

## Chapitre 2

### La diode à jonction PN

#### 2.1 Définitions

Soit un monocristal de semi-conducteur dans lequel il existe deux régions : une de type N et l'autre de type P. On appelle jonction PN la zone frontalière qui existe entre les deux régions.

Si on appelle  $N_A(x)$  et  $N_D(x)$  les concentrations de dopants respectivement de type accepteur et donneur, on dira qu'une région est de type P si  $N_A(x) > N_D(x)$ , et elle est de type N si  $N_A(x) < N_D(x)$ .

#### 2.2 La jonction PN non polarisée

Chaque région est le siège de deux types de porteurs : des porteurs majoritaires et des porteurs minoritaires. A température ambiante en supposant tous les atomes donneurs et accepteurs ionisés, les concentrations de porteurs sont :

- Région N:  $\bar{n}_N = N_D$  et  $\bar{p}_N = \frac{n_i^2}{N_D}$

- Région P:  $\bar{p}_P = N_A$  et  $\bar{n}_P = \frac{n_i^2}{N_A}$

Si les deux régions sont isolées (voir figure 2.1(a)), chaque zone est électriquement neutre :

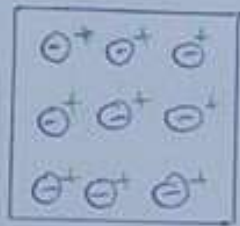
- il y a autant d'électrons libres dans la région N.

- " " " " de trous dans la région P.

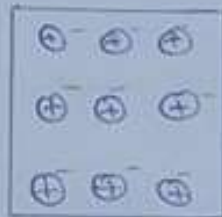
Si l'on réunit les deux régions (figure 2.1(b)), les porteurs au voisinage immédiat de la jonction vont tendre à diffu

Vers la région où ils sont minoritaire, ainsi les trous très nombreux dans la région vont diffuser vers la région N, et les électrons vont diffuser de la zone N vers la zone P.

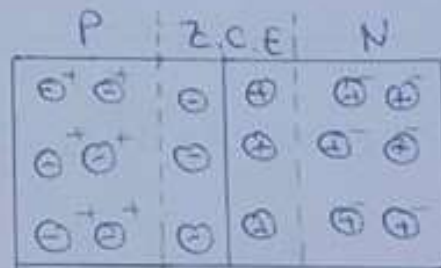
Les électrons qui ont diffusé de la région N vers P vont disparaître par recombinaison avec les trous majoritaires de cette zone. Il en est de même des trous qui ont diffusés vers N.



Zone P



Zone N



(b) Jonction PN

(a) Zone P et N isolées

- : électrons libres  
+ : trou libre

Figure 2.1

Au voisinage de la jonction, il existe une zone dépourvue de porteurs majoritaires et présentant des charges fixes c'est la zone de charge d'espace ZCE, située entre deux zones neutres.

### 2.3 Jonction PN polarisée

Épaisseur de la zone ZCE. L'épaisseur totale de ZCE  $x$  est égale à la somme des épaisseurs des zones de charge d'espace  $x_N$  et  $x_P$ :

$$x = x_N + x_P$$

La largeur de la ZCE:

$$W_0 = \sqrt{\frac{2\epsilon_0 \epsilon_r}{q} \left( \frac{1}{N_D} + \frac{1}{N_A} \right)}$$

ou  $\epsilon_0$  la permittivité du vide ( $\epsilon_0 = 8,86 \times 10^{-12} \text{ F/cm}$ )  
 $\epsilon_r$  la constante diélectrique du milieu

Au pole  $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$  permittivité du matériau est égale à  
 $\epsilon = 1,04 \times 10^{-12} \text{ F/cm}$  pour le Si.

jonction N <sup>+</sup> P $N_D \gg N_A$	jonction P <sup>+</sup> N $N_A \gg N_D$
$x_N = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{q}} \cdot \frac{\sqrt{N_A}}{N_D} \cdot \sqrt{V_D}$	$x_N = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{q}} \cdot \frac{1}{N_D} \cdot \sqrt{V_D}$
$x_P = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{q}} \cdot \frac{1}{N_A} \cdot \sqrt{V_D}$	$x_P = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{q}} \cdot \frac{\sqrt{N_D}}{N_A} \cdot \sqrt{V_D}$

Avec:  $V_D = U_T \ln \left( \frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2} \right)$  Tension de diffusion

$$U_T = \frac{k_B T}{q} ; U_T = 26 \text{ meV à } 300\text{K}$$

Exemple:

pour une jonction PN au Si dopé avec  $N_A = 10^{18} / \text{cm}^3$  et  $N_D = 10^{16} / \text{cm}^3$

$$V_D = U_T \ln \left( \frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2} \right)$$

$$= 26 \cdot 10^{-3} \ln \left( \frac{10^{18} \cdot 10^{16}}{(1,5 \cdot 10^{10})^2} \right) = \boxed{0,316 \text{ V}}$$

Exercice 1:

Une jonction PN abrupte au Germanium (Ge) est dopé d'un côté avec  $10^{20}$  atome de Bore par  $\text{cm}^3$  et de l'autre côté avec  $10^{21}$  atome par phosphore par  $\text{cm}^3$ .

$E_g = 0,66 \text{ eV}$  à  $T = 300\text{K}$ ;  $N_c = 1,04 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ;  $N_v = 6 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  et

$\varepsilon_r = 16$ . Calculer:

1) La concentration intrinsèque  $n_i$ ?



② La concentration en majoritaire et minoritaire de chaque côté ?

Solution :

$$① n_i^2 = N_c N_v e^{-E_g / K_B T}$$

$$n_i = 2,42 \cdot 10^{13} / \text{cm}^{-3}$$

② Côté N:

$$n_N = N_D = 10^{21} \text{ cm}^{-3} \text{ maj}$$

$$P_N = \frac{n_i^2}{N_D} = 5,85 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3} \text{ min}$$

Dopage avec phosphore  
(Dopage type N) donc  
N est maj

Côté p:

$$P_P = N_A = 10^{20} \text{ cm}^{-3} \text{ maj}$$

$$n_p = \frac{n_i^2}{N_A} = 5,85 \cdot 10^{12} / \text{cm}^{-3} \text{ min}$$

dopage avec Bore (Dopage  
de type p) donc  
p est maj