1) Les composés ci dessous appartiennent au domaine des structures tetraedriques ces structures seront-elles normales ou déficitaires ?

dans le second cas déterminer le nombre de lacunes par motif

$18/4 = 4+x \quad x=0,5$ $\qquad$ $32/4 = 7+x \quad x=1$

$BeSiN_2\square_{1/2}$; $Cu_2GeS_3\square$; $ZnAl_2S_4\square$; $Zn_3PI_3\square$; $Al_2Te_3\square_2$;

$AlPS_4$; $SbCl_3$; SnI_4

2) - Le composé dont l'étude est proposée a une largeur de bande $\Delta E = 1,1\,eV$, sachant que dans le domaine intrinsèque le taux de porteurs varie comme $\exp -\frac{\Delta E}{2kT}$, le domaine intrinsèque de ce matériau est-il observé sur la courbe fournie ?

- L'étude effectuée sur ce composé montre qu'il contient deux niveaux donneurs d'énerg d'ionisation ε_1 et ε_2 et de concentration N_{D_1} et N_{D_2} et un niveau accepteur de concentration N_{D_A}

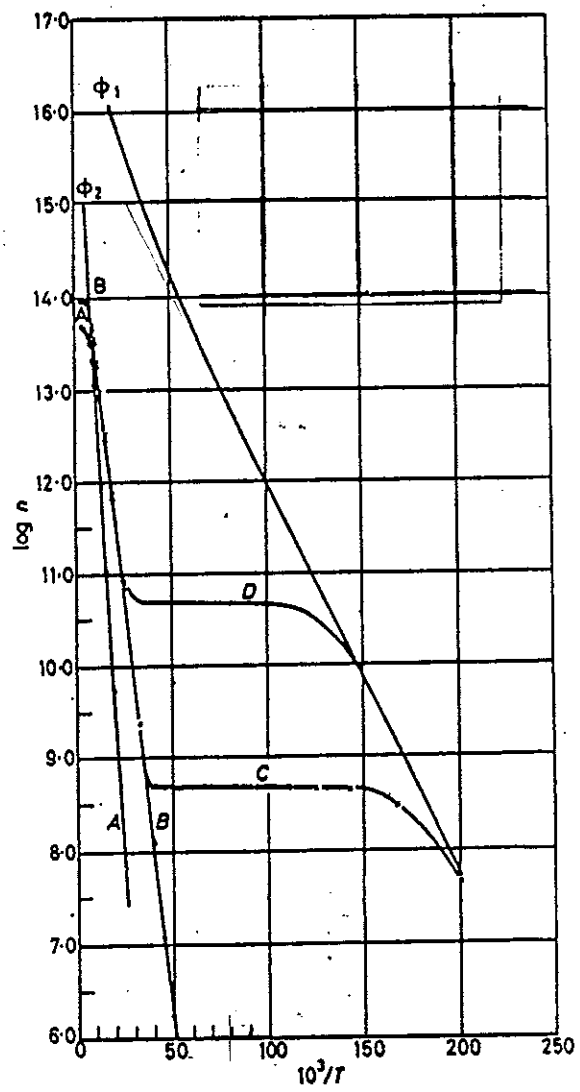
a) à l'aide des parties linéaires des courbes ϕ_1 et ϕ_2 calculer les energies d'ionisation de ces deux niveaux sachant que $\phi_i = \frac{N_c}{c} \exp -\frac{\varepsilon_i}{kT}$

b) le tableau fourni indique les concentrations respectives de N_A. N_{D_1} et N_{D_2} en fonction des différents cas étudiés.

- expliquer à partir de l'évolution du niveau de Fermi en fonction de la température les comportements B, C et D
- calculer pour les courbes C et D les valeurs N_{D_1}

On donne. $k = 8,61 \times 10^{-5}\ eV\,K^{-1}$

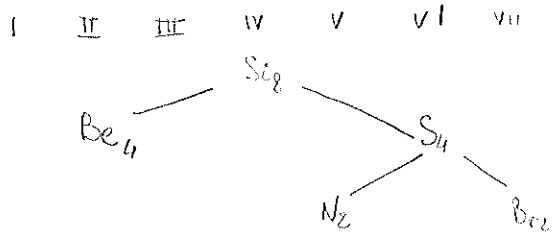
	A	B	C	D
N_{D_1}	10^{9}	0		
N_{D_2}	10^{14}	10^{14}	10^{14}	10^{14}
N_A	5×10^{13}	0	5×10^{8}	5×10^{13}



1987 / 1988

1)

* $BeSiN_2\square_p$:



$$VEC = \frac{2+4+2.5}{4+p} = 4 \rightarrow p = 0$$

→ normale

* $Cu_2GeS_3\square_p$:

$$VEC = \frac{2.1+4+3.6}{6+p} = 4 \rightarrow p = 0$$

→ normale

* $ZnAl_2S_4\square_p$:

$$VEC = \frac{2+2.3+4.6}{7+p} = 4 \rightarrow p = 1$$

→ la struct déficitaire est $ZnAl_2S_4\square$

* $Zn_3PI_3\square_p$:

$$VEC = \frac{3.2+5+3.7}{7+p} = 4 \rightarrow p = 1$$

→ déficitaire : $Zn_3PI_3\square$

* $Al_2Te_3\square_p$:

$$VEC = \frac{2.3+6.3}{5+p} = 4 \rightarrow p = 1$$

→ déficitaire : $Al_2Te_3\square$

* $AlPS_4\square_p$:

$$VEC = \frac{3+5+4.6}{6+p} = 4 \rightarrow p = 2$$

→ déficitaire : $AlPS_4\square_2$

* $SbCl_3 \square_p$:

$$VEC = \frac{5 + 3 \cdot 7}{4 + p} = 4 \longrightarrow p = 2,5 \qquad \text{déficitaire} : Sb_2Cl_6\square_5$$

* SnI_4 :

$$VEC = \frac{4 + 4 \cdot 7}{5 + p} = 4 \longrightarrow p = 3 \qquad \text{déficitaire} : SnI_4\square_3$$

2)

$$n \propto \exp\left(-\frac{\Delta E}{2kT}\right) \longrightarrow \log n \propto -\frac{\Delta E}{2kT}$$

$$\log n_i \propto \frac{1}{T} \quad \text{droite}$$

On observe donc bien le domaine intrinsèque du matériau sur cette courbe.

a)

$$\not{\sigma}_i = \frac{N_c}{2} \exp -\frac{E_i}{kT}$$

$$\longrightarrow \quad \not{\sigma}_{ia} = \frac{N_c}{2} \exp\left(-\frac{E_i}{kT_a}\right)$$

$$\not{\sigma}_{ib} = \frac{N_c}{2} \exp\left(-\frac{E_i}{kT_b}\right)$$

$$\boxed{\frac{\not{\sigma}_{ia}}{\not{\sigma}_{ib}} = \exp\left(-\frac{E_i}{k}\left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_b}\right)\right)}$$

$$\left.\begin{aligned} \not{\sigma}_{1a} = 13 &\longrightarrow \frac{1}{T_a} = 80.10^{-3} \\ \not{\sigma}_{1b} = 8 &\longrightarrow \frac{1}{T_b} = 190.10^{-3} \end{aligned}\right\} \quad E_1 = 3,8 \cdot 10^{-4}\ eV$$

$$\left.\begin{aligned} \not{\sigma}_{2a} = 13 &\longrightarrow \frac{1}{T_a} = 18.10^{-3} \\ \not{\sigma}_{2b} = 7 &\longrightarrow \frac{1}{T_b} = 15\ 10^{-3} \end{aligned}\right\} \quad E_2 = 0,002\ eV$$

b) Courbe 2 : on a $N_d - N_a = 0$: tout se passe comme si le matériau était un semi-conducteur intrinsèque (avec des mobilités de porteurs $\neq$). Il y a compensation exacte. Le niveau de Fermi est

sur le niveau intrinsèque (milieu de AC), car $E_F = kT \ln\left(\frac{N_d - N_a}{n_i}\right)$ ($N_d - N_a \approx 0$)

Courbe C : On a augmenté $N_d - N_a \gg 0$. E_F se retrouve à basse T au dessus de N_{d1}, ainsi tous les e^- sur N_{d1} se retrouvent neutralisés. Qd on augmente T, on ionise E_{d1}, jusqu'à saturation (zone horizontale). Qd T augmente encore, on ionise les E_{d2}.

Courbe D : id que C, mais le nombre de donneurs a encore augmenté et $N_d - N_a$ ↗. Il faut + d'E pour saturer les niveaux → léger décalage en T vers la gauche (T ↗) de la partie horizontale.

- Les parties horizontales de courbe C et D correspondent aux saturations des niveaux E_{d1}, à 2 valeurs ≠ de N_{d1}.

$n = N_{d1} - N_a$

C : $\log n = 8{,}75$ → $n = 10^{8{,}75}$

→ $N_{d1_C} = 10^{8{,}75} + 5.10^8$

$N_{d1_C} = 5{,}62.10^8 + 5.10^8$

$$\boxed{N_{d1C} = 1{,}06.10^9\ cm^{-3}}$$

D : $\log n = 10{,}75$ → $n = 10^{10{,}75}$

→ $N_{d1D} = 10^{10{,}75} + 5.10^{10}$

→ $N_{d1D} = 5{,}6.10^{10} + 5.10^{10}$

→ $$\boxed{N_{d1D} = 1{,}06.10^{10}\ cm^{-3}}$$