

Technologie salle blanche et caractérisation

Réalisation du circuit intégré MOSTEC

Diodes diffusées

Mohamed Hage Hassan

Lucien Dos Santos

Nathanal Marty

Ayoub Bargach

Benjamin Bony

14 Mars, 2017

Table des matières

1	Introduction	3
2	Caractérisation matériaux	3
2.1	Substrat	3
2.2	Oxyde de champs	3
2.3	Capacité	3
2.4	Diode	3
2.5	Aluminium	4
3	Fiche Procédés	4
3.1	Étude oxyde de champ	4
3.2	Nettoyage chimique	5
3.2.1	Étapes du procédé	5
3.2.2	Rôle de chaque étape	5
3.3	Diode – réalisation de la jonction	5
3.4	Dépôt des contacts métalliques	6
3.4.1	Description de la technique de dépôt	6
3.4.2	Paramètres de dépôts	6
3.4.3	Épaisseur attendue	6
3.5	Photolithogravure	6
3.5.1	Mesures	6
3.5.2	Données expérimentales	6
3.5.3	Gravure aluminium	7
3.5.4	Méthode du retrait de résine	7
3.6	Nettoyage face arrière	7
3.6.1	Raison de réalisation	7

3.6.2	Méthode de mise en place	7
4	Fiche Mesures	8
4.1	Ellipsométrie	8
4.1.1	Description de la technique	8
4.1.2	Mesure de l'épaisseur d'oxyde de champs	8
4.1.3	Mesure de l'épaisseur d'oxyde mince (capacité)	8
4.2	Profilométrie	8
4.3	Mesure de résistivité – 4 pointes alignées	8
4.4	Mesure de résistivité méthode inductive	8
5	Conclusion	10

1 Introduction

Le développement du monde électronique se repose sur la miniaturisation des circuits, en accompagnant la loi de Moore. On passe de la microélectronique en nano, ce qui a toujours nécessité des procédures complexes pour la mise en place de tels défis technologiques.

Ces procédures sont à la base de la création des salles blanches, qui ont pour aussi pour but d'éviter l'introduction des impuretés provenant de l'atmosphère dans les circuits électroniques.

Dans notre cas, on va étudier la réalisation des 2 parties principales d'un transistor MOSFET, l'élément essentiel d'un circuit électronique : la jonction PN, et la capacité MOS. Le présent compte rendu se focalisera sur la partie diode.

2 Caractérisation matériaux

2.1 Substrat

Données fabricant	Données mesurées
<ul style="list-style-type: none">- Orientation 100 ± 0.5 deg- Dopant- Epaisseur $e = 275 \pm 25$ m- Résistivité $\rho = 0.2 - 0.4 \text{ } \Omega/cm$	<ul style="list-style-type: none">- Résistance de feuille $R_{carre} = 12.4 \text{ } \Omega$- Résistivité $\rho = 37.2 \times 10^{-2} \text{ } \Omega/cm$- Dopage $N_a = 10^{17} m^{-3}$

2.2 Oxyde de champs

Epaisseur ellipso $e^{ellipso}(\text{SiO}_2)$	
Epaisseur profilomètre $e^{profilo}(\text{SiO}_2)$	

2.3 Capacité

Epaisseur oxyde: $e_{oxyde} =$

2.4 Diode

Dopant

- Résistance de feuille (4 pointes): $R_{carre} = 50.7 \text{ } m\Omega$
- Résistance de feuille (induction): $R_{carre} = 8.4 \text{ } \Omega$

2.5 Aluminium

Épaisseur e_{Al}	449.3 nm
Résistance de feuille R_{carre}	16.4Ω
Résistivité $\rho = R_{carre} \times e_{Al}$	$7 \times 10^{-6} \Omega/cm$
Résistivité théorique $\rho_{th}(Al)$	$27 \times 10^{-9} \Omega/m$

3 Fiche Procédés

3.1 Étude oxyde de champ

- **Technique**

La technique utilisée pour cette procédure est l'oxydation thermique humide.

- **Calculer les temps de croissance nécessaire pour obtenir 500 nm de SiO₂ sur silicium par oxydation humide et oxydation sèche à 1050 C**

L'épaisseur d'oxydation varie selon la lois suivante :

$$e^2 + A \times e = B.t$$

Alors :

$$t = \frac{e^2}{B} + A \frac{e}{B}$$

avec A et B dépendant de la température.

D'après les abaques du cours, à 1050 C pour une oxydation humide :

- $B = 3 \times 10^{-1} \mu m^2/h$

- $B/A = 2.8 \mu m/h$

$$\Rightarrow t_{humide} = 1 \text{ h}$$

Pour une oxydation sèche :

- $B = 1.5 \times 10^{-2} \mu m^2/h$

- $B/A = 2 \times 10^{-1} \mu m/h$

$$\text{Alors } t_{seche} = 19 \text{ h}$$

- **Justifier le choix de la technique utilisée**

L'oxydation sèche permet un énorme gain de temps et d'énergie.

3.2 Nettoyage chimique

3.2.1 Étapes du procédé

Pour supprimer l'oxyde qui se forme naturellement lorsqu'on laisse la plaque à l'air libre, on réalise un nettoyage chimique.

1. La plaque est plongée dans un bain de Hf pendant 5 secondes.
2. Rinçage de la plaque à l'eau distillé puis purifiée
3. Nouvelle oxydation dans un bain d'acide sulfurique + H₂O₂ pendant 15 mins.
4. Rinçage (cf 2/)
5. Suppression de la couche d'oxyde formée en réalisant à nouveau l'étape 1/
6. Rinçage (cf 2/)
7. Séchage à la centrifugeuse

3.2.2 Rôle de chaque étape

On explore aussi la conséquence sur le caractère hydrophile ou hydrophobe du silicium :

1. Supprime l'oxyde naturel. La surface arrière est hydrophile avant corrosion (couche d'oxyde) et hydrophobe après corrosion (surface de silicium).
2. Stoppe la corrosion de l'oxyde. On observe que la surface rejette l'eau.
3. Emprisonne les impuretés qui auraient pu diffuser dans le silicium dans une nouvelle couche d'oxyde. La couche d'oxyde ainsi formée est hydrophile et l'eau reste collée pendant le rinçage.
4. Stoppe l'oxydation.
5. Supprime la couche d'oxyde ainsi que les impuretés présentes dedans. Après cette étape la surface arrière est hydrophobe.
6. Arrête la corrosion de l'oxyde.
7. Sèche la plaque.

3.3 Diode – réalisation de la jonction

- **Technique de dopage utilisée, citer une technique de dopage alternative**

Le dopage employé est un dopage par diffusion de $POCl_3$.

Une autre méthode existe: *dopage par implantation ionique*.

- **Profil de température, données expérimentales**

3.4 Dépôt des contacts métalliques

3.4.1 Description de la technique de dépôt

La technique employé est la pulvérisation cathodique :

- Tout d'abord les échantillons sont placés dans une enceinte sous vide (pression à 10^{-7} mbar)
- Un gaz d'argon est libéré et ionisé dans l'enceinte.
- Les ions Ar^+ sont accélérés par un champ électrique pour venir arracher des atomes d'Al sur une surface placée au dessus des échantillons.
- Les atomes d'Al sont accélérés dans l'autre sens et viennent percuter la surface des échantillons pour s'y fixer.

3.4.2 Paramètres de dépôts

Cible	Aluminium	Pression de travail	10^{-7} mbar
Gaz	Argon	Puissance	
Couleur du plasma	Violet	Durée	3 min

3.4.3 Epaisseur attendue

On attend une épaisseur d'aluminium de 500 nm environ.

3.5 Photolithographie

3.5.1 Mesures

Epaisseur (résine)	1.135 μm avant recui, 1.052 μm après
Epaisseur (résine gravée + alu)	1.580 μm
Epaisseur (Alu)	0.530 μm

En déduire la sélectivité de la gravure :

La gravure attaque l'aluminium mais pas la résine.

3.5.2 Données expérimentales

Résine	S18 13	Durée (insolation)	7s
Vitesse d'étalement	5000 rpm	Durée (développement)	1 min
T(séchage)	120 C	T(durcissement)	130 C
Durée (séchage)	2 min 30 s	Durée(durcissement)	2 min 30 s

- o Epaisseur de résine attendue

1.3 μm

- o **Role du séchage**

Le séchage permet à la résine de ne plus être liquide et donc de rester en place sur la plaque, car l'épaisseur doit rester constante.

- o **Role du recuit**

Le recuit permet, une fois le développement réalisé, de rendre la résine résistante à la gravure de l'aluminium.

3.5.3 Gravure aluminium

- o **Données expérimentales**

Gravure à l'acide acétique + acide phosphorique à 45 C pendant 3 min environ. À la fin de la gravure, la face avant de la plaque passe d'une couleur argentée à une couleur sombre rapidement.

- o **En tenant compte de la vitesse de gravure annoncée, estimer l'épaisseur d'aluminium**

En théorie en 3min on devrait pouvoir retirer $0.9\mu m$ d'aluminium.

3.5.4 Méthode du retrait de résine

Gravure de résine à l'aide d'un plasma d' O_2 qui ne va pas attaquer l'aluminium et le silicium.

3.6 Nettoyage face arrière

3.6.1 Raison de réalisation

Afin de retirer le dopage à l'arrière du wafer. Cette étape est importante par elle permet d'éviter une diffusion des impuretés à la surface et un meilleur contact, la face arrière étant utilisée comme une masse.

3.6.2 Méthode de mise en place

On utilise la méthode RIE (Reactive Ion Etching), on combine mécanisme chimique (qui sélectionne la couche à graver) et mécanisme physique par abrasion anistrophe.

Cette méthode fonctionne à l'aide d'un réacteur plasma avec deux électrodes, le substrat jouant le rôle de la cathode. Le gaz qui entre dans le réacteur est ionisé, et sous l'effet de champ, bombarde notre cible.

4 Fiche Mesures

4.1 Ellipsométrie

4.1.1 Description de la technique

L'ellipsométrie permet de mesurer de manière non-destructive l'épaisseur de fines couches de diélectriques. On envoie une onde monochromatique plane polarisée rectilignement au niveau de la cible, puis on mesure le déphasage ainsi que le rapport des amplitudes entre l'onde incidente et l'onde réfléchie.

4.1.2 Mesure de l'épaisseur d'oxyde de champs

Au moins 5 points de mesure différents, calcul de moyenne et déviation standard

4.1.3 Mesure de l'épaisseur d'oxyde mince (capacité)

4.2 Profilométrie

- Décrire la technique
- Mesure de l'épaisseur d'oxyde de champs
Comparer à la mesure précédente
- Mesure de l'épaisseur d'aluminium. En déduire la vitesse de dépôt.

4.3 Mesure de résistivité – 4 pointes alignées

- Décrire la technique
- Substrat
Tableau de mesure, graphique, résistance de feuille, résistivité, dopage
- Jonction PN (témoin diffusé pleine plaque ou témoin implanté pleine plaque)
Tableau de mesure, graphique, résistance de feuille

4.4 Mesure de résistivité méthode inductive

- Décrire la technique
- Substrat
résistance de feuille, comparer aux résultats précédemment obtenus
- Aluminium
résistance de feuille, résistivité ; justifier que la résistance de feuille mesurée est bien celle de l'aluminium

- Jonction PN (témoin diffusé ou implanté pleine plaque)
résistance de feuille.

5 Conclusion