

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 12.09.08.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.03.10 Bulletin 10/11.

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 ATO-
MIQUE Etablissement public à caractère industriel et
commercial — FR et CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) Etablissement
public à caractère scientifique et technologique — FR.

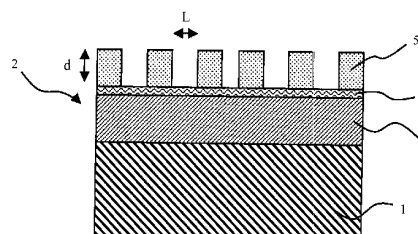
⑦2 Inventeur(s) : JOUBERT OLIVIER, DAVID THIBAUT,
CHEVOLLEAU THIERRY et CUNGE GILLES.

⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMI-
QUE Etablissement public à caractère industriel et com-
mercial, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS) Etablissement public à carac-
tère scientifique et technologique.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET HECKE.

⑤4 PROCÉDE DE GRAVURE UTILISANT UNE STRUCTURE DE MASQUAGE MULTICOUCHE.

⑤7 Le procédé de gravure d'une couche cible comporte la formation sur la couche cible (1) d'une structure multicouche (2) ayant une couche de masque dur inorganique (4) disposée sur ladite couche cible (1), elle-même recouverte par un masque (5) comportant un réseau de motifs nanométriques. La couche de masque dur inorganique (4) comporte une couche mince d'oxyde métallique d'épaisseur inférieure ou égale à 10 nm. Le réseau de motifs nanométriques du masque (5) est transféré dans la couche cible (1) par gravures successives.



Procédé de gravure utilisant une structure de masquage multicouche

Domaine technique de l'invention

5

L'invention est relative à un procédé de gravure d'un réseau de motifs nanométriques sur une couche cible assurant un transfert vertical des structures. Le procédé comporte la formation sur la couche cible d'une structure multicouche ayant une couche de masque dur inorganique, 10 disposée sur la couche cible. Cette couche est recouverte par un masque comportant le réseau de motifs nanométriques. Le procédé comporte également le transfert, dans la couche cible, du réseau de motifs nanométriques du masque par gravures successives.

15

État de la technique

Confrontées à la miniaturisation des dispositifs électroniques et notamment, afin de répondre aux spécifications dimensionnelles des futures générations 20 de circuits intégrés, les technologies de lithographie optique, comme la photolithographie 193 nm ou la photolithographie utilisant le rayonnement UltraViolet extrême (EUV) ou la lithographie électronique (« e-beam »), se sont considérablement développées pour permettre de transférer un réseau de motifs sur un substrat, en particulier de silicium. Le développement des 25 nanotechnologies a permis de repousser les limites de résolutions des techniques conventionnelles. Notamment, M. P. Stoykovich et al, décrivent dans l'article "Block copolymers and conventional lithography" (materials today, sept 2006, vol 9, n° 9, P.20-29), une technique de grapho-épitaxy, basée sur l'intégration de copolymères diblocs dans la lithographie 30 conventionnelle, afin d'améliorer la résolution de cette technologie et d'atteindre des dimensions de motifs d'environ 20 nm. Dans ces conditions,

l'utilisation de copolymères diblocs impose de travailler sous une épaisseur limite, d'environ 30 nm, afin d'obtenir une grande uniformité dans la taille des motifs. Avec de telles épaisseurs, la sélectivité de gravure n'est alors plus assez bonne pour transférer directement le masque vers le substrat.

5

Pour conserver l'intégrité des motifs réalisés, lors du transfert vers le substrat, de nouvelles techniques de nano-structuration ont été mises au point. Ces techniques permettent d'obtenir des structures de masque multicouche améliorant la qualité du transfert du réseau des motifs à l'échelle nanométrique vers le substrat. Ainsi, Wai-kin Li et al, dans l'article « Creation of sub-20nm contact using diblock copolymer on a 300mm wafer for complementary metal oxide semiconductor applications » (J. Vac. Sci. Technol. B25 (6), Nov/Dec 2007, P. 1982 - 1984) décrit un procédé de formation d'un réseau de motifs de dimension inférieure à 20nm, à partir d'un copolymère dibloc poly(styrène-block-méthylméthacrylate) noté PS-b-PMMA. Cet article mentionne, également, une structure tricouche correspondant à l'empilement de la couche polymère sur une double couche de masque dur, une de nitrure de silicium, l'autre d'oxyde de silicium. Cette structure permet le transfert du réseau de motifs, réalisé dans la couche de polymère, vers le substrat avec un rapport d'aspect relativement élevé. Néanmoins, la sélectivité n'est pas suffisamment bonne pour permettre un contrôle dimensionnel satisfaisant.

10

15

20

25

30

De même, la demande de brevet WO2007/103343 décrit, plus particulièrement, une structure tricouche constituée d'une couche de carbone amorphe formant un premier masque dur, une couche inorganique formant un second masque dur et une résine sensible à la lumière qui permet de définir les motifs par lithographie optique. Le procédé de gravure utilisant cette structure de masquage inclut une étape de décapage permettant de réduire la dimension des motifs transférés mais uniquement jusqu'à environ 63nm.

Objet de l'invention

L'objet de l'invention a pour but de proposer un procédé de gravure utilisant une structure de masquage multicouche et des plasmas de gravure spécifiques, permettant le transfert d'un réseau de motifs nanométriques avec une résolution élevée et un bon contrôle dimensionnel, tout en remédiant aux inconvénients de l'art antérieur.

Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que la couche de masque dur inorganique comporte une couche mince d'oxyde métallique, d'épaisseur inférieure ou égale à 10 nm.

Selon un mode de réalisation préférentiel, la structure multicouche comporte une couche de masque dur organique disposée entre la couche cible et la couche de masque dur inorganique.

Description sommaire des dessins

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre des modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

Les figures 1 à 7 représentent, schématiquement et en coupe, différentes étapes successives d'un premier mode de réalisation d'un procédé de gravure d'une structure multicouche.

Les figures 8 à 12 représentent, schématiquement et en coupe, différentes étapes successives d'un second mode de réalisation d'un procédé de gravure d'une structure multicouche.

Description de modes particuliers de réalisation

Selon un premier mode de réalisation, le procédé de gravure d'une couche cible 1, illustré à titre d'exemple, aux figures 1 à 7, comporte la formation
5 d'une structure multicouche 2 sur la couche cible 1 (figure 1). La structure multicouche 2 est constituée d'un empilement de couches. Comme représenté à la figure 1, la structure multicouche 2 comporte successivement (de bas en haut sur la figure 1), une couche de masque dur organique 3, disposée sur la couche cible 1, une couche de masque dur inorganique 4,
10 disposée sur la couche de masque dur organique 3 et un masque 5 comportant un réseau de motifs nanométriques.

La couche cible 1 est la couche dans laquelle le réseau de motifs nanométriques du masque 5 doit être transféré. Cette couche cible 1 est
15 principalement destinée à réaliser des dispositifs de circuits imprimés, des dispositifs nanoélectroniques ou des structures nanoporeuses. Cette couche cible 1 peut correspondre, par exemple, à une couche de silicium, une couche métallique ou un isolant. La couche de masque dur organique 3 et la couche de masque dur inorganique 4 sont déposées successivement, pleine
20 plaque, sur la couche cible 1, selon tout procédé connu. Ce dépôt peut, par exemple, être réalisé par dépôt physique en phase vapeur (PVD), pulvérisation, évaporation ou dépôt chimique en phase vapeur activé par plasma (PECVD). La couche de masque dur organique 3 est, avantageusement, une couche mince, ayant typiquement une épaisseur
25 comprise entre 10 et 500 nm et avantageusement entre 25 et 75 nm, par exemple 50 nm. Cette couche de masque dur organique 3 est, de préférence, une couche carbonée, avantageusement, constituée de carbone amorphe.

30 La couche de masque dur inorganique 4 est constituée d'une couche mince d'oxyde métallique, d'épaisseur inférieure ou égale à 10 nm. Les oxydes

métalliques préférentiels sont les oxydes d'hafnium, d'aluminium, d'yttrium ou de zirconium. L'utilisation d'une couche de masque dur inorganique 4 très mince (inférieure à 10 nm) évite de pratiquer une gravure trop agressive, susceptible de détériorer l'intégrité du réseau de motifs nanométriques du masque 5.

Le masque 5 est réalisé, selon tout procédé connu, par exemple, par dépôt et lithographie optique ou photolithographie. Dans le cas d'une lithographie électronique, la présence d'une couche mince d'oxyde métallique 4 permet un meilleur contrôle dimensionnel du réseau de motifs nanométriques. En effet, la lithographie électronique consistant à insoler une résine au moyen d'un faisceau d'électrons sans utiliser de masque préalable est sujette à un effet de charge. La couche mince d'oxyde métallique 4 favorise alors la dissipation des charges électriques et diminue donc cet effet de charge. Le masque 5 est, avantageusement, constitué d'un matériau polymère. Le masque 5 en matériau polymère, peut être obtenu par des techniques de lithographie connues utilisant des matériaux auto-organisés, par exemple, des copolymères diblocs notamment de type PS-b-PMMA. La dimension critique étant la dimension des motifs géométriques les plus petits (largeur de ligne, contact, tranchée, etc...), le masque 5 présente un réseau de motifs ayant une dimension critique inférieure ou égale à 50 nm, de préférence, inférieure ou égale à 20 nm. Cette dimension critique correspond sur la figure 1 à la longueur L des motifs. L'augmentation de la résolution du réseau de motifs nanométriques induit généralement une diminution de l'épaisseur d du masque 5. Dans ces gammes de dimension critique, l'épaisseur d du masque 5 est inférieure ou égale à 50 nm, plus particulièrement, inférieure ou égale à 30 nm.

Après réalisation de la structure multicouche, selon la figure 1, le réseau de motifs nanométriques est transféré du masque 5 à la couche cible 1, par gravures successives.

Comme représenté à la figure 2, le réseau de motifs existant au sein du masque 5, est d'abord transféré à la couche de masque dur inorganique 4, par une première gravure plasma. Celle-ci est, avantageusement, une gravure ionique réactive ("reactive ion etching" noté RIE). En particulier, le plasma est un mélange de chlore et de chlorure de bore et/ou de chlorosilane, plus particulièrement, un mélange de chlore (Cl_2), de trichlorure de bore (BCl_3) et/ou de tétrachlorosilane (SiCl_4), éventuellement associé à un gaz rare comme l'argon. Cette gravure expose alors certaines parties de la couche de masque dur organique 3, non couvertes par le réseau de motifs nanométriques. La gravure est réalisée dans des conditions de faible bombardement ionique dans des réacteurs à couplage capacitif ou inductif. Dans le cas d'un réacteur à couplage inductif, la gravure est réalisée avec une faible tension d'auto-polarisation pour avoir une énergie des ions inférieure à 50 eV. Ces conditions de gravure, très peu agressives pour le masque 5, assurent le transfert du réseau de motifs nanométriques sans détérioration de ces motifs. Ainsi, même avec des épaisseurs de masque 5 très faibles c'est à dire inférieures à 30nm, l'intégrité du réseau de motifs nanométriques est conservé.

20

A titre d'exemple, dans le cas d'une couche de dioxyde d'hafnium (HfO_2) la couche de masque dur inorganique 4 est gravée par un plasma BCl_3 dans un réacteur à couplage inductif (ICP) sous les conditions suivantes: pression de 5 mTorr; puissance source de 800W, puissance d'auto-polarisation de 10 W, température de 50°C, débit de BCl_3 de 0.1 Slm.

25

A titre d'exemple, dans le cas d'une couche d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) la couche de masque dur inorganique 4 est gravée par un plasma $\text{SiCl}_4/\text{Cl}_2$ dans un réacteur à couplage inductif (ICP) sous les conditions suivantes : pression de 10 mTorr; puissance source de 500 W, pas de puissance d'auto-polarisation, température de 50°C, débit de SiCl_4 de 0,02 Slm et de

30

Cl_2 de 0,08 Slm. Un débit de 1Slm (1 standard liter/minute) correspond à un débit équivalent à 1 litre par minute dans les conditions standards de pression et de température.

- 5 Selon une variante, lorsque la couche de masque dur 4 est une couche mince de dioxyde d'hafnium (HfO_2) ayant, par exemple, une épaisseur inférieure à 5 nm, elle peut avantageusement être gravée par une première gravure chimique. Le liquide graveur utilisé pour cette première gravure est alors de l'acide fluorhydrique (HF) sous forme liquide. Cette gravure présente
- 10 l'avantage d'être très sélective vis-à-vis du masque 5. En pratique, l'ensemble constitué de la couche cible 1 et de la structure multicouche 2 est plongé dans un bain d'acide fluorhydrique (HF) puis retiré après une durée d'immersion d'environ 1 min. La faible épaisseur de la couche mince d'oxyde métallique 4a, c'est-à-dire inférieure à 5nm, permet d'obtenir une gravure
- 15 anisotrope malgré le caractère isotrope d'une gravure chimique.

Le masque 5 est, ensuite, éliminé selon des techniques connues propres à la nature du masque 5 (figure 3). Un masque 5 en matériau riche en carbone de type polystyrène ou carbone amorphe peut, par exemple, être éliminé

20 avec un plasma d'oxygène (O_2) ou avec des plasmas réducteurs à haute température, par exemple, des mélanges gazeux d'hydrogène et d'hélium (H_2/He) ou d'hydrogène et d'argon (H_2/Ar) à 350°C ou encore de l'ammoniac (NH_3).

- 25 La couche de masque dur organique 3 est, ensuite, gravée par une seconde gravure au plasma dans des conditions de faible bombardement ionique. De préférence, la seconde gravure est une gravure ionique réactive (RIE). La couche de masque dur inorganique 4 qui comporte l'intégralité du réseau de motifs nanométriques est alors utilisée comme masque pour graver la
- 30 couche de masque dur organique 3. Comme illustré à la figure 4, le réseau de motifs nanométriques est transféré de la couche de masque dur

inorganique 4 à la couche de masque dur organique 3. Le plasma utilisé est, de préférence, un mélange gazeux d'hydrogène et d'un ou plusieurs composés azotés et/ou carbonés. Par exemple, le plasma est un mélange d'hydrogène (H_2), d'azote (N_2) et de méthane (CH_4). La couche de masque dur inorganique 4 étant peu sensible aux conditions de plasma utilisées, elle garantit la pérennité du réseau de motifs nanométriques lors de ce transfert. En absence de cette couche de masque dur inorganique 4, la sélectivité de la gravure n'étant plus assez bonne, le transfert direct du réseau de motifs du masque 5 à la couche de masque dur organique 3 entraînerait, du fait des conditions de gravure trop agressives, une détérioration du réseau de motifs nanométriques.

Selon une variante, le plasma est avantageusement un mélange gazeux d'oxygène, d'un ou plusieurs composés halogénés et d'un gaz inerte servant de support au plasma. Par exemple, le plasma est un mélange d'oxygène (O_2) et d'acide bromhydrique (HBr) et/ou de chlore (Cl_2) et d'argon (Ar).

Comme illustré à la figure 5, la couche de masque dur inorganique 4 est éliminée selon tout procédé connu.

Selon une variante non représentée, la couche de masque dur inorganique 4 restante après la seconde gravure est éliminée lors des étapes ultérieures soit par gravure de la couche cible 1 soit avec la couche de masque dur organique 3.

La couche de masque dur organique 3, qui comporte l'intégralité du réseau de motifs nanométriques, est ensuite utilisée comme masque pour graver la couche cible 1. Le réseau de motifs nanométriques est alors transféré de la couche de masque dur organique 3 à la couche cible 1, par une troisième gravure (figure 6). La gravure de la couche cible 1 est réalisée selon tout procédé connu en fonction de la nature de la couche cible 1. Par exemple,

une couche cible 1 en silicium peut être gravée avec un plasma formé d'un mélange gazeux ($\text{HBr} + \text{Cl}_2 + \text{O}_2$). Pour une couche cible 1 d'oxyde de silicium, un plasma formé d'un mélange gazeux fluorocarboné peut être utilisé pour la gravure. Le masque dur organique 3 est, ensuite, éliminé selon tout procédé connu (figure 7).

Selon un second mode de réalisation, une couche supplémentaire est insérée dans la structure multicouche 2 (figure 8). La couche de masque dur inorganique 4 est alors constituée de la couche mince d'oxyde métallique 4a, d'épaisseur inférieure ou égale à 10 nm et d'une couche diélectrique 4b entre la couche de masque dur organique 3 et la couche mince d'oxyde métallique 4a. La couche diélectrique 4b est avantageusement une couche d'oxyde de silicium (SiO_2). L'épaisseur de la couche diélectrique 4b est, de préférence, inférieure ou égale à environ 20 nm. Le procédé selon ce second mode de réalisation comprend une étape de gravure supplémentaire, illustrée à titre d'exemple aux figures 9 à 12. Le transfert du réseau de motifs nanométriques du masque 5 à la couche mince d'oxyde métallique 4a est réalisé selon le même mode opératoire que précédemment.

La couche mince d'oxyde métallique 4a qui comporte l'intégralité du réseau de motifs nanométriques est, ensuite, utilisée comme masque pour graver la couche diélectrique 4b (figure 9). Comme illustré à la figure 10, le réseau de motifs nanométriques est alors transféré de la couche mince d'oxyde métallique 4a à la couche diélectrique 4b par une gravure au plasma intermédiaire, de préférence une gravure RIE, dans des conditions de faible bombardement ionique. Le plasma utilisé est un plasma comportant un composé fluorocarboné. Par exemple, le plasma contient du tétrafluorométhane (CF_4), avantageusement, en présence d'un gaz inerte, par exemple de l'argon. La couche mince d'oxyde métallique 4a est particulièrement résistante au plasma fluorocarboné. L'existence de cette couche diélectrique 4b améliore donc la sélectivité de la gravure.

Après élimination de la couche 4a restante, la couche diélectrique 4b, qui comporte l'intégralité du réseau de motifs nanométriques (figure 11), est ensuite utilisée comme masque pour graver la couche de masque dur organique 3. Comme illustré à la figure 12, le réseau de motifs nanométriques est alors transféré de la couche diélectrique 4b à la couche de masque dur organique 3, dans les mêmes conditions que la seconde gravure au plasma. Après élimination de la couche diélectrique 4b, le réseau de motifs nanométriques est transféré de la couche de masque dur organique 3 à la couche cible 1 selon un mode opératoire identique à celui du premier mode de réalisation.

Selon une variante, non représentée, la couche diélectrique 4b et la couche de masque dur organique 3 sont gravées successivement sans éliminer les couches restantes respectivement d'oxyde métallique 4a et diélectrique 4b. Les couches 4a et 4b sont ensuite éliminées en même temps soit par gravure de la couche cible 1 lorsque les conditions de gravure sont suffisamment agressives soit après gravure de la couche cible 1, avec la couche de masque dur organique 3.

Le choix du mode de réalisation du procédé de gravure est dicté par la nature des couches et la compatibilité des couches entre elles. Ainsi, le procédé de gravure selon le second mode de réalisation est particulièrement adapté lorsque le dépôt direct de la couche d'oxyde métallique 4a sur la couche organique 3 est difficile ou impossible.

Selon un troisième mode de réalisation, non représenté, la structure multicouche 2 est constituée de la couche de masque dur inorganique 4 disposée directement sur la couche cible 1, elle-même recouverte par le masque 5 comportant le réseau de motifs nanométriques. La couche de masque dur organique 3 est alors inexistante. Comme précédemment, la couche de masque dur inorganique 4 peut également comporter une couche

diélectrique 4b lorsque le dépôt de la couche d'oxyde métallique 4a sur la couche cible 1 est difficilement réalisable. Le transfert du réseau de motifs nanométriques du masque 5 à la couche de masque dur inorganique 4 est alors réalisé selon le même mode opératoire que le premier mode, décrit ci-dessus. La couche cible 1 peut ensuite être gravée selon tout procédé connu.

Lorsque la couche cible 1 est gravée avec de l'acide fluorhydrique, on peut utiliser les plasmas de gravure de la couche de masque dur inorganique 4 pour éliminer la couche de masque dur inorganique 4 restante. Le masque 5 est alors consommé pendant les différentes étapes de gravure.

Selon une variante, la couche cible 1 est une couche inorganique, par exemple, une couche diélectrique. Le plasma utilisé pour la gravure de la couche cible 1 peut alors être identique à celui de la gravure de la couche de masque dur inorganique 4.

Le procédé de gravure selon ce troisième mode de réalisation est particulièrement adapté pour graver une couche inorganique, par exemple, une couche diélectrique ou pour graver une couche cible 1 sur une faible épaisseur, avantageusement, une épaisseur inférieure à 100 nm.

Les procédés de gravure décrits ci-dessus sont des procédés industrialisables, adaptés aux masques ayant des résolutions très élevées, développés à l'heure actuelle pour répondre aux exigences de miniaturisation des circuits intégrés et des nanotechnologies. Ils permettent de transférer un réseau de motifs nanométriques d'un masque très mince à un substrat avec une sélectivité élevée et un bon contrôle dimensionnel.

Ces procédés de gravure sont particulièrement adaptés à la réalisation de nanostructures pour des applications en nanoscience.

Revendications

1. Procédé de gravure d'une couche cible (1) comportant la formation sur ladite couche cible (1) d'une structure multicouche (2) ayant une couche de masque dur inorganique (4), disposée sur ladite couche cible (1), elle-même recouverte par un masque (5) comportant un réseau de motifs nanométriques, et le transfert dans la couche cible (1), du réseau de motifs nanométriques du masque (5) par gravures successives, procédé caractérisé en ce que ladite couche de masque dur inorganique (4) comporte une couche mince d'oxyde métallique (4a), d'épaisseur inférieure ou égale à 10 nm.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'oxyde métallique (4a) est choisi parmi les oxydes d'hafnium, d'aluminium, d'yttrium et de zirconium.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le masque (5) est en matériau polymère.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les motifs nanométriques du réseau du masque (5) ont une dimension critique (L) inférieure ou égale à 50 nm.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la dimension critique (L) est inférieure ou égale à 20 nm.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le masque (5) a une épaisseur inférieure ou égale à 50 nm.
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le masque (5) a une épaisseur inférieure ou égale à 30 nm.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le réseau de motifs nanométriques est transféré du masque (5) à la couche mince d'oxyde métallique (4a), dans des conditions de faible bombardement ionique, par une première gravure au plasma, avec un plasma comportant un mélange de chlore et de chlorure de bore et/ou de chlorosilane.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'oxyde métallique (4a) étant du dioxyde d'hafnium (HfO_2), le réseau de motifs nanométriques est transféré du masque (5) à la couche mince d'oxyde métallique (4a) par gravure chimique avec de l'acide fluorhydrique.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la structure multicouche (2) comporte une couche de masque dur organique (3) disposée entre la couche cible (1) et la couche de masque dur inorganique (4).
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la couche de masque dur organique (3) est une couche carbonée ayant une épaisseur comprise entre 10 nm et 500 nm.
12. Procédé selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que la couche de masque dur inorganique (4) comporte, entre la couche mince d'oxyde métallique (4a) et la couche de masque dur organique (3), une couche diélectrique (4b) ayant une épaisseur inférieure ou égale à 20 nm.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que le réseau de motifs nanométriques est transféré de la couche de masque dur inorganique (4) à la couche de masque dur organique (3) par

une seconde gravure au plasma, dans des conditions de faible bombardement ionique.

5 **14.** Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que la seconde gravure au plasma est réalisée avec un plasma comportant un mélange gazeux d'hydrogène et d'un ou plusieurs composés azotés et/ou carbonés.

10 **15.** Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que la seconde gravure au plasma est réalisée avec un plasma comportant un mélange gazeux d'oxygène et d'un ou plusieurs composés halogénés.

15 **16.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que, la couche de masque dur inorganique (4) comportant une couche diélectrique (4b), le réseau de motifs est transféré de la couche mince d'oxyde métallique (4a) à la couche diélectrique (4b) par une gravure au plasma avec un plasma de gravure comportant un composé fluorocarboné.

1/5

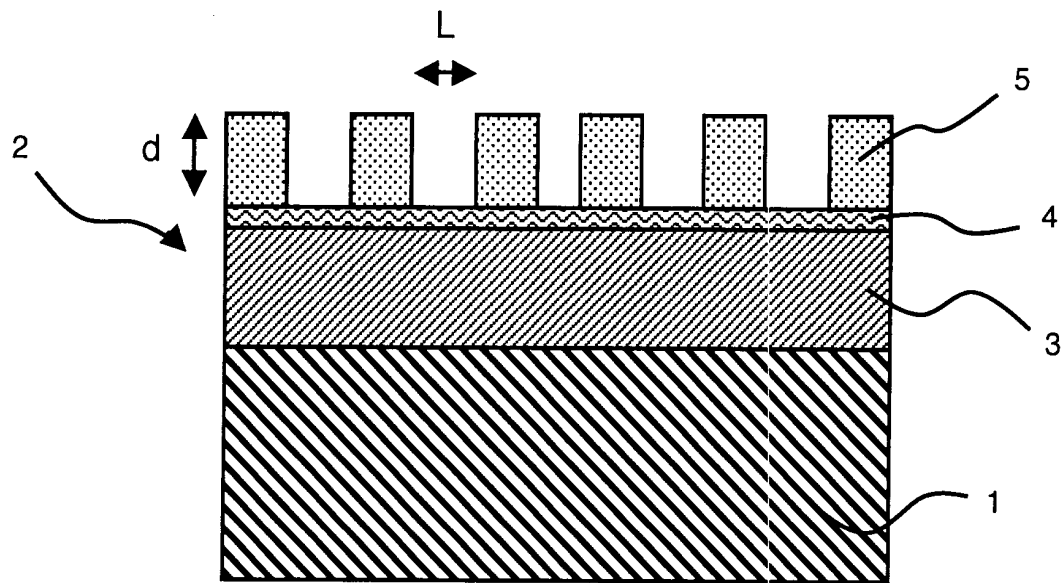


Figure 1

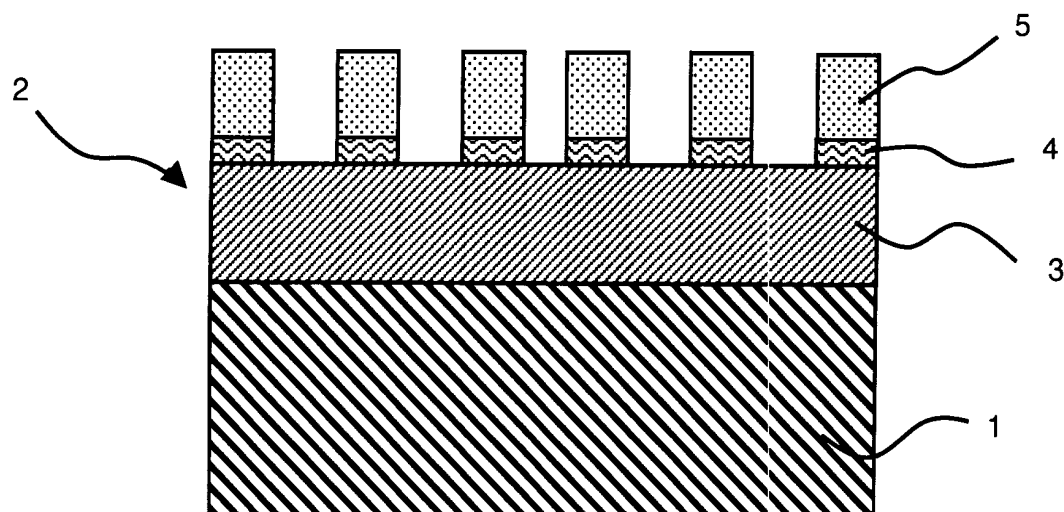


Figure 2

2/5

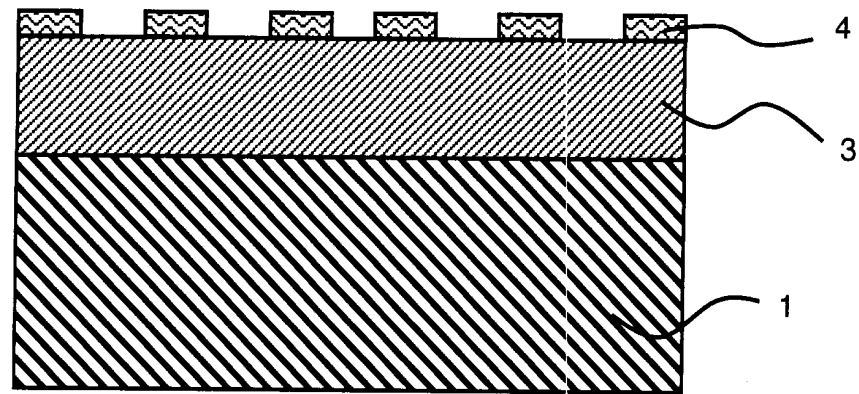


Figure 3

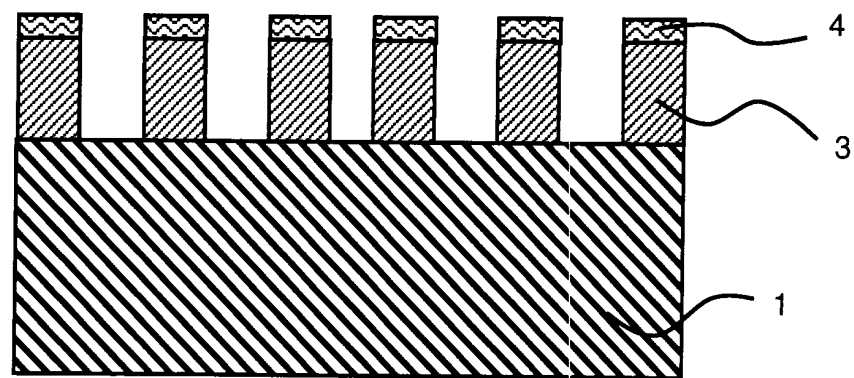


Figure 4

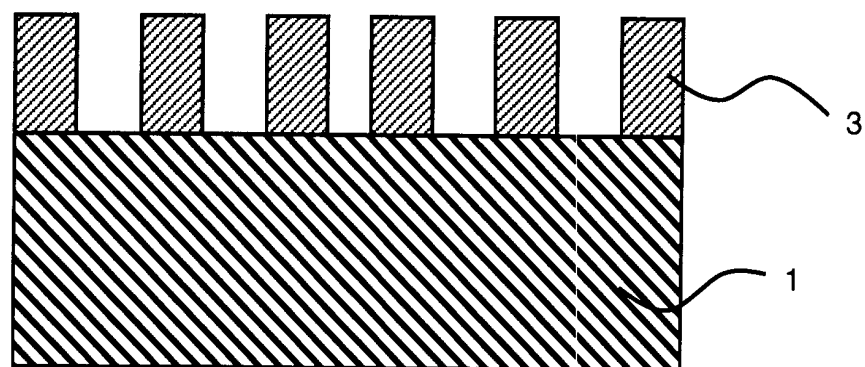


Figure 5

3/5

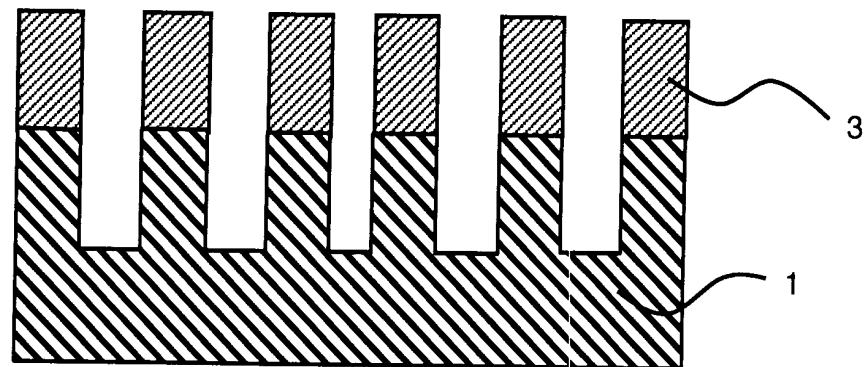


Figure 6

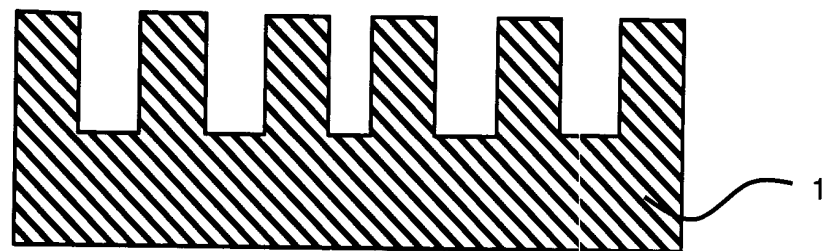


Figure 7

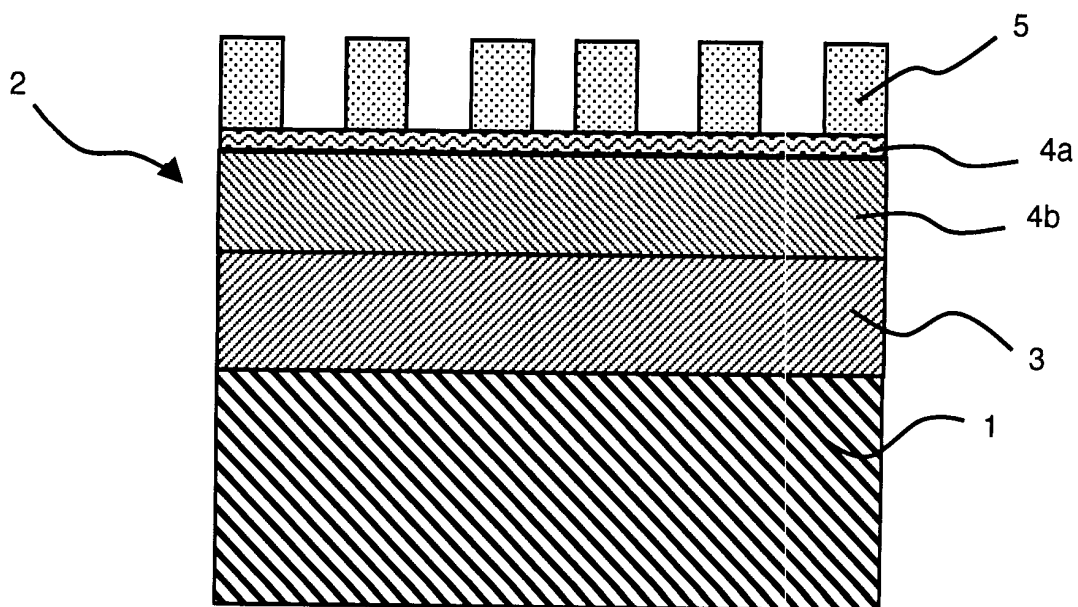


Figure 8

4/5

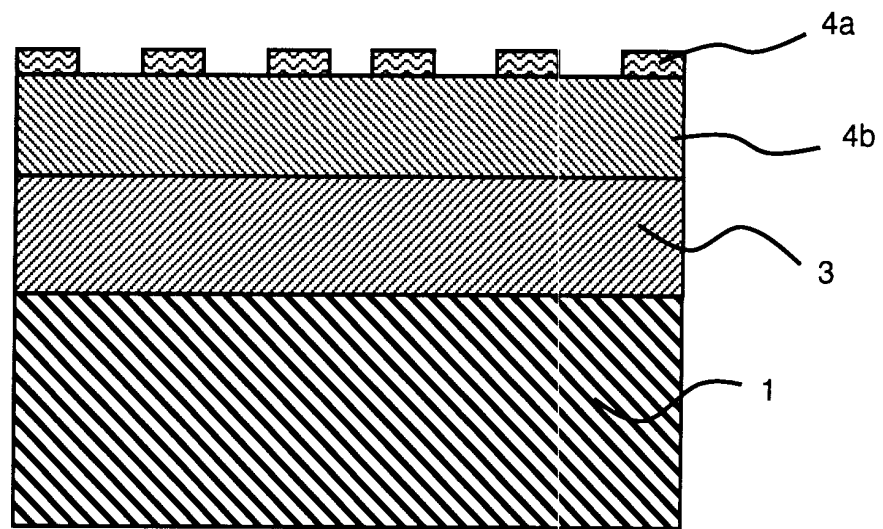


Figure 9

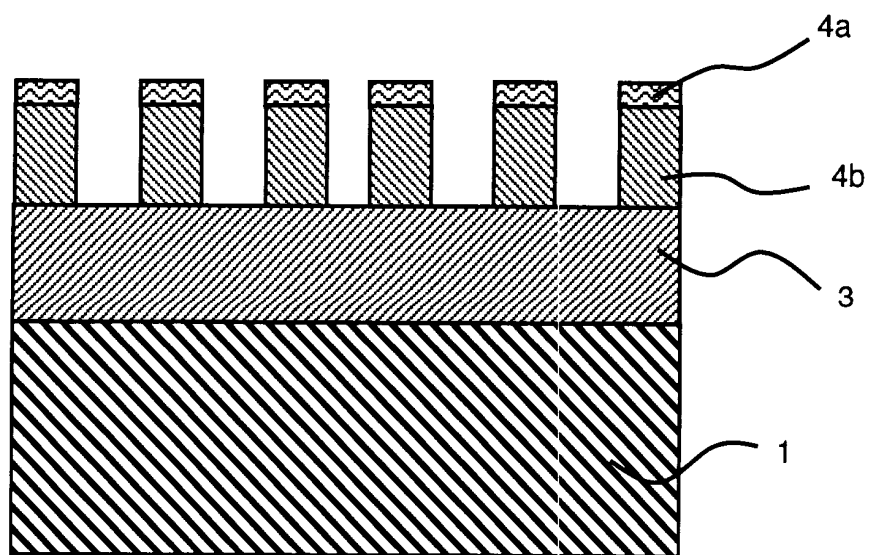


Figure 10

5/5

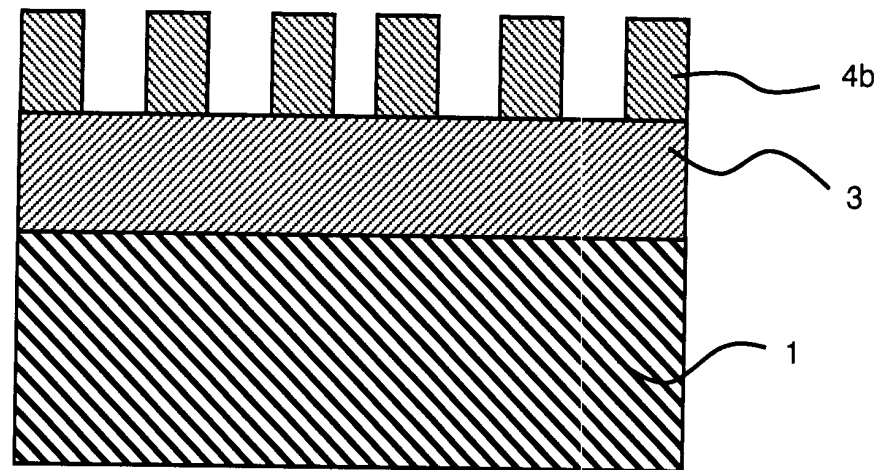


Figure 11

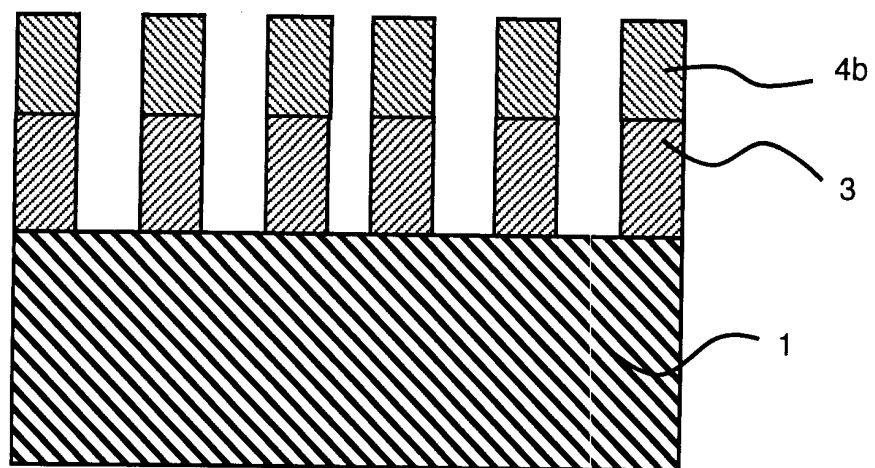


Figure 12



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 712083
FR 0805022

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		
X	US 2003/064585 A1 (WU YIDER [US] ET AL) 3 avril 2003 (2003-04-03) * alinéa [0002] - alinéa [0003] * * alinéa [0021] - alinéa [0024]; figures 2,3 * * alinéa [0027] * * alinéa [0029]; figure 6 *	1-7	H01L21/033 H01L21/308 H01L21/3213
Y	-----	1-16	
Y	WO 2008/070278 A (IBM [US]; LI WAI-KIN [US]; YANG HAINING [US]) 12 juin 2008 (2008-06-12) * alinéa [0009] - alinéa [0011] * * alinéa [0025] * * alinéa [0059] - alinéa [0060]; figure 2A * * alinéa [0063] - alinéa [0066]; figures 2D-2G * * alinéa [0072] - alinéa [0073]; figures 3B,3C * * alinéa [0079] *	1-16	
Y	----- US 2004/198065 A1 (LEE SUNG-KWON [KR] ET AL) 7 octobre 2004 (2004-10-07) * alinéa [0022] - alinéa [0023] * * alinéa [0025] * * alinéa [0033] - alinéa [0035]; figure 2A * * alinéa [0039] - alinéa [0041] * * alinéa [0045] - alinéa [0048] * * alinéa [0052] - alinéa [0053]; figures 2B,2C * * alinéa [0057]; figure 2D * ----- -/-	1-16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01L B81C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juin 2009		Klopfenstein, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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 & : membre de la même famille, document correspondant			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 712083
FR 0805022

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		
Y	US 2002/113310 A1 (KIM JI-SOO [KR] ET AL) 22 août 2002 (2002-08-22) * alinéa [0015] - alinéa [0017] * * alinéa [0028] - alinéa [0038]; figures 6-11 * * alinéa [0043] *	1-16	
Y	----- LOWALEKAR V ET AL: "ETCHING OF ZIRCONIUM OXIDE, HAFNIUM OXIDE, AND HAFNIUM SILICATES IN DILUTE HYDROFLUORIC ACID SOLUTIONS" JOURNAL OF MATERIALS RESEARCH, MATERIALS RESEARCH SOCIETY, WARRENDALE, PA, vol. 19, no. 4, 1 avril 2004 (2004-04-01), pages 1149-1156, XP008074957 ISSN: 0884-2914 * page 1152, colonne de droite - page 1153, colonne de gauche; figures 7,8 * * page 1154, alinéa E; tableau II *	9	
Y	----- PAULIAC-VAUJOUR S ET AL: "Improvement of high resolution lithography by using amorphous carbon hard mask" MICROELECTRONIC ENGINEERING, ELSEVIER PUBLISHERS BV., AMSTERDAM, NL, vol. 85, no. 5-6, 1 mai 2008 (2008-05-01), pages 800-804, XP022678608 ISSN: 0167-9317 [extrait le 2008-02-29] * page 800 - page 801; figures 1,2 *	10-16	
A	----- -/--	1-7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juin 2009		Klopfenstein, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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 & : membre de la même famille, document correspondant	
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			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 712083
FR 0805022

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		
Y	ROBB F Y: "HYDROGEN PLASMA ETCHING OF ORGANICS" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, ELECTROCHEMICAL SOCIETY. MANCHESTER, NEW HAMPSHIRE, US, vol. 131, no. 7, 1 juillet 1984 (1984-07-01), pages 1670-1674, XP000841727 ISSN: 0013-4651 * page 1670 * * page 1671, colonne de droite - page 1672; figures 1-6 *	13,14	
A	-----	1,3, 10-12,16	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juin 2009		Klopfenstein, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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 & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0805022 FA 712083

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 **10-06-2009**

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
US 2003064585 A1	03-04-2003	W0 03030230 A1	10-04-2003
-----	-----	-----	-----
W0 2008070278 A	12-06-2008	US 2009090986 A1	09-04-2009
		US 2008132070 A1	05-06-2008
-----	-----	-----	-----
US 2004198065 A1	07-10-2004	KR 20040087051 A	13-10-2004
-----	-----	-----	-----
US 2002113310 A1	22-08-2002	KR 20020033954 A	08-05-2002
-----	-----	-----	-----



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 712083
FR 0805022

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		
X	US 2003/064585 A1 (WU YIDER [US] ET AL) 3 avril 2003 (2003-04-03) * alinéa [0002] - alinéa [0003] * * alinéa [0021] - alinéa [0024]; figures 2,3 * * alinéa [0027] * * alinéa [0029]; figure 6 *	1-7	H01L21/033 H01L21/308 H01L21/3213
Y	-----	1-16	
Y	WO 2008/070278 A (IBM [US]; LI WAI-KIN [US]; YANG HAINING [US]) 12 juin 2008 (2008-06-12) * alinéa [0009] - alinéa [0011] * * alinéa [0025] * * alinéa [0059] - alinéa [0060]; figure 2A * * alinéa [0063] - alinéa [0066]; figures 2D-2G * * alinéa [0072] - alinéa [0073]; figures 3B,3C * * alinéa [0079] *	1-16	
Y	----- US 2004/198065 A1 (LEE SUNG-KWON [KR] ET AL) 7 octobre 2004 (2004-10-07) * alinéa [0022] - alinéa [0023] * * alinéa [0025] * * alinéa [0033] - alinéa [0035]; figure 2A * * alinéa [0039] - alinéa [0041] * * alinéa [0045] - alinéa [0048] * * alinéa [0052] - alinéa [0053]; figures 2B,2C * * alinéa [0057]; figure 2D * ----- -/-	1-16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01L B81C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juin 2009		Klopfenstein, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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 & : membre de la même famille, document correspondant			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 712083
FR 0805022

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		
Y	US 2002/113310 A1 (KIM JI-SOO [KR] ET AL) 22 août 2002 (2002-08-22) * alinéa [0015] - alinéa [0017] * * alinéa [0028] - alinéa [0038]; figures 6-11 * * alinéa [0043] *	1-16	
Y	----- LOWALEKAR V ET AL: "ETCHING OF ZIRCONIUM OXIDE, HAFNIUM OXIDE, AND HAFNIUM SILICATES IN DILUTE HYDROFLUORIC ACID SOLUTIONS" JOURNAL OF MATERIALS RESEARCH, MATERIALS RESEARCH SOCIETY, WARRENDALE, PA, vol. 19, no. 4, 1 avril 2004 (2004-04-01), pages 1149-1156, XP008074957 ISSN: 0884-2914 * page 1152, colonne de droite - page 1153, colonne de gauche; figures 7,8 * * page 1154, alinéa E; tableau II *	9	
Y	----- PAULIAC-VAUJOUR S ET AL: "Improvement of high resolution lithography by using amorphous carbon hard mask" MICROELECTRONIC ENGINEERING, ELSEVIER PUBLISHERS BV., AMSTERDAM, NL, vol. 85, no. 5-6, 1 mai 2008 (2008-05-01), pages 800-804, XP022678608 ISSN: 0167-9317 [extrait le 2008-02-29] * page 800 - page 801; figures 1,2 *	10-16	
A	----- -/--	1-7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juin 2009		Klopfenstein, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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 & : membre de la même famille, document correspondant	
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			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 712083
FR 0805022

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		
Y	ROBB F Y: "HYDROGEN PLASMA ETCHING OF ORGANICS" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, ELECTROCHEMICAL SOCIETY. MANCHESTER, NEW HAMPSHIRE, US, vol. 131, no. 7, 1 juillet 1984 (1984-07-01), pages 1670-1674, XP000841727 ISSN: 0013-4651 * page 1670 * * page 1671, colonne de droite - page 1672; figures 1-6 *	13,14	
A	-----	1,3, 10-12,16	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juin 2009		Klopfenstein, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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 & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0805022 FA 712083**

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 **10-06-2009**

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
US 2003064585 A1	03-04-2003	W0 03030230 A1	10-04-2003
-----	-----	-----	-----
W0 2008070278 A	12-06-2008	US 2009090986 A1	09-04-2009
		US 2008132070 A1	05-06-2008
-----	-----	-----	-----
US 2004198065 A1	07-10-2004	KR 20040087051 A	13-10-2004
-----	-----	-----	-----
US 2002113310 A1	22-08-2002	KR 20020033954 A	08-05-2002
-----	-----	-----	-----