

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 077 421

21 N° d'enregistrement national : 19 00403

51 Int Cl⁸ : H 01 L 21/02 (2019.01), C 09 J 5/02

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 17.01.19.

30 Priorité : 26.01.18 CN 201810075920.8.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.08.19 Bulletin 19/31.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : Shenyang Silicon Technology Co., Ltd.
Société de droit chinois — CN.

72 Inventeur(s) : DANG Qisen.

73 Titulaire(s) : Shenyang Silicon Technology Co., Ltd.
Société de droit chinois.

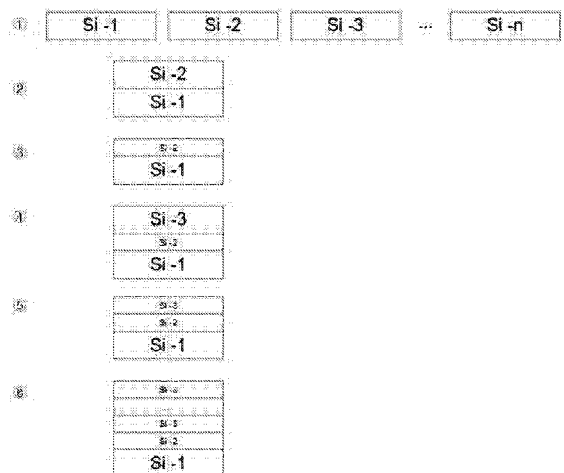
74 Mandataire(s) : CABINET BLEGER-RHEIN-POUPON.

54 Procédé de préparation de film de silicium monocristallin multicouche.

57 Un procédé de préparation du film de silicium monocristallin multicouche, comprend, en séquence: (1) en premier lieu, la prise de deux tranches de silicium monocristallin dont les surfaces sont propres, le traitement des surfaces des tranches de silicium au moyen d'une technologie d'activation au plasma, et ensuite la réalisation d'un pré-collage; (2) le transfert des tranches de silicium collées dans un four de recuit ayant une température de 200 à 300°C, et la réalisation d'un recuit pendant 6 à 10 heures pour que soit évitée la génération d'une région de transition et pour que les deux tranches de silicium soient complètement collées; (3) l'amincissement des tranches collées recuites jusqu'à une épaisseur cible requise; et (4) la prise de la tranche SOI amincie en tant que Si-1, la prise d'une autre tranche de silicium en tant que Si-2, et la réalisation des étapes (1) à (3) sur Si-1 et Si-2 pour que soit obtenu le film de silicium monocristallin multicouche. Les tranches de silicium qui sont traitées au moyen de la technologie d'activation au plasma ont une grande force de pré-collage durant le collage. Un effet collant avantageux est obtenu après le recuit. Il n'existe pas de région de transition de résistance évidente entre les interfaces des couches. L'épaisseur de chaque tranche de silicium monocristallin peut être efficacement contrôlée. Le procédé de préparation a un effet tech-

nique exhaustif avantageux.

Figure à publier avec l'abrégé : Fig. 1



FR 3 077 421 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de préparation de film de silicone monocristallin multicouche.

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine technique de la préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche et met en particulier à disposition un procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche.
- [0002] Arrière-plan
- [0003] Dans la technique antérieure, les documents de demande de brevet chinois portant les numéros de demande 201510460906.6 et 201510481429.1 divulguent des procédés de préparation de films de silicium monocristallin multicouches, dont les opérations sont relativement compliquées et dont l'effet technique n'est pas satisfaisant. Il y a toujours de nombreux problèmes techniques qui doivent être résolus. Par exemple, des régions de transition de résistance évidentes existent toujours entre les couches des films de silicium monocristallin multicouches.
- [0004] Un film de silicium monocristallin multicouche ayant un effet technique favorable est fortement attendu.
- [0005] Résumé
- [0006] Un objectif de la présente invention consiste à mettre à disposition un film de silicium monocristallin multicouche avec un effet technique favorable.
- [0007] La présente invention met à disposition un procédé de préparation du film de silicium monocristallin multicouche, comprenant, en séquence :
- [0008] (1) en premier lieu, la prise de deux tranches de silicium Si-1 et Si-2, le lavage et le nettoyage des surfaces des deux tranches de silicium au moyen d'un traitement par voie humide conventionnel, le traitement des surfaces pendant 5 à 20 secondes par une technologie d'activation au plasma dans des conditions sous vide avec un degré de vide inférieur à 1 Torr pour que soit amplifiée la force de pré-collage durant le collage, et la réalisation d'un pré-collage
- [0009] (2) le chauffage des tranches de silicium pré-collées de la température ambiante à une température constante de 200 à 300°C à une vitesse de 5 à 10°C/min, et la réalisation d'un recuit pendant 6 à 10 heures à la température constante pour que soit évitée la génération d'une région de transition et pour que les deux tranches de silicium soient complètement collées ;
- [0010] (3) l'amincissement des tranches de silicium collées recuites obtenues à l'étape (2) au moyen d'un meulage grossier, d'un meulage fin et d'un polissage jusqu'à ce que Si-2 au niveau de la couche supérieure atteigne une épaisseur de 2 à 100 µm ;

- [0011] (4) le traitement d'une tranche de silicium SOI obtenue à l'étape (3) sous la forme d'une Si-1 intégrale, la prise d'une autre tranche de silicium Si-3 en tant que Si-2, et la répétition des étapes (1) à (3) pour Si-1 et Si-2 pour que soit obtenue une tranche de silicium SOI multicouche Si-1/Si-2/ Si-3 ; et
- [0012] (5) la répétition de l'étape (4) pour que soit obtenue une tranche de silicium SOI multicouche (Si-1/Si-2/.../Si-n) ayant le nombre requis de couches.
- [0013] Information additionnelle : (1) durant la préparation du film de silicium monocristallin multicouche, la température maximale est de 300°C, et une tranche de silicium SOI multicouche obtenue à cette température n'a pas de régions de transition évidentes entre les couches ; (2) il n'y a pas d'exigences spécifiques concernant les tranches de silicium sélectionnées ; généralement, les deux couches adjacentes ont des types différents de résistance spécifique ou de dopage ; par exemple, Si-1 est une tranche lourdement dopée, Si-2 est une tranche légèrement dopée, ou Si-1 est une tranche de silicium de type P, et Si-2 est une tranche de silicium de type N ; (3) les tranches de silicium collées recuites obtenues à l'étape (2) sont amincies au moyen d'un meulage grossier, d'un meulage fin et d'un polissage jusqu'à ce que Si-2 au niveau de la couche supérieure atteigne une épaisseur de 2 à 100 µm ; généralement, un film de Si relativement plus épais ne pourrait pas être obtenu aisément sur Si-1 au moyen d'une croissance épitaxiale ; mais l'épaisseur de la nouvelle tranche de silicium peut être contrôlée à 70 µm/60 µm/ 50 µm très aisément conformément à la présente invention.
- [0014] De préférence, le procédé de préparation du film de silicium monocristallin multicouche comporte en outre le contenu technique suivant.
- [0015] Dans le procédé de préparation du film de silicium monocristallin multicouche, ledit amincissement de la tranche de silicium jusqu'à l'épaisseur requise comprend, en séquence, un meulage grossier, un meulage fin et un polissage chimique-mécanique utilisant une machine de meulage et de polissage 8761 produite par Disco, qui est une machine de meulage et de polissage tout en un dotée d'un outil de mesure en ligne par l'intermédiaire duquel la tranche de silicium peut être amincie jusqu'à l'épaisseur requise (2 à 100 µm).
- [0016] Les surfaces sont traitées par la technologie d'activation au plasma destinée à amplifier la force de pré-collage durant le collage et la force de collage finalement formée. Les deux tranches de silicium nettoyées devant être collées sont prises. Les surfaces devant être collées des tranches de silicium sont alignées. Le pré-collage est effectué dans un environnement sous vide (faible degré de vide).
- [0017] Avant ledit traitement des surfaces des tranches de silicium par la technologie d'activation au plasma destinée à amplifier la force de pré-collage durant le collage, lesdits lavage et nettoyage des surfaces des tranches de silicium au moyen d'un procédé par voie humide conventionnel comprennent, habituellement et en séquence : un

nettoyage avec un liquide chimique SC1, un nettoyage avec H₂O, un nettoyage avec un liquide chimique SC2, et un nettoyage avec H₂O. Le liquide chimique SC1 contient les ingrédients suivants en les proportions suivantes : NH₄OH/H₂O₂/H₂O = 1/5/40. Le liquide chimique SC2 contient les ingrédients suivants en les proportions suivantes : HCl/H₂O₂/H₂O = 1/2/20. H₂O désigne de l'eau désionisée.

- [0018] Le procédé de préparation comprend en outre : le traitement des deux tranches de silicium collées dans leur globalité, la prise d'une autre tranche de silicium, la réalisation d'un nettoyage par voie humide sur des surfaces des deux, puis la réalisation d'une activation au plasma ; après cela, l'alignement des surfaces devant être collées des deux, et la réalisation d'un pré-collage dans un environnement sous vide ; le recuit des tranches pré-collées ci-dessus à 200-300°C pendant 6 à 10 heures pour que les deux tranches de silicium soient complètement collées ; et la réalisation d'un amincissement au moyen d'un meulage grossier, d'un meulage fin et d'un polissage chimique-mécanique pour que soit obtenu un film ayant une épaisseur requise.
- [0019] Le nombre des tranches de silicium du film de silicium monocristallin multicouche est ici de préférence de 2 à 5, ce qui représente de préférence de 4 à 30 couches puisque 2 ou 3 couches sont présentes dans le contenu ci-dessus. Si chaque couche a une épaisseur requise, l'épaisseur requise peut être spécifiée de façon détaillée.
- [0020] Pour deux tranches de silicium monocristallin adjacentes quelconques, les tranches de silicium monocristallin ont une valeur TTV inférieure à 1 µm, une valeur SFQR inférieure à 0,3 µm, une rugosité de surface Rms inférieure à 0,5 nm, une épaisseur de 450 µm à 750 µm et une résistance spécifique de 0,01-1000 ohms•cm.
- [0021] De façon spécifique, la TTV est l'abréviation de la variation d'épaisseur totale, la SFQR est l'abréviation de la plage par la méthode des moindres carrés de la planéité d'un site avant, et Rms est l'abréviation de la rugosité quadratique moyenne.
- [0022] De préférence, le nombre de tranches de silicium du film de silicium monocristallin multicouche est de 2 à 5 ; et
- [0023] pour deux tranches de silicium monocristallin adjacentes quelconques, les tranches de silicium monocristallin sont des tranches de silicium monocristallin de type N ou de type P, et les deux tranches de silicium monocristallin adjacentes ont des types différents de résistance spécifique ou de dopage.
- [0024] Le procédé de préparation présente les avantages suivants : durant le collage, la force de pré-collage est importante et l'effet de collage est avantageux ; il n'existe aucune région de transition de résistance évidente entre les couches ; l'épaisseur du silicium monocristallin monocouche peut être efficacement contrôlée ; un effet technique exhaustif est avantageux ; et les valeurs économiques et les valeurs sociales sont considérables.

Brève description des dessins

[0025] [fig.1]

est une vue schématique d'un principe de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche.

Description détaillée

[0026] Informations additionnelles pour la Figure 1 :

[0027] (1) Si-1/Si-2/Si-3/Si-n représentent chacune une tranche de silicium monocristallin avec une surface propre ; et

[0028] (2) Si-1/Si-2/Si-3/Si-n représentent chacune une tranche de silicium qui est meulée et polie jusqu'à une certaine épaisseur cible.

[0029] Mode de réalisation 1

[0030] Un procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche comprend, en séquence :

[0031] (1) premièrement, la prise de deux tranches de silicium Si-1 et Si-2, le lavage et le nettoyage de surfaces des deux tranches de silicium au moyen d'un traitement par voie humide conventionnel, le traitement des surfaces pendant 5 à 20 secondes au moyen d'une technologie d'activation au plasma dans des conditions sous vide (le degré de vide est inférieur à 1 Torr) pour que la force de pré-collage soit amplifiée durant le collage, et la réalisation d'un pré-collage ;

[0032] (2) le chauffage des tranches de silicium pré-collées de la température ambiante à une température constante de 200 à 300°C, à une vitesse de 5 à 10°C/min, et la réalisation d'un recuit pendant 6 à 10 heures à la température constante pour que soit évitée la génération d'une région de transition et pour que les deux tranches de silicium soient complètement collées ;

[0033] (3) l'amincissement des tranches de silicium collées recuites obtenues à l'étape (2) au moyen d'un meulage grossier, d'un meulage fin et d'un polissage jusqu'à ce que Si-2 au niveau de la couche supérieure atteigne une épaisseur de 2 à 100 µm ;

[0034] (4) le traitement d'une tranche de silicium SOI obtenue à l'étape (3) sous la forme d'une Si-1 intégrale, la prise d'une autre tranche de silicium Si-3 en tant que Si-2, et la répétition des étapes (1) à (3) pour Si-1 et Si-2 pour que soit obtenue une tranche de silicium SOI multicouche Si-1/Si-2/ Si-3 ; et

[0035] (5) la répétition de l'étape (4) pour que soit obtenue une tranche de silicium SOI multicouche (Si-1/Si-2/.../Si-n) ayant le nombre requis de couches.

[0036] De façon spécifique, la tranche de silicium SOI multicouche obtenue à l'étape (4) est considérée être Si-1. Une autre tranche de silicium est prise en tant que Si-2. Les étapes (1) à (3) sont répétées jusqu'à ce que le nombre requis de couches soit obtenu.

[0037] Information additionnelle : (1) durant la préparation du film de silicium mono-

cristallin multicouche, la température maximale est de 300°C, et une tranche de silicium SOI multicouche obtenue à cette température n'a pas de régions de transition évidentes entre les couches ; (2) il n'y a pas d'exigences spécifiques concernant les tranches de silicium sélectionnées, généralement, les deux couches adjacentes ont des types différents de résistance spécifique ou de dopage ; par exemple, Si-1 est une tranche lourdement dopée, Si-2 est une tranche légèrement dopée, ou Si-1 est une tranche de silicium de type P, et Si-2 est une tranche de silicium de type N ; (3) les tranches de silicium collées recuites obtenues à l'étape (2) sont amincies au moyen d'un meulage grossier, d'un meulage fin et d'un polissage jusqu'à ce que Si-2 au niveau de la couche supérieure atteigne une épaisseur de 2 à 100 µm ; généralement, un film de Si relativement plus épais ne pourrait pas être obtenu aisément sur Si-1 au moyen d'une croissance épitaxiale ; mais l'épaisseur de la nouvelle tranche de silicium peut être contrôlée à 70 µm/60 µm/ 50 µm très aisément conformément à la présente invention.

[0038] Le procédé de préparation du film de silicium monocristallin multicouche comporte en outre le contenu technique suivant.

[0039] Ledit amincissement de la tranche de silicium jusqu'à l'épaisseur requise comprend en particulier un meulage grossier, un meulage fin et un polissage chimique-mécanique utilisant une machine de meulage et de polissage 8761 produite par Disco, qui est une machine de meulage et de polissage tout en un dotée d'un outil de mesure en ligne par l'intermédiaire duquel la tranche de silicium peut être traitée jusqu'à l'épaisseur requise (2 à 100 µm).

[0040] Les surfaces sont traitées par la technologie d'activation au plasma destinée à amplifier la force de pré-collage durant le collage et la force de collage finalement formée. Les deux tranches de silicium nettoyées devant être collées sont prises. Les surfaces devant être collées des tranches de silicium sont alignées. Le pré-collage est effectué dans un environnement sous vide (faible degré de vide).

[0041] Avant ledit traitement des surfaces des tranches de silicium par la technologie d'activation au plasma destinée à amplifier la force de pré-collage durant le collage, lesdits lavage et nettoyage des surfaces des tranches de silicium au moyen d'un procédé par voie humide conventionnel comprennent, habituellement et en séquence : un nettoyage avec un liquide chimique SC1, un nettoyage avec H₂O, un nettoyage avec un liquide chimique SC2, et un nettoyage avec H₂O. Le liquide chimique SC1 contient les ingrédients suivants en les proportions suivantes : NH₄OH/H₂O₂/H₂O = 1/5/40. Le liquide chimique SC2 contient les ingrédients suivants en les proportions suivantes : HCl/H₂O₂/H₂O = 1/2/20. H₂O désigne de l'eau désionisée.

[0042] Le procédé de préparation comprend en outre : le traitement des deux tranches de silicium collées dans leur globalité, la prise d'une autre tranche de silicium, la réalisation d'un nettoyage par voie humide sur des surfaces des deux, puis la réalisation

d'une activation au plasma ; après cela, l'alignement des surfaces devant être collées des deux, et la réalisation d'un pré-collage dans un environnement sous vide ; le recuit des tranches pré-collées ci-dessus à 200-300°C pendant 6 à 10 heures pour que les deux tranches de silicium soient complètement collées ; et la réalisation d'un amincissement au moyen d'un meulage grossier, d'un meulage fin et d'un polissage chimique-mécanique pour que soit obtenu un film ayant une épaisseur requise.

[0043] Le nombre des tranches de silicium du film de silicium monocristallin multicouche est de 2 à 5.

[0044] Pour deux tranches de silicium monocristallin adjacentes quelconques, les tranches de silicium monocristallin ont les paramètres géométriques suivants avant le collage : une valeur TTV inférieure à 1 μm , une valeur SFQR inférieure à 0,3 μm , une rugosité de surface Rms inférieure à 0,5 nm, une épaisseur de 450 μm à 750 μm et une résistance spécifique de 0,01-1000 ohms•cm. Les tranches de silicium monocristallin sont des tranches de silicium monocristallin de type P ou des tranches de silicium monocristallin de type N. Les deux tranches de silicium monocristallin adjacentes ont des types différents de résistance spécifique ou de dopage.

[0045] Conformément à un mode de réalisation, durant le collage, la force de pré-collage est importante et l'effet de collage est avantageux ; il n'existe pas de région de transition de résistance évidente entre les couches ; l'épaisseur du silicium monocristallin monocouche peut être efficacement contrôlée ; un effet technique exhaustif est avantageux ; et les valeurs économiques et les valeurs sociales sont considérables.

[0046]

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche, comprenant, en séquence :
- (1) en premier lieu, la prise de deux tranches de silicium Si-1 et Si-2, le lavage et le nettoyage des surfaces des deux tranches de silicium au moyen d'un traitement par voie humide conventionnel, le traitement des surfaces pendant 5 à 20 secondes par une technologie d'activation au plasma dans des conditions sous vide avec un degré de vide inférieur à 1 Torr pour que soit amplifiée la force de pré-collage durant le collage, et la réalisation d'un pré-collage ;
 - (2) le chauffage des tranches de silicium pré-collées de la température ambiante à une température constante de 200 à 300°C à une vitesse de 5 à 10°C/min, et la réalisation d'un recuit pendant 6 à 10 heures à la température constante ;
 - (3) l'amincissement de Si-2 au niveau de la couche supérieure jusqu'à une épaisseur requise de 2 à 100 µm au moyen d'un meulage grossier, d'un meulage fin et d'un polissage des tranches collées ;
 - (4) le traitement d'une tranche de silicium SOI obtenue à l'étape (3) sous la forme d'une Si-1 intégrale, la prise d'une autre tranche de silicium Si-3 en tant que Si-2, et la répétition des étapes (1) à (3) pour Si-1 et Si-2 pour que soit obtenue une tranche de silicium SOI multicouche Si-1/Si-2/ Si-3 ; et
 - (5) la répétition de l'étape (4) pour que soit obtenue une tranche de silicium SOI multicouche (Si-1/Si-2/.../Si-n) ayant le nombre requis de couches.
- [Revendication 2] Procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche selon la revendication 1, dans lequel ledit amincissement de la tranche de silicium jusqu'à l'épaisseur requise comprend, en séquence, un meulage grossier, un meulage fin et un polissage chimique-mécanique utilisant une machine de meulage et de polissage tout en un 8761 produite par Disco.
- [Revendication 3] Procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche selon la revendication 2, dans lequel les surfaces des tranches de silicium sont traitées par la technologie d'activation au plasma destinée à amplifier la force de pré-collage durant le collage et la force de collage finalement formée, les deux tranches de silicium nettoyées avant d'être collées sont prises, les surfaces devant être collées des tranches de

silicium sont alignées, et le pré-collage est effectué dans un environnement sous vide.

[Revendication 4]

Procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche selon la revendication 2, dans lequel, avant ledit traitement des surfaces des tranches de silicium par la technologie d'activation au plasma destinée à amplifier la force de pré-collage durant le collage, lesdits lavage et nettoyage des surfaces des tranches de silicium au moyen d'un procédé par voie humide conventionnel comprennent, habituellement et en séquence : un nettoyage avec un liquide chimique SC1, un nettoyage avec H₂O, un nettoyage avec un liquide chimique SC2, et un nettoyage avec H₂O, et dans lequel le liquide chimique SC1 contient les ingrédients suivants en les proportions suivantes : NH₄OH/H₂O₂/H₂O = 1/5/40, le liquide chimique SC2 contient les ingrédients suivants en les proportions suivantes : HCl/H₂O₂/H₂O = 1/2/20, et H₂O désigne de l'eau désionisée.

[Revendication 5]

Procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant en outre : le traitement des deux tranches de silicium collées dans leur globalité, la prise d'une autre tranche de silicium, la réalisation d'un nettoyage par voie humide sur des surfaces des deux, puis la réalisation d'une activation au plasma ; après cela, l'alignement des surfaces devant être collées des deux, et la réalisation d'un pré-collage dans un environnement sous vide ; le recuit des tranches pré-collées ci-dessus à 200-300°C pendant 6 à 10 heures pour que les deux tranches de silicium soient complètement collées ; et la réalisation d'un amincissement au moyen d'un meulage grossier, d'un meulage fin et d'un polissage chimique-mécanique pour que soit obtenu un film ayant une épaisseur requise.

[Revendication 6]

Procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche selon la revendication 5, dans lequel:

- le nombre des couches de silicium du film de silicium monocristallin multicouche est de 2 à 30 ; et
- pour deux tranches de silicium monocristallin adjacentes quelconques, les tranches de silicium monocristallin ont une valeur TTV inférieure à 1 µm, une valeur SFQR inférieure à 0,3 µm, une rugosité de surface Rms inférieure à 0,5 nm, une épaisseur de 450 µm à 750 µm et une résistance spécifique de

0,01-1000 ohms•cm.

[Revendication 7] Procédé de préparation d'un film de silicium monocristallin multicouche selon la revendication 6, dans lequel:

- le nombre des couches de silicium du film de silicium monocristallin multicouche est de 2 à 5 ; et
- pour deux tranches de silicium monocristallin adjacentes quelconques, les tranches de silicium monocristallin sont des tranches de silicium monocristallin de type N ou de type P, et les deux tranches de silicium monocristallin adjacentes ont des types différents de résistance spécifique ou de dopage.

[Fig. 1]

