

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
9 juillet 2009 (09.07.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/083694 A1

(51) Classification internationale des brevets :

C01B 33/037 (2006.01) **C30B 29/06** (2006.01)

C01B 33/02 (2006.01) **C30B 11/00** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2008/052415

(22) Date de dépôt international :

24 décembre 2008 (24.12.2008)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0760405 27 décembre 2007 (27.12.2007) FR

(71) Déposants (*pour tous les États désignés sauf US*) : **EFD**

INDUCTION SA [FR/FR]; 20, avenue de Grenoble,
F-38170 Seyssinet Pariset (FR). **COMMISSARIAT**

A L'ÉNERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; Bâtiment Le
Ponant D, 25, rue Leblanc, F-75015 Paris (FR). **CENTRE**
NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
[FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16
(FR). **FERROPEM** [FR/FR]; 517, avenue de la Boisse,
F-73000 Chambéry (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **RI-**
VAT, Pascal [FR/FR]; Chemin des Thubes, F-38590
Saint Etienne de Saint Geoirs (FR). **FLAHAUT, Em-**
manuel [FR/FR]; Arvey Le Haut, F-73190 Puygros (FR).
TRASSY, Christian [FR/FR]; 34, avenue la Bruyère,
F-38100 Grenoble (FR). **COCCO, François** [FR/FR]; 9,
rue Lamartine, F-73490 La Ravoire (FR). **GROSSIER,**
Etienne [FR/FR]; 87, Les Terrasses, F-38450 Saint
Georges de Commiers (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: APPARATUS INCLUDING A PLASMA TORCH FOR PURIFYING A SEMICONDUCTOR MATERIAL

(54) Titre : INSTALLATION DE PURIFICATION D'UN MATERIAU SEMICONDUCTEUR A TORCHE A PLASMA

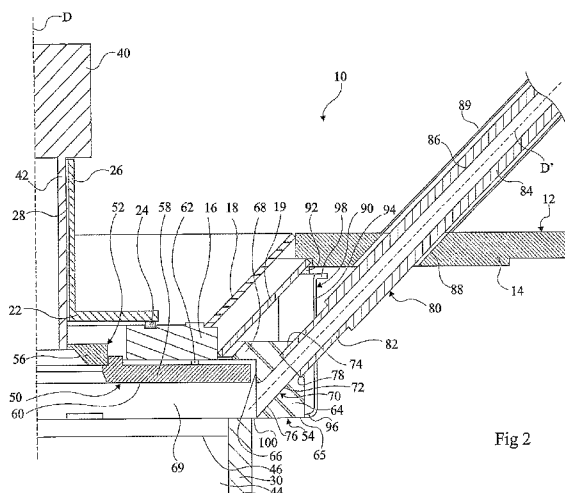


Fig 2

(57) Abstract: The invention relates to an apparatus (10) for purifying a semiconductor material (44), which includes at least a chamber containing an atmosphere of at least one inert gas. The apparatus comprises: in the chamber, a crucible (30) intended to contain the semiconductor material in the molten state; a plasma torch (40) intended to remove impurities from the molten semiconductor material in the crucible; and a confinement system (50) intended to define a confinement volume (69) between the crucible and the plasma torch, the confinement system comprising a device (54) for evacuating gaseous compounds and/or particles resulting from the purification of the molten silicon. The evacuation device comprises at least one suction aperture (70) having a cylindrical portion (72) extended by a flared portion (76) opening into the confinement volume.

(57) Abrégé : L'invention concerne une installation (10) de purification d'un matériau semiconducteur (44) comprenant au moins une enceinte contenant une atmosphère d'au moins un gaz neutre. L'installation comprend, dans l'enceinte un creuset (30) destiné à contenir le matériau semiconducteur à l'état fondu; une torche à plasma (40) destinée à éliminer des impuretés du matériau semiconducteur

[Suite sur la page suivante]



WO 2009/083694 A1



(74) **Mandataire :** CABINET BEAUMONT; 1, rue Champollion, F-38000 Grenoble (FR).

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

fondue dans le creuset; et un système de confinement (50) destiné à délimiter un volume de confinement (69) entre le creuset et la torche à plasma, le système de confinement comprenant un système (54) d'évacuation de composés gazeux et/ou de particules issus de la purification du silicium fondu. Le système d'évacuation comprend au moins une ouverture d'aspiration (70) ayant une portion cylindrique (72) se prolongeant par une portion évasée (76) débouchant dans le volume de confinement.

INSTALLATION DE PURIFICATION D'UN MATÉRIAU SEMICONDUCTEUR À TORCHE À PLASMA

Domaine de l'invention

La présente invention concerne la purification d'un matériau semiconducteur, notamment la purification de silicium pour constituer des cellules de production d'énergie électrique par effet photovoltaïque.

Exposé de l'art antérieur

Actuellement, le silicium destiné aux techniques photovoltaïques est essentiellement constitué des rebuts de l'industrie microélectronique, car le silicium utilisé pour des applications photovoltaïques peut contenir une proportion d'impuretés (de l'ordre de 10^{-6}) moins critique que le niveau d'impuretés (10^{-9}) généralement requis en microélectronique.

Il serait souhaitable de disposer d'une autre source de silicium pour produire du silicium adapté aux produits photovoltaïques. En particulier, les rebuts de l'industrie microélectrique tendent à devenir insuffisants pour satisfaire les besoins des techniques photovoltaïques.

Actuellement, on cherche à affiner le silicium fabriqué pour des applications métallurgiques pour obtenir du silicium d'une pureté adaptée aux techniques photovoltaïques. Le silicium

utilisé en métallurgie peut contenir plusieurs pourcents d'impuretés telles que le fer, le titane, le bore, le phosphore, etc.

Pour retirer certaines des impuretés d'un matériau semiconducteur, notamment le bore, une possibilité consiste à faire fondre des blocs du matériau semiconducteur dans un creuset et à purifier le matériau semiconducteur fondu en utilisant une torche à plasma dont la flamme lèche la surface libre du bain du matériau semiconducteur. La purification du matériau semiconducteur est obtenue par l'introduction de gaz réactifs dans le plasma qui réagissent avec des impuretés présentes dans le matériau semiconducteur fondu de façon à former des composés gazeux. Les gaz réactifs peuvent, en outre, réagir avec le matériau semiconducteur pour former des composés gazeux, par exemple de l'oxyde de silicium (SiO_2 , SiO), lorsque le matériau semiconducteur est le silicium. Il est nécessaire d'évacuer les composés gazeux issus de la purification du matériau semiconducteur et les particules formées par condensation de ces composés pour éviter qu'ils ne polluent à nouveau le matériau semiconducteur.

De façon générale, le système de purification est disposé dans une enceinte dans laquelle est réalisée une atmosphère d'un gaz neutre, ou d'un mélange de gaz neutres, par exemple de l'argon ou de l'hélium. Pour évacuer les composés gazeux issus de la purification du matériau semiconducteur, et les particules formées par condensation de ces composés, une possibilité consiste à renouveler régulièrement l'atmosphère de l'enceinte. Un inconvénient d'un tel procédé est qu'il nécessite des quantités importantes de gaz, ce qui présente un coût élevé.

Le brevet FR 2 869 028 au nom de EFD décrit une installation de fabrication de blocs d'un matériau semiconducteur, comprenant un système de confinement adapté, lors de l'étape de purification, à délimiter, au niveau de la surface libre du matériau semiconducteur fondu, une partie de l'atmosphère de l'enceinte, appelée volume de confinement, dans laquelle sont confinés les composés gazeux issus de la purification du

matériau semiconducteur et les particules formées par condensation de ces composés. L'évacuation des composés gazeux et des particules correspondantes est alors réalisée uniquement au niveau du volume de confinement. Pour ce faire, le système de confinement peut comprendre une ou plusieurs bouches d'aspiration débouchant dans le volume de confinement, l'atmosphère dans le volume de confinement étant renouvelée par du gaz neutre provenant du reste de l'enceinte. Un avantage est que seul le volume de confinement est pollué par les composés gazeux issus de la purification du matériau semiconducteur et par les particules formées par condensation de ces composés, et que seule une faible quantité du gaz neutre, ou du mélange de gaz neutres, doit être régulièrement renouvelée dans l'enceinte.

Un inconvénient d'une telle installation est que l'atmosphère dans le volume de confinement est très fortement chargée en composés gazeux qui se condensent en particules, dont le diamètre peut varier de quelques micromètres à quelques millimètres, et qui peuvent rester en suspension dans le volume de confinement ou se déposer sur les parois du système de confinement. La formation de particules dans le volume de confinement est d'autant plus importante que la différence entre la température des parois internes du système de confinement et la température de condensation des composés gazeux est élevée. On peut atteindre des densités de particules importantes dans le volume de confinement. Avec de telles densités, il s'avère difficile d'assurer une aspiration convenable des composés gazeux et des particules présents dans le volume de confinement tout en réduisant le plus possible le renouvellement du volume de confinement en gaz neutre, ou en mélange de gaz neutres.

La condensation des composés gazeux et/ou le dépôt des particules en suspension sur les parois du système de confinement peuvent conduire à l'obturation partielle ou complète des bouches d'aspiration du système de confinement. Il est alors nécessaire de nettoyer fréquemment le système de confinement, ce

qui présente un coût élevé, surtout si le système de confinement doit être démonté pour être nettoyé.

Résumé de l'invention

La présente invention vise une installation de purification d'un matériau semiconducteur, notamment du silicium, comprenant une torche à plasma et un système de confinement des composés gazeux et des particules en suspension issus de la purification du matériau semiconducteur, dans laquelle la condensation des composés gazeux et/ou le dépôt de particules sur les parois du système de confinement, susceptibles de dégrader le fonctionnement de l'installation, sont réduits.

Selon un autre objet, l'installation a une structure particulièrement simple et présente un encombrement réduit.

Selon un autre objet, l'installation permet, en outre, le nettoyage en continu du système d'aspiration des composés gazeux et des particules présents dans le volume de confinement.

Pour atteindre tout ou partie de ces objets ainsi que d'autres, un aspect de la présente invention prévoit une installation de purification d'un matériau semiconducteur comprenant au moins une enceinte contenant une atmosphère d'au moins un gaz neutre. L'installation comprend dans l'enceinte un creuset destiné à contenir le matériau semiconducteur à l'état fondu ; une torche à plasma destinée à éliminer des impuretés du matériau semiconducteur fondu dans le creuset ; et un système de confinement destiné à délimiter un volume de confinement entre le creuset et la torche à plasma, le système de confinement comprenant un système d'évacuation de composés gazeux et/ou de particules issus de la purification du silicium fondu. Le système d'évacuation comprend au moins une ouverture d'aspiration ayant une portion cylindrique se prolongeant par une portion évasée débouchant dans le volume de confinement.

Selon un exemple de réalisation, l'installation comprend un système de nettoyage de l'ouverture d'aspiration adapté à réaliser une opération de nettoyage de l'ouverture pendant le fonctionnement de la torche à plasma.

Selon un exemple de réalisation, le système de confinement comprend une première portion annulaire à la périphérie du volume de confinement, comprenant une paroi latérale interne, la portion évasée débouchant au niveau de la paroi latérale interne.

Selon un exemple de réalisation, l'installation comprend un tube creux prolongeant l'ouverture du côté opposé à la portion évasée, la longueur du tube étant supérieure au diamètre de la portion annulaire.

Selon un exemple de réalisation, la torche à plasma est orientée selon une première direction, le tube étant rectiligne et s'étendant selon une seconde direction inclinée par rapport à la première direction d'un angle compris entre 20° et 90° .

Selon un exemple de réalisation, l'enceinte comprend un couvercle, la première portion annulaire ayant une face du côté opposé au couvercle, l'installation comprenant des griffes réparties à la périphérie externe de la première portion annulaire, chaque griffe étant fixée à ladite face et au couvercle.

Selon un exemple de réalisation, le système de confinement comprend, en outre, une deuxième portion annulaire d'un premier matériau entourant la torche à plasma ; et une troisième portion annulaire d'un second matériau différent du premier matériau, entourant la deuxième portion annulaire et comprenant une paroi destinée à être en vis-à-vis du matériau semi-conducteur, la première portion annulaire entourant la troisième portion annulaire.

Selon un exemple de réalisation, la troisième portion annulaire est constituée d'au moins deux secteurs reliés l'un à l'autre.

Selon un exemple de réalisation, la portion évasée est tangente au plan contenant la paroi de la troisième portion annulaire.

Selon un exemple de réalisation, la portion évasée est partout tangente à la paroi interne de la première portion

annulaire à l'exception des parties les plus proche et éloignée de la paroi de la troisième portion annulaire.

Brève description des dessins

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que
5 d'autres seront exposés en détail dans la description suivante d'un mode de réalisation particulier faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 est une vue de face avec coupe partielle d'un exemple de réalisation d'une installation de purification
10 d'un matériau semiconducteur selon l'invention ;

la figure 2 est une vue agrandie d'une partie de la coupe de la figure 1 ;

les figures 3 et 4 sont respectivement une vue de dessous et une coupe de face d'un élément du système de confinement de l'installation de purification de la figure 1 ;
15

les figures 5, 6 et 7 sont des vues de détail en coupe et en perspective de l'élément de la figure 3 ;

la figure 8 est une vue en perspective éclatée d'autres éléments du système de confinement de l'installation de
20 la figure 1 ; et

la figure 9 est une coupe de face des éléments de la figure 8.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures. Pour des raisons de clarté, seuls les éléments de l'installation qui sont nécessaires à la compréhension de l'invention ont été représentés aux différentes figures. Dans la suite de la description, les qualificatifs "inférieur", "supérieur", "vers le haut" et "vers le bas" sont
30 utilisés en relation avec un axe D, considéré comme étant vertical. Toutefois, il est clair que l'axe D peut être légèrement incliné par rapport à la verticale.

Un exemple d'installation de purification d'un matériau semiconducteur va maintenant être décrit pour la purification du silicium, notamment pour l'obtention de blocs de
35

silicium présentant un degré de pureté suffisant pour une utilisation directe pour la réalisation de produits photovoltaïques et/ou l'obtention de blocs de silicium ayant un degré de pureté inférieur au niveau requis pour une utilisation
5 directe pour la réalisation de produits photovoltaïques et destinés à être traités ultérieurement pour présenter un degré de pureté suffisant pour les techniques photovoltaïques.

La figure 1 représente certains éléments d'un exemple de réalisation d'une installation 10 de fabrication de blocs de
10 silicium. Sur la partie gauche de la figure 1, l'installation 10 est représentée en vue de face et sur la partie droite de la figure 1, l'installation 10 est représentée en coupe selon un plan comprenant l'axe D. La figure 2 est une coupe de détail de l'installation 10. L'installation comprend une enceinte comportant, par exemple, une paroi latérale, non représentée, fermée à
15 son extrémité supérieure par un couvercle 12. Une ouverture, non représentée, peut être prévue au travers de la paroi latérale de l'enceinte et permettre de faire communiquer le volume interne de l'enceinte avec l'extérieur. L'installation peut comprendre
20 une porte étanche au niveau de l'ouverture pour isoler hermétiquement le volume interne de l'enceinte. Selon une variante, l'enceinte peut communiquer avec une enceinte secondaire, jouant, par exemple, le rôle d'un sas d'entrée/sortie pour l'introduction ou le retrait d'objets dans l'installation.

Le couvercle 12 est constitué de plusieurs pièces à symétrie de révolution autour de l'axe D. Selon le présent exemple de réalisation, le couvercle 12 comprend une portion annulaire externe 14 et une portion annulaire interne 16 reliées entre elles par deux parois tronconiques 18, 19 parallèles. La
30 portion annulaire interne 16 est à une position inférieure selon l'axe D par rapport à la portion annulaire externe 14. La portion annulaire interne 16 définit une ouverture centrale 20. L'ouverture 20 est partiellement occultée par une plaque annulaire 22 qui recouvre partiellement la portion annulaire
35 interne 16, un joint d'étanchéité 24 étant disposé entre la

plaque 22 et la portion annulaire interne 16. La plaque annulaire 22 se prolonge par une portion cylindrique 26 d'axe D, s'étendant vers le haut et délimitant une ouverture 28.

Une atmosphère d'un gaz neutre, ou d'un mélange de gaz neutres, par exemple de l'argon, de façon avantageuse à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique, est maintenue, en fonctionnement, dans l'enceinte pour éviter la pénétration d'oxygène dans l'enceinte. L'installation 10 comprend un système, non représenté, de renouvellement de l'atmosphère dans l'enceinte.

Un creuset 30 est disposé dans l'enceinte. Il s'agit, par exemple, d'un creuset à base de silice ou de graphite. Le creuset 30 peut être à base circulaire ou rectangulaire. Il s'agit, par exemple, d'un creuset du type creuset chaud ou creuset froid, constitué, par exemple, d'un creuset à base de graphite mélangé à de l'argile ou à base de carbure de silicium pourvu d'un contre-creuset intérieur à base de silice. Selon un autre exemple, il s'agit d'un creuset en quartz revêtu à l'intérieur de nitrure de silicium. Il peut également s'agir du creuset décrit dans la demande de brevet US 2006/0144326 déposée aux noms d'Appolon Solar, de Cyberstar et d'EFD. Dans la suite de la description, on considère un creuset 30 cylindrique dont le diamètre externe peut atteindre plusieurs dizaines voire une centaine de centimètres.

L'installation 10 peut comprendre un système de déplacement, non représenté, du creuset 30 dans l'enceinte. A titre d'exemple, le système de déplacement peut correspondre à un élévateur constitué d'un plateau sur lequel est disposé le creuset 30 et susceptible d'être déplacé dans l'enceinte selon la direction verticale par l'intermédiaire d'un système d'entraînement. L'élévateur peut être commandé automatiquement, par exemple par un programme de commande prémémorisé. Selon une variante, le système de déplacement peut correspondre à un bras robotisé.

L'installation 10 peut comprendre un système de chauffage, non représenté, du creuset 30 adapté à faire fondre des morceaux de silicium disposés dans le creuset 30. Il s'agit, par exemple, d'un système de chauffage comprenant une bobine d'induction latérale entourant le creuset 30.

Une torche à plasma inductif 40, non représentée en détail, est disposée à l'aplomb du creuset 30. La torche à plasma inductif 40 est associée à un injecteur de gaz réactifs (non représenté) tel que de l'hydrogène, de l'oxygène, du chlore, de l'azote, etc. La torche à plasma inductif 40 comprend une buse 42 cylindrique, d'axe D, qui s'étend dans l'ouverture 28 délimitée par la paroi cylindrique 26 et se projette vers le bas au-delà de l'ouverture 28, dans l'ouverture 20 délimitée par la paroi annulaire interne 16.

L'installation 10 comprend un système d'alimentation, non représenté, du creuset 30 en morceaux de silicium métallurgique, par exemple sous la forme de granules. Il peut s'agir d'une trémie escamotable. La référence 44 désigne le bain de silicium contenu dans le creuset 30 et la référence 46 désigne la surface supérieure libre du bain de silicium 44.

L'enceinte comprend un système de confinement 50, à l'intérieur de l'enceinte, qui se compose d'un écran de protection 52 et d'une couronne d'aspiration 54. L'écran de protection 52 comprend une partie annulaire interne 56, appelé insert, d'axe D et entourant l'extrémité de la buse 42 de la torche à plasma 40, et une partie annulaire externe 58, appelée déflecteur, d'axe D et entourant l'insert 56. Le déflecteur 58 comprend une face sensiblement plane 60, perpendiculaire à l'axe D, et opposée à la surface libre 46 du bain de silicium 44 contenu dans le creuset 30. Le déflecteur 58 est relié à la portion annulaire interne 16 du couvercle 12 par des vis 62 comme cela sera décrit plus en détail par la suite, une seule vis 62 étant représentée aux figures 1 et 2. La couronne d'aspiration 54 comprend un corps annulaire 64 comprenant une face inférieure plane 65 et une paroi latérale intérieure 66

cylindrique d'axe D, le diamètre de la paroi 66 étant légèrement supérieur au diamètre externe du creuset 30. Le corps annulaire 64 comprend, en partie supérieure, un rebord 68 qui s'étend vers l'axe D en recouvrant partiellement le déflecteur 58. La couronne d'aspiration 54, le déflecteur 58, l'insert 56 et le creuset 30 définissent un volume de confinement 69 en partie supérieure du creuset 30 lorsque le creuset 30 est à proximité de la couronne d'aspiration 54. A titre d'exemple, la hauteur selon l'axe D de la couronne d'aspiration 54 est de plusieurs centimètres.

Le corps 64 de la couronne d'aspiration 54 est traversé par des ouvertures 70, une seule ouverture 70 étant représentée aux figures 1 et 2. Chaque ouverture 70 comprend une portion centrale cylindrique 72, d'axe D', qui se prolonge d'un côté par une portion cylindrique 74 de plus grand diamètre, d'axe D', et du côté opposé par une portion évasée 76. La portion cylindrique 74 est reliée à la portion cylindrique 72 par un épaulement 78 et débouche au niveau du bord supérieur externe du corps 64. La portion évasée 76 débouche sur la paroi latérale interne 66 du corps 64 et est sensiblement tangente au bord inférieur de la paroi latérale interne 66.

L'installation 10 comprend, pour chaque ouverture 70, un tube d'aspiration 80. Dans le présent exemple de réalisation, l'installation comprend deux ouvertures 70 dans la couronne d'aspiration 54 et deux tubes d'aspiration 80 associés. Chaque tube d'aspiration 80 comprend une première portion tubulaire 82 dont le diamètre extérieur correspond sensiblement au diamètre de la portion cylindrique 74 et se prolongeant par une seconde portion tubulaire 84 de diamètre extérieur plus élevé. La première portion tubulaire 82 pénètre dans la portion cylindrique 74 de l'ouverture 70 correspondante et vient en butée contre l'épaulement 78. Le tube 80 est creux, les première et seconde portions tubulaires 82, 84 étant traversées par une ouverture cylindrique 86, d'axe D', dont le diamètre correspond au diamètre de la portion cylindrique 72 de l'ouverture 70. La

portion annulaire externe 14 du couvercle 12 comprend des ouvertures 88 permettant le passage des tubes 80. Une paroi 89 enveloppe le tube 80 du côté du couvercle 12 opposé au creuset 30. Les extrémités des tubes d'aspiration 80 opposées à la
5 couronne d'aspiration 54 sont reliées à un système de pompage, non représenté. Chaque tube d'aspiration 80 a une longueur supérieure à un seuil donné, et au moins supérieure au diamètre de la couronne d'aspiration 54, pour obtenir un gradient de température suffisant des gaz aspirés entre les deux extrémités du
10 tube 80. A titre d'exemple, les tubes 80 sont en graphite, en un matériau composite type carbone-carbone, ou en inox massif.

La couronne d'aspiration 54 est reliée au couvercle 12 par des griffes 90. Chaque griffe 90 comprend une première extrémité vissée à la couronne d'aspiration 54 et une seconde
15 extrémité vissée à la portion annulaire extérieure 14 du couvercle 12 par une vis 92. Plus précisément, dans le présent exemple de réalisation, chaque griffe 90 comprend une portion centrale plane 94 qui s'étend parallèlement à l'axe D et se prolonge aux extrémités par des portions d'extrémité inférieure
20 et supérieure 96, 98 s'étendant sensiblement perpendiculairement à l'axe D. La portion d'extrémité inférieure 96 s'étend sous la couronne d'aspiration 54 et est fixée à celle-ci par une vis, non visible sur les figures 1 et 2, et la portion d'extrémité supérieure 98 s'étend sensiblement parallèlement à la portion
25 annulaire extérieure 14 du couvercle 12 à laquelle elle est vissée par la vis 92 correspondante.

Un exemple de procédé de purification consiste à alimenter le creuset 30 en morceaux de silicium, le creuset 30 pouvant, pour ce faire, être éloigné de la couronne d'aspiration
30 54 et à faire fondre les morceaux de silicium dans le creuset 30 par le système de chauffage. Le creuset 30 est alors déplacé jusqu'à venir à proximité de la couronne d'aspiration 54, le bord supérieur du creuset 30 étant, par exemple, sensiblement tangent à la face inférieure 65 de la couronne d'aspiration 54.
35 Le creuset 30, la couronne d'aspiration 54, le déflecteur 58 et

l'insert 56 définissent alors le volume de confinement 69 au dessus de la surface libre 46 du bain de silicium 44. La torche à plasma 40 est alors activée pour purifier le silicium fondu. Les composés gazeux issus de la purification du silicium, et les
5 particules formées par condensation de ces composés, sont aspirés par les ouvertures 70 de la couronne d'aspiration 54, l'atmosphère étant renouvelée par du gaz neutre provenant du reste de l'enceinte et pénétrant, par exemple, par l'interstice 100 qui sépare le creuset 30 de la couronne d'aspiration 54.
10 L'aspiration de gaz dans le volume de confinement crée une légère dépression dans celui-ci, ce qui limite les fuites de composés gazeux issus de la purification du silicium, et de particules formées par condensation de ces composés, hors du volume de confinement 69 dans le reste de l'enceinte. Selon une
15 variante, la fusion des morceaux de silicium dans le creuset 30 peut être réalisée directement par la torche à plasma 40. Selon une autre variante, les phases d'alimentation en morceaux de silicium et de fusion du silicium sont réalisées alors que le creuset 30 est maintenu à une position fixe à proximité de la
20 couronne d'aspiration 54, comme cela est représenté en figure 1.

La figure 3 est une vue de dessous schématique d'un exemple de réalisation de la couronne d'aspiration 54. La figure 4 est une coupe de la figure 3 selon la ligne A-A et les figures 5, 6 et 7 sont respectivement une coupe selon un plan contenant
25 les axes D et D', une coupe selon un plan perpendiculaire à l'axe D et une vue en perspective agrandies de la couronne d'aspiration 54 au niveau de l'une des ouvertures 70. Comme cela apparaît en figure 3, la couronne d'aspiration 54 comprend une paroi latérale externe 102 dont la forme est complexe et répond
30 à des contraintes d'encombrement, de tenue mécanique de la couronne d'aspiration 54, etc. Dans le présent exemple de réalisation, le corps 54 comprend uniquement deux ouvertures d'aspiration 70 disposées de façon diamétralement opposée. Toutefois, il est clair que le corps 54 peut comprendre plus de
35 deux ouvertures d'aspiration. A titre d'exemple, la couronne

d'aspiration 54 est en graphite ou en un matériau composite type carbone-carbone, ou en inox massif.

La couronne d'aspiration 54 comprend des évidements 104, ou encoches, sur sa face inférieure 65 qui débouchent sur la paroi latérale externe 102. Chaque évidement 104 forme un logement destiné à recevoir la portion inférieure 96 de l'une des griffes 90. Une ouverture 106, s'étendant parallèlement à l'axe D, traverse la couronne d'aspiration 54 sur toute son épaisseur et débouche au niveau de chaque évidement 104. La vis de fixation de la portion inférieure 96 de la griffe 90 est disposée dans l'ouverture 106, la portion inférieure 96 de la griffe 90 étant prise en sandwich entre la tête de la vis et la couronne d'aspiration 54. L'extrémité libre de la vis dépasse de l'ouverture 106 du côté de la couronne d'aspiration 54 opposé à la portion inférieure 96 de la griffe 90 et est maintenue à cette extrémité en saillie par un boulon. La profondeur de chaque évidement 104 selon l'axe D est supérieure à l'épaisseur de la portion inférieure 96 de la griffe 90 correspondante de sorte que la griffe 90 ne se projette pas, selon l'axe D, en saillie depuis la face inférieure 65 de la couronne d'aspiration 54. Ceci permet de réduire l'encombrement de l'ensemble de la structure constituée de la couronne d'aspiration 54 et des griffes 90.

La Demanderesse a mis en évidence que les risques les plus élevés de condensation sur les parois du système de confinement 50 de composés gazeux issus de la purification du matériau semiconducteur, ou de dépôt sur les parois du système de confinement 50 de particules en suspension formées par condensation de ces composés gazeux existent au niveau de l'extrémité de chaque ouverture 70 qui débouche dans le volume de confinement 69. Pour réduire ces risques, l'extrémité débouchante de chaque ouverture 70 correspond à une portion évasée 76. La portion évasée 76 peut avoir une forme relativement complexe à rayon de courbure variable. A titre d'exemple, dans le plan de coupe de la figure 5, la portion inférieure 110 de la

portion évasée 76 est rectiligne, sensiblement dans le prolongement de l'ouverture cylindrique 72 et n'est pas tangente à la paroi latérale 66 (le rayon de courbure au niveau du raccord entre la paroi latérale 66 et la portion inférieure 110 est sensiblement nul). Dans le plan de coupe de la figure 5, la portion supérieure 112 de la portion évasée 76 a un rayon de courbure compris entre $1/3$ et $4/3$ du diamètre de l'ouverture cylindrique 72, est tangente à l'ouverture cylindrique 72 et n'est pas tangente à la paroi 66 (le rayon de courbure au niveau du raccord entre la paroi latérale 66 et la portion supérieure 112 est sensiblement nul). Plus précisément, dans le plan de la figure 5, la portion supérieure 112 de la portion évasée 76 est tangente, à l'extrémité débouchant sur la paroi 66, à la face 60 du déflecteur 58. Dans le plan de la figure 6, perpendiculaire à l'axe D et coupant la portion évasée 76 de l'ouverture 70 sensiblement à mi-hauteur, les portions latérales 113, 114 de la portion évasée 76 sont tangentes à la paroi latérale 66 et ont un rayon de courbure compris entre $1/3$ et $4/3$ du diamètre de l'ouverture cylindrique 72. De façon générale, la portion évasée 76 est partout tangente à la paroi latérale 66 sauf en partie extrême haute et partie extrême basse dans le plan de la figure 5 et présente un rayon de courbure au niveau du raccord avec la paroi latérale 66 qui croît depuis les extrémités haute et basse jusqu'aux extrémités latérales. En outre, la portion évasée 76 est partout tangente à l'ouverture cylindrique 72.

Dans le présent exemple de réalisation, les ouvertures 70 et 86 sont rectilignes et alignées selon l'axe D'. En outre, les axes D' sont inclinés de quelques dizaines de degrés par rapport à l'axe D, par exemple d'environ 45° . Ceci facilite le nettoyage des ouvertures 70, 86 par l'utilisation d'un système de nettoyage comprenant, par exemple, une tige déplacée par des actionneurs hydrauliques ou pneumatiques et munie d'un embout adapté à nettoyer les parois internes des ouvertures 70, 86, la tige étant introduite par l'extrémité supérieure de l'ouverture 86 et étant déplacée dans les ouvertures 86 et 70 jusqu'à

déboucher par l'ouverture 70. A titre d'exemple, la tige de nettoyage est creuse de façon à permettre l'écoulement de gaz dans les ouvertures 86, 70 pendant une opération de nettoyage. Une opération de nettoyage peut alors être réalisée pendant le
5 fonctionnement de l'installation. Entre deux opérations de nettoyage, la tige de nettoyage peut être disposée dans un logement distinct des ouvertures 70, 86 pour ne pas perturber l'écoulement des gaz dans les ouvertures 70, 86. L'opération de nettoyage peut ainsi être avantageusement réalisée sans
10 nécessiter le démontage du système de confinement 50. L'utilisation d'ouvertures 70, 96 rectilignes permet, en outre, de limiter les pertes de charge.

Les figures 8 et 9 représentent respectivement une vue en perspective éclatée et une coupe de l'écran de protection 52.
15 Dans le présent exemple de réalisation, l'insert 56 correspond à une pièce monobloc constituée d'un matériau non conducteur de l'électricité, résistant aux contraintes thermiques et inerte chimiquement. Ceci permet d'éviter tout phénomène de couplage avec la torche à plasma 40 et une détérioration de l'insert 56
20 en raison des contraintes thermiques importantes dues au fonctionnement de la torche à plasma 40. A titre d'exemple, l'insert 56 peut être en silice, en alumine recouvert de silice, en graphite, etc. Selon une variante, l'insert 56 peut être constitué de plusieurs secteurs reliés les uns aux autres. L'insert 56
25 correspond à une pièce annulaire traversée par une ouverture 118 délimitée par une première paroi cylindrique 120, située en partie supérieure de l'insert 56, dont le diamètre est légèrement supérieur au diamètre extérieur de la buse 42 de la torche à plasma 40, la paroi cylindrique 120 se prolongeant vers
30 le bas par un épaulement 122 puis par une paroi tronconique 124 qui s'ouvre vers le bas. La buse 42 de la torche à plasma 40 s'étend dans la portion cylindrique 120, l'extrémité de la buse 42 étant positionnée au niveau de la paroi tronconique 124. L'insert 56 joue le rôle d'écran lors du fonctionnement de la
35 torche à plasma 40 et protège le déflecteur 58 contre les forts

gradients de températures. Ceci permet de privilégier d'autres propriétés pour le matériau constituant le déflecteur 58.

Dans le présent exemple de réalisation, le déflecteur 58 est constitué de deux secteurs 58A, 58B. Les secteurs 58A, 58B sont constitués d'un matériau présentant une bonne tenue mécanique dans le temps à haute température, et inerte chimiquement par rapport au matériau semiconducteur contenu dans le creuset 30. Les secteurs 58A, 58B sont, par exemple, en graphite, en matériau composite carbone-carbone ou en silice vitreuse. Lorsque les secteurs 58A, 58B sont assemblés, le déflecteur 58 a la forme d'un anneau plat 126 traversé par une ouverture 128 délimitée par une paroi cylindrique 130 se prolongeant, vers le bas, par une paroi tronconique 132 qui s'ouvre vers le bas. Un bourrelet annulaire 134 se projette depuis la plaque 126 du côté du déflecteur 58 opposé au creuset 30. Le diamètre intérieur du bourrelet 134 est légèrement supérieur au diamètre extérieur de l'insert 56. Le diamètre de la paroi cylindrique 130 est inférieur au diamètre extérieur de l'insert 56 de sorte que la paroi cylindrique 130 et le bourrelet 134 délimitent un épaulement 135. L'insert 56 repose sur l'épaulement 135, le bourrelet 134 assurant le centrage de l'insert 56. La séparation du déflecteur 58 en secteurs distincts facilite le montage du déflecteur 58. En outre, lorsque le déflecteur 58 est constitué d'un matériau électriquement conducteur, les secteurs 58A, 58B peuvent être isolés électriquement les uns des autres pour éviter l'apparition de courants dans le déflecteur 58. Le déflecteur 58 est traversé par des ouvertures 140 (une seule ouverture 140 étant représentée en figure 9) constituées chacune de deux portions cylindriques 142, 144 de diamètres différents reliées par un épaulement 146, la portion de plus grand diamètre étant orientée du côté du bain de silicium 44. Une vis 148, comprenant une tige filetée 150 et une tête 152, est disposée dans l'ouverture 140, la tige 150 étant orientée vers le haut de façon que la tête 152 soit en butée contre l'épaulement 146. La tige filetée 150 est vissée dans une

ouverture filetée prévue au niveau de la portion annulaire interne 16 du couvercle 12. Le déflecteur 58 repose donc sur les têtes 152 des vis 150.

De préférence, le matériau constituant le déflecteur 58 est peu conducteur thermiquement. Ceci facilite l'élévation de la température de la face 60 du déflecteur 58 opposée à la surface libre 46 du bain de silicium 44 lors de l'étape de purification. A titre d'exemple, lorsque le déflecteur 58 est en graphite, pour une température de bain de silicium 44 de l'ordre de 1500°C, la face 60 peut atteindre des températures de l'ordre de 1200°C à 1300°C. Lorsque le déflecteur 58 est en matériau composite, la face 60 du déflecteur 58 peut atteindre des températures plus élevées. La face 60 du déflecteur 58 étant en contact avec les composés gazeux issus de la purification du matériau semiconducteur, le fait qu'elle soit à des températures élevées permet de réduire les risques de condensation des composés gazeux sur la face 60 et rend plus difficile l'accroche de particules en suspension sur cette paroi.

Des modes de réalisation particuliers de la présente invention ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, le déflecteur 58, ou au moins une partie de celui-ci, et la couronne d'aspiration 54 peuvent correspondre à une même pièce.

REVENDICATIONS

1. Installation (10) de purification d'un matériau semiconducteur (44) comprenant au moins une enceinte contenant une atmosphère d'au moins un gaz neutre, et comprenant, dans l'enceinte :

5 un creuset (30) destiné à contenir le matériau semiconducteur à l'état fondu ;

une torche à plasma (40) destinée à éliminer des impuretés du matériau semiconducteur fondu dans le creuset ; et

un système de confinement (50) destiné à délimiter un
10 volume de confinement (69) entre le creuset et la torche à plasma, le système de confinement comprenant un système (54) d'évacuation de composés gazeux et/ou de particules issus de la purification du silicium fondu,

caractérisée en ce que le système d'évacuation comprend
15 au moins une ouverture d'aspiration (70) ayant une portion cylindrique (72) se prolongeant par une portion évasée (76) débouchant dans le volume de confinement.

2. Installation de purification selon la revendication 1, comprenant un système de nettoyage de l'ouverture d'aspiration (70) adapté à réaliser une opération de nettoyage de
20 l'ouverture pendant le fonctionnement de la torche à plasma (40).

3. Installation de purification selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle le système de confinement (50) comprend une première portion annulaire (54) à la périphérie du volume de confinement (69) comprenant une paroi latérale interne (66), la
25 portion évasée (76) débouchant au niveau de la paroi latérale interne.

4. Installation de purification selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un tube (80) creux
30 prolongeant l'ouverture (70) du côté opposé à la portion évasée (76), la longueur du tube étant supérieure au diamètre de la portion annulaire.

5. Installation de purification selon la revendication 4, dans laquelle la torche à plasma (40) est orientée selon une

première direction (D), le tube (80) étant rectiligne et s'étendant selon une seconde direction (D') inclinée par rapport à la première direction d'un angle compris entre 20° et 90°.

5 6. Installation de purification selon la revendication 3, dans laquelle l'enceinte comprend un couvercle (12), la première portion annulaire (54) ayant une face (65) du côté opposé au couvercle, l'installation comprenant des griffes (90) réparties à la périphérie externe de la première portion annulaire (54), chaque griffe étant fixée à ladite face et au couvercle.

10 7. Installation de purification selon la revendication 3, dans laquelle le système de confinement (50) comprend en outre :

une deuxième portion annulaire (56) d'un premier matériau entourant la torche à plasma (40) ; et

15 une troisième portion annulaire (58) d'un second matériau différent du premier matériau, entourant la deuxième portion annulaire et comprenant une paroi (60) destinée à être en vis-à-vis du matériau semiconducteur (44), la première portion annulaire (54) entourant la troisième portion annulaire.

20 8. Installation de purification selon la revendication 7, dans laquelle la troisième portion annulaire (58) est constituée d'au moins deux secteurs (58A, 58B) reliés l'un à l'autre.

9. Installation de purification selon la revendication 7 ou 8, dans laquelle la portion évasée (76) est tangente au
25 plan contenant la paroi (60) de la troisième portion annulaire (58).

10. Installation de purification selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans laquelle la portion évasée (76) est partout tangente à la paroi interne (66) de la première portion annulaire (54) à l'exception de la partie la plus proche
30 et de la partie la plus éloignée de la paroi (60) de la troisième portion annulaire (58).

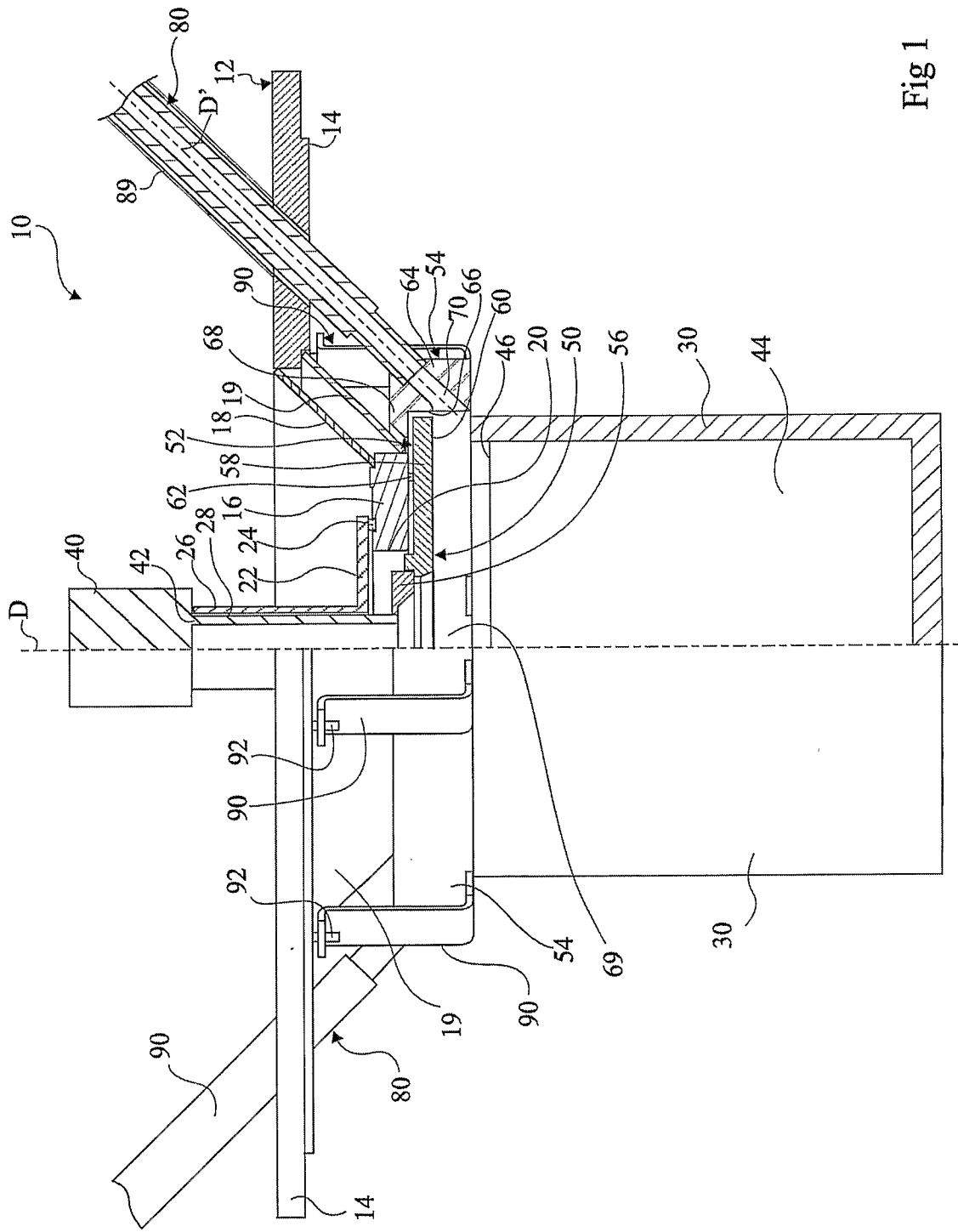
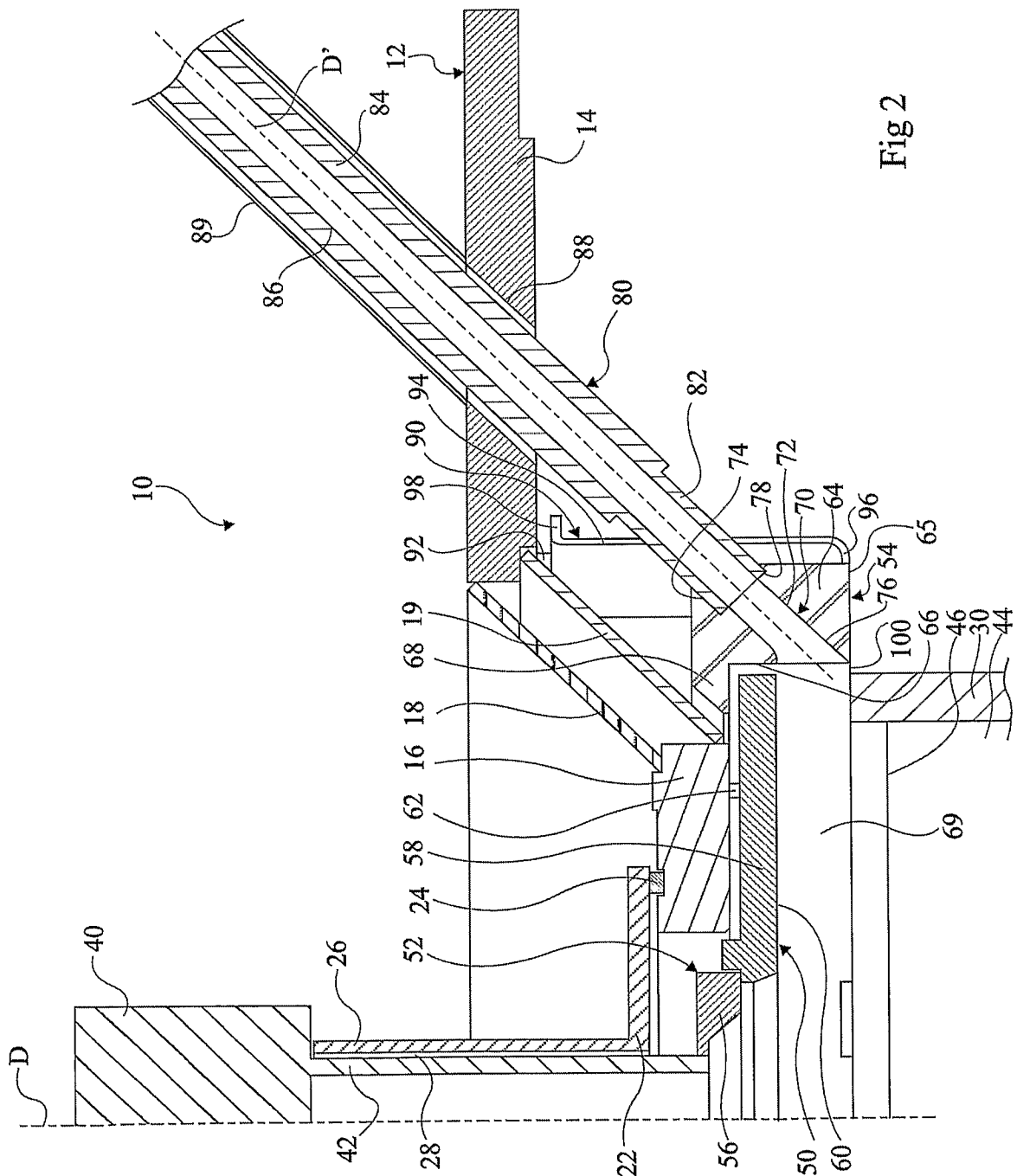


Fig 1



3/4

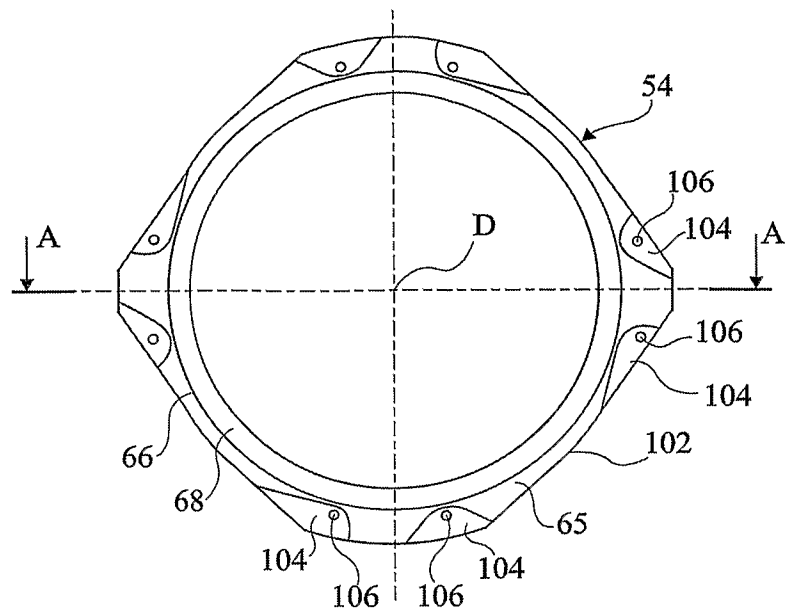


Fig 3

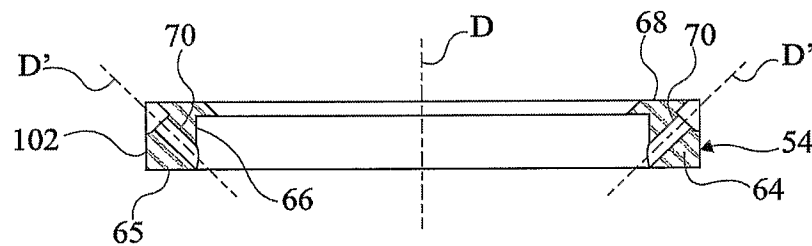


Fig 4

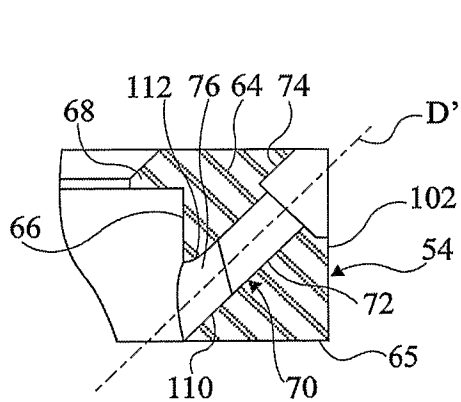


Fig 5

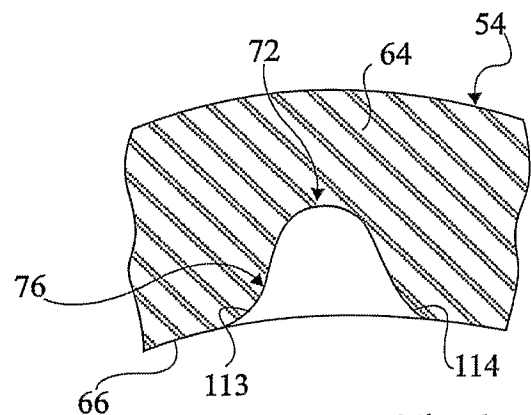


Fig 6

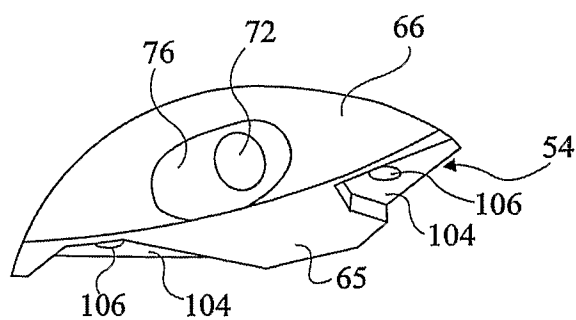


Fig 7

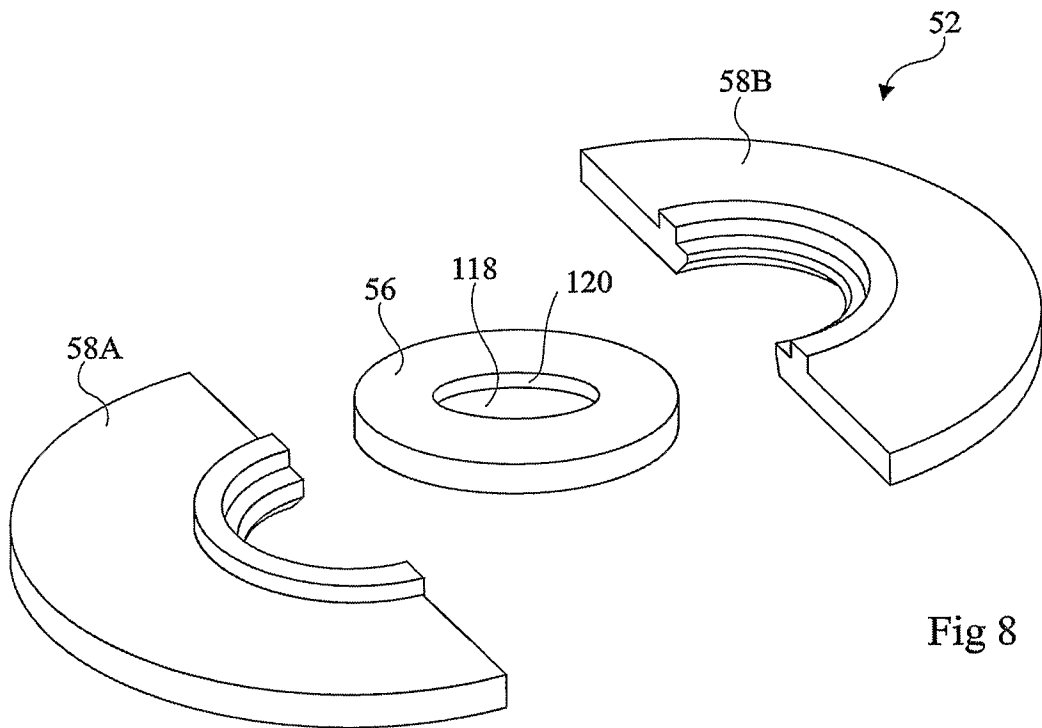


Fig 8

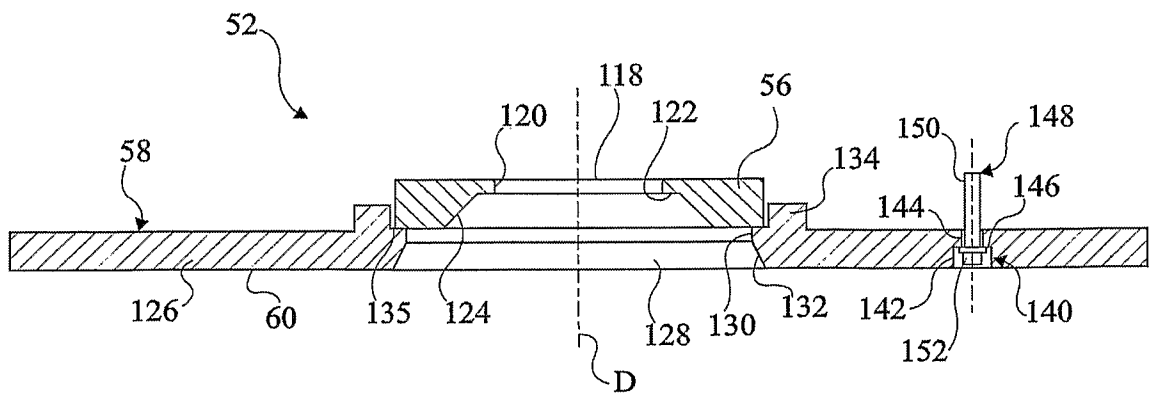


Fig 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2008/052415

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C01B33/037 C01B33/02 C30B29/06 C30B11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C01B C30B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001 019594 A (SUMITOMO SITIX OF AMAGASAKI IN) 23 January 2001 (2001-01-23) abstract; figures 1,2 -----	1-10
X	JP 2007 314403 A (SHARP KK) 6 December 2007 (2007-12-06) abstract; figures 4,5 -----	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 juin 2009

Date of mailing of the international search report

12/06/2009

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angermeier, Detlef

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2008/052415

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2001019594 A	23-01-2001	JP 3646570 B2	11-05-2005
JP 2007314403 A	06-12-2007	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2008/052415

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. C01B33/037 C01B33/02 C30B29/06 C30B11/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

C01B C30B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	JP 2001 019594 A (SUMITOMO SITIX OF AMAGASAKI IN) 23 janvier 2001 (2001-01-23) abrégé; figures 1,2	1-10
X	JP 2007 314403 A (SHARP KK) 6 décembre 2007 (2007-12-06) abrégé; figures 4,5	1-10

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 juin 2009

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/06/2009

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040.
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Angermeier, Detlef

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2008/052415

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2001019594 A	23-01-2001	JP 3646570 B2	11-05-2005
JP 2007314403 A	06-12-2007	AUCUN	