

1. PN Junction

- Esquissez le diagramme de la bande d'énergie, le potentiel électrique, la distribution du champ électrique et le profil de charge d'espace d'une jonction PN en équilibre ($V = 0$)
- Répétez (a) avec une tension positive appliquée du côté n. Le courant circule? Pourquoi?
- Répéter (a) avec une tension positive appliquée du côté p. Le courant circule? Pourquoi?

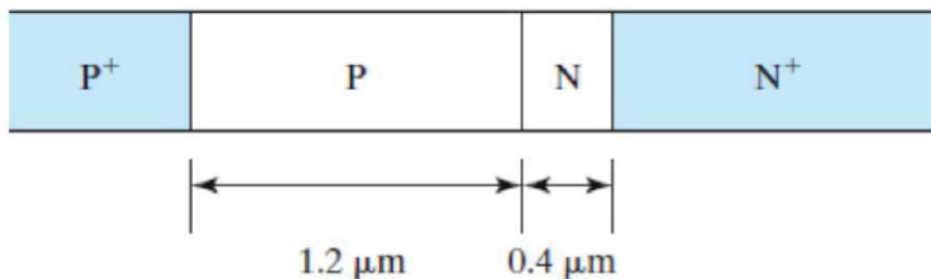
2. pn Junction - considérons une jonction PN avec $N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ et $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, et $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $kT = 26 \text{ meV}$ avec $V = 0$.

- quelles sont les densités de porteurs minoritaires aux bords de la région de déplétion?

Nous supposons maintenant $V = 0,6 \text{ V}$ (polarisation directe)

- quelles sont les densités de porteurs minoritaires aux bords de la région de déplétion?
- quelles sont les densités de porteurs minoritaires en excès aux bords de la région de déplétion
- quelle est la densité de porteurs majoritaires
- sous une tension inverse de $V = 1,8 \text{ V}$, quelles sont les densités de porteurs minoritaires aux bords de la région d'appauvrissement.

3. Considérez la jonction pn ci-dessous. Si $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ et $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, sous une tension inverse croissante, quelle région (N ou P) deviendra complètement épuisée en premier? Quel est la tension inverse dans cette condition?



Jonction PN -3

Soit une jonction P+N au silicium de section $10000\mu\text{m}^2$ dont les caractéristiques en faible injection, sont les suivantes :

Côté P : $N_a = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ Largeur : $W_p = 5 \mu\text{m}$ région courte
Côté N : $N_d = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ Largeur : $W_n = 400 \mu\text{m}$, $\mu_n = 1000 \text{ cm}^2/\text{V/s}$, $\mu_p = 400 \text{ cm}^2/\text{V/s}$
On suppose que la durée de vie des porteurs est la même dans toute la structure : $\tau = 1\mu\text{s}$

Données supplémentaires : $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $kT/e = 25 \text{ mV}$ $\varepsilon = 10^{-12} \text{ F/cm}$.

- 1) Déterminer la valeur du courant inverse théorique de cette diode.
- 2) Donner les valeurs de tensions directes correspondant à des courants de 0,1 ; 0,5 ; 1 ; 5 mA.
- 3) Evaluer la résistance série de la diode et déterminer la chute de tension correspondante pour les mêmes valeurs de courant qu'en 2.
- 4) Déterminer les valeurs du courant inverse pour les tensions appliquées $V = -10, -15, -20 \text{ V}$.
- 5) Déterminer la tension de claquage et calculer la valeur du courant à la limite du claquage. On donne le champ critique $E_c = 30 \text{ V}/\mu\text{m}$.

On raccourcit le côté N et on prend $W_n = 10 \mu\text{m}$.

- 6) Calculer la densité de courant J_h et la tension V_h qui détermine le début de l'injection forte.
- 7) Répondre aux questions 1) et 2)
- 8) Calculer le temps de transit des trous en faible injection
- 9) Evaluer le courant de recombinaison dans la zone déserte pour un courant de 0.1 mA.
- 10) Calculer la capacité de transition pour $V_a = -20 \text{ V}$
- 11) Déterminer le schéma équivalent de la diode en alternatif pour $I = 0.1 \text{ mA}$
- 12) Dans le cas où le côté N est très mince (par exemple $W_n = 1\mu\text{m}$) peut on envisager un autre mode de claquage en polarisation inverse.

Jonction PN

Exercice 1 : Considérons une jonction pn au silicium et de largeur n et p identiques dont les caractéristiques sont regroupées dans le tableau ci-dessous. Déterminer pour les largeurs de région n et p suivantes le courant de saturation I_s : 5 μm et 35 μm . On donne la surface du dispositif 10^{-3} cm^2 .

On donne $\tau_p = \tau_n = 1 \mu\text{s}$, $N_d = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $N_a = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

Région n		Région p	
$\mu_p = 300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$	$\mu_n = 1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$	$\mu_p = 100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$	$\mu_n = 280 \text{ cm}^2/\text{Vs}$
$D_p = 7.8 \text{ cm}^2/\text{s}$	$D_n = 33 \text{ cm}^2/\text{s}$	$D_p = 2.6 \text{ cm}^2/\text{s}$	$D_n = 7.3 \text{ cm}^2/\text{s}$

Exercice 2 : Soit une jonction P^+N au silicium. On donne :

- $N_D = 4 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$
- $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
- $\tau_p = 10^{-5} \text{ s}$ $\frac{kT}{e} = 25 \text{ mV}$ $\varepsilon = 10^{-10} \text{ F/m}$
- $D_p = 10 \text{ cm}^2/\text{s}$ $S = 22500 \mu\text{m}^2$ $d_n = 10^{-6} \text{ m}$

Des mesures de capacité sur cette diode ont donné ces résultats :

- En direct ($V = 650 \text{ mV}$), $C = 3 \text{ pF}$
- En inverse on note $C = 0.75 \text{ pF}$

Déterminer à partir de ces mesures :

1. La valeur de la tension inverse correspondant à la deuxième mesure de capacité
2. La valeur du courant de génération I_g correspondant à cette polarisation
3. La valeur du courant direct pour $V = 650 \text{ mV}$. En déduire la valeur du courant inverse théorique de cette diode.