

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	2
2	Caractérisation matériaux	2
2.1	Substrat	2
3	Fiche Procédés	3
3.1	Étude oxyde de champ	3
3.2	Nettoyage chimique	3
3.3	Diode – réalisation de la jonction	4
3.4	Dépôt des contacts métalliques	4
3.5	Photolithogravure	5
3.6	Nettoyage face arrière	6
4	Fiche Mesures	7
4.1	Ellipsométrie	7
4.2	Profilométrie	7
4.3	Mesure de résistivité – 4 pointes alignées	7
4.4	Mesure de résistivité méthode inductive	7
5	Conclusion	8

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 nécessiter des procédures complexes pour la mise en place de tels défis technologiques.

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

Dans notre cas, on va étudier la réalisation des 2 parties principaux 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 $N_a = 10^{17} m^{-3}$

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 :

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

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

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

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

- **Etapes 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

- **Rôle de chaque étape, 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 formé est hydrophile et l'eau reste collé 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

- **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.

- Paramètre de dépôts

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

- Epaisseur attendue

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

3.5 Photolithographie

- Mesures

Epaisseur (résine)	1.135 μm avant recuit, 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.

- 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.

- Gravure aluminium

- o Données expérimentales

Gravure à l'acide acétique + acide phosphorique à 45 C pendant 3 min environ. A 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 μm d'aluminium.

- retrait résine (méthode)

3.6 Nettoyage face arrière

- pourquoi ?
- A quel moment et comment est-il effectué

4 Fiche Mesures

4.1 Ellipsométrie

- Décrire la technique
- Mesure de l'épaisseur d'oxyde de champs
Au moins 5 points de mesure différents, calcul de moyenne et déviation standard
- 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