

ZDROJE OPTICKÉHO ŽIARENIA

Žiarivý čas života

$$\tau_r = \frac{1}{B_r(n+p)} \quad (1)$$

kde n a p sú koncentrácie majoritných nosičov v oblasti N a P priechodu PN a B_r je rekombinačný koeficient. Rezonančná podmienka pre pozdĺžne (longitudiálne) vidy

$$L = \frac{\lambda q}{2n} \quad (2)$$

kde λ je vlnová dĺžka emitovaného svetla, n je index lomu aktívnej oblasti a q je celé číslo (tzv. vidové číslo). Rezonančné frekvencie

$$f = \frac{qc}{2nL} \quad (3)$$

kde c je rýchlosť svetla. Tzv. frekvenčná vzdialenosť vidov

$$\delta_f = \frac{c}{2nL} \quad (4)$$

Prahový zisk

$$\gamma_p = \alpha_0 + \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{r_1 r_2} \quad (5)$$

kde α_0 sú straty, L - dĺžka a r_1, r_2 - koeficienty odrazu zrkadiel rezonátora. Prahová hustota prúdu injekčného lasera

$$J_p = \frac{1}{A} \left[\alpha_0 + \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{r_1 r_2} \right] \quad (6)$$

Externá kvantová účinnosť

$$\eta_D = \frac{\frac{dP_0}{dI}}{e} = \frac{e dP_0}{\hbar \omega dI} = \frac{dP_0}{E_g dI} \quad (7)$$

kde P_0 je optický výkon emitovaný z lasera, I - prúd, e - náboj elektrónu, $\hbar \omega$ - energia fotónu a E_g - šírka zakázaného pásma. Vnútorňá kvantová účinnosť η_i súvisí s η_D

$$\eta_D = \eta_i \left[\frac{1}{1 + \frac{2\alpha_0 L}{\ln \frac{1}{r_1 r_2}}} \right] \quad (8)$$

Celková kvantová účinnosť

$$\eta_T = \frac{P_0}{\frac{I}{e}} = \frac{eP_0}{\hbar\omega I} = \frac{P_0}{E_g I} \quad (9)$$

potom

$$\eta_T = \eta_D \left(1 - \frac{I_P}{I} \right) \quad (10)$$

kde I_P je prahový prúd. Vonkajšia účinnosť polovodičového lasera ako prvku

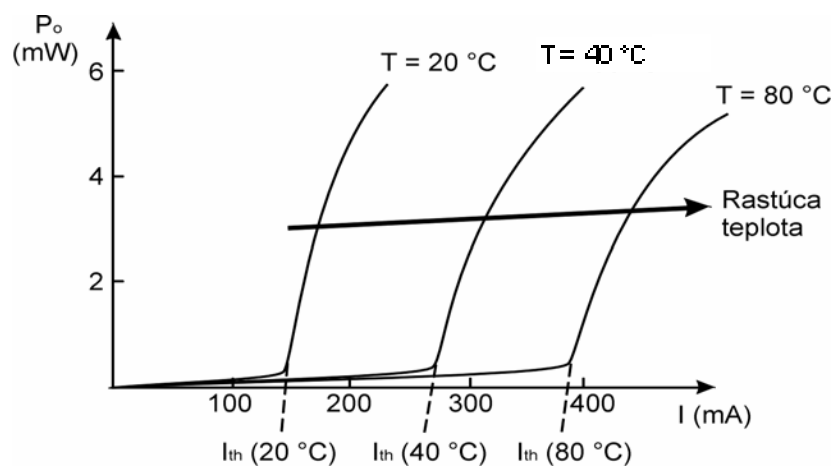
$$\eta_{ep} = \frac{P_0}{P} \cdot 100 \% = \frac{P_0}{IV} \cdot 100 \% \quad (11)$$

kde $P = IV$ je jednosmerný elektrický vstupný (budiaci) výkon. Potom

$$\eta_{ep} = \eta_T \left(\frac{E_g}{V} \right) \cdot 100 \% \quad (12)$$

Na **obr. 1** sú znázornené výstupné charakteristiky polovodičového lasera a ich závislosti od rastúcej teploty

$$J_P(T) = K \exp \left\{ \frac{T}{T_0} \right\} \quad (13)$$



Obr.1 Výstupné charakteristiky polovodičového lasera

Rozloženie intenzity vyžarovania Lambertovho žiariča

$$I(\theta) = I_0 \cos \theta \quad (14)$$

kde I_0 je vyžarovanie kolmo na žiarivý povrch a $I(\theta)$ – vyžarovanie v smere určenom uhlom θ . Emitovaný optický výkon z LED

$$P_0 = \frac{P_{\text{int}} F n_0^2}{4 n_{\text{LED}}^2} \quad (15)$$

kde P_{int} je vnútorne generovaný optický výkon, F je koeficient prechodu rozhrania polovodič – okolité prostredie a n_{LED} je index lomu materiálu, z ktorého je vyrobená LED. Účinnosť naviazania optického žiarenia LED do mnohovidového stupňovitého optického vlákna

$$\eta_c = \sin^2 \theta_a = (NA)^2 \quad (16)$$

Naviazaný optický výkon

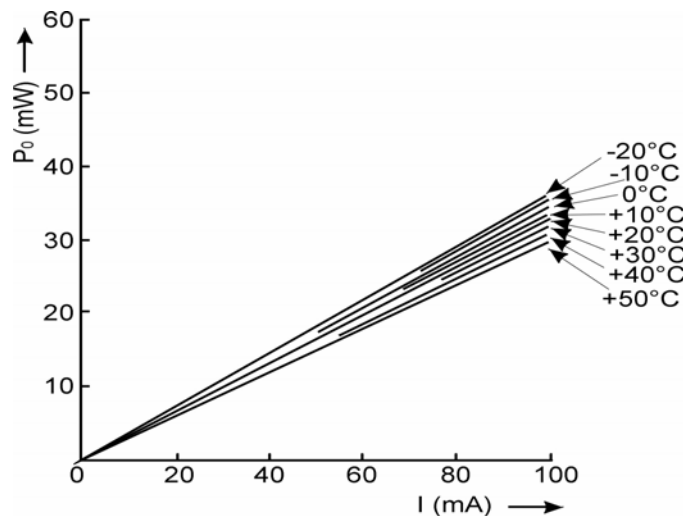
$$P_{oc} = \pi(1-r) A R_D (NA)^2 \quad (17)$$

kde r je Frenselov reflexný koeficient povrchu OV, A je minimum veličín {prierez optického vlákna, emisná plocha zdroja svetla} a R_D je jas zdroja svetla. Celková účinnosť konverzie výkonu

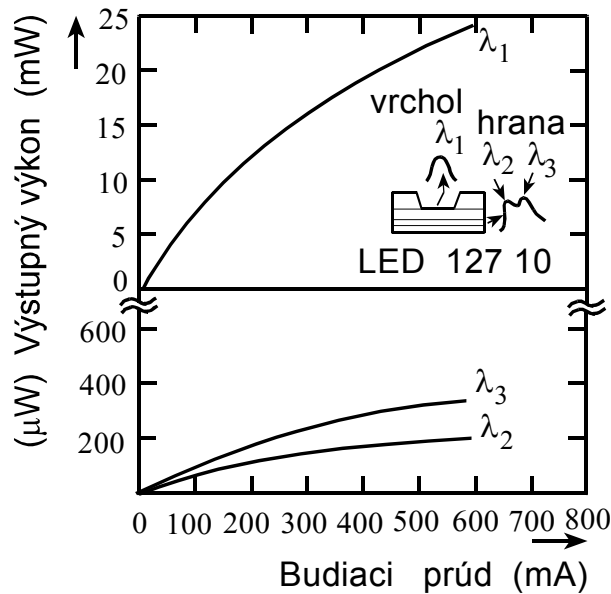
$$\eta_{pc} = \frac{P_{oc}}{P} \quad (18)$$

kde $P = IV$ je vstupný elektrický výkon. Na **obr.2** a **obr.3** sú výstupné charakteristiky elektroluminiscenčných diód (LED). Modulačná šírka frekvenčného pásma pre LED pre Gaussov tvar frekvenčnej charakteristiky

$$B_{opt} = \sqrt{2} B \quad (19)$$



Obr.2 Výstupná charakteristika LED



Obr.3 Výstupné charakteristiky Burrusovej diódy

kde B je elektrická šírka frekvenčného pásma. Výstupný optický výkon pri frekvencii

$$P_0(\omega) = \frac{P_{\text{odc}}}{\sqrt{1 + (\omega\tau_i)^2}} \quad (20)$$

kde τ_i je čas života injektovaných (minoritných) nosičov v rekombinačnej oblasti, P_{odc} je jednosmerný výstupný optický výkon pri rovnakom budiacom prúde. Postupný pokles vyžarovaného optického výkonu P_0 s časom t

$$P_0(t) = P_0(0) \exp(-\beta_r t) \quad (21)$$

Kde $P_0(0)$ je počiatočný vyžarovaný optický výkon a β_r je rýchlosť degradácie. Rýchlosť degradácie β_r závisí od aktivačnej energie pomalej degradácie E_a a od teploty T

$$\beta_r = \beta_0 \exp\left\{-\frac{E_a}{KT}\right\} \quad (22)$$

kde K je Boltzmannova konštanta a β_0 je konštanta úmernosti. E_a závisí od materiálu a konštrukcie LED.

PRÍKLADY

Príklad 1 Vypočítajte vonkajšiu výkonovú účinnosť planárnej GaAs elektroluminiscenčnej diódy, ak koeficient prechodu rozhrania GaAs – vzduch je 0,68 a vnútorne generovaný optický výkon je 30% napájacieho elektrického výkonu. Index lomu GaAs je 3,6.

$$(P_0 = \frac{P_{int} \cdot F_n^2}{4 n_x^2} = \frac{P_{int} \cdot 0,68 \cdot 1^2}{4(3,6)^2} = 13,1173 \cdot 10^{-3} P_{int} ;$$

$$\eta_{ep} = \frac{P_0}{P} \cdot 100\% = \frac{1,31 \cdot 10^{-2} P_{int}}{P} \cdot 100\% = \frac{1,31 \cdot 10^{-2} \cdot 0,3 P}{P} \cdot 100\% = 0,3935\%)$$

Príklad 2 Z povrchovo emitujúcej elektroluminiscenčnej diódy je pri použití väzobnej šošovky naviazaný do stupňovitého optického vlákna optický výkon 190μW. Dióda je budená prúdom 25mA a úbytok napätia na dióde je 1,5V. Vypočítajte celkovú účinnosť konverzie výkonu v prvku.

$$(\eta_{pc} = \frac{P_{oc}}{P} = \frac{P_{oc}}{I_p U_p} = 5,0666 \cdot 10^{-3} \cong 0,50666\%)$$

Príklad 3 Vypočítajte optické straty v dB pri naviazaní optického výkonu emitovaného z povrchovo emitujúcej LED do stupňovitého optického vlákna, pri naviazaní nie je medzera a akceptačný uhol meridionálnych lúčov je 14°.

$$(účinnosť naviazania je $\eta_c = \sin^2 \theta_a$, $L_{co} (dB) = -10 \log \frac{P_c}{P_0} = -10 \log \eta_c = -10 \log 5,853 \cdot 10^{-2} = 12,3dB$)$$

Príklad 4 Pre LED vypočítajte účinnosť konverzie výkonu, ak napájací prúd je 100mA a úbytok napätia na dióde je 1,9V, pričom naviazaný optický výkon z LED do OV je 600μW.

$$(\eta_{pc} = \frac{P_c}{P} = \frac{P_c}{I_p U_p} = 0,3145\%)$$

Príklad 5 Vypočítajte 3dB optickú šírku frekvenčného pásma zodpovedajúcu 3dB elektrickej šírke frekvenčného pásma 50MHz. Uvažujte Gaussov tvar frekvenčnej odozvy systému.

$$(B_{opt} = \sqrt{2} B = 70,710678MHz)$$