Solution de l'examen

Questions de cours : voir cours (05 pts)

Exercice n° 1. (07 pts)

1. Unités du système international (MKSA), (03 pts)
   100 nm =100. 10^{-9} m = **10^{-7} m**
   5 Hz = 5 s^{-1}
   10 Pa = 10 N/m^2 = 10 Kg(m/s^2)/ m^2 = **10 m^{-1} Kg s^{-2}**
   13 V = 13 Joule/(A.s) =**13 m^2.Kg.s^{-3}A^{-1}**
   (L'énergie E = P.t = V.I.t, où P représente la puissance et t le temps)

2. Dans une maille primitive cubique **a = b = c** (0,5 pt)
   La condition de Bragg est : $2d_{hkl}\sin(\theta)=\lambda \Rightarrow d_{hkl}=\dfrac{\lambda}{2\cdot\sin(\theta)}$ (01pt)
   Pour une maille cubique, la distance d_{hkl} est exprimée par : $\dfrac{1}{d_{hkm}^2}=\dfrac{h^2+k^2+l^2}{a^2}$ (01 pt)

   Ainsi $a^2=\left(h^2+k^2+l^2\right)d_{hkl}^2$ et $a=\sqrt{h^2+k^2+l^2}\ d_{hkl}$

   Pour (hkl) = (100) et 2θ = 23.965, on trouve :

   $d_{100}=\dfrac{1.54056}{2\cdot\sin(23.965/2)}$ = 3.71 Å
   Et $a=\sqrt{1^2+0^2+0^2}\ d_{100}=d_{100}$ = 3,71 Å . (1,5 pt)

Exercice n° 2. (08 pts)

Considérons le cas d'une nucléation homogène de germe sous forme de pavé droit comme représenter sur la figure 1.

1. **Changement (variation) de l'énergie libre ΔG**
   Rappel : Dans le cas d'une forme quelconque du germe (agrégat ou nuclei) de dimension moyenne r, ΔG est donnée par :

$$\Delta G=\underbrace{a_3r^3\Delta G_V}_{\text{Contribution du Volume}}+\underbrace{a_1r^2\gamma_{fV}}_{\text{Contribution de la surface du germe}}+\underbrace{a_2r^2\gamma_{fS}}_{\text{Contribution de l'interface substrat/germe}}-\underbrace{a_2r^2\gamma_{SV}}_{\text{Contribution de l'interface substrat/vapeur}}$$

ΔGv : caractérise le changement d'énergie chimique libre par unité de volume, entraînant la réaction de condensation et peut être donné par :

Avec : $\Delta G_V = -\dfrac{kT}{\Omega}\ln\dfrac{P_V}{P_S}$

P_V et P_S : pression de la vapeur et pression du substrat

γ_{Sf}, γ_{SV} et γ_{fV} les énergies superficielles dues aux interfaces substrat-film, substrat-vapeur et film-vapeur.

Dans le cas particulier de l'exercice : **Nucléation homogène :**

$$\boxed{\Delta G_{\mathbf{hom}} = \underbrace{2a^3\Delta G_V}_{\text{Contribution du Volume}} + \underbrace{10a^2\gamma_{fV}}_{\text{Contribution de la surface du germe}}}$$

(03 pts)

V= $a^2\cdot(2a)= 2a^3$

S= $2a^2 + 4\cdot(2a^2) = 10a^2$

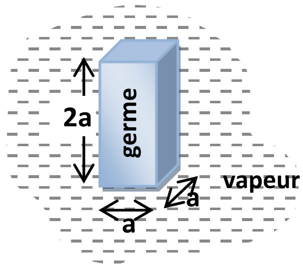

Figure .1

2. **Dimension critique (a*) du germe :** le côté critique a* (≠ 0) du germe correspond à $\dfrac{d\Delta G}{da} = 0$

$$\frac{d\Delta G}{da} = 6a^2\Delta G_V + 20a\gamma_{fV} = 2a\cdot(3a\Delta G_V + 10\gamma_{fV})$$

$$\frac{d\Delta G}{da} = 0 \Rightarrow 2a^*\cdot(3a^*\Delta G_V + 10\gamma_{fV}) = 0;\quad (a^* \neq 0) \Rightarrow \boxed{a^* = -\frac{10\gamma_{fV}}{3\cdot\Delta G_V}}$$

(02 pts)

3. **Application numérique :**

On donne :

ΔG_V = -3,5.10^3 J

et $\gamma = \gamma_{fV}$ =10^{-4} J/cm^2,

ainsi, $a^* = -\dfrac{10.10^{-4}}{3\cdot(-3.5.10^3)}$ = **9,52.10^{-8} cm = 0,952 nm = 9,52 Å** (01 pt)

4. **Nombre d'atomes contenus dans le germe de taille critique (= Na)**

$$N_a = \frac{V_{germe}}{V_{atome}} = \frac{2a^{*3}}{4/3\,\pi\cdot r_a^3}$$

AN :

$$N_a = \frac{2\cdot(9.52)^3}{4/3\,\pi\cdot 1.2^3}$$ =**238 atomes**. (02 pts)