

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 927 708**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **08 00884**

51) Int Cl<sup>8</sup> : G 03 F 7/20 (2006.01), G 03 F 1/14

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 19.02.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 21.08.09 Bulletin 09/34.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement public à caractère industriel et commercial — FR.

72) Inventeur(s) : IMBERT JEAN LOUIS.

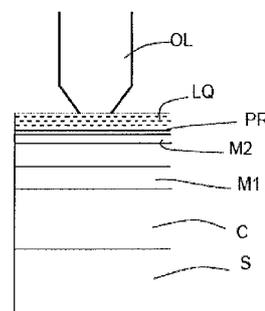
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54) PROCÉDE DE PHOTOLITHOGRAPHIE ULTRAVIOLETTE A IMMERSION.

57) L'invention concerne la photolithographie ultraviolette à 193 nanomètres ou 157 nanomètres.

Pour pousser au maximum l'obtention de résolutions élevées, on utilise des optiques à très forte ouverture numérique, mais on ne dispose pas de résines photosensibles d'indice suffisant pour profiter au mieux de cette ouverture numérique élevée. On propose d'utiliser des résines (PR) ordinaires mais en épaisseur tellement faible qu'elles seront exposées localement par des ondes évanescentes en cas de réflexion totale pour les rayons d'incidence très élevée, et ceci malgré la présence d'un liquide d'immersion (LQ) entre l'optique de projection (OL) et la résine photosensible (PR).



FR 2 927 708 - A1



## PROCEDE DE PHOTOLITHOGRAPHIE ULTRAVIOLETTE A IMMERSION

L'invention concerne la photolithographie à très haute résolution.

Actuellement, pour obtenir des motifs de dessins extrêmement étroits, notamment pour la réalisation de circuits électroniques ou optiques, on utilise des machines de photolithographie fonctionnant à des longueurs  
5 d'onde ultra-violettes, classiquement 193 nanomètres, ou même 157 nanomètres.

Des tentatives pour utiliser des longueurs d'onde beaucoup plus courtes et permettant donc des motifs encore plus petits ont été faites : la longueur d'onde envisagée est de 13,6 nanomètres (extrême ultra violet)  
10 mais les procédés de fabrication de masques sont beaucoup plus complexes.

On cherche donc à pousser au maximum la recherche de résolution élevée avec des longueurs d'onde ultraviolettes classiques et notamment une longueur d'onde de 193 nanomètres (obtenue par un laser  
15 excimère au fluorure d'argon).

La limite de résolution optique est définie par une quantité  $d$  donnée par la formule  $d = k \cdot \lambda / NA$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde,  $NA$  l'ouverture numérique (en anglais "numerical aperture"), et  $k$  est un facteur correctif proche de 1 si on ne prend pas en compte des artifices de procédés  
20 d'exposition particuliers et pouvant descendre à 0,3 ou même au-dessous si on prend en compte de tels artifices. L'ouverture numérique  $NA$  est égale à  $n \cdot \sin \theta_m$ , où  $n$  est l'indice optique du dernier milieu traversé et  $\theta_m$  l'angle le plus extrême que peut délivrer le système optique.

Un moyen pour améliorer la résolution (c'est-à-dire diminuer la  
25 quantité  $d$ ) consiste donc à augmenter l'ouverture numérique  $NA$ . Mais augmenter l'ouverture numérique pose un problème lorsque l'optique est située dans l'air, c'est-à-dire lorsqu'une couche d'air est interposée entre l'optique et la résine photolithographique qu'on cherche à exposer pour définir un motif à graver. En effet, si l'ouverture numérique est supérieure à  
30 1, l'interface entre le verre de l'optique (ou tout autre matériau transparent) et l'air tend à empêcher la sortie des rayons de forte incidence de la dernière lentille de l'optique vers l'air puis vers la résine.

On peut alors mettre la lentille de sortie du système optique en contact direct avec une résine photolithographique d'indice supérieur ou égal à l'ouverture numérique de l'optique. Dans ce cas, les rayons lumineux d'incidence élevée continuent à sortir de l'optique et à pénétrer dans la  
5 résine. Mais on peut comprendre que la mise en contact direct de l'optique avec la résine pose des problèmes s'il s'agit de faire de la photolithographie industrielle : on peut difficilement mettre en contact des surfaces importantes, et on risque de détériorer soit la couche de résine soit même la surface de la dernière lentille de l'optique.

10 C'est pourquoi on a imaginé dans l'art antérieur d'interposer un liquide, dit liquide d'immersion, entre la lentille et la résine photolithographique à exposer. Pour que les rayons lumineux d'incidence élevée puissent sortir de l'optique et pénétrer dans la résine pour l'exposer, il faut non seulement que ce liquide d'immersion soit transparent pour la  
15 longueur d'onde utilisée, mais aussi qu'il ait, pour cette longueur d'onde, un indice de réfraction supérieur à la valeur de l'ouverture numérique de l'optique. Si l'indice de réfraction du liquide d'immersion était plus faible que l'ouverture numérique de l'optique, les rayons d'incidence élevée ne sortiraient pas de la dernière lentille. L'indice de la résine également doit être  
20 supérieur à l'ouverture numérique.

Des essais ont donc été faits dans l'art antérieur, pour une longueur d'onde de 193nm ou 157 nm, avec des optiques d'ouvertures numériques de 1,3 environ utilisant de la silice, un fluide d'immersion qui était au départ de l'eau mais qu'on a essayé de remplacer par des liquides  
25 d'indices de 1,54 à 1,60 environ, et une résine photosensible d'indice le plus élevé possible, pouvant aller de 1,6 à 1,75.

Si cependant on veut améliorer encore la résolution, il faut augmenter l'ouverture numérique de l'optique, notamment en utilisant des matériaux de lentille d'indice très élevé (par exemple supérieur à 2 pour  
30 obtenir une ouverture numérique supérieur à 1,7) ; on se heurte alors au fait qu'il faut un liquide d'immersion et une résine photosensible d'indices supérieurs à 1,7.

Il est très difficile cependant de trouver des résines photosensibles d'indice aussi élevé.

C'est pourquoi l'invention propose d'utiliser un procédé de photolithographie dans lequel on utilise effectivement un liquide d'immersion transparent d'indice élevé pour éviter que la résine soit en contact direct avec l'optique et pour éviter que l'optique soit dans l'air ou dans l'eau (indice  
5 insuffisant), mais dans lequel on prévoit que la résine photolithographique a un indice inférieur à celui du liquide d'immersion et une très faible épaisseur, de sorte que, pour les rayons de forte incidence, la résine est exposée dans toute son épaisseur non pas par les rayons réfractés dans la résine mais par  
10 les ondes évanescentes présentes à l'interface, là où ces rayons de forte incidence subissent une réflexion totale en raison de leur incidence et du rapport entre les indices du liquide et de la résine.

Par les mots "résine photolithographique", on entend la résine proprement dite ou la résine recouverte d'une fine pellicule de protection appelée en anglais "top coat" lorsque cette fine pellicule existe.

15 L'épaisseur de résine est alors comprise de préférence entre 0,1 et 0,5 fois la longueur d'onde d'exposition.

Ainsi, l'invention propose un procédé de photolithographie pour réaliser un motif gravé dans une couche déposée sur un support, comprenant l'exposition d'une résine photosensible d'indice de réfraction  
20 inférieur ou égal à 1,7 par un faisceau de lumière ultraviolette à travers une optique de projection à forte ouverture numérique (supérieure ou égale à 1,7), cette optique comportant une lentille de projection solide à fort indice de réfraction (de préférence supérieur à 1,7), caractérisé en ce qu'on interpose entre la lentille et la résine photosensible une couche de liquide d'immersion  
25 transparente à la longueur d'onde utilisée, dont l'indice de réfraction pour cette longueur d'onde est supérieur ou égal à l'ouverture numérique de l'optique, et en ce que l'indice du liquide d'immersion est supérieur à celui de la résine et l'épaisseur de la résine est comprise entre environ 0,1 et 0,5 fois la longueur d'onde du faisceau d'exposition.

30 Sur une épaisseur aussi faible, les ondes évanescentes pour les rayons les plus extrêmes (compte-tenu de la valeur de l'ouverture numérique de l'optique) sont présentes dans la résine et exposent celle-ci.

Ainsi, par ce procédé on n'est pas obligé de mettre au point des résines d'indice extrêmement élevé, et on n'est pas obligé non plus de mettre

en contact direct une lentille et la résine, ce qui risquerait de dégrader l'une ou l'autre.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront  
5 à la lecture de la description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux  
dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente le principe général du procédé de  
photolithographie selon l'invention ;

- la figure 2 représente l'action générale d'un rayon lumineux sur  
10 une résine photosensible lorsque l'incidence de ce rayon est inférieure à  
l'incidence de réflexion totale (2a) et lorsque l'incidence est supérieure à  
l'incidence de réflexion totale (2b) ;

- la figure 3 représente l'action d'un rayon lumineux sur une résine  
photosensible de très faible épaisseur lorsque l'incidence est inférieure à  
15 l'incidence de réflexion (3a) et lorsque l'incidence est supérieure à l'incidence  
de réflexion totale (3b).

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement une optique OL  
de projection d'image en ultraviolet à une longueur d'onde qui est de  
20 préférence de 193 nm mais qui pourrait aussi être à 157 nm. L'image est  
destinée à exposer une résine photosensible PR qui réagit à cette longueur  
d'onde. La résine est déposée sur des couches à graver, elles-mêmes  
déposées sur un substrat plan S.

Pour la lisibilité du schéma, les échelles ne sont pas respectées.

25 Dans l'exemple représenté, on considère que les couches  
déposées sur le substrat S comprennent une superposition d'une couche à  
graver C, d'une première couche M1 qui servira pour les opérations de  
gravure, d'une deuxième couche M2 qui servira aussi pour les opérations de  
gravure. On reviendra plus loin sur les raisons de cette superposition. La  
30 résine photosensible PR est déposée sur la superposition, donc sur la  
deuxième couche M2.

L'optique OL comporte classiquement un certain nombre de  
lentilles non représentées, et elle a une ouverture numérique aussi élevée  
que possible ; dans la pratique on espère obtenir une ouverture numérique

égale ou supérieure à 1,7 en utilisant des matériaux solides d'indice suffisant, transparents à la longueur d'onde utilisée.

Typiquement, on peut utiliser une matière transparente d'indice 2,15 à la longueur d'onde de 193 nanomètres, qui est un grenat d'aluminium-lutetium à structure cubique, pour obtenir alors une optique d'ouverture numérique comprise entre 1,7 et 1,8. La dernière lentille de l'optique OL est réalisée dans ce matériau.

Cette optique n'est pas mise en contact direct avec la couche de résine photosensible, pour ne pas détériorer la résine ou l'optique elle-même. Elle n'est pas non plus séparée par une couche d'air de cette résine, car l'air a un indice de réfraction beaucoup trop faible (environ 1) qui ne permettrait pas de laisser sortir les rayons de forte incidence de l'optique OL.

Un liquide d'immersion LQ est donc interposé entre le verre de la dernière lentille de l'optique OL et la résine photosensible. Ce liquide d'immersion doit être aussi transparent que possible, et par conséquent il est disposé en couche très mince dans le cas (général) où il n'est pas suffisamment transparent. L'ordre de grandeur de l'épaisseur de couche liquide envisagée est de quelques dizaines de micromètres, mais cette épaisseur peut descendre au dessous du micromètre si le coefficient d'absorption optique du liquide à la longueur d'onde considérée est trop fort. Le liquide doit avoir un indice de réfraction supérieur ou égal à l'ouverture numérique de l'optique OL, soit, dans l'exemple donné, supérieur à 1,7 ou 1,8.

On peut utiliser comme liquide d'immersion les liquides suivants:

- mélange  $\text{SnCl}_4$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ , glycérol, indice 1,76 dans le visible, plus élevé (environ 1,95) en ultraviolet à 193 nm
- $\text{CH}_2\text{I}_2$ , indice 1,738 dans le visible, plus élevé (environ 1,93) en ultraviolet à 193 nm
- iodure de sodium ou de césium, indice 1,7 à 1,8 dans le visible, plus élevé (environ 2) en ultraviolet à 193 nm
- tribromure d'arsenic, ou mélange à base de tribromure et disulfure d'arsenic en présence de composés de sélénium, indice 2,1 dans le visible, plus élevé (environ 2,3) en ultraviolet à 193 nm (exemple : série H et EH de la société Cargille aux USA).

On utilisera une épaisseur de liquide de 50 micromètres au maximum et de préférence inférieure à 100 nanomètres pour ces liquides qui ont une absorption non négligeable et qui ne sont donc suffisamment transparents qu'à très faible épaisseur.

5 La résine photosensible PR a un indice de réfraction qui devrait être supérieur à l'ouverture numérique de l'optique.

Malheureusement, on n'a pas trouvé de résine photosensible industriellement utilisable qui aurait un tel indice de réfraction lorsque l'ouverture numérique est très élevée.

10 La figure 2 représente alors ce qui se passe lorsqu'un rayon lumineux d'incidence moyenne sort de l'optique pour pénétrer dans le liquide d'immersion (figure 2a) et lorsqu'un rayon d'incidence très élevée sort de l'optique pour pénétrer dans le liquide d'immersion (figure 2b). Dans le premier cas (figure 2a), le rayon lumineux peut pénétrer dans la résine et  
15 l'exposer sur sa profondeur. Dans le deuxième cas (figure 2b), le rayon lumineux est réfléchi totalement à l'interface liquide d'immersion/résine et n'expose pas la résine.

La théorie montre cependant que dans ce deuxième cas, l'interaction de l'onde électromagnétique lumineuse avec l'interface entre  
20 deux couches d'indice de réfraction différentes, produit non seulement une onde réfléchie totalement, qui se propage en sortant du liquide d'immersion, mais aussi une onde stationnaire, qui ne se propage pas et qui est localisée à proximité immédiate de l'interface. Cette onde est appelée onde évanescente, sa particularité étant en effet qu'elle a une amplitude très  
25 fortement décroissante avec la profondeur sous l'interface.

L'invention propose de donner à la résine photosensible une épaisseur très faible permettant qu'elle soit exposée par l'onde évanescente même pour les rayons incidents qui produisent une réflexion totale à l'interface entre le liquide d'immersion et la résine. Selon l'invention, on  
30 choisit une épaisseur de résine comprise entre 0,1 fois et 0,5 fois la longueur d'onde ultraviolette utilisée. On bénéficie alors de toute la résolution que permet l'utilisation d'une ouverture numérique très élevée de l'optique de projection, sans dégradation due à la réflexion totale des rayons d'incidence très élevée.

Ainsi, en utilisant une résine photosensible normale, ayant un indice de réfraction inférieur à l'ouverture numérique de l'optique, mais en lui donnant une épaisseur comprise entre 0,1 et 0,5 fois la longueur d'onde, on constate que même les rayons d'incidence la plus élevée permettent  
5 d'exposer la résine sur toute sa profondeur.

La figure 3, analogue à la figure 2, montre ce qui se passe dans le cas des rayons d'incidence moyenne (figure 3a) et dans le cas de rayons d'incidence très élevée (figure 3b). Dans le premier cas, la résine est exposée par l'onde qui se propage dans la résine après réfraction. Dans le  
10 deuxième cas, la résine est exposée par l'onde évanescente qui possède une énergie propre.

La résine ainsi exposée en ultraviolet est ensuite développée pour éliminer les parties non exposées ou les parties exposées selon que la résine est positive ou négative. Le développement laisse subsister des zones  
15 de résine qui définissent le motif de gravure. Ces zones protègent les couches sous-jacentes. Un produit d'attaque sélectif, attaquant une couche sous-jacente plus vite que la résine, est utilisé pour graver un motif sous la résine.

Cependant, on comprend que la très faible épaisseur de résine  
20 utilisée (par exemple de 20 à 100 nanomètres) va résister plus difficilement aux produits d'attaque que des épaisseurs plus classiques se comptant en centaines de nanomètres. C'est pourquoi il est souhaitable d'utiliser une gravure par transferts successifs de motifs dans plusieurs couches sous-jacentes.

C'est la raison pour laquelle on a représenté à la figure 1 un  
25 substrat S recouvert des couches superposées C, M1, M2, la couche C étant la couche à graver finalement avec le motif défini par l'exposition de la résine, et les couches M1 et M2 étant des couches de masquage intermédiaires servant pendant l'opération de gravure.

On va graver d'abord la couche M2, de faible épaisseur, puis  
30 utiliser cette couche comme masque de gravure pour graver la couche M1, puis utiliser la couche M1 (ou l'ensemble de M1 et M2) pour graver une couche C située sous la couche M1.

A titre d'exemple, on peut utiliser les couches de masquage  
35 suivantes :

- couche M2 en oxyde de silicium de 10 à 20 nanomètres d'épaisseur

- couche M1 dite "couche inerte" en carbone amorphe d'épaisseur environ 100 nanomètres ;

5 La sélectivité de gravure entre la couche de résine et la couche M2 doit être dans un rapport d'au moins 3 à 5 (rapport de la vitesse de gravure de la couche M2 par rapport à la résine). Avec l'exemple donné ci-dessus (couche M2 en oxyde de silicium de 10 à 20 nanomètres d'épaisseur), on consommera environ 5 nanomètres de résine au maximum pendant la gravure de l'oxyde.

10 Si la sélectivité de gravure de l'oxyde par rapport à la couche M2 est inférieure à 3, on peut remarquer que la gravure fonctionne quand même si on accepte une certaine dégradation du profil de gravure. L'image transférée dans la couche M2 est alors en quelque sorte une image plus floue que l'image du motif de résine développée après exposition.

Pour la gravure de la couche de carbone M1 en utilisant la couche d'oxyde M2 comme couche de masquage, il est facile de trouver des produits d'attaque présentant une sélectivité élevée, avec une vitesse de gravure de carbone au moins dix fois supérieure à la vitesse de gravure de l'oxyde, et par conséquent la couche M1 peut être beaucoup plus épaisse que la couche M2. Il est important d'avoir une couche M1 suffisamment épaisse pour graver ensuite la couche C.

25 Si on revient à l'exposition de la résine photosensible PR, et plus particulièrement à l'exposition engendrée par les rayons d'incidence plus élevé que l'angle limite permis par la différence d'indice entre le liquide d'immersion, on peut démontrer par le calcul théorique que l'intensité des ondes évanescentes peut s'écrire sous la forme:

30  $I = e^{-z/P}$  où  $z$  est la variable de profondeur dans la résine à partir de l'interface liquide d'immersion/résine,  $P$  est une quantité assimilable à une profondeur et égale à:

$$P = \lambda/[4\pi(n_e^2 \sin^2 \theta - n_r^2)^{1/2}]$$

où  $\lambda$  est la longueur d'onde,  $n_e$  est l'indice du liquide d'immersion et  $n_r$  celui de la résine,  $\theta$  est l'angle d'incidence d'un rayon subissant une réflexion totale.

Par exemple, si l'indice du liquide est 2,1 et l'indice de la résine 1,7 et si la longueur d'onde est de 193 nanomètres et l'angle d'incidence de 60°, l'intensité  $I$  s'exprime comme  $I = e^{-0,042 \cdot z}$   $z$  en nanomètres et on peut évaluer à 25 nanomètres environ la profondeur  $P$  jusqu'à laquelle l'énergie des ondes évanescentes peut significativement être utilisée (à la profondeur  $P$ , l'énergie est 2,7 fois inférieure à celle qui est présente immédiatement au-dessous de l'interface). Cela veut dire qu'on peut utiliser une couche de résine ayant une épaisseur environ égale à 25 nanomètres si on réussit à l'insoler avec une intensité 2,7 fois plus faible qu'à l'interface. Si on peut choisir un indice de liquide plus proche de celui de la résine, on peut augmenter la quantité  $P$  de manière significative.

De préférence, l'épaisseur de la résine est comprise entre 20 et 60 nanomètres.

Un exemple d'appareil de photolithographie utilisant un liquide d'immersion est donné dans la demande de brevet publiée sous le numéro US 2006/0072088. Il est utilisable dans le cadre de la présente invention. Il comprend en particulier un système de distribution de ce liquide, qui injecte un liquide entre la surface extérieure de l'optique d'illumination et la surface de la tranche (ou "wafer" en anglais) qui doit subir une gravure. Par surface de la tranche, on entend ici la surface du substrat  $S$  recouvert non seulement de la couche à graver  $C$ , des couches de masquage  $M1$  et  $M2$ , mais aussi de la résine  $PR$ . La distance entre la surface extérieure de l'optique et la surface de la tranche est inférieure à 50 micromètres mais peut être beaucoup plus faible (environ 100 nanomètres par exemple) si le liquide d'immersion n'a pas une transparence suffisante pour 50 micromètres. La distribution de fluide se fait si possible tout autour de la tranche pour effectuer une répartition régulière.

La tranche est placée sur une table de positionnement qui permet de la décaler pas-à-pas lorsque l'exposition se fait pas-à-pas.

Un protocole possible d'utilisation du procédé selon l'invention peut consister à déplacer la tranche d'un pas correspondant à l'espacement de deux puces adjacentes sur la tranche, en maintenant un film de liquide d'immersion d'une épaisseur de l'ordre du millimètre entre l'optique de projection et le wafer, avec ou sans renouvellement du fluide. Arrivée en position d'exposition de la puce suivante, la table de positionnement ajuste le

plan de la surface de la tranche avec le plan image formé par l'optique de projection. La tranche est ensuite approchée à la distance prévue, inférieure ou égale à 50 micromètres et l'image est exposée aux ultraviolets par l'optique de projection. La circulation du liquide d'immersion peut être interrompue pendant l'étape de rapprochement de la tranche et de l'optique.

La table est ensuite à nouveau abaissée à une distance de l'ordre du millimètre et on recommence l'opération pour une nouvelle exposition de puce.

Un autre protocole possible consiste à positionner l'altitude de la tranche dès la première exposition et à déplacer ensuite la tranche par pas de puce en puce sans changer cette altitude. On le fera avec ou sans renouvellement du liquide d'immersion. Cela suppose évidemment que la distance de travail choisie soit suffisante, entre la tranche et l'optique, pour ne pas risquer qu'un pic de rugosité de la tranche vienne racler l'optique au cours du déplacement. Il faut donc de préférence mesurer au préalable la rugosité de la tranche au moyen d'un rugosimètre, et si possible utiliser des tranches dont la planéité est supérieure à la planéité de tranches traitées selon des procédés standards.

Pour pouvoir utiliser l'invention, il faut que l'image fournie par l'optique de projection OL se forme là où va se trouver la résine photosensible et on doit donc calculer l'optique en fonction de la hauteur de l'espace rempli de liquide d'immersion entre la tranche et l'optique. Une lame à face parallèles peut être rajoutée sous la dernière lentille de l'optique de projection, le choix de son épaisseur permettant de régler la position de l'image formée pour une optique de projection donnée car le déplacement d'image est proportionnel à l'épaisseur de la lame à faces parallèles.

Si l'épaisseur de liquide d'immersion doit varier, il faudra de préférence prévoir des moyens de modification de la position du plan image en correspondance avec la variation désirée. Ces moyens peuvent être mécaniques ou pneumatiques ou électriques.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de photolithographie pour réaliser un motif gravé dans une couche déposée sur un support, comprenant l'exposition d'une résine photosensible d'indice de réfraction inférieur ou égal à 1,7 par un faisceau de lumière ultraviolette à travers une optique de projection à forte ouverture numérique (supérieure ou égale à 1,7), cette optique comportant une optique de projection solide à fort indice de réfraction (supérieur à 2), caractérisé en ce qu'on interpose entre la lentille et la résine photosensible une couche de liquide d'immersion transparente à la longueur d'onde utilisée, dont l'indice de réfraction pour cette longueur d'onde est supérieur ou égal à l'ouverture numérique de l'optique, et en ce que l'indice du liquide d'immersion est supérieur à celui de la résine et l'épaisseur de la résine est comprise entre environ 0,1 et 0,5 fois la longueur d'onde du faisceau d'exposition.

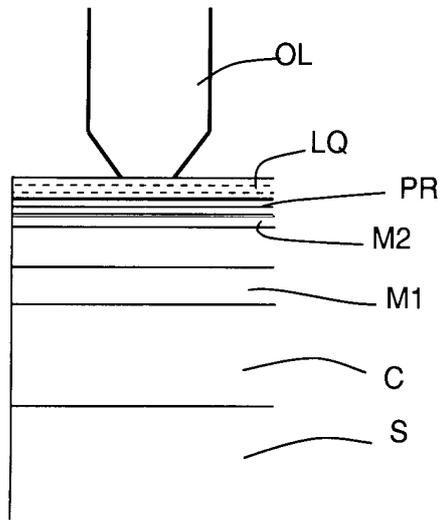
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le faisceau de lumière est un faisceau ultraviolet à une longueur d'onde de 193 nanomètres ou 157 nanomètres.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la surface de la résine est placée pendant l'exposition à une distance de 100 nanomètres à 50 micromètres de l'optique de projection.

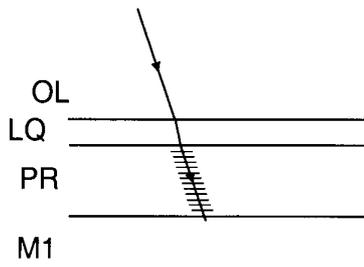
4. Procédé de photolithographie selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la résine photosensible est déposée sur des couches de masquage intermédiaires (M1 et M2), elles-mêmes déposées sur une couche (C) à graver selon le motif d'exposition de la résine.

5. Procédé de photolithographie selon la revendication 4, caractérisé en ce que la première couche de masquage (M1) déposée sur la couche à graver (C) est une couche de carbone amorphe.

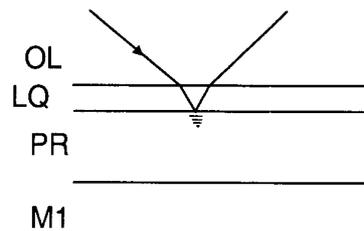
6. Procédé de photolithographie selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que la deuxième couche de masquage (M2) est une couche d'oxyde de silicium mince de 10 à 20 nanomètres d'épaisseur.



**Fig. 1**

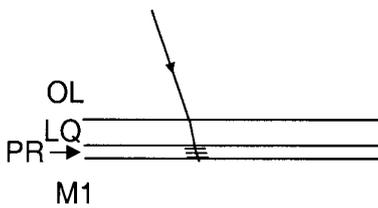


**2a**

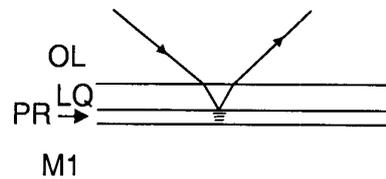


**2b**

**Fig. 2**



**3a**



**3b**

**Fig. 3**

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 703883  
FR 0800884

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 1 783 525 A (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 9 mai 2007 (2007-05-09) * abrégé; figures 1,3,4 * * alinéas [0032], [0040] - [0046], [0057], [0061] *	1-3	G03F7/20 G03F1/14
A	US 2007/279604 A1 (WU TZONG HSIEN [TW] ET AL) 6 décembre 2007 (2007-12-06) * abrégé; figures 1,2,6 * * alinéas [0018], [0023], [0025], [0026] *	1-3	
A	US 5 121 256 A (CORLE TIMOTHY R [US] ET AL) 9 juin 1992 (1992-06-09) * abrégé; figure 4 * * colonne 2, ligne 55-65 * * colonne 3, ligne 31-33 * * colonne 4, ligne 10-13 *	1-3	
A	US 6 171 730 B1 (KURODA RYO [JP] ET AL) 9 janvier 2001 (2001-01-09) * abrégé; figure 7 * * colonne 9, ligne 55 - colonne 11, ligne 54 * * colonne 13, ligne 62 - colonne 14, ligne 23 *	1-3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G03F
A	US 2005/233257 A1 (LATCHFORD IAN [US] ET AL LATCHFORD IAN [US] ET AL) 20 octobre 2005 (2005-10-20) * abrégé; figures 2a-2c * * alinéas [0047] - [0051] *	4-6	
A	US 2004/180299 A1 (ROLLAND JASON P [US] ET AL ROLLAND JASON P [US] ET AL) 16 septembre 2004 (2004-09-16) * abrégé; figure 1 * * alinéas [0022] - [0026] *	4,6	
-/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 août 2008		Remy, Jérôme	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		.....	
		& : membre de la même famille, document correspondant	



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 703883  
FR 0800884

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
E	US 2008/080067 A1 (OMURA YASUHIRO [JP] ET AL) 3 avril 2008 (2008-04-03) * abrégé; figures 1,3 * * alinéas [0084] - [0086] * -----	1-3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
E	EP 1 890 191 A (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 20 février 2008 (2008-02-20) * abrégé; figure 6 * * alinéa [0075] * -----	1-3	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 août 2008		Remy, Jérôme	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 3

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0800884 FA 703883**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 19-08-2008

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1783525 A	09-05-2007	WO 2006013734 A1	09-02-2006
		JP 2006113533 A	27-04-2006
		KR 20070041609 A	18-04-2007
		US 2008165336 A1	10-07-2008
US 2007279604 A1	06-12-2007	CN 101086624 A	12-12-2007
US 5121256 A	09-06-1992	AUCUN	
US 6171730 B1	09-01-2001	AUCUN	
US 2005233257 A1	20-10-2005	AUCUN	
US 2004180299 A1	16-09-2004	EP 1602012 A1	07-12-2005
		JP 2006520104 T	31-08-2006
		WO 2004081666 A1	23-09-2004
US 2008080067 A1	03-04-2008	WO 2008047587 A2	24-04-2008
		JP 2008085328 A	10-04-2008
EP 1890191 A	20-02-2008	AUCUN	