

Control de Comunicacions Òptiques

Grup 10 - 30 de novembre 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.

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

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. 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
14. Un díode làser presenta les següents característiques: $n = 3$, $\Gamma a = 8\pi^2 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$, $\alpha_t = 10^5 \text{ m}^{-1}$, $V = 12500 (\mu\text{m})^3$, $I_{th} = 20 \text{ mA}$, $\tau_r = 159 \mu\text{s}$, $\omega_c^2 \equiv S_0 v \Gamma a / \tau_p$. On ω_c és la freqüència de ressonància i S_0 és la concentració de fotons en la cavitat corresponent al nivell de contínua de la modulació I_0 . Si el nivell de contínua és igual a 1.5 vegades el corrent llindar, trobeu l'amplada de banda de modulació del làser assumint que aquesta és aproximadament ω_c .
- $Bw = 1 \text{ MHz}$
 - $Bw = 160 \text{ MHz}$
 - $Bw = 1 \text{ GHz}$**
 - $Bw = 160 \text{ GHz}$
15. Es pretén modular el làser de la qüestió anterior amb un senyal digital RZ, determineu quina és la màxima velocitat de modulació que podem emprar.
- $R_b = 1 \text{ Gb/s}$**
 - $R_b = 2 \text{ Gb/s}$
 - $R_b = 160 \text{ Mb/s}$
 - $R_b = 320 \text{ Mb/s}$

Control de Comunicacions Òptiques

Grup 10 - 30 de novembre 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 presenta les següents característiques: $n = 3$, $\Gamma a = 8\pi^2 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$, $\alpha_t = 10^5 \text{ m}^{-1}$, $V = 12500 (\mu\text{m})^3$, $I_{th} = 20 \text{ mA}$, $\tau_r = 159 \text{ ns}$, $\omega_c^2 \equiv S_0 v \Gamma a / \tau_p$. On ω_c és la freqüència de ressonància i S_0 és la concentració de fotons en la cavitat corresponent al nivell de contínua de la modulació I_0 . Si el nivell de contínua és igual a 1.5 vegades el corrent llindar, trobeu l'amplada de banda de modulació del làser assumint que aquesta és aproximadament ω_c .
a. Bw = 1 GHz
b. Bw = 160 GHz
c. Bw = 1 MHz
d. Bw = 160 MHz
- Es pretén modular el làser de la qüestió anterior amb un senyal digital RZ, determineu quina és la màxima velocitat de modulació que podem emprar.
a. $R_b = 2 \text{ Gb/s}$
b. $R_b = 1 \text{ Gb/s}$
c. $R_b = 320 \text{ Mb/s}$
d. $R_b = 160 \text{ Mb/s}$
- Si el temps de vida del portador d'un LED és de 1ns, de quin ordre serà la màxima velocitat de transmissió ?
a. 500 Mb/s per a un senyal RZ i 250 Mb/s per a un senyal NRZ
b. 500 Mb/s per a un senyal NRZ i 250 Mb/s per a un senyal RZ
c. 318 Mb/s per a un senyal RZ i 159 Mb/s per a un senyal NRZ
d. 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:
a. $P(t) \propto [1 - e^{-\alpha t} \sin(\Omega t)]$ $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
b. $P(t) \propto [1 - e^{\alpha t} \sin(\Omega t)]$ $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
c. $P(t) \propto [1 - e^{-\alpha t} \cos(\Omega t)]$ $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
d. $P(t) \propto [1 - e^{\alpha t} \cos(\Omega t)]$ $\Omega^2 \equiv \omega_c^2 - \alpha^2$
- En quant a la funció de transferència de les fonts estudiades:
a. És anàloga a la d'un circuit RC en els dos casos
b. És anàloga a la d'un circuit RLC en els dos casos
c. 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
d. 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:
a. No depèn del corrent d'alimentació
b. L'ample de banda màxim es dona prop del corrent llindar
c. Decreix quan el corrent d'alimentació creix
d. Creix quan el corrent d'alimentació creix
- D'un làser modulad digitalment, podem dir que pel que fa al seu temps de resposta:
a. És millor mantenir I_{ON} per sota del corrent llindar i I_{OFF} per sobre
b. És millor mantenir I_{ON} i I_{OFF} per sobre del corrent llindar
c. És millor mantenir I_{ON} i I_{OFF} per sota del corrent llindar
d. 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 α_t , la variació temporal de la quantitat total de fotons dins de la cavitat (S_T) ve regida per l'expressió:
- $\partial S_T / \partial t = S_T e^{v(g-\alpha_t)L}$
 - $\partial S_T / \partial t = S_T e^{(g-\alpha_t)L}$
 - $\partial S_T / \partial t = S_T (g - \alpha_t)$
 - $\partial S_T / \partial t = S_T v(g - \alpha_t)$**
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 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 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 es pot comprovar que la freqüència d'emissió es correspon amb el mode fonamental del làser:

$$f_0 = p \frac{c}{2nL} \rightarrow \lambda_0 = \frac{2nL}{p} \rightarrow p = \frac{2nL}{\lambda_p} \approx 3047.06 \quad (3047)$$

$$\lambda_0 = \frac{2nL}{3047} \approx 850.016 \text{ nm} \quad (+0.016\text{nm})$$

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

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:

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

Ara aïllem la longitud d'ona:

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

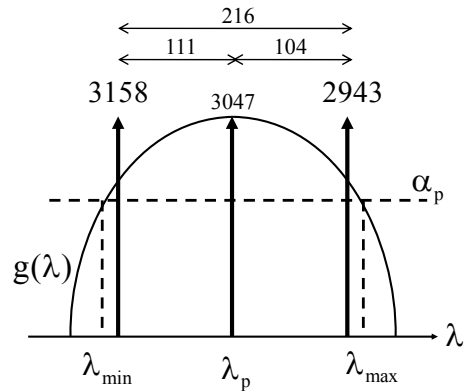
Trobem els dos extrems i identifiquem el mode corresponent:

$$\lambda_{\min} = \lambda_p - \sqrt{2\sigma^2 \ln\left(\frac{\Gamma g_p}{\alpha_t}\right)} = \lambda_p - 30.09 \text{ nm} = 819.91 \text{ nm}$$

$$\lambda_m = \frac{2nL}{m} \rightarrow m = \left\lfloor \frac{2nL}{\lambda_m} \right\rfloor = 3158$$

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

$$\lambda_m = \frac{2nL}{m} \rightarrow m = \left\lceil \frac{2nL}{\lambda_m} \right\rceil = 2943$$



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

$$M = 3158 - 2943 + 1 = 216 \text{ modes (distribuïts asimètricament)}$$

$$3047 - 2943 = 104 \text{ modes superiors}$$

$$3158 - 3047 = 111 \text{ modes inferiors}$$

b) Ara podem determinar la longitud d'ona dels modes extrems:

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

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

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.