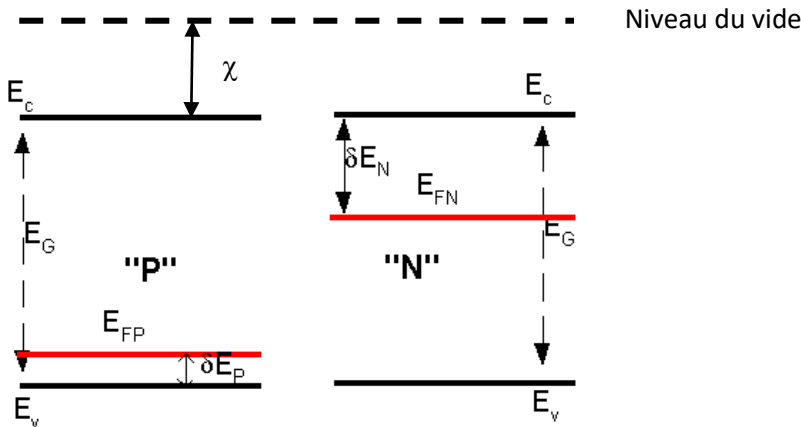


**Exo.1:**

1) Calculer les distances énergétiques  $\delta E_P$  et  $\delta E_N$  en fonction de  $T$ ,  $N_A$  ( $N_D$ ),  $N_V$  ( $N_C$ ) et  $E_G$



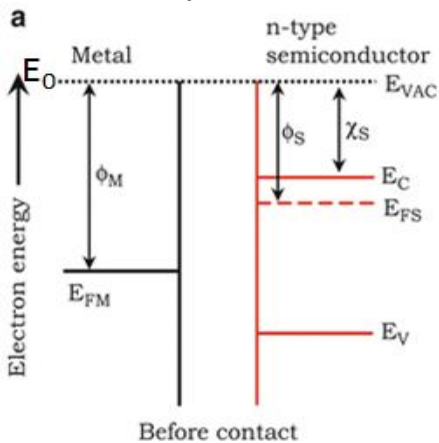
2) En déduire l'expression du travail de sortie dans chaque cas

3) En exprimant les concentrations des électrons et des trous en fonction de la concentration intrinsèque, donner les expressions des distances énergétiques  $E_{FN}-E_i$  et  $E_i-E_{FP}$  en fonction  $T$ ,  $N_D$  ( $N_A$ ) et  $n_i$ .

4) Retrouver les expressions des travaux de sortie

**Exo.2**

2.1. Donner l'expression de la différence des travaux de sortie entre le métal et le semi-conducteur



2.2. Application numérique: cas où métal=Al ( $\phi_m=4.1$  eV) et Semi-conducteur=Si ( $\chi=4.05$  eV,  $E_g=1.12$  eV,  $N_D=10^{15} \text{cm}^{-3}$   $n_i=10^{10} \text{cm}^{-3}$ ).

**Exo. 3**

Une structure MOS (métal – oxyde - semi-conducteur) de surface  $s=1 \text{ mm}^2$  est constituée d'une grille métallique (Al), d'une couche isolante ( $\text{SiO}_2$ ,  $\epsilon_i=3.9$ ) et d'une couche semi-conductrice (Si type P).

3.1. Quel est le type de la polarisation ( $>0$  ou  $<0$ ) qu'on doit appliquer à la grille métallique pour avoir le régime d'inversion ? Quels sont les porteurs majoritaires qui apparaissent à l'interface Oxyde - semi-conducteur ?

3.2. Donner l'allure de la caractéristique  $C(V)$  de cette structure à basse fréquence.

3.3. Indiquer les différents régimes sur la caractéristique précédente.

3.4. Calculer la capacité maximale de la structure sachant que  $d(\text{SiO}_2)=1000 \text{ \AA}$ .

**Données:**  $e=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $k=1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$ ,  $h=6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ ,  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ .

#### Exercice 4

Considérons une structure MIS de type Al-SiO<sub>2</sub>-Si(n).

On donne :

$$\phi_{Al}=4.3 \text{ eV} \quad N_D=10^{15} \text{ cm}^{-3} \quad Q_{ss}\sim 5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-2} \quad \chi_{Si}=4.01 \text{ eV} \quad N_C=2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3} \quad d=1000 \text{ \AA} \quad \epsilon_i=3.9$$

Calculer la tension de bande plate  $V_{FB}$  en supposant un oxyde parfait.

#### Exercice 5

Un transistor MOSFET est réalisé sur un substrat de type p dont la longueur et la largeur du canal sont respectivement  $L=20\mu\text{m}$  et  $Z=100\mu\text{m}$ . On vous demande :

- 5.1. L'épaisseur de l'oxyde sachant que sa capacité  $C_i=3 \text{ pF}$
- 5.2. La tension de seuil pour une tension de substrat de  $-2 \text{ V}$  avec une tension de bandes plates  $V_{FB}=-0.2 \text{ V}$ .
- 5.3. La transconductance pour ce point de fonctionnement : grille  $+5 \text{ V}$ , drain  $0\text{V}$ , substrat  $-2\text{V}$ .

**Données :**  $T=300\text{K}$ ,  $\epsilon_i=4$ ;  $\epsilon_{sc}\approx 12$ ;  $\mu_n=0.08\text{m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ,  $e=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

#### Exercice 6

Un transistor MESFET d'arséniure de gallium a une électrode de grille en or. La barrière est de  $0,89 \text{ V}$  et le dopage  $N_D$  est de  $2 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Le canal a une épaisseur de  $0,6 \mu\text{m}$ .

- 6.1. Calculez la tension de pincement
- 6.2. Calculer la tension de diffusion de la diode Schottky  $V_{di}$ .

**Données pour GaAs:**  $\epsilon_i=12.9$   $N_C=4.7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$   $\chi=4.07 \text{ eV}$

**Données pour l'Or :**  $\phi_{Au}=4.8 \text{ eV}$

#### Exercice 7

Un transistor MESFET à base de GaAs a un canal n dopé à  $2 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . La longueur du canal  $L=1\mu\text{m}$  et sa profondeur  $a=0,5 \mu\text{m}$ . La largeur  $Z=50 \mu\text{m}$ . La barrière métal-semi-conducteur est de  $0,8 \text{ V}$ . La mobilité des électrons est  $4500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . On vous demande de calculer

- 7.1. La tension de pincement ;
- 7.2. La transconductance à canal court ;
- 7.3. La transconductance à canal long pour  $V_g=-0.5\text{V}$  ;
- 7.4. La capacité de grille lorsque la zone de charge d'espace occupe tout le canal.
- 7.5. La fréquence de coupure.