



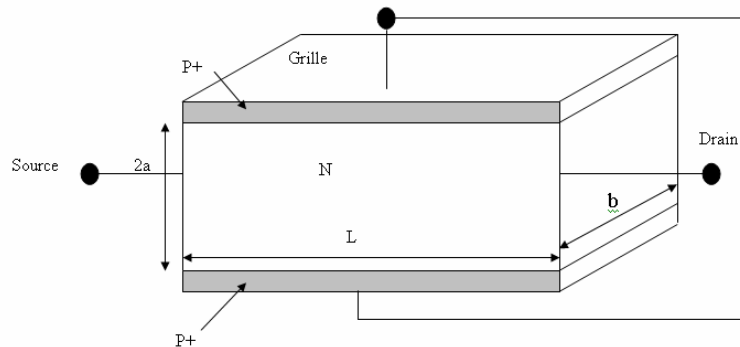
**MATERIAUX ET
NANO TECHNOLOGIES**

Cours de Physique des composants à semi-conducteurs
TD n°6 : Le Transistor à Effet de Champ à Jonction (TEC)

Exercice I :

Le schéma d'un JFET à canal N est représenté sur la figure suivante. On donne : $2a = 5\mu\text{m}$; $L = 10\mu\text{m}$; $b = 100\mu\text{m}$; $n_i = 10^{10}\text{ cm}^{-3}$; $\epsilon = 10^{-12}\text{ F/cm}$; région P⁺ : $N_A^+ = 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ et $\tau = 10^{-6}\text{ s}$; région N : $N_D = 10^{15}\text{ cm}^{-3}$ et $\mu_n = 1000\text{ cm}^2/\text{V.s}$

1) Calculer la conductance G_0 du canal N.



- 2) Déterminer la valeur de la tension de pincement V_p .
- 3) Dans le cas où V_{DS} reste très faible ($V_{GS} \simeq V_{GD}$), déterminer la conductance du canal pour $V_{GS} = 0, -1, -2, -3, -4\text{ V}$.
- 4) Calculer les valeurs de V_{DSat} et I_{DSat} correspondant aux valeurs précédentes de V_{GS} .
- 5) Déterminer $I_D = f(V_{DS})$ pour $V_{GS} = 0\text{ V}$ et $V_{GS} = -1\text{ V}$. Tracer les caractéristiques de sortie.

6) En déduire la caractéristique de transfert $I_D = f(V_{GS})$ dans la région saturée.

Exercice II :

On considère un JFET à canal P ayant les propriétés suivantes : $a = 0,4 \mu\text{m}$; $L = 1 \mu\text{m}$; $b = 10 \mu\text{m}$; $n_i^2 = 2,5 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-6}$; $\epsilon = 10^{-12} \text{ F/cm}$; $N_A^+ = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$; $N_D = 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$; $\mu_p = 300 \text{ cm}^2/\text{V.s}$; $V_T = 26 \text{ mV}$

- 1) Exprimer et calculer la tension de diffusion de la jonction grille-canal.
- 2) Exprimer et calculer la hauteur du canal, $a - h$, à l'équilibre thermodynamique.
- 3) Exprimer et calculer la conductance du canal à l'équilibre thermodynamique.
- 4) En appliquant une tension de grille de 3V, calculer la nouvelle conductance et la tension de saturation.
- 5) En appliquant une tension de grille de 3V et une tension sur le drain de 2V supérieure à la tension de saturation, calculer la valeur du courant. En déduire la résistance équivalente à l'état passant.

Exercice III :

On considère la structure idéalisée d'un JFET à canal N. On suppose que les niveaux de dopages des différentes régions sont uniformes mais on ne fait aucune hypothèse sur la valeur du rapport N_A/N_D . Dans tout le problème, l'étude sera limitée au cas des faibles tensions de drain.

- 1) Etablir l'expression donnant la tension de pincement V_p en fonction de N_A et N_D .
- 2) Tracer les variations de V_p en fonction de N_A (pour $10^{15} \text{ cm}^{-3} < N_A < 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) sachant que $N_D = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$.

On donne également : demi-épaisseur de la région N : $a = 1,5 \mu\text{m}$; permittivité du silicium : $\epsilon = 10^{-12} \text{ F/cm}$; concentration intrinsèque : $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

- 3) Etablir l'expression de la conductance G du canal ; on désignera par L , la longueur du canal et par b sa largeur.
- 4) Etablir l'expression de cette même conductance G lorsqu'une des régions de grille est en court-circuit avec la source et que la tension V_{GS} n'est donc appliquée que sur l'une des jonctions. On choisira un dopage $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.
- 5) Calculer l'admittance d'entrée du dispositif dans les deux situations suivantes :
 - les deux grilles sont reliées et portées au potentiel $V_{GS} = -1 \text{ V}$,
 - une grille est reliée à la source et l'autre est portée au potentiel $V_{GS} = -1 \text{ V}$. On donne $b = 50 \mu\text{m}$ et $L = 10 \mu\text{m}$.

Exercice IV :

Un transistor à effet de champ à grille Schottky (MESFET) sur GaAs a une longueur de canal $L = 1 \mu\text{m}$. La couche active d'épaisseur $a = 0,25 \mu\text{m}$ présente un dopage $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. La largeur du canal est $b = 10 \mu\text{m}$. On négligera le rôle des zones latérales passives, autrement dit on ne tiendra compte que de la zone active située sous le contact de grille. On considèrera que la permittivité du GaAs vaut $\epsilon = 10^{-12} \text{ F/cm}$ et que la mobilité μ_n est de $4000 \text{ cm}^2/\text{V.s}$.

- 1) Lorsqu'on applique aucune tension sur la grille, la zone dépeuplée dans le semi-conducteur a une extension de $0,1 \mu\text{m}$. Calculer la différence de potentiel que supporte alors cette zone dépeuplée. Calculer la tension de pincement V_p .
- 2) Calculer, dans le cas des faibles tensions de drain, la conductance du canal pour $V_{GS} = 0,35 \text{ V}$.