

L'effet acousto-optique**Cours:**

- Notions de contrainte
- Notions de déformation
- Tenseur photo-élastique / Constantes photo-élastique
- Forme contractée des tenseurs
- Effet acousto-optique dans un milieu isotrope (eau)
- Onde acoustique (longitudinale / de cisaillement)
- Energie et intensité acoustique
- Figure de mérite
- Diffraction isotrope
- Exemple : Diffraction de Bragg dans le TeO_2

Exercice 1 : Diffraction de Bragg dans le As_2S_3

Le As_2S_3 vitreux est un matériau isotrope avec $n = 2.61$; masse volumique $\rho = 3200 \text{ kg/m}^3$; vitesse acoustique $v_{ac} = 2.6 \text{ km/s}$. On considère un cube de As_2S_3 avec les dimensions $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$. Pour le cas d'onde acoustique longitudinale et onde optique s-polarisée ($\lambda = 589 \text{ nm}$) la figure de mérite est $M = 433 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2/\text{W}$.

Un transducteur avec une surface de $10 \times 10 \text{ mm}^2$ et puissance 0.1 W génère l'onde acoustique à fréquence linéaire $f_{ac} = 90 \text{ MHz}$.

- Calculer l'intensité de l'onde acoustique générée I_{ac} .
- Calculer l'amplitude de la modulation d'indice Δn inscrite par cette onde acoustique.
- Calculer l'angle de Bragg.
- Calculer l'efficacité de diffraction.
- Pour quel puissance acoustique obtient-on une efficacité de 100 %?
- Faire un schéma représentant onde incidente, onde diffractée, onde acoustique, et les polarisations.

Exercice 2 : Diffraction de Bragg dans le quartz

Le quartz appartient à la classe cristalline 32 du système trigonale, il est donc uniaxial. Sa masse volumique est $\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$; la vitesse acoustique d'une onde acoustique longitudinale est 5.75 km/s . A longueur d'onde 589 nm ses indices ordinaires et extraordinaires sont $n_o = 1.544$ et $n_e = 1.553$, et sa matrice de coefficients photo-élastiques s'écrit :

$$\bar{\bar{p}} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & 0 & 0 \\ p_{12} & p_{22} & p_{13} & -p_{14} & 0 & 0 \\ p_{31} & p_{31} & p_{33} & 0 & 0 & 0 \\ p_{41} & -p_{41} & 0 & p_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{44} & p_{41} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{14} & p_{66} \end{pmatrix}$$

$$p_{11} = 0.16 ; p_{12} = 0.27 ; p_{13} = 0.27 ; p_{14} = -0.030 ; p_{31} = 0.29 ; p_{33} = 0.10 ; p_{41} = -0.047 ; p_{44} = -0.076 ; p_{66} = \frac{1}{2}(p_{11} - p_{12}).$$

- Calculer la déformation résultant d'onde acoustique longitudinale $u_z(z,t)$ de fréquence $f_{ac} = 120$ MHz qui propage selon z .
- Donner l'expression de l'ellipsoïde d'indices en présence de cette une onde acoustique.
- Quelle est la nature du cristal en présence de l'onde acoustique ?
- Calculer la figure de mérite pour diffraction isotrope d'onde incidente polarisé selon x qui propage dans le plan yz .
- Trouver une combinaison d'épaisseur du cristal d et intensité acoustique I_{ac} qui résulte en une efficacité de diffraction de 100 %.
- Si on souhaite pouvoir commuter l'intensité diffracté entre zéro et sa maximum en $1 \mu s$, comment doit-on choisir les dimension du cristal ?
- Ces dimensions sont-elles compatibles avec le pas du réseau acoustique ?
- Donner l'expression de l'ellipsoïde d'indices en présence d'une onde acoustique longitudinale $u_x(x,t)$ propageant selon x .
- Quelle est la nature du cristal en présence de cette onde acoustique ?

Exercice 3 (vu au cours) : Diffraction de Bragg dans le TeO_2

On considère un cristal de dioxyde de tellure (TeO_2). Il appartient à la classe cristalline 422 du système tétragonal. Il est donc uniaxial et ses indices ordinaire et extraordinaire valent 2.26 et 2.41 respectivement à la longueur d'onde de 633 nm. Sa masse volumique vaut 5670 kg/m^3 et la vitesse acoustique 4.2 km/s . Sa matrice de coefficients photo-élastiques s'écrit :

$$\bar{\bar{p}} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & 0 & 0 & 0 \\ p_{12} & p_{11} & p_{13} & 0 & 0 & 0 \\ p_{31} & p_{31} & p_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{66} \end{pmatrix}$$

avec $p_{11} = 0.0074$; $p_{12} = 0.187$; $p_{13} = 0.34$; $p_{31} = 0.0906$; $p_{33} = 0.24$; $p_{44} = -0.17$; $p_{66} = -0.0463$.

Une onde acoustique longitudinale se propage suivant l'axe optique du cristal et crée un déplacement de la forme $\bar{u}(z,t) = \hat{z} u_0 \cos(\Omega t - K_{ac} z)$. On fixe la fréquence linéaire de l'onde acoustique à $f_{ac} = 100$ MHz.

- Calculer la déformation $S(z,t)$ associée à la propagation de cette onde acoustique.
- Donner l'expression de l'ellipsoïde des indices en absence de l'onde acoustique.
- Donner l'expression de l'ellipsoïde des indices en présence de l'onde acoustique. Quelle est la nature du cristal en présence de l'onde acoustique ?
- Une onde plane incidente polarisée selon x propage dans le plan yz . Si l'onde diffractée est polarisée selon x , de quelle type de diffraction s'agit-il ?
- Calculer l'angle de Bragg.
- Calculer le facteur de mérite pour cette configuration.
- Calculer l'efficacité de diffraction si l'épaisseur du cristal est $d = 10 \text{ mm}$ est que l'intensité acoustique est $I_{ac} = 5000 \text{ W/m}^2$.
- Quelle puissance acoustique donne un efficacité de diffraction de 100 %?
- Argumenter qu'on peut avoir diffraction isotrope aussi quand onde incidente et onde diffractées sont toutes deux polarisées dans le plan yz (p-polarisation).