

Control de Comunicacions Òptiques

Grup 10 -19 d'octubre de 2007

Temps : 1h15' Nom:

TEST (6 punts)

Marqueu la resposta correcta. Cada resposta correcta suma 0,4 punts mentre que cada resposta errònia resta 0,1 punts.

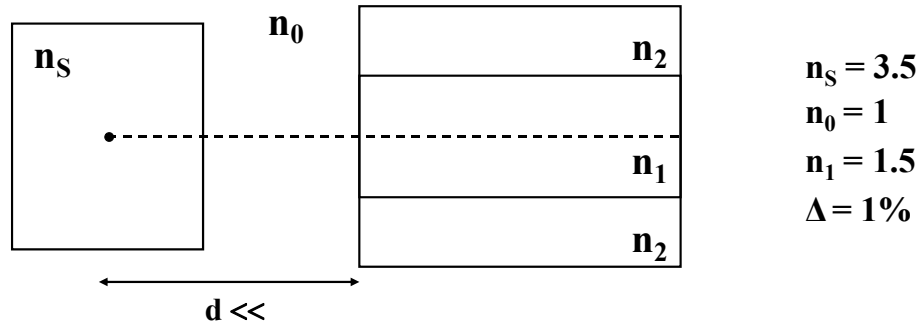
1. Quan un raig de llum incideix des del medi 1 (n_1) al medi 2 (n_2), tota l'energia romandrà al medi 1 (reflexió interna total) si es compleix que:
 - a. $\sin \varphi_i < n_2/n_1$ i $n_1 > n_2$
 - b. $\sin \varphi_i > n_2/n_1$ i $n_1 < n_2$
 - c. $\sin \varphi_i < n_2/n_1$ i $n_1 < n_2$
 - d. $\sin \varphi_i > n_2/n_1$ i $n_1 > n_2$on φ_i és l'angle que forma el raig incident i la normal a la superfície de separació entre els dos medis.
2. Quan un raig de llum incideix des del medi 1 (n_1) al medi 2 (n_2), la transferència energètica serà màxima quan:
 - a. La incidència es produeixi seguint l'angle crític
 - b. La incidència es produeixi seguint l'angle d'acceptació
 - c. La incidència sigui perpendicular a la superfície de separació entre els dos medis
 - d. La incidència sigui paral·lela a la superfície de separació entre els dos medis
3. En una fibra òptica monomode el feix lluminós que es propaga presenta una distribució espacial transversal aproximadament:
 - a. Uniforme
 - b. Exponencial
 - c. Gaussiana
 - d. Maxwelliana
4. De la freqüència normalitzada d'una fibra òptica, podem dir que:
 - a. Com més gran, major concentració d'energia del mode fonamental dins del nucli
 - b. Com més gran, major nombre de modes de propagació
 - c. És proporcional al diàmetre del nucli
 - d. Totes són certes
5. Una fibra òptica presenta un comportament monomode a la freqüència de referència. Si s'augmenta la freqüència, el comportament tendirà a ser:
 - a. Més multimode
 - b. Més monomode
 - c. Quedarà igual
 - d. Depèn del diàmetre del revestiment
6. La corba d'atenuació a la tercera finestra d'una fibra òptica monomode estàndard ve dominada per:
 - a. L'absorció ultraviolada i l'scattering de Mie
 - b. L'absorció infraroja i l'scattering de Mie
 - c. L'absorció ultraviolada i l'scattering de Rayleigh
 - d. L'absorció infraroja i l'scattering de Rayleigh
7. De les fibres amb perfil d'índex gradual es pot afirmar que:
 - a. La seva finalitat és la de reduir la dispersió intramodal
 - b. Són sempre multimode
 - c. El perfil d'índex més habitual és hiperbòlic
 - d. Totes són certes
8. La dispersió cromàtica és pràcticament nul·la en fibres monomode estàndard a:
 - a. Primera finestra
 - b. Segona finestra
 - c. Tercera finestra

- d. La dispersió cromàtica no es pot donar en fibres monomode
9. Un enllaç de fibra òptica presenta una atenuació de 0.2 dB/Km. Si injectem un senyal òptic de 0 dBm, quina serà la potència òptica al cap de 100 Km de transmissió ?:
- 10 mW
 - 50 mW
 - 10 μ W
 - 50 μ W
10. Una fibra multimode de salt d'índex amb un diàmetre del nucli $2a=80\mu\text{m}$ i una diferència d'índexs relativa $\Delta=0.015$, opera a una $\lambda=0.85\mu\text{m}$. Si l'índex de refracció del nucli és $n_1 = 1.48$ i el de l'aire és $n_0 = 1$, calculeu l'angle sòlid d'acceptació (Ω_a) de la separació fibra-aire:
- 0.21 strad
 - 21 strad
 - 0.42 strad
 - 42 strad
11. Una fibra òptica presenta una dispersió modal de 20ps/km i un coeficient de dispersió intramodal de 10 ps/km/nm. Si la font òptica té una amplada espectral $\Delta\lambda=1\text{nm}$, la longitud màxima de l'enllaç per a poder transmetre un senyal RZ de 500 Mb/s és:
- 47.4 Km
 - 4.74 Km
 - 23.7 Km
 - 2.37 Km
12. Es pretén transmetre un senyal NRZ de R_b [bits/s] per una fibra monomode amb un paràmetre de dispersió D [ps/nm/Km]. Considerant que l'amplada espectral del senyal a transmetre és R_b [Hz], quina serà la màxima distància de transmissió ?:
13. Considereu una fibra òptica de salt d'índex essent n_1 / n_2 l'índex de refracció del nucli / revestiment i a el radi del nucli. Assumint que al final de la fibra la distribució de potència òptica és uniforme a tot el nucli, quan val la superfície d'il·luminació a l'exterior (n_0) en funció de la distància de projecció d ?:
14. L'atenuació intrínseca al fet d'unir dues fibres amb NA diferents és:
- $10\log(NA_1/NA_2)$ quan el sentit de propagació és $NA_1 \nrightarrow NA_2$ i $NA_1 < NA_2$
 - $20\log(NA_1/NA_2)$ quan el sentit de propagació és $NA_1 \nrightarrow NA_2$ i $NA_1 < NA_2$
 - $10\log(NA_1/NA_2)$ quan el sentit de propagació és $NA_1 \nrightarrow NA_2$ i $NA_1 > NA_2$
 - $20\log(NA_1/NA_2)$ quan el sentit de propagació és $NA_1 \nrightarrow NA_2$ i $NA_1 > NA_2$
15. A una fibra òptica li acoblem llum procedent d'una font puntual que radia en un únic sentit de l'espai seguint una funció $\cos(\theta)$. Determineu com afectarà a l'eficiència d'acoblament, si no es tenen en compte les reflexions, el fet de que l'índex de refracció de l'ambient (n_0) es dupliqui:
- Augmentarà en 6 dB
 - Augmentarà en 3 dB
 - Disminuirà en 6 dB
 - Disminuirà en 3 dB

PROBLEMA (4 punts)

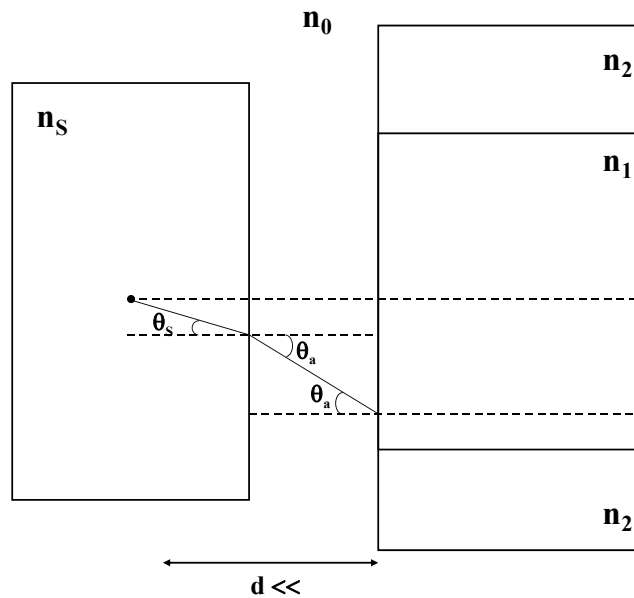
Considereu una font òptica puntual que emet llum des d'un medi actiu de manera isotròpica (vegeu la figura).

- Calculeu la relació entre la potència òptica injectada a la fibra i la potència òptica total emesa per la font (eficiència d'acoblament) tenint en compte que la distància font-fibra és menyspreable.
- Com canviaria si la font estigués perfectament enganxada a la fibra.



Resolució:

- Tenint en compte que la distància de separació font-fibra és menyspreable, el que farà que la llum sigui guiada per la fibra és que els raigs incidents arribin amb un angle inferior a l'angle d'acceptació (limitat per NA i no per d). A la figura és pot veure el cas límit:



Podem aplicar la llei de Snell a la superfície de separació font-aire per tal de trobar l'angle màxim d'emissió:

$$n_s \sin \theta_s = n_0 \sin \theta_a \rightarrow \theta_s = \sin^{-1} \left[\frac{n_0}{n_s} \sin \theta_a \right] = \sin^{-1} \left[\frac{NA}{n_s} \right] \approx \sin^{-1} \left[\frac{n_1}{n_s} \sqrt{2\Delta} \right]$$

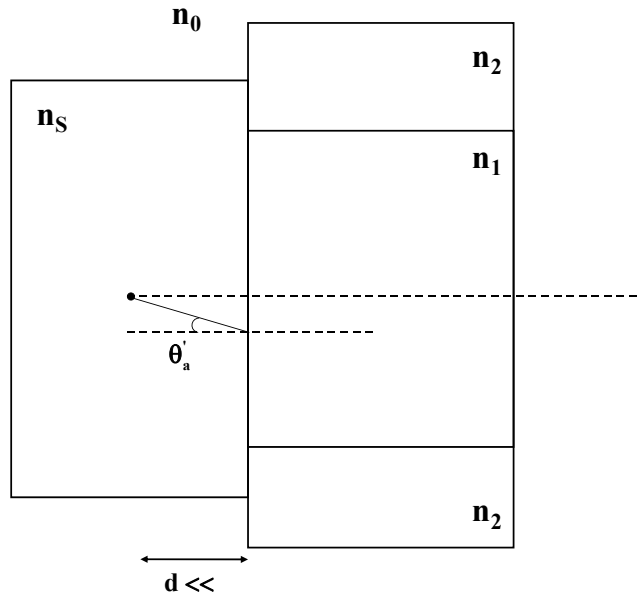
$$n_0 \sin \theta_a = NA \approx n_1 \sqrt{2\Delta}$$

Per tant ja podem trobar l'eficiència d'acoblament:

$$\eta_c \equiv \frac{P_{IN}}{P_T} = \frac{2\pi \int_0^{\theta_s} P_0 (1-R_1)(1-R_2) \sin \theta \partial \theta}{2\pi \int_0^{\pi} P_0 \sin \theta \partial \theta} = \frac{1}{2} (1-R_1)(1-R_2)(1-\cos \theta_s) \approx 6.1 \cdot 10^{-4} (-32.15 \text{ dB})$$

$$R_1 \equiv \left(\frac{n_s - n_0}{n_s + n_0} \right)^2 \quad R_2 \equiv \left(\frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right)^2$$

b) La situació ara és la que es mostra a la figura:



Com es pot veure l'angle d'acceptació de la fibra depèn ara de l'índex de refracció de la zona activa. Tenim doncs:

$$n_s \sin \theta'_a = NA \approx n_1 \sqrt{2\Delta} \rightarrow \theta'_a = \sin^{-1} \left[\frac{NA}{n_s} \right] = \theta_s$$

Com es pot apreciar, la cota angular sobre la radiació emesa per la font és la mateixa que en el cas anterior, el que canviarà és la llum que es perd per reflexió. Per tant l'eficiència quàntica quedarà:

$$\eta'_c \equiv \frac{P_{IN}}{P_T} = \frac{2\pi \int_0^{\theta_s} P_0 (1-R_3) \sin \theta \partial \theta}{2\pi \int_0^{\pi} P_0 \sin \theta \partial \theta} = \frac{1}{2} (1-R_3)(1-\cos \theta_s)$$

$$R_3 \equiv \left(\frac{n_s - n_1}{n_s + n_1} \right)^2$$

Així doncs comparant la nova eficiència d'acoblament amb l'anterior tenim que:

$$\frac{\eta'_c}{\eta_c} = \frac{1 - \left(\frac{n_s - n_1}{n_s + n_1} \right)^2}{\left(1 - \left(\frac{n_s - n_0}{n_s + n_0} \right)^2 \right) \left(1 - \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1} \right)^2 \right)} \approx 1.27 (1.02 \text{ dB}) \quad \text{Es millora en aproximadament 1 dB.}$$

En general si $n_s > n_1 > n_0$:

$$\left(\frac{n_s - n_1}{n_s + n_1} \right)^2 < \left(\frac{n_s - n_0}{n_s + n_0} \right)^2$$

$$1 - \left(\frac{n_s - n_1}{n_s + n_1} \right)^2 > 1 - \left(\frac{n_s - n_0}{n_s + n_0} \right)^2 > \left(1 - \left(\frac{n_s - n_0}{n_s + n_0} \right)^2 \right) \left(1 - \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1} \right)^2 \right)$$

$$\frac{\eta'_c}{\eta_c} = \frac{1 - \left(\frac{n_s - n_1}{n_s + n_1} \right)^2}{\left(1 - \left(\frac{n_s - n_0}{n_s + n_0} \right)^2 \right) \left(1 - \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1} \right)^2 \right)} > 1$$

L'eficiència d'acoblament millora.