

Partie V : Dopage

V.1. Définition

Doper un semi-conducteur pure consiste à ajouter des impuretés en quantités contrôlées afin de modifier ses propriétés de conduction.

V.2. Procédé de dopage

L'opération de dopage d'une plaquette semi-conductrice se déroule en deux étapes.

V.2.1. Etape de pré-dépôt

Le but de cette 1ère étape est de faire pénétrer dans le silicium une quantité Q_d d'atomes du dopant sur une épaisseur $< 1\mu\text{m}$. Le diffusant est déposé sur la surface en même temps qu'on crée une couche de SiO_2 thermique sous un courant de N_2 et O_2 à des températures de 900 à 1100 °C pendant une durée de 5 à 10.

Cette phase de pré-dépôt est gouvernée par l'équation :

$$N(x, t) = N_s \operatorname{erfc} \left[\frac{x}{(2\sqrt{Dt})} \right]$$

N_s : est la solubilité du dopant dans le semi-conducteur.

erfc : est la fonction complémentaire d'erreur

La quantité Q_p d'atomes du dopant à la surface de la plaquette à la fin de la phase de pré-dépôt est donnée par:

$$Q_p = 2N_{sp} \sqrt{\frac{D_p t_p}{\pi}}$$

N_{sp} : est la solubilité du dopant dans le semi-conducteur pendant la durée t_p de la phase de pré-dépôt.

D_p : Coefficient de diffusion du dopant.

t_p : durée de la phase de pré-dépôt

V.2.2. Etape de redistribution

Le but de cette 2^{ème} étape est de faire pénétrer dans le semi-conducteur les atomes de diffusant qui ont été introduits dans une couche extrêmement mince du cristal sous un courant gazeux de N_2 et O_2 à des températures de 1000 à 1200°C pendant un durée de 40 à 60 mn.

C phase de redistribution est gouverné par l'équation:

$$N(x, t) = \frac{Q_p}{\sqrt{\pi D_r t_r}} e^{\frac{-x^2}{4D_r t_r}}$$

t_r : durée de la phase de redistribution.

Q_p : est la quantité d'atomes introduits dans le cristal pendant la phase de pré-dépôt (atomes/cm²).

La quantité Q_p est concentrée sur une épaisseur finie (quelques milliers d'Å) à la fin du pré-dépôt.

V.3. Procédure de dopage

Les étapes sont comme suit:

- Nettoyage standard et séchage sous un jet d'azote.
- Verser quelques gouttes de siodop, attente de 10s et étaler selon conditions:
 - $V_1 = 300 \text{ rpm}$, $t = 5 \text{ s}$ $V_2 = 2000 \text{ rpm}$, $t = 20 \text{ s}$
- Séchage siodop sur plaque chauffante selon conditions:
 - $T = 100 \text{ °C}$ $t = 1 \text{ mn}$
- Phase pré-dépôt : 5 à 15 mn à $T = 900$ à 1000 °C sous N_2/O_2 (1:0.02 l/mn)
- Décapage couche SiO_2 dopée avec Solution HF: NH_4F (1:7) $t \approx 1 \text{ mn}$
- Rinçage à l'eau DI et séchage sous un jet d'azote.
- Phase redistribution : 40 à 60 mn à $T = 1000$ à 1200 °C (selon profondeur jonction) sous N_2/O_2 (1:0.02 l/mn).
- Refroidir sous atmosphère N_2 ($\approx 1 \text{ l/mn}$)