



**Concours d'accès au Doctorat 3<sup>ième</sup> Cycle en Electronique**

**Options :** 1. Hyperfréquences et Télécommunication – 2. Micro et nanotechnologies –  
3. Systèmes, procédés et dispositifs pour l'électronique médicales

**Epreuve commune, Durée : 1H 30mn**

On soignera la présentation de la copie et tout résultat sera justifié par un calcul. La calculatrice non programmable est autorisée.

Le candidat choisira deux exercices parmi les trois proposés.

**Exercice 1 (10 points)**

On considère une diode à jonction P<sup>+</sup>N abrupte, dopée avec  $N_A$  atomes accepteurs côté P et  $N_D$  atomes donneurs côté N. Soient  $(-x_1)$  et  $(x_2)$  les abscisses respectives de la zone de charge d'espace côté P et côté N.

En appliquant à la diode une tension inverse continue de valeur absolue  $U$  et en notant  $U_0$  la barrière de diffusion qui s'établit à l'équilibre sans polarisation :

- 1- Donner sans démonstration, l'épaisseur de la zone de charge d'espace notée  $d$ , en fonction de  $U$  et  $U_0$ , en tenant compte de l'hypothèse de la jonction P<sup>+</sup>N. Faire l'application numérique pour  $U = 4$  V.
- 2- Calculer la charge totale  $+Q$  stockée dans la zone de charge d'espace côté N en fonction de  $N_D$ ,  $U$ , et  $U_0$ .
- 3- En supposant maintenant que la tension inverse varie avec une amplitude  $u$  autour d'une valeur constante  $U_P$  ( $U = U_P \pm u$ ), calculer l'expression de la capacité différentielle  $C = dQ/dU$  pour  $U = U_P$ . Retrouver la relation connue entre  $C$  et  $d$ .
- 4- En supposant que nous faisons des mesures capacité-tension  $C(U)$  et en se basant sur le résultat de la capacité différentielle (troisième question), donner un moyen d'obtenir le dopage  $N_D$  (lorsqu'il est inconnu) à partir d'un tracé simple.

Données :  $\epsilon_0 \epsilon_r = 10^{-12}$  F/cm,  $n_i = 10^{10}$  cm<sup>-3</sup>,  $N_A = 10^{17}$  cm<sup>-3</sup>,  $N_D = 2.10^{15}$  cm<sup>-3</sup>,  $kT/q$  à la température ambiante est égal à 0.025 Volt.

**Exercice 2 (10 points)**

Un transistor PNP est dopé avec  $N_{AE} = 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>,  $N_{DB} = 10^{15}$  cm<sup>-3</sup>,  $N_{AC} = 10^{16}$  cm<sup>-3</sup> pour les régions émetteur (E), base (B) et collecteur (C), respectivement. La largeur réelle de la base est  $W = 4$   $\mu$ m. La densité des porteurs intrinsèques est  $n_i = 10^{10}$  cm<sup>-3</sup>,  $\epsilon_0 \epsilon_r = 10^{-12}$  F/cm et  $kT/q$  à la température ambiante est égal à 0.025 Volt.

- 1- Calculer les tensions de diffusion des jonctions E-B et C-B notées  $V_{DEB}$  et  $V_{DCB}$ .
- 2- Le transistor est polarisé par les tensions  $V_{EB} = 0.5$  V et  $V_{CB} = -2$  V.  
Calculer la largeur effective de la base, notée  $W_{Beff}$ . Pour le calcul des zones de charge d'espace, côté jonction E-B et côté jonction C-B, on suppose que les deux épaisseurs des zones de charge d'espace dans l'émetteur et dans le collecteur sont négligeables (on applique l'hypothèse de la jonction P<sup>+</sup>N).