

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 82 14649

⑤④ Procédé de dépôt de silicium par plasma.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). C 23 C 11/06; C 30 B 23/08; H 01 L 21/20.

②② Date de dépôt..... 26 août 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : US, 12 novembre 1981, n° 06/320-451.

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 19 du 13-5-1983.

⑦① Déposant : Société dite : ADVANCED SEMICONDUCTOR MATERIALS AMERICA, INC. — US.

⑦② Invention de : Richard S. Rosler et George M. Engle.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Rinuy, Santarelli,
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

L'invention concerne d'une manière générale un procédé de déposition de silicium par plasma, et plus particulièrement un procédé de déposition de silicium par plasma, sous haute température, dans lequel la déposition thermique est supprimée dans une large mesure.

Dans le passé, la déposition de silicium par plasma était réalisée à des températures élevées afin de maîtriser les caractéristiques de la couche déposée. L'état de la technique du traitement par plasma est décrit dans "Solid State Technology", avril 1978, pages 89-126. Des procédés et des détails particuliers d'un appareil de déposition par plasma sont décrits dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 223 048. Lorsqu'une déposition par plasma est effectuée à une température ambiante élevée, il existe cependant une tendance à la décomposition thermique du gaz constituant la source de silicium, de sorte que la déposition a lieu non seulement sur les pièces, mais également sur les parties chauffées de l'appareil de déposition. Une autre caractéristique indésirable de la décomposition thermique est que le manque d'homogénéité thermique engendre une déposition non uniforme.

Des exigences récentes dans la fabrication de tranches semi-conductrices ont porté sur une épaisseur très précise et un contrôle de composition très précis sur de nombreuses pièces au cours d'un cycle unique de déposition. Ainsi, malgré les développements antérieurs, il subsiste la nécessité de disposer d'un procédé perfectionné de commande de la déposition de silicium et de polysilicium. En outre, pour la déposition par plasma de couches conductrices, il subsiste la nécessité de disposer d'un procédé de déposition dans lequel toute déposition thermique est empêchée sur les parties isolantes nécessaires de l'appareil de déposition.

L'invention a donc pour objet général un procédé de déposition par plasma capable d'atteindre une meilleure uniformité de déposition. L'invention a pour autre objet un procédé de déposition de silicium

épitaxial et polycristallin à des températures comprises entre 600 et 1200°C. L'invention a pour autre objet la déposition uniforme, par plasma, de couches de silicium polycristallin à des températures supérieures à celles
5 actuellement utilisées dans la technique. L'invention a pour autre objet un procédé de déposition par plasma de silicium, permettant l'utilisation du même appareil de déposition pour à la fois la déposition de polysilicium et la déposition de couches épitaxiales de silicium.
10 L'invention a également pour objet un procédé dans lequel du silicium épitaxial monocristallin peut être déposé à une température plus faible et avec une plus grande uniformité. L'invention a pour autre objet un procédé permettant de supprimer la décomposition thermique de couches
15 conductrices pour éviter ainsi la formation de courts-circuits entre les électrodes adjacentes qui maintiennent le plasma.

Conformément à une forme de l'invention, il est prévu un procédé de déposition de vapeur de silicium par
20 plasma à température élevée, consistant à introduire un milieu gazeux halogéné dans ladite vapeur pour accroître la vitesse de déposition de vapeur induite par le plasma par rapport à la déposition de vapeur induite thermiquement.

25 Selon une autre forme de l'invention, il est prévu un procédé de déposition de vapeur de silicium polycristallin par plasma à température élevée, consistant à introduire un milieu gazeux chloré dans ladite
vapeur pour accroître la vitesse de déposition de vapeur
30 induite par le plasma par rapport à la déposition de vapeur induite thermiquement.

Selon une autre forme de l'invention, il est prévu un procédé de déposition de silicium épitaxial monocristallin par plasma à température élevée, consis-
35 tant à introduire un milieu gazeux halogéné dans ladite vapeur pour accroître la vitesse de déposition de vapeur induite par plasma par rapport à la déposition de vapeur

induite thermiquement.

Les objets, caractéristiques et avantages de l'invention, indiqués ci-dessus et autres, ressortiront de la description plus détaillée qui suit de formes préférées de réalisation de l'invention.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 223 048 décrit un appareil et un procédé convenant à la déposition et à la gravure de polysilicium et de couches isolantes, par exemple, dans un plasma. Par exemple, pour déposer par plasma du polysilicium, du SiH_4 est introduit dans un appareil à vide chauffé, contenant des pièces placées entre des électrodes configurées pour entretenir entre elles un plasma uniforme. En général, une telle déposition a lieu à une température égale ou inférieure à environ 600°C car, lorsque la température est élevée davantage, il devient de plus en plus difficile de maintenir une épaisseur de couches déposées homogène, du fait que la déposition induite par la décomposition thermique du gaz constituant la source de silicium devient importante par rapport à la vitesse de déposition par plasma. En raison de la difficulté à obtenir des températures ambiantes extrêmement bien régulées sur un grand nombre de pièces, l'épaisseur de la couche peut varier d'un substrat à l'autre et même sur un même substrat. De plus, lorsque la température est élevée, une déposition plus importante se produit sur les parois de l'enceinte à vide et sur la structure des électrodes, entraînant des problèmes de nettoyage et souvent la présence de débris sur les pièces. Dans le cas de la déposition de couches conductrices, un court-circuit peut se produire entre des plaques adjacentes du réacteur.

Cependant, il est souvent souhaité d'accroître la température de déposition de la couche pour maîtriser d'autres propriétés souhaitables de la couche, par exemple la dimension du grain et le dopage, entre autre. Par exemple, un accroissement de la température permet la déposition de silicium monocristallin.

Selon l'invention, un composant gazeux halogéné

est introduit dans le courant gazeux pour supprimer la
déposition thermique par rapport à la déposition par
plasma. De telles compositions gazeuses halogénées peu-
vent comprendre, à titre non limitatif, des gaz formant
5 une source de silicium et contenant des chlorures tels
que SiH_2Cl_2 , SiHCl_3 , ou SiCl_4 . En variante, de l'acide
chlorydrique peut être ajouté à un gaz non chloré formant
la source de silicium telle que SiH_4 pour accroître l'éner-
gie demandée pour obtenir une déposition thermique. Une
10 telle injection indépendante d'espèces de silicium et
d'espèces d'halogène permet d'élargir la gamme des réac-
tions pouvant être contrôlées. Par ce procédé d'incorpo-
rer les espèces halogénées dans un courant gazeux de
charge, il est apparu possible de porter l'appareil bien
15 au-dessus de 600°C , sans pratiquement de déposition en
l'absence du plasma. Ainsi, les problèmes transitoires
associés au déclenchement et à l'arrêt du courant du gaz
de source peuvent être éliminés par l'application du plasma
par radiofréquence uniquement pendant que l'écoulement du
20 gaz de source est stabilisé.

Le procédé de l'invention peut être mis en oeuvre
dans un appareil tel que celui décrit dans le brevet
n° 4 223 048 précité. A titre d'exemple d'une forme pré-
férée de réalisation de l'invention, on peut décrire la
25 formation d'une couche de polysilicium dopé dans un appa-
reil de ce type. 70 tranches de silicium de 100 mm
(revêtues de 100 nm de SiO_2) sont chargées dans la nacelle
et introduites dans les tubes. Après un temps de stabili-
sation de température de 35 minutes à 620°C et une purge
30 et l'établissement d'un vide appropriés à la pression de
base, des gaz réactionnels sont introduits. On introduit
 300 cm^3 de SiH_2Cl_2 , 100 cm^3 d'argon contenant 1% de PH_3
et 800 cm^3 d'argon sous une pression du tube de réaction
de 266 Pa. Le générateur radiofréquence est mis en marche
35 sous une puissance d'environ 110 watts pour provoquer une
déposition à une vitesse d'environ 27 nm par minute.
Après un temps de déposition de 14 minutes, l'épaisseur

moyenne de silicium polycristallin dopé est de 380 nm avec une variation de moins de $\pm 5\%$. Par l'utilisation du nouveau dispositif d'entretoisement isolant d'électrodes décrit dans la demande de brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 320 453, déposée le 12 novembre 1981 sous le titre "Spacer for Preventing Shorting Between Conductive Plates in RF Plasma Deposition Systems" au nom de Richard S. Rosler, au moins vingt passes de déposition peuvent être effectuées avant qu'il devienne nécessaire de démonter l'appareil pour retirer les dépôts entre électrodes. Le dope au phosphore de la couche de polysilicium est activé avec un cycle de température de 1000°C pendant 30 minutes. Quatre mesures ponctuelles réalisées sur la couche au moyen de sondes donnent une gamme de 14 à 16 ohms par carré sur la charge des tranches.

Au-dessus d'environ 700°C, SiH_2Cl_2 se décompose partiellement en une poudre brune. Par conséquent, pour atteindre les températures plus élevées nécessaires à la déposition de silicium monocristallin, il est préférable d'utiliser SiHCl_3 ou $\text{SiH}_4 + \text{HCl}$ comme milieu gazeux halogéné. De cette manière, le procédé de l'invention permet la déposition uniforme de silicium épitaxial monocristallin à des températures très inférieures (par exemple 900°C) à celles utilisées dans les procédés actuels (par exemple 1100°C), avec seulement des taux de croissance modérément réduits, de manière qu'il soit possible d'obtenir des interfaces très nettes entre les couches conductrices adjacentes. De plus, la capacité d'une seule passe du réacteur épitaxial est notablement améliorée par rapport aux appareils antérieurs. Comme indiqué précédemment, un grand nombre de passes est possible sans élimination par nettoyage de la matière conductrice recouvrant le dispositif d'entretoisement isolant des électrodes.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au procédé décrit sans sortir du cadre de l'invention. Par exemple, on peut utiliser du tétrachlorure de silicium en variante du milieu gazeux

halogéné. En outre, lors de la réalisation d'une déposition épitaxiale ou monocristalline, un gaz inerte tel que de l'argon ou de l'hélium peut de préférence être utilisé, ou bien un diluant gazeux tel que de l'hydrogène
5 peut être utilisé comme gaz de support.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de déposition de vapeur par plasma pour former une couche comprenant du silicium à température élevée, caractérisé par l'introduction d'un milieu gazeux halogéné dans ladite vapeur pour accroître la vitesse de déposition de vapeur induite par plasma par rapport à la déposition de vapeur induite thermiquement.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par l'introduction d'un milieu gazeux chloré dans ladite vapeur pour accroître la vitesse de déposition de vapeur induite par plasma par rapport à la déposition de vapeur induite thermiquement.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ladite température élevée est comprise entre environ 600°C et environ 1200°C.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ladite couche est conductrice.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce que la couche déposée est en silicium polycristallin.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche déposée est en silicium épitaxial monocristallin.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 6, caractérisé en ce que le silicium déposé est dopé pour que ses caractéristiques électriques soient modifiées.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 6, caractérisé en ce que le milieu gazeux comprend du SiH_2Cl_2 .
9. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le milieu gazeux comprend du SiHCl_3 , ou bien du SiH_4 et du HCl , ou encore du tétrachlorure de silicium.