

DESCRIPTION

TITRE : Dispositif à faisceau d'électrons pour le traitement d'une surfaceDomaine technique

[0001] La présente description concerne de façon générale un dispositif à faisceau d'électrons pour le traitement d'une surface, par exemple pour le dépôt de couche mince sur une surface, le nettoyage, la densification de couche et/ou la gravure d'une surface.

Technique antérieure

[0002] Le traitement d'une surface, par exemple une surface de substrat, plus généralement une surface d'une pièce, correspond d'une manière générale à une opération mécanique, chimique, électrochimique et/ou physique qui a pour conséquence de modifier l'aspect ou la fonction de la surface afin de l'adapter à des conditions d'utilisation données. Par extension, dans la description qui suit, on inclut des techniques de gravure dans le traitement d'une surface.

[0003] Le traitement d'une surface inclut les techniques de revêtement d'une surface, par exemple les techniques de revêtement métallique, et notamment les techniques de dépôt de couche mince sur une surface.

[0004] Il existe différentes techniques pour réaliser un dépôt de couche mince sur une surface, par exemple une surface d'un substrat, notamment les techniques de dépôt physique en phase gazeuse (PVD, pour physical vapor deposition en anglais).

[0005] Parmi ces techniques, l'évaporation par faisceau d'électrons en phase vapeur (EBPVD, pour electron beam physical vapor deposition en anglais) est une technique de dépôt physique en phase vapeur dans laquelle une cible sous vide poussé est bombardée par un faisceau d'électrons généralement émis par un filament en tungstène. Le faisceau

d'électrons vient faire passer les atomes ou molécules de la cible en phase gazeuse. Une partie au moins de ces atomes ou molécules précipitent alors sous forme solide sur une surface à traiter, recouvrant ladite surface d'une couche mince en ces atomes ou molécules précipitées. Un inconvénient de cette technique est la dégradation du filament, qui peut par exemple entraîner un taux d'évaporation non uniforme. En outre, une contrainte est de disposer d'un vide poussé, parfois inférieur à 10^{-4} mbar.

[0006] La technique de pulvérisation cathodique (sputtering en anglais) consiste à diriger un plasma comprenant des particules chargées relativement lourdes, par exemple des ions argon (Ar^+) issus d'un gaz argon (Ar) au moins partiellement ionisé, vers une cible pour produire la pulvérisation de particules d'un ou de matériaux constituant cette cible. Une partie au moins de ces particules pulvérisées vient se déposer sur une surface, par exemple une surface d'un substrat, pour y former une couche mince du ou des matériaux. Le plasma peut être formé, par exemple, en appliquant un rayonnement électromagnétique au gaz à ioniser à basse pression. Une contrainte de cette technique est d'éviter la contamination entre la source de plasma et la zone de pulvérisation des particules sur la surface, une autre contrainte étant de gérer un vide relativement poussé, par exemple inférieur ou égal à 10^{-2} mbar.

[0007] Par ailleurs, ces différentes techniques, ainsi que d'autres non décrites mais connues de la personne du métier, sont mises en œuvre par des dispositifs dédiés, qui ne sont généralement pas polyvalents, c'est-à-dire qui ne permettent généralement pas de passer d'une technique à une autre.

Résumé de l'invention

[0008] Il existe un besoin d'un dispositif adapté au traitement d'une surface qui soit capable de mettre en œuvre

différentes techniques (dispositif polyvalent de traitement de surface), par exemple de mettre en oeuvre différentes techniques de dépôt de couche mince, mais également de nettoyer une surface, de densifier une couche en surface, et/ou de réaliser une gravure à partir d'une surface.

[0009] En particulier, il serait souhaitable de disposer d'un dispositif à faisceau d'électrons pour le traitement d'une surface, dans lequel le faisceau d'électrons puisse être formé sans filament.

[0010] Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients des dispositifs de traitement de surface connus, et notamment des dispositifs de dépôt de couche mince connus.

[0011] Un mode de réalisation prévoit un dispositif à faisceaux d'électrons comprenant :

- une chambre de traitement ayant une direction longitudinale ;
- au moins une source de faisceau d'électrons, chaque source étant adaptée à émettre un faisceau d'électrons dans un plan faisceau sensiblement transversal à la direction longitudinale de manière à induire un plasma ou un point d'évaporation dans la chambre de traitement pour le traitement d'une surface d'une pièce ;
- au moins un premier orifice de passage du faisceau d'électrons dans ladite chambre de traitement, le diamètre du cercle minimal dans lequel s'inscrit ledit premier orifice étant inférieur ou égal à un huitième, par exemple inférieur ou égal à un dixième, de la plus petite dimension d'une section transversale de la chambre de traitement prise dans le plan faisceau.

[0012] Selon un mode de réalisation, la chambre de traitement comprend une cible.

- [0013] Selon un mode de réalisation, la chambre de traitement comprend un premier socle de support adapté à supporter la cible.
- [0014] Selon un mode particulier de réalisation, le premier socle de support est mobile.
- [0015] Selon un mode de réalisation, le premier socle de support comprend, ou consiste en, un creuset, par exemple un creuset refroidi.
- [0016] Selon un mode de réalisation, la chambre de traitement comprend un deuxième socle de support adapté à supporter la pièce à traiter.
- [0017] Selon un mode particulier de réalisation, le deuxième socle de support est mobile.
- [0018] Selon un mode de réalisation, la au moins une source de faisceau d'électrons est externe à la chambre de traitement.
- [0019] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend un appareil de déviation, tel un électroaimant ou un aimant permanent, adapté à dévier le faisceau d'électrons dans la chambre de traitement.
- [0020] Selon un mode particulier de réalisation, l'appareil de déviation est mobile.
- [0021] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend une chambre de pompage reliée à une première pompe à vide et à la chambre de traitement, la chambre de pompage étant adaptée à réaliser un pompage sous vide différentiel de ladite chambre de traitement.
- [0022] Selon un mode de réalisation, la chambre de traitement est délimitée par des parois formant un corps cylindrique ou parallélépipédique, et la chambre de pompage est positionnée contre une paroi latérale du corps, à l'intérieur ou à l'extérieur dudit corps.

- [0023] Selon un mode particulier de réalisation, la chambre de pompage est coaxiale avec la chambre de traitement.
- [0024] Selon un mode de réalisation, le au moins un premier orifice est entre la chambre de pompage et la chambre de traitement, et le dispositif comprend au moins un deuxième orifice de passage du faisceau d'électrons entre la chambre de pompage et la au moins une source de faisceau d'électrons.
- [0025] Selon un mode de réalisation, le diamètre du cercle minimal dans lequel s'inscrit le au moins un deuxième orifice est inférieur ou égal à un huitième, par exemple inférieur ou égal à un dixième, de la plus petite dimension de la section transversale de la chambre de traitement prise dans le plan faisceau.
- [0026] Selon un mode de réalisation, la au moins une source de faisceau d'électrons comprend une chambre de génération d'électrons et un tube entre la chambre de génération d'électrons et la chambre de traitement.
- [0027] Selon un mode de réalisation, le tube est relié à la chambre de génération d'électrons et à la chambre de pompage, et le au moins un deuxième orifice est entre la chambre de pompage et le tube.
- [0028] Selon un mode de réalisation, la au moins une source de faisceau d'électrons comprend un appareil de focalisation, tel un électroaimant, adapté à focaliser le faisceau d'électrons, et par exemple à le diriger vers la chambre de traitement.
- [0029] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend une deuxième pompe à vide reliée à la chambre de traitement et/ou une troisième pompe à vide reliée à la au moins une source de faisceau d'électrons.

- [0030] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend plusieurs sources de faisceau d'électrons externes à la chambre de traitement.
- [0031] Selon un mode particulier de réalisation, au moins deux des sources de faisceau d'électrons sont adaptées à émettre des électrons selon deux plans faisceau parallèles entre eux.
- [0032] Selon un mode de réalisation, le au moins un premier orifice, et dans certains cas, le au moins un deuxième orifice, correspond à un orifice d'un diaphragme.
- [0033] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend :
- une source de polarisation de la cible à une tension comprise entre 0 et 10 kV, de préférence entre 2 et 5 kV ; et/ou
 - un élément de refroidissement de la cible.
- [0034] Un mode de réalisation prévoit un dispositif à faisceaux d'électrons comprenant :
- une chambre de traitement ayant une direction longitudinale ;
 - au moins une source de faisceau d'électrons, chaque source étant adaptée à émettre un faisceau d'électrons dans un plan faisceau sensiblement transversal à la direction longitudinale de manière à induire un plasma ou un point d'évaporation dans la chambre de traitement pour le traitement d'une surface d'une pièce ; ladite au moins une source de faisceau d'électrons étant externe à la chambre de traitement ;
 - une chambre de pompage reliée à une première pompe à vide, à la chambre de traitement et à la au moins une source de faisceau d'électrons, la chambre de pompage étant positionnée entre ladite chambre de traitement et ladite au moins une source de faisceau d'électrons, et étant adaptée à réaliser un pompage sous vide différentiel de ladite chambre de

traitement ;

- au moins un premier orifice de passage du faisceau d'électrons entre la chambre de traitement et la chambre de pompage ; et
- au moins un deuxième orifice de passage du faisceau d'électrons entre la chambre de pompage et la au moins une source de faisceau d'électrons.

[0035] Selon un mode de réalisation,

- le diamètre du cercle minimal dans lequel s'inscrit le au moins un premier orifice est inférieur ou égal à un huitième, par exemple inférieur ou égal à un dixième, de la plus petite dimension d'une section transversale de la chambre de traitement prise dans le plan faisceau ; et/ou
- le diamètre du cercle minimal dans lequel s'inscrit le au moins un deuxième orifice est inférieur ou égal à un huitième, par exemple inférieur ou égal à un dixième, de la plus petite dimension de la section transversale de la chambre de traitement prise dans le plan faisceau.

[0036] Selon un mode de réalisation, le au moins un premier orifice est positionné dans une paroi latérale de la chambre de traitement de sorte qu'un faisceau d'électrons émis par la au moins une source de faisceau d'électrons puisse pénétrer à travers ledit au moins un premier orifice dans ladite chambre de traitement.

[0037] Selon un mode de réalisation, le au moins un deuxième orifice est positionné dans une paroi latérale de la chambre de pompage de sorte qu'un faisceau d'électrons émis par la au moins une source de faisceau d'électrons puisse pénétrer à travers ledit au moins un deuxième orifice dans ladite chambre de pompage.

[0038] Selon un mode de réalisation, la au moins une source de faisceau d'électrons, la chambre de traitement et la chambre de pompage forment un ensemble fermé.

- [0039] Selon un mode de réalisation, la chambre de traitement comprend une cible adaptée pour, sous l'effet du faisceau d'électrons ou du plasma, émettre des particules vers la pièce afin d'induire un processus de dépôt de couche mince sur ladite pièce par une technique de pulvérisation cathodique ou une technique d'évaporation par faisceau d'électrons.
- [0040] Selon un mode de réalisation, la chambre de traitement comprend un premier socle de support adapté à supporter la cible, ledit premier socle de support étant par exemple mobile.
- [0041] Selon un mode de réalisation, le premier socle de support comprend, ou consiste en, un creuset, par exemple un creuset refroidi.
- [0042] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre :
- une source de polarisation de la cible à une tension comprise entre 0 et 10 kV, de préférence entre 2 et 5 kV ;
 - et/ou
 - un élément de refroidissement de la cible.
- [0043] Selon un mode de réalisation, la chambre de traitement comprend un deuxième socle de support adapté à supporter la pièce à traiter, ledit deuxième socle de support étant par exemple mobile.
- [0044] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend un appareil de déviation, tel un électroaimant ou un aimant permanent, adapté à dévier le faisceau d'électrons dans la chambre de traitement, ledit appareil de déviation étant par exemple mobile.
- [0045] Selon un mode de réalisation, la chambre de traitement est délimitée par des parois d'un corps cylindrique ou parallélépipédique, et la chambre de pompage est positionnée contre une paroi latérale du corps, à l'intérieur ou à

l'extérieur dudit corps ; la chambre de pompage étant par exemple coaxiale avec la chambre de traitement.

[0046] Selon un mode de réalisation, la au moins une source de faisceau d'électrons comprend une chambre de génération d'électrons et un tube entre la chambre de génération d'électrons et la chambre de traitement ; chaque tube étant relié à la chambre de pompage ; et le au moins un deuxième orifice étant entre la chambre de pompage et le tube de la au moins une source de faisceau d'électrons.

[0047] Selon un mode de réalisation, la au moins une source de faisceau d'électrons comprend un appareil de focalisation, tel un électroaimant, adapté à focaliser le faisceau d'électrons, et par exemple à le diriger vers la chambre de traitement.

[0048] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend une deuxième pompe à vide reliée à la chambre de traitement et/ou une troisième pompe à vide reliée à la au moins une source de faisceau d'électrons.

[0049] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend plusieurs sources de faisceau d'électrons externes à la chambre de traitement.

[0050] Selon un mode de réalisation, au moins deux des sources de faisceau d'électrons sont adaptées à émettre des électrons selon un même plan faisceau ou selon deux plans faisceau parallèles entre eux.

[0051] Selon un mode de réalisation, le au moins un premier orifice, et/ou le au moins un deuxième orifice, correspond à un orifice d'un diaphragme.

[0052] Selon un mode de réalisation, le dispositif est adapté à mettre en oeuvre :

- un dépôt de couche mince par pulvérisation cathodique ;
- un dépôt de couche mince par évaporation par faisceau

- d'électrons en phase vapeur ;
- un nettoyage par plasma ;
 - une densification de couche par plasma ; et/ou
 - une gravure par plasma.

Brève description des dessins

[0053] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

[0054] la figure 1 est une vue schématique en coupe d'un dispositif à faisceau d'électrons selon un premier mode de réalisation ;

[0055] la figure 2 est une vue schématique en coupe d'un dispositif à faisceau d'électrons selon un deuxième mode de réalisation ;

[0056] la figure 3 est une vue de dessus d'un dispositif à faisceau d'électrons similaire au dispositif de la figure 2 ;
et

[0057] la figure 4 est une vue de dessus d'un dispositif à faisceau d'électrons selon un troisième mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

[0058] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

[0059] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les systèmes d'alimentation en courant ou en tension, les systèmes

d'alimentation en gaz, les systèmes de polarisation éventuelle de la cible et/ou de la surface à traiter, ne sont pas détaillés, les modes de réalisation décrits étant, sauf précision contraire, compatibles avec les systèmes usuels. De même, les niveaux d'intensité ou de tension d'alimentation, ou de tension de polarisation, ne sont pas détaillés.

[0060] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled") entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

[0061] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures ou à un dispositif à faisceau d'électrons dans une position normale d'utilisation.

[0062] Dans la description qui suit, lorsqu'on fait référence à un plan de faisceau d'électrons, ou plan faisceau, il est fait référence au plan d'émission d'un ou de plusieurs faisceaux d'électrons par une ou plusieurs sources de faisceau d'électrons. Lorsqu'il y a plusieurs sources de faisceau d'électrons, elles peuvent être configurées pour émettre des faisceaux d'électrons selon un seul et même plan faisceau ou selon plusieurs plans faisceau sensiblement parallèles entre eux. Lorsqu'on fait référence à une direction longitudinale, il est fait référence à la direction perpendiculaire au(x) plan(s) faisceau. Une section transversale d'une chambre de

traitement correspond à une section de la chambre de traitement selon un plan perpendiculaire (plan transversal) à la direction longitudinale. Lorsque le plan transversal correspond à un plan faisceau, on parle de section transversale prise dans un plan faisceau.

[0063] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

[0064] La figure 1 est une vue schématique en coupe d'un dispositif à faisceau d'électrons 100 selon un premier mode de réalisation.

[0065] Le dispositif 100 comprend trois chambres distinctes :
- une chambre de génération d'électrons 112 ayant un premier volume V1 ;
- une chambre de pompage 120 ayant un deuxième volume V2 ; et
- une chambre de traitement 130 ayant un troisième volume V3.

[0066] La chambre de génération d'électrons 112 fait partie d'une source de faisceau d'électrons 110, ou source d'électrons, qui est adaptée à émettre au moins un faisceau d'électrons F dans une direction d'un plan faisceau PF.

[0067] La source de faisceau d'électrons 110, la chambre de traitement 130 et la chambre de pompage 120 forment un ensemble fermé, de préférence étanche.

[0068] La chambre de pompage 120 est reliée à la chambre de traitement 130 et à la source de faisceau d'électrons 110, et positionnée entre la chambre de traitement 130 et la source de faisceau d'électrons 110. Par exemple, une paroi commune sépare la chambre de pompage 120 et la chambre de traitement 130 et une autre paroi commune sépare la chambre de pompage 120 et la source de faisceau d'électrons 110.

[0069] La source de faisceau d'électrons 110 est de préférence exempte de filament. La source de faisceau

d'électrons 110 peut comprendre, ou consister en, par exemple, une source de plasma dans laquelle le plasma est obtenu par interaction entre un rayonnement électromagnétique haute fréquence et un gaz à basse pression, telle que la source de plasma décrite dans la demande de brevet FR3062770A1. De cette manière, la source de plasma générant des électrons, et ainsi formant une source d'électrons, peut être placée dans un vide différent de celui de la chambre de traitement, offrant une liberté dans le choix de la pression et/ou de la nature du gaz tant pour la chambre de traitement que pour la source de plasma.

[0070] Dans le mode de réalisation de la figure 1, la chambre de traitement 130 est comprise entre un cylindre 10 (corps cylindrique) et la chambre de pompage 120.

[0071] La chambre de traitement 130 est fermée par une paroi inférieure 131, correspondant à une portion centrale de la base inférieure du cylindre 10, une paroi supérieure 133, correspondant à la base supérieure du cylindre 10, et une paroi latérale 132, ayant une première portion commune avec une portion supérieure de la paroi latérale du cylindre 10 reliant les bases inférieure et supérieure dudit cylindre, une deuxième portion commune avec une paroi supérieure 128 de la chambre de pompage 120, et une troisième portion commune avec une première paroi latérale 121 (paroi latérale interne) de la chambre de pompage 120.

[0072] La chambre de pompage 120 est, dans ce mode de réalisation, positionnée à l'intérieur du cylindre 10 et présente une forme de couronne de même axe que le cylindre.

[0073] La chambre de pompage 120 est fermée par une deuxième paroi latérale 123 (paroi latérale externe) commune avec une portion inférieure de la paroi latérale du cylindre 10, la paroi latérale interne 121, la paroi supérieure 128, et une paroi inférieure 129, les parois supérieure et inférieure de

la chambre de pompage reliant les parois latérales interne et externe de la chambre de pompage. La paroi latérale interne 121 et la paroi supérieure 128 de la chambre de pompage 120 sont communes avec la paroi latérale 132 de la chambre de traitement 130. La paroi inférieure 129 de la chambre de pompage 120 correspond à une portion périphérique de la base inférieure du cylindre 10.

[0074] Ainsi, la chambre de traitement 130 est définie par l'espace compris entre le cylindre 10 et la chambre de pompage 120. En d'autres termes, le volume V3 de la chambre de traitement 130 correspond sensiblement au volume du cylindre 10 moins le volume V2 de la chambre de pompage 120.

[0075] La paroi supérieure 128 de la chambre de pompage 120 est représentée oblique par rapport au plan faisceau PF. En variante, la paroi supérieure 128 de la chambre de pompage 120 pourrait être sensiblement parallèle au plan faisceau PF. Selon une autre variante, la paroi supérieure 128 de la chambre de pompage 120 pourrait correspondre à une portion de la base supérieure du cylindre 10, c'est-à-dire que la paroi interne 121 de la chambre de pompage 120 pourrait s'étendre jusqu'à la base supérieure du cylindre 10.

[0076] Le cylindre 10 est représenté comme étant un cylindre circulaire droit, comme on peut le voir également dans la vue de dessus en figure 3 décrite plus après. La direction longitudinale Z (ou direction axiale) de la chambre de traitement 130 correspond dans ce mode à l'axe du cylindre circulaire 10. On désigne par D3 le plus petit diamètre de section de la portion de chambre de traitement 130 entourée par la chambre de pompage (petit diamètre), et D4 le diamètre de section de la portion de chambre de traitement 130 non entourée par la chambre de pompage (grand diamètre). D3 est inférieur à D4.

[0077] D'autres formes et configurations de chambre de traitement et de chambre de pompage sont possibles. Par exemple, le corps peut être cylindrique non circulaire, ou peut être parallélépipédique, comme illustré par exemple dans la figure 4 décrite plus après, voire présenter tout autre forme adaptée. La chambre de pompage peut être positionnée à l'intérieur ou à l'extérieur de ce corps cylindrique ou parallélépipédique. Par exemple, la chambre de pompage peut être positionnée à l'extérieur du corps, contre une paroi latérale du corps, qui correspond alors à une paroi latérale de la chambre de traitement.

[0078] La chambre de pompage 120 est reliée à une première pompe à vide 126. Le recours à une chambre de pompage distincte de la chambre de traitement permet un pompage différentiel.

[0079] De plus, le fait que la chambre de pompage 120 soit positionnée entre la chambre de traitement 130 et la source de faisceau d'électrons 110 forme une chambre de pompage 120 intermédiaire entre la chambre de génération d'électrons 112 et la chambre de traitement 130. Par exemple, la chambre de pompage 120 a une pression P_2 intermédiaire entre la pression P_1 dans la chambre de génération d'électrons 112 et la pression P_3 dans la chambre de traitement 130. Cela permet de régler la pression de manière différenciée dans la chambre de génération d'électrons 112, pour la production des électrons, et dans la chambre de traitement 130 pour le traitement d'un substrat 106, comme expliqué plus après, et ainsi d'optimiser les pressions de fonctionnement dans la chambre de génération d'électrons 112 et dans la chambre de traitement 130.

[0080] La chambre de traitement 130 comprend une entrée de gaz de traitement 138, reliée à une alimentation en gaz de traitement (non représentée). Des exemples de gaz de

traitement sont des gaz rares tels que He, Ne, Ar, Kr ou Xe ou des gaz réactifs tels que O₂, N₂, F₂, CH₄, SF₆.

[0081] Une deuxième pompe à vide 142 peut être reliée à la chambre de traitement 130, par exemple pour contrôler un vide ultime dans ladite chambre de traitement, notamment en mode évaporation. Le dépôt de couches minces par évaporation demande en effet parfois des vides très poussés (typiquement inférieurs à 10⁻⁵ mbar), ce qui peut nécessiter la présence d'un pompage renforcé dédié à la chambre de traitement.

[0082] La chambre de traitement 130 est adaptée à supporter une cible 104, par exemple au moyen d'un premier socle de support 134 assemblé à l'intérieur de la chambre de traitement. Le premier socle de support 134 peut être mobile selon la direction longitudinale Z, par exemple à l'aide d'un premier moteur 135. Ceci peut permettre de faire varier une première distance Z1 dans la direction longitudinale entre la cible 104 et le plan faisceau PF. Plus généralement, la cible peut être mobile en translation et/ou en rotation, par exemple pour contrôler la position et la forme de la zone d'usure de la cible. Une seule cible est représentée, mais la chambre de traitement pourrait contenir plusieurs cibles, par exemple plusieurs cibles sur le premier socle de support.

[0083] La cible 104 peut être placée dans un creuset qui peut constituer ou faire partie du premier socle de support 134, en particulier si elle est utilisée dans une technique de dépôt par évaporation.

[0084] La chambre de traitement 130 est adaptée à supporter une pièce, par exemple un substrat 106 dont au moins une surface est à traiter. Un deuxième socle de support 136 peut être assemblé à l'intérieur de ladite chambre de traitement pour supporter le substrat 106. Le deuxième socle de support 136 peut être mobile selon la direction longitudinale Z, par exemple à l'aide d'un deuxième moteur 137. Ceci peut permettre

de faire varier une deuxième distance Z2 dans la direction longitudinale entre le substrat 106 et le plan faisceau PF. Plus généralement, la pièce à traiter peut être mobile en translation et/ou en rotation.

[0085] La chambre de pompage 120 communique avec la chambre de traitement 130 à l'aide d'un premier orifice 122, et avec la source de faisceau d'électrons 110 à l'aide d'un deuxième orifice 124. Les premier et deuxième orifices sont de préférence alignés dans la direction d'émission du faisceau d'électrons (direction X dans la figure 1). Ainsi, le faisceau d'électrons émis par la source de faisceau d'électrons 110 dans la direction X pénètre dans la chambre de traitement 130 via la chambre de pompage 120 à travers les premier et deuxième orifices 122, 124.

[0086] Dans le cas où il y a plusieurs directions d'émission de faisceau d'électrons dans le plan faisceau PF, plusieurs premiers et deuxièmes orifices sont alors de préférence prévus, chaque premier orifice étant alors de préférence aligné avec un deuxième orifice selon une des directions d'émission, de sorte que chaque faisceau d'électrons émis dans une direction d'émission donnée puisse pénétrer dans la chambre de traitement via la chambre de pompage à travers des premier et deuxième orifices alignés dans ladite direction d'émission.

[0087] Le premier orifice 122 peut être positionné dans la paroi latérale interne 121 de la chambre de pompage 120, c'est-à-dire dans la paroi latérale 132 de la chambre de traitement 130, et le deuxième orifice 124 peut être positionné dans la paroi latérale externe 123 de la chambre de pompage 120. Les parois latérales interne et externe de la chambre de pompage sont opposées dans la direction d'émission X du faisceau d'électrons.

[0088] Il peut y avoir plusieurs premiers et deuxièmes orifices, en particulier s'il y a plusieurs sources de

faisceau d'électrons, comme illustré plus après en relation avec la figure 2.

[0089] Dans le cas où il y a plusieurs premiers et deuxièmes orifices, les premiers orifices peuvent être positionnés le long d'une première circonférence de la paroi latérale interne 121 de la chambre de pompage 120, correspondant à une première circonférence de la paroi latérale 132 de la chambre de traitement 130, et les deuxièmes orifices peuvent être positionnés le long d'une deuxième circonférence de la paroi latérale externe 123 de la chambre de pompage 120. Par exemple, les première et deuxième circonférences sont concentriques.

[0090] Plus généralement, par exemple dans une variante où la chambre de pompage est extérieure au corps cylindrique ou parallélépipédique, chaque premier orifice peut être positionné dans une paroi commune à la chambre de traitement et la chambre de pompage, et chaque deuxième orifice peut être positionné dans une autre paroi commune à la chambre de pompage et une source de faisceau d'électrons.

[0091] En variante, chaque premier orifice peut être un orifice d'un premier diaphragme assemblé à la paroi latérale interne de la chambre de pompage, c'est-à-dire à la paroi latérale de la chambre de traitement, et/ou chaque deuxième orifice peut être un orifice d'un deuxième diaphragme assemblé à la paroi latérale externe de la chambre de pompage. La paroi latérale interne peut alors comprendre une ouverture plus grande que le premier orifice pour intégrer le premier diaphragme, et/ou la paroi latérale externe peut alors comprendre une ouverture plus grande que le deuxième orifice pour intégrer le deuxième diaphragme. Cette variante permet notamment de pouvoir prévoir des tailles d'orifice variables selon l'application visée, pour régler par exemple la conductance fluidique de l'orifice.

[0092] Le cercle de diamètre minimal dans lequel s'inscrit chaque premier orifice 122 est adapté aux dimensions de la chambre de traitement 130, de préférence aux dimensions de la section transversale de la chambre de traitement prise dans le plan faisceau. Les mêmes conditions peuvent s'appliquer au cercle de diamètre minimal dans lequel s'inscrit le deuxième orifice 124.

[0093] Un orifice peut être de forme circulaire. Dans ce cas, on prend comme dimension d'orifice le diamètre de ce cercle.

[0094] De préférence, le diamètre du cercle minimal dans lequel s'inscrit le premier orifice 122 est inférieur ou égal à $1/8$, par exemple inférieur ou égal à $1/10$, par exemple inférieur ou égal à $1/12$, de la plus petite dimension de la section transversale de la chambre de traitement 130 prise dans le plan faisceau PF. Dans l'exemple représenté, ceci correspond au petit diamètre D3 de la chambre de traitement 130. Les mêmes conditions peuvent s'appliquer au diamètre du cercle minimal dans lequel s'inscrit le deuxième orifice 124.

[0095] Un tel ratio pour un orifice permet d'assurer un vide différentiel entre la source de faisceau d'électrons 110, et notamment la chambre de génération d'électrons 112, et la chambre de traitement 130, tout en minimisant la contamination de la chambre de traitement en direction de la chambre de génération d'électrons 112. Des compromis peuvent être trouvés entre la quantité d'électrons injectés dans un faisceau de diamètre donné, après focalisation, et la dimension maximale de l'orifice qui lui-même contrôle le pompage différentiel.

[0096] La première pompe à vide 126 permet de former un vide dans la chambre de pompage 120, ainsi que dans la chambre de traitement 130 via le premier orifice 122.

[0097] Ainsi, la première pompe à vide 126, l'injection de gaz de traitement, et dans certains cas la deuxième pompe à vide 142, permettent de contrôler la pression dans la chambre de traitement 130.

[0098] La pression dans la chambre de traitement 130 peut être adaptée en fonction de la technique de traitement mise en œuvre dans le dispositif, par exemple :

- entre 10^{-3} mbar et 10^{-1} mbar pour un dépôt par pulvérisation cathodique ;
- entre 10^{-6} mbar et 10^{-1} mbar pour un dépôt par évaporation par faisceau d'électrons en phase vapeur.

[0099] Dans le mode de réalisation représenté en figure 1, la chambre de génération d'électrons 112 est à distance de la chambre de pompage 120 et de la chambre de traitement 130. La source de faisceau d'électrons 110 comprend un tube 114, de préférence creux, reliant la chambre de génération d'électrons 112 et la chambre de pompage 120. Le deuxième orifice 124 est alors positionné entre la chambre de pompage 120 et le tube 114. Un troisième orifice de passage 113 est formé entre la chambre de génération d'électrons 112 et le tube 114. Le troisième orifice 113 est de préférence aligné avec les premier et deuxième orifices 122, 124 dans la direction d'émission X du faisceau d'électrons.

[0100] En variante, la chambre de génération d'électrons 112 pourrait être accolée à la chambre de pompage 120 et/ou à la chambre de traitement 130. Par exemple, la chambre de génération d'électrons 112 pourrait ne pas comprendre de tube.

[0101] La chambre de faisceau d'électrons 112 comprend en outre une entrée de gaz source 118 reliée à une alimentation en gaz source (non représentée). Des exemples de gaz source sont des gaz rares He, Ne, Ar, Kr ou Xe ou des gaz réactifs tels que O_2 , N_2 , F_2 , CH_4 , SF_6 .

[0102] La source de faisceau d'électrons 110 comprend également de préférence un appareil de focalisation du faisceau d'électrons. Il peut s'agir d'un appareil électrostatique ou magnétique de focalisation, par exemple un électroaimant 116 positionné autour du tube 114 et relié à une alimentation en courant de bobine (alimentation non représentée). L'appareil de focalisation, par exemple l'électroaimant 116, est de préférence adapté à produire un champ magnétique parallèle au trajet du faisceau d'électrons dans le tube 114, et peut être adapté à conduire ledit faisceau d'électrons vers la chambre de traitement 130.

[0103] Bien que cela ne soit pas représenté, la source de faisceau d'électrons 110 peut comprendre une grille d'extraction et/ou une grille d'accélération, par exemple entre la chambre de génération d'électrons 112 et l'électroaimant 116.

[0104] La première pompe à vide 126 peut être adaptée à former un vide dans la chambre de génération d'électrons 112 via la chambre de pompage 120 et le deuxième orifice 124. Il est possible de dimensionner la première pompe à vide 126 ainsi que le deuxième orifice 124 en fonction du vide souhaité.

[0105] En variante, ou de manière complémentaire, la source de faisceau d'électrons 110 peut comprendre une troisième pompe à vide 115 reliée à la chambre de génération d'électrons 112, et adaptée à former un vide plus poussé dans ladite chambre, et/ou à compenser un éventuel flux rétroactif en provenance de la chambre de traitement 130.

[0106] Dans le tube 114, le faisceau d'électrons F émis est dirigé dans la direction X du plan faisceau PF, perpendiculaire à la direction longitudinale Z.

[0107] Pour certaines applications, la trajectoire F1 du faisceau d'électrons dans la chambre de traitement 130 peut

suivre la même direction que celle du faisceau d'électrons émis, ou du moins ne pas être dirigé dans une direction particulière. Par exemple, le faisceau d'électrons n'est pas dirigé vers la cible 104. Le faisceau d'électrons peut être adapté à créer un plasma à l'aide d'un gaz de traitement introduit dans la chambre de traitement, par exemple des gaz rares tels que He, Ne, Ar, Kr ou Xe ou des gaz réactifs tels que O₂, N₂, F₂, CH₄, SF₆. Le plasma peut être dirigé vers le substrat 106 pour le nettoyer et/ou pour le graver. Le plasma peut aussi être dirigé vers la cible 104 pour lui arracher des particules, et les particules dirigées vers le substrat 106 pour réaliser un dépôt de couche mince par la technique de pulvérisation cathodique.

[0108] Pour d'autres applications, la trajectoire F2 du faisceau d'électrons dans la chambre de traitement 130 peut être déviée pour suivre une direction donnée dans la chambre de traitement. Par exemple, le faisceau d'électrons peut être dirigé vers la cible 104. Le faisceau d'électrons peut, par exemple, être adapté à transformer des molécules de la cible en phase gazeuse. Une partie au moins de ces molécules précipitent ensuite sous forme solide sur le substrat 106 pour réaliser un dépôt de couche mince par la technique d'évaporation par faisceau d'électrons en phase vapeur.

[0109] Le dispositif peut comprendre un appareil de déviation du faisceau d'électrons, par exemple un électroaimant ou un aimant permanent 140, adapté à dévier le faisceau d'électrons dans la chambre de traitement 130. L'appareil de déviation peut être au moins en partie positionné dans la chambre de traitement. En variante, l'appareil de déviation peut être positionné complètement en dehors de la chambre de traitement.

[0110] L'appareil de déviation, par exemple l'aimant permanent 140, peut être mobile selon la direction longitudinale Z, par exemple à l'aide d'un troisième moteur

139. Plus généralement, l'appareil de déviation peut être mobile en translation et/ou en rotation, et donc être apte à contrôler ou non la trajectoire des faisceaux d'électrons sur une très grande gamme d'énergie de ceux-ci, par exemple entre 100 V et 50 kV.

[0111] L'appareil de focalisation, par exemple l'électroaimant 126, et l'appareil de déviation, par exemple l'aimant permanent 140, sont de préférence adaptés à former des champs magnétiques ayant des directions transversales, par exemple perpendiculaires, l'un par rapport à l'autre.

[0112] La cible peut être en cuivre, en tantale ou un oxyde de cuivre ou de tantale, ou tout autre matériau solide, voire liquide, susceptible d'induire un processus de pulvérisation ou d'évaporation, par exemple un matériau métallique ou oxyde.

[0113] Selon les techniques de traitement mises en œuvre dans le dispositif, la cible et/ou le substrat peuvent être polarisés. La polarisation peut être typiquement de quelques dizaines de volts pour le substrat, par exemple en mode nettoyage par plasma ou densification de couche par plasma, et/ou, pour la cible, toute tension de polarisation permettant d'obtenir des énergies supérieures à un seuil de pulvérisation ou d'évaporation, typiquement comprise entre 100 V et 10 kV.

[0114] La figure 2 est une vue schématique en coupe d'un dispositif à faisceau d'électrons 200 selon un deuxième mode de réalisation, qui se distingue du dispositif 100 de la figure 1 en ce qu'il comprend plusieurs sources de faisceau d'électrons, une première source 110 et une deuxième source 210 représentées dans la figure 2. Un premier aimant permanent 140 peut être adapté à dévier un faisceau d'électrons issu de la première source 110 et un deuxième aimant permanent 240 peut être adapté à dévier un faisceau d'électrons issu de la deuxième source 210. Les aimants permanents peuvent être positionnés soit chacun sur un support, soit sur un support

commun 241, comme illustré, chaque support étant par exemple mobile, par exemple à l'aide d'un moteur 239 (commun dans le mode illustré). Les aimants permanents peuvent être positionnés sous la cible 104.

[0115] La chambre de pompage 120 est positionnée entre la chambre de traitement 130 et chacune des première 110 et deuxième 210 sources de faisceau d'électrons.

[0116] Une quatrième pompe à vide 226 peut être reliée à la chambre de pompage 120 à proximité de la deuxième source 210, en complément de la première pompe à vide 126 qui est de préférence reliée à proximité de la première source 110.

[0117] Le dispositif à faisceau d'électrons 200 comprend au moins deux premiers orifices 122, 222 et deux deuxièmes orifices 124, 224. Les premiers orifices 122, 222 sont positionnés dans la paroi latérale interne 121 de la chambre de pompage 120, c'est-à-dire dans la paroi latérale 132 de la chambre de traitement 130 dans la configuration représentée. Les deuxièmes orifices 124, 224 sont positionnés dans la paroi latérale externe 123 de la chambre de pompage 120.

[0118] Les premier et deuxième orifices 122, 124 associés à la première source de faisceau d'électrons 110 sont de préférence alignés dans la direction d'émission du faisceau d'électrons par ladite première source. Les premier et deuxième orifices 222, 224 associés à la deuxième source de faisceau d'électrons 210 sont de préférence alignés dans la direction d'émission du faisceau d'électrons par ladite deuxième source.

[0119] Chacune des première et deuxième sources de faisceau d'électrons peuvent être similaires à la source de faisceau d'électrons 110 de la figure 1, mais le volume V4 de la deuxième chambre de génération d'électrons 212 n'est pas

nécessairement égal au volume V1 de la première chambre de génération d'électrons 112.

[0120] Dans le mode représenté, les sources de faisceau d'électrons sont positionnées de manière à émettre des électrons sensiblement selon un même plan faisceau PF. En variante, des sources de faisceau d'électrons peuvent être positionnées de manière à émettre des électrons selon différents plans faisceau parallèles entre eux.

[0121] Les autres caractéristiques du dispositif 200 de la figure 2 peuvent être similaires à celles du dispositif 100 de la figure 1. Des variantes décrites en lien avec la figure 1 peuvent également s'appliquer au dispositif 200 de la figure 2.

[0122] Il est possible d'avoir plus de deux sources de faisceau d'électrons, ainsi que d'autres pompes à vide associées à d'autres sources de faisceau d'électrons. La chambre de pompage est alors positionnée entre la chambre de traitement et chacune des sources de faisceau d'électrons. Les premier et deuxième orifices associés à chaque source de faisceau d'électrons sont alors de préférence alignés dans la direction d'émission du faisceau d'électrons par ladite source de faisceau d'électrons.

[0123] Par exemple, on a représenté en figure 3 une vue de dessus d'un dispositif similaire au dispositif de la figure 2, dans lequel on peut éventuellement positionner une troisième source de faisceau d'électrons 310.

[0124] Au moins une source de faisceau d'électrons peut être adaptée à former des électrons à faible énergie, typiquement comprise entre 0,1 ou 2 keV, adaptée pour le nettoyage par plasma, la densification de couche par plasma, la gravure par plasma et/ou la pulvérisation cathodique, et à former des électrons à forte puissance, typiquement comprise entre 2 keV

et 30 keV avec une intensité typiquement comprise entre 10 et 200 mA par source, plus adaptée pour l'évaporation par faisceau d'électrons en phase vapeur.

[0125] En multipliant les sources de faisceau d'électrons assemblées autour de la chambre de traitement, on peut multiplier d'autant l'intensité globale des électrons formés.

[0126] La figure 4 est une vue de dessus d'un dispositif à faisceau d'électrons 400 selon un troisième mode de réalisation, qui se distingue des dispositifs 100 et 200 des figures 1 à 3 principalement en ce que le corps 40 est parallélépipédique, et non cylindrique. La chambre de traitement 430 est délimitée par des parois de ce corps parallélépipédique, et par la chambre de pompage 420 qui forme une couronne également parallélépipédique, positionnée dans le corps parallélépipédique. Selon une variante non représentée, la chambre de pompage peut être positionnée à l'extérieur du corps parallélépipédique contre une ou plusieurs parois latérales dudit corps.

[0127] La plus petite dimension d'une section transversale de la chambre de traitement 430 prise dans le plan faisceau correspond alors à la largeur L3, qui correspond à la largeur du corps L4 moins la largeur de la chambre de pompage.

[0128] Les sources de faisceau d'électrons 110, 210, 310 représentées peuvent être similaires aux sources précédemment décrites, et peuvent être positionnées de manière à émettre des électrons selon plusieurs directions X, X', Y d'un même plan faisceau PF, ou selon plusieurs directions de plusieurs plans faisceau parallèles entre eux. En outre, des sources peuvent être positionnées sur deux parois latérales différentes du corps, par exemple deux parois parallèles et/ou deux parois perpendiculaires entre elles.

[0129] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier.

[0130] Enfin, la mise en œuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif à faisceaux d'électrons (100 ; 200 ; 400) comprenant :
 - une chambre de traitement (130 ; 430) ayant une direction longitudinale (Z) ;
 - au moins une source de faisceau d'électrons (110, 210, 310), chaque source étant adaptée à émettre un faisceau d'électrons dans un plan faisceau (PF) sensiblement transversal à la direction longitudinale (Z) de manière à induire un plasma ou un point d'évaporation dans la chambre de traitement (130 ; 430) pour le traitement d'une surface d'une pièce (106) ; ladite au moins une source de faisceau d'électrons étant externe à la chambre de traitement ;
 - une chambre de pompage (120 ; 420) reliée à une première pompe à vide (126), à la chambre de traitement et à la au moins une source de faisceau d'électrons, la chambre de pompage étant positionnée entre ladite chambre de traitement et ladite au moins une source de faisceau d'électrons, et étant adaptée à réaliser un pompage sous vide différentiel de ladite chambre de traitement ;
 - au moins un premier orifice (122 ; 222) de passage du faisceau d'électrons entre la chambre de traitement et la chambre de pompage ; et
 - au moins un deuxième orifice (124 ; 224) de passage du faisceau d'électrons entre la chambre de pompage et la au moins une source de faisceau d'électrons.
2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel :
 - le diamètre du cercle minimal dans lequel s'inscrit le au moins un premier orifice est inférieur ou égal à un huitième, par exemple inférieur ou égal à un dixième, de la plus petite dimension (D3, L3) d'une section transversale de la chambre de traitement (130) prise dans le plan faisceau ; et/ou

- le diamètre du cercle minimal dans lequel s'inscrit le au moins un deuxième orifice (124) est inférieur ou égal à un huitième, par exemple inférieur ou égal à un dixième, de la plus petite dimension de la section transversale de la chambre de traitement (130) prise dans le plan faisceau.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le au moins un premier orifice (122 ; 222) est positionné dans une paroi latérale (132) de la chambre de traitement de sorte qu'un faisceau d'électrons émis par la au moins une source de faisceau d'électrons puisse pénétrer à travers ledit au moins un premier orifice dans ladite chambre de traitement.
 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le au moins un deuxième orifice (124 ; 224) est positionné dans une paroi latérale (123) de la chambre de pompage de sorte qu'un faisceau d'électrons émis par la au moins une source de faisceau d'électrons puisse pénétrer à travers ledit au moins un deuxième orifice dans ladite chambre de pompage.
 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la au moins une source de faisceau d'électrons, la chambre de traitement et la chambre de pompage forment un ensemble fermé.
 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la chambre de traitement (130 ; 430) comprend une cible (104) adaptée pour, sous l'effet du faisceau d'électrons ou du plasma, émettre des particules vers la pièce (106) afin d'induire un processus de dépôt de couche mince sur ladite pièce par une technique de pulvérisation cathodique ou une technique d'évaporation par faisceau d'électrons.

7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel la chambre de traitement (130 ; 430) comprend un premier socle de support (134) adapté à supporter la cible (104), ledit premier socle de support étant par exemple mobile.
8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel le premier socle de support comprend, ou consiste en, un creuset, par exemple un creuset refroidi.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, comprenant en outre :
 - une source de polarisation de la cible (104) à une tension comprise entre 0 et 10 kV, de préférence entre 2 et 5 kV ; et/ou
 - un élément de refroidissement de la cible.
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel la chambre de traitement (130 ; 430) comprend un deuxième socle de support (136) adapté à supporter la pièce (106) à traiter, ledit deuxième socle de support étant par exemple mobile.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant un appareil de déviation (140, 240), tel un électroaimant ou un aimant permanent, adapté à dévier le faisceau d'électrons dans la chambre de traitement (130 ; 430), ledit appareil de déviation étant par exemple mobile.
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel la chambre de traitement (130 ; 430) est délimitée par des parois d'un corps cylindrique ou parallélépipédique, et la chambre de pompage (120 ; 420) est positionnée contre une paroi latérale du corps, à l'intérieur ou à l'extérieur dudit corps ; la chambre de

pompage étant par exemple coaxiale avec la chambre de traitement.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel la au moins une source de faisceau d'électrons (110, 210, 310) comprend une chambre de génération d'électrons (112, 212) et un tube (114, 214) entre la chambre de génération d'électrons et la chambre de traitement (130 ; 430) ; chaque tube étant relié à la chambre de pompage (120 ; 420) ; et le au moins un deuxième orifice (124) étant entre la chambre de pompage et le tube de la au moins une source de faisceau d'électrons.
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel la au moins une source de faisceau d'électrons (110, 210, 310) comprend un appareil de focalisation (116, 216), tel un électroaimant, adapté à focaliser le faisceau d'électrons, et par exemple à le diriger vers la chambre de traitement (130 ; 430).
15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, comprenant une deuxième pompe à vide (142) reliée à la chambre de traitement (130 ; 430) et/ou une troisième pompe à vide (115) reliée à la au moins une source de faisceau d'électrons (110, 210, 310).
16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, comprenant plusieurs sources de faisceau d'électrons (110, 210, 310) externes à la chambre de traitement (130 ; 430).
17. Dispositif selon la revendication 16, dans lequel au moins deux des sources de faisceau d'électrons sont adaptées à émettre des électrons selon un même plan faisceau ou selon deux plans faisceau parallèles entre eux.

18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans lequel le au moins un premier orifice, et/ou le au moins un deuxième orifice, correspond à un orifice d'un diaphragme.
19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, dans lequel le dispositif est adapté à mettre en oeuvre :
- un dépôt de couche mince par pulvérisation cathodique ;
 - un dépôt de couche mince par évaporation par faisceau d'électrons en phase vapeur ;
 - un nettoyage par plasma ;
 - une densification de couche par plasma ; et/ou
 - une gravure par plasma.