



(11)

EP 1 669 609 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
14.06.2006 Bulletin 2006/24

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 (2006.01) F04D 27/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05300948.6**

(22) Date de dépôt: **18.11.2005**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **03.12.2004 FR 0452853**

(71) Demandeur: **ALCATEL**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Desbiolles, Jean-Pierre**
74350, CRUSEILLES (FR)
• **Puech, Michel**
74370, METZ-TESSY (FR)

(74) Mandataire: **Chaffraix, Sylvain**
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Département Propriété Industrielle
54, rue La Boétie
75008 Paris (FR)

(54) Contrôle des pressions partielles de gaz pour optimisation de procédé

(57) Un dispositif pour établir et contrôler un mélange gazeux à faible pression dans une enceinte à vide (8) comprend au moins une pompe secondaire (9) de type moléculaire, turbomoléculaire ou hybride, suivie d'au moins une pompe primaire (10), avec des premiers moyens de contrôle et d'ajustement (22) tels qu'une vanne de régulation (24) pour contrôler et ajuster la pression gazeuse totale du mélange gazeux dans l'enceinte à vide (8) en fonction d'une consigne de pression totale (27). Le dispositif comprend en outre des seconds moyens de contrôle et d'ajustement (28) tels qu'une seconde vanne de régulation (29a) en aval de la pompe secondaire (9). La seconde vanne de régulation (29a) est pilotée en fonction d'une consigne de pression de refoulement (32) pour modifier la pression de refoulement de la pompe secondaire (9) et adapter ainsi sa capacité de pompage sélectif. Cela permet d'ajuster les proportions des gaz du mélange gazeux dans l'enceinte à vide, indépendamment de la pression totale commandée par la première vanne de régulation (24).

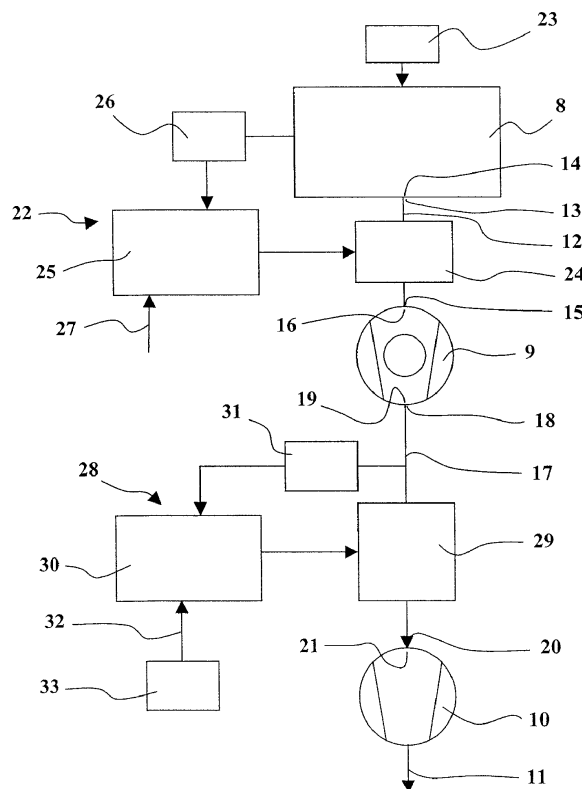


FIG. 1

Description

[0001] La présente invention concerne le contrôle de l'atmosphère dans une enceinte à vide telle qu'une chambre de procédés utilisée dans la fabrication des semi-conducteurs.

[0002] Les procédés mis en oeuvre dans les enceintes à vide pour la fabrication de semi-conducteurs nécessitent l'établissement et le contrôle d'une atmosphère à basse pression constituée généralement par des mélanges de gaz.

[0003] Dans le mélange de gaz, se trouvent des gaz actifs destinés à réagir sur des substrats présents dans l'enceinte à vide, et se trouvent des gaz issus des réactions. Il est donc nécessaire de pomper en permanence l'atmosphère de l'enceinte à vide, pour évacuer les gaz de réaction, et d'introduire en permanence des gaz actifs dans l'enceinte à vide pour poursuivre les réactions.

[0004] Les réactions sont généralement produites dans un plasma, et elles nécessitent un contrôle permanent de la pression gazeuse globale dans l'enceinte à vide. Ainsi, la pression gazeuse globale est un paramètre important dans les procédés, et on utilise pour cela couramment des moyens de contrôle et d'ajustement adaptés pour contrôler et ajuster la pression gazeuse totale du mélange gazeux dans l'enceinte à vide.

[0005] Pour pomper les gaz hors de l'enceinte à vide, on utilise généralement au moins une pompe secondaire adaptée aux basses pressions à obtenir, au moins une pompe primaire adaptée pour refouler à la pression atmosphérique, une première canalisation dont une entrée est raccordée à une sortie de l'enceinte à vide et dont une sortie est raccordée à une aspiration de la pompe secondaire, et une canalisation intermédiaire dont une entrée est raccordée à un refoulement de la pompe secondaire et dont une sortie est raccordée à une aspiration de la pompe primaire. Cette disposition est rendue nécessaire par le fait que l'atmosphère dans l'enceinte à vide est à très basse pression, et que les technologies de pompe nécessitent généralement la mise en série d'une pompe secondaire et d'une pompe primaire.

[0006] Les dispositifs connus présentent toutefois des inconvénients, par le fait que les proportions des gaz présents dans une enceinte à vide telle qu'une chambre de procédés ne sont pas maîtrisées. Par exemple, dans le cas du procédé de gravure aluminium, les gaz injectés sont craqués par un plasma, puis ils réagissent avec les différents matériaux présents sur le substrat. La concentration des résidus gazeux va dépendre directement de la façon dont la pompe secondaire va pomper les différentes espèces, ce qui peut dans certains cas ne pas être optimum dans le procédé. En effet, selon la masse et la taille des molécules gazeuses présentes dans le mélange, la pompe secondaire peut évacuer en priorité les gaz actifs qui sont utiles à la réalisation du procédé, et laisser dans l'enceinte à vide les gaz inactifs qui résultent de la réaction des gaz actifs avec les matériaux et qui sont donc inutiles à la réalisation du procédé. On

comprend que cela a pour effet de ralentir voire de dégrader les performances du procédé.

[0007] Il y a donc un besoin pour favoriser l'évacuation des gaz inactifs hors des enceintes à vide telles que les chambres de procédés, en évitant autant que possible l'évacuation des gaz actifs qui n'ont pas encore réagi.

[0008] Les moyens de contrôle et de régulation de la pression gazeuse globale dans une enceinte à vide comprennent généralement différents moyens tels qu'une injection de gaz dans l'enceinte à vide, et une vanne de régulation placée dans la première canalisation en amont de la pompe secondaire, c'est-à-dire en sortie de l'enceinte à vide. Il se trouve qu'une telle vanne de régulation tend à favoriser le pompage des gaz légers, qui sont généralement les gaz actifs, et tend à freiner l'évacuation des gaz lourds tels que les gaz issus des réactions. Cela est donc défavorable au but recherché.

[0009] Pour éviter cela, le document US 6,200,107 propose de déplacer la vanne de régulation et de la disposer dans une canalisation de dérivation en parallèle sur la pompe secondaire, entre la première canalisation et la canalisation intermédiaire. Selon ce document, la vanne de régulation constitue ainsi le moyen unique permettant de réguler la pression dans une chambre de procédés, et favorise l'évacuation des gaz inactifs issus des réactions dans la chambre.

[0010] Ce même document dissuade clairement d'utiliser une vanne de régulation en amont de la pompe secondaire, ou une vanne de régulation en aval de la pompe secondaire, ou une injection de gaz dans la canalisation intermédiaire, ou même une variation de la vitesse de rotation de la pompe primaire.

[0011] La solution proposée dans ce document ne donne pas satisfaction, par le fait qu'une action sur la vanne de régulation placée dans la canalisation de dérivation produit nécessairement à la fois une variation de la pression globale dans l'enceinte à vide, et une modification des proportions des gaz dans l'enceinte à vide. Il n'est alors pas possible d'optimiser un procédé par un contrôle complet à la fois de la pression globale gazeuse dans l'enceinte à vide et des proportions des gaz dans le mélange gazeux dans l'enceinte à vide.

[0012] Cette solution présente en outre l'inconvénient majeur de polluer la chambre de procédés en terme de particules, car elle réinjecte du gaz qui a circulé à travers la pompe secondaire et qui s'est donc potentiellement chargé en particules.

[0013] Le problème proposé par la présente invention est de trouver un autre moyen pour établir et contrôler un mélange gazeux à faible pression dans une enceinte à vide, qui permette à la fois de contrôler la pression gazeuse globale dans l'enceinte à vide et de contrôler les proportions des différents gaz dans le mélange gazeux présent dans l'enceinte à vide.

[0014] L'invention vise ainsi à optimiser les procédés mis en oeuvre dans les enceintes à vide, tels que les procédés de fabrication de semi-conducteurs.

[0015] Un autre but de l'invention est d'éviter tout ris-

que de pollution supplémentaire susceptible d'être produite par le dispositif selon l'invention.

[0016] Pour cela, la présente invention résulte de l'observation selon laquelle les pompes secondaires de type moléculaire, turbomoléculaire ou hybride ont une capacité de pompage qui varie en fonction de la pression en sortie de la pompe, et cette variation de capacité de pompage n'est pas identique pour tous les gaz. Il en résulte que les pompes effectuent un pompage sélectif modifiable par la pression de sortie.

[0017] Ainsi, l'idée qui est à la base de l'invention est qu'en choisissant correctement la pression de sortie de la pompe secondaire, on peut agir de façon favorable sur les pressions partielles des gaz dans l'enceinte à vide pour contrôler les paramètres d'un procédé.

[0018] Partant de cette idée, l'invention propose un dispositif pour établir et contrôler un mélange gazeux approprié à faible pression dans une enceinte à vide, comprenant :

- au moins une pompe secondaire de type moléculaire, turbomoléculaire ou hybride,
- au moins une pompe primaire, adaptée pour refouler à la pression atmosphérique,
- une première canalisation dont une entrée est raccordée à une sortie de l'enceinte à vide et dont une sortie est raccordée à une aspiration de la pompe secondaire,
- une canalisation intermédiaire dont une entrée est raccordée à un refoulement de la pompe secondaire et dont une sortie est raccordée à une aspiration de la pompe primaire,
- des premiers moyens de contrôle et d'ajustement adaptés pour contrôler et ajuster la pression gazeuse totale du mélange gazeux dans l'enceinte à vide en fonction d'une consigne de pression totale,
- des seconds moyens de contrôle et d'ajustement, distincts des premiers moyens de contrôle et d'ajustement, disposés en aval de la pompe secondaire, et agissant sur la pression de refoulement de la pompe secondaire dans la gamme de pressions où les modifications de pression entraînent des variations sensibles de vitesses sélectives de pompage des différents gaz du mélange, de façon à adapter la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire et à ajuster ainsi les proportions des gaz du mélange gazeux dans l'enceinte à vide.

[0019] Par le fait que l'on combine des premiers moyens de contrôle et d'ajustement qui maintiennent en permanence la pression gazeuse totale du mélange gazeux dans l'enceinte à vide, et des seconds moyens de contrôle et d'ajustement qui ajustent les proportions des gaz, on obtient un contrôle complet de l'atmosphère dans l'enceinte à vide, ce qui permet notamment d'optimiser réellement les procédés mis en oeuvre dans l'enceinte à vide.

[0020] De préférence, les premiers moyens de contrô-

le et d'ajustement sont disposés en amont de la pompe secondaire, et comprennent une vanne de régulation interposée dans la première canalisation et/ou des moyens d'injection contrôlée de gaz dans l'enceinte à vide.

5 **[0021]** Selon un premier mode de réalisation, les seconds moyens de contrôle et d'ajustement comprennent une vanne de régulation interposée dans la canalisation intermédiaire.

10 **[0022]** Selon un second mode de réalisation, les seconds moyens de contrôle et d'ajustement comprennent un dispositif d'injection de gaz pour injecter un gaz neutre dans la canalisation intermédiaire.

15 **[0023]** Selon un troisième mode de réalisation, les seconds moyens de contrôle et d'ajustement comprennent un moyen de pilotage de vitesse pour piloter la vitesse de la pompe primaire.

20 **[0024]** Selon l'invention, dans les seconds moyens de contrôle et d'ajustement, on pourra combiner une vanne de régulation et/ou des moyens d'injection de gaz et/ou une variation de vitesse de pompe primaire.

25 **[0025]** Selon une première possibilité, le dispositif peut agir en boucle fermée, en fonction d'informations mesurées dans l'enceinte à vide elle-même. Pour cela, le dispositif comprend :

- des capteurs de pressions partielles, aptes à déterminer les pressions partielles d'un ou plusieurs gaz du mélange gazeux dans l'enceinte à vide, et à produire des données de pressions partielles,
- 30 - un contrôleur de pressions partielles, recevant les données de pressions partielles produites par les capteurs de pressions partielles, comparant ces données à une consigne de pressions partielles en recherchant les écarts entre les proportions mesurées des gaz et les proportions correspondantes de la consigne de pressions partielles, et générant un signal de sortie qui pilote les seconds moyens de contrôle et d'ajustement pour adapter la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire dans le sens qui réduit l'écart entre les proportions mesurées des gaz et les proportions correspondantes de la consigne de pressions partielles.

45 **[0026]** Selon une possibilité de ce mode de réalisation, le dispositif peut être tel que :

- le contrôleur de pressions partielles génère sur sa sortie une consigne de pression de refoulement,
- 50 - un capteur de pression de refoulement mesure la pression de refoulement dans la canalisation intermédiaire et génère des données de mesure de pression de refoulement,
- un contrôleur de pression de refoulement reçoit la consigne de pression de refoulement et les données de pression de refoulement, et pilote des moyens de régulation de la pression de refoulement pour réduire l'écart entre la consigne de pression de refoulement et les données de mesure de la pression de refou-

lement.

[0027] En alternative, le dispositif peut agir en boucle ouverte, recevant par exemple une consigne provenant d'un moyen de commande externe qui gère le procédé mis en oeuvre dans l'enceinte à vide.

[0028] Dans tous les cas, le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre un dispositif de commande qui pilote les seconds moyens de contrôle et d'ajustement selon un programme spécifique pour adapter la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire aux différentes étapes successives d'un procédé de traitement se déroulant dans l'enceinte à vide.

[0029] Selon un autre aspect, l'invention propose un procédé pour établir et contrôler un mélange gazeux approprié à faible pression dans une enceinte à vide à l'aide d'un dispositif tel que défini ci-dessus. Dans ce procédé, on agit sur la pression de refoulement de la pompe secondaire pour adapter sa capacité de pompage sélectif et pour ajuster ainsi les proportions des gaz dans le mélange gazeux.

[0030] Selon un premier mode de réalisation, on agit sur la pression de refoulement en modifiant la conductance de la canalisation intermédiaire.

[0031] Selon un deuxième mode de réalisation, on agit sur la pression de refoulement en injectant un gaz neutre dans la canalisation intermédiaire.

[0032] Selon un troisième mode de réalisation, on agit sur la pression de refoulement en modifiant la vitesse de la pompe primaire.

[0033] Selon l'invention, les trois modes d'action ci-dessus peuvent être combinés ensemble ou deux par deux.

[0034] Dans tous les cas, on peut avantageusement agir sur la pression de refoulement de la pompe secondaire en fonction des étapes successives d'un procédé de traitement se déroulant dans l'enceinte à vide.

[0035] Selon une application possible, le procédé selon l'invention agit sur la pression de refoulement de la pompe secondaire dans le sens d'une augmentation de pompage d'humidité pendant un processus de vidage contrôlé de l'enceinte à vide.

[0036] Selon une autre application, le procédé agit sur la pression de refoulement de la pompe secondaire dans le sens d'un maintien constant de la pression partielle d'au moins un gaz dans l'enceinte à vide.

[0037] Le dispositif défini ci-dessus peut trouver application pour la compensation des variations de caractéristiques de pompage d'une pompe secondaire. Ces variations peuvent se produire dans le temps par suite de dépôts successifs sur les parois de la pompe, ou peuvent se produire lors d'un changement d'une pompe qui doit être remplacée par une autre.

[0038] Une application particulièrement intéressante est l'évacuation préférentielle des gaz lourds dans les chambres de procédés de gravure sèche dans la fabrication de semi-conducteurs ou de microsystèmes électromécaniques (MEMS). On peut ainsi augmenter sen-

siblement la vitesse de gravure.

[0039] Une autre application intéressante peut être de maîtriser la qualité de dépôts CVD (dépôt chimique en phase vapeur) par action sur la pression de refoulement de la pompe secondaire.

[0040] Le dispositif peut trouver également une application pour compenser les dérives d'un système de pompage des gaz dans une enceinte à vide, dérives en tous genres pouvant se produire pour toutes raisons connues ou inconnues.

[0041] D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation particuliers, faite en relation avec les figures jointes, parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif selon un mode de réalisation de la présente invention ;
- la figure 2 illustre un mode de réalisation des seconds moyens de contrôle et d'ajustement selon l'invention ;
- la figure 3 illustre un autre mode de réalisation des seconds moyens de contrôle et d'ajustement selon l'invention ;
- la figure 4 illustre un autre mode de réalisation des seconds moyens de contrôle et d'ajustement selon l'invention ;
- la figure 5 est une vue schématique illustrant un dispositif selon un second mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 illustre les pressions partielles d'un mélange de deux gaz dans une enceinte à vide à pression totale constante pour deux pressions différentes de sortie d'une pompe turbomoléculaire qui pompe les gaz ; et
- la figure 7 illustre les courbes de variation des vitesses de pompage de trois gaz différents en fonction de la pression de sortie dans une pompe turbomoléculaire.

[0042] On considère tout d'abord les figures 6 et 7, qui illustrent la propriété particulière des pompes moléculaires, turbomoléculaires ou hybrides sur laquelle est basée la présente invention.

[0043] La figure 6 illustre les pressions partielles d'un mélange de deux gaz à pression totale constante à l'entrée d'une pompe turbomoléculaire, données en unités arbitraires, pour deux pressions différentes de sortie de la pompe turbomoléculaire. La vitesse de la pompe turbomoléculaire est constante.

[0044] La zone 1 illustre la pression partielle de l'argon pour une pression de sortie de 2,155 Torrs en sortie de la pompe turbomoléculaire, tandis que la zone 2 illustre la pression partielle de l'hélium dans les mêmes conditions, pour un mélange d'argon et d'hélium à une pression totale donnée.

[0045] Les zones 3 et 4 illustrent respectivement, pour mélange des mêmes gaz argon et hélium ayant la même

pression totale, les pressions partielles respectives de l'argon et de l'hélium pour une pression de sortie de 0,359 Torr en sortie de la pompe turbomoléculaire.

[0046] On constate que, à la pression de sortie de 2,155 Torr, la pression partielle d'argon est un peu inférieure à la pression partielle d'hélium. Par contre, à la pression de sortie de 0,359 Torr, la pression partielle d'argon est beaucoup plus élevée, tandis que la pression partielle d'hélium est beaucoup plus petite.

[0047] Si l'on considère maintenant la figure 7, pour chacun des gaz hélium, azote et argon, les courbes 5, 6 et 7 représentent respectivement les vitesses de pompage, en litres par seconde, de l'hélium, de l'azote ou de l'argon, en fonction de la pression de sortie d'une pompe turbomoléculaire.

[0048] On constate que les vitesses de pompage sont toutes trois décroissantes, pour les trois gaz hélium, azote et argon, mais que les variations diffèrent. Par exemple, la vitesse de pompage de l'argon est relativement constante jusqu'à une pression de sortie d'environ 0,8 millibars, et décroît assez rapidement ensuite. La vitesse de pompage de l'azote est relativement constante jusqu'à une pression de sortie de 0,4 millibars, et décroît ensuite plus rapidement que la vitesse de pompage de l'argon. Enfin, la vitesse de pompage de l'hélium est fortement décroissante dès la pression de sortie de 0,2 millibars.

[0049] Par conséquent, en fixant par exemple une pression de sortie de 0,6 millibars, on voit que les vitesses de pompage de l'azote et de l'argon sont sensiblement égales et relativement élevées, tandis que la vitesse de pompage de l'hélium sera très inférieure. Par contre, pour une pression de sortie d'environ 0,2 millibars, les vitesses de pompage des trois gaz seront relativement voisines les unes des autres.

[0050] Ainsi, en modifiant la pression de sortie de la pompe turbomoléculaire, on modifie la capacité de pompage sélectif de la pompe, pour favoriser le pompage de l'un ou l'autre des gaz.

[0051] La présente invention met à profit ce phénomène pour améliorer l'établissement et le contrôle d'un mélange gazeux à faible pression dans une enceinte à vide.

[0052] On considère maintenant la figure 1, qui illustre une structure générale d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention. Le dispositif est destiné à établir et contrôler un mélange gazeux approprié à faible pression dans une enceinte à vide 8 telle qu'une chambre de procédés pour fabrication de composants semi-conducteurs, et comprend une pompe secondaire 9 de type moléculaire, turbomoléculaire ou hybride, une pompe primaire 10 adaptée pour refouler à une sortie 11 à la pression atmosphérique, une première canalisation 12 dont une entrée 13 est raccordée à une sortie 14 de l'enceinte à vide 8 et dont une sortie 15 est raccordée à une aspiration 16 de la pompe secondaire 9, et une canalisation intermédiaire 17 dont une entrée 18 est raccordée à un refoulement 19 de la pompe secondaire 9 et dont une sortie 20 est raccordée à une aspiration 21 de la pompe

primaire 10.

[0053] Le dispositif comprend des premiers moyens de contrôle et d'ajustement 22, adaptés pour contrôler et ajuster la pression gazeuse totale du mélange gazeux dans l'enceinte à vide 8.

[0054] En pratique, les premiers moyens de contrôle et d'ajustement 22 peuvent comprendre des moyens d'injection contrôlée de gaz 23 pour injecter un gaz dans l'enceinte à vide 8, et/ou une vanne de régulation 24 interposée dans la première canalisation 12 et pilotée par un contrôleur de pression d'enceinte 25 en fonction des données de mesure de pression totale produites par une jauge de pression 26 dans l'enceinte à vide 8. Le contrôleur de pression d'enceinte 25 peut par exemple être un microcontrôleur programmé pour maintenir constante la pression totale dans l'enceinte à vide 8, en fonction d'une consigne de pression totale 27.

[0055] Selon l'invention, le dispositif comprend en outre des seconds moyens de contrôle et d'ajustement 28, distincts des premiers moyens de contrôle et d'ajustement 22, disposés en aval de la pompe secondaire 9, et agissant sur la pression de refoulement de la pompe secondaire 9 dans la canalisation intermédiaire 17, dans la gamme de pressions où les modifications de pression entraînent des variations sensibles de la vitesse sélective de pompage des différents gaz du mélange par la pompe secondaire 9. De la sorte, on adapte la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire 9, et on peut ajuster ainsi les proportions des gaz du mélange gazeux dans l'enceinte à vide 8.

[0056] En pratique, les seconds moyens de contrôle et d'ajustement 28 peuvent comprendre un moyen de régulation 29 contrôlant la conductance de la canalisation intermédiaire 17, piloté par un contrôleur de pression de refoulement 30 qui reçoit une consigne de pression de refoulement 32 et des données de pression de sortie produites par une jauge de pression de refoulement 31 dans la canalisation intermédiaire 17.

[0057] Sur les figures 2, 3 et 4 on a illustré trois modes de réalisation des seconds moyens de contrôle et d'ajustement. Dans chaque cas, on retrouve la pompe secondaire 9, la pompe primaire 10, le capteur de pression de refoulement 31, le contrôleur de pression de refoulement 30, et une consigne de pression de refoulement 32.

[0058] Sur la figure 2, le moyen de régulation est une vanne de régulation 29a, interposée dans la canalisation intermédiaire 17.

[0059] Sur la figure 3, le moyen de régulation est un dispositif d'injection de gaz 29b pour injecter un gaz neutre tel que l'azote dans la canalisation intermédiaire 17.

[0060] Sur la figure 4, le moyen de régulation est un moyen de pilotage de vitesse 29c, pour faire varier la vitesse de rotation de la pompe primaire 10.

[0061] Chacun de ces modes de réalisation des moyens de régulation 29 peut être utilisé seul ou en combinaison avec un ou deux autres moyens de régulation.

[0062] Dans le mode de réalisation de la figure 1, on a prévu en outre un dispositif de commande 33 qui gé-

nère la consigne de pression de refoulement 32. Le dispositif de commande 33 pilote ainsi les seconds moyens de contrôle et d'ajustement 28, par exemple selon un programme spécifique enregistré dans une mémoire et qui adapte la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire 9 aux différentes étapes successives d'un procédé de traitement se déroulant dans l'enceinte à vide 8.

[0063] Supposons par exemple que le procédé de traitement dans l'enceinte à vide 8 comprend deux étapes successives de traitement par deux mélanges gazeux différents, et que dans la première étape il faille évacuer essentiellement des gaz lourds tandis que dans la seconde étape il faille évacuer essentiellement des gaz légers, le dispositif de commande 33 pourra générer une consigne de pression de refoulement 32 forte au cours de la première étape et une consigne de pression de refoulement 32 relativement faible pour la seconde étape.

[0064] L'évolution de la consigne de pression de refoulement 32 pourra être adaptée à chaque procédé de traitement, en recherchant à chaque étape l'optimisation de la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire 9 pour optimiser le procédé de traitement.

[0065] On considère maintenant la figure 5, qui illustre un second mode de réalisation plus perfectionné du dispositif selon l'invention.

[0066] Dans ce second mode de réalisation, on retrouve les éléments essentiels du premier mode de réalisation de la figure 1, et ces éléments sont repérés par les mêmes références numériques. Pour cette raison, on ne reprendra pas une description détaillée de ces mêmes moyens.

[0067] La différence réside dans le fait que le dispositif comprend en outre des moyens de régulation des pressions partielles des gaz dans l'enceinte à vide 8.

[0068] On prévoit pour cela des capteurs de pressions partielles 34, aptes à déterminer les pressions partielles d'un ou plusieurs gaz du mélange gazeux dans l'enceinte à vide 8, et à produire sur leurs sorties 35 des données de pressions partielles envoyées par une ligne 36 à un contrôleur de pressions partielles 37.

[0069] On prévoit en outre un contrôleur de pressions partielles 37, qui reçoit ainsi les données de pressions partielles produites par les capteurs de pression partielle 34, qui compare ces données à une consigne de pressions partielles 38, et qui génère sur sa sortie 39 un signal de sortie qui pilote les seconds moyens de contrôle et d'ajustement 28 pour adapter la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire 9.

[0070] En pratique, le contrôleur de pressions partielles 37 compare les données de pressions partielles mesurées et les données de consigne de pressions partielles 38 en recherchant les écarts entre les proportions mesurées des gaz et les proportions correspondantes de la consigne de pressions partielles 38. Ensuite, en présence d'un écart, le contrôleur de pressions partielles 37 génère sur sa sortie 39 un signal de pression de re-

foulement qui pilote le moyen de régulation 29 pour agir sur la pression de refoulement de la pompe secondaire 9 pour adapter la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire 9 dans le sens d'une réduction de l'écart entre les proportions mesurées des gaz et les proportions correspondantes de la consigne de pressions partielles 38.

[0071] Par exemple, pour un mélange de deux gaz présents dans l'enceinte à vide 8 selon des pressions partielles mesurées respectives P1 et P2, les capteurs de pression partielle 34 communiquent les mesures P1 et P2 au contrôleur de pressions partielles 37 qui en fait le rapport P1/P2. Le contrôleur de pressions partielles reçoit également, dans la consigne de pressions partielles 38, les pressions P10 et P20 pour les mêmes gaz, et peut calculer le rapport P10/P20. Le contrôleur de pressions partielles 37 détermine alors l'écart entre les rapports P1/P2 et P10/P20, et en déduit, en fonction de données préalablement enregistrées en mémoire, si la pression de refoulement dans la canalisation intermédiaire 17 en refoulement de la pompe secondaire 9 doit être augmentée ou diminuée pour réduire cet écart.

[0072] Le contrôleur de pressions partielles 37 génère ainsi sur sa sortie 39 une consigne de pression de refoulement. Le capteur de pression de refoulement 31 mesure la pression de refoulement dans la canalisation intermédiaire 17 et génère des données de mesure de pression de refoulement. Le contrôleur de pression de refoulement 30 reçoit la consigne de pression de refoulement et les données de mesure de pression de refoulement, et pilote le moyen de régulation 29 pour réduire l'écart entre la consigne de pression de refoulement et les données de mesure de pression de refoulement.

[0073] En alternative, le contrôleur de pressions partielles peut piloter directement le moyen de régulation 29 pour réduire l'écart entre une consigne de pression partielle et la mesure de pression partielle.

[0074] Le dispositif selon l'invention peut trouver des applications diverses, au cours des étapes de procédés dans lesquels il y a un intérêt à adapter la proportion des gaz dans un mélange gazeux.

[0075] A titre d'exemple, on trouve un intérêt à cela pendant la procédure de vidage contrôlé d'une enceinte à vide, notamment en fin d'opération de vidage : dans ce cas, il est intéressant de pomper de façon accentuée l'humidité présente dans le mélange, et on pourra pour cela agir sur la pression de refoulement de la pompe secondaire dans le sens d'une augmentation de pompage d'humidité.

[0076] Selon un autre exemple, au cours de certaines étapes de procédés, on pourra trouver avantage à maintenir constante la pression partielle d'au moins un gaz dans l'enceinte à vide. On agira pour cela sur la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire, pour maintenir constante cette pression partielle.

[0077] La possibilité d'agir sur la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire pourra être également utile dans les cas où l'on veut compenser les dérives d'un

système de pompage des gaz dans une enceinte à vide.

[0078] Une autre application intéressante réside dans la compensation des variations possibles des caractéristiques de pompage d'une pompe secondaire, soit du fait d'un vieillissement dans le temps, soit du fait des dépôts progressifs de matière sur les parois de la pompe, soit encore du fait d'un remplacement d'une pompe par une autre.

[0079] Dans une application aux procédés de gravure sèche pour fabrication de semi-conducteurs et de micro-systèmes électromécaniques (MEMS), on pourra avantageusement évacuer préférentiellement les gaz lourds issus des réactions de gravure, par une augmentation de la pression de refoulement de la pompe secondaire. Il en résulte une augmentation sensible de la vitesse de gravure.

[0080] Le système de contrôle de la pression de refoulement de la pompe secondaire pourra être réalisé en boucle ouverte, c'est-à-dire sans asservissement, ou en boucle fermée par l'asservissement de la pression donnée par un capteur situé sur la ligne de vide à la sortie de la pompe secondaire.

[0081] L'asservissement pourra également être effectué d'une façon globale en mesurant les pressions partielles dans l'enceinte à vide, par exemple par des spectromètres de masse, des spectromètres optiques, et en agissant sur l'élément de contrôle de la pression de sortie pour obtenir la concentration désirée dans l'enceinte à vide.

[0082] La mise en oeuvre de ce dispositif sur un procédé de gravure du polysilicium permet de contrôler les vitesses de gravure.

[0083] La consigne de pression partielle des gaz peut résulter de mesures en temps réel de différents paramètres d'un procédé se déroulant dans l'enceinte à vide, ou d'indicateurs en temps différé. Les indicateurs en temps différé peuvent être des mesures liées à une optimisation de procédé, par exemple la vitesse d'attaque, la mesure de contamination, la dérive d'un paramètre de procédé dans le cas d'un indicateur lié au reconditionnement.

[0084] Dans un dispositif selon l'invention, on agit sur la pression de refoulement de la pompe secondaire 9 dans la gamme de pressions où ces modifications entraînent des variations sensibles de vitesse de pompage des gaz sélectivement suivant la nature des gaz, du fait des caractéristiques intrinsèques des pompes turbomoléculaires, moléculaires ou hybrides.

[0085] En appliquant des variations des vitesses de pompage partiel, le dispositif entraîne également une variation de la vitesse de pompage totale dans l'enceinte à vide, et donc une évolution possible de la pression totale dans l'enceinte à vide.

[0086] Le dispositif agit donc, simultanément, sur les moyens de régulation de la pression d'aspiration en amont de la pompe secondaire 9, pour réajuster la pression totale dans l'enceinte à vide et pour la maintenir constante.

[0087] Cela permet de dissocier complètement la com-

mande de la pression totale dans une enceinte à vide, pilotée par la consigne de pression totale 27, et la commande des pressions partielles dans la même enceinte à vide 8, pilotée par la consigne de pressions partielles 38.

[0088] La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui ont été explicitement décrits, mais elle en inclut les diverses variantes et généralisations qui sont à la portée de l'homme du métier.

Revendications

1. Dispositif pour établir et contrôler un mélange gazeux approprié à faible pression dans une enceinte à vide (8), comprenant :

- au moins une pompe secondaire (9) de type moléculaire, turbomoléculaire ou hybride,
- au moins une pompe primaire (10), adaptée pour refouler à la pression atmosphérique,
- une première canalisation (12) dont une entrée (13) est raccordée à une sortie (14) de l'enceinte à vide (8) et dont une sortie (15) est raccordée à une aspiration (16) de la pompe secondaire (9),
- une canalisation intermédiaire (17) dont une entrée (18) est raccordée à un refoulement (19) de la pompe secondaire (9) et dont une sortie (20) est raccordée à une aspiration (21) de la pompe primaire (10),
- des premiers moyens de contrôle et d'ajustement (22) adaptés pour contrôler et ajuster la pression gazeuse totale du mélange gazeux dans l'enceinte à vide (8) en fonction d'une consigne de pression totale (27),

caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- des seconds moyens de contrôle et d'ajustement (28), distincts des premiers moyens de contrôle et d'ajustement (22), disposés en aval de la pompe secondaire (9), et agissant sur la pression de refoulement de la pompe secondaire (9) dans la gamme de pressions où les modifications de pression entraînent des variations sensibles de vitesses sélectives de pompage des différents gaz du mélange, de façon à adapter la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire (9) et à ajuster ainsi les proportions des gaz du mélange gazeux dans l'enceinte à vide (8).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les premiers moyens de contrôle et d'ajustement (22) sont disposés en amont de la pompe secondaire (9), et comprennent une vanne de régulation (24) interposée dans la première canalisation (12) et/ou des moyens d'injection contrôlée de gaz (23) dans l'enceinte à vide (8).

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les seconds moyens de contrôle et d'ajustement (28) comprennent une vanne de régulation (29a) interposée dans la canalisation intermédiaire (17). 5
4. — Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les seconds moyens de contrôle et d'ajustement (28) comprennent un dispositif d'injection de gaz (29b) pour injecter un gaz neutre dans la canalisation intermédiaire (17). 10
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les seconds moyens de contrôle et d'ajustement (28) comprennent un moyen de pilotage de vitesse (29c) pour piloter la vitesse de la pompe primaire (10). 15
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'il** comprend : 20
- des capteurs de pressions partielles (34), aptes à déterminer les pressions partielles d'un ou plusieurs gaz du mélange gazeux dans l'enceinte à vide (8), et à produire des données de pressions partielles, 25
 - un contrôleur de pressions partielles (37), recevant les données de pressions partielles produites par les capteurs de pressions partielles (34), comparant ces données à une consigne de pressions partielles (38) en recherchant les écarts entre les proportions mesurées des gaz et les proportions correspondantes de la consigne de pressions partielles (38), et générant un signal de sortie qui pilote les seconds moyens de contrôle et d'ajustement (28) pour adapter la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire (9) dans le sens qui réduit l'écart entre les proportions mesurées des gaz et les proportions correspondantes de la consigne de pressions partielles (38). 30 35 40
7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** : 45
- le contrôleur de pressions partielles (37) génère sur sa sortie (39) une consigne de pression de refoulement,
 - un capteur de pression de refoulement (31) mesure la pression de refoulement dans la canalisation intermédiaire (17) et génère des données de mesure de pression de refoulement,
 - un contrôleur de pression de refoulement (30) reçoit la consigne de pression de refoulement et les données de pression de refoulement, et pilote des moyens de régulation (29) de la pression de refoulement pour réduire l'écart entre la 50 55
- consigne de pression de refoulement et les données de mesure de la pression de refoulement.
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'il** comprend un dispositif de commande (33) qui pilote les seconds moyens de contrôle et d'ajustement (28) selon un programme spécifique pour adapter la capacité de pompage sélectif de la pompe secondaire (9) aux différentes étapes successives d'un procédé de traitement se déroulant dans l'enceinte à vide (8).
9. — Procédé pour établir et contrôler un mélange gazeux approprié à faible pression dans une enceinte à vide (8) à l'aide d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'on** agit sur la pression de refoulement de la pompe secondaire (9) pour adapter sa capacité de pompage sélectif et ajuster ainsi les proportions des gaz dans le mélange gazeux.
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'on** agit sur la pression de refoulement en modifiant la conductance de la canalisation intermédiaire (17).
11. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce qu'on** agit sur la pression de refoulement en injectant un gaz neutre dans la canalisation intermédiaire (17).
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce qu'on** agit sur la pression de refoulement en modifiant la vitesse de la pompe primaire (10).
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce qu'on** agit sur la pression de refoulement de la pompe secondaire (9) en fonction des étapes successives d'un procédé de traitement se déroulant dans l'enceinte à vide (8).
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, **caractérisé en ce qu'on** agit sur la pression de refoulement de la pompe secondaire (9) dans le sens d'une augmentation de pompage d'humidité pendant un processus de vidage contrôlé de l'enceinte à vide (8).
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, **caractérisé en ce qu'on** agit sur la pression de refoulement de la pompe secondaire (9) dans le sens d'un maintien constant de la pression partielle d'au moins un gaz dans l'enceinte à vide (8).
16. Application d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 pour compenser les variations de caractéristiques de pompage d'une pompe

secondaire (9).

17. Application d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 pour compenser les dérives d'un système de pompage des gaz dans une enceinte à vide (8). 5
18. Application d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 pour augmenter la vitesse d'un procédé de gravure sèche par augmentation de la pression de refoulement de la pompe secondaire (9). 10
19. Application d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 pour maîtriser la qualité de dépôts CVD (dépôt chimique en phase vapeur) par action sur la pression de refoulement de la pompe secondaire (9). 15

20

25

30

35

40

45

50

55

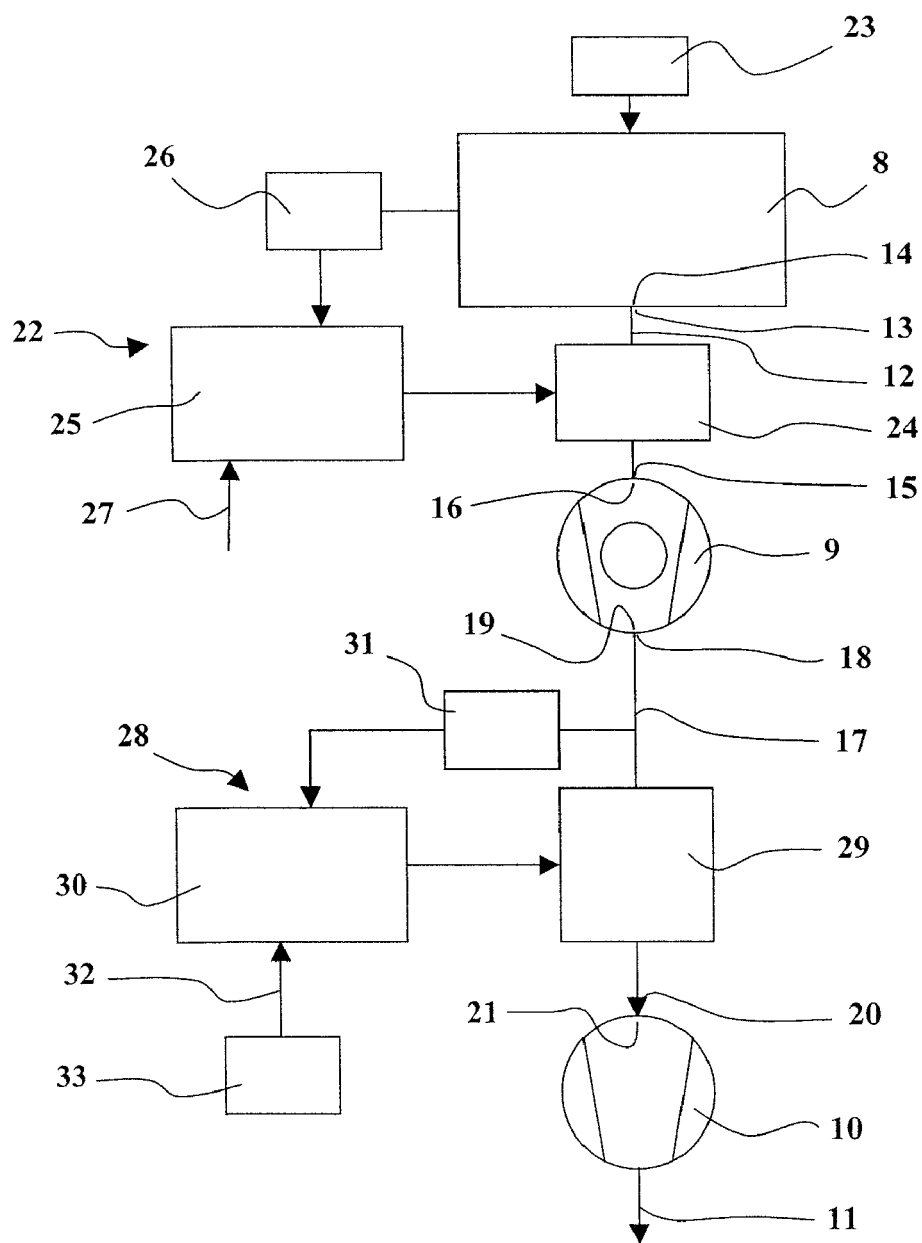


FIG. 1

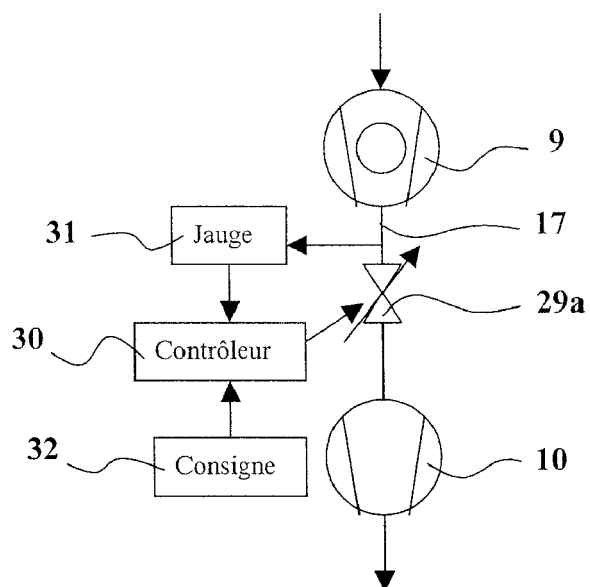


FIG. 2

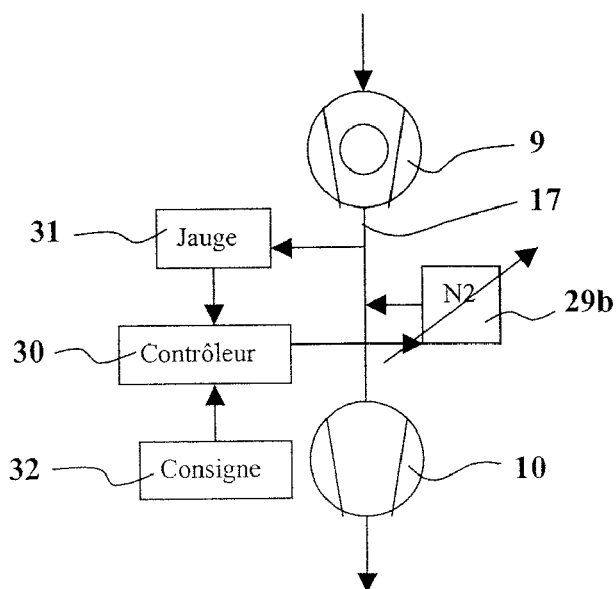


FIG. 3

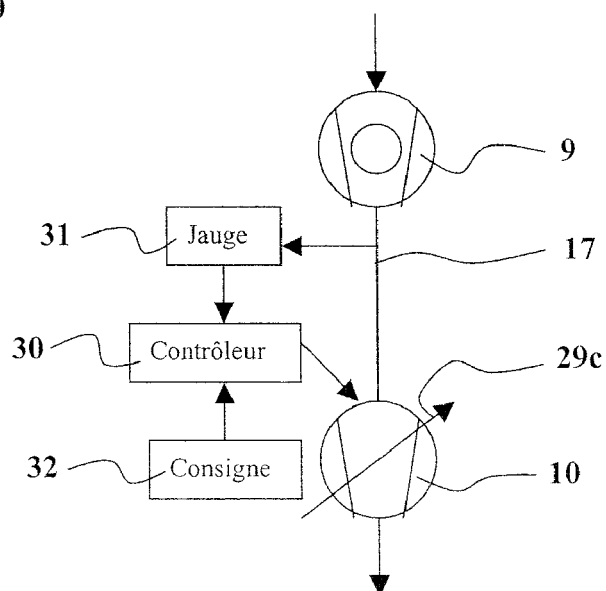


FIG. 4

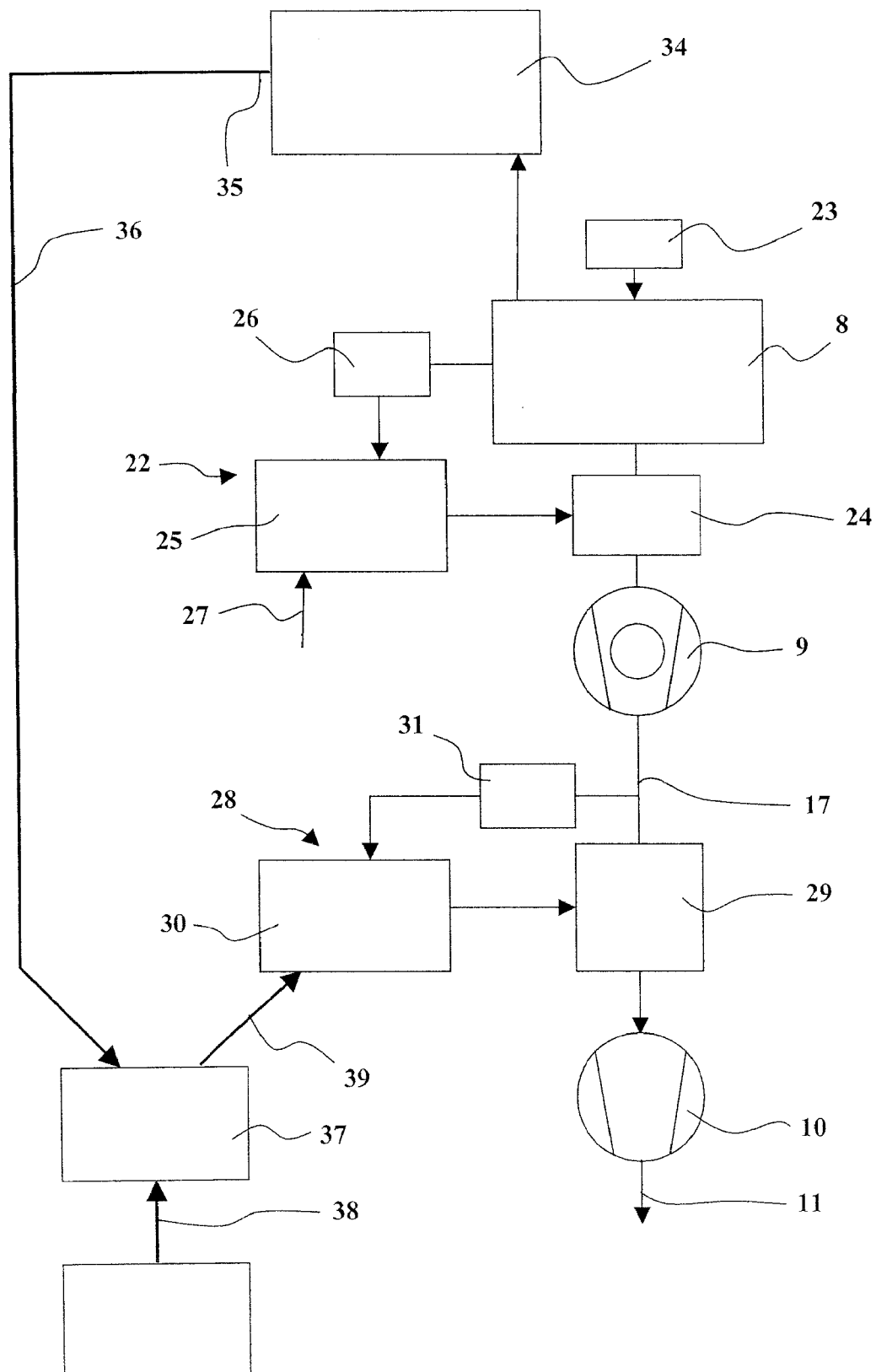


FIG. 5

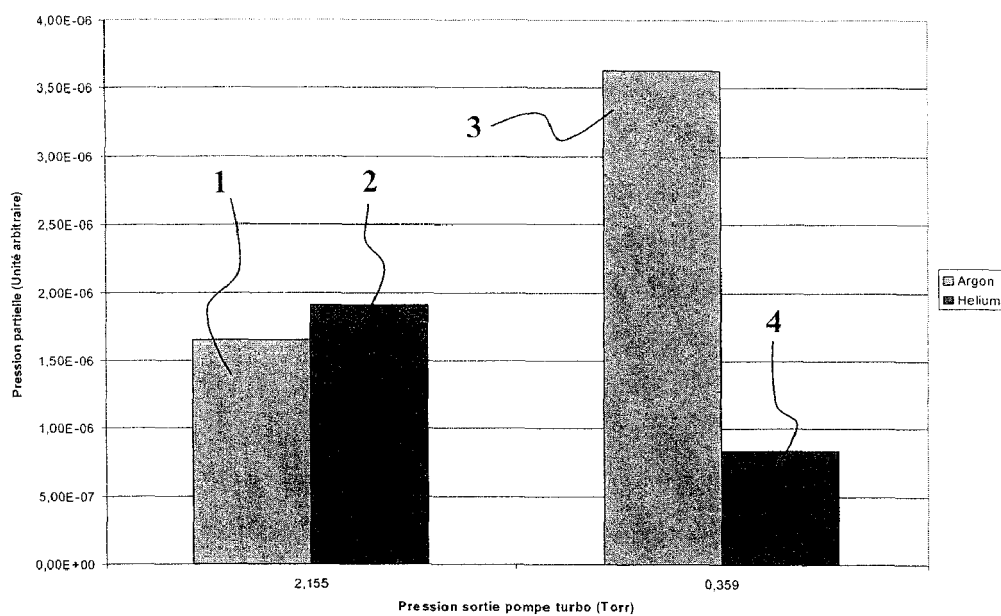


FIG. 6

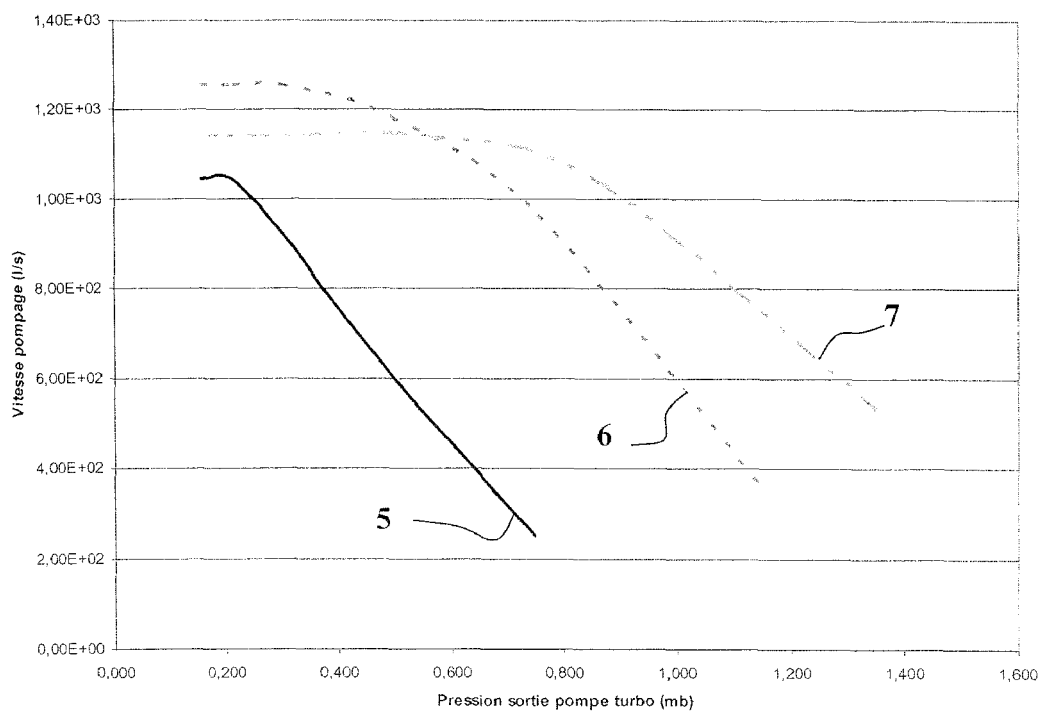


FIG. 7



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 5 944 049 A (BEYER ET AL) 31 août 1999 (1999-08-31) * colonne 9, ligne 51 - colonne 10, ligne 19; figure 10 *	1-5, 8-13,16, 17,19	F04D19/04 F04D27/00
A	FR 2 854 667 A (ALCATEL) 12 novembre 2004 (2004-11-12) * page 5, ligne 25 - page 7, ligne 7; figure 2 *	1-5, 8-13,16, 17	
A	US 4 699 570 A (BOHN ET AL) 13 octobre 1987 (1987-10-13) * colonne 3, ligne 19 - colonne 4, ligne 57; figure 4 *	1-3,5, 8-10,12, 16	
A	DE 100 43 783 A1 (LEYBOLD VAKUUM GMBH) 14 mars 2002 (2002-03-14) * alinéa [0014] - alinéa [0020]; figure 1 *	1-3,5, 8-10,12, 13,16,17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	EP 1 081 380 A (EBARA CORPORATION) 7 mars 2001 (2001-03-07) * alinéa [0028] - alinéa [0034]; figure 5 *	1,5,9, 12,13,16	F04D H01L F04B C23C G05D F04C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 9 février 2006	Examineur Di Giorgio, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 05 30 0948

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

09-02-2006

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5944049	A	31-08-1999	DE 69829377 D1 WO 9904325 A1 EP 0996877 A1 JP 2002508103 T	21-04-2005 28-01-1999 03-05-2000 12-03-2002
FR 2854667	A	12-11-2004	EP 1475535 A1 JP 2004332741 A US 2005025634 A1	10-11-2004 25-11-2004 03-02-2005
US 4699570	A	13-10-1987	AUCUN	
DE 10043783	A1	14-03-2002	AU 8770801 A WO 0221230 A2	22-03-2002 14-03-2002
EP 1081380	A	07-03-2001	WO 9960272 A1 JP 2000038999 A TW 483988 B US 6474949 B1	25-11-1999 08-02-2000 21-04-2002 05-11-2002

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82