

SOLUTION DE EPREUVE D'EXAMEN DU MODULE MICRO73

. Durée 1h30

**Partie 1**

1- Expliquer pourquoi le silicium est plus utilisé que le germanium pour la fabrication des composants électroniques. (1pts).

Réponse

Le silicium est plus utilisé que le germanium pour la fabrication des composants électroniques car :

- Moins cher, car il est en abondance sur l'écorce terrestre ;
- Son oxyde qui est la silice  $SiO_2$  est bien adapté à la technologie des semiconducteurs ;
- Un gap  $E_g=1012eV$ .
- ...etc

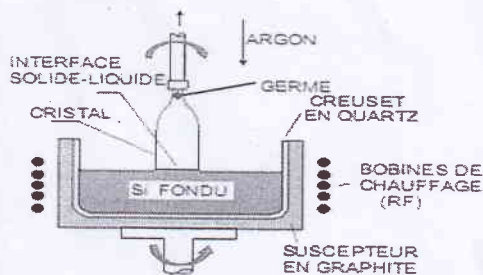
2- Pour la Cristallogenèse et purification physique du silicium, on utilise 2 méthodes bien connues, quelles sont ces deux méthodes, expliquer brièvement le principe et le fonctionnement des des 2 techniques (3pts).

3-

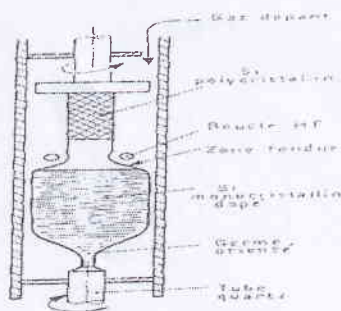
Réponse

Il y a :

Technique de croissance de Czochralski



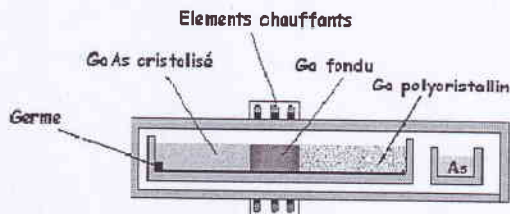
Technique de croissance par zone fondue ou zone flottante (FZ:Float Zone)



Voir détails en cours

- 4- Donner le nom de la méthode de la Cristallogenèse et la croissance des composés III-V tels que le GaAs et les composées contenant l'Arsenic (1pt).

Réponse : C'est la Technique de BRIDGMAN (BG)



Voir détails en cours

- 5- Avant la découpe des lingots de silicium, il a été nécessaire d'usiner deux codes de repérage pour identifier le type de la plaquette ainsi que l'orientation cristallographique. Donner le nom de chacun et dessiner une plaquette de silicium de type n orientée (100) (1,5pt).

Réponse :

Les deux codes de repérage pour identifier le type de la plaquette ainsi que l'orientation cristallographique sont :

- Le méplat et
- le détrompeur

La plaquette de silicium de type n orientée (100) : En regardant la plaquette sur la face polie, le méplat étant positionné en bas, le détrompeur est situé en haut à 180°.

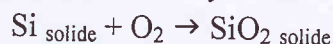
- 6- Citez les techniques qui permettent d'avoir l'oxyde thermique, donner les réactions chimiques et expliquer la différence et laquelle qui donne un oxyde de meilleure qualité (3pts).

Réponse :

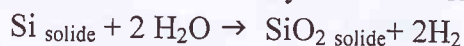
- Il y a 2 techniques de l'oxydation thermique : humide et sèche ;

La réaction avec :

- de l'oxygène et c'est l'oxydation sèche (Dry) :



- de la vapeur d'eau et c'est l'oxydation humide (Wet) :



- l'oxydation sèche donne un oxyde de meilleure qualité, plus dense et moins de défauts et présente une vitesse de croissance très lente ;

- l'oxydation humide est de moins bonne qualité, mais présente une vitesse plus rapide.

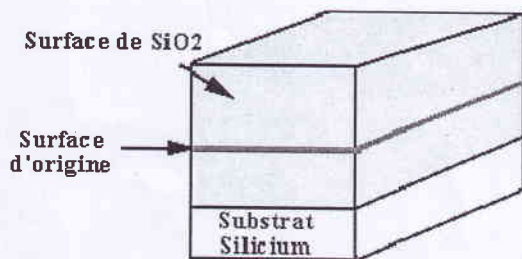
- Donner le nom de l'acide qui attaque le  $\text{SiO}_2$ . (0.5 pts)

✓ Réponse : L'acide qui attaque le  $\text{SiO}_2$  est l'acide fluorhydrique HF.

7- La couche de Silicium initiale réagit avec l'élément oxydant pour former le  $\text{SiO}_2$  ; une partie de silicium est consommée à partir du. L'interface Si/ $\text{SiO}_2$  va donc se retrouver "au-dessous" de la surface initiale, expliquer et donner le pourcentage de chaque partie de l'épaisseur de l'oxyde. (2pts)

Réponse :

La couche de Silicium initiale réagit avec l'élément oxydant pour former le  $\text{SiO}_2$  ; une partie de silicium est consommée à partir du. L'interface Si/ $\text{SiO}_2$  va donc se retrouver "au-dessous" de la surface initiale comme le montre la figure ci-dessous.



En général, la fraction de l'épaisseur située « au dessous » de la surface initiale représente 46% de l'épaisseur totale de l'oxyde  $d$  ; l'augmentation du volume de l'oxyde fait que la nouvelle surface de la plaquette oxydée se trouve à 54% de  $d$ .

## Partie 2

### EXERCICE 01 (6PTS)

En utilisant la technique de tirage verticale de Czochralski, un lingot de silicium de type P est obtenu avec un diamètre de 5 pouces, une longueur de 100cm et une résistivité de  $10 \Omega \cdot \text{cm}$ .

- 1- Quelle est la masse de Silicium faut-il mettre dans le creuset de tirage sachant que cette charge est 1,5 fois celle du lingot ? pour cela, calculer
  - a/ Le volume du lingot ;
  - b/ La masse du lingot ;
  - c/ En déduire la masse de Silicium dans le creuset.
- 2- Calculer la concentration de Bore Na dans le lingot.

On donne : 1 pouce = 25mm ; masse volumique du Si :  $d_{\text{Si}} = 2.34 \text{ g/cm}^3$  ;  $\mu_p = 460 \text{ cm}^2/\text{V.s}$ ,  $q$  (charge de l'électron) =  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

### EXERCICE 03 : (2PTS)

On oxyde une plaquette de silicium à  $1200^\circ\text{C}$  pendant 120 min par voie sèche. Quelle est l'épaisseur de  $\text{SiO}_2$  ainsi obtenue, on a :

$$x = (Bt)^{1/2}$$

$$\text{avec } B = 0.045 \mu\text{m}^2/\text{h}$$

# Solution Exo 1 : 6pts

1 pouce = 25 mm  
diamètre  $\phi = 5$  pouces  $\Rightarrow R = \frac{5 \text{ pouces}}{2} = \frac{125}{2}$   
 $L = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$   
 $= 62,5 \text{ cm}$

La résistivité  $\rho = 10 \Omega \cdot \text{cm}$ .

a) Calcul de la masse du bore

Tout d'abord, on calcule le volume du lingot qui est un cylindre :

$$V = \pi R^2 L = 3,14 \times (62,5)^2 \cdot 100$$

$$V = 12265,62 \text{ cm}^3$$

1,5 pts

b) Calcul de la masse du silicium à mettre dans le creuset

Tout d'abord, on calcule la masse du lingot  $m_{\text{Si}}$  : la masse volumique du Si =  $2,34 \text{ g/cm}^3$

$$1 \text{ cm}^3 \rightarrow 2,34 \text{ g}$$

$$12265,62 \text{ cm}^3 \rightarrow M_{\text{Si}}$$

$$M_{\text{Si}} = 2,34 \times 12265,62 = 28701,55 \text{ g}$$

$$M_{\text{Si}} = 28,7 \text{ kg}$$

~~= Masse de Si dans le lingot~~

1,5 pts

a) Calcul de la masse de Si dans le creuset

$$M_{\text{Si creuset}} = 1,5 \cdot M_{\text{Si lingot}}$$

$$M_{\text{Si creuset}} = 28,7 \times 1,5 = 43,05 \text{ kg}$$

1,5 p15

d) Calcul de  $N_a$

$$\rho = 10 \text{ g/cm}^3 = \frac{1}{6} = \frac{1}{9 \mu_p N_a}$$

$$\Rightarrow N_a = \frac{1}{9 \mu_p \rho} = \frac{1}{16 \cdot 10^{-19} \cdot 460 \cdot 10}$$

$$N_a = 1,35 \cdot 10^{15} \text{ at. cm}^{-3}$$

1,5 p15