s'aperçoit que la vitesse linéaire V_{lin} est un paramètre clé pour que le procédé de réalisation

du masque soit compatible avec les rendements industriels. Des valeurs du m/s sont à rechercher pour que le temps d'insolation soit de l'ordre de quelques heures. L'inscription des motifs se faisant par modulation en amplitude du faisceau optique 8, la vitesse de balayage est donc limitée par la durée minimale de modulation de la source optique. Si la source optique est modulable à une fréquence maximale f_s , la résolution spatiale δ_y dans la direction y de balayage est donnée par la relation $\delta_y = V_{lin}/2f_s$. Pour une vitesse linéaire d'inscription V_{lin} de l'ordre de 1 m/s et une résolution δ_y de l'ordre du nanomètre, il faudrait une fréquence de modulation de 500 MHz au minimum. Une telle fréquence correspond aux limites que l'on peut atteindre de nos jours avec les sources laser à l'état solide modulables en numérique comme par exemple la source référencée LDM A350 de la société Omicron Laserage Laserprodukte GmbH qui est une source à 405 nm modulable à 500 MHz ou les modulateurs optiques comme par exemple les modulateurs d'amplitude de la société Newfocus comme celui référencé 4104 fonctionnant à 200 MHz.

On sait aussi réaliser un balayage avec deux mouvements de translation croisés avec des platines de translation en x et en y. Avec un tel balayage, on est aussi limité en terme de vitesse de balayage, puisque la tête optique doit faire des allers-retours, il faut prévoir des phases d'accélération et de décélération, ce qui est compliqué.

Dans la présente invention, il s'agit d'un balayage en tambour, il n'y a donc pas de phase d'écriture perdue, cette dernière s'effectuant à vitesse sensiblement constante.

5 La vitesse de translation V_{trans} (en $\mu\text{m/s}$) de la tête optique 9, la vitesse de rotation V_{rot} (en tours/mn) du substrat 1a, le pas p en (μm), le rayon R_{cyl} du substrat 1a (en mm), et la vitesse linéaire V_{lin} d'inscription (en m/s) sont liées par deux relations
10 simples :

$$V_{\text{trans}} = V_{\text{rot}} \times p / 60$$

$$V_{\text{lin}} = V_{\text{rot}} \times 2\pi \times R_{\text{cyl}} \times 10^{-3} / 60$$

La vitesse linéaire correspond à la vitesse d'inscription dans la direction de l'hélice.

15 Si on choisit un périmètre du substrat 1a correspondant au grand côté d'une cellule élémentaire de lithographie soit 32 mm, nous obtenons un rayon extérieur R_{cyl} pour le substrat 1a de 5mm. Si la vitesse de rotation V_{rot} est de 2000 tr/mn et le pas p de 40 nm,
20 on obtient une vitesse de translation V_{trans} de 1,3 $\mu\text{m/s}$. Ces grandeurs sont tout à fait envisageables.

Si on souhaite une vitesse linéaire V_{lin} d'inscription de 1 m/s avec un pas p de 40 nm pour conserver une durée d'insolation de quelques heures,
25 alors ce pas p est insuffisant pour atteindre des motifs de taille comprise entre environ 10 à 50 nm.

Pour améliorer la résolution des motifs, il est possible de prévoir un mode d'inscription en parallèle à l'aide de plusieurs faisceaux optiques et
30 donc de plusieurs spots 7, espacés d'une distance d , alignés suivant une direction inclinée d'un angle α

donné avec la direction de la vitesse linéaire d'inscription V_{lin} , c'est-à-dire avec l'hélice. L'angle donné α est non nul modulo π .

On se réfère à la figure 3. On a dessiné N spots 7 alignés. Dans l'exemple N vaut 3. Le pas entre chaque spot 7 vaut p' alors que l'ensemble des N spots 7 se déplace en hélice avec le pas p . Le pas p' s'exprime par :

$$p' = dx \sin(\alpha) = p/N$$

10 Avec $N=3$ et $p = 40$ nm, on obtient $p' = 10,33$ nm, un exemple de réalisation peut être d'espacer les spots 7 de $d = 300$ nm et d'adopter une inclinaison α de 2,5 degrés.

Cette configuration avec plusieurs spots 7 en parallèle permet de concilier à la fois le pas p' et la vitesse linéaire d'inscription V_{lin} .

La figure 4 illustre un mode de réalisation de la tête optique 9 permettant d'obtenir N spots 7. On dispose de N faisceaux optiques 8a, 8b, 8c, inclinés les uns par rapport aux autres qui vont traverser la tête optique 9. Elle comporte, en cascade, une optique de focalisation unique 9a suivie d'un composant 14 présentant N ouvertures 15, une pour chacun des faisceaux optiques 8a, 8b, 8c. Le composant 14 est un élément structuré permettant de gérer un confinement du champ localisé à l'échelle sub-micrométrique.

Les axes optiques de faisceaux optiques sont sécants en un unique point de l'optique de focalisation 9a et se prolongent chacun jusqu'à une des ouvertures 15. Les ouvertures 15 peuvent être réalisées dans une couche métallique 15' portée par le composant

14. Cette couche métallique 15' peut être par exemple réalisée à base d'argent, d'aluminium, de chrome.

On a représenté l'interception des faisceaux optiques 8a, 8b, 8c, par le substrat 1a recouvert de la couche sensible 17, après leur traversée de la tête optique 9.

Les figures 5A à 5I illustre différentes étapes d'un exemple de procédé de réalisation du masque pour lithographie haute résolution.

On part d'un substrat 1a en forme d'un cylindre de révolution creux transparent à un rayonnement optique devant être utilisé lors de la lithographie (figure 5A). Ce substrat 1a peut être en verre ou en quartz par exemple. Ce substrat 1a doit être propre et on prévoit de le nettoyer de manière appropriée.

On peut recouvrir ce substrat 1a d'une sous-couche 1b d'un matériau métallique, lorsque l'on souhaite que le masque 1 soit utilisé en lithographie par transmission (figure 5B), ce qui implique que le masque 1 aura des motifs obtenus à l'aide de cette sous-couche 1b sensiblement sans topographie. Les motifs pourront être opaques et le fond transparent ou vice-versa.

Cette étape est optionnelle, si le masque est prévu pour faire de la nano-impression. Le dépôt de la sous-couche 1b peut se faire par tout procédé classique de métallisation d'un substrat tel que le dépôt physique en phase vapeur connu sous l'acronyme PVD. Le métal déposé peut être du chrome par exemple.

On recouvre le substrat 1a d'une couche de résine de lithographie 1c sur laquelle un ou plusieurs motifs souhaités pour le masque vont être transférés (figure 5D). Cette couche 17 sera sensible au faisceau
5 optique qui sera utilisé pour l'inscription. Un dépôt à la tournette peut être utilisé. La buse de projection utilisée sera animée d'un mouvement de translation le long d'une génératrice du cylindre pendant que le substrat 1a sera entraîné en rotation. Les conditions
10 de dépôt telles que la vitesse de rotation du substrat 1a, la vitesse d'avance de la buse de projection, la viscosité de la résine de lithographie sont des paramètres à adapter car ils conditionnent l'épaisseur de la couche de résine 17.

15 Il est possible d'intercaler entre la couche de résine 17 et le substrat 1a une sous-couche anti-réfléchissante 1c connue en lithographie sous l'acronyme de BARC pour bottom anti-reflective coating soit couche anti-réfléchissante inférieure (figure 5C).

20 Cette couche 1c permet d'éviter que des réflexions parasites du faisceau optique lors de l'inscription amènent des défauts au niveau des motifs à transférer. Cette sous-couche anti-réfléchissante 1c prend tout son intérêt si la sous-couche métallique 1b
25 a été prévue.

Une étape classique de recuit de la résine de lithographie 17 suit pour évaporer le solvant qu'elle contient. Cette étape n'est pas visible. Ce recuit peut se faire dans un four dans lequel est placé
30 le substrat 1a ou à l'aide d'un mandrin chauffant sur lequel est enfilé le substrat 1a.

Ensuite on peut procéder au transfert des motifs sur le substrat 1a. Des données d'image IM caractérisant les motifs à inscrire sont chargées dans une unité de traitement UT qui va commander en
5 amplitude au moins une source optique S destinée à émettre un faisceau optique 8. Des moyens de déplacement T1 permettent d'entraîner en translation la tête optique 9. le mouvement de la tête optique se fait selon une génératrice du substrat 1a. Le substrat 1a
10 enduit est positionné sur un arbre A0, cet arbre A0 est entraîné en rotation par un moteur M1 (figure 5E). Le faisceau optique 8 émis par la source optique S est mis en forme dans un dispositif de mise en forme MO situé en aval de la source optique S.

15 On règle la position de la tête optique 9 et donc de l'optique de focalisation 9a qu'elle comprend, de manière à obtenir une focalisation appropriée en surface de la résine 17 qui revêt le substrat 1a. On prévoit pour cela des moyens
20 d'asservissement AS de mise en proximité de la tête optique 9 avec la surface de la résine 17. Le substrat 1a étant mis en rotation, l'inscription à l'aide de faisceau optique modulé 8 peut débiter alors que la tête optique 9 est entraînée en translation. Le
25 faisceau optique 8 insole la résine 17. Des règles de codage en rotation et en translation permettent de synchroniser la modulation du laser par rapport à la position du spot sur le substrat.

A l'issue de cette étape d'inscription, le
30 substrat 1a est ôté de l'arbre A0 (figure 5F) et les motifs sont révélés dans la résine de lithographie 17

par élimination localisée de la résine. Cette élimination se fait par des techniques de gravure humides classiques (figures 5G, 5H). Si on n'a pas prévu de couche métallique 1b, la révélation expose
5 localement le substrat 1a, ce qui forme le fond 2 qui correspond à des zones transparentes 2 en creux, la résine 17 restante formant les motifs 3 qui sont des zones opaques en relief (figure 5G). Le masque pourra fonctionner en impression et en transmission.

10 Si une sous-couche métallique 1b est présente, l'élimination localisée de la résine 17 forme des motifs provisoires correspondant à ceux qu'aura le masque. La gravure de la résine 17 expose localement la sous-couche métallique 1b (figure 5H). On prévoit dans
15 ce cas, une étape de gravure additionnelle pour passer des motifs provisoires aux motifs définitifs du masque. Cette étape de gravure peut être, par exemple une gravure humide. Elle permet d'attaquer le métal de la sous-couche 1b exposé par la gravure de la résine 17 et
20 d'atteindre le substrat 1a. Le substrat 1a exposé forme des zones transparentes 2 du masque. On élimine totalement la résine 17 par nettoyage chimique. Le métal de la sous-couche 1b restant forme les motifs 3 qui sont des zones opaques du masque, et ces motifs 3
25 sont sensiblement sans relief par rapport au fond 2 qui est matérialisé par des zones transparentes (figure 5I). Le masque fonctionnera en transmission.

La source optique S peut être par exemple un laser bleu ayant une longueur d'onde de 405 nm. Bien
30 entendu, la résine 17 est choisie parmi les résines

disponibles dans le commerce sensibles à cette longueur d'onde.

Selon le cadre d'application, le masque 1 fonctionnera donc uniquement en transmission ou bien en transmission et en impression.

Il se peut que le masque possède des motifs de plusieurs types, c'est-à-dire à la fois un ou plusieurs motifs opaques et un ou plusieurs motifs topographiques et que ces motifs soient décorrélés.

10 Lorsque les motifs d'un type ont été réalisés comme on vient de le décrire, on reproduit les étapes d'enduction du substrat de résine comme à la figure 5D, d'entraînement en rotation, de déplacement de la tête optique pour insoler localement la résine comme aux

15 figures 5E, 5F, d'élimination de la résine pour révéler les motifs manquants ou des motifs provisoires comme aux figures 5G. On répète aussi éventuellement les étapes de gravure du métal et d'élimination de ce qui reste de résine si nécessaire comme aux figures 5H, 5I.

20 Les motifs obtenus à partir de la gravure du métal conduisant à des motifs opaques non topographiques.

La résolution désirée conduisant à des tailles de motifs dans une gamme comprise entre environ

25 10 et 50 nm, peut être obtenue en employant les techniques de confinement optique en champ proche. On se base notamment sur l'article « Fabrication of half-pitch 32 nm resist patterns using near-field lithography with a Si-mask », Ito, T. et al., Applied physics, Letters, 2006, page 89 et suivantes. Des

30 confinements de champ ont pu aboutir à des motifs de

quelques dizaines de nanomètres. Le confinement de champ peut aussi être obtenu par l'utilisation de l'effet des plasmons de surface comme décrit dans la demande de brevet US 2006/0138360 ou dans le brevet
5 US 7 106 935.

La résolution désirée peut également être obtenue par l'association, dans la tête optique 9 d'une optique de focalisation 9a de type à immersion solide et d'une résine 17 sur le substrat cylindrique 1a de
10 type à changement de phase. L'immersion solide permet de réduire la taille du spot 7 à des diamètres à mi-hauteur inférieur à 100 nm comme décrit dans l'article « Recent advances in near-field-based small form factor optical storage » D. H. Davies et al., IEEE
15 Transactions on magnetics, 2007, pages 798-772. La résine à changement de phase permet un développement de motifs avec un facteur de forme réduit par rapport à la taille du spot. De ce fait des motifs inférieurs à 50 nm peuvent être obtenus.

20 On va maintenant décrire en se référant aux figures 6A, 6B, 6C, 6D un premier exemple d'appareil de lithographie utilisant un masque 1 cylindrique tel que décrit précédemment, pour faire de la lithographie par projection ou par contact mais sans impression. Le
25 masque 1 utilisé dans cet exemple est celui fonctionnant en transmission uniquement, c'est-à-dire celui dont les motifs 3 sont métallisés. On désire transférer le motif du masque 1 sur un support 100 sensible. Le support 100 comporte sur une de ses faces
30 principales de la résine de lithographie 101. Les figures 6A et 6C sont respectivement des coupes

transversales et longitudinales de l'appareil de lithographie utilisé. Sur la figure 6A, le masque est proche de la résine 101 mais ne vient pas en contact avec elle, sur la figure 6C, il n'y a pas de contact
5 entre le masque 1 et la résine 101 sauf éventuellement au niveau de ses bords s'ils sont épaissis. La référence 24 illustre une telle bordure épaissie.

On va entraîner le masque 1 dans un double mouvement de rotation (flèche F1) et de translation
10 (flèche F2) relatif par rapport au support 100 et simultanément on va éclairer le support 100 à travers le masque 1. On prévoit pour cela des moyens d'entraînement 30 du masque et/ou du support pour imprimer au masque 1 un mouvement de rotation et de
15 translation par rapport au support 100. Ces moyens 30 peuvent agir sur le masque 1 et/ou le support 100.

La rotation du masque 1 est une rotation sans glissement. On va ainsi insoler la résine 101 qui recouvre le support 100 via les zones transparentes 2
20 du masque 1. On utilise pour cela des moyens d'éclairage 16 qui fournissent un rideau lumineux 16' qui balaye le support 100 alors que le masque 1 est entraîné en rotation. Ce rideau lumineux 16' forme une ligne lumineuse au niveau de son interception par le
25 support 100. Le rideau lumineux 16' est radial par rapport au substrat, ce qui fait que la ligne lumineuse est dirigée selon une génératrice du masque 1. Les moyens d'éclairage 16 peuvent comprendre une source optique 18 associée à une optique de focalisation 19.
30 La source optique 18 peut être formée par un conduit de lumière à émission latérale 18' (connu sous la

dénomination anglaise de light pipe) alimenté par une source L par exemple de type laser comme illustré sur les figures 6. En variante, la source optique 18 pourrait être formée d'une barrette de sources
5 ponctuelles 18a alignées, par exemple des sources ponctuelles de type LED ou VCSEL (laser à émission de surface) émettant un rayonnement auquel est sensible la résine 101 comme sur les figures 7. Une autre possibilité encore serait d'utiliser une source
10 cylindrique par exemple de type lampe à arc, filament incandescent. On suppose que cette variante est illustrée sur la figure 8.

Préférentiellement la source optique 18 émet dans l'ultra-violet, la résine 101 étant choisie
15 pour être sensible à ce rayonnement. Les moyens d'éclairage 16 sont placés à l'intérieur du masque 1, mais ils sont désolidarisés du substrat cylindrique 1a de manière à ne pas être entraînés en rotation lors de la rotation du masque 1. Le masque 1 est entraîné en
20 rotation sans induire de rotation des moyens d'éclairage 16.

Le masque 1 peut être monté sur un arbre 16a qui contribue au mouvement du masque. Les moyens d'éclairage 16 peuvent être solidaires d'un arbre 16a
25 qui contribue au déplacement du masque 1 mais être libres en rotation autour de cet arbre 16a.

Le masque 1 peut être libre en translation et peut venir en contact avec le support 100 lors de la rotation, c'est le contact du masque 1 sur le support
30 100 et sa rotation qui provoque la translation relative entre le masque et le support 100. En variante, le

masque 1 peut être libre en rotation, c'est le contact entre le masque 1 et le support 100 et la translation relative entre le masque 1 et le support 100 qui provoque la rotation du masque 1. Enfin, il n'est pas
5 nécessaire qu'il y ait un contact entre le masque 1 et support 100 pourvu de la résine 101, ils sont toutefois très proches l'un de l'autre. Le masque 1 est mis en rotation et un mouvement de translation relatif est appliqué entre le masque 1 et le support 100. Dans ce
10 dernier cas, la lithographie se fait par projection.

L'insolation du support 100 permet de transférer les motifs du masque 1 sur le support 100, une étape de révélation étant prévue ensuite. La figure 6B montre de manière agrandie l'insolation d'une
15 portion du support 100 recouvert résine 101. La référence 23 représente la lumière qui traverse le masque 1 et insole la résine 101.

Le contact entre le masque et le support 100, s'il existe, garantit un transfert des motifs avec
20 un facteur de forme proche de un, même pour des motifs de taille de 10 à 50 nm environ.

En lithographie en champ proche, les zones transparentes 2 les plus petites du masque 1 généreront des ondes évanescentes, alors que des zones
25 transparentes plus grandes généreront des ondes propagatives comme décrit dans le brevet US 7 136 145. La figure 6D illustre le champ évanescent 26 qui insole la résine 101 recouvrant le support 100 au niveau d'une zone transparente 2 de petite taille du masque 1. La
30 référence 25 illustre l'espacement qui existe entre le masque 1 et le support lors de l'opération de

lithographie par projection. Cet espacement correspond à l'épaisseur des bordures épaissies. Cette épaisseur a pour ordre de grandeur la taille des plus petits motifs du masque comme illustré sur la figure 6D.

5 En cas de lithographie par projection, en champ proche, lorsqu'il n'y a pas de contact entre le masque 1 et le support 100, il peut être intéressant de contrôler la distance 25 entre les deux. Le substrat 1a du masque 1 peut comporter à chacune de ses extrémités,
10 une bordure annulaire épaissie 24, cela permet que la partie centrale du masque 1 ne vienne pas en contact avec la résine 101 recouvrant le support 100. Ces bordures épaissies 24 ont un rôle de cale. Les bordures épaissies 24 peuvent être continues ou morcelées. Les
15 bordures épaissies sont réalisées comme les motifs en relief par dépôt et lithographie. Elles peuvent être en résine ou tout autre matériau qui peut être déposé puis gravé.

 Sur les figures 7A, 7B, 7C on a représenté,
20 de la même manière qu'aux figures 6, l'appareil de lithographie avec le masque 1 topographique. Le masque 1 comporte des motifs qui se distinguent d'un fond 2, les motifs 3 sont des zones en relief 3 et le fond 2 est en creux.

25 Sur la figure 7B, la coupe est faite au niveau des motifs 3. Le principe est le même que précédemment sauf que le masque 1 vient toujours en contact avec la résine 101 pour que les motifs 3 en relief laissent leur empreinte 101a en creux dans la
30 résine 101 recouvrant le support 100. Les zones de résine 101 qui jouxtent les empreintes en creux 101a

sont référencées 101b. Ainsi, on obtient dans la couche de résine 101 du support 100 lorsque le masque 1 est passé, des zones en creux 101a et en relief 101b qui sont le miroir des motifs 3 en relief et du fond 2 en creux du masque 1.

Simultanément, les moyens d'éclairage 16 insolent la résine 101 à travers le masque. Dans cette variante, les moyens d'éclairage 16 sont formés d'une source d'éclairage 18 qui est formée d'une pluralité de sources ponctuelles 18a agencées en barrette.

Dans cette configuration, le masque 1 fonctionne en transmission pour insoler localement la résine et donc la transformer chimiquement. L'insolation se fait au niveau des zones transparentes 2 en creux du masque, les motifs étant opaques. L'inverse serait possible. En variante, le masque pourrait être entièrement transparent avec des motifs en relief.

On réalise donc une étape de nano-impression combinée à une étape de lithographie par contact. L'avantage de la combinaison nano-impression et lithographie par contact est que la taille des empreintes 101a dans la résine 101 est sensiblement la même que celle des zones en relief 3. Dans la nano-impression thermique telle que décrite dans le brevet US 7 136 145 cité plus haut, des phénomènes de dilatation apparaissent lors du chauffage, et il est difficile de prévoir à l'avance, la taille des motifs obtenus. Le transfert des motifs du masque sur le support ne se fait pas fidèlement.

La pollution du masque 1 par la résine 101 constitue un inconvénient de la lithographie par contact comme cela été évoqué plus haut. Avec les bordures épaissies 24, il n'y a plus de contact entre la partie utile du masque et le support, le problème de pollution est moindre.

S'il y a contact, il est possible de s'affranchir de ce problème, en nettoyant le masque 1 en temps réel lors de sa rotation. On peut faire coopérer un dispositif de nettoyage 27 avec le masque 1. On peut par exemple le placer, à l'opposé du support 100 comme illustré sur la figure 8. Le nettoyage peut consister en une ablation laser, en la mise en contact d'un feutre par exemple. Cette liste n'est pas limitative.

Pour éviter que de la poussière ne vienne se coller sur la résine 101 en amont du masque 1, c'est-à-dire juste avant que la résine 101 ne soit insolée, il est possible de doter l'appareil de lithographie d'un dispositif de traitement 28. Ce dispositif de traitement 28 peut projeter un flux gazeux inerte sur la résine 101 située en amont du masque. Le gaz peut être de l'azote.

Bien que plusieurs modes de réalisation de la présente 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. L'invention n'est pas limitée à un masque dont les motifs sont opaques et dont le fond est transparent, bien que plusieurs figures montrent une telle configuration. L'inverse est

bien sûr possible. Le masque peut aussi être entièrement transparent et avoir des motifs en relief.

REVENDICATIONS

1. Masque (1) pour la lithographie haute
résolution comportant un substrat (1a) délimitant un
5 fond (2) sur lequel sont répartis un ou plusieurs
motifs (3) à transférer lors de la lithographie, le
substrat (1a) étant un cylindre de révolution creux,
transparent à un rayonnement devant être utilisé lors
de la lithographie, au moins un élément parmi le fond,
10 un des motifs étant transparent au rayonnement,
caractérisé en ce que le substrat comporte à chaque
extrémité une bordure annulaire épaissie (24).

2. Masque selon la revendication 1, dans
15 lequel au moins un des motifs (3) est topographique par
rapport au fond (2).

3. Masque selon l'une des revendications 1
ou 2, dans lequel au moins un des motifs (3) est opaque
20 au rayonnement.

4. Masque selon l'une des revendications
précédentes, dans lequel le motif (3) opaque est
réalisé à partir d'un matériau opaque (1a) dont est
25 revêtu localement le substrat (1).

5. Masque selon la revendication 4, dans
lequel le matériau opaque (1b) est métallique, tel que
le chrome ou l'aluminium ou est de la résine de
30 lithographie.

6. Masque selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le fond (2) est opaque au rayonnement.

5 7. Masque selon l'une des revendications précédentes dans lequel les bordures annulaires épaissies (24) sont continues ou morcelées.

8. Procédé de fabrication d'un masque (1)
10 pour la lithographie haute résolution comportant les étapes consistant à :

a°) fournir un substrat (1a) transparent à un rayonnement, ce substrat étant un cylindre de révolution creux,

15 b°) l'enduire extérieurement de résine (17) de lithographie,

c°) l'entraîner en rotation,

d°) déplacer en translation le long d'une génératrice (G) du substrat (1a), une tête optique (9)
20 focalisant au moins un faisceau optique modulé en amplitude, ce faisceau optique prenant la forme d'un spot (7) balayant la surface extérieure du substrat (1a) enduit sensiblement en hélice de manière à insoler la résine (17) localement selon un ou plusieurs motifs
25 correspondants à des motifs du masque et à une bordure annulaire épaissie à chaque extrémité du masque,

e°) éliminer localement toute l'épaisseur de résine (17) pour révéler les motifs du masque et les bordures annulaires épaissies ou des motifs provisoires
30 calqués sur ceux du masque et sur les bordures annulaires épaissies.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel avant l'étape b°) on revêt le substrat (1a) extérieurement d'une couche de métal (1b),
5 l'élimination locale de la résine à l'étape e°) rendant accessible le métal (1b), on grave le métal rendu accessible pour exposer le substrat (1a) et révéler les motifs et les bordures annulaires épaissies à partir des motifs provisoires, puis on élimine ce qui reste de
10 résine.

10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, dans lequel lorsque le masque possède des motifs opaques et topographiques décorrés et que les
15 motifs formés sont topographiques, respectivement opaques, on reproduit les étapes b°), c°), d°), e°) de la revendication 8 et éventuellement celles de la revendication 9 pour former les motifs opaques, respectivement topographiques.

20

11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, dans lequel on donne à l'hélice un pas (p) sensiblement égal à celui du spot (7).

25 12. Procédé selon l'une des revendications 8 à 11, dans lequel la tête optique (9) focalise plusieurs faisceaux optiques (8a, 8b, 8c) de manière que les spots (7) qu'ils forment soient alignés dans une direction faisant un angle donné (α) différent de 0
30 modulo π par rapport à l'hélice de manière à ce qu'ils

balayent en parallèle la surface extérieure du substrat (1a) enduit.

13. Appareil pour réaliser un masque de lithographie selon l'une des revendications 1 à 7, comportant un arbre (A0) destiné à recevoir le substrat (1a), ce substrat (1a) étant enduit extérieurement de résine (17) de lithographie, des moyens (M1) pour entraîner en rotation l'arbre (A0), une tête optique (9) reliée à au moins une source optique (S), des moyens pour moduler en amplitude (MO) la source optique au rythme des motifs que doit porter le masque, des moyens (T1) pour déplacer la tête optique (9) en translation selon une génératrice du substrat.

15

14. Appareil selon la revendication 13, comportant en outre des moyens d'asservissement (AS) pour ajuster la position de la tête optique (9) par rapport à la surface extérieure du substrat (1a) enduit.

20

15. Appareil selon l'une des revendications 13 ou 14, dans lequel, lorsque la tête optique (9) focalise plusieurs faisceaux optiques (8a, 8b, 8c), la tête optique (8) comporte en cascade une optique de focalisation commune (9a) et en aval un composant optique (14) muni d'autant d'ouvertures (15) que de faisceaux optiques, ces ouvertures laissant émerger chacune un spot (7).

30

16. Appareil de lithographie utilisant un masque selon l'une des revendications 1 à 7 pour transférer les motifs du masque (1) sur un support (100) sensiblement plan placé en regard du masque, comportant des moyens d'éclairage (16) insérés à l'intérieur du substrat (1a) du masque, destinés à fournir un rideau lumineux (16') radial, des moyens d'entraînement (30) du masque et/ou du support pour imprimer au masque (1) un mouvement de rotation et de translation par rapport au support (100), le rideau lumineux (16') étant destiné à balayer la surface du support (100) après avoir traversé le masque (1) sans subir de rotation alors que le masque est en rotation.

17. Appareil de lithographie selon la revendication 16, dans lequel les moyens d'éclairage (16) comportent une source optique (18) et une optique (19) de type lentille barreau.

18. Appareil de lithographie selon la revendication 17, dans lequel la source optique (18) inclut un conduit lumineux (18') à émission latérale.

19. Appareil de lithographie selon la revendication 17, dans lequel la source optique (18) comporte une pluralité de sources ponctuelles (18a) agencées en barrette.

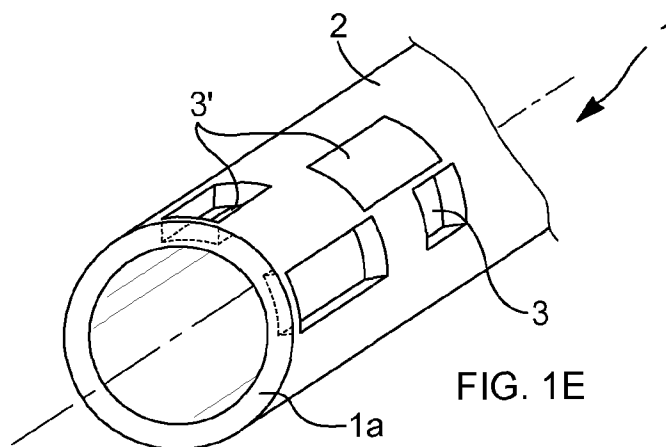
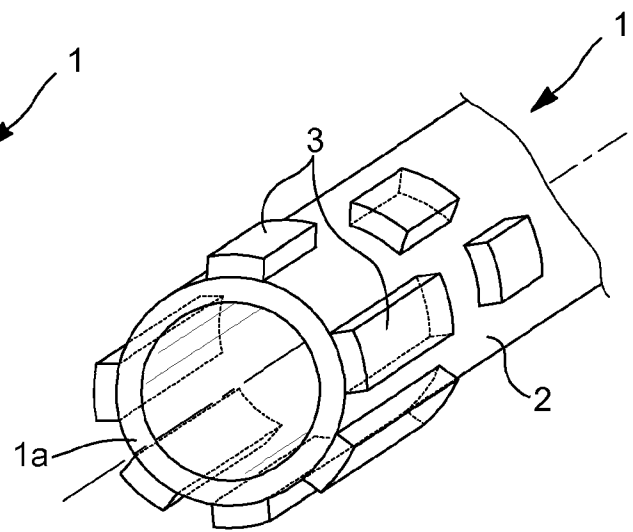
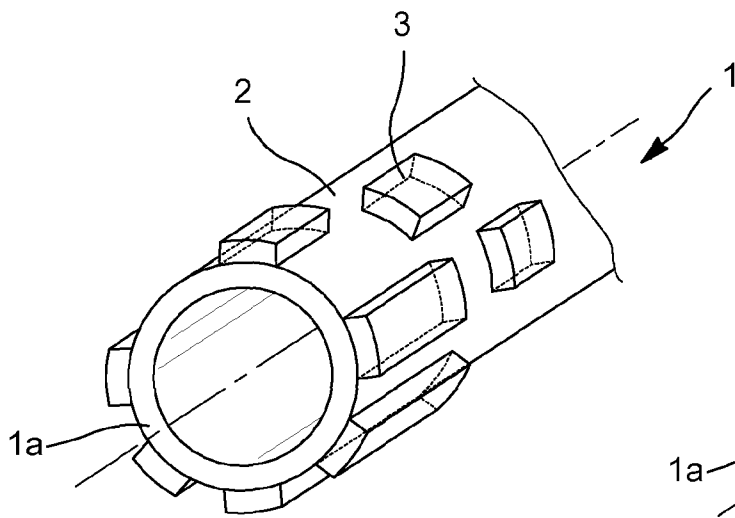
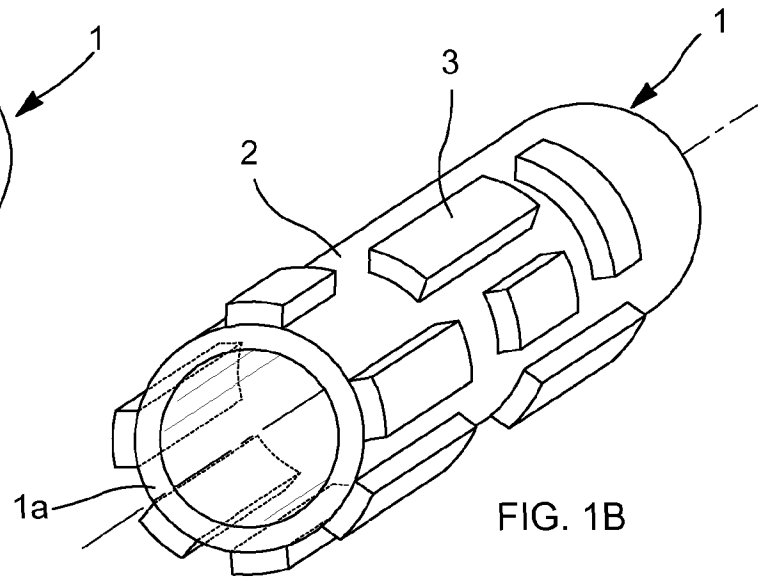
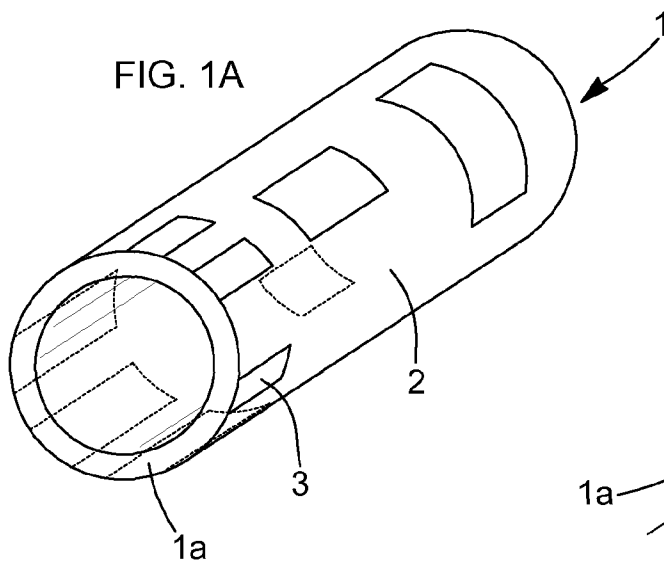
20. Appareil de lithographie selon la revendication 17, dans lequel la source optique (18) est une source cylindrique.

21. Appareil de lithographie selon l'une des revendications 16 à 20, comportant des moyens de nettoyage (27) pour nettoyer le masque lors de sa rotation, situés à l'opposé du support par rapport au masque.

22. Appareil de lithographie selon l'une des revendications 16 à 21, comportant en outre un dispositif de traitement (28) pour nettoyer le support (100) avant qu'il n'ait été balayé par le rideau lumineux (16').

23. Procédé d'utilisation du masque selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel on déplace en rotation et en translation le masque (1) à la surface d'un support (100, 101) sensiblement plan sur lequel les motifs du masque doivent être transférés et on éclaire le support par un rideau lumineux (16') émergeant radialement de l'intérieur du masque (1) par l'élément transparent, le support (100, 101) étant sensible à la lumière du rideau lumineux, les bordures annulaires épaissies ayant un rôle de cale de manière qu'une partie utile du masque et le support soient sans contact.

1/7



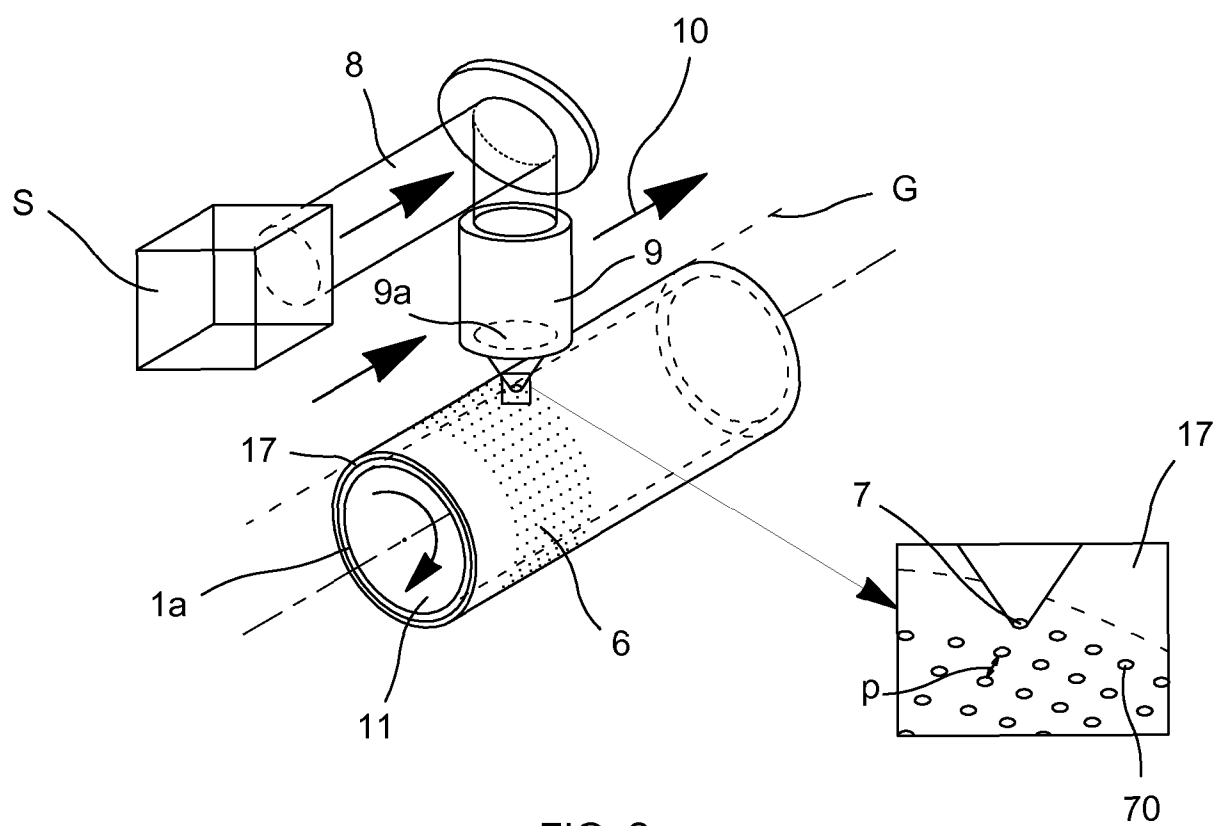


FIG. 2

3/7

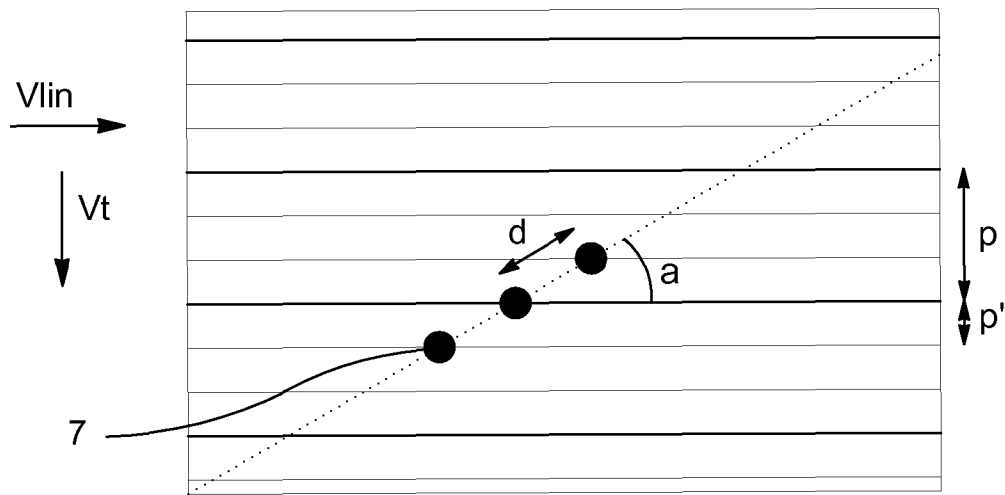


FIG. 3

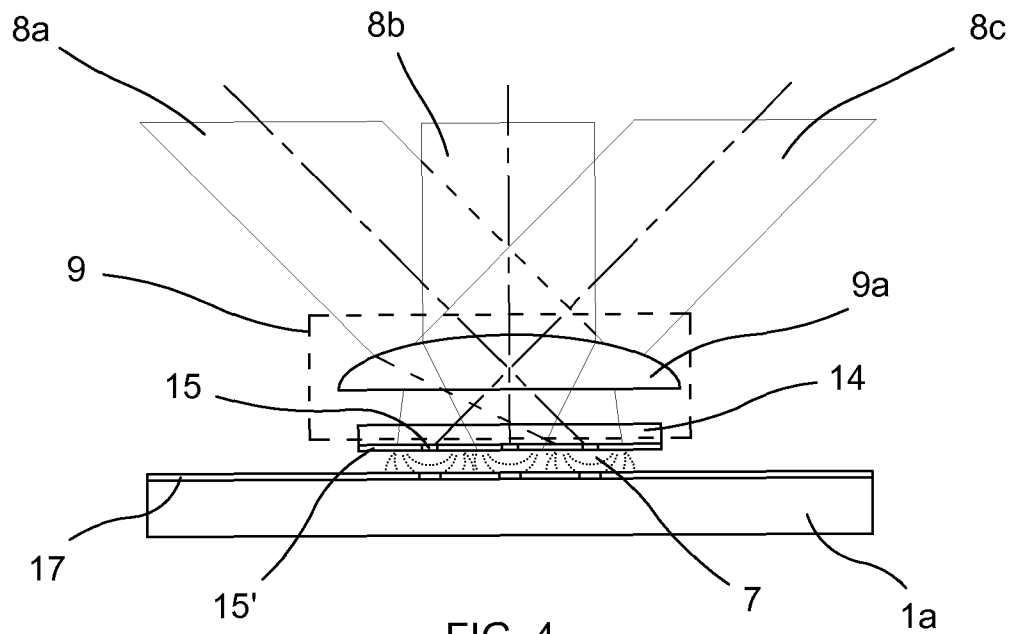


FIG. 4

4/7

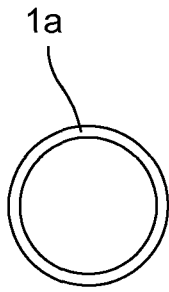


FIG. 5A

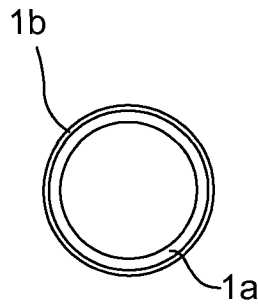


FIG. 5B

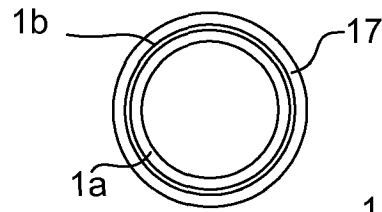


FIG. 5C

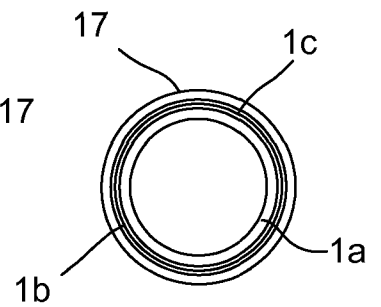


FIG. 5D

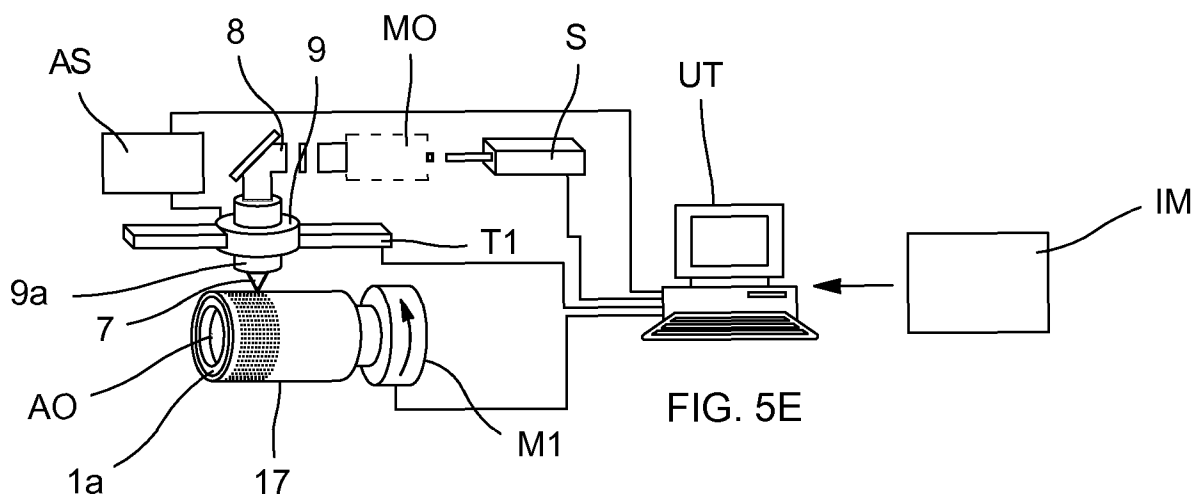


FIG. 5E

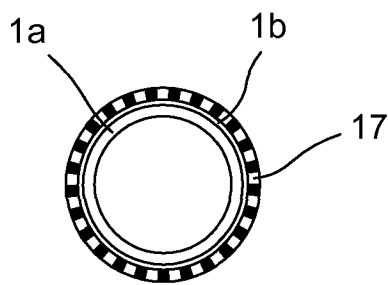


FIG. 5F

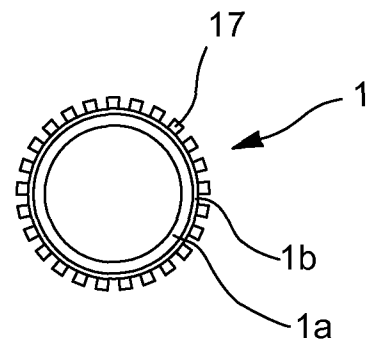


FIG. 5G

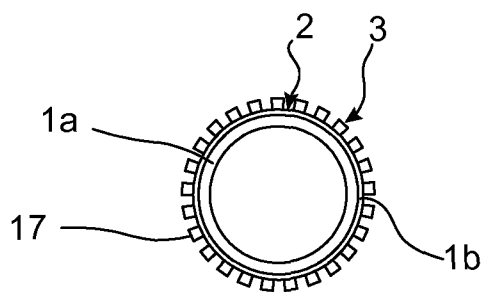


FIG. 5H

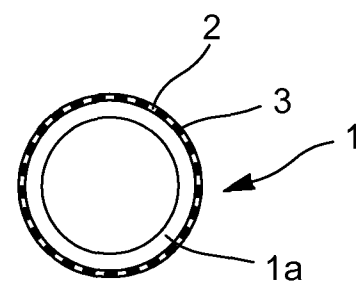
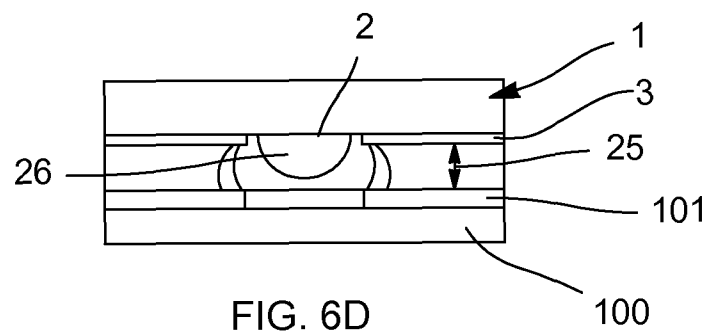
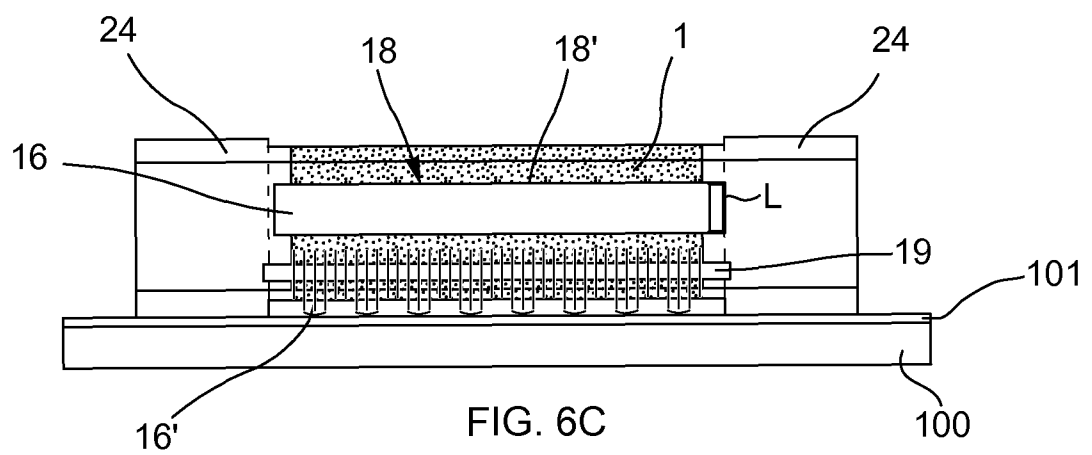
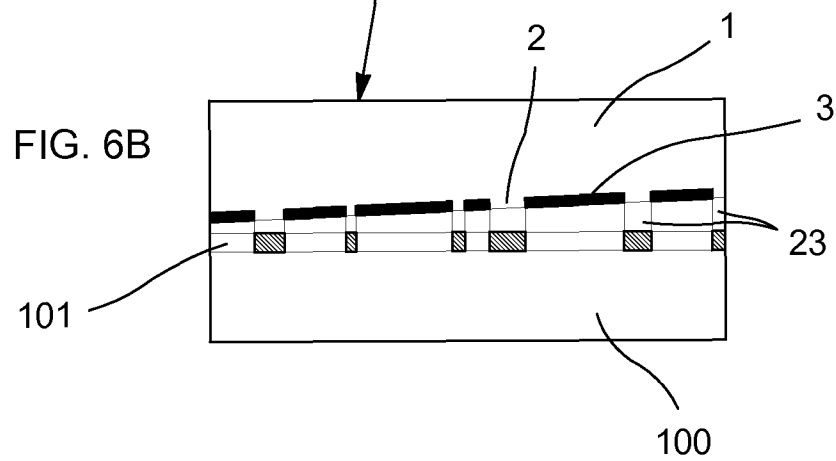
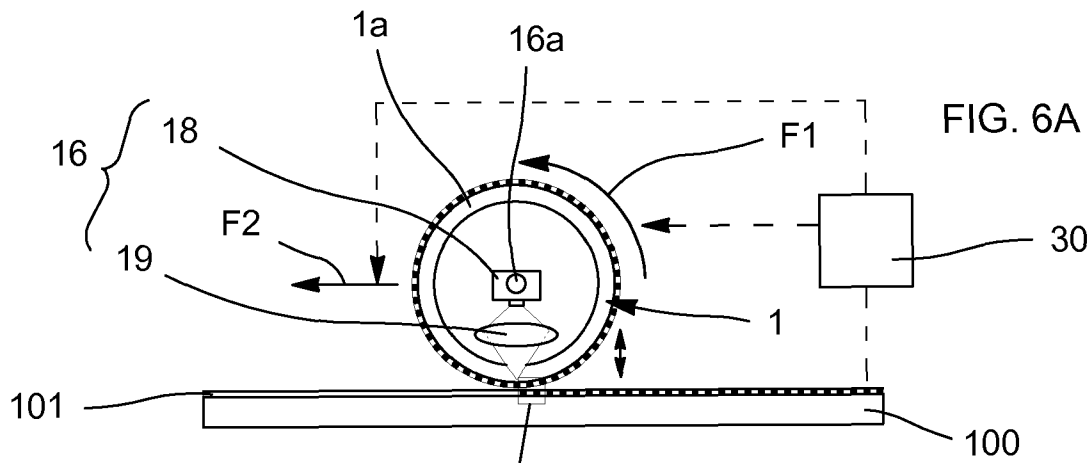


FIG. 5I

5/7



6/7

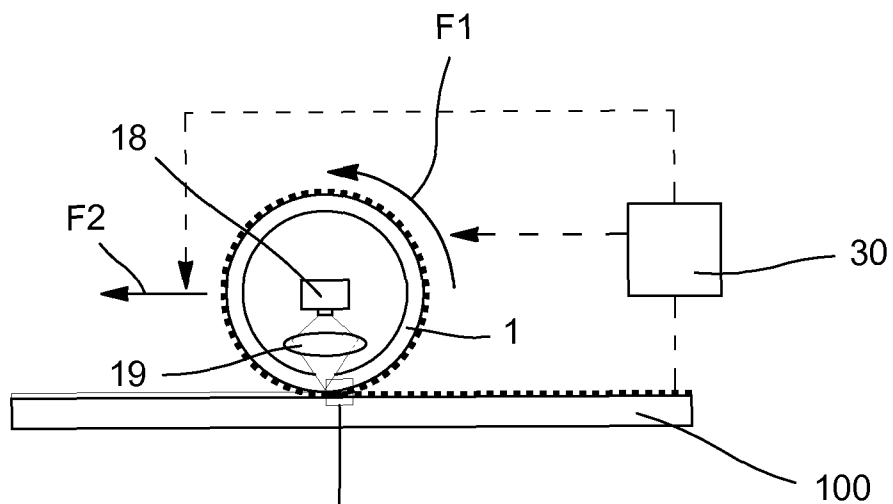


FIG. 7A

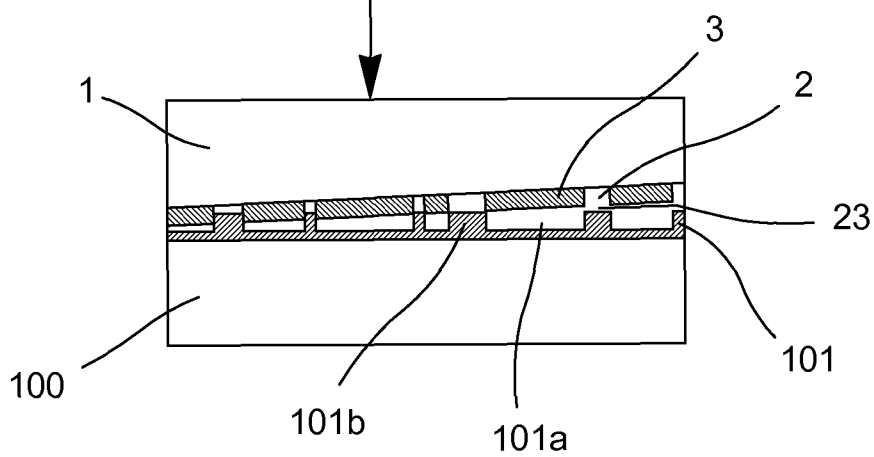


FIG. 7B

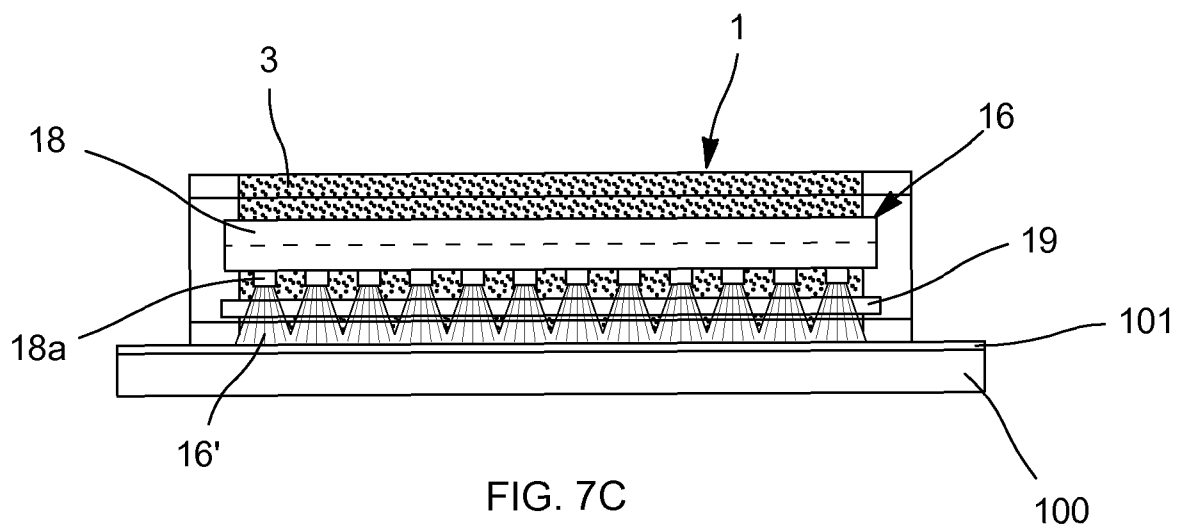


FIG. 7C

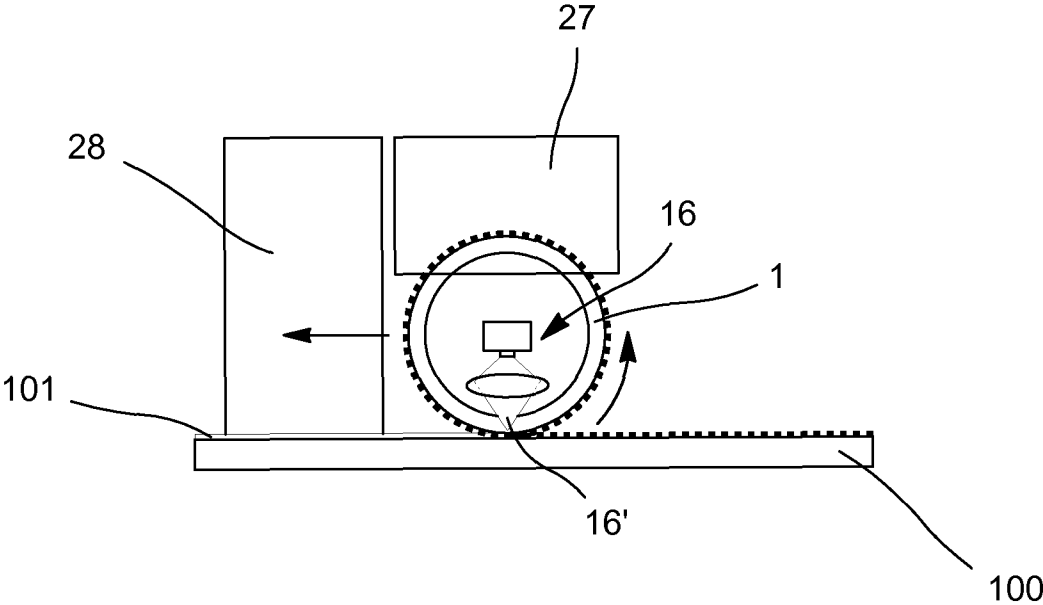


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/063714

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G03F1/14 G03F7/20 G03F7/24

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)

G03F 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007/111469 A (LG CHEMICAL LTD [KR]; HAN SANG-CHOLL [KR]; OH SEUNG-TAE [KR]; KIM DEOK) 4 October 2007 (2007-10-04)	8-15
A	paragraphs [0037], [0041], [0046], [0053], [0054], [0057], [0058]; claims 20-22, 25-28, 35; figure 7	1-7
Y	US 6 045 980 A (EDELKIND JAMIE [US] ET AL) 4 April 2000 (2000-04-04)	8-15
A	column 6, line 39 - column 8, line 19; claim 1; figures 2a, 3	1-7, 16-23
	column 9, line 64 - column 10, line 9	
	column 14, lines 12-16	
Y	JP 2000 075497 A (ADTEC ENGINEENG CO LTD) 14 March 2000 (2000-03-14)	1, 3-20, 23
	paragraphs [0002], [0004], [0011]; claim 1; figures 1, 2	
	----- -/--	

☒ 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

19 décembre 2008

Date of mailing of the international search report

13/01/2009

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

Angioni, Catherine

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/063714

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 623 440 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]) 9 November 1994 (1994-11-09) abstract; figure 1 -----	1,2, 7-20,23
A	US 6 284 437 B1 (KASHYAP RAMAN [GB]) 4 September 2001 (2001-09-04) column 3, line 56 - line 65; figure 4 -----	1-23
A	EP 1 331 516 A (HEWLETT PACKARD CO [US]) 30 July 2003 (2003-07-30) abstract; figures 4,5 -----	1-23
Y	US 2006/249886 A1 (CHAO CHIH-YU [TW] ET AL) 9 November 2006 (2006-11-09) paragraphs [0040], [0041]; figures 11-15 -----	1,2,7-15
Y	US 6 110 652 A (STORK WILHELM [DE] ET AL) 29 August 2000 (2000-08-29) column 1, line 10 - column 2, line 40; claims 1-24; figure 3 column 4, line 66 - column 5, line 23 -----	8-15
A	EP 1 003 078 A (CORNING INC [US]) 24 May 2000 (2000-05-24) figure 4 -----	1-23
A	US 2002/005890 A1 (BEIER BERNARD [DE] ET AL) 17 January 2002 (2002-01-17) paragraphs [0005], [0024] - [0031]; figure 2 -----	8-15
Y	US 2007/072093 A1 (SAWADA TAKASHI [JP] ET AL) 29 March 2007 (2007-03-29) paragraph [0069]; claims 2,3; figure 1a -----	1-20,23
A	US 2007/035717 A1 (WU WEI [US] ET AL) 15 February 2007 (2007-02-15) figure 2a -----	1-7
A	EP 1 612 586 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO [JP]) 4 January 2006 (2006-01-04) claim 13 -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/063714

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007111469	A	04-10-2007	EP 1999513 A1	10-12-2008
US 6045980	A	04-04-2000	NONE	
JP 2000075497	A	14-03-2000	NONE	
EP 0623440	A	09-11-1994	NONE	
US 6284437	B1	04-09-2001	CA 2241544 A1	24-07-1997
			DE 69733938 D1	15-09-2005
			DE 69733938 T2	01-06-2006
			WO 9726570 A1	24-07-1997
			JP 3935941 B2	27-06-2007
			JP 2000503413 T	21-03-2000
EP 1331516	A	30-07-2003	CN 1434349 A	06-08-2003
			DE 60310460 T2	13-12-2007
			JP 2003249444 A	05-09-2003
			TW 271785 B	21-01-2007
			US 2003138704 A1	24-07-2003
US 2006249886	A1	09-11-2006	AU 2005205841 A1	19-10-2006
			CA 2518642 A1	29-09-2006
			JP 2006272947 A	12-10-2006
			KR 20060105406 A	11-10-2006
			TW 280159 B	01-05-2007
US 6110652	A	29-08-2000	AT 196806 T	15-10-2000
			AU 3174097 A	07-01-1998
			DE 19623352 A1	18-12-1997
			WO 9748022 A1	18-12-1997
			EP 0904569 A1	31-03-1999
			JP 4068150 B2	26-03-2008
			JP 2000512031 T	12-09-2000
EP 1003078	A	24-05-2000	JP 2000147229 A	26-05-2000
			KR 20000035503 A	26-06-2000
US 2002005890	A1	17-01-2002	CA 2350243 A1	30-12-2001
			CN 1330291 A	09-01-2002
			CN 1734355 A	15-02-2006
			CZ 20012402 A3	13-02-2002
			DE 10031915 A1	10-01-2002
			EP 1168813 A2	02-01-2002
			HK 1043206 A1	30-06-2006
			JP 2002113836 A	16-04-2002
US 2007072093	A1	29-03-2007	JP 2007079368 A	29-03-2007
US 2007035717	A1	15-02-2007	WO 2008048491 A2	24-04-2008
EP 1612586	A	04-01-2006	JP 2006011296 A	12-01-2006
			US 2006018018 A1	26-01-2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/063714

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. G03F1/14 G03F7/20 G03F7/24

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)
 G03F 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

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 2007/111469 A (LG CHEMICAL LTD [KR]; HAN SANG-CHOLL [KR]; OH SEUNG-TAE [KR]; KIM DEOK) 4 octobre 2007 (2007-10-04)	8-15
A	alinéas [0037], [0041], [0046], [0053], [0054], [0057], [0058]; revendications 20-22, 25-28, 35; figure 7	1-7
Y	US 6 045 980 A (EDELKIND JAMIE [US] ET AL) 4 avril 2000 (2000-04-04)	8-15
A	colonne 6, ligne 39 - colonne 8, ligne 19; revendication 1; figures 2a, 3 colonne 9, ligne 64 - colonne 10, ligne 9 colonne 14, ligne 12-16	1-7, 16-23
Y	JP 2000 075497 A (ADTEC ENGINEENG CO LTD) 14 mars 2000 (2000-03-14)	1, 3-20, 23
	alinéas [0002], [0004], [0011]; revendication 1; figures 1, 2	
	-/--	



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
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

19 décembre 2008

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/01/2009

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

Angioni, Catherine

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/063714

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 0 623 440 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]) 9 novembre 1994 (1994-11-09) abrégé; figure 1 -----	1,2, 7-20,23
A	US 6 284 437 B1 (KASHYAP RAMAN [GB]) 4 septembre 2001 (2001-09-04) colonne 3, ligne 56 - ligne 65; figure 4 -----	1-23
A	EP 1 331 516 A (HEWLETT PACKARD CO [US]) 30 juillet 2003 (2003-07-30) abrégé; figures 4,5 -----	1-23
Y	US 2006/249886 A1 (CHAO CHIH-YU [TW] ET AL) 9 novembre 2006 (2006-11-09) alinéas [0040], [0041]; figures 11-15 -----	1,2,7-15
Y	US 6 110 652 A (STORK WILHELM [DE] ET AL) 29 août 2000 (2000-08-29) colonne 1, ligne 10 - colonne 2, ligne 40; revendications 1-24; figure 3 colonne 4, ligne 66 - colonne 5, ligne 23 -----	8-15
A	EP 1 003 078 A (CORNING INC [US]) 24 mai 2000 (2000-05-24) figure 4 -----	1-23
A	US 2002/005890 A1 (BEIER BERNARD [DE] ET AL) 17 janvier 2002 (2002-01-17) alinéas [0005], [0024] - [0031]; figure 2 -----	8-15
Y	US 2007/072093 A1 (SAWADA TAKASHI [JP] ET AL) 29 mars 2007 (2007-03-29) alinéa [0069]; revendications 2,3; figure 1a -----	1-20,23
A	US 2007/035717 A1 (WU WEI [US] ET AL) 15 février 2007 (2007-02-15) figure 2a -----	1-7
A	EP 1 612 586 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO [JP]) 4 janvier 2006 (2006-01-04) revendication 13 -----	1-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2008/063714

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2007111469	A	04-10-2007	EP 1999513 A1	10-12-2008
US 6045980	A	04-04-2000	AUCUN	
JP 2000075497	A	14-03-2000	AUCUN	
EP 0623440	A	09-11-1994	AUCUN	
US 6284437	B1	04-09-2001	CA 2241544 A1	24-07-1997
			DE 69733938 D1	15-09-2005
			DE 69733938 T2	01-06-2006
			WO 9726570 A1	24-07-1997
			JP 3935941 B2	27-06-2007
			JP 2000503413 T	21-03-2000
EP 1331516	A	30-07-2003	CN 1434349 A	06-08-2003
			DE 60310460 T2	13-12-2007
			JP 2003249444 A	05-09-2003
			TW 271785 B	21-01-2007
			US 2003138704 A1	24-07-2003
US 2006249886	A1	09-11-2006	AU 2005205841 A1	19-10-2006
			CA 2518642 A1	29-09-2006
			JP 2006272947 A	12-10-2006
			KR 20060105406 A	11-10-2006
			TW 280159 B	01-05-2007
US 6110652	A	29-08-2000	AT 196806 T	15-10-2000
			AU 3174097 A	07-01-1998
			DE 19623352 A1	18-12-1997
			WO 9748022 A1	18-12-1997
			EP 0904569 A1	31-03-1999
			JP 4068150 B2	26-03-2008
			JP 2000512031 T	12-09-2000
EP 1003078	A	24-05-2000	JP 2000147229 A	26-05-2000
			KR 20000035503 A	26-06-2000
US 2002005890	A1	17-01-2002	CA 2350243 A1	30-12-2001
			CN 1330291 A	09-01-2002
			CN 1734355 A	15-02-2006
			CZ 20012402 A3	13-02-2002
			DE 10031915 A1	10-01-2002
			EP 1168813 A2	02-01-2002
			HK 1043206 A1	30-06-2006
			JP 2002113836 A	16-04-2002
US 2007072093	A1	29-03-2007	JP 2007079368 A	29-03-2007
US 2007035717	A1	15-02-2007	WO 2008048491 A2	24-04-2008
EP 1612586	A	04-01-2006	JP 2006011296 A	12-01-2006
			US 2006018018 A1	26-01-2006