



**MATERIAUX ET**  
**NANOTECHNOLOGIES**

---

**Cours de physique des composants à semi-conducteurs**  
**TD n°5 : *Le contact métal-semiconducteur / La diode Schottky***

---

**Exercice I :**

Dans cet exercice, on se propose d'étudier le fonctionnement d'une diode Schottky dont le principe de base repose sur la juxtaposition d'un métal et d'un semi-conducteur (jonction métal/semi-conducteur). Le semiconducteur utilisé présente les caractéristiques suivantes :

- semiconducteur de type N :  $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ,
- densité de porteurs intrinsèque :  $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,
- coefficient de diffusion des trous :  $D_p = 7,5 \text{ cm}^2/\text{s}$ ,
- extension de la zone quasi-neutre :  $W_N = 5 \text{ }\mu\text{m}$ ,
- section de la diode :  $S = 1 \text{ mm}^2$ ,
- constante de Richardson :  $A = 120 \text{ A/cm}^2\text{K}^2$ ,
- hauteur de la barrière métal/semiconducteur :  $\Phi_{BN} = 0,6\text{V}$ ,
- potentiel thermodynamique à 300 K :  $V_T = 26 \text{ mV}$
- charge élémentaire de l'électron :  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

- 1) Ecrire l'équation du courant  $I$  dans une diode Schottky en fonction du courant de saturation  $I_s$ , de la tension appliquée  $V$  et du potentiel thermodynamique  $V_T$ .
- 2) On rappelle que, dans une diode Schottky, la densité de courant de saturation  $J_s$  est obtenue à partir de la loi de Richardson thermoionique :

$$J_s = A^* T^2 \exp(-q\Phi_{BN}/kT) \quad (1)$$

où  $A^*$  représente la constante de Richardson,  $T$  la température exprimée en Kelvins et  $\Phi_{BN}$  la hauteur de la barrière métal/semi-conducteur. Calculer la valeur du courant de saturation  $I_{S1}$  de la diode Schottky à  $T = 300 \text{ K}$ .

3) Calculer la valeur du courant de saturation  $I_{S2}$  obtenu dans le cas d'une jonction  $P^+N$  ( $N_A \gg N_D$ ), de même section, courte et abrupte. Comparer cette valeur à celle trouvée à la question précédente.

4) Quels types de porteurs (majoritaires ou minoritaires) contribuent au courant dans une

jonction PN? Même question pour une jonction Schottky.

5) Calculer pour ces deux jonctions, la chute de tension, en polarisation directe, pour un courant de 10 mA. Conclusion.

6) Représenter le schéma des bandes d'énergie à l'équilibre thermodynamique de cette jonction Schottky lorsque le métal et le semi-conducteur sont en contact. Justifier brièvement. Discuter qualitativement de l'effet d'une polarisation directe sur le diagramme d'énergie.

Devra être reporté sur le diagramme : niveau d'énergie du vide  $E_0$ ; niveau de Fermi du métal  $E_{FM}$ ; niveau de Fermi du semi-conducteur  $E_{FS}$ ; énergie des bandes de conduction et de valence du semi-conducteur  $E_C$ ,  $E_V$ ; travail de sortie du métal  $q\Phi_M$ ; travail de sortie du semiconducteur  $q\Phi_S$ ; affinité électronique  $q\chi$ .

### **Exercice II :**

On mesure, en fonction de la tension de polarisation  $V$ , la capacité  $C$  d'un redresseur métal-silicium (n). On obtient, pour la quantité  $C^{-2}$  une variation linéaire de la forme :  $C^{-2} = A - BV$  avec  $A=10^6 \text{ F}^{-2}$  et  $B=1,25 \cdot 10^6 \text{ F}^{-2}\text{V}^{-1}$ . La constante diélectrique, l'affinité électronique et la densité équivalente d'états en bande de conduction du silicium sont respectivement :  $\epsilon=10^{-10} \text{ F/m}$ ,  $q\chi=4 \text{ eV}$  et  $N_C=10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

- 1) Etablir l'expression de la largeur  $W$  de la zone de charge d'espace et les lois de variation du champ et du potentiel dans toute la structure.
- 2) Etablir l'expression de la largeur  $W$  de la zone de charge d'espace en fonction de la tension de polarisation.
- 3) Etablir l'expression de la capacité  $C$  de la structure.
- 4) Calculer la tension de diffusion  $V_d$  de la structure.
- 5) Calculer le dopage  $N_D$  du semi-conducteur.
- 6) Calculer le travail de sortie du semi-conducteur.
- 7) Calculer le travail de sortie du métal.