تمرين 1 شدة الإشعاع لتوزع بشكل منتظم حيث :

$I(x) = I_0 = 0,05\ W/cm^2$

$\alpha = 0,9 \times 10^4\ cm^{-1}$ و $\lambda = 0,75\ \mu m$

① حساب معدل التوليد الضوئي g للثنائيات إلكترون - ثقب

$$g(x) = \alpha \cdot \phi(x) = \alpha \frac{I(x)}{h\upsilon}$$

$$g(x) = \alpha \cdot \frac{I_0}{h\upsilon} = \alpha \frac{I_0}{hc} \cdot \lambda \quad \Leftarrow \quad I(x) = I_0$$ وفي هذه الحالة

$$g(x) = g_0 = \alpha \cdot \lambda \frac{I_0}{hc} = 0,9 \times 10^4 \times 0,75 \times 10^{-4} \times \frac{0,05}{6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{10}}$$

$$g_0 = 0,9 \times 0,75 \times \frac{0,05}{6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{10}} = 1,6979 \times 10^{21}\ cm^{-3} s^{-1}$$

② الزيادة في تركيز الإلكترونات بالضوء :

معادلة استمرار الإلكترونات في الحالة العامة :

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D_n \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + \mu_n n \frac{\partial E}{\partial x} + \mu_n E \frac{\partial n}{\partial x} + g_n - \frac{\delta n}{\tau_n}$$

باعتبار إضاءة منتظمة $\Leftarrow$ لا يوجد تدرج في تركيز الإلكترونات الإضافية $\Leftarrow \frac{\partial n}{\partial x} = 0$

بإهمال الحقل الداخلي $\Leftarrow E = 0$

باعتبار النظام المستقر $\Leftarrow \frac{\partial n}{\partial t} = 0$

$$g_n - \frac{\delta n}{\tau_n} = 0$$

$$\Rightarrow \delta n = g_n \tau_n = g_0 \cdot \tau_n = 1,6979 \times 10^{21} \times 10^{-7}$$

$$\boxed{\delta n = 1,6979 \times 10^{14}\ cm^{-3}} \rightarrow$$ الزيادة في تركيز الإلكترونات بالضوء

حل تمرين 2

① عبارة العرض الطيفي $\Delta\lambda$: لدينا طاقة الفوتون الصادر وعرض الطيف لمفهوم طاقة الفوتون :

$E_{Ph} = \frac{hc}{\lambda}$

$\Delta E_{Ph} = \Delta(h\nu) \simeq 3 k_B T$

$E_{Ph} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow dE_{Ph} = hc\, d\left(\frac{1}{\lambda}\right) = hc\left(-\frac{d\lambda}{\lambda^2}\right)$

$dE_{Ph} = -\frac{hc}{\lambda^2} d\lambda \Rightarrow \frac{\Delta E_{Ph}}{\Delta\lambda} \simeq \left|\frac{dE_{Ph}}{d\lambda}\right| = \frac{hc}{\lambda^2}$

$\Rightarrow \boxed{\Delta E_{Ph} = \frac{hc}{\lambda^2}\Delta\lambda} \Rightarrow \boxed{\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{hc}\Delta E_{ph}}$, $\Delta E_{ph} \simeq 3 k_B T$

$\Rightarrow \boxed{\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{hc} 3 k_B T}$ → $\Delta\lambda$ عبارة العرض الطيفي

② قيمة العرض الطيفي $\Delta\lambda$ من أجل $\lambda_{max} = 1550\,nm$ عند $T = 300\,K$

$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{hc} 3 k_B T \simeq \frac{\lambda_{max}^2}{hc} 3 k_B T = \frac{(1550\times10^{-9})^2 \times 3 \times 1{,}38\times10^{-23} \times 300}{6{,}626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}$

$\boxed{\Delta\lambda = 1{,}5011\times10^{-7}\,m = 150{,}11\,nm}$

حل تمرين 3

λ_{max} /

تمرين (3) :

① حساب عرض الفاصل الطاقي E_g : الموافق لـ $\lambda_{max} = 750\,nm$

$$E_{ph} = \frac{hc}{\lambda_{max}} = E_g + k_B T \Rightarrow E_g = \frac{hc}{\lambda_{max}} - k_B T \Big|_{T=300°K}$$

$$E_g(eV) = \frac{1,2424}{0,75} - 0,025875 = 1,6307\,eV$$

② النسبة المولية لـ Al : x :

$$E_g(x) = 1,424 + 1,266 \cdot x + 0,266\,x^2$$

$$= 1,6307$$

$$\Rightarrow \boxed{0,266x^2 + 1,266x - 0,2067 = 0}$$

معادلة من الدرجة ②

حلها بحساب المحدد Δ :

$$\Delta = b^2 - 4.a.c$$

$$\Delta = (1,266)^2 - 4(0,266).(-0,2067) = 1,8227$$

$$\sqrt{\Delta} = 1,3501$$

الحلول :

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}, \quad x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$x_1 = \frac{-1,266 - 1,3501}{2 \times 0,266} = -4,9175 < 0$$ حل مرفوض

$$x_2 = \frac{-1,266 + 1,3501}{2 \times 0,266} = 0,15808 > 0$$ الحل المقبول

النسبة المولية لـ Al هي إذن

$$x = x_2 \simeq 0,158$$

والمركب الثلاثي المستخدم هو :

$$\boxed{Al_{0,158}\,Ga_{0,842}\,As}$$

في صناعة ثنائية LED

لإرسال إشعاع قمة إصداره عند $\lambda_{max} = 750\,nm$

أي إشعاع أحمر إلى الحمراء القريب.

حل التمرين 4 :

① كثافة تيار التشبع تعطى بالعبارة

$$J_s = q\left(\frac{D_n}{L_n} n_{po} + \frac{D_p}{L_p} p_{no}\right)$$

حيث n_{po} و p_{no} تراكيز الإلكترونات و الثقوب في المناطق حيث هي أقلية و منه :

$$n_{po} = \frac{n_i^2}{p_{po}} = \frac{n_i^2}{N_a}$$

$$p_{no} = \frac{n_i^2}{n_{no}} = \frac{n_i^2}{N_d} \Rightarrow J_s = q n_i^2 \left[\frac{D_n}{L_n N_a} + \frac{D_p}{L_p N_d}\right]$$

$$L_n = \sqrt{D_n \tau_{no}} = \sqrt{25 \times 5\times10^{-7}} = 3{,}533\times10^{-3}\,cm = 35{,}33\,\mu m$$

$$L_p = \sqrt{D_p \tau_{po}} = \sqrt{10 \times 10^{-7}} = 10^{-3}\,cm = 10\,\mu m$$

$$J_s = 1{,}6\times10^{-19} \times (1{,}5\times10^{10})^2 \left[\frac{25}{3{,}533\times10^{-3}\times 5\times10^{18}} + \frac{10}{10^{-3}\times 10^{16}}\right]$$

$$\boxed{J_s = 3{,}6\times10^{-11}\ A/cm^2}$$

② جهد الدارة المفتوحة V_{oc}

$$V_{oc} = \frac{KT}{q} \ln\left(1 + \frac{J_L}{J_s}\right) = 0{,}025875 \ln\left(1 + \frac{15\times10^{-3}}{3{,}6\times10^{-11}}\right)$$

$$\boxed{V_{oc} = 0{,}51356\ Volt}$$

③ حساب النسبة $\frac{V_{oc}}{V_d}$ حيث V_d جهد إنتشار الوصلة

$$V_d = \frac{KT}{q} \ln\left(\frac{N_a N_d}{n_i^2}\right) = 0{,}025875 \ln\left[\frac{5\times10^{18}\times10^{16}}{(1{,}5\times10^{10})^2}\right]$$

$$V_d = 0{,}85477\ volt \Rightarrow \frac{V_{oc}}{V_d} = \frac{0{,}51356}{0{,}85477}$$

$$\boxed{\frac{V_{oc}}{V_d} \simeq 0{,}6}$$

④ كثافة التيار الضوئي J_L اللازمة لتنتج جهد $V_{oc}=0{,}55V$

$$V_{oc} = \frac{KT}{q} \ln\left(1 + \frac{J_L}{J_s}\right) \Rightarrow 0{,}55 = 0{,}025875 \ln\left[1 + \frac{J_L}{3{,}6\times10^{-11}}\right]$$

$$\Rightarrow J_L = J_s\left[\exp\left(\frac{qV_{oc}}{K_B T}\right) - 1\right] = 3{,}6\times10^{-11}\left[\exp\left(\frac{0{,}55}{0{,}025875}\right) - 1\right] = 6{,}1331\times10^{-2}\ A/cm^2$$

$$\boxed{J_L = 61{,}331\ mA/cm^2}$$