

TITRE DE LA THESE 2008-2011:

Microscopie d'absorption infrarouge d'une boîte quantique unique

Nom du Laboratoire : Institut d'Électronique Fondamentale

Adresse : Bât. 220, Université Paris-Sud 11, 91405 Orsay (RER B - Bures-sur-Yvette)

Site Internet : <http://www.u-psud.fr/ief>



Directeur de thèse :

Nom : Sauvage

Prénom : Sébastien

Courriel : sebastien.sauvage@ief.u-psud.fr

Téléphone : +33 1 69 15 40 02

Site Internet : <http://pages.ief.u-psud.fr/QDgroup>

Les boîtes quantiques de semi-conducteurs sont des nanostructures solides, à la fois modèles pour la physique et au cœur de composants prometteurs comme les sources de photons uniques ou les lasers. Un nouveau champ d'exploration est apparu récemment [1] concernant les propriétés optiques de ces boîtes quantiques à l'échelle du nano-objet individuel dans la gamme spectrale de l'infrarouge moyen ($\lambda \sim 10 \mu\text{m}$). Ce domaine de longueurs d'onde, essentiellement inexploré jusqu'à présent sur boîte quantique unique, correspond à la manipulation optique d'électrons confinés notamment entre niveaux discrets de la bande de conduction. Le confinement tridimensionnel à l'échelle du nanomètre conduit à des propriétés optiques et dynamiques spécifiques et utiles gouvernées par le couplage des porteurs de charge avec les modes quantiques de vibrations du réseau cristallin environnant (i.e. les phonons). Dans ce projet de thèse on souhaite tirer parti de ce couplage privilégié pour mesurer et analyser l'absorption d'une seule et unique boîte nanométrique.

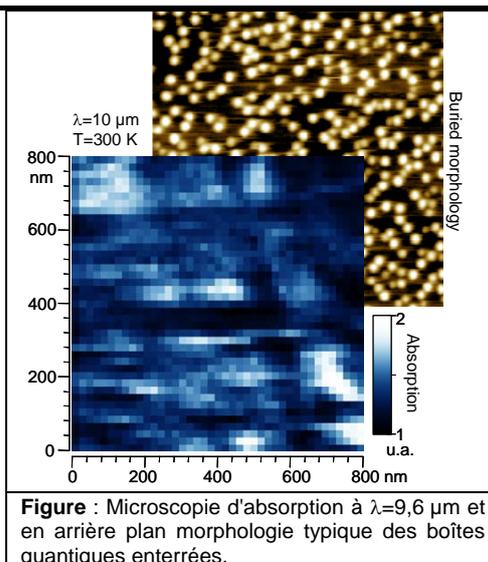


Figure : Microscopie d'absorption à $\lambda=9,6 \mu\text{m}$ et en arrière plan morphologie typique des boîtes quantiques enterrées.

Le cœur de la thèse s'appuiera sur une microscopie d'absorption originale et fructueuse.[1] La mesure d'absorption, de type photo-thermo-acoustique, couple un microscope à force atomique (AFM) et une source laser impulsionnelle. Plutôt que de détecter les photons absorbés, comme dans une expérience de transmission classique, on cherche plutôt à détecter les modes de vibrations (phonons) émis par la boîte quantique et la déformation locale qui s'ensuit, signatures de l'absorption. Dans cette expérience la pointe AFM joue le rôle d'un microphone localisé ultrasensible et le laser celui de pompe optique. Ce type de mesure offre à la fois une grande sensibilité, pouvant détecter des absorptions aussi faibles que 10^{-9} , une résolution spatiale largement sous-longueur d'onde (60 nm soit $\lambda/170$) permettant d'adresser optiquement les nanostructures individuellement et une résolution spectrale fine limitée par la largeur spectrale du laser utilisé. Cette technique permet de sonder pour la première fois, sur une boîte quantique unique, sa structure électronique inter-sous-niveau.

Pour le moyen-infrarouge les avancées se feront en collaboration étroite avec l'équipe du laser à électrons libres CLIO (grand instrument, Orsay) et dans le proche infrarouge en utilisant les sources lasers disponibles quotidiennement au laboratoire et les moyens de cryogénie à l'hélium liquide. On s'attachera à analyser spectralement et spatialement l'absorption inter-sous-niveau et interbande de boîtes quantiques auto-assemblées InAs/GaAs. L'absorption sera comparée à la spectroscopie d'ensemble effectuée sur un grand nombre de boîtes quantiques ainsi qu'aux simulations numériques tridimensionnelles de leurs propriétés optiques (énergies, polarisations, forces d'oscillateur). Un nouvel axe de recherche expérimentale sera développé en considérant les boîtes quantiques comme des nanosources acoustiques et thermiques émettant localement des paquets de phonons.

[1] J. Houel, S. Sauvage, P. Boucaud *et al.*, Physical Review Letters **99**, 217404 (2007).

Quelques mots-clés : Boîtes quantiques, semi-conducteurs, absorption infrarouge

Quelques techniques utilisées : optique/laser moyen et proche infrarouge, microscope à force atomique, spectroscopie par transformée de Fourier, simulations numériques, cryogénie à l'hélium

Financement de thèse : Bourse de thèse CNano2008 de la Région Ile-de-France acquise pour 2008-2011