

PhD Project
Strain and size engineering of InGaN inclusions in GaN nanowires
for single-photon emitters
France-Canada Q-ATOMS Project

Several solid-state systems now enable the production of single photons for applications in quantum optical communication networks or for the development of quantum computing algorithms. The major challenges for the deployment of quantum technologies based on single-photon emitters are related to emission efficiency, the degree of uniqueness of photons produced on demand, and the indistinguishability of photons produced by the same emitter at high repetition rates.

An interesting approach to the high-efficiency generation of such emitters is the use of epitaxial quantum dots (QDs) inserted into the semiconductor nanowire volume. Especially, QDs of the III-Nitride system are of particular interest, as they have the potential to retain good single-photon emitter characteristics at room temperature in comparison with other materials such as the GaAs-based system. Finally, due to their large aspect ratio, the nanowires also act as a waveguide, which ought to improve photon collection efficiency.

The aim of this Q-ATOMS project is to study the emission properties of InGaN quantum dots in GaN nanowires, for single photon emitters (SPEs) applications. The PhD student will focus his/her research on the epitaxial growth of nanowires integrating QDs, post-growth process development and basic characterizations, which will be carried out at the Centre de Nanosciences et Nanotechnologies (C2N) in France.

Design and fabrication of photonic cavities, combined with experiments to quantify the characteristics of single-photon emitters, will be carried out at the Institut Quantique of the Université de Sherbrooke in Canada.

In this project, we will explore the influence of various experimental parameters (size of InGaN inclusions, internal strain, confinement and cavity effects, type of pumping) on the SPE characteristics. The project's key objective is to contribute to the development of a technological platform enabling the production of high-purity single photons on demand with electrical injection at high repetition rates (> 50 MHz).

To maximize the cross-collaboration between the teams, the project involves exchanges of PhD student (one from each team). Thus, the student for the French part will spend at least 3 months in Canada over the total duration of the thesis.

Main thesis laboratory: C2N has long expertise in the growth of III-N nanowires by molecular beam epitaxy and their characterization, as well as in the nano-fabrication and testing of nanowire-based devices.

Contacts : Dr. Noelle Gogneau, noelle.gogneau@c2n.upsaclay.fr
Dr. Maria Tchernycheva, maria.tchernycheva@c2n.upsaclay.fr



Projet de Thèse

Ingénierie de dimension et de contrainte des inclusions InGaN dans les nanofils de GaN pour les émetteurs de photons uniques Projet Q-ATOMS France-Canada

Plusieurs systèmes permettent aujourd'hui la production de photons uniques pour des applications dans les réseaux de communications optiques quantiques ou pour le développement d'algorithmes de calcul quantique. Cependant, les principaux défis pour le déploiement des technologies quantiques basées sur des émetteurs de photons uniques sont liés à l'efficacité de l'émission, au degré d'unicité des photons produits à la demande et à l'impossibilité de distinguer les photons produits par le même émetteur à des taux de répétition élevés.

Une approche intéressante pour la génération à haut rendement de tels émetteurs est l'utilisation de boîtes quantiques (BQs) épitaxiées dans le volume de nanofils semi-conducteurs. Les BQs III-Nitrures sont tout particulièrement intéressantes par rapport à d'autres matériaux tels que le système à base de GaAs, car elles ont le potentiel de conserver de bonnes caractéristiques d'émission de photons uniques à température ambiante. De plus, de par leur grand rapport d'aspect, les nanofils agissent comme un guide d'onde, ce qui améliore l'efficacité de la collecte des photons.

Le projet de recherche Q-ATOMS vise à étudier les propriétés d'émission de boîtes quantiques d'InGaN dans des nanofils de GaN, pour des applications aux émetteurs de photons uniques (SPEs). L'étudiant(e) en thèse concentrera ses activités sur la croissance épitaxiale des nanofils intégrant les BQs, le développement de procédés post-croissance et les caractérisations de base, travaux qui seront menés au Centre de nanosciences et nanotechnologies (C2N) en France.

Les activités de conception et fabrication de cavités photoniques de même que les expériences visant à quantifier les caractéristiques des émetteurs de photons uniques seront menées par le partenaire du projet, au sein de l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke au Canada.

Dans ce projet, nous explorerons l'influence de divers paramètres expérimentaux (taille des inclusions d'InGaN, contrainte interne, effet de confinement et de cavité, type de pompage) sur les caractéristiques des SPEs (unicité et indiscernabilité des photons). L'objectif ultime du projet est de pouvoir contribuer au développement d'une plateforme technologique permettant la production de photons uniques et indiscernables sur demande, par injection électrique, et à haut taux de répétition (> 50 MHz).

Afin de fluidifier la collaboration entre les équipes, le projet prévoit l'échange d'étudiants en doctorat (un par équipe). Ainsi l'étudiant(e) de la partie française passera au moins 3 mois au Canada sur la durée totale de la thèse.

Laboratoire principal de la thèse : Le C2N possède une longue expertise dans la croissance des nanofils III-N par épitaxie par jets moléculaires et leur caractérisation, ainsi que dans la nano-fabrication et les tests de dispositifs à base de nanofils.

Contacts : Dr. Noelle Gogneau, noelle.gogneau@c2n.upsaclay.fr
Dr. Maria Tchernycheva, maria.tchernycheva@c2n.upsaclay.fr

