



(51) Classification internationale des brevets :
C23C 16/455 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/053457

(22) Date de dépôt international :
21 février 2014 (21.02.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1351526 21 février 2013 (21.02.2013) FR

(71) Déposant : ALTATECH SEMICONDUCTOR [FR/FR];
611 rue Aristide Berges, Zac de Pré Millet, F-38330 Mont-
bonnot Saint Martin (FR).

(72) Inventeurs : NAL, Patrice; 17 rue Servan, F-38000 Gre-
noble (FR). BOREAN, Christophe; Les Jardins du Vil-
lage, F-38660 Le Touvet (FR). VITIELLO, Julien; 49b
Rue Alfred de Vigny, F-38100 Grenoble (FR).

(74) Mandataire : REGIMBEAU; 20, rue de Chazelles, F-
75847 Paris Cedex 17 (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

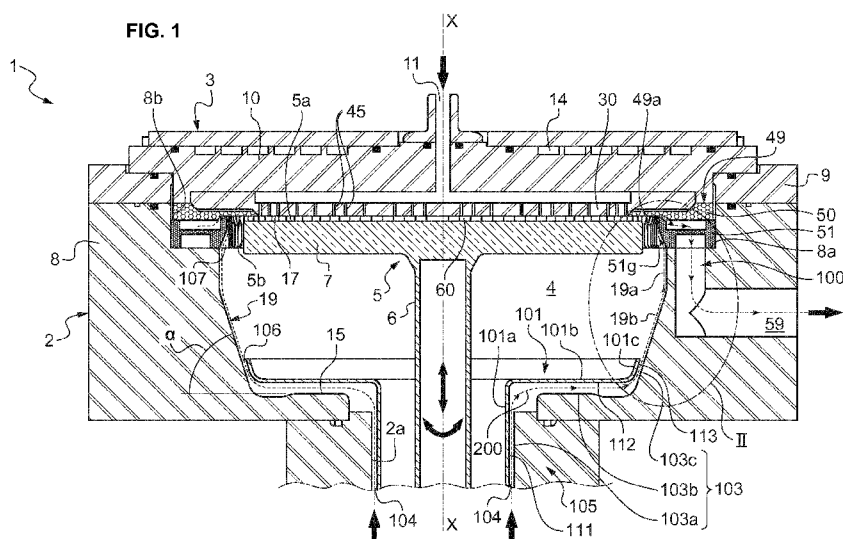
Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF DE DÉPÔT CHIMIQUE EN PHASE VAPEUR



(57) Abstract : A reactor device (1) for chemical vapour deposition comprises a reaction chamber (4) having a purge gas inlet (106). A gas discharge channel (100) is linked to said reaction chamber (4) via a circumferential opening (49a) in the inner wall (19) of said chamber. The reaction chamber (4) is arranged such that a purge gas stream (200) flows from the purge gas inlet (106) to the discharge channel (100). Said inner wall (19) of the reaction chamber comprises means for exchanging heat with the purge gas, for example fins.

(57) Abrégé : Un dispositif de réacteur (1) pour dépôt chimique en phase vapeur comprend une chambre de réaction (4) présentant une entrée (106) de gaz de purge. Un canal d'évacuation de gaz (100)

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))*

est relié à ladite chambre de réaction (4) par une ouverture circonférentielle (49a) dans une paroi intérieure (19) de ladite chambre. La chambre de réaction (4) est agencée pour qu'un flux de gaz de purge (200) circule de l'entrée (106) de gaz de purge au canal d'évacuation (100). Ladite paroi intérieure (19) de la chambre de réaction comprend des moyens d'échange thermique avec le gaz de purge, par exemple des ailettes.

Dispositif de dépôt chimique en phase vapeur

DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention relève du domaine de la fabrication de circuits intégrés ou de microsystèmes, et plus particulièrement des équipements et procédés de dépôt chimique en phase vapeur. Ces derniers sont aussi désignés dans la technique équipement et procédés "CVD", ou "Chemical Vapor Deposition", terme équivalent en anglais.

10 ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

Les circuits intégrés et les microsystèmes sont fabriqués à partir de plaquettes, ou substrats, en silicium ou autre matériau semi-conducteur, qui subissent une succession d'étapes de dépôt de couches minces de divers matériaux, de masquage et de lithographie de ces couches, puis de gravure de ces mêmes couches. Entre ces étapes de fabrication viennent s'intercaler des étapes de nettoyage des équipements ainsi que des étapes d'inspection de la qualité des produits.

Dans les dépôts chimiques, une adsorption, une chimisorption ou une réaction hétérogène se produit à la surface du substrat à recouvrir. Dans le cas d'un dépôt en phase vapeur, cette réaction se produit sur toutes les surfaces où les conditions de température, de pression et de concentration des réactifs se trouvent réunies. Il en résulte que les dépôts chimiques recouvrent uniformément la surface de motifs formés sur les substrats, même celles sensiblement verticales. Cette caractéristique est particulièrement utile dans la fabrication des circuits et des microsystèmes récents où les motifs à recouvrir peuvent présenter des facteurs de forme (rapport entre la largeur et la hauteur du motif) très élevés.

Les équipements CVD comprennent généralement une chambre de traitement dans laquelle sont logés un support de substrat et un ensemble de distribution de gaz, également connu sous le terme de douche, ou "showerhead" en langue anglaise. Ce dernier délivre des agents chimiques sous forme gazeuse, appelés également gaz de traitement, ou précurseurs, à proximité du substrat. Le support présente une face supérieure adaptée pour maintenir les substrats et une face inférieure, opposée à sa face supérieure. Le support de substrat partage l'espace intérieur de la chambre de traitement en un espace supérieur et un espace inférieur. L'espace supérieur se trouve du côté de la face supérieure du support et est délimité par des parois de la chambre de traitement. L'espace inférieur se trouve du côté de la face inférieure du support et est délimité par des parois de la chambre de traitement.

Un gaz de purge est injecté dans l'espace inférieur de la chambre de traitement pour limiter la contamination des parois de la chambre par les agents chimiques injectés par la douche dans l'espace supérieur de la chambre.

La Demanderesse a proposé l'utilisation d'un anneau d'évacuation de gaz
5 disposé autour du support. L'anneau d'évacuation des gaz permet une circulation des gaz plus homogène à l'affleurement des substrats. Ceci est décrit par exemple dans la demande de brevet français publiée sous le numéro FR 2 930 561 et déposée par la Demanderesse.

Des réactions parasites entre les gaz ou entre un gaz et une paroi peuvent
10 survenir et entraîner des dépôts solides sous forme de couches parasites en des endroits non souhaités.

Les réactions parasites peuvent provoquer le colmatage d'orifices d'un ensemble d'évacuation des gaz et notamment de l'anneau d'évacuation des gaz. Le colmatage de certains orifices perturbe la circulation des gaz et la qualité des produits s'en trouve
15 affectée.

D'autre part, l'ensemble d'évacuation des gaz une fois obstrué ne remplit plus sa fonction de manière adéquate. Les écoulements de gaz réactifs ne sont plus homogènes. Le reste de l'équipement, et notamment la chambre de réaction, est à son tour soumis aux réactions parasites à sa surface. La contamination particulière des équipements nuit à leur efficacité. Les contaminations imposent de nettoyer
20 fréquemment l'ensemble d'évacuation des gaz, l'anneau d'évacuation des gaz et le reste de la chambre, ce qui affecte la disponibilité de la chambre de traitement. Des couches de dépôts parasites sont susceptibles d'être transférées sur un substrat à traiter et donc d'affecter la qualité des dépôts de couches minces. Cela n'est pas
25 satisfaisant.

Ces dépôts parasites sont d'autant plus importants que la température est élevée. Or, le support pour les substrats est chauffé pour que les substrats atteignent la température nécessaire aux réactions désirées. Afin de limiter les phénomènes de condensation des gaz réactifs au contact du système de distribution, celui-ci est
30 chauffé. Le reste des dispositifs a donc tendance à être chauffé également.

Dans des conditions dites de haute température, typiquement comprise entre 600 et 800°C, ces dépôts obligent à des nettoyages encore plus fréquents et une maintenance qui rendent les appareils pratiquement inutilisables industriellement dans ces domaines.

35

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

L'invention vient améliorer la situation.

A cet effet, il est proposé un dispositif de réacteur pour dépôt chimique en phase vapeur du type comprenant :

- une chambre de réaction présentant une entrée de gaz de purge,
- 5 - un canal d'évacuation de gaz relié à ladite chambre de réaction par une ouverture circonférentielle dans une paroi intérieure de ladite chambre, la chambre de réaction étant agencée pour qu'un flux de gaz de purge circule de l'entrée de gaz de purge au canal d'évacuation.

10 Conformément à l'invention, ladite paroi intérieure de la chambre de réaction comprend des moyens d'échange thermique avec le gaz de purge.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend un plateau de support de substrat présentant une surface périphérique, le plateau étant disposé dans la chambre de réaction de sorte qu'une partie au moins de la surface périphérique du plateau soit en regard desdits moyens d'échange thermique.

15 Par ailleurs, la chambre de réaction présente typiquement au moins une arrivée de gaz réactif en regard d'une surface principale du plateau destinée à recevoir un substrat, un flux de gaz réactif circulant dans la chambre de réaction depuis l'arrivée de gaz réactif jusqu'au canal d'évacuation.

20 Selon une forme d'exécution de l'invention, lesdits moyens d'échange thermique comprennent une pluralité d'ailettes faisant saillie de la paroi intérieure dans la chambre de réaction, lesdites ailettes étant agencées de sorte à guider le flux de gaz de purge vers l'ouverture circonférentielle.

De manière avantageuse, lesdites ailettes sont réparties de manière régulière sur la paroi intérieure de la chambre de réaction.

25 Selon un mode de réalisation, lesdites ailettes sont réparties de manière régulière autour du plateau de support de substrat.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend un corps délimitant au moins une partie de la chambre de réaction et au moins une pièce rapportée dans le corps, les ailettes étant ménagées dans ladite pièce rapportée.

30 De manière particulièrement avantageuse, ladite pièce rapportée est un anneau d'évacuation des gaz comprenant une paroi extérieure et une paroi intérieure définissant une partie de la paroi intérieure de la chambre de réaction, ladite paroi extérieure étant reliée à la paroi intérieure par une paroi de liaison agencée de sorte à former deux canaux annulaires s'étendant de part et d'autre de ladite paroi de liaison et
35 entre les parois intérieure et extérieure, ladite paroi de liaison comprenant des trous

pour mettre en liaison fluide lesdits canaux, ledit anneau étant caractérisé en ce que la paroi intérieure comprend ladite pluralité d'ailettes.

De préférence, les ailettes dépassent de la paroi d'au moins 1 millimètre.

5 Selon un mode de réalisation, les ailettes présentent chacune un profil rectangulaire.

Selon un mode de réalisation, la distance séparant deux ailettes adjacentes l'une de l'autre est égale à l'épaisseur de l'une au moins de ces ailettes.

10 Le dispositif comprend typiquement en outre un support de substrat présentant une surface périphérique, le support de substrat étant disposé dans la chambre de réaction de manière à former un passage annulaire entre la surface périphérique du support de substrat et la paroi de la chambre de réaction, l'entrée de gaz de purge présentant une forme annulaire et étant délimitée entre la paroi latérale de la chambre de réaction et une paroi d'une pièce additionnelle agencée dans la chambre de réaction.

15 Un autre objet de l'invention concerne un anneau d'évacuation des gaz pour un dispositif de réacteur pour dépôt chimique en phase vapeur comprenant une chambre de réaction présentant une entrée de gaz de purge, un canal d'évacuation des gaz relié à ladite chambre par une ouverture circonférentielle délimitée au moins en partie par une paroi intérieure dudit anneau, ledit anneau comprenant une paroi extérieure
20 reliée à la paroi intérieure par une paroi de liaison agencée de sorte à former deux canaux annulaires s'étendant de part et d'autre de ladite paroi de liaison et entre les parois intérieure et extérieure, ladite paroi de liaison comprenant des trous pour mettre en liaison fluide lesdits canaux, ledit anneau étant caractérisé en ce que la paroi intérieure comprend une pluralité d'ailettes.

25

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 montre une vue en coupe axiale d'un réacteur selon l'invention ;
- 30 - la figure 2 montre une vue du détail II de la figure 1 ;
- la figure 3 montre une vue en perspective d'une partie d'un anneau d'évacuation de gaz du réacteur des figures 1 et 2 ;
- la figure 4 montre une vue en perspective d'une partie d'un anneau d'évacuation de gaz complémentaire de celle de la figure 3 ; et
- 35 - la figure 5 montre une partie en coupe axiale de l'anneau d'évacuation formé par l'assemblage des parties des figures 3 et 4.

Les dessins annexés comprennent des éléments de caractère certain. Ils pourront donc, non seulement servir à compléter l'invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

5 DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

Les figures montrent un dispositif de traitement, ou réacteur référencé 1 dans son ensemble. De manière générale, le dispositif de traitement 1 présente une symétrie de révolution selon un axe central XX. Ceci favorise l'homogénéité des réactions chimiques et facilite la fabrication. Cette symétrie peut présenter quelques exceptions. Sur les dessins, cet axe est vertical, ce qui correspond à la disposition habituelle du dispositif en fonctionnement. Dans la suite, les termes haut, bas, horizontal et vertical sont utilisés conformément à la représentation en figures 1, 2 et 5. Le réacteur 1 est à pression et température contrôlées. Le réacteur 1 comprend un corps creux 2 et un couvercle 3 fermant le corps 2 pour former une chambre de réaction 4. La chambre de réaction 4 peut aussi être appelée enceinte. La chambre 4 loge un support 5, ou susceptible, pour des substrats. Le réacteur 1 est conçu pour permettre l'injection dans la chambre 4 d'au moins un gaz réactif depuis une partie supérieure de la chambre 4 et celle d'un gaz de purge depuis une partie basse de la chambre 4. La chambre de réaction 4 délimite un environnement de réaction et ses parois guident les flux de gaz en présence pour favoriser les réactions seulement en certaines zones d'une part et pour évacuer les gaz mélangés d'autre part.

La chambre 4 est délimitée par une paroi intérieure inférieure 15, une paroi intérieure supérieure 17 et une paroi intérieure latérale 19 qui relie la paroi inférieure 15 à la paroi supérieure 17. Ici, la paroi inférieure 15 et la paroi supérieure 17 présentent chacune une forme générale de disque, tandis que la paroi latérale 19 présente une forme générale de révolution et relie le bord périphérique de la paroi inférieure 15 à la périphérie de la paroi supérieure 17. Dans l'exemple des figures 1 et 2, la paroi inférieure 15 présente un diamètre inférieur à celui de la paroi supérieure 17. En conséquence, la paroi latérale 19 comprend une portion haute 19a sensiblement cylindrique et une portion basse 19b sensiblement tronconique reliées l'une à l'autre. La portion basse 19b s'évase en direction de la paroi supérieure 17.

La paroi latérale 19 est reliée à la paroi supérieure 15 et à la paroi inférieure 17 par des congés de raccordement.

Le support 5 comprend ici un plateau 7 et un pied 6 allongé. Le plateau 7 présente une face principale inférieure fixée à une extrémité supérieure du pied 6. Dans l'exemple décrit ici, le pied 6 et le plateau 7 du support 5 sont venus de matière. Le

5 pied 6 traverse une ouverture 2a du corps 2 au travers de la paroi inférieure 15. Le support 5 est monté mobile en translation par rapport à la chambre 4. Le support 5 peut être déplacé entre une position haute, dite de travail, dans laquelle le plateau 7 est proche de la paroi supérieure 17 et une position basse, dite de chargement, dans laquelle le plateau 7 est éloigné de la paroi supérieure 17. Sur les figures 1 et 2, le support 5 se trouve en position de travail. Dans cette position, le plateau 7 est à une distance verticale de la paroi supérieure 17, inférieure à 20 millimètres et de préférence supérieure à 5 millimètres.

10 Le plateau 7 peut être monté à rotation par rapport à la chambre 4 et tourner selon l'axe vertical XX du pied 6. La vitesse de rotation est fonction de la vitesse recherchée d'écoulement des gaz sur le support 5, de la taille du substrat, et de la vitesse de dépôt requise/souhaitée.

15 Le plateau 7 présente une face principale supérieure 5a opposée à la face inférieure et destinée à supporter un ou plusieurs substrats à traiter. La face principale supérieure 5a est disposée en regard de la paroi supérieure 17. Le plateau 7 présente une surface périphérique 5b qui relie la face principale 5a à la face inférieure. La surface périphérique 5b s'étend sensiblement au droit de la face principale supérieure 5a et sur l'épaisseur du plateau 7.

20 Le support 5 peut être muni d'un organe de régulation thermique, non représenté, par exemple du type décrit dans la demande de brevet publiée sous le numéro EP 0 619 381 déposée par Applied materials Inc. le 31 mars 1994. L'organe de régulation thermique est sélectivement utilisé pour chauffer et/ou refroidir. L'organe de régulation thermique est utilisé ici pour ajuster la température des substrats en fonction des réactions chimiques voulues.

25 En position de travail, la distance séparant la paroi supérieure 17 de la face principale supérieure 5a est faible. Ceci limite l'effet d'un gradient de convection vertical, dû à un écart de température entre la paroi supérieure 17 et la face principale 5a.

30 La surface périphérique 5b et la portion de la paroi latérale 19 correspondante, la portion haute 19a en position de travail, présentent une symétrie de révolution. En position de travail, la surface périphérique 5b et la portion de la paroi latérale 19 correspondante sont concentriques et en vis-à-vis l'une de l'autre. En variante, la paroi latérale 19 et la surface périphérique 5b peuvent suivre une périphérie de forme autre que circulaire, par exemple carrée, rectangulaire, ou encore ovale.

35 Le plateau 7 présente une forme générale de disque. Le support 5 et en particulier le plateau 7 est réalisé en un matériau thermiquement conducteur

supportant des températures supérieures à 800°C. Les matériaux utilisés permettent de maintenir l'intégrité du support 5 dans des ambiances hautement réductrices comme c'est le cas en présence de dihydrogène et d'ammoniac. Le support 5 est réalisé en un matériau qui présente en outre une faible inertie thermique pour lui
5 permettre de rapidement monter et descendre en température durant les différentes phases d'utilisation

Le support 5 est, ici, réalisé en nitrure d'aluminium (AlN). En variante, il peut être réalisé en graphite et revêtu d'une couche de carbure de silicium, en sorte que le support 5 présente une résistance accrue aux environnements chimiques.

10 Dans une variante non représentée, un fluide caloporteur est mis en circulation dans des conduits ménagés à cet effet dans le corps 2.

Le refroidissement des parois inférieure 15 et latérale 19 délimitant la chambre 4 réduit les dépôts parasites de surface. Le temps nécessaire au nettoyage de la chambre 4 s'en trouve réduit, augmentant ainsi la productivité du réacteur 1.

15 Après avoir posé un substrat sur le support 5, on ferme le couvercle 3 de manière étanche. En variante, l'introduction et le retrait des substrats sur le support 5 peuvent être réalisés via une chambre de transfert sous vide, éventuellement munie d'un robot.

Le couvercle 3 comprend une partie principale 10, dans laquelle sont ménagées
20 une première entrée de gaz 11 formant une source de gaz réactif pour le réacteur 1 et des moyens de régulation thermique dudit gaz. Le couvercle 3 comprend une partie externe 9 reposant sur le corps 2 et supportant la partie principale 10. La partie externe 9 du couvercle 3 présente une forme générale de couronne reposant sur une surface supérieure d'une partie principale 8 en partie haute du corps 2. Le couvercle 3
25 comprend un disque d'injection 30 formant partie au moins de la paroi supérieure 17 de la chambre 4 et fixé à la partie principale 10, par exemple par vissage. Le disque d'injection 30 loge en outre une partie d'un système d'injection de gaz réactif provenant de la première entrée 11.

La partie principale 8 du corps 2 est réalisée en un alliage métallique. De
30 manière générale, la plupart des composants logés au moins partiellement à l'intérieur de la chambre 4 peuvent être réalisés en aluminium ou en un alliage d'aluminium présentant peu de dégazage à haute température.

La partie principale 10 du couvercle 3 prend une forme générale de disque. La partie principale 10 peut être réalisée en alliage léger, ici de l'aluminium. La partie
35 principale 10 est conductrice thermiquement et percée d'un trou central reliant

fluidiquement la première entrée de gaz 11 du réacteur 1 au système d'injection de gaz réactif du disque d'injection 30.

Le système d'injection de gaz réactif logé dans le disque d'injection 30 comprend des moyens de régulation thermique du gaz réactif. Les moyens de régulation thermique du gaz réactif comprennent ici un élément de chauffage 14 qui inclut une pièce annulaire renfermant un fluide caloporteur mis en circulation dans un circuit de refroidissement/chauffage. Un tel système d'injection de gaz et un tel système de régulation thermique sont par exemple décrits dans la demande de brevet français publiée sous le numéro FR 2 930 561 et déposée le 28 avril 2008 au nom de la Demanderesse.

Le disque d'injection 30 est maintenu axialement entre une surface inférieure de la partie principale 10 du couvercle 3 et un anneau d'évacuation des gaz 49 du réacteur 1. Le disque d'injection 30 forme une grande partie, centrale, de la paroi supérieure 17 de la chambre 4. L'espace séparant le disque d'injection 30 du support de substrat 5 peut être vu comme un espace de travail 60 s'étendant entre la surface supérieure principale 5a du support 5 et la paroi supérieure 17 de la chambre 4. L'espace de travail 60 est le lieu de réaction souhaité entre le gaz réactif et les substrats et/ou entre les gaz réactifs.

Le disque d'injection 30 loge des canaux 45 mettant en communication fluidique le trou central de la partie principale 10 et la chambre 4. Les canaux 45 s'étendent au travers du disque d'injection 30 sensiblement verticalement. Les canaux 45 débouchent en la paroi supérieure 17, dans l'espace de travail 60 de la chambre 4. Les canaux 45 sont répartis régulièrement dans le disque d'injection 30 tandis que leurs embouchures sont réparties régulièrement en la surface de la chambre 4 portée par la paroi supérieure 17. L'entrée 11 du couvercle 3, le trou central de la partie principale 10 et les canaux 45 du disque d'injection 30 forment ensemble, de l'amont vers l'aval, une alimentation en gaz réactif pour la chambre 4.

Dans le mode de réalisation décrit ici, une alimentation en gaz supplémentaire, pour un second gaz réactif, est prévue. Le disque d'injection 30 est pourvu d'une pluralité de canaux supplémentaires formant une partie de l'alimentation en gaz réactif supplémentaire. Les canaux supplémentaires débouchent dans l'espace de travail 60 de la chambre 4 entre la surface principale supérieure 5a et la paroi supérieure 17. Les canaux supplémentaires sont alimentés depuis une seconde entrée de gaz du réacteur 1 sensiblement similaire et distincte de la première entrée 11. L'alimentation en gaz supplémentaire n'est pas représentée.

L'élément chauffant 14 permet de maintenir le ou les gaz de réaction, en amont de la chambre 4, à une température à laquelle ces derniers sont stables chimiquement, par exemple une température supérieure à leur température de rosée pour éviter les phénomènes de condensation. Par ailleurs, le disque d'injection 30 peut être réalisé en un matériau à haute conductivité thermique, par exemple à base d'alliage léger d'aluminium (Al), ce qui permet de réguler la température du disque d'injection 30 par contact avec la partie principale 10 du couvercle 3 et conduction thermique. La température du disque d'injection 30 est choisie pour limiter les réactions parasites des réactifs gazeux à l'affleurement du disque d'injection 30.

Le gaz réactif pénètre dans le réacteur 1 par l'entrée 11 du couvercle 3. En aval de l'entrée 11, le gaz réactif pénètre dans la chambre de réaction 4 par les embouchures des canaux 45. Les canaux 45 forment une arrivée de gaz réactif dans la chambre de réaction 4.

Un anneau d'évacuation des gaz 49 est monté sur une surface annulaire 8a de la partie principale 8 du corps 2 sensiblement horizontale et est entouré d'une surface cylindrique 8b du corps 2 formant un alésage. L'anneau 49 est, dans l'exemple décrit ici, une pièce rapportée dans le corps 2. En variante, l'anneau 49 peut être solidaire, voire monobloc, du corps 2. L'anneau d'évacuation des gaz 49 peut également être en contact avec une partie périphérique d'une surface inférieure du disque d'injection 30.

Dans la position de travail représentée en figure 2, l'anneau 49 entoure l'espace de travail 60. L'anneau 49 est aussi disposé au moins partiellement autour du plateau 7 du support 5. Comme cela est visible en figures 1 et 2, une partie de l'anneau 49 forme une partie de la paroi latérale 19, et une autre partie de l'anneau 49 forme une partie de la paroi supérieure 17. La conformation mutuelle de l'anneau 49 et du support 5 est telle que, dans une position de travail, le support 5 est disposé en partie dans l'anneau 49 et un passage 107 est formé entre la surface périphérique 5b du support 5 et une partie de la paroi latérale 19 appartenant ici à l'anneau 49. Le passage 107 prend ici la forme d'un canal annulaire périphérique en partie haute de la chambre 4. La distance horizontale entre la paroi latérale 19 et le support 5, c'est-à-dire ici entre l'anneau 49 et la surface périphérique 5b, est ici comprise entre 10 et 30 millimètres.

Les canaux 45 d'injection de gaz de la paroi supérieure 17, la surface principale supérieure 5a et l'anneau d'évacuation des gaz 49 sont disposés de façon qu'un flux de gaz réactif s'écoule depuis les canaux d'injection 45 jusqu'à l'anneau d'évacuation des gaz 49 en passant par l'espace de travail 60. Les gaz réactifs sont introduits par l'entrée 11 du réacteur 1, au travers du disque d'injection 30, et s'écoulent dans l'espace de travail 60 à l'affleurement de la surface principale supérieure 5a. Les

précurseurs non consommés poursuivent leur trajet vers l'anneau 49 selon des directions sensiblement radiales du centre vers la périphérie du plateau 7 du support 5.

Dans l'exemple décrit ici, l'anneau 49 prend la forme d'un assemblage de plusieurs pièces. L'anneau 49 comprend une partie supérieure 50 représentée isolée sur la figure 4 et une partie inférieure 51 isolée sur la figure 3. Les sections longitudinales selon un demi-plan comprenant l'axe de révolution de la partie supérieure 50 et de la partie inférieure 51 dans un état assemblé sont visibles en figure 5.

La partie supérieure 50 prend la forme d'une pièce annulaire de section sensiblement régulière sur sa circonférence. La partie supérieure 50 comprend une surface inférieure (non visible sur la figure 4). La surface inférieure inclut, ici, une surface inférieure radialement extérieure 50a et une surface inférieure radialement intérieure 50b reliées entre elles par une surface inférieure tronconique 50c. La surface inférieure radialement extérieure 50a et la surface inférieure radialement intérieure 50b sont généralement planes et parallèles entre elles. La surface inférieure radialement intérieure 50b est décalée vers le haut, c'est-à-dire vers le disque d'injection 30 à l'état monté, par rapport à la surface inférieure radialement extérieure 50a de sorte que la surface inférieure tronconique 50c soit orientée vers le centre de la chambre 4.

La partie supérieure 50 comprend une surface supérieure. La surface supérieure inclut ici une surface supérieure radialement extérieure 50d et une surface supérieure radialement intérieure 50e reliées entre elles par une surface supérieure tronconique 50f. La surface supérieure radialement extérieure 50d et la surface supérieure radialement intérieure 50e sont planes et parallèles entre elles. La surface supérieure radialement intérieure 50e est décalée vers le bas, c'est-à-dire vers la partie inférieure 51 à l'état assemblé par rapport à la surface supérieure radialement extérieure 50d de sorte que la surface supérieure tronconique 50f est orientée vers le centre du disque d'injection 30.

L'épaisseur de la partie supérieure 50 selon la direction verticale est plus élevée au droit de la surface supérieure radialement extérieure 50d qu'au droit de la surface supérieure radialement intérieure 50e. La partie supérieure 50 comprend également une surface extérieure 50g sensiblement cylindrique en correspondance de forme avec l'alésage 8b du corps 2 et une surface intérieure 50h de faible dimension axiale, ici légèrement tronconique. La surface extérieure 50g s'ajuste à l'alésage 8b du corps 2 pour pouvoir y être insérée. La surface supérieure radialement intérieure 50e, la surface supérieure tronconique 50f et la surface intérieure 50h sont en correspondance de forme avec la périphérie du disque d'injection 30. Les formes et dimensions de

l'anneau 49 permettent un ajustement de celui-ci à la fois avec le disque d'injection 30 et dans l'alésage 8b. La surface supérieure radialement extérieure 50d est en contact avec une surface inférieure de la partie principale 10. À l'état monté de l'anneau 49 dans le corps 2, la surface inférieure intérieure 50b et la surface inférieure du disque d'injection 30 sont sensiblement alignées et quasi-continues. Une portion interne de la partie supérieure 50 portant la surface inférieure radialement intérieure 50b forme une partie, périphérique, de la paroi supérieure 17. La portion interne de la partie intérieure 50 et le disque d'injection 30 forment ensemble une partie au moins de la paroi supérieure 17 de la chambre 4.

La partie supérieure 50 sert d'entretoise entre la partie principale 10 du couvercle 3 et la partie inférieure 51 de l'anneau 49. La partie supérieure 50 de l'anneau d'évacuation de gaz 49 est réalisée en un matériau supportant des variations rapides de températures sans détérioration, par exemple ici de l'aluminium.

Comme cela est mieux visible en figure 5, la partie inférieure 51 présente une forme générale annulaire à section transversale en forme de "H". La partie inférieure 51 comprend une paroi extérieure 51a, une paroi intérieure 51b et une paroi de liaison 51c reliant la paroi extérieure 51a à la paroi intérieure 51b. La paroi extérieure 51a et la paroi intérieure 51b sont de forme générale cylindrique. La paroi intérieure 51b présente une hauteur strictement inférieure à la distance verticale séparant la surface inférieure radialement intérieure 50b de la partie supérieure 50 et la surface annulaire 8a du corps 2 à l'état assemblé. Ainsi, une ouverture ou un interstice 49a circonférentiel est formé entre la partie supérieure 50 et la paroi intérieure 51b de la partie inférieure 51. Dans la variante où l'anneau 49 est réalisé d'une seule pièce au lieu d'un assemblage de pièces, l'interstice 49a est alors ménagé dans ladite pièce.

La paroi de liaison 51c est disposée entre un tiers et deux tiers de la hauteur de la paroi extérieure 51a, par exemple ici sensiblement à la moitié de celle-ci. À l'état installé, la paroi extérieure 51a et la paroi intérieure 51b sont sensiblement verticales tandis que la paroi de liaison 51c est sensiblement horizontale. Lorsque l'anneau 49 est disposé dans le corps 2, la paroi intérieure 51b forme une partie de la paroi latérale 19.

Un canal annulaire inférieur 54 est formé entre la paroi intérieure 51a, la paroi extérieure 51b, la paroi de liaison 51c et la surface annulaire 8a du corps 2. Un canal annulaire supérieur 52 est formé entre la paroi extérieure 51a, la paroi intérieure 51b, la paroi de liaison 51c et la surface inférieure radialement extérieure 50a de la partie supérieure 50, cf. figure 5. La paroi de liaison 51c est percée d'une pluralité de trous de communication 53. Les trous 53 mettent en communication le canal supérieur 52 et le

canal inférieur 54. Le canal inférieur 54 est en communication avec un canal de pompage 59 ménagé dans le corps 8 et une sortie d'évacuation de gaz du réacteur 1. Les trous 53 et le canal de pompage 59 sont des exceptions à la symétrie de révolution du réacteur 1.

5 L'ensemble comprenant, de l'amont vers l'aval, le canal supérieur 52, les trous 53, le canal inférieur 54 et le canal de pompage 59 forme un canal d'évacuation de gaz 100. L'interstice 49a appartient à la fois à la chambre de réaction 4 et au canal d'évacuation de gaz 100. L'interstice 49a forme alors une sortie de gaz de la chambre 4 et une entrée de gaz pour le canal d'évacuation des gaz 100.

10 L'interstice 49a forme un espace circonférentiel dans l'anneau d'évacuation des gaz 49 s'ouvrant autour de l'espace de travail 60. L'interstice 49a met en communication fluïdique la chambre 4 du côté intérieur de la paroi intérieure 51b et le canal d'évacuation des gaz 100. L'ouverture circonférentielle 49a ménagée dans la paroi latérale 19 relie fluïdiquement le passage 107 au canal supérieur 52 pour évacuer
15 des gaz depuis la chambre de réaction 4 vers l'extérieur du réacteur 1.

La surface supérieure de la paroi intérieure 51b comprend des plots 51d en saillie vers la partie supérieure 50, cf. figure 3. Les plots 51d ont une hauteur sensiblement égale à la hauteur de l'interstice 49a. Les plots 51d sont en contact avec la surface inférieure radialement intérieure 50b de la partie supérieure 50. Dans un état
20 assemblé, les plots 51d de la partie inférieure 51 forment des portions d'appui de la partie supérieure 50 de l'anneau 49. Les plots 51d maintiennent la partie supérieure 50 et la partie inférieure 51 à distance l'une de l'autre pour former l'interstice 49a. Les plots 51d sont régulièrement répartis sur la circonférence et forment des interruptions de l'interstice 49a sur de faibles portions angulaires par rapport à la circonférence
25 totale de l'anneau 49. Les plots 51d forment des exceptions à la symétrie de révolution de l'anneau 49. Bien que l'interstice 49a soit formé d'une succession de parties ouvertes et de plots 51d, l'interstice 49a est considéré comme continu du point de vue de la circulation des gaz.

Une ouverture angulaire de l'interstice 49a sur la circonférence totale ou presque
30 de l'anneau 49 permet une évacuation avec aspiration de gaz homogène et à écoulement laminaire dans la gamme de débit envisagée. Il peut être mis en œuvre, par exemple, un débit inférieur à 10 slm sous une pression comprise entre 200 et 300 Torr, soit 10 litres par minute sous condition de température standard (environ 20°C) et sous 266 à 400 hPa.

35 Les gaz réactifs proviennent des canaux 45 et sont évacués par l'interstice 49a disposé à la périphérie de l'espace de travail 60 de la chambre 4 et à proximité au-

dessus du passage 107. Cela permet de régulariser les lignes d'écoulement de fluide dans la chambre 4. En fonctionnement, un flux de gaz réactif circule dans l'espace de travail 60 de la chambre 4, des canaux 45 à l'interstice 49a. L'interstice 49a entre la partie supérieure 50 et la partie inférieure 51 de l'anneau 49 présente une hauteur maximale comprise entre 0,5 et 2 millimètres.

La paroi intérieure 51b, dont la surface intérieure définit en partie la chambre 4, forme une partie de la paroi latérale 19 et définit ici le passage 107. La paroi intérieure 51b porte ici du côté intérieur une surface cylindrique supérieure 51e au-dessus de la paroi de liaison 51c et une surface tronconique inférieure 51f, dans la continuité de la surface cylindrique 51e, sous la paroi de liaison 51c, et orientée vers le centre de la chambre 4. En variante, la surface intérieure de l'anneau 49 peut comprendre une surface tronconique inférieure et une surface tronconique supérieure. L'angle d'inclinaison de la surface tronconique inférieure est supérieur à celui de la surface tronconique supérieure.

Le réacteur 1 comprend une pièce additionnelle 101. La pièce additionnelle 101 prend la forme générale d'une pièce de révolution ou de pièce tubulaire au diamètre variant selon un axe de révolution.

Successivement et du bas vers le haut à l'état monté dans la chambre 4, la pièce additionnelle 101 comprend une portion cylindrique 101a, une portion d'épaulement 101b et une portion tronconique 101c. La pièce additionnelle présente une première paroi comprenant des surfaces 111, 112, 113 respectives des portions 101a, 101b, 101c agencées en vis-à-vis de la paroi inférieure 15 et de la portion basse 19b de la paroi latérale de la chambre de réaction. Ladite première paroi de la pièce additionnelle 101 présente des formes et des dimensions correspondant aux formes et aux dimensions d'une partie inférieure de la chambre 4 et de l'ouverture 2a du corps 2. La pièce additionnelle 101 est disposée en partie dans la chambre 4 et en partie dans l'ouverture 2a, sous le support de substrat 5 et à distance de l'anneau 49 d'évacuation des gaz. En position de travail, le plateau 7 est à distance de la pièce additionnelle 101. La position de la pièce additionnelle 101 est, ici, la même en position de travail qu'en position de chargement.

Le diamètre extérieur de la portion cylindrique 101a est strictement inférieur au diamètre intérieur de l'alésage de l'ouverture 2a du corps 2 de sorte que la portion cylindrique 101a puisse être insérée dans l'ouverture 2a, sans contact avec la surface de l'ouverture 2a. La portion cylindrique 101a est alignée et centrée dans l'ouverture 2a. Le pied 6 du support 5 est disposé à l'intérieur du cylindre formé par la portion cylindrique 101a. Un espace annulaire est préservé entre la surface extérieure de la

portion cylindrique 101a et l'alésage de l'ouverture 2a. La portion cylindrique 101a est fixée par son extrémité inférieure au reste de la chambre 4 (non représenté sur les figures). La portion cylindrique 101a est ici une portion de fixation de la pièce rapportée dans la chambre de réaction 4.

5 La portion d'épaulement 101b prend la forme d'une couronne s'étendant sensiblement perpendiculairement et vers l'extérieur de la portion cylindrique 101a. La portion d'épaulement 101b est reliée solidairement à l'extrémité haute de la portion cylindrique 101a. La portion d'épaulement 101b forme une paroi radiale plane et d'épaisseur sensiblement égale à celle de la paroi de la portion cylindrique 101a. Le
10 diamètre intérieur de la portion d'épaulement 101b correspond au diamètre de la portion cylindrique 101a. Le diamètre extérieur de la portion d'épaulement 101b est strictement inférieur au diamètre de la paroi inférieure 15 de la chambre 4. La portion d'épaulement 101b est disposée sensiblement parallèle et au-dessus de la paroi inférieure 15 de la chambre 4. La portion d'épaulement 101b est sans contact avec la
15 paroi inférieure 15. Un espace est préservé entre la paroi inférieure 15 de la chambre 4 et la surface 112 de la première paroi dans la portion d'épaulement 101b.

 La portion tronconique 101c s'étend vers le haut en s'éloignant de l'axe de révolution depuis la périphérie de la portion d'épaulement 101b. La portion tronconique 101c est reliée à la portion d'épaulement 101b. La portion tronconique 101c est
20 d'épaisseur sensiblement égale à celle de la portion cylindrique 101a et de la portion d'épaulement 101b. La conicité de la portion cylindrique 101a est sensiblement égale à celle de la portion basse 19b de la paroi latérale 19. Une partie au moins de la portion basse 19b est en vis-à-vis de la surface 113 de la première paroi dans la portion tronconique 101c, cette partie formant une seconde portion de la paroi latérale 19. Le
25 rayon extérieur de la portion tronconique 101c augmente de manière homogène selon une progression verticale dirigée vers le haut, de sorte que la paroi de la portion tronconique 101c soit droite sur une vue en coupe telle que sur les figures 1 et 2. Le rayon extérieur de chaque section de la portion tronconique 101c est strictement inférieur au diamètre intérieur de la section de la seconde portion de la paroi latérale
30 19 qui est en vis-à-vis. La portion tronconique 101c est disposée concentriquement à la paroi latérale 19 de la chambre 4. La portion tronconique 101c est sans contact avec la paroi latérale 19. Un espace est préservé entre la paroi latérale 19 de la chambre 4 et la surface 113 de la première paroi dans la portion tronconique 101c. La portion tronconique 101c s'étend sur une hauteur, dans la direction verticale, de préférence
35 supérieure à 10 millimètres, par exemple ici 15 millimètres. La position et la hauteur de

la portion tronconique 101c sont telles que la pièce additionnelle 101 n'entrave pas la descente du plateau 7 pour atteindre une position de chargement.

Dans l'exemple décrit ici, le support 5 et la pièce additionnelle 101 sont mutuellement conformés et agencés de manière que le support 5 puisse être translaté
5 dans la chambre 4 vers une position où il est entouré par la paroi additionnelle 101, par exemple en position de chargement. Le diamètre de la surface périphérique 5b est inférieur au diamètre intérieur d'une partie au moins de la portion tronconique 101c. La pièce additionnelle 101 présente une deuxième paroi opposée à la première paroi et orientée vers le support 5, ladite deuxième paroi présentant une forme concave
10 formant un logement de la surface périphérique 5b dans la position de chargement du support 5.

La pièce additionnelle 101 est disposée dans une partie basse de la chambre 4, les espaces annulaires entre la première paroi de la pièce additionnelle 101 formée des surfaces 111, 112, 113 et les surfaces de la chambre 4 formant des tronçons d'un
15 canal 103 de forme annulaire. Un premier tronçon 103a défini entre la portion cylindrique 101a et l'alésage 2a est de forme sensiblement cylindrique. Un second tronçon 103b défini entre la portion d'épaule 101b et la paroi inférieure 15 est de forme sensiblement en couronne. Un troisième tronçon 103c défini entre la portion tronconique 101c et la seconde portion de la paroi latérale 19 est de forme
20 sensiblement tronconique. La forme et les dimensions de la pièce additionnelle 101 sont fonction de la configuration de la chambre 4 pour que le canal 103 présente une section la plus régulière possible. La forme et les dimensions de la première paroi de la pièce additionnelle 101 sont fonction de la chambre 4 de sorte qu'un écoulement le plus laminaire possible du flux de gaz de purge 200 dans le canal 103 soit privilégié.

En particulier, pour favoriser un tel écoulement laminaire, on fait en sorte que la paroi latérale 19 de la chambre de réaction et la première paroi de la pièce additionnelle 101 soient parallèles dans le troisième tronçon 103c jusqu'à l'embouchure 106 du conduit dans la chambre 4. A cet égard, la paroi latérale 19 de la chambre de réaction et la première paroi de la pièce additionnelle 101 sont parallèles
30 sur une longueur supérieure ou égale à 1 cm jusqu'à l'embouchure 106. De manière avantageuse, la longueur de la portion du canal dans laquelle la paroi latérale 19 de la chambre de réaction et la première paroi de la pièce additionnelle 101 sont parallèles est dimensionnée pour injecter un flux laminaire de gaz de purge pour une vitesse d'écoulement dudit gaz comprise entre 0,35 m/s et 0,55 m/s.

La surface radialement extérieure de la pièce additionnelle 101 forme des surfaces de guidage 111, 112, 113. Le canal 103 suit la forme des surfaces de guidage

111, 112, 113 et la forme du bas de la chambre 4. Le canal 103 présente donc un diamètre variant en fonction de la section de la pièce additionnelle 101 et de la section de la chambre 4 qui le délimitent. Autrement dit, le diamètre du canal 103 est supérieur à celui de la section de la pièce additionnelle 101 qui le délimite et inférieur à celui de la section de la chambre 4 qui le délimite. La paroi latérale 19 et la première paroi de la pièce additionnelle 101 délimitent ensemble le canal 103 et en particulier le troisième tronçon 103c.

L'extrémité libre de la partie tronconique 101c et la partie de la paroi latérale 19 qui en est la plus proche définissent une embouchure 106. Autrement dit, le canal 103 se termine par l'embouchure 106. Le canal 103 débouche dans la chambre 4 par l'intermédiaire de l'embouchure 106.

Un injecteur de gaz de purge 105 comprend, de l'amont vers l'aval, une seconde entrée de gaz 104 du réacteur 1, le canal 103 et l'embouchure 106. Le canal 103 s'ouvre sur la chambre de réaction 4 par l'embouchure 106. Au fond de la chambre 4 et de l'ouverture 2a est ménagée la seconde entrée ou arrivée de gaz 104 destinée à former la source d'un gaz de purge pour le réacteur 1. L'entrée 104 permet d'injecter un gaz de purge, par exemple à base d'azote (N) ou d'Argon (Ar), depuis le fond de la chambre 4. La seconde entrée 104 débouche dans le bas du premier tronçon 103a du canal 103. Autrement dit, la seconde entrée 104 est en amont du canal 103, lui-même en amont de l'embouchure 106. Lorsque la pièce additionnelle 101 est montée dans la chambre 4, le canal 103 défini entre la première paroi de la pièce additionnelle 101 et la paroi latérale 19 forme une prolongation de l'injecteur de gaz 105. Le canal 103 est agencé pour diriger un flux de gaz de purge 200 parallèlement à la paroi latérale 19. L'injecteur de gaz de purge 105 débouche dans la chambre de réaction 4. La seconde entrée de gaz 104 forme une entrée pour du gaz de purge dans le réacteur 1 tandis que l'embouchure 106 forme une entrée pour du gaz de purge dans la chambre 4.

L'écoulement laminaire du gaz de purge le long de la paroi latérale et dans le passage 107 empêche les gaz réactifs provenant de l'espace de travail 60 de pénétrer dans l'espace inférieur de la chambre de réaction 4. Le flux de gaz de purge 200, laminaire lors de sa traversée du passage 107, crée une surpression et entraîne les gaz de réaction vers l'anneau d'évacuation des gaz 49.

La Demanderesse a constaté que la disponibilité d'un équipement de dépôt chimique en phase vapeur équipé d'un tel système de gaz de purge est au moins deux fois plus importante que lorsque le flux de gaz de purge 200 est turbulent. Il est donc possible de réduire la fréquence des nettoyages de la chambre de réaction 4 sans pour autant nuire à la qualité des couches déposés.

Par ailleurs, le débit de gaz de purge nécessaire lorsque l'écoulement est turbulent est supérieur à celui d'un écoulement laminaire pour une efficacité donnée, autres paramètres étant semblables par ailleurs. À titre d'exemple, lors d'un dépôt en phase vapeur de silicium amorphe ou polycristallin, le débit du flux de gaz de purge
5 200 est d'environ 5 litres par minute, alors qu'il est supérieur à 10 litres par minute en présence de turbulences (sous conditions standard de température).

Dans les systèmes existants, le gaz de purge tend à diluer en partie les gaz réactifs dans l'espace supérieur. La diminution du débit des gaz réactifs limite encore la contamination de la chambre de réaction 4. À titre d'exemple, la Demanderesse a pu
10 réduire le débit de gaz réactif (du silane par exemple) dans une chambre de réaction présentant un système de purge selon l'invention à 20 sccm alors qu'en présence d'un système classique, le débit devrait être d'environ 50 sccm, soit 20 millilitres par minute au lieu de 50 millilitres par minute (sous conditions standard de température).

La réduction du débit de gaz de purge initie un cercle vertueux et plusieurs
15 avantages : la concentration en gaz réactif dans l'espace supérieur est augmentée, le rendement des réactions chimiques souhaitées est augmenté, le gaspillage et donc la consommation de gaz réactif peuvent être réduits. La réduction de consommation des espèces consommables génère une réduction des coûts.

Sur les figures, une pièce accessoire est rapportée et montée dans le réacteur
20 pour former la pièce additionnelle 101. La forme de la pièce accessoire, ici une pièce de révolution creuse, est adaptée au réacteur de l'exemple. Dans des variantes, la pièce additionnelle 101 peut être solidaire, voire monobloc, d'autres composants du réacteur 1. Conformer une pièce accessoire en vu de la rapporter dans un réacteur permet de faciliter la fabrication et même d'équiper des réacteurs préexistants. En
25 outre, la deuxième paroi de la pièce additionnelle est l'une des surfaces de la chambre de réaction la plus susceptible de donner lieu à des dépôts inopportuns ; le fait que ladite pièce soit amovible permet de la nettoyer plus facilement et éventuellement de la remplacer par une pièce propre, ce qui minimise le temps d'immobilisation du réacteur. Dans des variantes, les formes de la pièce additionnelle 101 diffèrent de celles décrites
30 ici en fonction des formes de la chambre de réaction 4.

Dans l'exemple décrit ici la pièce additionnelle 101 est réalisée d'un seul tenant par déformation plastique d'un tronçon de tube en aluminium (Al). En variante, la pièce additionnelle 101 est réalisée par assemblage de plusieurs pièces. La pièce additionnelle 101 peut être réalisée par moulage et en tout autre matériau présentant
35 des caractéristiques mécaniques et de résistance à la corrosion, comparables. De manière préférée, la pièce additionnelle 101 présente des profils homothétiques ou

forme une pièce de révolution. Cela permet de simplifier sa fabrication et d'éviter des erreurs de montage dans une chambre 4.

Le flux de gaz de purge 200 s'écoule du bas vers le haut dans le canal 103. Depuis l'entrée 104, le gaz de purge remonte dans le premier tronçon 103a, dans le
5 second tronçon 103b, dans le troisième tronçon 103c et sort du canal 103 à l'extrémité haute de la portion tronconique 101c au travers de l'embouchure 106 pour émerger dans la chambre 4. Au niveau de l'embouchure 106, la portion tronconique 101c est à une distance de la paroi latérale 19 inférieure à 10 millimètres, et de préférence comprise entre 4 et 8 millimètres. Une portion terminale du canal 103 est sensiblement
10 parallèle à la portion de la paroi latérale 19 immédiatement en aval de l'embouchure 106. Le canal 103 est agencé pour diriger le flux de gaz de purge 200 parallèlement à la paroi latérale 19 au moins sur une partie de celle-ci à proximité de l'embouchure 106.

Durant la phase de travail, le flux de gaz de purge 200 est guidé depuis le canal
15 103, entre la seconde portion de la paroi latérale 19 et la surface 113 de la pièce additionnelle 101, de manière qu'une partie au moins du flux de gaz 200 aboutisse dans le passage 107. Le canal 103 et le passage 107 sont disposés sensiblement dans le prolongement l'un de l'autre de sorte qu'un gaz injecté depuis l'entrée 104, s'écoulant le long du canal 103 et débouchant dans la chambre 4 par l'embouchure
20 106 le long de la paroi latérale 19, s'écoule sensiblement selon un régime laminaire le long de la paroi latérale 19. Le gaz de purge remonte alors le long de la paroi latérale 19 de la chambre 4 jusqu'au passage 107.

L'embouchure 106 et le passage 107 présentent chacun une forme annulaire. Cette identité de forme améliore le comportement laminaire de l'écoulement de gaz
25 entre l'embouchure 106 et le passage 107. Bien que la forme du canal 103 en amont de l'embouchure 106 permette d'améliorer encore l'orientation du flux de gaz de purge 200, l'identité de forme entre l'embouchure 106 et le passage 107 permet à elle seule d'améliorer le comportement laminaire du flux de gaz de purge 200.

La paroi latérale 19 est avantageusement agencée pour supporter un flux
30 laminaire de gaz de purge le long de ladite paroi au moins de l'embouchure 106 au passage 107. Comme cela est visible sur les figures 1 et 2 en position du travail, le flux de gaz 200 est dépourvu de support physique du côté diamétralement intérieur du réacteur 1. La paroi latérale 19 est suffisante pour guider le flux de gaz de purge 200. Le flux de gaz 200 sortant du canal 103 par l'embouchure 106 et parallèlement à la
35 paroi latérale 19 à une vitesse choisie présente une épaisseur correspondant à l'embouchure 106. La vitesse étant non nulle, une dépression est engendrée entre le

flux de gaz 200 et la paroi latérale 19. La paroi latérale 19 attire le flux de gaz 200 et le guide entre l'embouchure 106 et le passage 107. La paroi latérale 19, du côté diamétralement extérieur, supporte le gaz ascendant entre l'embouchure 106 et le passage 107. La paroi latérale 19 peut présenter une forme droite, légèrement concave ou légèrement convexe selon la direction d'écoulement, tout en continuant de guider le flux de gaz en l'absence de surface correspondante en regard.

La portion haute 19a et la portion basse 19b de la paroi latérale 19 forment, ici, un léger changement de direction (une forme légèrement concave) pour l'écoulement gazeux sans pour autant que cela nuise au comportement laminaire du flux. Au contraire, la Demanderesse a constaté qu'un changement de direction d'un angle compris entre 10° et 30° limite le risque de créer un régime turbulent. Comme cela est visible sur les figures, le changement de direction correspond à un angle droit auquel on retranche α ($90^\circ - \alpha$). L'angle α (alpha) entre la portion basse 19b et un plan horizontal paroi est compris entre 60° et 80° .

L'affleurement de l'embouchure 106 avec la paroi latérale 19 améliore le comportement laminaire du flux en aval de l'embouchure 106. La paroi latérale 19 forme une prolongation du pourtour de l'embouchure 106 qui est à même de dévier le flux de gaz 200 pour lui faire suivre la direction de la paroi latérale 19 jusqu'au passage 107.

Le gaz de purge atteint le passage 107, entre la première portion de la paroi latérale 19, ici la paroi intérieure 51b de l'anneau 49, et la surface périphérique 5b du support 5. Le passage 107 est conformé pour guider le flux de gaz de purge 200 en provenance du canal 103 de manière qu'une partie au moins du flux de gaz 200 passe par l'ouverture circonférentielle 49a.

En passant le long de la surface cylindrique supérieure 51e et de la surface cylindrique inférieure 51f de la paroi intérieure 51b de l'anneau 49, le flux de gaz de purge 200 augmente l'échange thermique entre l'anneau 49 et l'intérieur de la chambre 4. Le flux de gaz de purge 200 participe au refroidissement de l'anneau 49 qui a tendance à s'échauffer au contact, direct ou indirect, avec des éléments chauffants.

A cet effet, la paroi intérieure de la chambre de réaction comprend des moyens d'échange thermique avec le gaz de purge qui coopèrent avec ledit gaz pour refroidir la paroi intérieure en amont de l'ouverture 49a afin de limiter les dépôts indésirables sur ladite paroi.

Lesdits moyens sont avantageusement agencés dans le passage 107.

Selon un mode de réalisation préféré illustré sur la figure 3, lesdits moyens d'échange thermique comprennent des ailettes 51g portées par la paroi 19. Les ailettes

51g sont semblables les unes aux autres. Les ailettes 51g font saillie depuis la surface intérieure de l'anneau 49 en direction du centre de l'anneau 49. À l'état installé de l'anneau 49 dans le corps 2, les ailettes 51g font saillie dans le passage 107. Les ailettes 51g sont de forme sensiblement allongée selon la direction verticale et sur la hauteur de la paroi intérieure 51b. Les ailettes 51g font saillie depuis la paroi latérale 19 d'au moins 1 millimètre, de préférence au moins 5 millimètres. La dimension en saillie des ailettes 51g n'est pas prise en compte pour le calcul de l'écart entre le support de substrat 5 et la paroi latérale 19. Néanmoins, des extrémités horizontales des ailettes 51g sont à distance de la surface périphérique 5b. Les extrémités verticales des ailettes 51g sont reliées aux extrémités verticales de la paroi intérieure 51b par des congés de raccordement. Les ailettes 51g se répartissent de manière régulière sur la circonférence de l'anneau 49, ici sur la paroi intérieure 51b. La surface périphérique 5b étant en regard des ailettes 51g, les ailettes 51g se répartissent ici régulièrement autour du plateau 7.

Comme cela est visible sur les figures 3 et 5, l'épaisseur des ailettes 51g est sensiblement égale à leur écartement mutuel. La distance séparant deux ailettes 51g adjacentes l'une de l'autre est égale à l'épaisseur d'une desdites ailettes 51g. Dans une vue en coupe selon un plan perpendiculaire à l'axe de révolution de l'anneau 49, les ailettes 51g présentent un profil rectangulaire. Autrement dit, à la courbure de l'anneau 49 près, la succession des ailettes 51g forme une succession de créneaux en une répétition de motifs. Les créneaux, ainsi que les trous 53 et les plots 51d forment des exceptions à la symétrie de révolution de l'anneau 49.

Dans l'exemple décrit ici, les ailettes 51g sont ménagées dans la paroi intérieure 51b de la pièce rapportée que forme l'anneau 49. Cela facilite la fabrication. En variante, les ailettes 51g sont ménagées dans la paroi latérale 19.

De manière générale, les formes et dimensions des ailettes 51g sont telles que la surface intérieure de l'anneau 49 munie des ailettes 51g présente une surface de contact dans la chambre 4 (ici avec les gaz dans la chambre 4) importante. L'une des fonctions des ailettes 51g est celle d'ailettes d'échangeur de chaleur. Une telle surface de contact améliore les échanges thermiques entre l'anneau 49 et l'intérieure de la chambre 4. Les formes et dimensions des ailettes 51g sont en outre choisies de sorte qu'un contact entre le support 5 et l'anneau 49 soit évité. Les ailettes 51g confèrent à la paroi intérieure 51b de l'anneau 49, et donc à la paroi latérale 19, une surface libre supérieure à celle d'une configuration semblable mais dépourvue d'ailette. En fonctionnement, l'anneau 49 est maintenu à une température inférieure à celle d'un anneau similaire dépourvu d'ailette de refroidissement. Les ailettes 51g permettent par

exemple de maintenir la température de l'anneau 49 en dessous de 300°C. Une telle température limite le ramollissement de l'anneau 49 et les dépôts parasites sur des surfaces de l'anneau 49.

Cette régulation de la température permet de limiter les réactions parasites des gaz de réaction qui entrent en contact avec l'anneau 49 et avec la paroi latérale 19. Les dépôts solides résultant de telles réactions sont limités.

Le refroidissement de l'anneau 49, grâce aux ailettes 51g, est d'autant plus efficace qu'un flux de gaz de purge 200 circule à leur contact. Cela est d'autant plus efficace grâce à la pièce additionnelle 101 qui permet de générer un flux laminaire de gaz de purge s'écoulant entre l'embouchure 106 et le passage 107. Les passages entre les ailettes 51g sont empruntés par le gaz de purge qui s'écoule à distance de l'espace de travail 60. Le flux de gaz de purge est d'effet quasi neutre sur la dynamique des gaz dans l'espace de travail 60. Le flux de gaz de purge étant laminaire, son temps de résidence dans la chambre 4 est minimisé par rapport à celui d'un flux turbulent, ce qui augmente l'efficacité des échanges thermiques.

La présence des ailettes 51g tend à réduire la section de passage du passage 107 et à limiter la migration des gaz réactifs vers l'espace inférieur.

Les formes et les dimensions des ailettes 51g décrites ici sont un exemple de réalisation. D'autres formes et dimensions peuvent être envisagées. En variante, les ailettes 51g peuvent présenter une épaisseur dans la direction de la circonférence différente de l'écartement mutuel des ailettes. Les ailettes peuvent par exemple présenter un profil triangulaire, en "dents de scie", arrondi ou en dôme.

Dans le cas où un flux de gaz, par exemple un flux de gaz de purge 200, s'écoule contre la paroi intérieure 51b, contre la paroi latérale 19, les ailettes 51g peuvent en outre être avantageusement agencées pour guider le flux de gaz traversant le passage 107. Dans ce cas, les ailettes 51g améliorent encore les propriétés laminaires de l'écoulement gazeux. Le flux de gaz est mieux guidé entre chaque ailette 51g tout en restant supporté par la paroi latérale 19. Ici, les ailettes 51g sont au contact du flux de gaz de purge 200 et orientées parallèlement à ce dernier (verticales).

En variantes, les ailettes 51g sont disposées allongées selon une direction différente de la verticale, par exemple selon une direction légèrement hélicoïdale à l'image d'un filetage intérieur de l'anneau 49.

Dans le mode de réalisation représenté sur les figures, les ailettes 51g sont disposées sur la paroi intérieure 51b de l'anneau 49. L'échange thermique entre les ailettes 51g et la chambre 4 survient à proximité immédiate du canal d'évacuation de gaz 100 pour réguler la température des surfaces intérieures dudit canal d'évacuation

des gaz 100. Les ailettes 51g sont réparties à l'écart du flux de gaz réactif pour éviter que des dépôts parasites ne s'y produisent. En variante, les ailettes 51g peuvent être disposées en des emplacements de la paroi latérale 19 différents de la paroi intérieure 51b.

5 Comme cela est représenté sur les figures 1 et 2, le flux de gaz de purge 200 entraîne le flux de précurseurs gazeux vers l'anneau 49 au travers de l'ouverture circonférentielle 49a. On évite ainsi que des gaz réactifs s'écoulent sous le support 5 et se déposent, c'est-à-dire y forment des dépôts. Le flux de gaz de purge 200 autour du support de substrat 5 empêche les réactifs de descendre dans la chambre de réaction
10 4. Le flux de gaz de purge 200 et le flux de gaz réactif mêlés sont évacués par l'intermédiaire de l'ouverture circonférentielle 49a, du canal supérieur 52, des trous 53, du canal inférieur 54 de l'anneau 49 et par le canal de purge 59, autrement dit par le canal d'évacuation de gaz 100.

Les gaz de réaction s'écoulent sur le substrat et la surface principale supérieure
15 5a du support 5 jusqu'à l'anneau 49. Le flux gazeux est essentiellement parallèle aux surfaces du substrat et du support 5 et présente un régime laminaire. On garantit ainsi une épaisseur uniforme de dépôt pour tous les substrats s'appuyant sur le support 5.

Le réacteur 1 peut ainsi mettre en œuvre des températures adaptées aux gaz utilisés pour les nouvelles générations de dispositifs réalisés sur des substrats,
20 notamment des solutions vaporisées de précurseurs solides ou bien des gaz présentant une tendance à la condensation ou au dépôt de résidus solides. De hautes températures peuvent être utilisées.

L'anneau d'évacuation des gaz 49 tend à être échauffé indirectement par conduction thermique des autres éléments chauffants et par convection au contact des
25 gaz réactifs chauds. Afin de limiter les réactions parasites des gaz dans le circuit d'évacuation, qui pourraient conduire à des obturations, l'anneau d'évacuation des gaz 49 est maintenu à une température inférieure à la température de réaction des gaz.

On vient de décrire un réacteur pour dépôt chimique en phase vapeur amélioré.

Le réacteur 1 est pourvu d'ailettes 51g faisant saillie de la paroi latérale 19
30 séparant la chambre de réaction 4 du canal d'évacuation de gaz 100, du côté de la chambre de réaction 4. Cette configuration favorise les échanges thermiques entre la paroi latérale 19 et l'intérieur de la chambre 4. La température de la paroi latérale 19 et du canal d'évacuation de gaz 100 se trouve régulée par conduction thermique. Ainsi, les réactions parasites sont réduites, en particulier dans le canal d'évacuation de gaz
35 100.

Le passage 107 délimité par le support 5 et la paroi latérale 19, l'embouchure 106 de forme correspondante au passage 107 et en affleurement de la paroi latérale 19, et la paroi latérale 19 agencée pour supporter le flux de gaz de purge 200 au moins de l'embouchure 106 au passage 107 en combinaison les uns des autres améliore
5 l'échange thermique entre la chambre de réaction 4 et le circuit d'évacuation des gaz 100 en mettant en circulation les gaz au contact des ailettes 51g. Toutefois, ladite combinaison est optionnelle.

En outre, ladite combinaison favorise le comportement laminaire des écoulements gazeux dans la chambre 4. Les dépôts deviennent plus homogènes et
10 présentent une meilleure reproductibilité. Et les réactions parasites dans la chambre 4 sont réduites, en particulier sous le support 5

Le réacteur 1 proposé est particulièrement avantageux lors d'utilisations mettant en œuvre au moins deux réactifs gazeux susceptibles de réagir l'un avec l'autre. Cependant, le réacteur 1 reste utilisable avec un seul gaz réactif destiné à réagir au
15 contact des substrats. Dans ce dernier cas, l'amélioration du comportement laminaire du flux de gaz de purge 200 tend à homogénéiser l'écoulement du flux de gaz réactif à l'affleurement des substrats, ce qui améliore l'homogénéité des processus chimiques souhaités et donc la qualité des produits obtenus. Les composantes circonférentielles des écoulements gazeux au sein de la chambre 4 sont réduits, qu'il s'agisse du gaz
20 réactif, du gaz de purge ou d'un mélange de ceux-ci. La reproductibilité est améliorée.

Revendications

- 5 1. Dispositif de réacteur (1) pour dépôt chimique en phase vapeur du type comprenant :
- une chambre de réaction (4) présentant une entrée (106) de gaz de purge,
 - un canal d'évacuation de gaz (100) relié à ladite chambre de réaction (4) par une
- 10 ouverture circonférentielle (49a) dans une paroi intérieure (19) de ladite chambre, la chambre de réaction (4) étant agencée pour qu'un flux de gaz de purge (200) circule de l'entrée (106) de gaz de purge au canal d'évacuation (100) ;
- caractérisé en ce que ladite paroi intérieure (19) de la chambre de réaction comprend des moyens d'échange thermique avec le gaz de purge.
- 15 2. Dispositif selon la revendication 1, comprenant un plateau (7) de support de substrat (5) présentant une surface périphérique (5b), le plateau (7) étant disposé dans la chambre de réaction (4) de sorte qu'une partie au moins de la surface périphérique (5b) du plateau (7) soit en regard desdits moyens d'échange thermique.
- 20 3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel la chambre de réaction (4) présente au moins une arrivée de gaz réactif (45) en regard d'une surface principale du plateau (7) destinée à recevoir un substrat, un flux de gaz réactif circulant dans la chambre de réaction (4) depuis l'arrivée de gaz réactif (45) jusqu'au canal d'évacuation (100).
- 25 4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel lesdits moyens d'échange thermique comprennent une pluralité d'ailettes (51g) faisant saillie de la paroi intérieure (19) dans la chambre de réaction (4), lesdites ailettes (51g) étant agencées de sorte à guider le flux de gaz de purge (200) vers l'ouverture
- 30 circonférentielle (49a).
5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel les ailettes (51g) sont réparties de manière régulière sur la paroi intérieure (19) de la chambre de réaction.
- 35 6. Dispositif selon la revendication 4 en combinaison avec la revendication 2, dans lequel les ailettes (51g) sont réparties de manière régulière autour du plateau (7).

7. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, comprenant un corps (2) délimitant au moins une partie de la chambre de réaction (4) et au moins une pièce (49) rapportée dans le corps (2), les ailettes (51g) étant ménagées dans la pièce (49) rapportée.

8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel ladite pièce (49) rapportée est un anneau d'évacuation des gaz comprenant une paroi extérieure (51a) et une paroi intérieure (51b) définissant une partie de la paroi intérieure (19) de la chambre de réaction (4), ladite paroi extérieure (51a) étant reliée à la paroi intérieure (51b) par une paroi de liaison (51c) agencée de sorte à former deux canaux annulaires (52, 54) s'étendant de part et d'autre de ladite paroi de liaison (51c) et entre les parois intérieure et extérieure, ladite paroi de liaison (51c) comprenant des trous (53) pour mettre en liaison fluide lesdits canaux (52, 54), ledit anneau étant caractérisé en ce que la paroi intérieure (51b) comprend ladite pluralité d'ailettes (51g).

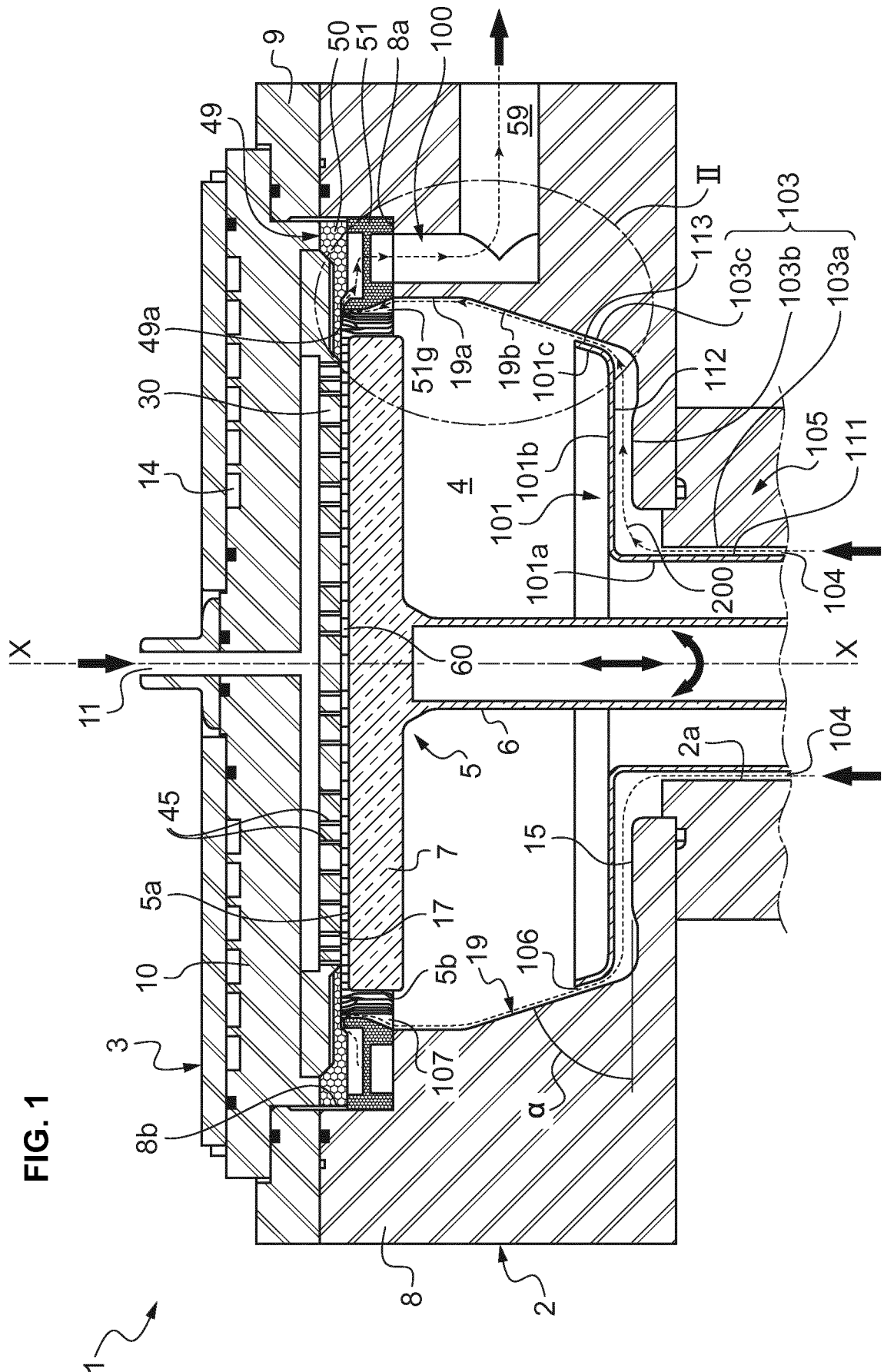
9. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 8, dans lequel les ailettes (51g) dépassent de la paroi (19) d'au moins 1 millimètre.

10. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 9, dans lequel les ailettes (51g) présentent chacune un profil rectangulaire.

11. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 10, dans lequel la distance séparant deux ailettes (51g) adjacentes l'une de l'autre est égale à l'épaisseur de l'une au moins de ces ailettes (51g).

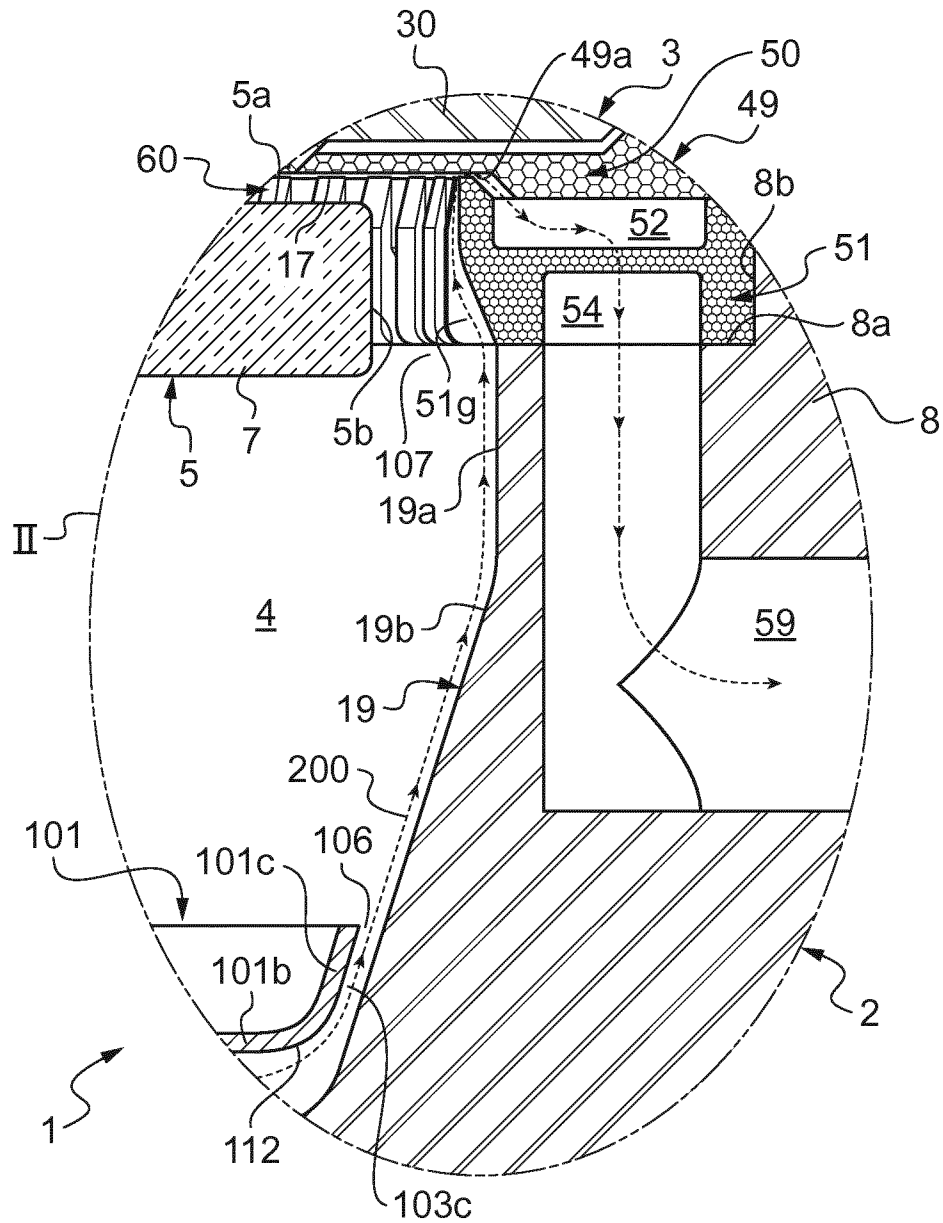
12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre un support de substrat (5) présentant une surface périphérique (5b), le support de substrat (5) étant disposé dans la chambre de réaction (4) de manière à former un passage annulaire (107) entre la surface périphérique (5b) du support de substrat (5) et la paroi intérieure (19) de la chambre de réaction (4), l'entrée (106) de gaz de purge présentant une forme annulaire et étant délimitée entre la paroi intérieure (19) de la chambre de réaction et une paroi d'une pièce additionnelle (101) agencée dans la chambre de réaction (4).

13. Anneau (49) d'évacuation des gaz pour un dispositif de réacteur pour dépôt chimique en phase vapeur comprenant une chambre de réaction présentant une entrée (106) de gaz de purge, un canal d'évacuation des gaz relié à ladite chambre par une ouverture circonférentielle (49a) délimitée au moins en partie par une paroi intérieure (51b) dudit anneau, ledit anneau (51) comprenant une paroi extérieure (51a) reliée à la paroi intérieure (51b) par une paroi de liaison (51c) agencée de sorte à former deux canaux annulaires (52, 54) s'étendant de part et d'autre de ladite paroi de liaison (51c) et entre les parois intérieure et extérieure, ladite paroi de liaison (51c) comprenant des trous (53) pour mettre en liaison fluide lesdits canaux (52, 54), ledit anneau étant caractérisé en ce que la paroi intérieure (51b) comprend une pluralité d'ailettes (51g).



2/3

FIG. 2



3/3

