

Capteurs optiques

La calculatrice est autorisée, tout document est en revanche interdit.

Durée : 2h00

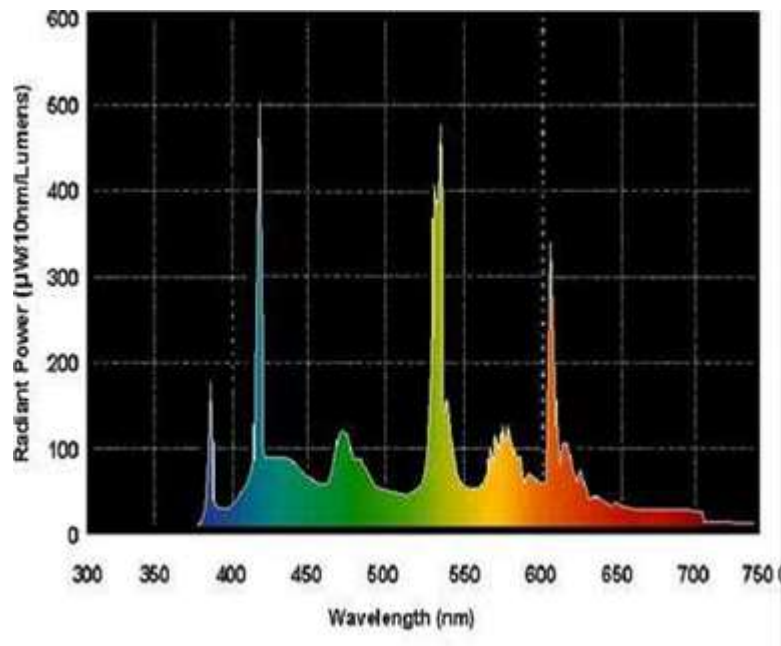
Questions du cours:

1. Expliquer la notion du travail d'extraction et donner sa relation avec le seuil de la fréquence de la lumière incidente.
2. Quelles sont les propriétés importantes de la lumière émise par un laser par rapport à celle d'une source lumineuse ordinaire (lampes, feu, ...)?

Exercice I. Ampoule LED

La fiche technique d'une lampe LED est donnée ci-dessous et son spectre de la lumière émise est illustré dans la figure.

Diamètre du champ éclairé : 30 cm à 1 m
Eclairement lumineux : 55.000 lux à 1 m
Consommation d'électricité : 30 W



On se propose d'étudier quelques caractéristiques de cette lampe. On supposera dans les calculs que l'éclairement est homogène sur le champ éclairé et que l'angle solide es petit.

1. Peut-on considérer cette lampe comme un corps noir ? Argumenter votre réponse.
2. Quelles sont les longueurs d'onde des trois pics d'émission les plus importants ? Expliquer pourquoi la couleur de la lumière émise est blanche.
3. Quel est l'angle solide d'éclairage de la lampe ?

Ceux qui n'ont pas trouvé l'angle solide peuvent prendre une valeur de 0.1 stéradian. pour les questions suivantes.

4. En déduire le flux total émis par la lampe (lm) et l'intensité lumineuse de lampe (lm/sr)?

5. En supposant que l'efficacité électrique est de 100%, déterminer l'efficacité lumineuse de la lampe ?
6. Cette lampe éclaire un capteur CCD dont la surface d'un pixel est de $25 \mu\text{m}^2$. En supposant que la puissance est répartie sur les trois longueurs d'onde de manière égale, combien de photons par seconde reçoit un pixel dans chaque longueur d'onde?

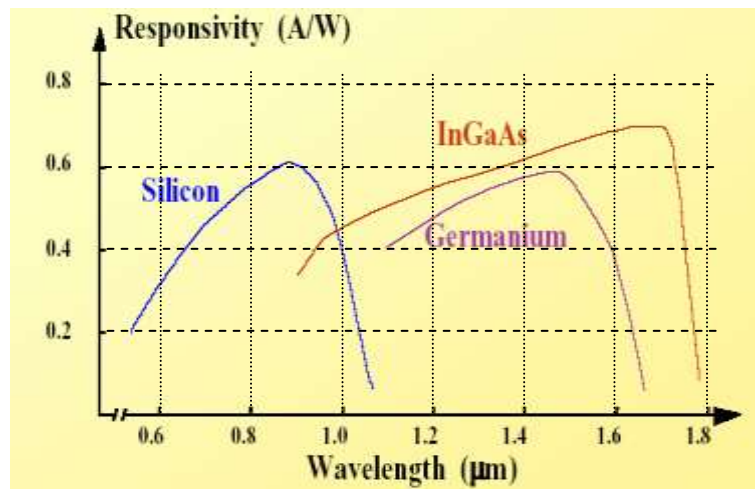
Exercice II. Rendement de capteurs

Les sensibilités $R(A/W)$ de trois détecteurs sont données dans la figure ci-dessous. On étudiera maintenant quelques caractéristiques des **DEUX** détecteurs de Silicium et InGaAs.

1. Le domaine de sensibilité en longueur d'onde (critère $R(\lambda) > R_{\text{max}}/2$).
2. La longueur d'onde et la sensibilité (Reponsivity) au pic.
3. La longueur d'onde de coupure.

Il est préférable d'utiliser les unités SI pour les questions suivantes.

4. Si on considère la longueur d'onde de coupure comme la longueur d'onde seuil, estimer le travail d'extraction du Silicium et de l'InGaAs.
5. Calculer l'énergie cinétique des électrons photo-émis lorsqu'on éclaire les détecteurs avec la lumière de longueur d'onde au pic. En déduire la tension d'arrêt.
6. Quelle est le rendement quantique correspondant à la longueur d'onde au pic et la longueur d'onde de coupure ?



Constantes et formules

• Constantes :

- Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- Vitesse de la lumière dans le vide: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$;
- Charge d'un électron : $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- Masse d'un électron : $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$;

• Formules :

- Angle solide : $\Omega = 2\pi(1 - \cos\alpha) = S/R^2$
- Loi de Stefan: $P = \sigma ST^4$ où $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$, S est la surface de la source.
- Loi de Wien : $\lambda_{\text{max}} T = 2898 \mu\text{m.K}$, où λ_{max} est la longueur d'onde du maximum.