



Télécommunication optique (ELE107)

Deuxième session 2009-2010 sem.2

Le 24 septembre 2010

Documents Interdits

Durée : 3 h

Exercice 1 ($16 \times \frac{1}{4} = 4$ points) *Questions de compréhensions générales*

1. Que signifie la notion de longueur d'onde?
2. Quelle est la polarisation d'une onde électromagnétique, telle que le vecteur du champ électrique vibre en restant parallèle à lui-même?
3. Dans quelles conditions on aura une réflexion interne totale de la lumière?
4. Définir la fibre optique.
5. Quelles sont les deux grandes catégories des fibres optiques?
6. Citez 3 avantages de la fibre optique
7. Quelle est l'influence de la dispersion sur la qualité de transmission dans fibre optique?
8. Quelle est la différence entre la vitesse de groupe et la vitesse de phase.
9. Quelles sont les causes principales de dégradation du signal dans une fibre optique?
10. Qu'explique la métaphore du cylindre?
11. Quelle est l'intérêt de l'expérience de Rutherford?.
12. De quel type des atomes faut-t-il doper un semi-conducteur pour avoir un type P?
13. Quelle est le rôle de la cavité optique dans une source laser?
14. Citez 3 avantages des diodes laser.
15. Que veut dire courant de seuil d'une diode laser?
16. Pourquoi polarisation de photodiode doit être en inverse?

Exercice 2 Une fibre optique à saut d'indice possède les caractéristiques suivantes : différence relative des indices $\Delta = 0,005$; indice de réfraction du coeur $n_1 = 1,45$. La fibre étant supposée multimode.

1. Donner la définition et établir l'expression de l'ouverture numérique (ON) de la fibre en fonction de Δ . Calculer ON
2. On demande de calculer l'ordre de grandeur du débit maximum B_{\max} d'une liaison numérique au format NRZ de longueur $L = 1$ km (on admet que le débit est $B < \frac{1}{\Delta\tau}$) et on néglige les dispersions chromatique et du guide.
3. Calculer la valeur de l'élargissement temporel du signal et que devient B_{\max} dans les deux cas:
 - (a) La source est une diode laser : $\lambda = 0.850 \mu\text{m}$ et $\Delta\lambda = 0,5$ nm
 - (b) La source est une diode électroluminescente : $\lambda = 0.850 \mu\text{m}$ et $\Delta\lambda = 50$ nm

sachant que $\frac{d^2n}{d\lambda^2} = 3 \times 10^{10} \text{ m}^{-2}$
4. Calculer le diamètre maximum de coeur de la fibre monomode possédant les mêmes paramètres que la fibre précédente à la longueur d'onde $\lambda = 0.850 \mu\text{m}$ On admet que la fibre devient monomode si $V < 2,405$.
5. La fibre est fabriquée en silice, le seuil de puissance de rupture est de 1 GW/cm^2 . Une impulsion d'énergie 40 mJ et de durée 10 ns est injectée dans la fibre. Calculer la valeur minimale du rayon pour laquelle la fibre fonctionne sans rupture.

Exercice 3 On fabrique une photodiode à $GaAs$ d'énergie de gap $E_g = 1.43 \text{ eV}$ à 300 K , d'indice de réfraction $n = 3.5$. Le coefficient d'absorption à la longueur d'onde $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$ est $\alpha_s = 10^5 \text{ m}^{-1}$, la largeur de la zone désertée est $w_d = 10 \mu\text{m}$, la photodiode reçoit des photons du côté de la zone P de largeur: $w_p = 10 \mu\text{m}$

1. Quelle est la longueur d'onde de seuil de cette photodiode.
2. Etablir l'expression de l'efficacité quantique en fonction de α_s, w_d, w_p et n . Calculer sa valeur numérique.
3. Définir la sensibilité spectrale de photodiode, calculer sa valeur numérique et en déduire l'intensité du photocourant généré en absorbant la puissance optique de $3mW$.

Exercice 4 On considère une diode laser dont les caractéristiques sont : Pertes intrinsèques α_i , indice de réfraction n , dimensions : $L \times w \times d$, largeur de la bande interdite E_g .

1. Démontrer que l'effet laser déclenche à partir d'une valeur de seuil du gain g_s qu'on déterminera l'expression en fonction de α_i, n et L

2. En négligeant la dispersion dans la couche active, déterminer le nombre des modes excités (M) dans telle diode, En déduire l'intervalle de fréquence (Δf) entre deux modes successifs .
3. En tenant compte de la perte due à la réflexion sur les miroirs de la cavité. Calculer en fonction de n, L , et α_i la durée de vie du photon(τ_p) à l'intérieur de la cavité.
4. Calculer les valeurs numériques de : $g_s, M, \Delta f$, et τ_p .
5. La diode émet de la puissance optique 1.17 mW en appliquant un courant d'intensité: I , telle puissance devient 1.95 mW si on augmente l'intensité du courant de 0.8 mA. Calculer l'intensité du courant de seuil et la valeur de l'efficacité quantique.
6. Etablir l'expression du temps de réponse de diode en fonction de l'intensité du courant I , du courant de seuil I_s et la durée de vie de l'électron τ_e . Calculer sa valeur numérique. Quel courant de prépolarisation faut-il appliquer pour réduire le temps de réponse au moitié

Application numériques:

Longueur de la cavité: $L = 500 \mu\text{m}$, largeur $w = 1.3 \mu\text{m}$, épaisseur : $d = 0.1 \mu\text{m}$;
 $\alpha_i = 600 \text{ m}^{-1}$, $n = 3.6$, $E_g = 1.3 \text{ eV}$, $I = 3 \text{ mA}$, Durée de vie de l'électron: $\tau_e = 3 \text{ ns}$.
 largeur spectrale $\Delta\lambda = 0.1 \mu\text{m}$

Voir formulaires sur la page 4

Formulaires:

I. Fibre Optique

1. Différence d'indice $\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2}$
2. Ouverture Numérique: $ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
3. Nombre de modes $M = \frac{V^2}{2} \frac{\alpha}{\alpha + 2}$, monomode pour $V < 2$.
4. Dispersion intermodale $\Delta\tau_n = \frac{L}{2cn_1} (ON)^2$
5. Dispersion du guide $\Delta\tau_g = D_g L \Delta\lambda$
6. Dispersion du matériau $\Delta\tau_m = M_d L \Delta\lambda$
7. $M_d = -\frac{\lambda}{c} \frac{d^2 n}{d\lambda^2}$

II. Diode Laser

1. Gain de seuil : $g_s = \alpha_i + \frac{1}{L} \ln \frac{1}{R}$
2. Condition de résonance: $2nL = m\lambda$
3. Durée de vie du photon : $\tau_p = \frac{n}{cg_s}$
4. La puissance interne $P_i = \eta_i \frac{\hbar\omega}{e} (I - I_s)$
5. La puissance émise à l'extérieure, par une face: $P_e = \frac{P_i}{2} \frac{\alpha_m}{\alpha_i + \alpha_m}$

III. Photodiode

1. Photocourant $I_p = \eta \frac{eP_i}{hf}$

Charge de l'électron: $e = 1.6021 \times 10^{-19} C$,

Constante de Planck: $h = 6.6260755 \times 10^{-34} J s = 4.1356692 \times 10^{-15} eV s$