

Control de Comunicacions Òptiques

Grup 10 - 6 de maig de 2005

Temps : 1h

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. Podem afirmar que el principi de funcionament de les fonts que hem estudiat és:
 - a. LED: absorció estimulada, Làser: emissió estimulada
 - b. LED: emissió espontània, Làser: emissió estimulada**
 - c. LED: emissió estimulada, Làser: emissió espontània
 - d. LED: emissió estimulada, Làser: absorció estimulada
2. En situació d'equilibri tèrmic:
 - a. L'emissió de llum ha de ser equivalent a l'absorció de llum
 - b. L'absorció de llum domina enfront l'emissió de llum
 - c. L'emissió espontània domina enfront l'emissió estimulada
 - d. La a i la c són correctes**
3. Per tal de que el balanç d'emissió estimulada neta de llum sigui positiu, s'ha de donar una situació:
 - a. D'equilibri tèrmic
 - b. D'inversió de població**
 - c. D'inversió tèrmica
 - d. D'equilibri pressupostari
4. Els làsers més utilitzats en comunicacions òptiques són:
 - a. Els làsers d'estat sòlid
 - b. Els làsers semiconductors**
 - c. Els làsers de gas
 - d. Els làsers de fibra
5. L'energia de GAP en un semiconductor és:
 - a. El diferencial energètic entre el mínim de la banda de conducció i el màxim de la banda de valència**
 - b. El diferencial energètic entre el màxim de la banda de conducció i el mínim de la banda de valència
 - c. El diferencial energètic entre el màxim de la banda de conducció i el màxim de la banda de valència
 - d. El diferencial energètic entre el mínim de la banda de conducció i el mínim de la banda de valència
6. Una amplada espectral típica d'un LED comercial pot ser:
 - a. 0.1 nm
 - b. 1 nm
 - c. 10 nm
 - d. 100 nm**
7. Una ample de banda electroòptic típic d'un Làser monomode comercial pot ser:
 - a. 1 KHz
 - b. 1 MHz
 - c. 1 GHz**
 - d. 1 THz
8. En règim estacionari, la potència òptica emesa per un LED és:
 - a. Directament proporcional al quadrat del corrent d'alimentació
 - b. Inversament proporcional al quadrat del corrent d'alimentació
 - c. Directament proporcional al corrent d'alimentació**
 - d. Inversament proporcional al corrent d'alimentació
9. L'ample de banda d'un LED que té un temps de vida del portador de $10/\pi$ ns és de:
 - a. 50 GHz
 - b. 100 GHz
 - c. 100 MHz
 - d. 50 MHz**

10. 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
11. 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
12. 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**
13. L'ample 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'ample de banda màxim es dona prop del corrent llindar
14. Quants fotons per segon corresponen a 1W de llum de 3ª finestra:
- $6.5 \cdot 10^{18}$ fot/s
 - $4.3 \cdot 10^{18}$ fot/s
 - $7.8 \cdot 10^{18}$ fot/s**
 - Cap de les anteriors
15. Un LED de segona finestra polaritzat amb un corrent constant, emet 25μW de potència òptica. Si l'eficiència quàntica és 0.5 i les dimensions són 0.1 μm x 1 μm x 10 μm, quin és el nombre total de recombinacions per unitat de temps i de volum que es produeixen?:
- $3.273 \cdot 10^{32}$ recomb/seg/m³**
 - $3.273 \cdot 10^{-32}$ recomb/seg/m³
 - $3.902 \cdot 10^{-32}$ recomb/seg/m³
 - $3.902 \cdot 10^{32}$ recomb/seg/m³
-

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	$L=350 \mu\text{m}$, $w \cdot d=1 \mu^2\text{m}^2$
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 bé 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:

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

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

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

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

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: $\delta\lambda \approx \frac{\lambda_p^2}{2nL}$