Université de Biskra | Faculté des Sciences Exactes
Département des Sciences de la Matière | et SNV

1 MASTER- Caractérisation des Semi-conducteurs

TD 04 : Caractéristique C(V)

Problème N 1: *Exploitation de la caractéristique C=f(V) d'une diode en inverse*

La mesure de la capacité d'une diode P^+N en matériau semi-conducteur homogène G_aA_s en fonction de la tension inverse appliquée a donné les résultats suivants :

Va (Volts)	- 4	- 3	- 2	- 1	0
C (pF)	59	67	76	92	127

Cette mesure permet de déterminer les caractéristiques physiques de la diode à savoir :
- La concentration d'atomes donneurs N_d dans la région N.
- La valeur du potentiel de diffusion interne de la jonction $V\phi$.

La diode possède les caractéristiques suivantes :
- Section $S = 1\ mm^2$
- Hauteur de la bande interdite du G_aA_s : $E_g = 1{,}42$ eV à 300 K
- Constante de Boltzmann $k = 1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K
- Charge de l'électron $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
- Perméabilité du vide $\varepsilon_o = 8{,}85 \times 10^{-12}$ F/m
- Perméabilité relative $\varepsilon_r(G_aA_s) = 13{,}1$.

1. **Pour obtenir une représentation linéaire de la variation de la capacité de la jonction P^+N en fonction de la valeur absolue de la tension inverse $|V_a|$ appliquée, on représente en figure1 le graphe de $1/C^2$ en fonction de $|V_a|$ qui est une équation de la forme :**

$$\frac{1}{C^2} = a\ |V_a| + b \qquad \text{(E-1)}$$

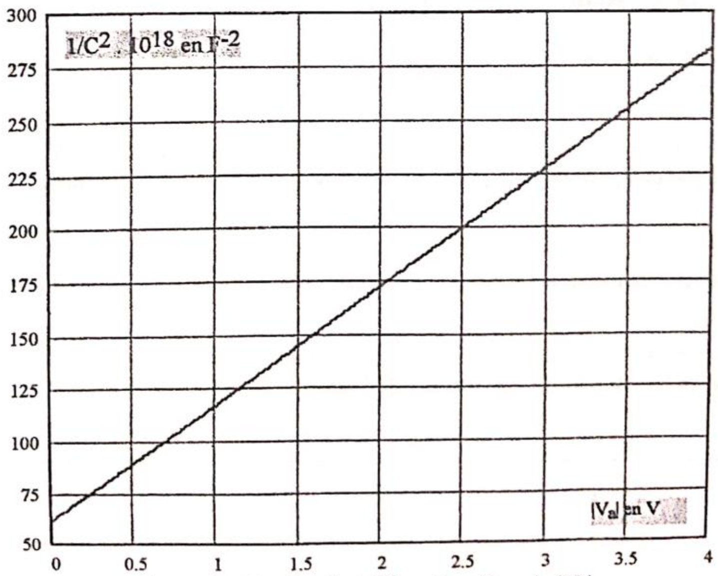

Figure 1 : Graphe de $1/C^2$ en fonction de $|V_a|$.

A partir du graphe donné en figure 1, calculer le coefficient directeur a et l'ordonnée à l'origine b de l'équation E-1.

2. Les régions neutres côté N et côté P^+ (non-dépeuplées de porteurs libres) sont considérées comme faiblement ohmiques. Aussi la zone de charge d'espace (Z.C.E.) est **assimilée à la capacité mesurée C**, qui est due à la présence d'ions fixes situés de part et d'autre de la jonction (figure 2).

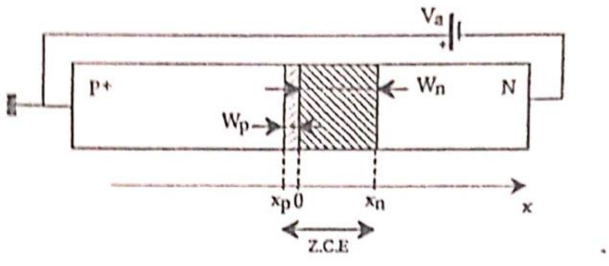

Figure 2 : La capacité de transition de la diode bloquée.

Justifier qualitativement l'approximation : $C_T = \dfrac{\varepsilon\ S}{W_n + W_p} \approx \dfrac{\varepsilon\ S}{W_n}$ (E-2)

avec : W_p = largeur de la zone de charge d'espace côté P^+.
W_n = largeur de la zone de charge d'espace côté N.
ε = permittivité du GaAs soit : $\varepsilon_0\varepsilon_r$.

3. La diode polarisée en inverse est le siège d'une barrière de potentiel V (N) -V (P^+) qui s'établit dans la Z.C.E. On se propose de déterminer l'expression de cette barrière de potentiel. Pour cela, on va résoudre l'équation de Poisson (E-3) dans la zone de charge d'espace :

$$\frac{d^2V(x)}{dx^2} = -\frac{\rho(x)}{\varepsilon} \qquad \text{(E-3)}$$

Où $\rho(x)$ représente la densité de charges dans la Z.C.E. Justifier qualitativement que :
$\rho(x) = 0$ pour $x < x_p$ et $x > x_n$
$\rho(x) = -e.N_a$ pour $x_p < x < 0$
$\rho(x) = e.N_d$ pour $0 < x < x_n$.

4. En séparant l'étude côté P et côté N et en intégrant deux fois l'équation de Poisson (E-3), déterminer les expressions des potentiels $V_P(x)$ et $V_N(x)$.

5. En considérant que l'on a continuité du potentiel à la jonction métallurgique, en x = 0, soit : $V_P(0) = V_N(0)$, écrire la relation reliant V_ϕ, $|V_a|$, N_a, N_d, W_p et W_n.

6. A partir de la relation précédente et en écrivant que $N_aW_p = N_dW_n$, traduisant la même quantité de charges fixes de part et d'autre de la jonction, montrer que :

$$\frac{e}{2\varepsilon}N_d(W_n)^2 = V\phi + |Va|$$

7. A partir de l'expression (E-2) de C_T, montrer que : $\dfrac{1}{C_T^2} = \dfrac{2}{e\,N_d.\varepsilon.S^2}[V\phi + |V_a|]$.

8. Compte tenu des valeurs trouvées pour les coefficients a et b, puis en identifiant avec la relation (E-1), en déduire les valeurs de $V\phi$ et N_d de la jonction.

Problème N 2 : *MESURE DU NIVEAU DE DOPAGE D'UN SEMI-CONDUCTEUR*

On considère une jonction métal semi-conducteur que l'on utilise pour mesurer le niveau de dopage d'une plaque d'Arséniure de Gallium dopée ***N***. La jonction est représentée à la ***figure 1*** et la répartition de la densité de charges électriques à l'équilibre a l'allure représentée sur la ***figure 1***. On appelle N_D le niveau de dopage du Semi Conducteur et W est la largeur de la zone de charge d'espace. Dans le cas d'une jonction métal semi-conducteur cette charge d'espace s'étend essentiellement du côté Semi Conducteur de sorte que l'on peut considérer que W est la largeur totale de la zone de charge d'espace.

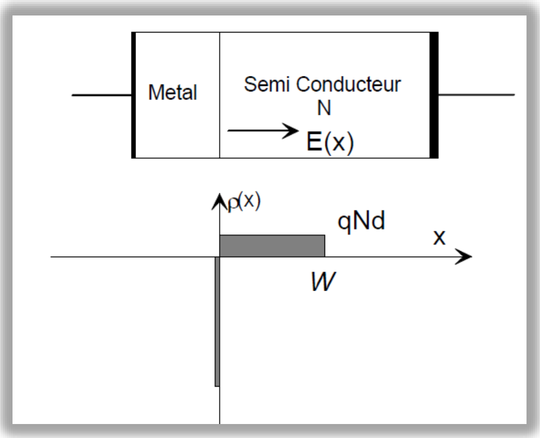

Figure 1

Soit ε la permittivité diélectrique absolue de l'***AsGa*** et N_D le niveau de dopage. On polarise la jonction comme indiqué à la ***figure 2***. On admet que toute la tension de polarisation est appliquée à la zone de charge d'espace de sorte que, avec l'hypothèse $\psi(0) = 0$, on a $\psi(W) = V_{bi} - V$.

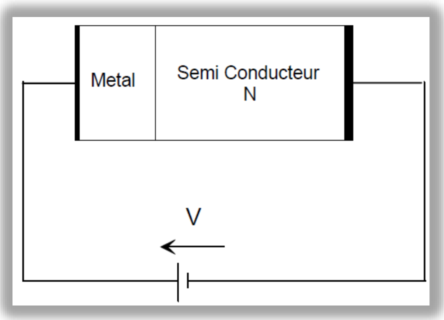

Figure 2

1) Exprimer littéralement la largeur de la zone de charge d'espace W en fonction de q, ε, N_D et $V_{bi}-V$.

2) Calculer la charge Q_s comprise dans la région de charge d'espace par unité d'aire de la jonction.

3) La capacité équivalente de la jonction est définie par $C=dQ_s/dV$. Montrer que cette capacité est donnée par $C = \sqrt{\frac{q\,\epsilon\,N_D}{2\,(V_{bi}-V)}} = \frac{\epsilon}{W}$ F/cm^2 si N_D est exprimé en cm^{-3} et ε en F/cm.

4) Exprimer la quantité $1/C^2$ en fonction des paramètres de la jonction et de la tension V. Quelle est la nature de la courbe $1/C^2 = f(V)$?

5) Pour une plaquette d'***AsGa*** on a mesuré expérimentalement la capacité de la jonction en fonction de la tension appliquée et les variations de $1/C^2$ sont représentées en fonction de la tension de polarisation V. Déduire de cette courbe:

- ***a)*** la valeur de N_D
- ***b)*** la valeur de V_{bi}

On donne: $q=1{,}6.10^{-19}$ C; $\varepsilon_r = 13{,}1$; $\varepsilon_o = 8{,}854.\ 10^{-14}$ F/cm

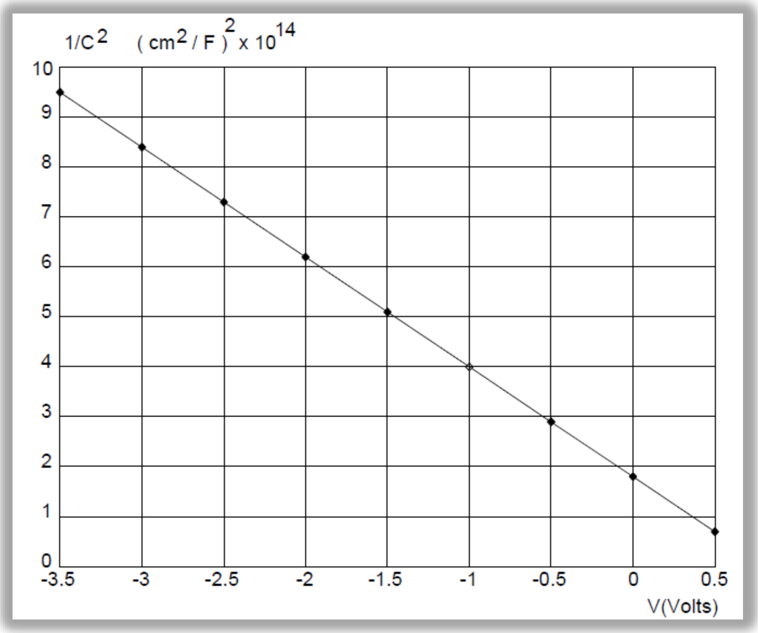

Figure 3