

Problemes d'Electrònica I. Full 1

4^{rt} Curs de Física

1- Considerant que la probabilitat de que un estat a l'extrem inferior de la banda de conducció estigui ocupat fos igual a la probabilitat de que un estat a l'extrem superior de la banda de valència estigui buit, calculau quina seria la posició del nivell de Fermi.

- 2- Una mostra de Silici està dopada amb 10^{14} àtoms de Bor / cm^3 .
 a) Quina és la concentració de portadors a 300K ?
 b) I a 470K?

Considerau que $n_i(300\text{K})=1.18 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ i $n_i(470\text{K})=10^{14} \text{ cm}^{-3}$

- 3- Sigui una mostra de Silici dopat amb 10^{15} àtoms de fosfor/ cm^3
 (a) Si $T= 300\text{K}$, determinau a quina distància de l'energia de conducció es troba el nivell de Fermi.
 (b) Si $T = 500\text{K}$, determinau la concentració de portadors minoritaris i la posició del nivell de Fermi respecte del nivell d'energia que limita la banda de valència (E_V).

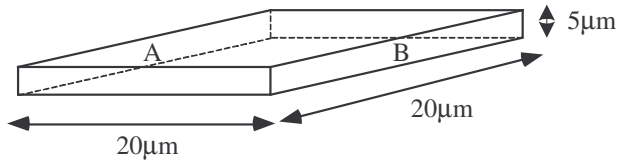
Dades: $n_i(300\text{K})=1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $n_i(500\text{K})=2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $E_{\text{gap}}(300\text{K})=1.0964 \text{ eV}$, $E_{\text{gap}}(500\text{K})=1.075 \text{ eV}$,
 $k=8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $m_n/m_e=1.18$, $m_p/m_e=0.81$, $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

- 4- Determinau els dopats màxims (N_A i N_D) a un semiconductor de Silici per tal que es pugui considerar no degenerat. Considerau una temperatura de 300°K , $n_i = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $E_{\text{gap}}=1.10\text{eV}$,
 $k=8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$ i el quocient de masses efectives forat-electró $m_p/m_n=0.69$.

- 5- Sigui la peça de Silici (Si) que es representa a la següent figura.

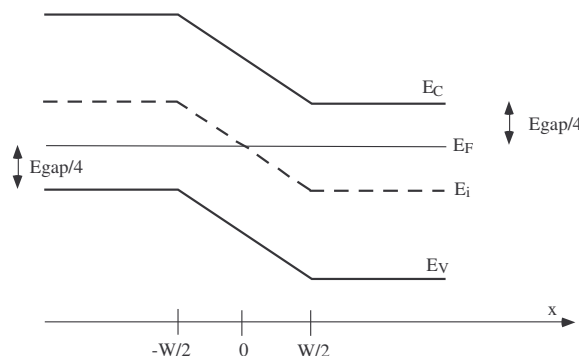
Quina resistència hi ha entre A i B si :

- a) el Si és de tipus N, amb $N_D=10^{16} \text{ cm}^{-3}$?
 b) el Si és de tipus P, amb $N_A=10^{16} \text{ cm}^{-3}$?
 c) el Si és intrínsec ?



Dades: $\mu_n=1200 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $\mu_p=400 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $n_i=1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ i $q=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

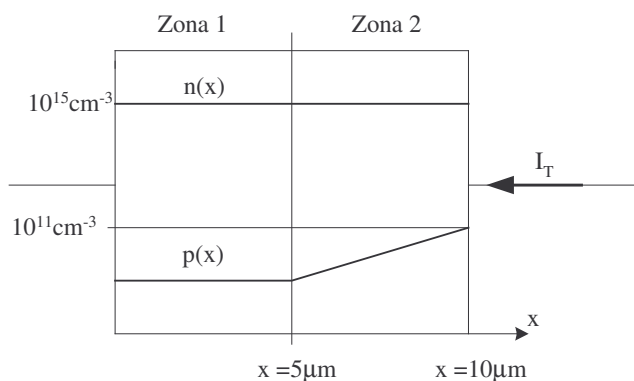
- 6- Sigui un semiconductor caracteritzat pel següent diagrama de bandes d'energia.



- a) Determinau la resistivitat del semiconductor a la regió $x>W/2$.
 Considerau $T = 300\text{K}$, $E_{\text{gap}} = 1.12\text{eV}$, $n_i = 1.18 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $KT = 0.0259 \text{ eV}$,
 $\mu_n = 1350 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $\mu_p = 400 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$
 b) Un electró intenta anar de $x=W/2$ cap a l'esquerra sense modificar la seva energia, quina és la mínima energia cinètica que ha de tenir ?
 c) Calculau i representau el camp elèctric i el potencial en funció de x .

- d) El semiconductor està en equilibri ? Raona la resposta.
e) Què val la densitat de corrent d'electrons a $x = 0$? I la de forats ?
f) Hi ha corrent d'arrossegament d'electrons a $x = 0$? En cas afirmatiu calculau-ho, en cas negatiu justifiqueu la resposta.
g) Hi ha corrent de difusió d'electrons a $x = 0$? En cas afirmatiu calculau-ho, en cas negatiu justifiqueu la resposta.

7- Sigui semiconductor de Silici dopat de 25mm^2 de secció transversal, del que es disposa del perfil de portadors (electrons i forats) en unes determinades condicions (veure figura). A la Zona 1, només s'han introduït impureses d'un tipus, i les concentracions de portadors no han variat respecte de l'equilibri.



Dades:

$$\begin{aligned} n_i(300\text{K}) &= 2 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3} \\ k &= 8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K} \\ q &= 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ \mu_n(300\text{K}) &= 1300 \text{ cm}^2/\text{Vs} \\ \mu_p(300\text{K}) &= 400 \text{ cm}^2/\text{Vs} \end{aligned}$$

Es demana:

- (a) Concentracions de portadors a la Zona 1.
(b) Si a una temperatura de 300K, el corrent total I_T que travessa el semiconductor és de 0.1mA en el sentit que es mostra a la figura, calculau el valor del camp elèctric a qualsevol punt de la Zona 1, indicant el sentit.
(c) En les mateixes condicions que a l'apartat anterior determinau el valor del corrent d'arrossegament d'electrons a $x = 8\mu\text{m}$.

8- Una oblea de Silici uniformement dopada amb $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ es manté a temperatura ambient. De sobte és il.luminada a $t = 0$. Si suposam $\tau_p = 10^{-6} \text{ s}$ i que per l'efecte de la il.luminació es creen 10^{17} electrons i forats per $\text{cm}^3 \cdot \text{s}$ en tot el semiconductor, determinau $\Delta p(t)$ per $t > 0$. Preneu $n_i(T_{\text{amb}}) = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.

9- Determinau la distribució de minoritaris en estat d'equilibri a un semiconductor semi-infinit (0-infinit) de tipus N si es genera un Δp_0 a $x = 0$.

PROBLEMA DE CÀLCUL NUMÈRIC

Calculau la concentració d'electrons, n , en un semiconductor per valors de $(E_C - E_F)/KT = 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 0.9, 1.0, 2.0, 3.0, \dots, 8$ considerant:

- L'aproximació de semiconductor no degenerat
- Càlcul exacte mitjançant l'integral numèrica de Fermi-Dirac (fent ús del Mathematica, Maple, etc)

Graficau els valors obtinguts en funció de $(E_C - E_F)/KT$. Comentau l'error comés quan s'empria l'aproximació de no degenerat.