

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 675 309

(21) N° d'enregistrement national :

92 02280

(51) Int Cl⁵ : H 01 L 21/268; H 01 S 3/14; B 23 K 26/12

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 27.02.92.

(30) Priorité : 22.03.91 DE 4109535.

(71) Demandeur(s) : Société dite : SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT — DE.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 16.10.92 Bulletin 92/42.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : Burmer Christian.

(73) Titulaire(s) :

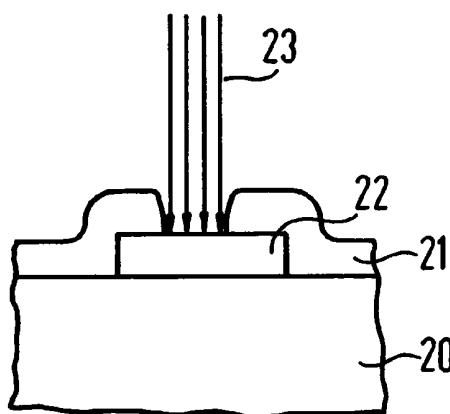
(74) Mandataire : Cabinet Flechner.

(54) Procédé pour éliminer localement des couches isolantes transparentes aux ultraviolets, situées sur un substrat semiconducteur.

(57) L'invention concerne un procédé pour éliminer localement des couches isolantes transparentes pour les ultraviolets, situées sur un substrat semiconducteur.

Selon ce procédé pour éliminer localement des couches isolantes (21) transparentes aux ultraviolets, situées sur un substrat semiconducteur (20) dans une chambre à vide à l'aide d'une lumière laser (23), on introduit dans la chambre à vide un mélange gazeux qui contient un gaz porteur et un composé gazeux servant à former une couche.

Application notamment à la fabrication de circuits à très haute densité d'intégration.



FR 2 675 309 - A1



Procédé pour éliminer localement des couches isolantes transparentes aux ultraviolets, situées sur un substrat semiconducteur

L'invention concerne un procédé pour éliminer
5 localement des couches isolantes transparentes pour les ultraviolets, situées sur un substrat semiconducteur, dans une chambre à vide, à l'aide d'une lumière laser.

Dans la technologie des semiconducteurs, il est fréquemment nécessaire d'exécuter des traitements
10 microscopiques sur des circuits intégrés, lors de la fabrication de ces derniers sur un substrat semiconducteur. Ceci inclut notamment l'élimination locale de couches de passivation ou d'isolation, dans un circuit métallisé à une ou plusieurs couches, en vue de rendre accessible des
15 structures conductrices comme par exemple des voies conductrices ou des plots, dans différents buts. Ces buts sont par exemple des analyses ou des travaux de mesure et de contrôle électrique. En outre, on peut raccorder électriquement entre elles, au moyen d'un dépôt métallique,
20 les voies conductrices dégagées localement, de manière à réaliser de façon simple par exemple des modifications de conception et d'en contrôler la validité. De la même manière, on peut également réparer des modules à semiconducteurs.

Si la couche isolante devant être éliminée est
25 constituée par du nitrate de silicium ou par un matériau organique, comme par exemple du polyimide, on peut l'éliminer

localement à l'aide d'un laser pulsé à ultraviolet, grâce à ce qu'on appelle une ablation, en dirigeant ou en focalisant le faisceau laser à l'emplacement désiré. Une telle ablation n'est cependant pas possible dans le cas d'une couche isolante permettant une transmission élevée des ultraviolets, comme par exemple l'oxyde de silicium et d'autres couches semblables au verre, étant donné que la couche sous-jacente serait endommagée par le rayonnement ultraviolet intense. Pour éliminer localement des couches d'oxyde de silicium, on connaît plusieurs processus de corrosions provoquées par laser, qui sont décrits dans l'article de G. Loper et M. Tabat dans SPIE Vol. 459, Laser assisted deposition etching and doping (1984), pages 121 à 127. De tels processus de corrosion déclenchés par laser sont basés sur la production définie de radicaux hautement réactifs à partir de composés carbo-halogénés, à l'aide de lasers pulsés à ultraviolets de sorte qu'il se produit une réaction chimique de l'oxyde de silicium avec ces radicaux, moyennant la formation de composés volatils de silicium et d'oxygène. Les composés chlorés ou fluorés gazeux utilisés présentent cependant une toxicité élevée et ont une action très corrosive sur de nombreux matériaux de sorte qu'une dépense technique conséquente est nécessaire. Des pièces mécaniques situées dans la chambre à vide, comme par exemple des tables xyz servant à positionner de façon précise le substrat semiconducteur devant être traité, sont très rapidement inutilisables en raison de la corrosion.

C'est pourquoi l'invention a pour but d'indiquer un procédé permettant une élimination locale recherchée de couches isolantes transparentes aux ultraviolets, situées sur un substrat semiconducteur, dans les buts indiqués, et ce d'une manière simple et notamment sans l'utilisation de composés chimiques toxiques ou corrosifs.

Ce problème est résolu conformément à l'invention à l'aide d'un procédé pour éliminer localement des couches

isolantes transparentes aux ultraviolets, situées sur un substrat semiconducteur dans une chambre à vide à l'aide d'une lumière laser, caractérisé en ce qu'on introduit dans la chambre à vide un mélange gazeux, qui contient un gaz 5 porteur et un composé gazeux servant à former une couche.

Le procédé conforme à l'invention est basé sur l'utilisation de composés métalliques gazeux à la place des composés carbo-halogénés toxiques. De façon étonnante, on peut éliminer de cette manière des couches isolantes 10 transparentes aux rayons ultraviolets. Un avantage particulier du procédé consiste en ce que, dans le cas de l'utilisation de composés métalliques gazeux servant à former des couches, tels que des carbonyles métalliques, on peut déposer ensuite directement, sur les structures conductrices 15 dégagées, des contacts métalliques, sans suppression du vide et avec le même procédé ou au moyen d'un procédé seulement légèrement modifié.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on introduit dans la chambre à vide un mélange gazeux, qui 20 contient un gaz porteur et un composé gazeux servant à former une couche.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on utilise de l'argon comme gaz porteur, un carbonyle métallique gazeux en tant que composé gazeux formant la couche et de 25 l'oxyde de silicium en tant que couche isolante transparente aux ultraviolets.

Selon une autre caractéristique de l'invention, pour produire la lumière laser, on utilise un laser au ArF pulsé possédant une longueur d'onde d'environ 193 nm.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, on irradie une étendue comprise entre 2 µm x 2 µm et 15 µm x 15 µm de la surface du substrat semiconducteur avec la lumière laser.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on 35 choisit les paramètres dans les gammes suivantes :

Pression du composé métallique gazeux : 0,1 - 5 mbars,
Énergie des impulsions laser : 05 - 20 µJ,
Fréquence des impulsions laser : 20 - 100 Hz.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on
5 utilise de l'hexacarbonyle de tungstène en tant que carbonyle
métallique gazeux.

D'autres caractéristiques et avantages de la
présente invention ressortiront de la description donnée ci-
après prise en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

10 - la figure 1 représente un dispositif pour la mise
en oeuvre du procédé conforme à l'invention; et

- la figure 2 représente d'une manière schématique
un substrat semiconducteur traité au moyen du procédé selon
l'invention.

15 Conformément à la figure 1, un substrat
semiconducteur 2 dont la surface porte au moins une couche
transparente aux ultraviolets et qui est équipé d'un circuit
intégré devant être traité, et est fixé, dans une chambre à
vide 1, sur un support 3, qui permet un positionnement précis
20 du substrat semiconducteur 2. Au moyen d'une vanne 4, on peut
établir, dans la chambre 1, un vide atteignant jusqu'à une
pression d'environ 10^{-6} mbars, et au moyen d'une autre vanne
5, on peut introduire un gaz inert 6, par exemple de
l'argon. Le composé métallique gazeux utilisé dans les
25 exemples de réalisation est de l'hexacarbonyle de tungstène
 $W(CO)_6$, une poudre cristalline 7 à la température ambiante,
que l'on chauffe à environ 50°C dans un récipient formant
évaporateur 8. Le gaz, qui apparaît par sublimation, est
introduit par l'intermédiaire d'une vanne 10 dans la chambre
30 à vide 1, à l'aide d'un gaz porteur inert 9, la plupart du
temps de l'argon. On peut introduire des impulsions de
lumière d'un laser à ultraviolet 12 dans la chambre 1 par
l'intermédiaire d'une fenêtre en verre quartzeux 11 et on
utilise de préférence un laser excimère au ArF possédant une
35 longueur d'onde de 193 nm. Chaque impulsion laser traverse un

dispositif optique classique, non représenté, constitué en général par des lentilles et des diaphragmes et qui sert à produire un faisceau de lumière parallèle approprié 15 et forme l'image d'un diaphragme rectangulaire 13, par 5 l'intermédiaire d'un microscope approprié 14, sur la surface du substrat semiconducteur 2. L'image du diaphragme 13 définit la taille de la surface irradiée 2 du substrat et peut être réglée en fonction des exigences, une valeur typique se situant dans une gamme comprise entre 2 µm x 2 µm 10 et 15 µm x 15 µm. L'énergie des impulsions laser est réglée à l'aide d'un atténuateur 16. La surface irradiée de l'échantillon est soit éliminée localement, soit recouverte d'une couche de tungstène, en fonction de la pression réglée de W(CO)₆ dans la chambre 1, de l'énergie des impulsions 15 laser et de la surface du substrat lui-même.

Exemple : Enlèvement de bioxyde de silicium avec dépôt ultérieur de tungstène.

La figure 2 montre une couche de bioxyde de silicium d'une épaisseur de 1 µm en tant que couche isolante 20 21 transparente aux ultraviolets sur le substrat semiconducteur 20 est située, en tant que structure conductrice 22. Lors du réglage ultérieur des paramètres des processus, la couche est éliminée à l'aide du faisceau laser 23 en l'espace d'environ deux minutes :

25 Pression de W(CO)₆ : 0,4 mbar

Énergie des impulsions laser : 1,2 µJ

Fréquence des impulsions : 50 Hz

Longueur d'onde du laser : 193 nm

Surface irradiée : 12 µm x 12 µm.

30 Une structure conductrice située au-dessous de la couche de bioxyde de silicium n'est pas attaquée par ce processus étant donné que l'énergie des impulsions du laser est trop faible.

Avec le processus indiqué, on peut ensuite déposer 35 directement du tungstène sur une structure conductrice mise à

nu lors de l'enlèvement de matière. Dès que la couche d'oxyde de silicium supérieure est éliminée, la structure conductrice mise à nu, par exemple en aluminium, n'est pas attaquée par le processus, et au contraire du tungstène se dépose sur sa 5 surface, sous l'effet d'un processus déclenché par le laser. On peut également modifier les paramètres, et par exemple il peut être avantageux d'utiliser une pression supérieure du W(CO)₆ ou une puissance réduite du laser.

En raison du rayonnement diffusé du laser, il se 10 produit en général un dépôt lent de tungstène dans l'environnement de la structure de Al mise à nu, c'est-à-dire sur la surface de l'oxyde. Ceci peut être avantageux étant donné que cela réduit des phénomènes nuisibles de charge lors de la mise en oeuvre de quelques procédés d'analyse.

15 Le mécanisme suivant est à la base de l'élimination de la couche d'oxyde de silicium conformément au procédé selon l'invention : tout d'abord, une couche superficielle métallique, c'est-à-dire dans l'exemple de réalisation une couche de tungstène, est déposée à partir de la phase gazeuse 20 sous l'effet de la dissociation photolithique du composé métallique, sur la surface formée par l'oxyde de silicium. Cela conduit à une absorption accrue du rayonnement laser et par conséquent à un échauffement de la surface. Lorsqu'au bout d'un certain nombre d'impulsions laser, de façon typique 25 2 à 5, une énergie suffisante peut être absorbée, un matériau, à savoir du tungstène et l'oxyde de silicium, est déposé avec l'impulsion laser immédiatement suivante. On obtient à nouveau une surface formée d'oxyde de silicium, et le processus recommence jusqu'à ce que l'ensemble de l'oxyde 30 de silicium soit éliminé. Sur la structure conductrice alors mise à nu, il se produit alors un dépôt photolithique de tungstène à partir du carbonyle de tungstène, comme cela est connu d'après la littérature (voir par exemple R. Solanki, Solid State Technology, Juin 1985, pages 220 à 227).

35 Pour le procédé conforme à l'invention, on peut

voir que seule la transmission des ultraviolets par la couche isolante est importante, alors que la dissociation chimique de cette couche ne l'est pas, comme celle qui se produit dans les processus connus d'élimination photolithique. C'est 5 pourquoi le procédé peut être également appliqué par exemple à des combinaisons de couches isolantes transparentes pour les ultraviolets.

En outre, on peut utiliser d'autres composés métalliques gazeux, à partir desquels un dépôt photolithique 10 du métal est possible, de tels procédés étant connus par exemple d'après l'article de R. Solanki, mentionné précédemment.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour éliminer localement des couches isolantes (21) transparentes aux ultraviolets, situées sur un substrat semiconducteur (2,20) dans une chambre à vide (1) à l'aide d'une lumière laser (23), caractérisé en ce qu'on introduit dans la chambre à vide (1) un mélange gazeux, qui contient un gaz porteur (9) et un composé gazeux (7) servant à former une couche.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise de l'argon comme gaz porteur (9), un carbonyle métallique gazeux en tant que composé gazeux (7) formant la couche et de l'oxyde de silicium en tant que couche isolante (21) transparente aux ultraviolets.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que pour produire la lumière laser (23), on utilise un laser au ArF pulsé (12) possédant une longueur d'onde d'environ 193 nm.

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'on irradie une étendue comprise entre $2 \mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$ et $15 \mu\text{m} \times 15 \mu\text{m}$ de la surface du substrat semiconducteur (2) avec la lumière laser (23).

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on choisit les paramètres dans les gammes suivantes :

Pression du composé métallique gazeux : 0,1 - 5 mbars,

Énergie des impulsions laser : 05 - 20 µJ,

Fréquence des impulsions laser : 20 - 100 Hz.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'on utilise
5 de l'hexacarbonyle de tungstène en tant que carbonyle métallique gazeux (7).

FIG 1

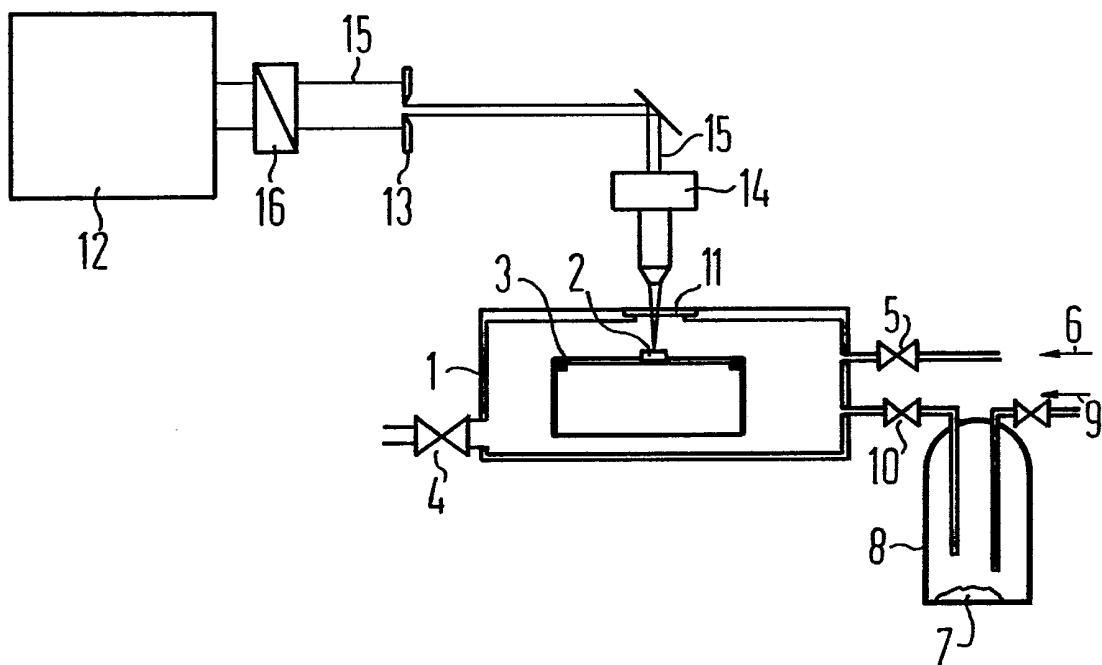


FIG 2

