سلسلة تمارين 2: الخلايا الشمسية

تمرين 1:

خلية شمسية ذات وصلة PN من السيليكون Si في درجة الحرارة المتوسطة T=300°K حيث $k_BT = 0.0258\ 75eV$ مع الوسائط التالية للتطعيم $N_a = 5 \times 10^{18}\ cm^{-3}$ ، $N_d = 10^{16} cm^{-3}$، لمعاملات الانتشار $D_n = 25\ cm^2 s^{-1}$ ، $D_p = 10\ cm^2 s^{-1}$، لمدة حياة حاملات الشحنة $\tau_{n0} = 5 \times 10^{-7}\ s$ و $\tau_{p0} = 10^{-7} s$ و التركيز الجوهري $n_i = 1.5 \times 10^{10} cm^{-3}$ و تولد كثافة تيار ضوئي قدرها $J_L = 15\ mA/cm^2$.

1- أحسب كثافة تيار التشبع J_s للخلية في شروط الظلام (باعتبار الوصلة طويلة).

2- أحسب جهد الدارة المفتوحة V_{oc} للخلية في شروط الاضاءة.

3- أحسب النسبة V_{oc}/V_d حيث V_d جهد الانتشار للوصلة.

4- ما هي كثافة التيار الضوئي J_L اللازمة لإنتاج جهد $V_{oc} = 0.55\ V$ ؟

الحل:

1) $J_L = 61.331\ mA$ (4 $V_{oc}/V_d = 0.6$ (3 $V_{oc} = 0.513556\ V$ (2 $J_s = 3.6 * 10^{-11}\ A/cm^2$

تمرين 2:

خلية شمسية من Si ذات مساحة مقطع $S = 5\ cm^2$ تعرض إلى اشعاع شمسي ذو كثافة استطاعة $P_{Solaire} = 1\ kWatt/m^2$ و تعطي تبعا لذلك تيار دارة قصيرة $I_{SC} = 100\ mA$ و جهد دارة مفتوحة $V_{OC} = 480\ mV$.

1- أحسب تيار التشبع I_S للوصلة.

2- اوجد المعادلة التي يحققها كل من الجهد V_m مع التيار الضوئي I_{ph} و تيار التشبع I_S في شروط الاستطاعة الأعظمية P_m التي تمنحها الخلية و اوجد كذلك عبارة التيار I_m بدلالة I_S و V_m في نفس الشروط حيث كل من الجهد V_m و التيار I_m هما الموافقان للاستطاعة الأعظمية $P_m = V_m \times I_m$.

3- بـاعتبـار التقريبـات $I_S \ll I_{ph}$ و $V_m \gg \frac{k_BT}{q}$ أثبت أنـه يمكن كتابة المعادلة التي يحققها V_m بالشكل $x = \ln(x) = C - x$ حيث $\frac{q.V_m}{k_B.T}$ و C ثابت يطلب حسابه.

4- أحسب قيمة x و بالتالي قيمة V_m الموافقة لشروط الاستطاعة الأعظمية P_m حيث $k_BT = 0.025875\ eV$.

5- أحسب قيمة الاستطاعة الأعظمية P_m المحررة من قبل الخلية، معامل التعبئة FF ، مقاومة الحمل R_m التي تسمح باستخدام الاستطاعة الأعظمية للخلية و كذلك مردود الخلية $\eta\%$.

الحل:

1) $I_m = I_S \left(\frac{q.V_m}{KT}\right) exp\left(\frac{q.V_m}{KT}\right) * 2 * (2$ $I_S = 8.7806 * 10^{-10}\ A$

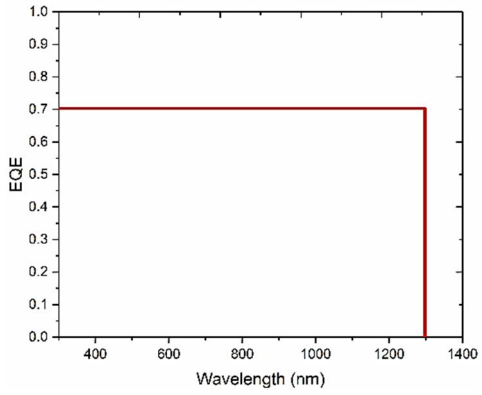
$\frac{I_{ph}}{I_S} = exp\left(\frac{q.V_m}{KT}\right) * \left(\frac{q.V_m}{KT} + 1\right)$

3) $I_m = 84.812\%$ ، $P_m = 40.71\ mW$ (5 $V_m = 0.408515\ V$ ، $x = 15.788$ (4 $C = \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_S}\right) = 188.551$

$R_m = 4.0993\Omega$ ،

تمرين 3:

يبين الشكل المقابل المردود الكوانتي الخارجي (EQE) لخلية شمسية كدالة لطول الموجة في حالة دارة قصيرة.



1- حدد عرض الفاصل الطاقي للطبقة الماصة للخلية الشمسية بالإلكترون فولط.

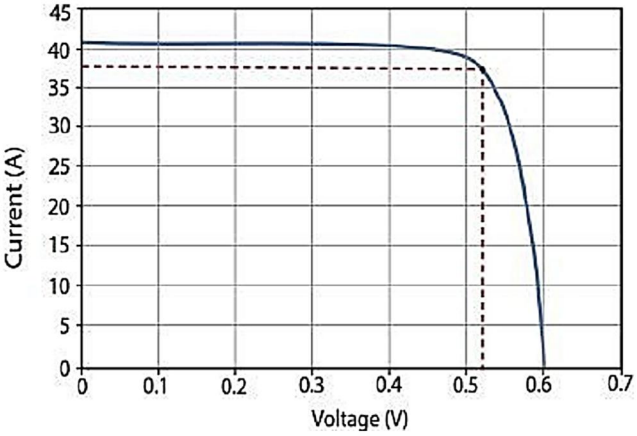
2- احسب قيمة كثافة تيار الدارة القصيرة للخلية الشمسية إذا علمت أن تدفق الفوتونات $\Phi = 4.05 \times 10^{21} m^{-2} s^{-1}$.

الحل:

1) $E_g = 0.954\ eV$ ، $J_{SC} = 4.536\ 10^2\ A/m$ (2

تمرين 4:

استخدم برنامج محاكاة الطاقة الشمسية لقياس العلاقة بين الجهد والتيار لخلية شمسية صغيرة (40 سم x 40 سم). في الشروط الاعتيادية: يتم التحكم في درجة الحرارة إلى 25 درجة مئوية، والطيف المستعمل هو الطيف AM1.5 بكثافة استطاعة واردة قدرها $1000\ W/m^2$. تظهر النتيجة في الشكل المقابل.



1- حدد قيمة الاستطاعة الأعظمية التي يمكن التحصل عليها من الخلية.

2- حدد قيمة تيار الدارة القصيرة.

3-ما هي قيمة مقاومة الحمل التي تسمح باستخدام الاستطاعة الأعظمية للخلية؟

4- احسب قيمة معامل التعبئة للخلية.

5- ما هو مردود الخلية.

6- عند استخدام خليتين على التسلسل (نفس الخلية السابقة) فإن قيمة المقاومة على التسلسل تزداد بمقدار 2Ω. ماهي قيمة معامل التعبئة الجديدة؟

الحل:

1) $P_m = 19.76 Watt$ 2) $I_{sc} = 41\ A$ 3) $R_L = 13.68\ m\Omega$ 4) FF = 80.33% 5) η = 12.35% 6) FF = 68.59%