ENIG **GCR1**

ANNEE UNIVERSITAIRE 2023/2024

SAMEDI 28/10/2023
Durée : 1H30 *Documents non autorisés.*
Enseignant responsable : Mr BENZINA.H

DEVOIR DE CONTROLE DISPOSITIFS ET SYSTEMES MICROONDES

L'usage de calculatrices standards est autorisé. Les téléphones mobiles ou smartphone sont interdits. Ne pas oublier les unités dans vos calculs sinon ils sont faux ; une réponse parachutée est considérée comme fausse.

EXERCICES :

A t=300K, on a :

	$N_C(cm^{-3})$	$N_V(cm^{-3})$	$n_i(cm^{-3})$
Silicium	$2.8x10^{19}$	$1.04x10^{19}$	$1.5x10^{10}$
Arséniure de Gallium	$4.7x10^{17}$	$7.0x10^{18}$	$1.8x10^{6}$

I) 1°)Déterminez le nombre total d'états d'énergie par unite de volume (en m^{-3} et en cm^{-3}) dans l'Arséniure de Gallium entre E_C et E_C+2kT à T=300K et à T=400K, sachant que pour l'AsGa, la masse effective des électrons est $m_n = 0.067 m_o$
2°)Calculer la densité effective des états dans la bande de conduction N_C.à T=400K.

II) 1°)En Supposant que E_F soit 0,3 eV inférieur à Ec.
à T=300K, Déterminez la probabilité qu'un électron occupe un état énergétique E1 = (Ec +0,025) eV
2°)Déterminez la température à laquelle la probabilité qu'un électron occupe un état énergétique à E1=(Ec +0,025) eV est de 8 x 10^{-5}
3°) En Supposant que E_F soit 0,3 eV supérieur à Ev.
à T=400K, Déterminez la probabilité qu'un trou occupe un état énergétique E2 = (Ev -2kT)

III) Soit un matériau Silicium intrinsèque ; sachant que l'énergie de la bande interdite du silicium soit de 1,12 eV et en supposant qu'elle ne varie pas sur cette plage de température,
1°)Calculer la position du niveau de Fermi par rapport au milieu de la bande interdite à T=300K.
2°)Calculer la concentration intrinsèque des porteurs dans le silicium à T= 250 K et à T =400K.

IV) Soit un matériau Arséniure de Gallium
1°)a)Sachant que l'énergie de Fermi est de 0,25 eV en dessous de la bande de conduction, calculez la concentration d'électrons à l'équilibre thermique à T=300 K.
b)Calculer la concentration des trous à l'équilibre thermique à T=300 K.
2°)Calculer la concentration des électrons à l'équilibre thermique à T=370 K.

V) Soit une ligne de transmission quelconque : $\underline{i}(z) =$
1°)rappeler les 2 équations d'évolution de la tension et du courant sur la ligne en régime sinusoïdal et en notation complexe.
2°)combiner ces deux équations pour obtenir une équation en tension seulement et une autre en courant seulement qui dépendent d'un paramètre qui joue le rôle d'une constante de propagation complexe $\underline{\gamma}$ qu'on identifiera. (en fonction de R', C', G' et L' et ω)
3°) quelle est la solution pour l'équation obtenue en 2°) pour la tension. Donner cette solution en fonction des constantes complexes $\underline{u}_+$ et $\underline{u}_-$.
4°). quelle est la solution pour l'équation obtenu en 2°) pour le courant. Donner cette solution en fonction des constantes complexes $\underline{i}_+$ et $\underline{i}_-$.
5°)Montrer que $\frac{\underline{u}_+}{\underline{i}_+} = -\frac{\underline{u}_-}{\underline{i}_-} = \underline{Z}_c$ **On identifiera** $\underline{Z}_c$

LES LIGNES DE TRANSMISSION

$$\frac{\partial \underline{U}}{\partial z} = -R'\underline{I} - L'\frac{\partial \underline{I}}{\partial t} \ ; \ \frac{\partial \underline{I}}{\partial z} = -G'\underline{U} - C'\frac{\partial \underline{U}}{\partial t}$$

Equations des télégraphistes

$$\frac{\partial^2 \underline{U}}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \underline{U}}{\partial t^2}L'C' - \frac{\partial \underline{U}}{\partial t}[R'C'+L'G'] - R'G'\underline{U} = 0$$

Régime sinusoïdal

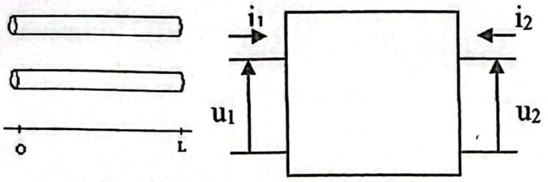
$$\underline{U}(z,t) = \underline{u}(z)e^{j\omega t} \ ; \frac{\partial \underline{u}}{\partial z} = -(R'+j\omega L')\underline{i} \ ;$$

$$\frac{\partial \underline{i}}{\partial z} = -(G'+j\omega C')\underline{u} \ ;$$

$$\underline{\gamma} = \alpha + j\beta$$

$$\underline{Z_c} = \frac{\underline{u_+}}{\underline{i_+}} = -\frac{\underline{u_-}}{\underline{i_-}}$$

Une ligne de transmission de longueur L est équivalente à un quadripôle :



$$\begin{pmatrix}\underline{u}_2\\ \underline{i}_2\end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix}\cosh(\underline{\gamma}L) & -\underline{Z}_c\sinh(\underline{\gamma}L)\\ -\underline{Y}_c\sinh(\underline{\gamma}L) & \cosh(\underline{\gamma}L)\end{pmatrix}}_{\text{matrice de chaine}}\begin{pmatrix}\underline{u}_1\\ \underline{i}_1\end{pmatrix}$$

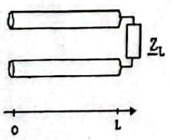
Coefficient de reflection :

$$\underline{\rho}(z) = \frac{\underline{u}_-}{\underline{u}_+}e^{2\gamma z} \ ; \underline{u}(z) = \underline{u}_+e^{-\gamma z}[1+\underline{\rho}(z)] \ ;$$

$$\underline{i}(z) = \underline{Y}_c\underline{u}_+e^{-\gamma z}[1-\underline{\rho}(z)]$$

$$\underline{Z}(z) = \underline{Z}_c\frac{1+\underline{\rho}(z)}{1-\underline{\rho}(z)} \ ; \underline{\rho}(z) = \frac{\underline{Z}(z)-\underline{Z}_c}{\underline{Z}(z)+\underline{Z}_c}$$

LIGNE TERMINEE PAR UNE CHERGE



$$\underline{\rho}(z) = \underline{\rho}_L e^{2\gamma(z-L)}$$

Cas d'une ligne adaptée :

$$\underline{Z}_L = \underline{Z}_c \Rightarrow \underline{\rho}_L = 0; \underline{u}_- = 0; \underline{\rho}(z) = 0;$$

$$\underline{Z}(z) = \underline{Z}_c$$

Cas d'une ligne terminée par un court-circuit(cc)

$$\underline{Z}_L = 0; \underline{u}_L = 0; \underline{\rho}_L = -1; \underline{\rho}(z) = -e^{2\gamma(z-L)};$$

$$\underline{Z}(z) = -\underline{Z}_c\tanh[\underline{\gamma}(z-L)]$$

Cas d'une ligne terminée par un circuit ouvert(co)

$$\underline{Z}_L = \infty; \underline{i}_L = 0; \underline{\rho}_L = +1; \underline{\rho}(z) = +e^{2\gamma(z-L)};$$

$$\underline{Z}(z) = -\underline{Z}_c\coth[\underline{\gamma}(z-L)]$$

LIGNES DE TRANSMISSION SANS PERTES

$$\underline{Z}_c = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \ ; R'=G'=0 \ ; \underline{\gamma} = j\beta \ ;$$

SEMICONDUCTEURS

Densité des états d'énergie:

$$\begin{cases} D(E) = 0 & \textit{dans la B.I} \\ D_n(E) = 4\pi\left(\frac{2m_n}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}}(E-E_C)^{\frac{1}{2}} & \textit{dans la BdC} \\ D_p(E) = 4\pi\left(\frac{2m_p}{h^2}\right)^{3/2}(E_V-E)^{1/2} & \textit{dans la BdV} \end{cases}$$

Extrait du tableau périodique :

Période	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
						He
1	B	C	N	O	F	Ne
2	Al	Si	P	S	Cl	Ar
3	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
4	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
5	Ti	Pb	Bi	Po	At	Rn
6						
7						

Constantes :

Masse de l'électron libre : $m_0=9{,}11.10^{-31}$kg ;

Constante de Planck : $h=6{,}625.10^{-34}$J.s

Constante de Boltzman : $k=1{,}38.10^{-23}$ J/K

$kT = 0{,}0259$ eV à 300K

Charge de l'électron : $q=1{,}6.10^{-19}$C.

Permittivité du vide : $\varepsilon_0=8{,}854.10^{-12}$ F/m

Fonction de distribution de Fermi-Dirac:

$$F_n(E) = \frac{1}{1+\exp\left[\frac{E-E_F}{kT}\right]} \ ; \int_0^\infty x^{1/2}e^{-x}dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

Semiconducteur intrinsèque :

$$n = N_C\, exp - \frac{(E_C-E_F)}{kT}$$

$$N_C = \frac{2}{h^3}(2\pi m_n kT)^{3/2}$$

$$p = N_V\, exp - \frac{(E_F-E_V)}{kT}$$

Loi d'action de masse: $np=n_i^2$

$n=p=n_i$

$$E_F = \frac{E_C+E_V}{2} + \frac{kT}{2}Log\left(\frac{N_V}{N_C}\right) \ ;$$

$$n_i = \sqrt{N_C N_V}\, \exp - \frac{E_g}{2kT}$$

Semiconducteur extrinsèque :

Cas usuel !

Type N : $n_n \approx N_D$; $p_n \approx n_i^2/N_D$

Type P : $p_p \approx N_A$; $n_p \approx n_i^2/N_A$