



-
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">— <i>relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii))</i>— <i>relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))</i> | <p>Publiée :</p> <ul style="list-style-type: none">— <i>sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))</i> |
|---|---|

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 est transféré du masque (5) à la couche mince d'oxyde métallique (4) par une première gravure au plasma dans des conditions de faible bombardement ionique.

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, 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 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 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 conventionnelle, afin d'améliorer la résolution de cette technologie et d'atteindre des dimensions de motifs d'environ 20nm. 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

Le document US-A-2007212889 décrit 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.

Par ailleurs, le document US-A-2003064585 propose un procédé et une structure multicouche pour transférer des motifs nanométriques d'un réseau. Cette structure comporte un masque inorganique d'épaisseur comprise entre 5 nm à 1000 nm et un masque formé d'une résine photosensible comportant le réseau nanométrique. Ce procédé qui consiste à réduire la taille des motifs avant gravure est néanmoins complexe et difficile à mettre en œuvre.

D'autres travaux ont été réalisés pour transférer des motifs nanométriques avec une déformation minimale. On citera, à titre d'exemple, les documents US-A-2008132070, US-A-2004198065, US-A-2002113310.

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 un procédé de gravure selon les revendications indexées.

Plus particulièrement, 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 10nm et par le fait que le réseau de motifs nanométriques est transféré du masque à la couche mince d'oxyde métallique par une première gravure au plasma dans des conditions de faible bombardement ionique.

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.

5

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
10 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 mode de réalisation particulier d'un procédé de
15 gravure d'une structure multicouche.

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

20

Description de modes particuliers de réalisation

Selon un mode de réalisation particulier, le procédé de gravure d'une couche
25 cible 1, illustré à titre d'exemple, aux figures 1 à 7, comporte la formation 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,
30 disposée sur la couche cible 1, une couche de masque dur inorganique 4,

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 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 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, dépôt chimique en phase vapeur activé par plasma (PECVD) ou par dépôt par couche atomique ("atomic layer deposition" noté ALD). La couche de masque dur organique 3 est, avantageusement, une couche mince, ayant typiquement une épaisseur comprise entre 10nm et 500nm et avantageusement entre 25nm et 75nm, par exemple 50nm. Cette couche de masque dur organique 3 est, de préférence, une couche carbonée, avantageusement, constituée de carbone amorphe.

La couche de masque dur inorganique 4 est constituée d'une couche mince d'oxyde métallique, d'épaisseur inférieure ou égale à 10nm. Avantageusement, l'épaisseur de la couche mince d'oxyde métallique est inférieure à 5nm. Les oxydes métalliques préférentiels sont les oxydes de hafnium, d'aluminium, de yttrium ou de zirconium. L'utilisation d'une couche de masque dur inorganique 4 très mince, en particulier inférieure à 5nm, évite de pratiquer une gravure trop agressive, susceptible de détériorer l'intégrité du réseau de motifs nanométriques du masque 5.

La technique ALD est particulièrement adaptée à la formation d'une couche mince d'oxyde métallique ayant une épaisseur inférieure à 5nm. À titre d'exemple, une couche mince de dioxyde de hafnium (HfO_2) ayant une épaisseur de 3,5 nm est réalisée dans les conditions suivantes :

- 5 Le substrat est porté à une température comprise entre 150°C et 350°C et le dépôt de HfO_2 est réalisé par une alternance de cycles en atmosphère de tétrachlorure de hafnium (HfCl_4) et en atmosphère de H_2O .

- 10 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
- 15 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,
- 20 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 50nm, de préférence, inférieure ou égale à 20nm. Cette dimension critique correspond sur la figure
- 25 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 50nm, plus particulièrement, inférieure ou égale à 30nm.

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.

- 5 Comme représenté à la figure 2, le réseau de motifs nanométriques 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) ou à couplage inductif ("inductively coupled plasma" noté ICP). En
- 10 particulier, le plasma est à base de chlore, de préférence, un mélange de chlore et de chlorure de bore et/ou de chlorosilane. Le plasma est, avantageusement, 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
- 15 masque dur organique 3, non couvertes par le réseau de motifs nanométriques.

La première gravure au plasma est réalisée dans des conditions de faible bombardement ionique dans des réacteurs à couplage capacitif ou inductif.

- 20 On entend par conditions de faible bombardement ionique, des conditions de gravure dans lesquelles l'énergie des ions est faible. Le plasma de la première gravure a, avantageusement, une énergie des ions inférieure à 50eV, de préférence, inférieure ou égale à 40eV.

- 25 Dans le cas d'un réacteur à couplage inductif, la première gravure peut être réalisée, avec une faible tension d'auto-polarisation du porte-substrat pour obtenir un faible bombardement ionique, le substrat étant constitué par l'ensemble couche cible 1/ structure multicouche 2. Une tension d'auto-polarisation inférieure ou égale à 20V est, avantageusement, appliquée lors
- 30 de la première gravure au plasma.

Selon un mode de réalisation particulier, le bombardement ionique de la première gravure au plasma est réalisé sans auto-polarisation.

5 La première gravure au plasma peut, avantageusement, être réalisée à une température inférieure ou égale à 350°C, de préférence, comprise entre 20°C et 350°C.

Même si aucune tension n'est appliquée au porte-substrat, le potentiel plasma est toujours supérieur au potentiel du substrat et l'on obtient toujours
10 un bombardement ionique du substrat. Par exemple, pour une source de type ICP, le potentiel plasma est compris entre environ 10V à 15V. Ceci est dû au fait que pour obtenir un plasma, on crée une décharge avec un champ électrostatique radiofréquence et seuls les électrons suivent l'excitation radiofréquence de ce champ. Pour une radiofréquence donnée, le plasma
15 acquiert un potentiel permettant de conserver la neutralité des charges arrivant sur les parois électriquement isolées.

Ainsi, pour une température du porte-substrat comprise entre 20° et 350°, sans création de bombardement électronique supplémentaire par
20 polarisation du porte-substrat, le potentiel plasma sera compris entre 10V et 20V.

La première gravure au plasma peut, avantageusement, être réalisée à température ambiante. Les couches de la structure multicouche sont ainsi
25 préservées à basse température et, plus particulièrement, à température ambiante.

Exemple 1

Dans le cas d'une couche de dioxyde de hafnium (HfO_2) de 3nm d'épaisseur,
30 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. L'énergie des ions du plasma est égale à 20eV.

5 Exemple 2

Dans le cas d'une couche d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) de 3nm d'épaisseur, 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 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. L'énergie des ions du plasma est égale à 10eV.

Bien que les conditions de gravure soient peu agressives, on constate de façon surprenante que la couche de masque dur inorganique 4 est facilement gravée avec une très bonne précision et une résolution élevée. Dans ces conditions peu agressives pour le masque 5, le transfert du réseau de motifs nanométriques s'effectue 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.

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 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).

La couche de masque dur organique 3 est, ensuite, gravée par une seconde gravure au plasma. 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 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) ou d'ammoniac (NH_3). 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.

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 lors de la 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 mode de réalisation particulier, 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, de préférence inférieure à 5 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. 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
5 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
10 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.

15 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
20 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
25 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 mode de réalisation particulier, non représenté, la structure
30 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.

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 et en ce que le réseau de motifs nanométriques est transféré du masque (5) à la couche mince d'oxyde métallique (4a) par une première gravure au plasma dans des conditions de faible bombardement ionique.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le plasma de la première gravure a une énergie des ions inférieure à 50eV.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le plasma de la première gravure a une énergie des ions inférieure ou égale à 40eV.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le bombardement ionique de la première gravure au plasma est réalisé sans auto-polarisation.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la première gravure au plasma est réalisée à une température inférieure ou égale à 350°C.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la première gravure au plasma est réalisée à température ambiante.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche mince d'oxyde métallique (4a) est inférieure à 5 nm.

5

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'oxyde métallique (4a) est choisi parmi les oxydes de hafnium, d'aluminium, de yttrium et de zirconium.

10

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les motifs nanométriques du réseau du masque (5) ont une dimension critique (L) inférieure ou égale à 20 nm.

15

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le masque (5) a une épaisseur inférieure ou égale à 30 nm.

20

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le plasma de la première gravure au plasma comporte un mélange de chlore et de chlorure de bore et/ou de chlorosilane.

25

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, 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).

30

13. Procédé selon la revendication 12, 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.

14. Procédé selon l'une des revendications 12 et 13, 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.

5

15. Procédé selon la revendication 14, 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

16. Procédé selon la revendication 14, 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.

1/5

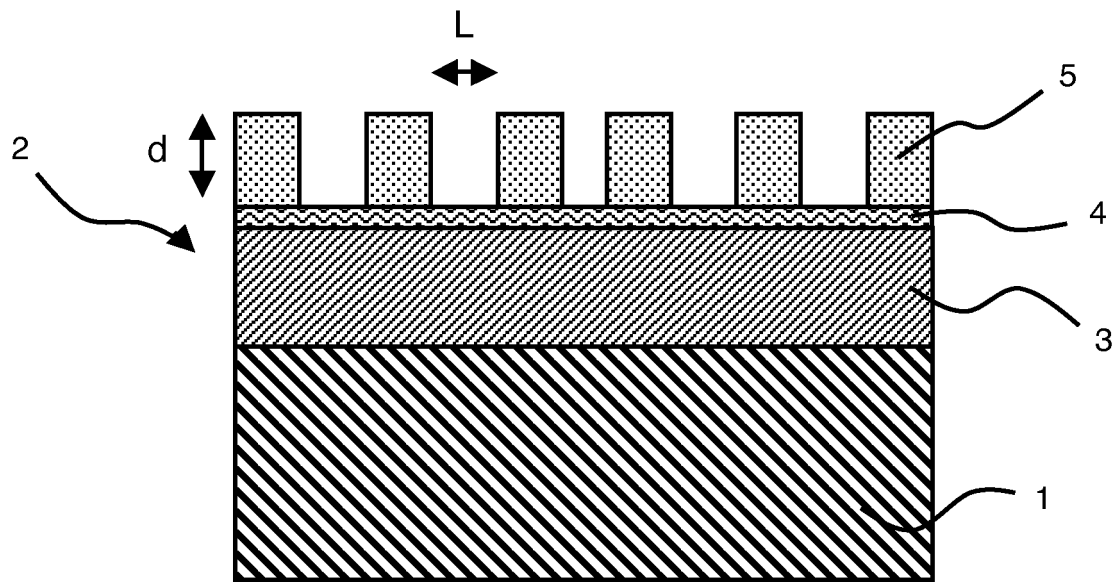


Figure 1

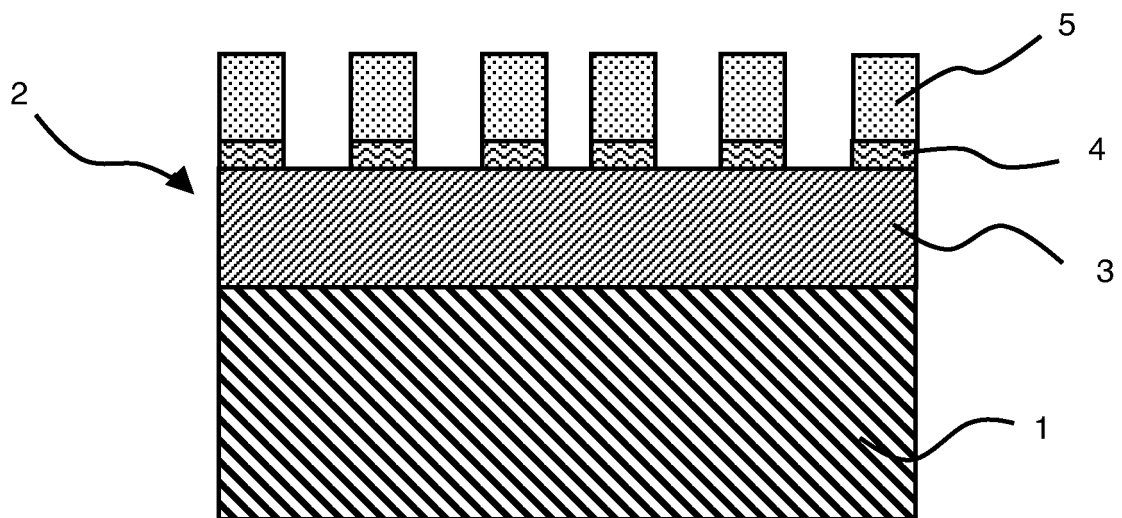


Figure 2

2/5

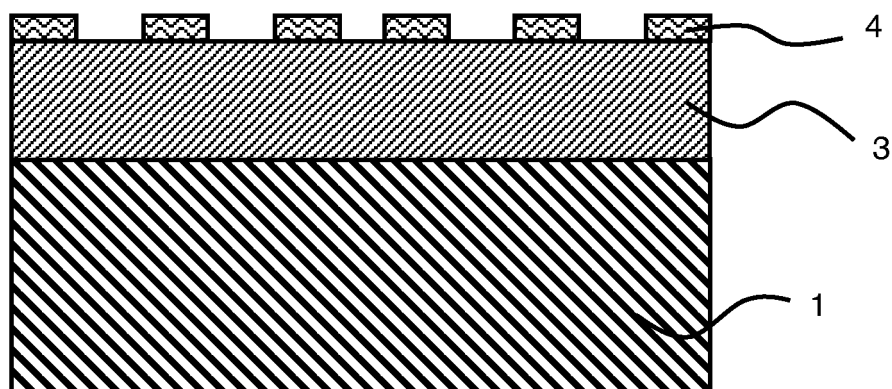


Figure 3

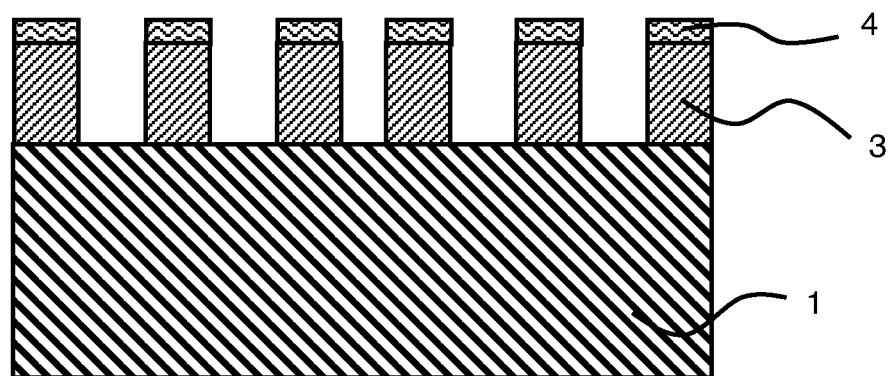


Figure 4

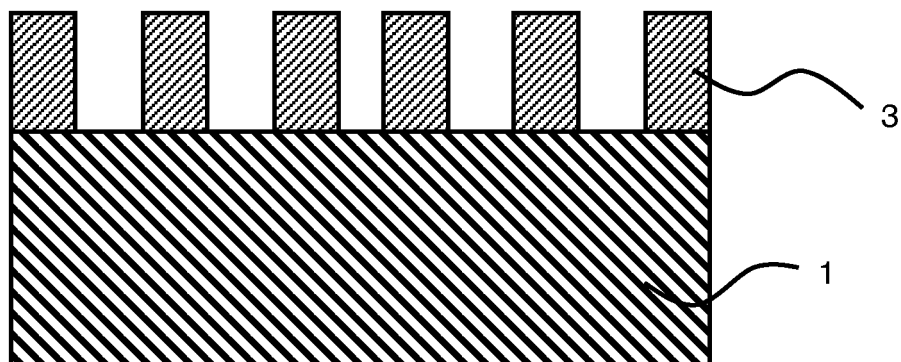


Figure 5

3/5

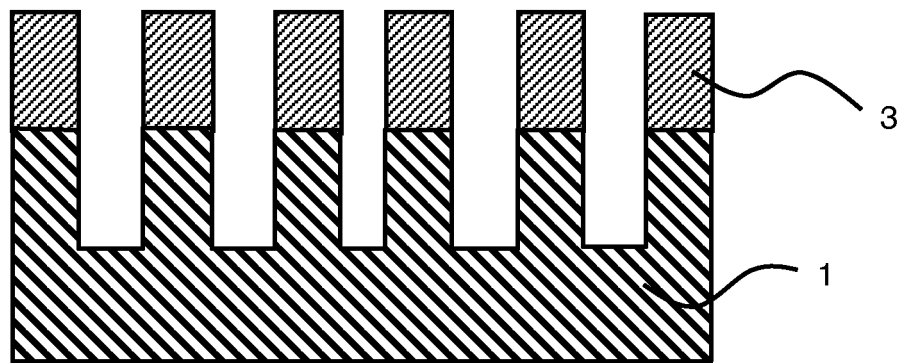


Figure 6

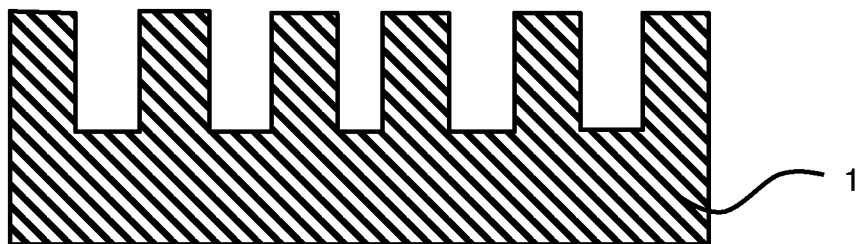


Figure 7

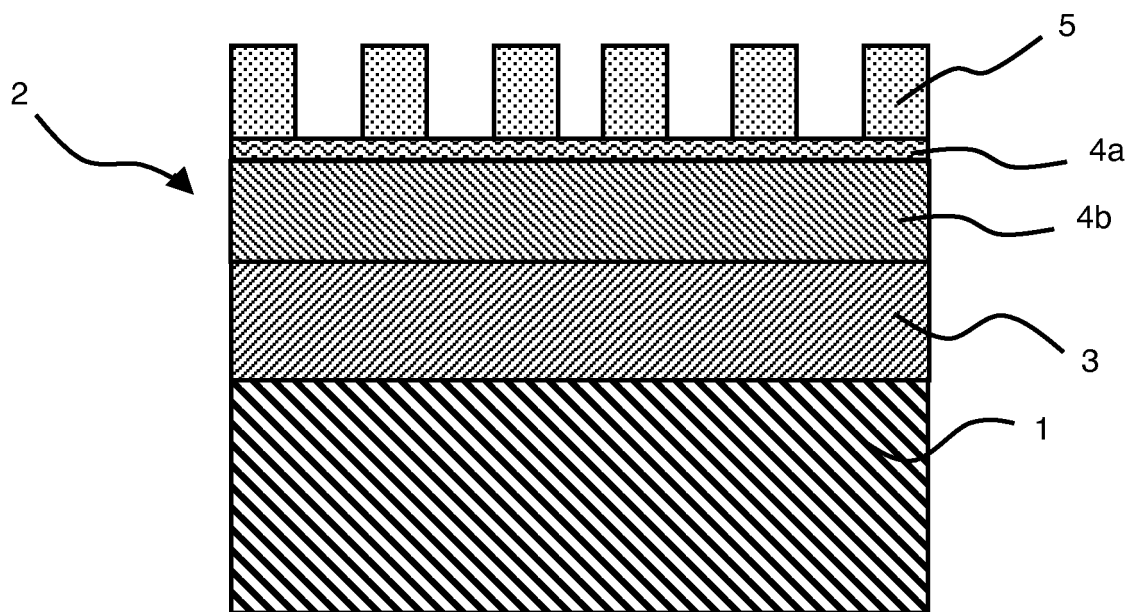


Figure 8

4/5

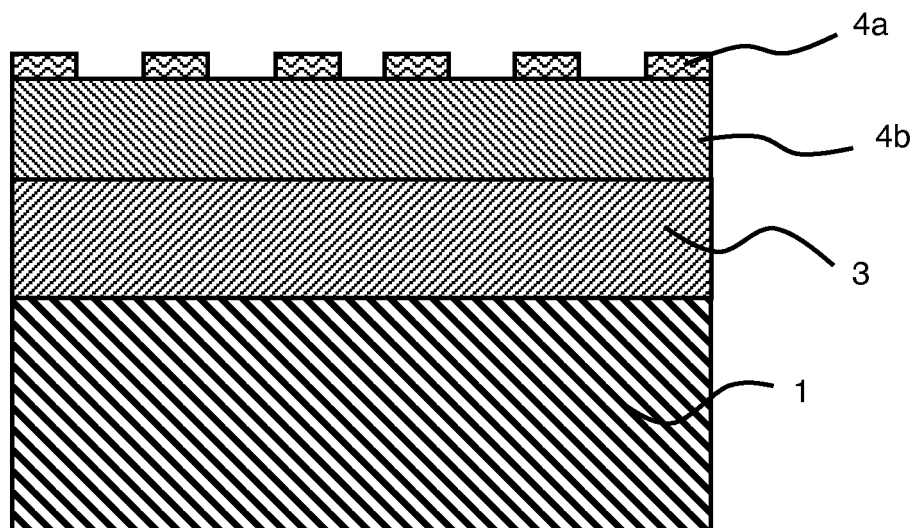


Figure 9

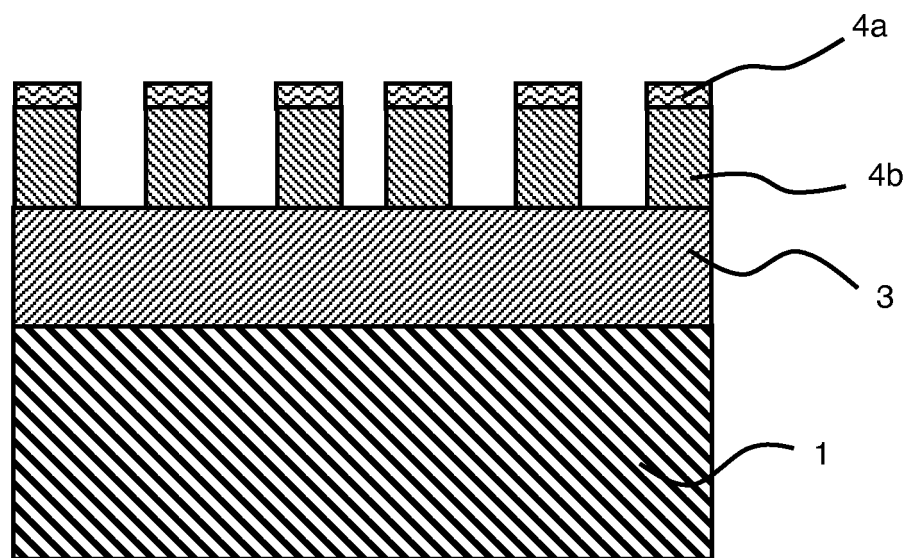


Figure 10

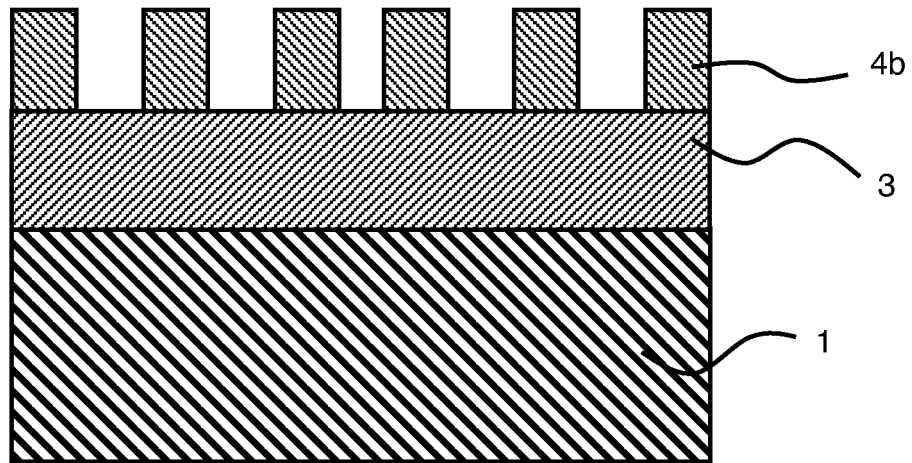


Figure 11

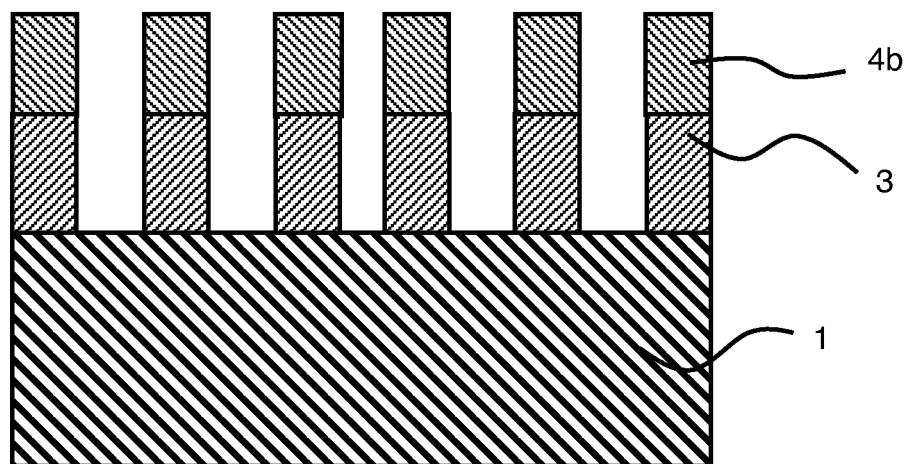


Figure 12