

TITRE DU SUJET DE THÈSE : Laser Raman bas bruit à cristaux photoniques silicium

DIRECTEUR DE THÈSE : Xavier Checoury – xavier.checoury@ief.u-psud.fr

ÉQUIPE D'ACCUEIL Institut d'Électronique Fondamentale (département NAEL), UMR 8622, bât. 220, Université Paris-Sud 91405 Orsay. <http://pages.ief.u-psud.fr/QDgroup>

DESCRIPTIF ET APPORT DU TRAVAIL DE THÈSE :

- Contexte de la recherche

Malgré les récentes avancées dans le domaine de la photonique sur silicium, la fabrication de dispositifs optiques actifs et en particulier, la fabrication de lasers restent, jusqu'à présent, une des tâches les plus difficiles. Le silicium est inefficace pour émettre de la lumière à cause de sa bande interdite indirecte. À part les approches reposant sur l'utilisation de matériaux III-V, seule l'utilisation d'un effet non linéaire, la diffusion Raman stimulée a permis d'obtenir un effet laser dans des guides en arrête gravés sur un substrat de silicium sur isolant (SOI). Une des limitations de ces réalisations est que pour obtenir le gain nécessaire à l'effet laser, elles nécessitent de longues cavités (>1 cm) ou des résonateurs en anneaux à fort facteur de qualité et de grande surface (1 cm²). Pour dépasser ces limitations qui sont incompatibles avec l'intégration à large échelle sur puces de ces composants, les cristaux photoniques (CP) apparaissent comme des alternatives ultra-compactes. Cette thèse vise à démontrer un effet laser continu Raman dans le proche infra-rouge dans des cristaux photoniques silicium et présentant une bande passante de modulation ainsi que des propriétés de bruit améliorées par rapport aux diodes laser semiconductrices classiques. Elle s'appuie sur les avancées récentes obtenues sur les CP silicium (obtention de facteurs de qualité à l'état de l'art mondial) et les effets non-linéaires, en particulier la diffusion Raman spontanée et stimulée, au sein du département NAEL[1-4].

[1] X. Checoury et al., « Enhanced spontaneous Raman scattering in silicon photonic crystal waveguides on insulator », Optics Express, 17, pp 3500-3507 (2009).

[2] X. Checoury et al, "Deterministic measurement of the Purcell factor in microcavities through Raman emission" accepté pour publication à Physical Review A. Preprint http://pages.ief.u-psud.fr/QDgroup/publications/10%20Purcell_Raman_PRA_submitted.pdf

[3] Z. Han et al, "Optimized design for 2×10^6 ultra-high Q silicon photonic crystal cavities", soumis.

[4] X. Checoury et al. « Stimulated Raman scattering in silicon photonic crystal waveguides under continuous wave » en préparation.

- Bref descriptif scientifique et pré requis

Cette thèse se propose d'étudier une approche innovante basée sur l'utilisation du gain Raman dans le silicium pour réaliser des lasers semi-conducteurs de grande pureté spectrale. L'utilisation de structures à cristaux photoniques silicium permet d'exalter les phénomènes non-linéaires grâce au fort confinement et au temps de vie du photon important qu'ils procurent. On s'attend à ce que la pureté spectrale des lasers Raman silicium soit supérieure à celle des autres diodes lasers conventionnelles du fait de la symétrie du spectre du gain Raman dans le silicium. De plus, comme les CP permettent aussi d'obtenir de forts coefficients de couplage de l'émission spontanée au mode laser, la bande passante de modulation sera plus grande que dans un laser semi-conducteur conventionnel. Toute ces propriétés font que de tels lasers directement modulés conviendraient pour des systèmes de télécommunications à haute vitesse mais aussi pour des applications comme la détection, la photonique RF, la métrologie. Cette thèse sera aussi le moyen d'approfondir une collaboration naissante avec le CEA-LIST pour la réalisation de détecteurs utilisant la diffusion Raman exaltée par les CP.

- Compétences acquises lors du travail de thèse

Cette thèse comportera des tâches d'analyse et de conception (modélisation et simulation de cavités à CP, d'effets non-linéaires et de lasers), des tâches de fabrication des échantillons en salle blanche (principalement à la centrale technologique IEF-MINERVE), et des tâches de caractérisation au moyen des différents bancs expérimentaux disponibles. A la fin de sa thèse, le(la) doctorant(e) aura acquis des compétences dans les domaines de la modélisation et la simulation des lasers et des effets non linéaires dans les structures à cristal photonique. De plus, il aura acquis une expertise reconnue dans les techniques de nano-fabrication en salle blanche (cristaux photoniques, implantation,...). Enfin, le candidat possèdera à la fin de sa thèse les compétences nécessaires aux caractérisations optiques et électriques de dispositifs de taille micro- et nano-métrique.