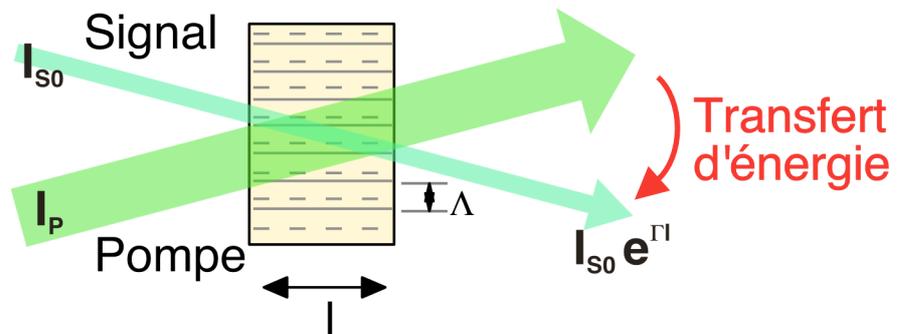


Caractérisation de matériaux par mélange d'ondes photoréfractif au LCFIO

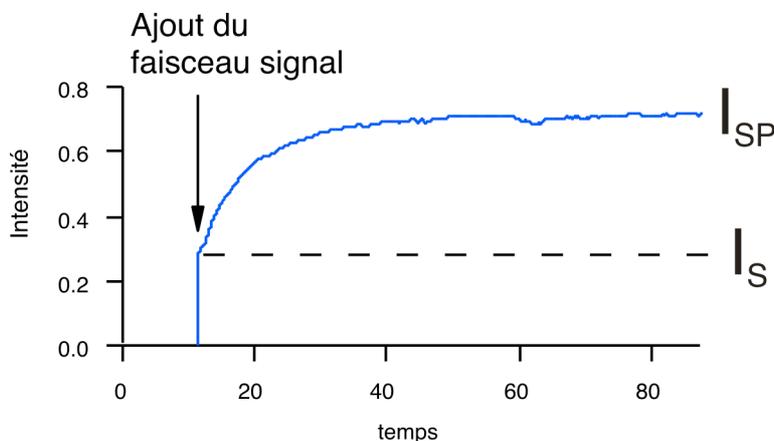
L'effet photoréfractif est la combinaison de deux phénomènes physiques, la photoconductivité et l'effet électro-optique. La photoconductivité est responsable d'une redistribution des charges dans un piège profond sous éclairage non uniforme conduisant à la création d'un champ de charge d'espace. L'effet électro-optique transforme ce champ de charge d'espace en réseau d'indice sur lequel les faisceaux vont diffracter.

Une mesure photoréfractive permet donc, en théorie, de remonter aux propriétés de transport de charge du matériau testé, c'est-à-dire à tout ce qui a trait à la génération de charge libre (optiquement et thermiquement) à partir du piège profond, à leur déplacement dans les bandes (par diffusion ou par entraînement sous champ électrique) et, enfin, à leur recombinaison sur le piège profond (soit directement, soit après recombinaison puis réémission à partir d'un piège secondaire). De même, elle permettra d'avoir une information sur l'effet électro-optique direct ou indirect (i.e. transformation par effet élasto-optique du réseau de contrainte créé par le champ de charge d'espace).

Tous les paramètres cités sont accessibles plus ou moins facilement au moyen de différentes expériences photoréfractives dans différents régimes de fonctionnement (régime continu ou impulsionnel, avec ou sans champ électrique appliqué) ou par la détermination de grandeurs comme la variation d'indice induite ou le temps de réponse. À ces expériences, on peut ajouter des expériences complémentaires (absorption induite, force photo-électromotrice transitoire) non photoréfractives mais très proches du point de vue de la physique mise en jeu.



Les expériences de caractérisations photoréfractives effectuées au LCFIO sont basées sur le mélange à deux ondes et plus particulièrement sur la mesure du transfert d'énergie photoréfractif. Dans ce type de montage, deux faisceaux cohérents issus d'un même laser se croisent dans le cristal photoréfractif où ils inscrivent un réseau d'indice. Les faisceaux diffractent sur le réseau et du fait des propriétés de l'effet photoréfractif, cela se traduit par un transfert d'énergie d'un faisceau vers l'autre dont la mesure permet de remonter à un gain photoréfractif directement proportionnel à l'amplitude de la variation d'indice.



Expérimentalement, on mesure le facteur d'amplification qui est le rapport du signal à saturation en présence du faisceau pompe (I_{SP}) sur le signal en l'absence du faisceau pompe avant l'écriture du réseau (I_S). Ce facteur d'amplification permet de calculer le gain photoréfractif :

$$G = \frac{1}{l} \text{Log} \left[\frac{I_{SP}}{I_S} \right]$$

La mesure du gain photoréfractif en fonction du pas du réseau permet de déterminer la densité effective de piège qui est la quantité de charge maximale que l'on peut redistribuer dans le

piège profond. Cette quantité dépend du taux d'occupation du défaut profond. Dans le cas où les deux types de porteurs seraient générés (électrons et trous), on peut accéder à leur taux de génération respectifs en fonction de la longueur d'onde d'utilisation (section efficace de photo-ionisation). La mesure du gain en fonction de l'illumination incidente, permet d'accéder au rapport de la photoconductivité sur la conductivité dans le noir. Par exemple dans le cas du GaAs, le matériau utilisé étant le GaAs non dopé utilisé comme substrat en microélectronique, les mesures photoréfractives permettent d'évaluer la concentration des différents états de charges du défaut natif EL2 responsable du caractère semi-isolant de ce matériau.

La mesure en fonction de l'orientation du cristal (et de la polarisation) permet quant à elle de remonter au coefficient électro-optique, que ce dernier soit direct ou indirect. Par exemple, toujours dans le cas du GaAs, on peut montrer que, suivant l'orientation du cristal, le gain photoréfractif est proportionnel soit au coefficient électro-optique à déformation nulle, soit au coefficient à contrainte nulle. Pour un pas donné, pour lequel le champ de charge d'espace est fixé, une mesure dans ces deux configurations permet de remonter rapidement au rapport entre ces deux coefficients électro-optiques qui ne peuvent être déterminés habituellement que par une étude fréquentielle de l'effet Pockels.

Les différentes mesures décrites peuvent être réalisées à différentes longueurs d'onde s'étendant du visible (typiquement 514nm) jusqu'à l'infrarouge (jusqu'à $1,55\mu\text{m}$) suivant le type de matériau étudié. En outre, ces mesures sont utilisées pour évaluer les performances photoréfractives de nouveaux matériaux en vue de leur utilisation dans des applications holographiques.

Le mélange à deux ondes photoréfractif dépendant d'un grand nombre de paramètres ne peut pas être considéré comme une technique de caractérisation proprement dite pour un matériau inconnu. Par contre, il peut être utilisé comme une technique complémentaire d'autres techniques conventionnelles (photoconductivité, technique de spectroscopie des défauts profonds, mesure électro-optique, ...), ou pour mesurer sans contact un paramètre donné d'un matériau (par exemple une concentration d'un défaut).

Une particularité des expériences photoréfractives est la possibilité de réaliser des mesures de type "électriques" (mesure de conductivité, de diffusion de charges, ou d'effet électro-optique et piézo-électriques, ...) sans qu'il soit besoin d'appliquer un champ électrique externe avec son cortège de contraintes (problème de contacts, de non-uniformité des champs électriques, ...), le champ étant créé directement en interne par le mécanisme photoréfractif. Il reste, bien entendu, le problème de la connaissance du champ de charge d'espace qui est créé, mais cette propriété peut malgré tout s'avérer utile dans certains cas particuliers.