

Spectroscopie linéaire et réponse ultra rapide de matériaux non-linéaires et de cristaux semi-conducteurs

IPCMS (institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg)
GONLO (Groupe d'optique nonlinéaire et d'optoélectronique)

UMR 7504 CNRS - université Louis Pasteur (Strasbourg I)
Tél : 03 88 10 71 49/94

Correspondants : Pierre Gilliot et Jean-Yves Bigot
Pierre.Gilliot@ipcms.u-strasbg.fr, Jean-Yves.Bigot@ipcms.u-strasbg.fr

Les caractéristiques optiques de matériaux non-linéaires et de cristaux semi-conducteurs peuvent être étudiées à l'IPCMS, d'une part, en mesurant leurs propriétés optiques linéaires et, d'autre part, par le biais de mesures des processus de relaxation électronique en régime pico- et femto-seconde.

Un banc de caractérisation des propriétés optiques linéaires est disponible au Groupe d'optique nonlinéaire de l'IPCMS. Il permet de mesurer des coefficients d'absorption et de réflexion, ainsi que des spectres luminescence et d'excitation de la luminescence sur tout le domaine visible (350-900 nm) en fonction de la température. Les spectres d'absorption permettent de déterminer les positions spectrales des transitions électroniques, leur forces d'oscillateur et leur densité d'état. Les spectres de réflexion et d'excitation de la luminescence permettent d'obtenir des informations similaires dans le cas d'échantillons opaques ou sur substrat opaque. Les spectres de luminescence, qui favorisent l'émission radiative depuis les niveaux vers lesquels les excitations électroniques relaxent, permettent de mettre en évidence l'existence de niveaux d'impuretés très dilués.

Pour les mesures d'absorption et de réflexion, la source utilisée est une lampe à filament de tungstène. Quant aux spectres de luminescence et les spectres d'excitation de la luminescence, ils sont mesurés sous excitation dans l'ultraviolet par lampe à mercure (HBO) ou, dans le visible et l'ultraviolet, par une lampe à xénon (XBO). En outre, les mesures peuvent être étendues aux spectres d'émission non-linéaire en excitant les échantillons à l'aide d'un laser à excimères XeCl émettant des impulsions nanoseconde à 308 nm. Les conditions expérimentales auxquelles sont soumis les échantillons sont ajustables. À l'aide de systèmes cryogéniques à hélium liquide on peut ainsi varier la température depuis 2K jusqu'à la température ambiante. De plus, les propriétés magnéto-optiques des matériaux peuvent être étudiées sous champ magnétique jusqu'à 7 teslas. La lumière provenant de l'échantillon est dispersée dans un spectromètre de 27 cm ou, pour des mesures nécessitant une plus grande résolution spectrale, de 75 cm. La détection est effectuée avec des photomultiplicateurs reliés à un amplificateur à détection synchrone.

Le Groupe d'optique nonlinéaire de l'IPCMS dispose en outre de différents dispositifs expérimentaux permettant de mesurer les dynamiques des processus de

relaxation électronique jusqu'à des échelles de temps aussi courtes que la dizaine de femtosecondes. Les mesures réalisables s'articulent autour de deux principales configurations d'expériences. D'une part, les mesures dites « pompe et sonde » où une première impulsion vient modifier les propriétés optiques du matériau en changeant l'occupation des états électroniques, ainsi que les positions et largeurs spectrales des transitions électroniques, une deuxième impulsion venant sonder, avec un retard ajustable, ces modifications. Ces mesures permettent typiquement d'accéder aux temps de recombinaison, ou temps de vie, des excitations électroniques. D'autre part des mesures de « mélange de quatre ondes » résolues en temps où l'interaction entre deux impulsions excitatrices génère un signal dans une direction non colinéaire à celle des faisceaux incidents. La mesure de l'intensité de ce signal en fonction du retard ajustable entre les deux impulsions excitatrices permet d'accéder principalement aux temps de cohérence ou temps de déphasage électroniques. Ces temps caractérisent la cinétique de relaxation de la phase des excitations inscrite dans le matériau par une impulsion laser cohérente. En plus des conditions expérimentales auxquelles sont soumis les échantillons (température, champ magnétique...), une grande variété de paramètres expérimentaux (polarisation des faisceaux, géométrie du dispositif...) donne une grande versatilité à ces expériences et permettent de remonter à la dynamique de plusieurs grandeurs physiques : relaxation de spin et d'aimantation dans des expériences de rotation Faraday, propriétés de transport telles que les coefficients de diffusion ambipolaire dans des expériences de mélanges de quatre ondes, etc.

Les dispositifs expérimentaux disponibles sont principalement basés sur des oscillateurs titane-saphir dont les durées d'impulsions varient entre 10 fs et 1,5 ps. Des systèmes d'amplification, de doublage de fréquence, de génération paramétrique... permettent de travailler, en fonction des systèmes, avec des impulsions dans l'infrarouge, l'infrarouge proche, le visible ou le proche ultraviolet. De plus d'autres paramètres importants sont ajustables comme, par exemple, le taux de répétition des impulsions (de quelques hertz à 82 MHz), et les énergies par impulsions (de quelques nanojoules à quelques millijoules). Les différentes expériences comprennent des optiques de mise en forme d'impulsions, des systèmes de retard optiques, des systèmes cryogéniques, ainsi qu'une variété de systèmes de détections (photodiodes, photomultiplicateurs, caméras CCD refroidies...)

Fiche technique des bancs de mesure

Etudes réalisables :

- Mesure spectrale des propriétés linéaires
 - absorption
 - réflexion
 - luminescence
 - excitation de la luminescence
- Dynamiques de relaxation ultra-rapide
 - « pompe et sonde » résolu en temps
 - mélange de quatre ondes résolu en temps

Domaine de longueur d'onde : en fonction des dispositifs, de 4 μ m à 350 nm

Autres caractéristiques : en fonction des dispositifs

- Energie de quelques nJ à quelques μ J par impulsions
- Durées de 10fs à 1.5 ps
- Fréquence = de quelques Hz à 82 MHz

Lieu : IPCMS –GONLO, Strasbourg