

$$\frac{1}{C_{dep}^2} = \frac{2}{A^2 e \epsilon_0 \epsilon_r N_d} (V_0 + V_r)$$

$$V_0 = -\frac{a}{b} \xrightarrow{\text{Intercept}} = 0,791 \text{ (V)}$$

$$|\text{slope}| = \frac{2}{A^2 e^2 \epsilon_0 \epsilon_r N_d} = 4,37743 \times 10^{-4} \text{ (pF}^{-2}\text{)}$$

Chú ý: A là diện tích bề mặt (đơn vị m²)
N_d sẽ có kết quả ở đơn vị m⁻³

Kết quả khớp tuyến tính thu được: V₀ = 0.791 V.

$$\frac{2}{A^2 e \epsilon_0 \epsilon_r N_d} = 4.37743 \times 10^{-4} \text{ (pF}^{-2}\text{)} \text{ hay } A^2 e \epsilon_0 \epsilon_r N_d = 0.45689 \times 10^4 \text{ pF}^2 = 0.45689 \times 10^{-20} \text{ F}^2.$$

Với A = π(250 × 10⁻⁶)² m², thu được N_d = 7.02 × 10²¹ (m⁻³) = 7.02 × 10¹⁵ (cm⁻³).

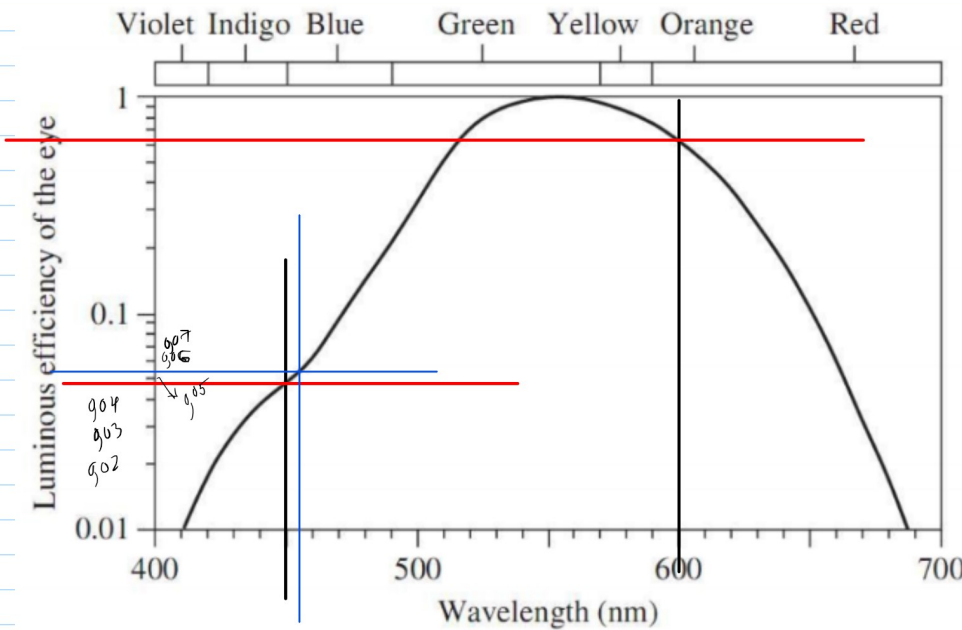
Chúng ta cũng có thể tính được N_a từ hệ thức: $V_0 = \frac{k_B T}{e} \ln \left(\frac{N_a N_d}{n_i^2} \right)$, với n_i = 1 × 10¹⁰ (cm⁻³). Từ đó tính được N_a = 2.766 × 10¹⁷ (cm⁻³).

pth

ε_r = 11,9 (trong Si)

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$



$$\lambda = 455 \text{ nm} \Rightarrow \eta_{eye} = 0,05 - 0,046$$

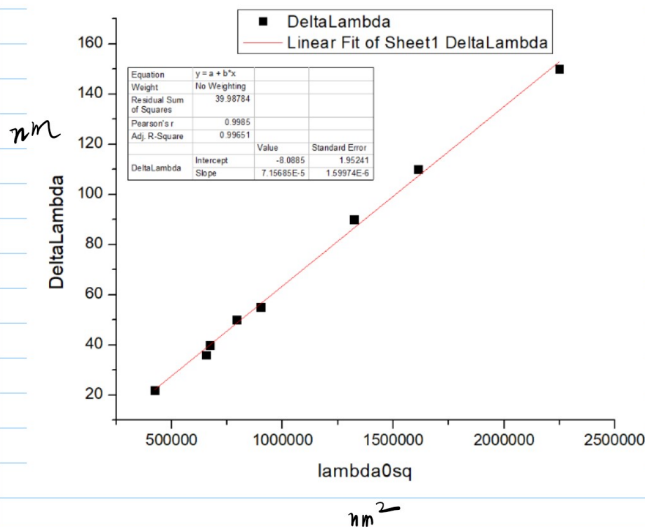
$$\lambda = 600 \text{ nm} \Rightarrow \eta_{eye} = 0,61$$

$$\lambda = 455 \text{ nm} \Rightarrow \eta_{eye} = 0,053$$

Hiệu suất của LED

Một LED GaAs phát ánh sáng tại 870 nm. Vùng hoạt động là loại p với nồng độ acceptor là N_a = 2 × 10¹⁷ cm⁻³. Thời gian tái hợp không phát xạ là 100 ns. Tại dòng thuận 35 mA, hiệu điện thế dọc theo LED là 1.45 V, và công suất phát quang là 7.5 mW. Hãy tính IQE, EQE, PCE, và đánh giá hiệu suất khai thác ánh sáng. Đối với GaAs, thời gian tái hợp có phát xạ tại lớp p-GaAs có thể viết dưới dạng τ_r = 1/BN_a, trong đó B = 2 × 10⁻¹⁶ m³ s⁻¹.

$$\begin{aligned} IV &= 0,035 \times 1,45 = 0,05075 \text{ (W)} \\ P_o &= 0,0075 \text{ W} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \eta_{PCE} = \frac{0,0075}{0,05075} = 14,78 \%$$



Bài 1

Kết quả các phép đo thực hiện trên các LED bán dẫn vùng cấm thẳng khác nhau với độ rộng phổ tại nửa cực đại $\Delta\lambda_{1/2}$ được cho trên Bảng. Hãy tính giá trị của m trong phương trình sau:

$$\Delta\lambda_{1/2} = \lambda_0^2 \frac{mkT}{hc}$$

Đỉnh phát xạ λ_0 (nm)	650	810	820	890	950	1150	1270	1500
$\Delta\lambda_{1/2}$ (nm)	22	36	40	50	55	90	110	150
Vật liệu	AlGaAs	AlGaAs	AlGaAs	GaAs	GaAs	InGaAsP	InGaAsP	InGaAsP

$$\text{Slope} = 7,15685 \times 10^{-5} \text{ (nm}^{-1}\text{)} = 7,15685 \times 10^4 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$T = 300K \Rightarrow \frac{kT}{hc} = 2085,1 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow m = 343$$

Bài 2

Quang thông của LED

- Một LED xanh lam có công suất phát quang ở 455 nm là 453 mW, với dòng điện là 350 mA và thế áp thuận là 3.2 V. Hãy tính hiệu suất chuyển đổi năng lượng, hiệu suất lượng tử ngoài, và hiệu suất phát sáng của LED.
- Một LED xanh lam chế tạo với lớp phát xạ là đa giếng lượng tử InGaN, phát ra ánh sáng với bước sóng 528 nm. Tại thế áp thuận 3.2 V, dòng điện qua LED là 350 mA. Quang thông do LED phát ra là 93 lm. Hãy tính hiệu suất chuyển đổi năng lượng, hiệu suất lượng tử ngoài, hiệu suất phát sáng, và công suất phát quang của LED.

$$a) P_o = 0,453 \text{ W}; I = 0,35 \text{ A}; V = 3,2 \text{ V} \Rightarrow IV = 1,12 \text{ W}$$

$$\Rightarrow \eta_{KE} = \frac{0,453}{1,12} = 40,45\%$$

$$\eta_{EQE} = \frac{\text{Lượng photon phát xạ ra ngoài trong một giây}}{\text{Lượng điện tử chạy vào linh kiện trong một giây}} = \frac{P_o / hf}{I/e} = \frac{P_o / (hc/\lambda)}{I/e} = \frac{0,453 / (436,6 \times 10^{-19})}{0,35 / (1,602 \times 10^{-19})} = 47,49\%$$

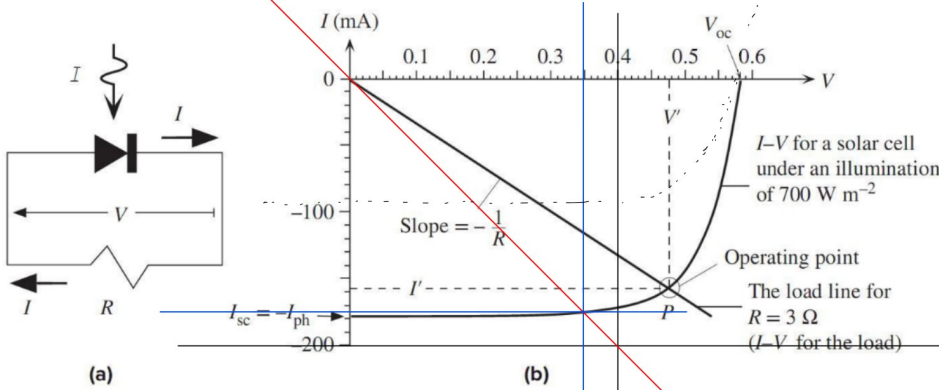
$$\frac{hc}{\lambda} = 4,366 \times 10^{-19} \text{ (J)}$$

$$\Phi_v = P_o \times (683 \text{ lm W}^{-1}) \times \eta_{eye}(\lambda), \text{ đơn vị là lumen (lm)} = 0,453 \times 683 \times 0,053 = 16,4 \text{ (lm)}$$

$$\Rightarrow \eta_{LE} = \frac{\Phi_o}{IV} = \frac{16,4}{1,12} = 14,64 \text{ (lm/W)}$$

Pin mặt trời có nối tải

- a) Một pin mặt trời Si có diện tích phơi sáng là $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$, được nối với tải trở $R = 2 \Omega$. Nó có đường đặc trưng $I-V$ như trong Hình vẽ. Giả sử pin được chiếu ánh sáng có cường độ 800 W/m^2 . Tính giá trị dòng điện và điện thế trong mạch. Tính công suất truyền cho tải? Tính hiệu suất của pin trong mạch này?
- b) Cần sử dụng tải có điện trở bao nhiêu để thu được công suất cực đại cung cấp bởi pin ở cường độ chiếu sáng là 800 W/m^2 . Giá trị của tải trở ở cường độ chiếu sáng là 400 W/m^2 .
- c) Bạn hãy sử dụng một số pin mặt trời nói trên để nuôi một máy tính bỏ túi. Máy tính này cần hiệu điện thế tối thiểu là 3 V , và dòng điện tối thiểu 3 mA ở $3-4 \text{ V}$. Pin được sử dụng ở cường độ chiếu sáng là 400 W/m^2 . Bạn cần bao nhiêu pin, và nối chúng với nhau thế nào?



Đặc trưng $I-V$ của tải

$$I = -\frac{1}{R} \cdot V$$

$$V = 0.4 \text{ V} \Rightarrow I = -0.2 \text{ A}$$

$$\begin{cases} I_R = -175 \text{ mA} \\ V_R = 0.35 \text{ V} \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_{\text{out}} = |I_R V_R| = 61.25 \text{ mW}$$

$$P_{\text{in}} = 800 \text{ W/m}^2 \times (2.5 \times 10^{-2})^2 = 500 \text{ mW}$$

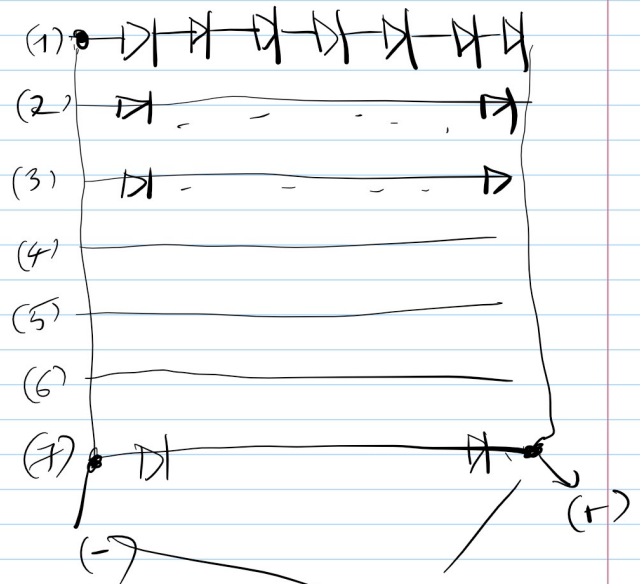
$$\Rightarrow \eta_{\text{PCE}} = 12.25\%$$

Coi $R = 3 \Omega$ tương ứng P_{max}

$$\begin{cases} I_m = -158 \text{ mA} \\ V_m = 0.475 \text{ V} \end{cases} \quad \begin{cases} I_{L3} = 1 \text{ A} \Rightarrow 1000 \text{ mA} \\ V_{L3} = 3 \text{ V} \end{cases}$$

($I = 800 \text{ W/m}^2$)

Tại $I = 400 \text{ W/m}^2 \Rightarrow \begin{cases} V_m = 0.46 \text{ V} \\ I_m = 158 \text{ mA} \end{cases}$



Máy tính bỏ túi

Bài 2

Công suất cực đại từ một pin mặt trời

Giả sử công suất thu được từ một pin mặt trời, $P = IV$, đạt cực đại khi $I = I_m$ và $V = V_m$. Chúng ta định nghĩa điện thế và dòng điện chuẩn hóa tại công suất cực đại là:

$$v_m = \frac{V_m}{\eta V_T} \text{ và } i_m = \frac{I_m}{I_{sc}} \quad 0,02585$$

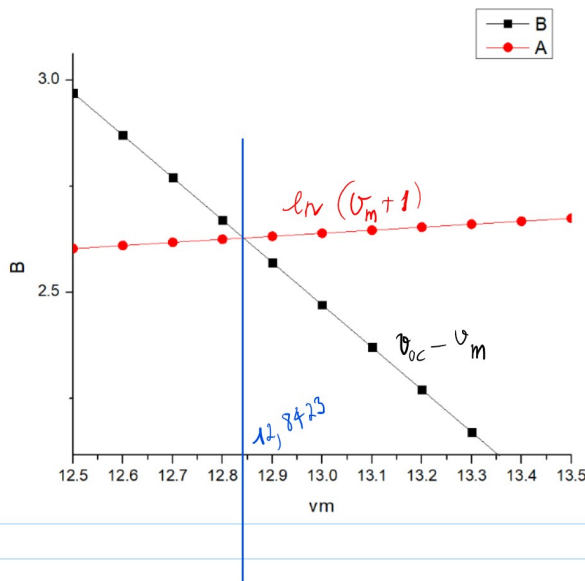
trong đó η là hệ số lý tưởng, $V_T = kT/e$ là điện thế nhiệt (bằng ~~0,026~~ $0,02585$ V tại 300 K), và $I_{sc} = -I_{ph}$. Giả sử rằng $v_{oc} = V_{oc}/(\eta V_T)$ là thế hở mạch chuẩn hóa. Khi được chiếu sáng, pin mặt trời cung cấp công suất là:

$$P = IV = \left[-I_{ph} + I_0 \exp\left(\frac{V}{\eta V_T}\right) \right] V$$

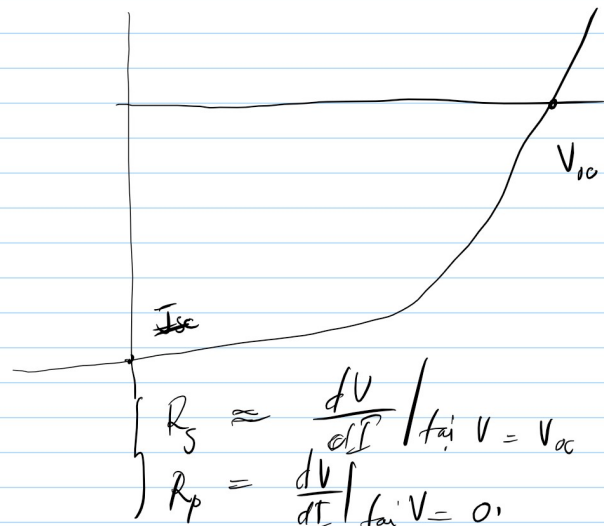
Chúng ta có thể lấy đạo hàm của $P = IV$ theo V , đặt nó bằng 0 tại điểm công suất cực đại, và tìm biểu thức của I_m và V_m . Sau đó sử dụng điều kiện tại thế hở mạch ($I = 0$) để tìm mối liên hệ giữa V_{oc} và I_0 . Chứng minh rằng công suất cực đại đạt được khi:

$$v_m = v_{oc} - \ln(v_m + 1) \text{ và } i_m = 1 - \exp[-(v_{oc} - v_m)]$$

Xét một pin mặt trời với $\eta = 1.5$, $V_{oc} = 0.6$ V, và $I_{ph} = 35$ mA, với diện tích là 1 cm^2 . Tìm giá trị của i_m và v_m , và sau đó là giá trị của I_m và V_m tại điểm công suất cực đại. *Gợi ý: giải phương trình đầu tiên bằng phương pháp số hoặc đồ thị để tìm ra $v_m = 12,76$. Hệ số điền đầy là bao nhiêu?*



$$FF = \frac{|I_m \cdot V_m|}{|I_{sc} \cdot V_{oc}|} = \frac{33,47 \times 0,498}{35 \times 0,6} = 77\%$$



- Phương trình Shockley đối với pin mặt trời thực tế (có R_s và R_p):

$$I = -I_{ph} + I_0 \left[\exp\left(\frac{V - IR_s}{\eta(kT/e)}\right) - 1 \right] + \frac{V - IR_s}{R_p}$$

Dùng phương pháp fit để tìm 5 tham số:
 $I_{ph}, I_0, \eta, R_s, R_p$