

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
14 octobre 2010 (14.10.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/115862 A1

(51) Classification internationale des brevets :

H01L 21/223 (2006.01) C30B 31/02 (2006.01)
H01L 21/225 (2006.01) C30B 31/12 (2006.01)
H01L 21/00 (2006.01) C30B 31/16 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2010/054487

(22) Date de dépôt international :

6 avril 2010 (06.04.2010)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

09/01708 6 avril 2009 (06.04.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :

SEMCO ENGINEERING SA [FR/FR]; 525 rue de la Croix Verte, F-34196 Montpellier Cedex 5 (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) :

PELLEGRIN, Yvon [FR/FR]; 16 rue Ferdinand de Lesseps, F-34110 Frontignan (FR).

(74) Mandataire : RAVINA, Bernard; Ravina SA, 8 rue des

Briquetiers, BP 10077, ZA de Font Grasse, F-31703 Blagnac Cedex (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) :

AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD FOR BORON DOPING SILICON WAFERS

(54) Titre : PROCEDE DE DOPAGE AU BORE DE PLAQUETTES DE SILICIUM.

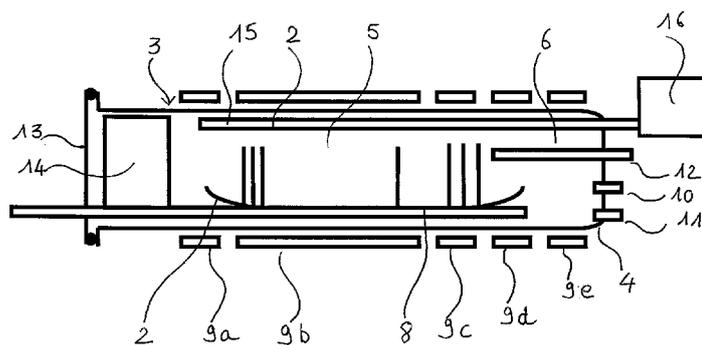


Figure 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for p-type boron doping of silicon wafers placed on a stand in a furnace chamber, one end of which comprises a wall in which is arranged a means for injecting reactive gases and a gas carrying a boron precursor in the gaseous state, said method including the following steps: a) causing a reaction in the chamber between the reagent gases and boron trichloride BCl₃ diluted in the carrier gas with a pressure of 1 kPa to 30 kPa, and a temperature of 800°C to 1100°C, so as to form a layer of boron trioxide B₂O₃, b) diffusing the atomic boron in the silicon in an atmosphere of N₂+O₂ with a pressure of 1 kPa to 30 kPa. The invention also relates to a furnace for implementing said doping method as well as to the uses thereof for producing large boron-doped silicon wafers, in particular for photovoltaic applications.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/115862 A1



L'invention a pour objet un procédé de dopage de type P par le bore de plaquettes de silicium places sur un support dans l'enceinte d'un four dont une extrémité comporte une paroi dans laquelle sont ménagés des moyens d'introduction des gaz réactifs et d'un gaz porteur d'un précurseur du bore sous forme gazeuse, ledit procédé comprenant les étapes consistant : a) faire réagir dans l'enceinte les gaz réactifs avec du trichlorure de bore BCl_3 dilué dans le gaz porteur une pression comprise entre 1 kPa et 30 kPa, et une température comprise entre 800 °C et 1100 °C, pour former une couche de verre d'oxyde de bore B_2O_3 , b) réaliser la diffusion du bore atomique dans le silicium sous atmosphère N_2+O_2 une pression comprise entre 1 kPa et 30 kPa. Est également revendiqué un four destiné à la mise en oeuvre dudit procédé de dopage ainsi que ses applications la fabrication de tranches de silicium dopé au bore de grande taille, notamment pour les applications photovoltaïques.

PROCEDE DE DOPAGE AU BORE DE PLAQUETTES DE SILICIUM

La présente invention appartient au domaine de la fabrication de plaquettes de silicium entrant dans le processus de réalisation de semi-conducteurs et de cellules photovoltaïques, et en particulier aux opérations de dopage des plaquettes de silicium.

Elle a pour objet un procédé de dopage de type P du silicium par le bore, à l'aide du trichlorure de bore pris comme précurseur, conduit à pression réduite. Elle a également pour objet un four destiné à la mise en œuvre dudit procédé de dopage ainsi que son application à la fabrication de tranches de silicium dopé au bore de grande taille.

Dans le processus d'élaboration des circuits intégrés pour l'électronique ainsi que des cellules solaires, la fabrication des semi-conducteurs repose sur des technologies basées principalement sur la modification intrinsèque du matériau silicium par dopage. Le dopage d'un matériau consiste à introduire dans sa matrice des atomes d'un autre matériau. Ces atomes vont se substituer à certains atomes initiaux et ainsi introduire davantage d'électrons ou créer des trous. L'insertion dans la maille du silicium d'éléments à déficit d'électron conduit à un matériau considéré comme positivement chargé, d'où le terme de dopage du type P. L'élément bore produit un tel type de dopage.

Le dopage est communément réalisé dans un réacteur ou four, soumis à des pression et température déterminées. L'élément dopant est introduit dans le four sous la forme d'un composé précurseur à l'état de vapeur, où il réagit avec un ou plusieurs gaz réactifs pour produire le composé dopant à proprement parler qui se dépose et diffuse le dopant dans le réseau atomique du silicium. Il est introduit dans l'enceinte du four à l'aide d'un gaz porteur qui a pour rôle de l'entraîner jusqu'à la surface des plaquettes de silicium. Pour ce faire, il est dilué dans le gaz porteur par mise en contact avec la source dudit précurseur, celle-ci pouvant être une source solide, liquide ou gazeuse.

On utilise pour la production industrielle, des fours horizontaux ou verticaux, dont l'enceinte adopte généralement la forme d'un tube cylindrique et dans laquelle les plaquettes de silicium sont disposées sur un support en quartz ou en carbure de silicium. L'une des extrémités de l'enceinte est dotée d'une porte pour permettre l'introduction des plaquettes. L'autre extrémité est obturée par une paroi terminale inamovible. Le gaz

dopant, le gaz porteur et les gaz réactifs peuvent être introduits au travers d'une des parois de l'enceinte, commodément à travers la paroi terminale.

On sait que les conditions opératoires, en particulier la température et la pression, sont des paramètres critiques de la dynamique des fluides dans un réacteur, mais aussi qu'elles ont une influence déterminante sur les cinétiques réactionnelles, les composés formés pouvant être fort différents selon les choix opérés. En particulier, il faut éviter la formation de composés agressif pour le réacteur, ou nocifs pour les opérateurs, et également limiter la production de produits secondaires de réaction qui viennent perturber la qualité du dopage, encrasser l'enceinte et polluer les effluents gazeux.

Il est impératif que la circulation gazeuse soit optimum pour obtenir un mouillage homogène des plaquettes disposées dans toute la longueur du réacteur (c'est-à-dire une mise en contact du mélange gazeux avec toute les surfaces à traiter), et un dépôt uniforme sur toute la surface des plaquettes. Il est par ailleurs indispensable que l'oxydation du précurseur soit maîtrisée, afin que le composé souhaité se forme et se dépose correctement, sans provoquer la formation de produits de réaction indésirables.

Selon un des procédés de dopage les plus utilisés, dit "en tube ouvert" car réalisé dans un four à pression atmosphérique, les plaquettes de silicium sont introduites dans le four et portées à une température comprise généralement entre 800°C et 1200°C. Cette température est nécessaire pour assurer la pénétration par diffusion du dopant dans une couche superficielle de la plaquette de silicium.

Toutefois, ces procédés engendrent des risques importants de dissémination d'acide dans le four et l'environnement. Dans l'enceinte réactive cette présence d'acide issu du dopant a des répercussions sur la répétitivité du traitement des plaquettes et crée souvent des problèmes de piqûres de la surface du silicium par HCl. L'échappement éventuel de vapeurs d'acide dans l'environnement du four conduit à des arrêts de maintenance prolongés et à une perte de productivité.

En raison d'une grande déplétion d'un point à l'autre de l'enceinte, les gaz doivent être envoyés avec un grand débit pour obtenir une distribution homogène sur toutes les plaquettes, ce qui engendre une importante consommation de gaz et par suite d'effluents

à traiter. Du fait de cette déplétion, pour obtenir une bonne uniformité du dopage sans accroître excessivement les coûts, les fours doivent garder des dimensions modérées, imposant de traiter des plaquettes de dimensions modestes (inférieures à 10 cm²), et un espace relativement important (supérieur à 5 mm) doit être prévu entre chaque plaquette.

- 5 Le nombre de plaquettes pouvant être chargées dans le four est ainsi limité à une cinquantaine d'unités. Cette contrainte est particulièrement désavantageuse pour la fabrication de plaquettes pour les cellules solaires.

En ce qui concerne plus spécifiquement le dopage au bore, des tentatives ont été faites
10 pour mettre au point des méthodes de dopage visant à remédier à ces difficultés. Des essais pour utiliser différentes sources de bore ont été effectués. Cependant, de nombreux obstacles sont à surmonter. L'acide borique en mélange avec du tétra-éthyl-ortho-silicate (TEOS) est à écarter car, même au degré de pureté maximum, il contient encore du fer, ce qui fait chuter les rendements. Le classique BBr₃ est un liquide toxique
15 et nocif pour les opérateurs comme pour les équipements. Le diborane, qui est un gaz mortel, doit quant à lui être rejeté pour des raisons évidentes de sécurité. Du fait de ces inconvénients, les producteurs sont demandeurs d'une technologie utilisant un précurseur gazeux, de faible toxicité.

20 Le trichlorure de brome est un composé gazeux répondant à cette exigence. Il a toutefois été délaissé du fait de la difficulté à en maîtriser la réactivité. On peut mentionner à ce sujet le brevet US 4 381 213 qui décrit une méthode de dopage de plaquettes de silicium par le bore par BCl₃, celle-ci nécessitant de nombreuses étapes. Une couche d'oxyde de 50 Angstroms est d'abord formée pour protéger la surface des plaquettes des produits
25 agressifs formés par réaction du composé borique dans les étapes suivantes. Puis une composition gazeuse contenant le précurseur borique est introduite dans le réacteur en même temps qu'un gaz oxydant, le tout réagissant sous vide contrôlé entre 6,7 Pa et 66,5 Pa, pour former une couche d'un composé boré sur les plaquettes. Enfin, une étape de chauffage provoque une redistribution du bore et son incorporation dans les plaquettes à
30 la profondeur désirée. Toutefois, il reste encore à obtenir la re-oxydation de la couche borée pour qu'elle puisse être éliminée sans endommager la surface des plaquettes.

Certaines approches ont visé à augmenter l'espacement entre les plaquettes ou à accroître le débit gazeux, ce qui n'est pas satisfaisant comme il a été expliqué plus haut.

D'autres ont recouru à un traitement sous basse pression, mais ces technologies sont très contraignantes dans leur mise en œuvre. D'autres encore se sont tournés vers l'utilisation de technologies très différentes, telles que l'implantation ionique, aux caractéristiques économiques et industrielles très lourdes et inadaptées pour les applications visées ici.

5

Ainsi, il existe un besoin exprimé depuis de nombreuses années et non satisfait jusqu'à ce jour, de disposer d'une technologie permettant de réaliser un dopage du silicium par le bore qui soit homogène, reproductible et fiable, et qui permette de traiter en un cycle plus d'une centaine de plaquettes de grande taille, avec une consommation modérée de gaz.

10

La présente invention a pour objectif de résoudre les problèmes sus évoqués pour répondre à ce besoin, en proposant un nouveau procédé de dopage du silicium par le bore.

15

Le procédé proposé présente l'avantage de fonctionner à pression réduite, c'est-à-dire à une pression sub-atmosphérique, mais cependant très supérieure aux pressions des procédés relevant des technologies de LPCVD (pour Low Pressure Chemical Vapor Deposition) qui sont de l'ordre de quelques Pascals. Les conditions opératoires définies permettent de mettre en œuvre le trichlorure de bore BCl_3 , (aussi appelé trichloroborane),

20

un gaz considéré comme ayant une réactivité difficilement maîtrisable, en tant que composé précurseur de l'élément dopant. Grâce à la mise au point de ces conditions opératoires particulières, il est désormais possible de réaliser un dopage au bore à l'aide d'un gaz précurseur qui présente l'avantage d'être relativement facile à manipuler pour les utilisateurs. Un autre avantage du procédé proposé repose sur un mélange intime des

25

gaz dans un certain ordre, qui favorise un dépôt uniforme sur l'ensemble des plaquettes. Les performances ainsi atteintes ouvrent la possibilité de réaliser le dopage de plaquettes de grande taille et en grandes quantités, qui sont utilisables en particulier pour la fabrication des cellules photovoltaïques, avec un excellent rendement et dans des conditions de sécurité inégalées.

30

Les autres contraintes industrielles pour réaliser l'oxydation du précurseur et le dépôt puis la diffusion du bore dans la couche de silicium sont respectées et aboutissent à un dopage de haute qualité des plaquettes traitées.

Ainsi, la présente invention a pour objet un procédé de dopage par le bore de plaquettes de silicium placées sur un support dans l'enceinte d'un four dont une extrémité comporte une paroi dans laquelle sont ménagés des moyens d'introduction des gaz réactifs et d'un gaz porteur d'un précurseur du bore sous forme gazeuse, ledit procédé comprenant les

5 étapes consistant à :

- a) - faire réagir dans l'enceinte les gaz réactifs avec du trichlorure de bore BCl_3 dilué dans le gaz porteur à une pression comprise entre 1 kPa et 30 kPa, et à une température comprise entre 800 °C et 1100 °C, pour former une couche de verre d'oxyde de bore B_2O_3 ,
- 10 b) - réaliser la diffusion du bore atomique dans le silicium sous atmosphère N_2+O_2 à une pression comprise entre 1 kPa et 30 kPa.

Le procédé est réalisé dans un four, adoptant par exemple la forme d'un tube cylindrique communément horizontal, pourvu d'une enceinte fermée hermétiquement par une porte et

15 dans laquelle sont introduites les plaquettes. Le four comporte des tubulures d'injection des gaz dans l'enceinte dans des conditions de débit et de pression parfaitement contrôlées, pour accomplir les étapes susvisées. L'extraction des gaz est assurée par un conduit supplémentaire aménagé dans la paroi du réacteur. L'ouverture de ce conduit est

20 située à l'extrémité opposée aux conduits d'injection des gaz, de préférence coté porte. Des moyens de chauffage, constitués par exemple par des résistances électriques, sont répartis autour de l'enceinte à écartement de cette dernière ou bien à son contact.

Le four est pourvu de moyens d'extraction des gaz, comprenant des moyens d'aspiration reliés au susdit conduit d'évacuation, contribuant à créer dans l'enceinte une dépression

25 constante et contrôlée. Cette aspiration permet d'orienter et de maintenir la vitesse des gaz dans l'enceinte tout en évacuant constamment les effluents, de façon à déplacer favorablement d'éventuels équilibres chimiques lors des réactions. Ces moyens d'extraction des gaz ont pour composant essentiel une pompe à membrane dont les organes en contact avec les gaz sont constitués d'un composé polymère perfluoré. De la

30 même façon, tous les éléments en contact avec les gaz réactifs sont en polymère perfluoré, en quartz, ou en carbure de silicium.

Selon le procédé, dans un premier temps, la décomposition du précurseur du bore produit un composé oxydé B_2O_3 qui se dépose sous forme de verre sur le silicium des plaquettes

et, dans un deuxième temps, il y a diffusion d'atomes de bore dans le silicium et modification locale de ses propriétés semi-conductrices, cette étape réalisant le dopage du silicium à proprement parler.

- 5 Ces deux étapes sont conduites à des niveaux de pression dits sub-atmosphériques, et sont compatibles avec des moyens relativement simples pour la création de la dépression, à la différence des outils et procédés mis en oeuvre dans les technologies basse pression telles que la LPCVD et dans les technologies atmosphériques.
- 10 Les gaz réactifs désignent aux fins de la présente description, les gaz qui réagissent avec le gaz précurseur (à l'exclusion du gaz précurseur lui-même). Typiquement, par soucis de clarté et bien que d'autres gaz puissent être utilisés, les gaz réactifs mentionnés ici seront l'oxygène et l'hydrogène, le gaz porteur étant l'azote. Le gaz porteur peut être introduit dans l'enceinte alors qu'il contient ou non le gaz précurseur, selon l'étape du procédé
- 15 concernée, ce qui sera précisé si le contexte ne le rend pas évident. Les principales caractéristiques des réactions chimiques concernées et en particulier leur cinétique, ont été publiées par V. Geiss et E. Fröschle dans J. Electrochem. Soc. : Solid State Science and Technology, Jan 1976, p133 à 136.
- 20 Il est souligné également que les grandeurs physiques (température, pression, débits, etc.) sont données par référence aux conditions normales de température et de pression.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, à l'étape b), la pression dans l'enceinte est comprise entre 15 kPa et 30 kPa (soit entre 150 mbar et 300 mbar). Ainsi,

25 lors de cette seconde phase du procédé, on peut soit maintenir une pression identique à celle de la première phase, soit l'accroître si l'on souhaite accélérer la diffusion du dopant dans le réseau de silicium, sans nuire à la qualité recherchée du produit final.

Selon une autre caractéristique préférée du procédé objet de l'invention, durant les étapes

30 a) et b), la température dans la zone de l'enceinte au voisinage des plaquettes est comprise entre 900°C et 1000°C. On s'intéresse ici spécifiquement à la zone de traitement, c'est-à-dire à la zone du four où sont placées les plaquettes durant le cycle et où se produit le dépôt du précurseur, les autres segments du four pouvant être réglés en température de manière différente comme on le verra plus loin.

Dans un mode de réalisation avantageux de la présente invention à l'étape a), le trichlorure de bore est apporté dans l'enceinte à raison de 20 cm³/mn à 100 cm³/mn. De préférence, il est introduit dans l'enceinte avec un débit représentant environ le quart du
5 débit de l'oxygène injecté.

Comme déjà indiqué, le trichlorure de bore est distribué à l'aide d'un gaz porteur, celui-ci étant un gaz neutre, par exemple de l'azote ou de l'argon. D'une façon inattendue, il est apparu que le facteur de dilution pouvait être très large. Ainsi, selon l'invention, le
10 trichlorure de bore est dilué dans le gaz porteur à une concentration comprise entre 3% et 95% en volume.

Selon une autre caractéristique intéressante du procédé objet de l'invention, le débit gazeux total dans l'enceinte est inférieur à 5 litres par minute.
15

Selon une caractéristique avantageuse du procédé objet de l'invention, les gaz réactifs et le gaz porteur du trichlorure de bore sont introduits dans une zone libre ménagée dans la section de l'enceinte comprise entre la paroi d'extrémité et la zone de traitement accueillant les plaquettes, où ils se mélangent avant de balayer et de mouiller lesdites
20 plaquettes, la zone libre occupant avantageusement de 10% à 20% du volume total de l'enceinte.

En effet, si le mélange des gaz est effectué *ex situ*, c'est-à-dire avant leur injection dans l'enceinte, les réactions sont difficilement maîtrisables du fait de la grande réactivité des
25 composés en jeu. A contrario, lorsque le mélange des gaz est effectué au niveau des plaquettes, l'homogénéité du dopage est très mauvaise et la reproductibilité incertaine. Le dépôt d'oxyde est satisfaisant lorsque le mélange des gaz réactifs avec le précurseur est réalisé *in situ*, c'est-à-dire dans l'enceinte même, au niveau de l'espace libre dépourvu de plaquettes, ménagé à cet effet. Ce volume libre est ainsi apparu nécessaire et suffisant
30 pour effectuer de manière optimale le mélange des différents gaz devant réagir ensemble afin de réaliser le dépôt de l'oxyde de bore. De préférence, pour des raisons de mise en œuvre, cette zone libre est située du côté opposé à l'extrémité du four muni de la porte.

- Conformément à une autre caractéristique avantageuse du procédé selon l'invention, durant l'étape a), la température dans la zone libre de l'enceinte est inférieure de 5% à 15%, de préférence d'environ 10%, à la température de la zone traitement. Les moyens de chauffage de l'enceinte ici utilisés sont de manière connue composés de plusieurs
- 5 éléments indépendants permettant la réalisation d'un profil thermique longitudinal adaptable et contrôlable. L'un de ces éléments est placé au niveau de la zone libre, et est contrôlé de manière séparée, de sorte à obtenir une température plus basse dans cette zone libre que dans la zone de traitement de l'enceinte.
- 10 De manière intéressante, dans le procédé selon la présente invention, les gaz réagissant avec le précurseur sont l'oxygène et l'hydrogène, le gaz porteur est l'azote, et chacun desdits gaz est introduit dans l'enceinte par un conduit distinct. Il va de soi que le gaz porteur est chargé du précurseur durant le traitement, mais peut être introduit seul lors des opérations annexes au traitement lui-même.
- 15 Ainsi, contrairement à d'autres techniques, les gaz réactifs et le précurseur du dopant (H_2 , O_2 et BCl_3) sont injectés séparément et n'interagissent qu'à partir du moment où ils pénètrent dans l'enceinte à une température donnée. Le mélange est d'autant plus performant qu'il peut se réaliser avant d'atteindre les plaquettes, dans une zone libre et
- 20 moins chaude. Ceci offre l'intérêt d'homogénéiser le mélange N_2 - BCl_3 et H_2 avant d'initier les réactions chimiques conduisant à l'oxydation et au dépôt du précurseur. Il est ainsi possible d'obtenir une meilleure maîtrise des cinétiques réactionnelles qui se déroulent uniquement dans l'enceinte.
- 25 Selon une caractéristique préférée du procédé objet de l'invention, l'hydrogène et le gaz porteur chargé ou non du précurseur borique sont introduits dans la zone libre de l'enceinte au voisinage de la paroi d'extrémité, et l'oxygène est introduit au voisinage de la zone de traitement. Ainsi, le gaz précurseur dilué dans le gaz porteur et l'hydrogène se mélangent avant de réagir avec l'oxygène, au voisinage de la zone la plus chaude, au
- 30 plus près de l'emplacement occupé par les plaquettes. Par ailleurs, les gaz sont évacués par un conduit d'extraction dont l'orifice s'ouvre à l'opposé de la paroi d'extrémité, ledit conduit étant lié à une unité d'aspiration dotée d'un système de régulation et de contrôle de la pression régnant dans l'enceinte. Les cinétiques réactionnelles sont apparues améliorées par ce dispositif.

Selon un mode particulier de mise en œuvre de la présente invention, à l'étape a), les gaz sont introduits dans l'enceinte dans les proportions volumiques suivantes :

- gaz porteur + précurseur du bore : de 55 % à 80 %, 5
- hydrogène : de 0,5% à 15%
- oxygène : de 15 % à 30 %, 10

Ces proportions particulières illustrent une combinaison de valeurs possibles parmi d'autres pour réaliser une couche de silicium dopée au bore, répondant aux exigences d'homogénéité et d'uniformité requises. Par exemple, on peut employer 1/4 d'oxygène, 1/8 d'hydrogène et 5/8 de gaz porteur + précurseur. Il est apparu en outre de manière inattendue, qu'une faible quantité d'hydrogène suffisait à une réalisation tout à fait satisfaisante du procédé.

En outre, de manière avantageuse, le procédé selon l'invention comprend une étape précédant l'étape a), au cours de laquelle on stabilise les paramètres opératoires des gaz réactifs et du gaz porteur, à savoir débits, pression, flux, températures. Durant cette étape qui est brève (elle dure quelques dizaines de secondes), il se produit une oxydation humide superficielle du silicium, ce qui évite la formation indésirable de composés de type Si_yB_x lors de la mise en contact du précurseur et du silicium. La vapeur d'eau est formée par réaction de l'oxygène avec l'hydrogène. 20

Pour la réalisation du procédé selon l'invention, l'homme du métier fixera les temps de dépôt du précurseur et de diffusion du bore en fonction des résultats recherchés en terme de concentration de l'élément dopant et de profondeur de pénétration dans le silicium. Par exemple, l'étape a) de dépôt d'une couche de verre d'oxyde de bore B_2O_3 peut être conduite durant de 5 mn à 30 mn environ, et l'étape b) de diffusion du bore atomique peut durer de 10 mn à 30 mn environ. 25

Au niveau du fonctionnement industriel, le procédé tel qu'il vient d'être décrit est particulièrement performant, car il offre une reproductibilité élevée, y compris suite aux redémarrages après arrêts. Aucun excédent (overdose) de dopants ni aucun effet mémoire n'ont été observés. En comparaison avec les technologies atmosphériques ou LPCVD, la propreté périphérique est satisfaisante, la fréquence des nettoyages est 30

fortement diminuée. De ce fait, les temps maintenance sont significativement raccourcis, et plus généralement les coûts de fonctionnement réduits en proportion.

Le procédé ici revendiqué peut avantageusement être mis en œuvre dans un four dont le
5 modèle général est celui des fours utilisés dans les technologies voisines pour le dopage sous pression réduite, en particulier en ce qui concerne les moyens d'obtention de la dépression par une pompe à membrane et le contrôle et la régulation de cette dépression, tels que celui décrit dans la demande de brevet FR 2 824 663, mais comportant des caractéristiques propres à répondre aux particularités du dopage au bore dans les
10 conditions spécifiées plus haut.

C'est pourquoi, est également objet de la présente invention, un four pour le dopage par le bore de plaquettes de silicium placées sur un support, comprenant une enceinte dont une extrémité comporte une paroi dans laquelle sont ménagés des moyens d'introduction
15 des gaz réactifs et d'un gaz porteur d'un précurseur du bore sous forme gazeuse, ledit four étant caractérisé en ce que l'enceinte comprend une zone de réception du support des plaquettes, dite zone de traitement, et une zone libre ménagée entre ladite paroi d'extrémité et ladite zone de réception du support des plaquettes, ladite zone libre occupant de 10% à 20% du volume total de l'enceinte.

20

Le four objet de l'invention est avantageusement muni de moyens de chauffage de l'enceinte composés de plusieurs éléments indépendants permettant la réalisation d'un profil thermique longitudinal adaptable et contrôlable, l'un au moins de ces éléments étant dédié au chauffage spécifique de la zone libre. De manière optimale, on dispose cinq
25 éléments le long de la paroi de l'enceinte, chacun étant muni de capteurs et de moyens de réguler la température dans le segment du four correspondant. Cette disposition évite l'apparition de différences thermiques le long de la zone de traitement du four, notamment au niveau de la porte, tout en permettant comme on le souhaite ici, de réduire la température à l'extrémité de l'enceinte.

30

Selon une caractéristique préférée de l'invention, ledit four comporte deux conduits distincts l'un pour l'introduction d'un premier gaz réactif, par exemple de l'hydrogène, et l'autre pour l'introduction du gaz porteur (et du précurseur du bore), ceux-ci débouchant dans la zone libre au voisinage de la paroi d'extrémité, et un conduit pour l'introduction

d'un second gaz réactif, par exemple de l'oxygène, débouchant au voisinage de la zone de traitement. Il comporte également un conduit d'extraction des gaz dont l'orifice s'ouvre à l'opposé de la paroi d'extrémité, ledit conduit étant lié à une unité d'aspiration dotée d'un système de régulation et de contrôle de la pression régnant dans l'enceinte.

5

Le procédé qui vient d'être décrit répond aux exigences de qualité et d'efficacité recherchées par les producteurs de plaquettes de silicium dopé. En particulier, cette technologie est compatible avec nombre d'équipements utilisés jusqu'à présent. Elle assure une excellente uniformité du traitement sur toute la surface d'une même plaquette, sur chaque plaquette d'une même charge (lot de plaquettes chargées sur le support), ainsi que de charge à charge. Elle permet en outre le traitement de plaquettes sans limitation de taille, ce qui constitue un avantage certain, notamment pour les applications photovoltaïques.

15

C'est pourquoi est également objet de la présente invention, l'application du procédé tel que décrit ci-dessus à la création de jonctions de type P sur des tranches de silicium de surface allant de 50 cm² à 700 cm². On obtient des tranches de silicium rondes ou carrées, dopées au bore, dont la surface correspond à celle des plaquettes de dimensions classiques actuelles.

20

La technologie ici décrite présente en outre l'avantage d'autoriser la fabrication de plaques conductrices dopées plus fine et qui consomment donc moins de silicium. Est revendiquée l'application du procédé précédemment décrit pour la production de tranches de silicium dopées au bore, d'épaisseur comprise entre 100 µm et 150 µm. La combinaison d'une taille élevée et d'une épaisseur réduite des plaques de silicium dopées au bore rend celles-ci particulièrement adaptées à leur utilisation dans le domaine de la fabrication des cellules photovoltaïques. Elle autorise en particulier la fabrication de plaques semi-conductrices consommant moins de silicium, ce qui est décisif dans un contexte d'approvisionnement aléatoire en matière première.

30

Le procédé inventif trouve en effet son application pour la réalisation des jonctions de type P sur des lots d'une ou de plusieurs centaines de tranches de silicium disposées sur leur support à intervalle inférieur ou égal à 5 mm. En effet, les performances atteintes par le présent procédé sont telles qu'il devient possible de traiter de manière homogène en un

seul cycle un grand nombre de plaquettes, mêmes si elles sont disposées avec un espacement réduit entre elles. Ceci représente un atout industriel indiscutable.

Cette invention est finalement applicable pour tout développement technique dans le
5 domaine de la fabrication des cellules photovoltaïques, ou autre, nécessitant un dopage P au bore, avec une grande productivité, et permet notamment la fabrication des plaques photovoltaïques bifaces.

En outre, le procédé tel que décrit peut avantageusement s'appliquer à la production de
10 tranches de silicium dopées au bore destinées à la fabrication de cellules photovoltaïques à partir de silicium N de qualité métallurgique.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'une forme de réalisation donnée à titre d'exemple non limitatif.
15

EXEMPLE 1

La Figure 1 présente une vue schématique en coupe d'un four selon l'invention, pour le traitement de plaquettes de silicium.
20

Le four selon la Figure 1 est doté de l'enceinte étanche 3 associée aux moyens de chauffage 9, dans laquelle sont introduites les plaquettes de silicium 1 placées sur le support 2 et devant subir le traitement. L'enceinte 3, de forme cylindrique, est fermée hermétiquement à ses extrémités par la paroi terminale fixe 4 et par la porte 13 protégée
25 par le bouchon thermique 14 en quartz opaque d'un diamètre légèrement inférieur à celui du tube. L'enceinte comprend la zone de traitement 5 et la zone libre 6. Les plaquettes 1 sont disposées dans l'enceinte 3 du four de manière transversale à la direction d'écoulement des gaz.

30 Les moyens de chauffage 9, installés autour de l'enceinte 3 sont constitués de 5 segments indépendants 9a-9e, permettant la réalisation d'un profil thermique longitudinal adaptable et contrôlable. Le segment 9e du dispositif de chauffage est à l'aplomb de la zone libre 6.

Le four comporte les trois conduits 10, 11, 12 d'introduction des gaz dans l'enceinte 3, et le conduit 15 d'extraction des effluents gazeux, qui est relié à l'unité d'aspiration 16, cette unité d'aspiration étant située à distance du four dans une zone tempérée. L'unité d'aspiration 16 comprend une pompe aspirante refoulante, avantageusement du type à
5 membrane, réalisée, au moins pour ses organes en contact avec les gaz, en une matière apte à résister à la corrosion, par exemple à base d'un polymère perfluoré tel que le polytétrafluoroéthylène (PTFE) ou le perfluoroalkoxy (PFA), plus connus sous le nom commercial générique de TEFLON. L'unité d'aspiration 16 comporte aussi des organes de contrôle et de régulation de la dépression dans l'enceinte du four.

10

Les conduits 10, 11, 12 d'introduction des gaz dans l'enceinte traversent de part en part la paroi d'extrémité 4 et débouchent dans la zone libre 6. Le conduit 15 d'extraction des gaz traverse également la paroi terminale 4, mais il prend naissance à l'extrémité opposée de l'enceinte. Le premier conduit 11 introduit de l'hydrogène au voisinage de la paroi 4, et le
15 deuxième conduit 12 introduit le mélange N_2-BCl_3 aussi au voisinage de la paroi 4, pour éviter le craquage anticipé du mélange H_2, N_2-BCl_3 . Le conduit 12 introduit dans l'enceinte 3 de l'oxygène. Ce conduit débouche dans l'enceinte 3 au niveau de la zone de traitement 5, à proximité de l'emplacement occupé par le support 2 des plaquettes 1.

20

EXEMPLE 2

Le présent exemple décrit un cycle de traitement d'un lot de plaquettes de silicium par un mode de réalisation particulier du procédé de dopage par le bore selon l'invention.

25 Le traitement se fait dans un four tel que décrit à l'exemple précédent. Le support 2 est chargé de 400 plaquettes de silicium de 150 mm de diamètre, et est placé dans la zone de traitement 5 de l'enceinte 3. La porte 13 est fermée hermétiquement et le dispositif de chauffage 9 permet d'atteindre une température régulée de $960^\circ C$ pour la zone de traitement 5 et $880^\circ C$ dans la zone libre 6. Au bout de quelques minutes, les gaz réactifs
30 sont admis dans l'enceinte, pour une stabilisation de la pression et du débit. La pression est fixée à 30 kPa.

Le gaz porteur est l'azote, le précurseur du bore est le trichlorure de bore BCl_3 gazeux. Les gaz réactifs sont l'oxygène et l'hydrogène. L'injection se poursuit 15 mn, avec un débit total de l'ordre de 5 litres de gaz par minute, dans les proportions suivantes :

	BCl_3 :	1 vol/min
5	O_2 :	4 vol/min
	N_2 et H_2 :	complément volumique

Le gaz actif BCl_3 est mélangé initialement à l'azote dans des proportions rigoureuses grâce à l'utilisation d'un dispositif de contrôle de flux de masse. La pression de ce
10 mélange est ajustée et contrôlée à environ une atmosphère. Une vanne installée entre ce dispositif et les conduits d'introduction des gaz assure la perte de charge nécessaire pour obtenir la pression souhaitée dans l'enceinte du réacteur. De la même façon, la composition et les débits et pressions d'hydrogène et d'oxygène sont rigoureusement ajustés et contrôlés. A l'issue de cette étape, une couche d'oxyde de bore B_2O_3 , s'est
15 déposée à la surface des tranches.

La phase de diffusion est alors conduite durant 30 mn de la manière suivante : la température est maintenue à 960°C , et la pression est amenée à 250 mbar pour un meilleur échange thermique assurant une uniformité des températures et donc une
20 uniformité de la diffusion. Le débit d'azote et d'oxygène est maintenu au même niveau qu'à l'étape précédente.

A l'issu du cycle complet de traitement, les plaquettes sont testées pour différentes propriétés. Les mesures effectuées à l'ellipsomètre indiquent que le verre formé en
25 surface des plaquettes contient des atomes de bore sur une épaisseur de 1300 Angström. L'indice de réfraction est de $1,475 \pm 0,025$. Les mesures d'uniformité sont réalisées en neuf points de trois plaquettes par lot. On obtient un taux d'uniformité inférieur à 5%, aussi bien de point à point sur une plaque, de plaque à plaque sur un lot, que de lot à lot.

30 On constate donc que les résultats du dopage au bore du silicium réalisé dans les conditions définies ci-dessus conformément à la présente invention sont excellents, d'autant que les plaquette traitées sont de grande taille et que 400 plaquettes ont été dopées en un seul chargement.

REVENDEICATIONS

- 1.- Procédé de dopage par le bore de plaquettes de silicium (1) placées sur un support (2) dans l'enceinte (3) d'un four dont une extrémité comporte une paroi (4) dans laquelle sont ménagés des moyens d'introduction des gaz réactifs et d'un gaz porteur d'un précurseur du bore sous forme gazeuse, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :
- 5
- a) - faire réagir dans l'enceinte (3) les gaz réactifs avec du trichlorure de bore BCl_3 dilué dans le gaz porteur, à une pression comprise entre 1 kPa et 30 kPa et à une température comprise entre 800 °C et 1100 °C, pour former une couche de verre d'oxyde de bore B_2O_3 ,
- 10
- b) - réaliser la diffusion du bore dans le silicium sous atmosphère de $\text{N}_2 + \text{O}_2$ à une pression comprise entre 1 kPa et 30 kPa.
- 15
- 2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, à l'étape b), la pression dans l'enceinte (3) est comprise entre 15 kPa et 30 kPa.
- 3.- Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que durant les étapes a) et b), la température dans la zone de l'enceinte au voisinage des plaquettes (1), dite zone de traitement (5), est comprise entre 900 °C et 1000 °C.
- 20
- 4.- Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, à l'étape a), le trichlorure de bore est apporté dans l'enceinte (3) à raison de 20 cm^3/mn à 100 cm^3/mn , représentant de préférence environ le quart du débit de l'oxygène injecté.
- 25
- 5.- Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le trichlorure de bore est dilué dans le gaz porteur à une concentration comprise entre 3 % et 95 % en volume.
- 30
- 6.- Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le débit gazeux total dans l'enceinte (3) est inférieur à 5 litres par minute.
- 7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les gaz réactifs et le gaz porteur du trichlorure de bore sont introduits dans une

zone libre (6) ménagée dans la section de l'enceinte (3) comprise entre ladite paroi d'extrémité (4) et la zone de traitement (5) accueillant les plaquettes (1), où ils se mélangent avant de mouiller lesdites plaquettes, ladite zone libre (6) occupant de 10% à 20% du volume total de l'enceinte (3).

5

8.- Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que, durant l'étape a), la température dans la zone libre (6) de l'enceinte est inférieure de 5% à 15%, de préférence d'environ 10%, à la température de la zone traitement (5).

10

9.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les gaz réagissant avec le précurseur sont l'oxygène et l'hydrogène, le gaz porteur est l'azote ou l'argon, chacun desdits gaz étant introduit dans l'enceinte par un conduit distinct (7', 7'', 7''').

15

10.- Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'hydrogène et le gaz porteur du trichlorure de bore sont introduits dans l'enceinte au voisinage de la paroi (4), et l'oxygène est introduit dans la zone libre au voisinage de la zone de traitement (5).

20

11.- Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que à l'étape a), les gaz sont introduits dans l'enceinte (3) dans les proportions volumiques suivantes :

- gaz porteur + précurseur du bore : de 55 % à 80 %,
- hydrogène : de 0,5% à 15%
- oxygène : de 15 % à 30 %.

25

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que avant l'étape a), on stabilise les paramètres opératoires des gaz réactifs et du gaz porteur, à savoir débits, pression, flux, températures, pendant quelques dizaines de secondes.

30

13.- Four pour le dopage par le bore de plaquettes de silicium (1) placées sur un support (2), comprenant une enceinte (3) dont une extrémité comporte une paroi (4) dans laquelle sont ménagés des moyens d'introduction des gaz réactifs et d'un gaz porteur d'un précurseur du bore sous forme gazeuse, caractérisé en ce que ladite enceinte comprend

une zone de réception (8) dudit support de plaquettes, dite zone de traitement, et une zone libre (6) ménagée entre ladite paroi d'extrémité (4) et ladite zone de réception(8) dudit support de plaquettes, ladite zone libre (6) occupant de 10% à 20% du volume total de l'enceinte.

5

14.- Four selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il est muni de moyens de chauffage de l'enceinte (3) composés de plusieurs éléments (9a-9e) indépendants permettant la réalisation d'un profil thermique longitudinal adaptable et contrôlable, l'un au moins de ces éléments étant dédié au chauffage spécifique de ladite zone libre (6).

10

15.- Four selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce qu'il comporte :

- deux conduits (10, 11) distincts pour l'introduction d'un premier gaz réactif et du gaz porteur contenant le précurseur du bore, débouchant dans l'enceinte (3) au voisinage de la paroi d'extrémité (4),

15

- un conduit (12) pour l'introduction d'un second gaz réactif, de préférence l'oxygène, débouchant au voisinage de la zone de traitement (5), et

- un conduit (15) d'extraction des gaz dont l'orifice s'ouvre à l'opposé de la paroi d'extrémité (4), ledit conduit étant lié à une unité d'aspiration (16) dotée d'un système de régulation et de contrôle de la pression régnant dans l'enceinte.

20

16.- Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, à la création de jonctions de type P sur des tranches de silicium de surface allant de 50 cm² à 700 cm².

17.- Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, pour la production de tranches de silicium dopées au bore, d'épaisseur comprise entre 100 µm et 150 µm.

25

18.- Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, pour la réalisation de jonctions de type P sur des lots d'une ou de plusieurs centaines de tranches de silicium disposées sur leur support à intervalle inférieur ou égal à 5 mm.

30

19.- Application selon l'une des revendications 16 à 18, pour la production de tranches de silicium dopé au bore destinées à la fabrication de cellules photovoltaïques à partir de silicium N de qualité métallurgique.

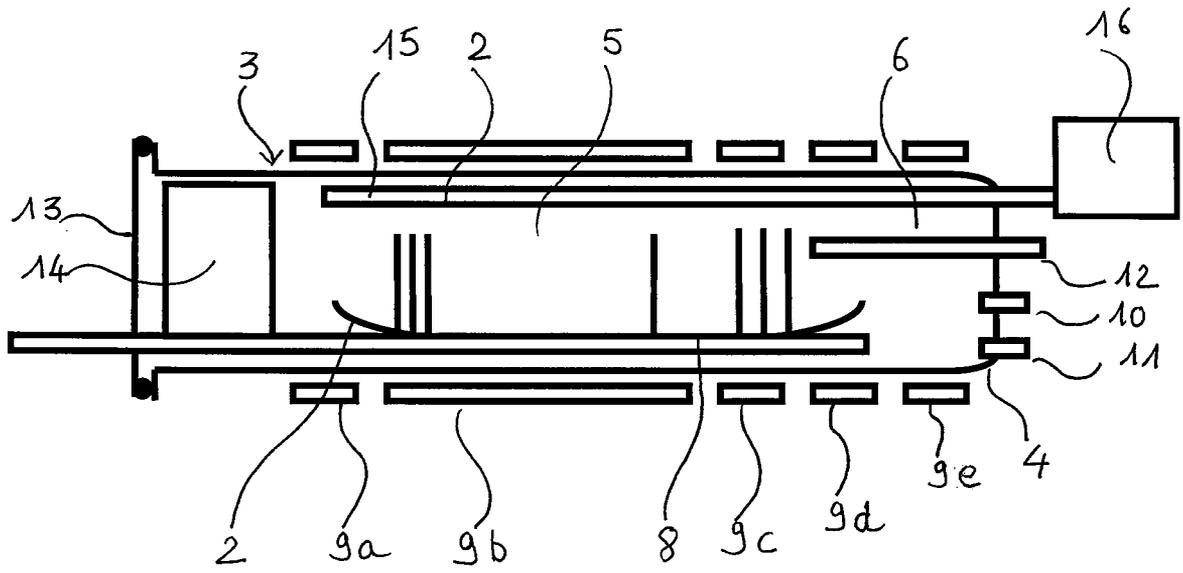


Figure 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/054487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L21/223 H01L21/225 H01L21/00 C30B31/02 C30B31/12 C30B31/16 ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L C30B Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 381 213 A (FLOWERS DERVIN L ET AL) 26 April 1983 (1983-04-26) cited in the application the whole document	1
A	GEISS V ET AL: "Mass spectrometric investigation of the reaction velocities of BC13 and BBr3 with oxygen and water vapor in a diffusion furnace [dopant source for Si]" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY USA, vol. 123, no. 1, January 1976 (1976-01), pages 133-136, XP002560936 ISSN: 0013-4651 cited in the application the whole document	1
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
25 May 2010		02/06/2010
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Götz, Andreas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2010/054487

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 574 009 A (CHIZINSKY GEORGE ET AL) 6 April 1971 (1971-04-06) column 4, lines 45-48 -----	1
X	JP 60 005511 A (TOSHIBA KK) 12 January 1985 (1985-01-12) abstract; figures 1,2 -----	13-15

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see extra sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

PCT/ISA/ 210

Continuation of Box III

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1 to 12 & 16 to 19

A method for doping at a predetermined pressure.

2. Claims 13 to 15

An oven provided with a clear space of predetermined volume.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/054487

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4381213	A	26-04-1983	DE 3177020 D1	03-05-1989
			EP 0067165 A1	22-12-1982
			JP 2045326 B	09-10-1990
			JP 57501983 T	04-11-1982
			SG 54491 G	23-08-1991
			WO 8202065 A1	24-06-1982

US 3574009	A	06-04-1971	NONE	

JP 60005511	A	12-01-1985	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/054487

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01L21/223 H01L21/225 H01L21/00 C30B31/02 C30B31/12 C30B31/16 ADD. Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01L C30B Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, INSPEC				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
A	US 4 381 213 A (FLOWERS DERVIN L ET AL) 26 avril 1983 (1983-04-26) cité dans la demande le document en entier -----	1		
A	GEISS V ET AL: "Mass spectrometric investigation of the reaction velocities of BC13 and BBr3 with oxygen and water vapor in a diffusion furnace [dopant source for Si]" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY USA, vol. 123, no. 1, janvier 1976 (1976-01), pages 133-136, XP002560936 ISSN: 0013-4651 cité dans la demande le document en entier ----- -/--	1		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités:				
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale			
25 mai 2010	02/06/2010			
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé			
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Götz, Andreas			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/054487

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 3 574 009 A (CHIZINSKY GEORGE ET AL) 6 avril 1971 (1971-04-06) colonne 4, ligne 45-48 -----	1
X	JP 60 005511 A (TOSHIBA KK) 12 janvier 1985 (1985-01-12) abrégé; figures 1,2 -----	13-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALEDemande internationale n°
PCT/EP2010/054487**Cadre n° II Observations – lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)**

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :

2. Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :

3. Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations – lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}:

4. Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os}:

- Remarque quant à la réserve**
- Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
 - Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
 - Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-12, 16-19

Procédé de dopage à une pression déterminée

2. revendications: 13-15

Four avec une zone libre avec un volume déterminé

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2010/054487

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4381213	A	26-04-1983	DE 3177020 D1 EP 0067165 A1 JP 2045326 B JP 57501983 T SG 54491 G WO 8202065 A1	03-05-1989 22-12-1982 09-10-1990 04-11-1982 23-08-1991 24-06-1982
US 3574009	A	06-04-1971	AUCUN	
JP 60005511	A	12-01-1985	AUCUN	