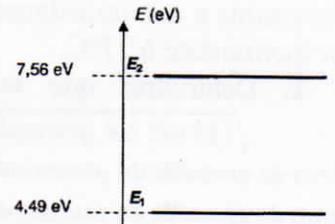


Corrigé de l'Examen de Moyenne Durée
Matière : Communications optiques « ST32 »
Durée de l'épreuve : 1h30

Exercice n°1 :

5/5

La lumière émise par la source LASER provient de l'émission stimulée d'atomes excités par pompage optique. On a représenté sur la figure ci-contre deux niveaux d'énergie d'un atome présent dans la cavité de la source LASER.



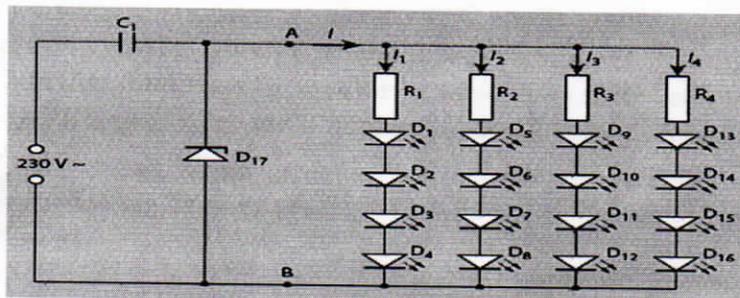
- Dans quel niveau d'énergie l'atome est-il le plus excité ? $E_2 = 7.56 \text{ eV}$ (1)
- Quelle est la valeur de la longueur d'onde en « nm et deux chiffres après la virgule » de la radiation lumineuse qu'il faut envoyer sur l'atome pour provoquer une émission stimulée. $E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1} = \frac{6.62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{(7.56 - 4.49) \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 4.04 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 404 \text{ nm}$ (1)
- Quelle est la longueur d'onde « nm et deux chiffres après la virgule » de la radiation émise par l'atome ? L'atome émet une radiation de même longueur d'onde que celle reçue puisqu'il s'agit d'une émission stimulée c'est-à-dire 404 nm. (1)
- Donner deux caractéristiques de la lumière LASER. Unidirectionnelle et monochromatique. (1)

Constante de Planck = $6.62 \cdot 10^{-34}$ J.s. Vitesse de la lumière = $3 \cdot 10^8$ m/s. $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}$ J

Exercice n°2 :

7/7

Le schéma du circuit suivant montre l'intérieur d'une lampe à 16 LED toutes identiques. Les éléments nommés C₁ et D₁₇ servent à transformer la tension du secteur : ainsi il s'établit une tension continue de 15 V entre les points A et B. L'intensité totale du courant est I = 40 mA.



- Les 4 résistances sont identiques et ont pour valeur $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 100 \Omega$. Quel est leur rôle ? Protection des LED (1)
- Calculer la valeur des intensités des courants I₁, I₂, I₃ et I₄ dans chaque branche du circuit $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$ et $I_1 = I_2 = I_3 = I_4$ car les branches sont identiques (une résistance R et 4 LED identiques). D'où : $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I/4 = 40/4 = 10 \text{ mA}$. (1)
- Quelle est la valeur de la tension aux bornes de chaque branche en dérivation contenant une résistance et quatre LED ? La tension est la même aux bornes des branches en dérivation ; elle est égale à $U_{AB} = 15 \text{ V}$. (1)
- Calculer la valeur de la tension U_R aux bornes de chaque résistance. $U_R = R \times I_1 = 100 \times 0,01 = 1 \text{ V}$. (1)
- Calculer la valeur de la tension U_{LED} aux bornes de chaque LED. $U_{AB} = U_R + (4 \times U_{LED}) \rightarrow 4 \times U_{LED} = U_{AB} - U_R = 15 - 1 = 14 \text{ V}$. D'où $U_{LED} = 14 \text{ V} / 4 = 3,5 \text{ V}$. (1)

Dans la lampe à 16 LED, celle appelée D₁ grille.

- Les LED appelées D₂, D₃ et D₄ continuent-elles de fonctionner ? Pourquoi ? OUI, D₂, D₃ et D₄ s'arrêtent de fonctionner car le courant ne circulera plus dans cette branche ouverte : $I_1 = 0$. (1)
- Les autres LED fonctionnent-elles toujours ou non ? Pourquoi ? Oui, toutes les autres LED continueront de fonctionner car les intensités des courants I₂, I₃, et I₄ ne seront pas nulles. (1)

Exercice n°3 : (2.75/2.75)

Un photodétecteur reçoit une puissance lumineuse constante de 1mW. Ses principales caractéristiques sont : courant d'obscurité de 1nA, courant utile photogénéré de 0.5mA, sensibilité égale à 0.5A/W, NEP égal à 2.10^{-13} W/Hz^{-1/2}. Ce photodétecteur est encapsulé dans un boîtier, on considère que l'ensemble a une impédance de sortie de 1kΩ, la bande passante du montage est alors de 1GHz. L'ensemble est thermostaté à 27°C.

1. Démontrer que la valeur efficace du courant de bruit présent à la sortie est égale à

$$\sqrt{(\text{bruit de grenaille du photocourant})^2 + (\text{bruit thermique})^2}$$

Bruit de grenaille du photocourant = $\sqrt{2qI_{ph}B}$ = 0.4μA (0.4)

Bruit de grenaille du courant d'obscurité = $\sqrt{2qI_oB}$ = 0.56nA négligeable par rapport au bruit de grenaille du photocourant et au bruit thermique (0.4)

Bruit thermique de la résistance = $\sqrt{\frac{4kTB}{R}}$ = 0.12μA (0.4)

Bruit lié au NEP = $NEP \cdot S \cdot \sqrt{B}$ = 3.16 nA négligeable (0.4)

D'où : le bruit présent à la sortie = $\sqrt{(\text{bruit de grenaille du photocourant})^2 + (\text{bruit thermique})^2}$ = 0.41 μA (0.4)

2. Calculer le rapport signal à bruit en dB.

SNR = $I_{ph} / \sqrt{(\text{bruit de grenaille du photocourant})^2 + (\text{bruit thermique})^2}$ = 1219.51 soit 1220 = 30.86 dB soit 31 dB (0.75)

Exercice n°4 : (1.25/1.25)

1. Donner l'expression de l'ouverture numérique d'une fibre d'indice de cœur $n_{\text{cœur}}$ et d'indice de gaine n_{gaine} . $ON = \sin(\theta_{\text{max}}) = \sqrt{n_{\text{cœur}}^2 - n_{\text{gaine}}^2}$ (0.25)

2. Calculer l'ouverture numérique d'une fibre dont le cœur a pour indice 1.5 et la gaine 1.4. $ON = 0.53$ (0.25)

3. Un rayon qui frappe la face d'entrée d'une telle fibre avec un angle d'incidence de 40° peut-il être guidé dans la fibre? Non, pas de propagation pertes dans la gaine Pourquoi? $\theta_{\text{max}} = 32.58^\circ < 40^\circ$ (0.25)

4. Démontrer l'expression de l'ouverture numérique d'une fibre à saut d'indice en fonction de l'indice de cœur et de la différence relative d'indice $\Delta = (n_{\text{cœur}} - n_{\text{gaine}}) / n_{\text{cœur}}$ (0.25)

$$n_{\text{cœur}}^2 - n_{\text{gaine}}^2 = (n_{\text{cœur}} - n_{\text{gaine}})(n_{\text{cœur}} + n_{\text{gaine}}) \approx 2n_{\text{cœur}}(n_{\text{cœur}} - n_{\text{gaine}}) = 2n_{\text{cœur}}^2 \Delta$$

5. Quelle est l'ouverture numérique d'une fibre ayant pour différence relative d'indice Δ de 1% et un cœur d'indice $n_{\text{cœur}} = 1.45$. $ON = 0.20$ (0.25)

Questions de cours : (4/4)

Que signifie FTTH ? Fiber To The Home (1)

Qu'appelle-t-on une liaison point à multipoints ? Réseau optique passif : PON (1)

Que signifie EDFA et quel est le rôle de l'élément qui commence par E? Erbium Doped Fiber Amplifier. Les électrons issus des niveaux d'énergies de la couche 4f de l'Erbium provoquent des émissions radiatives autour de 1.55μm, la longueur d'onde correspondant à un minimum de atténuation des fibres de silice (1)

Que signifient le sens montant et le sens descendant dans un PON et quelle est la principale différence entre ces deux directions ? De l'ONU à l'OLT et de l'OLT à l'ONU sur deux fréquences différentes (1)

SALAH Née DEKKICHE