

| | | |
|------------------------------------|--|---|
| Titre Thèse Title | Propriétés optiques et topologiques de nanocristaux de HgTe pour l'optoélectronique THz Optical and topological properties of HgTe nanocrystals for THz optoelectronics | |
| (Co)-Directeur | Christophe Delerue | E-mail : christophe.delerue@iemn.fr |
| (Co)-Directeur | | E-mail : |
| (Co)-Encadrant (s) | | E-mail : |
| Laboratoire(s) | IEMN | Web : https://www.iemn.fr |
| Groupe(s) | Physique | Web : https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/physique |
| Financement acquis ? | Oui <input checked="" type="checkbox"/> Origine : Agence Nationale de la Recherche | Non <input type="checkbox"/> |
| Financement demandé | Contrat Doctoral <input type="checkbox"/> | Etablissement porteur : Univ. Lille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/> |
| | Région <input type="checkbox"/> | Co-financement acquis : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Préciser son origine (qu'il soit acquis ou non) : |
| | Autre : | |

Résumé :

L'objectif de la thèse est d'étudier théoriquement les propriétés électroniques et optiques de gros nanocristaux de HgTe dans le contexte de leur utilisation en optoélectronique THz. En effet, détecter et émettre efficacement de la lumière THz reste un challenge important pour la détection de bio-molécules et de polluants, la caractérisation de matériaux, l'imagerie et les communications à haut débit. Les nanocristaux de semiconducteurs synthétisés par voie colloïdales sont étudiés depuis de nombreuses années car leurs propriétés optiques sont accordables, en jouant non seulement sur leur composition mais aussi sur leur taille du fait du confinement quantique des électrons. Ces nanocristaux sont actuellement employés dans des technologies commerciales pour leurs propriétés optiques dans le visible et sont maintenant activement étudiés dans le domaine de l'infrarouge. La thèse porte sur les propriétés optiques de nanocristaux colloïdaux dans des gammes de fréquences encore plus basses, de l'infrarouge moyen à l'infrarouge lointain et le THz. HgTe est dans ce contexte un matériau de choix puisqu'il est semi-métallique dans le massif et devient semi-conducteur sous l'action du confinement quantique. Remarquablement, le seuil d'absorption de nanocristaux de HgTe peut être ajusté en longueur d'onde sur deux ordres de grandeur (figure ci-dessous).

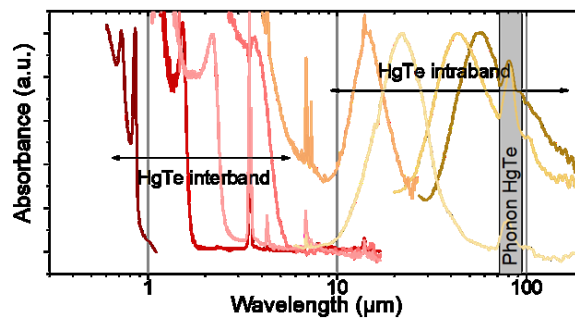


Figure : Spectres d'absorption de nanocristaux de HgTe de différentes tailles mettant en évidence l'extrême capacité d'adaptation de ce matériau (Crédits : Emmanuel Lhuillier).

La thèse se fera dans le cadre d'un projet associant des experts en synthèse de nanocristaux, en fabrication de composants, en caractérisation électrique, en spectroscopie optique, en microscopie champ proche, et en modélisation. Elle portera sur le calcul de la structure électronique des nanocristaux et la prédiction de leurs propriétés optiques en étroite collaboration avec les partenaires du projet (Institut des Nanosciences de Paris, Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure, IEMN). Une collaboration avec un théoricien de Jackson State University (USA) est également prévue. Le travail visera à caractériser les effets physiques principaux gouvernant les propriétés optiques des nanocristaux dans l'infrarouge ou le THz, incluant les effets de surface, de dopage, de température et de couplage électron-phonon. Un point important sera d'étudier les états de bords résultant de la nature d'isolant topologique d'HgTe sous faible confinement quantique. Le travail contribuera à identifier les potentialités des nanocristaux de HgTe pour l'optoélectronique THz.

Abstract:

The objective of the thesis is to study theoretically the electronic and optical properties of large HgTe nanocrystals in the context of their use in THz optoelectronics. Indeed, the efficient detection and emission of THz light remains an important challenge for the detection of bio-molecules and pollutants, materials characterization, imaging and high-speed

communications. Semiconductor nanocrystals synthesized by colloidal route have been studied for many years because their optical properties are tunable, not only by playing on their composition but also on their size due to the quantum confinement of electrons. These nanocrystals are currently used in commercial technologies for their optical properties in the visible range and are now actively studied in the infrared range. This thesis focuses on the optical properties of colloidal nanocrystals in even lower frequency ranges, from mid- to far-infrared and THz. HgTe is in this context a material of choice since it is semi-metallic in the bulk and becomes semiconducting under the action of quantum confinement. Remarkably, the absorption threshold of HgTe nanocrystals can be tuned in wavelength over two orders of magnitude (figure below).

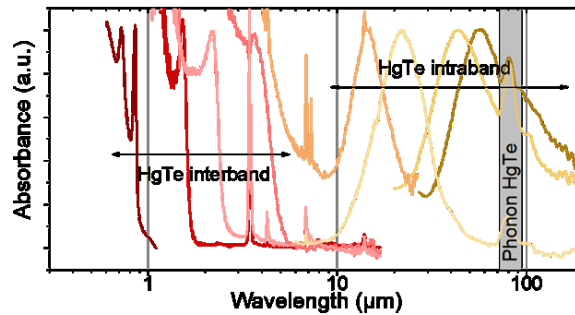


Figure : Absorption spectra of HgTe nanocrystals with various size highlighting the extreme tunability of this material (courtesy: Emmanuel Lhuillier).

The thesis will be done in the framework of a project associating experts in nanocrystal synthesis, component fabrication, electrical characterization, optical spectroscopy, near-field microscopy, and modeling. It will focus on the calculation of the electronic structure of nanocrystals and the prediction of their optical properties in close collaboration with the project partners (Institut des Nanosciences de Paris, Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure, IEMN). A collaboration with a theorist from Jackson State University (USA) is also planned. The work will aim at characterizing the main physical effects governing the optical properties of nanocrystals in the infrared or THz, including surface, doping, temperature and electron-phonon coupling effects. An important point will be to study the edge states resulting from the topological insulator nature of HgTe under weak quantum confinement. The work will contribute to identify the potential of HgTe nanocrystals for THz optoelectronics.