IRAMIS

Brèves de l'IRAMIS

Institut Rayonnement Matière de Saclay

numéro 176 mars 2009

Comprendre pour contrôler : couplage entre les électrons et les vibrations du réseau

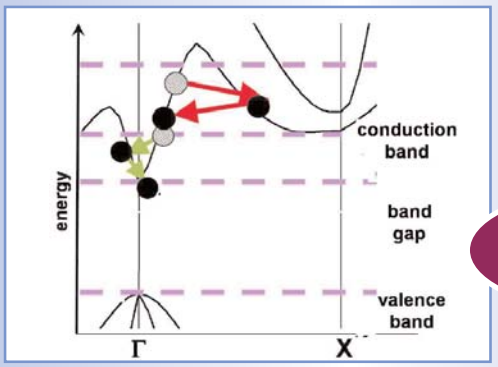
L'interaction entre les électrons excités et les vibrations du réseau cristallin (phonons) joue un rôle central en nanoélectronique, en thermoélectricité ou dans les systèmes photovoltaïques.

Dans ces derniers, l'énergie solaire est absorbée par un matériau semi-conducteur, en créant une densité d'électrons excités dans la bande de conduction. Mais jusqu'à 40% de l'énergie solaire ainsi absorbée est perdue à cause de la désexcitation rapide des électrons, dont l'énergie est transférée au réseau cristallin. Cette désexcitation électronique via le couplage électron-phonon détermine également les propriétés de transport des dispositifs électroniques.

Malgré leur importance, les caractéristiques du couplage électron phonon dans les semi-conducteurs sont mal connues et déterminés avec une incertitude expérimentale de l'ordre de 100%. Récemment, nous avons développé une approche permettant de calculer, sans paramètres ajustables, les paramètres du couplage électron-phonon dans des semi-conducteurs simples.

Cette approche, basée sur la Théorie de Perturbation de la Fonctionnelle de la Densité, nous a permis de décrire la désexcitation des électrons dans GaAs, et de calculer le temps de vie de l'exciton direct dans le phosphure de gallium. L'accord avec les expériences existantes sur GaAs nous a permis de valider la capacité prédictive de notre méthode.

Notre prochain objectif est d'étudier le couplage électron-phonon dans des nanostructures semi-conductrices, telles que les super-réseaux. Nos premiers résultats sur (GaAs)n(AlAs)n montrent que les constantes de couplage électron-phonon dans ces super-réseaux sont très différentes de celles de GaAs et de AlAs en volume. Cette information permettra d'améliorer les dispositifs à base de super-réseaux, grâce à meilleure description de la désexcitation électronique.



Désexcitation électronique via le couplage électron-phonon dans un semiconducteur à bande interdite directe. Phonons de courte longueur d'onde (rouge), de grande longueur d'onde (vert)

J. Sjakste
01 69 33 45 11

Etude multi-échelles des films nanométriques : couplage d'un AFM et d'une microscopie "SARFUS"

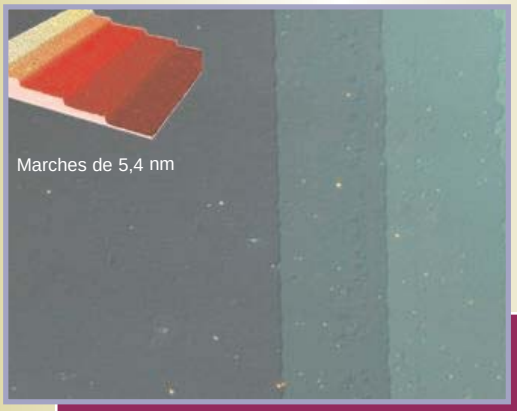


Image "Sarfus " de bicouches lipidiques déposées sur du silicium spécifique "Surf " par la méthode de Langmuir-Blodgett. Les différentes marches sont aisément détectées du fait des propriétés d'amplification du substrat.

L'étude des films nanométriques déposés nécessite de connaitre leur organisation à différentes échelles, du cm au nm. Or les techniques d'imagerie habituellement utilisées en nanosciences ne permettent pas de couvrir aisément toutes les échelles : les microscopes optiques donnent des images à grande échelle mais les objets de taille nanométrique n'y sont pas visibles ; à l'inverse, les microscopes à champ proche type AFM montrent bien ces objets mais sur des images de quelques microns de large seulement. C'est pourquoi nous avons réalisé un nouvel instrument basé sur un microscope à force atomique (AFM Agilent) couplé à une technique optique " Sarfus ".

Ce projet a été mené en partenariat avec l'entreprise Essonnienne SCIENTEC et Nanolane dans le cadre d'un projet ASTRE (financement de l'Essonne). La technologie d'imagerie SARFUS (brevet CNRS) augmente la sensibilité d'un microscope optique d'un facteur 100 grâce à l'utilisation de substrats spécifiques ("surfs") et permet de détecter la répartition des nano-objets à l'échelle macroscopique, ce qui n'est pas possible avec un microscope classique.

Ces observations permettent ensuite de positionner l'AFM sur des zones extrêmement réduites de l'échantillon. Cet instrument sera à la base de l'étude des films déposés permettant le confinement de nanoparticules. Notre équipement est bien sur ouvert aux collègues intéressés.

J-J. Benattar 75 16