

# Control de Comunicacions Òptiques

Grup 30 - 2 de maig de 2007

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.

1. 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
2. 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
3. Una font òptica lliura una potència òptica  $P$  quan s'alimenta amb un corrent continu  $I$ . L'eficiència quàntica es defineix com:
  - a.  $\eta \equiv (P \cdot q) / (I \cdot hf)$**
  - b.  $\eta \equiv (I \cdot hf) / (P \cdot q)$
  - c.  $\eta \equiv (P \cdot hf) / (I \cdot q)$
  - d.  $\eta \equiv (I \cdot q) / (P \cdot hf)$
4. Un material semiconductor de longitud  $L$  presenta un paràmetre de guany  $g$  a la freqüència de referència. Si apliquem a l'entrada una ona òptica contínua de potència  $P_0$ , a la sortida tindrem:
  - a.  $P_0 e^{-gL}$
  - b.  $P_0 e^{gL}$**
  - c.  $P_0 gL$
  - d.  $P_0 / gL$
5. Per tal de tenir oscil·lació làser en una cavitat Fabry-Perot, el guany del material en petita senyal ha de ser:
  - a. Igual a les pèrdues de scattering
  - b. Superior a les pèrdues de scattering
  - c. Igual a les pèrdues de scattering més les pèrdues de la cavitat
  - d. Superior a les pèrdues de scattering més les pèrdues de la cavitat**
6. Els modes d'oscil·lació d'una cavitat làser:
  - a. Estan equiespaiats en freqüència però no en longitud d'ona**
  - b. Estan equiespaiats en longitud d'ona però no en freqüència
  - c. Estan equiespaiats tant en freqüència com en longitud d'ona
  - d. No estan equiespaiats ni en freqüència ni en longitud d'ona
7. En una cavitat làser Fabry-Perot oscil·lant, amb un guany del material  $g$  i unes pèrdues totals  $\alpha_t$ , la variació temporal de la quantitat total de fotons dins de la cavitat ( $P$ ) ve regida per l'expressió:
  - a.  $\partial P / \partial t = P(g - \alpha_t)$
  - b.  $\partial P / \partial t = vP(g - \alpha_t)$**
  - c.  $\partial P / \partial t = P e^{v(g - \alpha_t)L}$
  - d.  $\partial P / \partial t = P e^{(g - \alpha_t)L}$

8. L'amplada de banda d'un LED 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. 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**
10. 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'ample de banda màxim es dona prop del corrent llindar
11. 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
12. La potència òptica lliurada per un làser quan s'aplica un graó de corrent segueix una evolució de la forma:
- $P(t) \propto [1 - e^{-\alpha t} \cos(\Omega t)]$        $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$**
  - $P(t) \propto [1 - e^{\alpha t} \cos(\Omega t)]$        $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
  - $P(t) \propto [1 - e^{-\alpha t} \sin(\Omega t)]$        $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
  - $P(t) \propto [1 - e^{\alpha t} \sin(\Omega t)]$        $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
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 díode 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 díode ?:
- $R = 12.4 \%$
  - $R = 0.124 \%$
  - $R = 35 \%$
  - $R = 0.35 \%$**

# Control de Comunicacions Òptiques

Grup 30 - 2 de maig de 2007

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.

- 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 ?
  - $R = 35 \%$
  - $R = 0.35 \%$**
  - $R = 12.4 \%$
  - $R = 0.124 \%$
- Un LED presenta les següents característiques:  $W=10$  micres,  $D=0.5$  micres,  $L=300$  micres,  $\tau_r=0.5 \text{ ns}$ ,  $n_s=3.7$ . 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.
  - $t = 2.3 \text{ ns}$**
  - $t = 2.3 \text{ ps}$
  - $t = 1.1 \text{ ns}$
  - $t = 1.1 \text{ ps}$
- Si el temps de vida del portador d'un LED és de  $1 \text{ ns}$ , de quin ordre serà la màxima velocitat de transmissió ?
  - 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
  - 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**
- La potència òptica lliurada per un làser quan s'aplica un graó de corrent segueix una evolució de la forma:
  - $P(t) \propto [1 - e^{-\alpha t} \sin(\Omega t)]$        $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
  - $P(t) \propto [1 - e^{\alpha t} \sin(\Omega t)]$        $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
  - $P(t) \propto [1 - e^{-\alpha t} \cos(\Omega t)]$        $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$**
  - $P(t) \propto [1 - e^{\alpha t} \cos(\Omega t)]$        $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
- En quant a la funció de transferència de les fonts estudiades:
  - És anàloga a la d'un circuit RC en els dos casos
  - És anàloga a la d'un circuit RLC en els dos casos
  - 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
- L'amplada de banda d'un làser semiconductor:
  - No depèn del corrent d'alimentació
  - L'ample de banda màxim es dona prop del corrent llindar
  - Decreix quan el corrent d'alimentació creix
  - Creix quan el corrent d'alimentació creix**
- D'un làser modulad digitalment, podem dir que pel que fa al seu temps de resposta:
  - 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**
  - 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

8. L'amplada de banda d'un LED és:
- Directament proporcional a la longitud de la zona activa
  - Inversament proporcional a la longitud de la zona activa
  - Directament proporcional al temps de vida del portador
  - Inversament proporcional al temps de vida del portador**
9. En una cavitat làser Fabry-Perot oscil·lant, amb un guany del material  $g$  i unes pèrdues totals  $\alpha_t$ , la variació temporal de la quantitat total de fotons dins de la cavitat ( $P$ ) ve regida per l'expressió:
- $\partial P / \partial t = P e^{v(g-\alpha_t)L}$
  - $\partial P / \partial t = P e^{(g-\alpha_t)L}$
  - $\partial P / \partial t = P(g - \alpha_t)$
  - $\partial P / \partial t = vP(g - \alpha_t)$**
10. Els modes d'oscil·lació d'una cavitat làser:
- Estan equiespaiats en longitud d'ona però no en freqüència
  - Estan equiespaiats tant en freqüència com en longitud d'ona
  - Estan equiespaiats en freqüència però no en longitud d'ona**
  - No estan equiespaiats ni en freqüència ni en longitud d'ona
11. Per tal de tenir oscil·lació làser en una cavitat Fabry-Perot, el guany del material en petita senyal ha de ser:
- Superior a les pèrdues de scattering més les pèrdues de la cavitat**
  - Igual a les pèrdues de scattering més les pèrdues de la cavitat
  - Igual a les pèrdues de scattering
  - Superior a les pèrdues de scattering
12. Un material semiconductor de longitud  $L$  presenta un paràmetre de guany  $g$  a la freqüència de referència. Si apliquem a l'entrada una ona òptica contínua de potència  $P_0$ , a la sortida tindrem:
- $P_0 gL$
  - $P_0 / gL$
  - $P_0 e^{-gL}$
  - $P_0 e^{gL}$**
13. Una font òptica lliura una potència òptica  $P$  quan s'alimenta amb un corrent continu  $I$ . L'eficiència quàntica es defineix com:
- $\eta \equiv (P \cdot hf) / (I \cdot q)$
  - $\eta \equiv (I \cdot q) / (P \cdot hf)$
  - $\eta \equiv (P \cdot q) / (I \cdot hf)$**
  - $\eta \equiv (I \cdot hf) / (P \cdot q)$
14. L'energia de GAP en un semiconductor és:
- 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
  - El diferencial energètic entre el mínim de la banda de conducció i el màxim de la banda de valència**
15. Els làsers més utilitzats en comunicacions òptiques són:
- Els làsers de gas
  - Els làsers de fibra
  - Els làsers d'estat sòlid
  - Els làsers semiconductors**

### PROBLEMA (4 punts)

Un diode làser semiconductor, amb un temps de vida del portador d'1 ns, emet 2 mW quan el corrent de polarització és de 60 mA i 1 mW amb una corrent de polarització de 40 mA. Es demana:

- Si es transmet una modulació digital amb els nivells de corrent següents:  $I_1 = 0$  mA i  $I_2 = 50$  mA, dedueix el retard que es produeix en la modulació i calculeu el seu valor.
- Trobeu la màxima velocitat de transmissió d'un senyal digital NRZ que imposa el làser quan  $I_1 = 0$  mA i  $I_2 = 10$  mA.

---

### Resolució:

- a) Per tal d'estimar el temps de resposta necessitem determinar el corrent llindar. A partir dels dos punts que ens dona l'enunciat podem aproximar la corba L-I per una recta. L'equació és la següent:

$$P = m(I - I_{TH}) = \frac{P_2 - P_1}{I_2 - I_1}(I - I_{TH})$$
$$m = \frac{P_2 - P_1}{I_2 - I_1}$$

Aïllem el corrent llindar:

$$I_{TH} = I - P \frac{I_2 - I_1}{P_2 - P_1}$$

Finalment particularitzem en un punt:

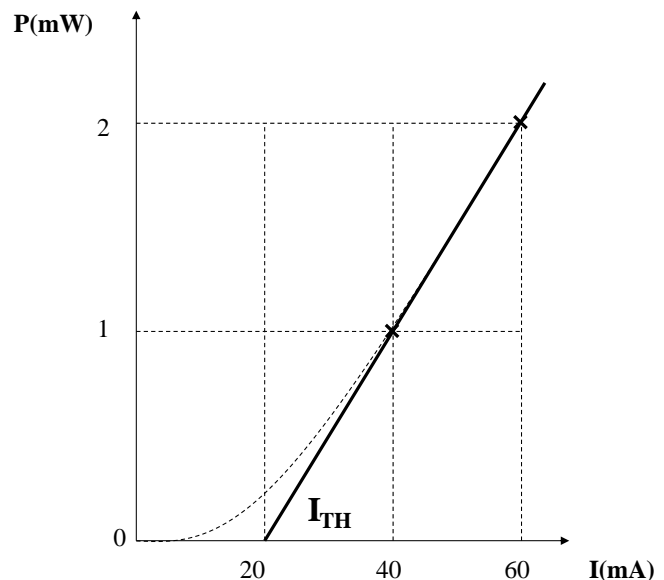
$$I_{TH} = I_1 - P_1 \frac{I_2 - I_1}{P_2 - P_1} = 20 \text{ mA}$$

Segons l'enunciat  $I_{ON} = 0$  mA i  $I_{OFF} = 50$  mA. Veiem clar que la situació que tenim és:

$$I_{OFF} < I_{TH} < I_{ON}$$

Per tant el retard que hem de prendre és el que ve regit per l'emissió espontània:

$$t_d = \tau_r \ln \frac{I_{ON} - I_{OFF}}{I_{ON} - I_{TH}} = 0.51 \text{ ns}$$



b) Segons l'enunciat  $I_{ON} = 0 \text{ mA}$  i  $I_{OFF} = 10 \text{ mA}$ . Veiem que ara la situació que tenim és:

$$I_{OFF} < I_{ON} < I_{TH}$$

En aquesta situació “absurda” no tenim efecte làser en cap moment i el dispositiu es comportarà pràcticament com un LED, per tant podem aproximar l'amplada de banda per:

$$f_{3dB} = \frac{1}{2\pi\tau_r}$$

Ara per determinar la màxima velocitat de modulació cal que apliquem el criteri per a un senyal NRZ:

$$R_B \leq 2Bw$$

$$R_B < 2Bw = \frac{1}{\pi\tau_r} \approx 318.3 \text{ Mb/s}$$