

Control de Comunicacions Òptiques

Grup 30 - 22 de novembre de 2006

Temps : 1h 15'

Nom:

TEST (6 punts)

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

- Podem afirmar que el principi de funcionament de les fonts que hem estudiat és:
 - LED: absorció estimulada, Làser: emissió estimulada
 - LED: emissió espontània, Làser: emissió estimulada**
 - LED: emissió estimulada, Làser: emissió espontània
 - LED: emissió estimulada, Làser: absorció estimulada
- En situació d'equilibri tèrmic:
 - L'emissió de llum ha de ser equivalent a l'absorció de llum
 - L'absorció de llum domina enfront l'emissió de llum
 - L'emissió espontània domina enfront l'emissió estimulada
 - La a i la c són correctes**
- Per tal de que el balanç d'emissió estimulada neta de llum sigui positiu, s'ha de donar una situació:
 - D'equilibri tèrmic
 - D'inversió de població**
 - D'inversió tèrmica
 - D'equilibri de població
- Els làsers més utilitzats en comunicacions òptiques són:
 - Els làsers d'estat sòlid
 - Els làsers semiconductors**
 - Els làsers de gas
 - Els làsers de fibra
- L'energia de GAP en un semiconductor és:
 - El diferencial energètic entre el mínim de la banda de conducció i el màxim de la banda de valència**
 - El diferencial energètic entre el màxim de la banda de conducció i el mínim de la banda de valència
 - El diferencial energètic entre el màxim de la banda de conducció i el màxim de la banda de valència
 - El diferencial energètic entre el mínim de la banda de conducció i el mínim de la banda de valència
- Una amplada de banda electroòptica típica d'un Làser monomode comercial pot ser:
 - 1 KHz
 - 1 MHz
 - 1 GHz**
 - 1 THz
- En règim estacionari, la potència òptica emesa per un LED és:
 - Directament proporcional al quadrat del corrent d'alimentació
 - Inversament proporcional al quadrat del corrent d'alimentació
 - Directament proporcional al corrent d'alimentació**
 - Inversament proporcional al corrent d'alimentació
- El temps de resposta d'un LED a un graó de corrent és:
 - Directament proporcional al temps de vida del portador**
 - Inversament proporcional al temps de vida del portador
 - Directament proporcional a la longitud de la zona activa
 - Inversament proporcional a la longitud de la zona activa

9. En un làser en règim estacionari es compleix que:
- El nivell de portadors es manté constant mentre que el nivell de fotons és proporcional respecte el corrent d'alimentació**
 - El nivell de portadors és proporcional mentre que el nivell de fotons es manté constant respecte el corrent d'alimentació
 - Tant el nivell de portadors com el nivell de fotons són proporcionals respecte el corrent d'alimentació
 - Tant el nivell de portadors com el nivell de fotons es mantenen constants respecte el corrent d'alimentació
10. D'un làser modulad digitalment, podem dir que pel que fa al seu temps de resposta:
- És millor mantenir I_{ON} i I_{OFF} per sota del corrent llindar
 - És millor mantenir I_{ON} per sobre del corrent llindar i I_{OFF} per sota
 - És millor mantenir I_{ON} per sota del corrent llindar i I_{OFF} per sobre
 - És millor mantenir I_{ON} i I_{OFF} per sobre del corrent llindar**
11. L'amplada de banda d'un làser semiconductor:
- Decreix quan el corrent d'alimentació creix
 - Creix quan el corrent d'alimentació creix**
 - No depèn del corrent d'alimentació
 - L'amplada de banda màxim es dona prop del corrent llindar
12. En quant a la funció de transferència de les fonts estudiades:
- És anàloga a la d'un circuit RC en el cas del LED i a la d'un circuit RLC en el cas del làser**
 - És anàloga a la d'un circuit RLC en el cas del LED i a la d'un circuit RC en el cas del làser
 - És anàloga a la d'un circuit RC en els dos casos
 - És anàloga a la d'un circuit RLC en els dos casos
13. Si el temps de vida del portador d'un LED és de 1ns, de quin ordre serà la màxima velocitat de transmissió ?
- 318 Mb/s per a un senyal RZ i 159 Mb/s per a un senyal NRZ
 - 318 Mb/s per a un senyal NRZ i 159 Mb/s per a un senyal RZ**
 - 500 Mb/s per a un senyal RZ i 250 Mb/s per a un senyal NRZ
 - 500 Mb/s per a un senyal NRZ i 250 Mb/s per a un senyal RZ
14. Un LED presenta les següents característiques: $W=10$ micres, $D=0.5$ micres, $L=300$ micres, $\tau_r=0.5$ ns, $n_s=3.7$. Quan el corrent d'alimentació s'anul·la, la concentració de portadors i de fotons no decau fins a zero de manera instantània. Estimeu el temps necessari per a que la llum a la sortida assoleixi un valor inferior al 1% del màxim.
- $t = 1.1$ ns
 - $t = 1.1$ ps
 - $t = 2.3$ ns**
 - $t = 2.3$ ps
15. Un diode làser semiconductor té una zona activa de longitud $L=500$ micres, un índex de refracció $n=3.53$ i és simètric en sentit longitudinal. Les parets de la cavitat han estat recobertes d'un material anti-reflectant per tal de millorar les prestacions. Si el guany net per unitat de longitud llindar val $g=113 \text{ cm}^{-1}$, quin és el valor de les reflectivitats a les cares del diode ?:
- $R = 12.4 \%$
 - $R = 0.124 \%$
 - $R = 35 \%$
 - $R = 0.35 \%$**

PROBLEMA (4 punts)

Un diode làser que forma part d'un transmissor d'un sistema de comunicacions òptiques presenta les següents característiques:

Longitud d'ona d'operació	850 nm
Dimensions	$L=350\text{ }\mu\text{m}$, $W\cdot d=1\text{ }\mu^2\text{m}^2$
Índex de refracció del SC	$n=3.7$
Pèrdues totals de la cavitat	$\alpha_t=3200\text{ m}^{-1}$
Temps de vida del portador	$\tau_r=1\text{ ns}$
Nivell de transparència	menyspreable
Factor de confinament	perfecte

El guany del material presenta una característica gaussiana i ve donat per la següent expressió:

$$g_m(\lambda) = g_p \exp\left[-\frac{(\lambda - \lambda_p)^2}{2\sigma^2}\right]$$

On $g_p=5000\text{ m}^{-1}$. Sabent que l'amplada espectral quan el guany cau a la meitat és de 75 nm, es demana:

- El número de modes d'oscil·lació del làser.
 - Les longituds d'ona màxima i mínima d'oscil·lació.
 - Si el factor de confinament es redueix fins a la meitat, quin efecte tindrà sobre el comportament modal del làser ?.
-

Resolució:

- a) El primer que hem de fer és determinar el paràmetre σ de l'expressió del guany:

$$\frac{g_p}{2} = g_p \exp\left[-\frac{(\Delta\lambda/2)^2}{2\sigma^2}\right] \rightarrow \sigma = \frac{\Delta\lambda/2}{\sqrt{2\ln 2}}$$

Després hem de comprovar que la freqüència d'emissió es correspon amb el mode fonamental del làser:

$$f_p = p \frac{c}{2nL} \rightarrow \lambda_p = \frac{2nL}{p} \rightarrow p = \frac{2nL}{\lambda_p} \approx 3047.06 \quad (3047)$$

$$\lambda_p = \frac{2nL}{3047} \approx 850.016\text{ nm} \quad (+0.016\text{nm})$$

$$\delta\lambda \approx \frac{\lambda_p^2}{2nL} \approx 0.279\text{ nm}$$

0.016 nm és menyspreable front 0.279 nm, per tant, podem dir que el mode fonamental (3047) es correspon amb 850 nm. Ara cal determinar el número de modes d'oscil·lació:

$$\lambda_i \equiv \lambda_p \pm i \delta\lambda \quad (\text{c. fase})$$

$$\Gamma g_p \exp\left[-\frac{(i \delta\lambda)^2}{2\sigma^2}\right] \geq \alpha_t \quad (\text{c. mòdul})$$

$$i \leq \text{Ent}\left\{\frac{1}{\delta\lambda} \sqrt{-2\sigma^2 \ln \frac{\alpha_t}{\Gamma g_p}}\right\} = 107$$

$$M = 2i + 1 = 215 \quad \text{modes}$$

b) Els modes extrems són:

$$\lambda_{107} \equiv \lambda_p + 107 \cdot \delta\lambda \approx 879.866 \text{ nm}$$

$$\lambda_{-107} \equiv \lambda_p - 107 \cdot \delta\lambda \approx 820.167 \text{ nm}$$

c) Quan el confinament es redueix a la meitat:

$$\Gamma g_m(\lambda) < \Gamma g_p = 2500 \text{ m}^{-1} < 3200 \text{ m}^{-1} = \alpha_t \rightarrow \text{no efecte làser}$$

El guany és sempre inferior a les pèrdues de la cavitat per tant no es pot donar l'efecte làser.

Una altra manera de resoldre els apartats a) i b):

Partim de la condició de guany i suposem que ja hem determinat el valor de σ :

$$\Gamma g_p \exp\left[-\frac{(\lambda - \lambda_p)^2}{2\sigma^2}\right] \geq \alpha_t \quad (\text{c. mòdul})$$

Ara aïllem la longitud d'ona:

$$\frac{(\lambda - \lambda_p)^2}{2\sigma^2} \leq \ln\left(\frac{\Gamma g_p}{\alpha_t}\right) \rightarrow \lambda - \lambda_p \geq \pm \sqrt{2\sigma^2 \ln\left(\frac{\Gamma g_p}{\alpha_t}\right)} \rightarrow \lambda \geq \lambda_p \pm \sqrt{2\sigma^2 \ln\left(\frac{\Gamma g_p}{\alpha_t}\right)}$$

Trobem els dos extrems i identifiquem el mode corresponent:

$$\lambda_{\text{down}} = \lambda_p - \sqrt{2\sigma^2 \ln\left(\frac{\Gamma g_p}{\alpha_t}\right)} = \lambda_p - 30.09 \text{ nm} = 819.909 \text{ nm}$$

$$\lambda_m = \frac{2nL}{m} \rightarrow m = \frac{2nL}{\lambda_m} = 3158.88 \rightarrow 3158$$

$$\lambda_{\text{up}} = \lambda_p + \sqrt{2\sigma^2 \ln\left(\frac{\Gamma g_p}{\alpha_t}\right)} = \lambda_p + 30.09 \text{ nm} = 880.09 \text{ nm}$$

$$\lambda_m = \frac{2nL}{m} \rightarrow m = \frac{2nL}{\lambda_m} = 2942.88 \rightarrow 2943$$

Per l'extrem inferior hem de prendre l'enter immediatament anterior mentre que per l'extrem superior l'enter immediatament posterior. Ara ja podem calcular el nombre de modes:

$$M = 3158 - 2943 = 215 \text{ modes}$$

I també la longitud d'ona dels modes extrems:

$$\lambda_{\min} = \frac{2nL}{3158} = 820.139 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{2nL}{2943} = 880.054 \text{ nm}$$

Aquests valors són més precisos donat que no hem emprat l'aproximació: $\delta\lambda \approx \frac{\lambda_p^2}{2nL}$