

Comunicaciones Ópticas

El LED

Jesús Sanz Marcos

e-mail: jesus.sanz@upcnet.es

Barcelona, España. 18/12/2000

Características de los LEDs

- 1) altos valores de eficacia cuántica interna (50%-80%)
- 2) Su geometría y patrón de radiación es apto para el acoplamiento de luz a la fibra óptica, especialmente en los LEDs de emisión lateral.
- 3) Son de fácil fabricación (no llevan espejos).
- 4) Pueden ser modulados hasta 100-200 Mbps y en algunos casos hasta 1-2 Gbps.
- 5) Su coste es bajo.
- 6) Son fiables (no degradación catastrófica).
- 7) Circuitería de control es muy sencilla (bajos niveles de corriente).
- 8) Característica potencia óptica de salida vs corriente eléctrica de entrada es bastante lineal.

Característica de potencia óptica de salida vs Corriente de eléctrica de entrada

h_i : eficiencia cuántica = relación entre el número medio de fotones emitidos por segundo y número medio de pares de electrones inyectados por segundo.

$$h_i = \frac{P_{out}/hf}{I/q} = \frac{q}{hf} \frac{P_{out}}{I}$$

$$P_i = h_i \frac{hf}{q} I : \text{potencia óptica interna}$$

$$P_e = h_e h_i \left(\frac{hf}{e} \right) I : \text{potencia emitida al exterior}$$

h_e : eficacia cuántica externa

$$P_f = h_c P_e : \text{potencia acoplada al interior de la fibra}$$

$$h_c = AN^2$$

Espectro del LED

$$R_{spont}(w) = A_0 \sqrt{\hbar w - E_g} e^{-\frac{\hbar w - E_g}{k_B T}}$$

$$\Delta I = 1.8 k_B \frac{I^2}{ch}$$

Respuesta a la modulación del LED

En equilibrio térmico

$$n = n_0 e^{-hf/kT} \quad n \ll n_0$$

n : número de e^- /vol en BC

n_0 : número de e^- /vol en BV

Inyectamos corriente

$$J = \frac{I}{WL} = \frac{I}{V_{act}} : \text{densidad de corriente}$$

$$n^0 \text{ portadores inyectados/m}^3 \text{s} = \frac{I}{qV_{act}d} = \frac{J}{qd}$$

$$\text{Ecuación re tirmo: } \frac{d\Delta n}{dt} = \frac{I}{qV_{act}} - \frac{\Delta n}{t_{sp}} = \frac{J}{qd} - \frac{\Delta n}{t_{sp}}$$

Δn : número de portadores en BC

t_c : tiempo de vida medio de los e^- en BC

V_{act} : volumen de la zona activa

$$\text{Si } I(t) = I_0 u(t) \Rightarrow$$

$$\Delta n = \Delta n_{ST} (1 - e^{-t/t_{sp}}) \quad \Delta n_{ST} = \frac{I_0 t_{sp}}{qV}$$

Si

$$I(t) = I_b + I_m e^{j\omega t} \Rightarrow \Delta n(t) = \Delta n_{ST} + n_m(\omega_m) e^{j\omega t}$$

$$n_m(\omega_m) = \frac{t_{sp} I_m / (qV_{act})}{1 + j\omega_m t_{sp}}$$

$$P_e(t) = P_b + P_m(\omega_m) e^{j\omega t} \quad P_m(\omega_m) \propto |n_m(\omega_m)|$$

$$H(\omega_m) = \frac{1}{1 + j\omega_m t_{sp}}$$

$$f_{0.3dB} = \frac{\sqrt{3}}{2pt_{sp}} : \text{anchura banda óptica de modulación}$$

$$f_{e3B} = \frac{1}{2pt_{sp}} : \text{anchura banda eléctrica de modulación}$$

Para un LED típico:

$$1ns \leq t_c \leq 5ns \Rightarrow 32 \leq f_m \leq 160 \text{ MHz}$$

$t_r = 2.2t_{sp}$: tiempo respuesta diodo LED

$$\Rightarrow T_{bit} \geq 3t_{sp}$$

$$\text{Si } I(t) = I_0 + I_s \text{ sen } \omega_s t \Rightarrow$$

$$\Delta n(t) = \frac{I_0 t_{sp}}{qd} + \frac{I_s t_{sp}}{qd} \frac{\text{sen}(\omega_s t - f_s)}{\sqrt{1 + t_{sp}^2 \omega_s^2}}$$

$$f_s = \text{tg}^{-1}(t_{sp} \omega_s)$$

$$\text{Factor de modulación eléctrico: } m_e = \frac{I_s}{I_0}$$

$$\text{Factor de modulación óptico: } m_o = \frac{m_e}{\sqrt{1 + t_{sp}^2 \omega_s^2}}$$

Puede trabajar en:

Primera ventana: $\lambda = 800-850 \text{ nm}$

Segunda ventana: $\lambda = 1300 \text{ nm}$