Université de M'sila – Faculté de Technologie - Département d'Electronique
Option : Micro-électronique – Module : Techniques de caractérisation des dispositifs S/C
Année d'étude : Master 1 (M1) – Le 11/09/2020 – Durée : 1h :00

Examen du 2 ième semestre : Techniques de caractérisation des dispositifs S/C

Nom :	***Prénom :***

Exercice 1 (8 points)

On considère le semi-conducteur Silicium intrinsèque qui a une densité $n_i = 10^{10}\ cm^{-3}$ à T=300K.

1. Expliquer l'effet de la température sur la conductivité électrique d'un semi-conducteur intrinsèque.
2. Donner l'expression de sa conductivité en fonction de n_i et des mobilités μ_n et μ_p des électrons et des trous, respectivement.
3. Comparer sa résistivité ρ_{Si} à celle du Cuivre : $\rho_{Cu} = 1{,}7\ \mu\Omega.cm$ en calculant ρ_{Si} / ρ_{Cu}.
4. Calculer la résistance d'un barreau de silicium intrinsèque de section $1mm^2$ et de longueur 1cm.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Exercice 2 (8 points)

1. Rappeler les jonctions que l'on peut former si l'on dépose un métal sur un SC.
2. Quels sont les cas où on a une diode redresseuse et un contact ohmique ?

On considère pour la suite une jonction Schottky métal-SC de type N, de type redresseuse.

3. Que peut-on dire sur le travail d'extraction ϕ_m du métal par rapport au travail d'extraction $\phi_{S/C}$ du semi-conducteur ?
4. Rappeler la structure de bande de cette structure (avant et après contact).

.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Exercice 3 (4 points)

Le Métal utilisé a un travail de sortie de **4,7 eV** et le semi-conducteur présente une affinité électronique de **4,0 eV**.

- **Calculer** le dopage du semi-conducteur (atomes/cm^3) pour que le potentiel de la barrière qui s'oppose au passage des électrons du S/C vers le métal soit de **0,53 V**, **sachant que** :

  $$V_d = \phi_B - \frac{K_B T}{q} \ln \frac{N_C}{N_D}$$

  $N_C = 10^{25}$ m^{-3}

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Université de M'sila – Faculté de Technologie - Département d'Electronique
Option : Micro-électronique – Module : Techniques de caractérisation des dispositifs S/C
Année d'étude : Master 1 (M1) – Le 11/09/2020 – Durée : 1h :00

Corrigé du 2 ième semestre : Techniques de caractérisation des dispositifs S/C

Exercice 1 (8 points)

On considère le semi-conducteur Silicium intrinsèque qui a une densité $n_i = 10^{10}\ cm^{-3}$ à T=300K.

1. Expliquer l'effet de la température sur la conductivité électrique d'un semi-conducteur intrinsèque.
2. Donner l'expression de sa conductivité en fonction de n_i et des mobilités μ_n et μ_p des électrons et des trous, respectivement.
3. Comparer sa résistivité ρ_{Si} à celle du Cuivre : $\rho_{Cu} = 1{,}7\ \mu\Omega\,cm$ en calculant ρ_{Si} / ρ_{Cu}.
4. Calculer la résistance d'un barreau de silicium intrinsèque de section $1mm^2$ et de longueur 1cm.

① Sachant que : $\sigma = n q^2 \tau / m$. Dans un S/C intrinsèque, lorsque T↗, des e⁻ de valence passent dans la bande BC et donc n augmente. Le phénomène est beaucoup + important que la variation de τ et donc la σ d'un S/C intrinsèque augmente avec la T. (σ↗ qd T↗)

② $\sigma = q n_i (\mu_n + \mu_p)$ / $n = p = n_i$

③ $\rho_{Si} = \frac{1}{\sigma_{Si}} = \frac{1}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \times 10^{10} \times (1350 + 480)}$

$\rho_{Si} = 3{,}41 \times 10^{5}\ \Omega.cm$

$\rho_{Cu} = 1{,}7 \times 10^{-6}\ \Omega.cm \Rightarrow$

$\rho_{Si} \gg \rho_{Cu}$

④ $R = \rho_{Si} \frac{l}{S}$

AN : $R = 3{,}41 \cdot 10^{5} \times \frac{1}{10^{-2}}$

$\Rightarrow R = 34{,}1\ M\Omega$

Exercice 2 (8 points)

1. Rappeler les jonctions que l'on peut former si l'on dépose un métal sur un SC.
2. Quels sont les cas où on a une diode redresseuse et un contact ohmique ?

On considère pour la suite une jonction Schottky métal-SC de type N, de type redresseuse.

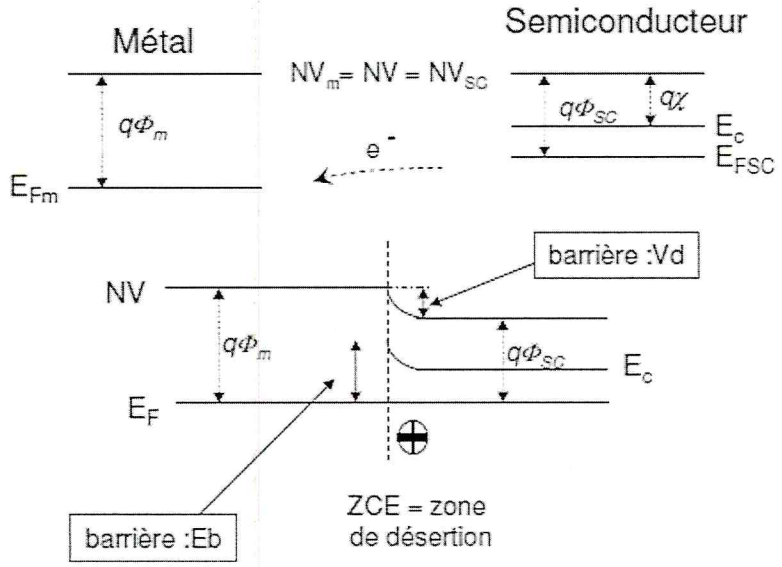
3. Que peut-on dire sur le travail d'extraction ϕ_m du métal par rapport au travail d'extraction $\phi_{S/C}$ du semi-conducteur ?
4. Rappeler la structure de bande de cette structure avec explication (avant et après contact).

① Les jonctions : Métal – S/C (diode Schottky), (contact ohmique)
jonction hétérojonction : MOS – MIS ...

② Les cas sont :
Diode redresseuse { $\phi_m > \phi_{s/c}$ (N) ; $\phi_m < \phi_{s/c}$ (P) }
Contact ohmique { $\phi_m < \phi_{s/c}$ (N) ; $\phi_m > \phi_{s/c}$ (P) }

③ $\phi_m > \phi_{s/c}$

④ La structure de bandes : Explication voir le cours.



Exercice 3 (4 points)

Le Métal utilisé a un travail de sortie de **4,7 eV** et le semi-conducteur présente une affinité électronique de **4,0 eV**.

- **Calculer** le dopage du semi-conducteur (atomes/cm^3) pour que le potentiel de la barrière qui s'oppose au passage des électrons du S/C vers le métal soit de **0,53 V**, **sachant que** :

$$V_d = \phi_B - \frac{K_B T}{q} \ln \frac{N_C}{N_D}$$

$N_C = 10^{25}\ m^{-3}$

On a : $V_d = \phi_b - \frac{K_B T}{q} \ln \frac{N_C}{N_D}$

$\frac{K_B T}{q} \ln \frac{N_C}{N_D} = \phi_b - V_d = \phi_m - \chi - V_d$

$\ln \frac{N_C}{N_D} = \frac{q}{K_B T}(\phi_m - \chi_{s/c} - V_d)$

$\frac{N_C}{N_D} = \exp\left[\frac{+q}{K_B T}(\phi_m - \chi - V_d)\right] \Rightarrow N_D = N_C \exp\left[\frac{-q}{K_B T}(\phi_m - \chi - V_d)\right]$

$N_D = 10^{25} \cdot \exp\left[-40(4,7 - 4,0 - 0,53)\right] \Rightarrow \boxed{N_D = 1,1 \times 10^{16}\ cm^{-3}}$