

FOUR VERTICAL AVEC DISPOSITIF DE PIEGEAGE DE CONTAMINANTS

DOMAINE DE L'INVENTION

5

La présente invention concerne un four vertical. Elle concerne en particulier un four vertical muni d'un dispositif de piégeage de tout ou partie des contaminants présents dans les gaz neufs injectés pendant les traitements thermiques.

10

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

Les substrats de silicium ou de silicium sur isolant (SOI pour « Silicon on Insulator ») sont largement utilisés pour la fabrication de dispositifs microélectroniques. Comme cela est bien connu en soi, un tel substrat comporte une couche utile de silicium et un oxyde enterré, disposés sur un substrat support. Pour permettre une intégration toujours plus importante de transistors sur ces substrats, la diminution des dimensions latérales des composants élémentaires et la finesse de gravure requièrent des substrats d'une qualité croissante, tant en terme de qualité cristalline que d'uniformité de couches.

Pour l'élaboration d'un substrat SOI, des traitements thermiques à hautes températures sont appliqués, notamment pour consolider l'interface de collage ou réaliser la finition de la couche utile de silicium et de l'oxyde enterré. En particulier, une étape de recuit thermique à environ 1200°C, sous atmosphère inerte peut être utilisée pour le lissage thermique de la couche utile afin d'atteindre le niveau de rugosité de surface requis, typiquement < 0,2nm RMS.

Dans la physique du lissage thermique, les gaz présents à la surface des substrats jouent un rôle très important. A

hautes températures, l'oxygène réagit instantanément avec le silicium, empêchant le lissage et causant une sur-gravure de surface. Un taux très faible d'oxygène (<10 ppm) doit donc être maintenu lors de l'étape de lissage pour obtenir le
5 niveau requis de rugosité de surface. Les autres gaz tels que N₂, H₂O, CO, CO₂ ont des effets similaires ; on parle de gaz contaminants.

Or, le flux entrant de gaz inerte, à base d'argon, contient toujours une faible quantité de gaz contaminants. Ces
10 derniers réagissent au contact des substrats, plus particulièrement sur leurs bords ; les substrats situés dans le four à proximité de l'entrée de gaz neuf sont habituellement les plus impactés, et présentent des zones de rugosité élevée en bords. Ces zones de rugosité périphériques
15 (ZR) sont clairement visibles sur les cartographies (figure 1) issues de mesure de « haze » selon la terminologie anglo-saxonne répandue. Le « haze », mesuré en ppm, est issu d'une méthode utilisant les propriétés de réflectivité optique de la surface à caractériser, et correspond à un signal optique
20 diffusé par la surface, en raison de sa microrugosité.

Ces zones périphériques de rugosité élevée conduisent à des non uniformités d'épaisseur de la couche utile finale du substrat SOI incompatibles avec les applications visées.

25 Il n'existe pas de solution simple pour purifier à des niveaux suffisants le flux de gaz neuf entrant, le lissage de la surface des substrats SOI étant extrêmement sensible à la présence même infime de gaz contaminants. Les solutions de l'état de l'art (par exemple, US2005/0053535), les filtres du
30 commerce ou les purificateurs chauds capables de descendre les concentrations de contaminants en-dessous du ppt, ne permettent pas la suppression totale des zones de rugosité élevée en périphérie de substrats situés dans la partie supérieure de l'enceinte.

OBJET DE L'INVENTION

La présente invention vise à pallier tout ou partie des
5 inconvénients de l'état de la technique. Un objet de
l'invention est un four vertical permettant de limiter la
présence de contaminants dans le gaz neuf venant en contact de
la pluralité de substrats à traiter.

10

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

La présente invention concerne un four vertical
comprenant :

- 15 • une enceinte destinée à recevoir une colonne de
chargement,
• une voie d'entrée de gaz neuf, disposée à une
extrémité supérieure de l'enceinte,
• la colonne de chargement comprenant une partie
20 supérieure, et une partie centrale pour supporter une
pluralité de substrats,

Le four vertical est remarquable en ce qu'il comprend en
outre un dispositif de piégeage formé d'au moins un matériau
apte à piéger tout ou partie des contaminants présents dans le
25 gaz neuf. Le dispositif de piégeage inclut une pièce circulaire
disposée sur la partie supérieure de la colonne de chargement,
la pièce circulaire comprenant des ailettes, régulièrement
réparties sur une surface supérieure de la pièce circulaire,
pour augmenter la surface de contact du dispositif de piégeage
30 avec le gaz neuf. La pièce circulaire comprend également une
ouverture centrale dont le diamètre représente 20% à 50% du
diamètre de ladite pièce circulaire.

Enfin, le dispositif de piégeage comprend une pluralité
d'écrans, maintenus dans la partie supérieure de la colonne de

chargement, au-dessus des emplacements de la partie centrale destinés à supporter les substrats.

Selon des caractéristiques avantageuses de l'invention,
5 prises seules ou en combinaison :

- les ailettes sont sensiblement verticales ;
- les ailettes sont amovibles ;
- au moins l'écran placé en position supérieure, comporte un orifice central ;
- 10 • tout ou partie des écrans, disposés entre l'écran placé en position supérieure et un écran placé en position inférieure, comportent chacun un orifice central dont le diamètre est inférieur à celui de l'orifice de l'écran voisin placé au-dessus ;
- 15 • l'écran placé en position supérieure comprend des éléments verticaux, placés autour de l'orifice central ;
- le dispositif de piégeage est amovible lorsque la colonne de chargement est dans une position de déchargement des substrats, à l'extérieur de l'enceinte ;
- 20 • le dispositif de piégeage est composé de silicium.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 présente une cartographie de « haze » d'un substrat comportant des zones de rugosité
- 30 périphériques ;
- les figures 2a et 2b présentent un four vertical de l'état de la technique ;

- les figures 3a, 3b, 3c et 3d présentent un premier mode de réalisation d'un dispositif de piégeage pour un four vertical conforme à l'invention ;
- les figures 4a, 4b, 4c et 4d présentent un deuxième mode de réalisation d'un dispositif de piégeage pour un four vertical conforme à l'invention ;
- les figures 5a et 5b présentent un troisième mode de réalisation d'un dispositif de piégeage pour un four vertical conforme à l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Dans la partie descriptive, les mêmes références sur les figures pourront être utilisées pour des éléments de même nature.

L'invention concerne un équipement de traitement thermique et en particulier, un four de structure verticale. Comme bien connu dans l'état de l'art, un four vertical 1 comprend une enceinte 2 destinée à recevoir une colonne de chargement 3 (figure 2). Il comprend également la colonne de chargement 3 dont une partie centrale 3a est configurée pour supporter une pluralité de substrats 10. Cette partie centrale 3a se situe, dans l'enceinte 2, dans une zone centrale où la régulation des éléments chauffants 4 du four 1 assure une bonne homogénéité de température. La colonne de chargement 3 comporte également une partie supérieure 3b et une partie inférieure 3c, dans lesquelles on ne trouve pas de substrat. La partie supérieure 3b comporte un élément plan supérieur 30 ; elle peut également comporter des emplacements 31, sous l'élément plan supérieur 30, sensiblement identiques aux emplacements dans lesquels les substrats 10 sont supportés en partie centrale 3a de la colonne de chargement 3.

Le four vertical 1 comprend une voie d'entrée 5 de gaz neuf, disposée à une extrémité supérieure de l'enceinte 2, et une voie de sortie 6 de gaz, disposée à une extrémité inférieure de l'enceinte 2.

5

Comme illustré sur les figures 3a, 4a et 5a, le four vertical 1 selon l'invention comprend également un dispositif de piégeage 100 disposé sur la partie supérieure 3b de la colonne de chargement 3. Le dispositif de piégeage 100 est ainsi placé au plus près de l'arrivée de gaz neuf et n'empiète pas sur la partie centrale 3a de la colonne de chargement 3, dans laquelle se trouvent les substrats 10 à traiter. Le dispositif de piégeage 100 est formé d'au moins un matériau apte à piéger tout ou partie des contaminants présents dans le gaz neuf.

Avantageusement, le dispositif de piégeage 100 est composé de silicium, le silicium étant fortement réactif, à hautes températures avec les gaz contaminants contenus dans le gaz neuf. Le matériau du dispositif de piégeage 100 pourra consister en du silicium, du carbure de silicium, monocristallin, poly-cristallin ou amorphe, sans pour autant que cela soit limitatif.

Le dispositif de piégeage 100 inclut une pièce circulaire 101,111 disposée sur la partie supérieure 3b de la colonne de chargement 3, la pièce circulaire 101,111 comprenant des ailettes 102,112b, régulièrement réparties sur une surface supérieure de la pièce circulaire 101,111, pour augmenter la surface de contact du dispositif de piégeage 100 avec le gaz neuf.

Avantageusement, le dispositif de piégeage 100 est amovible lorsque la colonne de chargement 3 est dans une position de déchargement des substrats 10, à l'extérieur de

l'enceinte 2. Cela permet le changement et le nettoyage
potentiel du dispositif 100 lorsqu'il est chargé en
contaminants. Le changement du dispositif 100 pourra être
défini en fonction du nombre de traitements effectués dans le
5 four 1.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le
dispositif de piégeage 100 comprend une pièce circulaire 101
disposée sur la partie supérieure 3b de la colonne de
10 chargement 3 (figure 3a). En particulier, la pièce circulaire
101 est disposée sur l'élément plan supérieur 30.

Avantageusement, comme illustré sur la figure 3b, les
ailettes 102 sur la pièce circulaire 101 sont sensiblement
verticales, régulièrement réparties sur la surface supérieure
15 de la pièce circulaire 101. Comme précédemment évoqué, elles
ont pour but d'augmenter la surface de contact du dispositif
de piégeage 100 avec le gaz neuf, et ainsi de favoriser le
piégeage des gaz contaminants qu'il contient. La forme des
ailettes 102 ainsi que leur disposition pourront également
20 être choisies pour favoriser un écoulement homogène du gaz
neuf vers les parois de l'enceinte 2. Dans l'exemple illustré
en figure 3b, une région centrale 103 de la pièce circulaire
101 est dépourvue d'ailettes 102 : c'est la zone dans laquelle
la voie d'entrée 5 injecte le gaz neuf. La forme des ailettes
25 102 favorise l'uniformisation du flux de gaz neuf vers la
périphérie de la pièce circulaire 101, et donc vers les parois
de l'enceinte 2.

Avantageusement, la pièce circulaire 101 comporte
également un renflement 104 sur sa face opposée à la face
30 comprenant les ailettes 102. Ce renflement 104 est configuré
pour coopérer avec l'élément plan supérieur 30 de la colonne
de chargement 3, permettant un centrage précis et une tenue
mécanique du dispositif de piégeage 100 sur la colonne de
chargement 3.

La pièce circulaire 101 peut comprendre une ouverture centrale, dans la région centrale 103. L'ouverture centrale présente un diamètre représentant entre 20% et 50% du diamètre de la pièce circulaire 101 (figure 3c). Dans ce cas, le
5 dispositif de piégeage 100 comprend avantageusement une pluralité d'écrans 105, maintenus dans la partie supérieure 3b de la colonne de chargement 3, au-dessus des emplacements de la partie centrale 3a destinés à supporter les substrats 10 (figure 3d). La pièce circulaire 101, les ailettes 102 et les
10 écrans 105 sont tous formés en matériau apte à piéger les contaminants présents dans le gaz neuf : cette configuration du dispositif de piégeage 100 permet d'augmenter encore sa surface de contact avec le gaz neuf.

15

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le dispositif de piégeage 100 comprend également la pièce circulaire 111 disposée sur l'élément plan supérieur 30 de la colonne de chargement 3 (figure 4a). Comme illustré sur la
20 figure 4b, la pièce circulaire 111 comprend des logements rectilignes 112a, réparties sur la surface supérieure de la pièce circulaire 111. Les logements 112a sont configurés pour recevoir des ailettes 112b ; ces dernières sont amovibles et peuvent être individuellement remplacées, indépendamment de la
25 pièce circulaire 111. Comme dans le premier mode de réalisation, ces dernières ont pour but d'augmenter la surface de contact du dispositif de piégeage 100 avec le gaz neuf, et ainsi de favoriser le piégeage des gaz contaminants qu'il contient. La forme des ailettes 112b ainsi que leur
30 disposition pourront également être choisies pour favoriser une écoulement homogène du gaz neuf vers les parois de l'enceinte 2.

Dans l'exemple illustré en figures 4a et 4b, une région centrale 113 de la pièce circulaire 111 est dépourvue

d'ailettes 112b : c'est la zone dans laquelle la voie d'entrée
5 injecte le gaz neuf. La forme et l'orientation des ailettes
112b favorise l'uniformisation du flux de gaz neuf vers la
périphérique de la pièce circulaire 111, et donc vers les
5 parois de l'enceinte 2.

Avantageusement, la pièce circulaire 111 comporte
également un renflement sur sa face opposée à la face
comprenant les ailettes 112b. Ce renflement est configuré pour
coopérer avec l'élément plan supérieur 30 de la colonne de
10 chargement 3, permettant un centrage précis et une tenue
mécanique du dispositif de piégeage 100 sur la colonne de
chargement 3.

La pièce circulaire 111 peut comprendre une ouverture
centrale dans la région centrale 113 et dont le diamètre
15 représente 20% à 50% du diamètre de la pièce circulaire 111
(figure 4c). Dans ce cas, le dispositif de piégeage 100
comprend avantageusement une pluralité d'écrans 115, maintenus
dans la partie supérieure 3b de la colonne de chargement 3,
au-dessus des emplacements de la partie centrale 3a destinés à
20 supporter les substrats 10, comme illustré sur la figure 4d ;
sur cette figure, les ailettes 112b ne sont pas représentées
pour permettre la visualisation de l'ouverture centrale dans
la pièce circulaire 111. La pièce circulaire 111, les ailettes
112b et les écrans 115 sont tous formés en matériau apte à
25 piéger les contaminants présents dans le gaz neuf : cette
configuration du dispositif de piégeage 100 permet d'augmenter
encore sa surface de contact avec le gaz neuf.

Selon un troisième mode de réalisation de l'invention,
30 le dispositif de piégeage 100 peut comprendre l'une ou l'autre
des pièces circulaires 101,111, disposée sur l'élément plan
supérieur 30, la pièce circulaire 101,111 munies des ailettes
(102,112) pourra présenter tout ou partie des autres
caractéristiques décrites dans le premier ou le deuxième mode

de réalisation. Le dispositif de piégeage 100 comprend également une pluralité d'écrans 125, maintenus dans la partie supérieure 3b de la colonne de chargement 3, au-dessus des emplacements de la partie centrale 3a destinés à supporter les
5 substrats 10.

Selon ce troisième mode de réalisation, la pièce circulaire 101,111, comporte une ouverture centrale et au moins l'écran 125a placé en position supérieure, comporte un orifice central.

10 Dans une variante préférée illustrée en figure 5a, tout ou partie des écrans 125, disposés entre l'écran placé en position supérieure 125a et un écran placé en position inférieure 125b, comportent chacun un orifice central dont le diamètre est inférieur à celui de l'orifice de l'écran voisin
15 placé au-dessus. Cette configuration permet de distribuer le flux de gaz neuf progressivement entre les différents écrans 125 et améliore la surface de contact entre le dispositif de piégeage 100 et ledit gaz.

Selon une autre variante de ce troisième mode de
20 réalisation, l'écran placé en position supérieure 125b comprend des éléments verticaux 126, placés autour de l'orifice central (figure 5b). Le rôle de ces éléments verticaux est de canaliser le flux de gaz arrivant de la voie d'entrée 5 à travers l'ouverture centrale de la pièce
25 circulaire 101,111 ou à travers l'orifice de l'élément plan supérieur 30 de la colonne de chargement 3, et de favoriser sa distribution progressive entre les écrans 125.

Bien-sur, l'invention n'est pas limitée aux modes de
30 réalisation décrits et on peut y apporter des variantes de réalisation sans sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

REVENDEICATIONS

1. Four vertical (1) comprenant :

- 5 • une enceinte (2) destinée à recevoir une colonne de chargement (3),
- une voie d'entrée (5) de gaz neuf, disposée à une extrémité supérieure de l'enceinte (2),
- 10 • la colonne de chargement (3) comprenant une partie supérieure (3b), et une partie centrale (3a) pour supporter une pluralité de substrats (10),

Le four vertical (1) étant caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de piégeage (100) :

- formé d'au moins un matériau apte à piéger tout ou partie des contaminants présents dans le gaz neuf ;
- 15 - incluant une pièce circulaire (101,111) disposée sur la partie supérieure (3b) de la colonne de chargement (3), la pièce circulaire (101,111) comprenant des ailettes (102,112b), régulièrement réparties sur une surface supérieure de la pièce circulaire (101,111), et comprenant
- 20 une ouverture centrale dont le diamètre représente 20% à 50% du diamètre de la pièce circulaire (101,111) ;
- incluant une pluralité d'écrans (105,115,125), maintenus dans la partie supérieure (3b) de la colonne de chargement (3), au-dessus des emplacements de la partie
- 25 centrale (3a) destinés à supporter les substrats (10).

2. Four vertical (1) selon la revendication précédente, dans lequel les ailettes (112b) sont amovibles.

30 3. Four vertical (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins l'écran placé en position supérieure (125a), comporte un orifice central.

4. Four vertical (1) selon la revendication précédente, dans lequel tout ou partie des écrans (125), disposés entre l'écran placé en position supérieure (125a) et un écran placé en position inférieure (125b), comportent chacun un orifice central dont le diamètre est inférieur à celui de l'orifice de l'écran voisin placé au-dessus.
- 5
5. Four vertical (1) selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel l'écran placé en position supérieure (125a) comprend des éléments verticaux (126), placés autour de l'orifice central.
- 10
6. Four vertical (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de piégeage (100) est amovible lorsque la colonne de chargement (3) est dans une position de déchargement des substrats (10), à l'extérieur de l'enceinte (2).
- 15
7. Four vertical (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de piégeage (100) est composé de silicium.
- 20