

Comunicaciones Ópticas

Dispersión y propagación de pulsos

Jesús Sanz Marcos

e-mail: jesus.sanz@upcnet.es

Barcelona, España. 4/11/2000

Tipos de fibras

“Una fibra óptica es un medio dieléctrico y cilíndrico capaz de guiar la luz a ciertas longitudes de onda con baja atenuación y gran ancho de banda.”

Monomodo (SM): $a \approx 5 - 10 \mu\text{m}$

Multimodo (MM): $a \approx \uparrow 50 \mu\text{m}$

Parámetros característicos

a) estáticos

-ópticos: $n(r)$, AN

-geométricos: radio núcleo = a

radio revestimiento = b

b) dinámicos

-atenuación (dB/km)

-ancho de banda (GHz·km)

Dispersión Intermodal

El rayo más lento es aquel que rebota con ángulo incidente igual al ángulo crítico.

$$t_{max} = \frac{L / \sin \theta_c}{c / n_1} \quad t_{min} = \frac{L}{c / n_1}$$

$$t_{max} - t_{min} = L \frac{n_1}{c} \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right)$$

$$t_{intermedio} = \frac{t_{max} - t_{min}}{L} = \frac{n_1}{c} \frac{n_1 - n_2}{n_2}$$

$$\Delta \equiv \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad t_{inter} \equiv \frac{n_1}{c} \Delta$$

$$[\Delta] = \text{ns} / \text{km} \quad \Delta \approx \text{GHz} \cdot \text{km}$$

Fibras Salto de Índice (MM)

Frecuencia normalizada: $V \equiv k_0 a \text{AN}$

Si $V < 2,405 \Rightarrow$ monomodo

Si $V > 2,405 \Rightarrow$ multimodo

$N_t \approx \frac{V^2}{2}$: número de modos

Fibras de Gradiente de Índice (GRIN)

Perfil del índice:

$$n(r) = n_1 \sqrt{1 - 2q \left(\frac{r}{a} \right)^a} \quad a \approx 2$$

$$q \equiv \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$t_{INTER}^{GRIN} \approx \frac{\Delta}{D} t_{INTER}^{SI}, \quad 4 \leq D \leq 10$$

$$\text{con } D = 10 \Rightarrow a_{opt} = 2 - \frac{12\Delta}{5}$$

Dispersión intermodal

$$v_g \equiv \frac{\partial \omega}{\partial \mathbf{b}} = \frac{\partial \omega}{\partial I} \frac{\partial I}{\partial \mathbf{b}} = \text{velocidad de grupo}$$

$$v_g = \frac{c}{n_1 - I \frac{dn_1}{dI}} = \frac{c}{N_1}$$

$$N_1 \equiv n_1 - I \frac{\partial n_1}{\partial I} : \text{índice de grupo}$$

$$t_{INTRA} = \Delta I \frac{\partial}{\partial I} \frac{1}{v_g} = \Delta I \frac{1}{c} \left| \frac{\partial^2 n_1}{\partial I^2} \right|$$

Propiedades del material

$$t_{INTRA} \propto \frac{I}{c} \frac{\partial^2 n_1}{\partial I^2} = M$$

$$t_{INTRA} \propto \frac{I}{c} \frac{\partial^2 n_g}{\partial I^2} = M'$$

Conclusión:

$$t_{INTRA} = \Delta I (M + M')$$

Ancho de banda práctico

$$f_0(L) = \frac{f_0(1 \text{ km})}{L^b}$$

(multimodo) $0.5 \leq b \leq 1$ (monomodo)

Propagación de pulsos

$$x(t) \propto e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t}{s} \right)} \quad t = 2s$$

$$X(f) \propto e^{-g \left(\frac{f}{f_0} \right)^2} \quad g = \ln 2$$

$$s = \frac{\sqrt{2g}}{2pf_0} \quad sf_0 = 0.1874$$

$$f_0(\text{GHz} \cdot \text{km}) s(\text{ps} / \text{km}) = 187.4$$