



Source ICL intégrée pour génération peigne de fréquence dans le moyen infra-rouge.

Thèses financées dans le cadre du PEPR e- (projet OFCOC-Optical Frequency Comb on a Chip)

Laboratoires : Institut des Nanotechnologies de Lyon, IES Montpellier (L. Cerutti, E. Tournié)

Laboratoires Partenaires : CEA-LETI, FOTON, C2N

Encadrants (INL) : C. Grillet, C. Chevalier, C. Seassal, X. Letartre, J.-L. Leclerc, C. Monat

Contact : christian.grillet@ec-lyon.fr

Mots clefs: Nanophotonique, Optique intégrée, Optique non-linéaire sur puce, moyen infra-rouge, intégration hybride, Interband Cascade Laser, peigne de fréquence

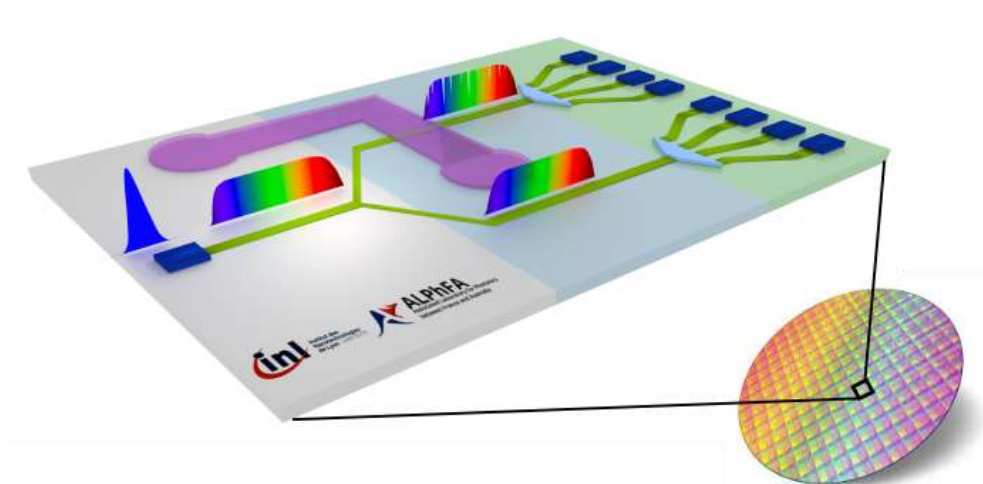
Contexte, positionnement:

Le Moyen Infra-rouge (MIR_région couvrant la gamme de longueur d'onde 3 μm à 15 μm) suscite un intérêt considérable dans la communauté scientifique et technologique. Une caractéristique notable du MIR réside dans le fait que la plupart des composés chimiques et biologiques qui ont trait à notre santé, notre sécurité, notre environnement, ont une forte signature spectrale dans le moyen infrarouge. Le MIR offre donc logiquement des opportunités uniques pour le développement de technologies à fort impact sociétal (applications capteurs, défense, sécurité industrielle, environnementale...) et fondamental (chimie, biologie, astrophysique...). De nombreux acteurs de la scène nanophotonique investissent massivement dans cette thématique aussi bien aux USA (Air Force research lab, Harvard, UCLA, CREOL, Princeton, IBM, Cornell etc...), en Australie (ANU, RMIT, Macquarie, Adelaide...) et en Europe (University of Surrey, University of St Andrews, Ghent/IMEC, EPFL) et en France (INL, CEA-LETI, C2N, XLIM, Rennes, IES Montpellier, FEMTO, ICB...).

Verrous / objectifs visés par le stage

Malgré son potentiel reconnu, les technologies MIR restent encore limitées dans leurs éventails d'applications, et ce en grande partie à cause de l'encombrement des dispositifs MIRs (les composants optiques opérant dans cette gamme de longueur d'onde ont longtemps été restreints à des composants discrets opérant en espace libre, et à de simples guides passifs, généralement à base de fibres multimodes en chalcogénure) et des coûts prohibitifs des instruments utilisés dus au manque de dispositifs optiques MIR compacts.

Pour répondre aux limitations des technologies MIRs, notre stratégie s'appuie sur le développement d'une photonique intégrée MIR, impliquant la miniaturisation de composants optiques et leur intégration sur un substrat planaire en Ge, SiGe, et/ou lithium Niobate matériaux transparents dans la gamme MIR et hautement nonlinéaires (cf image).





Dans le chemin qui mène à la réalisation de puce optique MIR, le projet du doctorant se concentrera sur l'un des enjeux fondamentaux du MIR intégré, à savoir les sources et leur intégration dans un circuit optique. Nous poursuivrons deux approches originales et complémentaires financées par deux thèses distinctes :

1/ La première reposant sur **l'intégration hétérogène**, en lien étroit avec l'IES Montpellier, d'une **source ICL** (Interband Cascade Laser source) sur la plateforme SiGe.

Le doctorant interviendra sur i) les aspects conception, croissance matériaux, réalisation et caractérisation de la source ICL à l'IES Montpellier et ii) l'intégration de cette source sur un guide SiGe en forte interaction avec l'INL. Le doctorant interviendra sur la conception, la modélisation, l'optimisation du couplage du laser ICL sur le circuit intégré photonique (CIP) et le développement d'un procédé technologique type micro-transfer printing pour assurer le report du laser ICL sur le CIP.

2/ **La deuxième exploitant des phénomènes non linéaires**. Cette piste reposera sur les propriétés non linéaires remarquables du Silicium germanium (en partenariat avec le CEA-LETI), le GaP (en partenariat avec FOTON et le C2N) à ces hautes longueurs d'onde et l'exploitation de processus paramétriques pour générer de la lumière sur une très large bande spectrale (couverture de la gamme 2-8 μm). Il s'agira ici de développer i) des sources accordables sur une large bande spectrale (basées sur de la conversion en longueur d'onde) ii) des « supercontinuum » et iii) des sources multispectrales ou « **COMBs** ». Le doctorant pourra intervenir à toutes les étapes du projet depuis la conception des dispositifs (outils de modélisation électromagnétique FEMSIM, FDTD, Schrodinger non linéaire), la fabrication des dispositifs par procédés salles blanches via la plateforme de nanotechnologie NANOLYON de l'INL (nanolithographie, gravures, micro-transfer printing...) et leur caractérisations optiques linéaires et nonlinéaires.

Encadrement scientifique et collaborations

Les étudiants seront accueillis au sein de l'équipe ILUM de l'INL et bénéficieront des ressources et de l'expertise de l'INL en photonique silicium, moyen infra-rouge et optique non linéaire (C. Grillet, C. Monat) et nanophotonique et intégration hétérogène (C. Chevalier, C. Seassal, X. Letartre, J.L. Leclerc) que ce soit en terme de conception des dispositifs et sur les aspects technologies et fabrication salle blanche pour la réalisation des premiers démonstrateurs de base. Les étudiants seront amenés à interagir fortement avec nos partenaires du projet OFCOC (particulièrement le **CEA-LETI** et l'**IES** mais aussi FOTON et le C2N), et nos collaborateurs internationaux membre du LIA ALPhFA (International Associated Laboratory in Photonics between France and Australia) RMIT, Swinburne, ANU, Macquarie.

Compétences développées au cours de ce stage et perspective professionnelle

Les candidats devront posséder une solide formation en physique et optique (optique non linéaire serait un plus) avec un goût prononcé pour les aspects fabrication, expérimentaux et caractérisation.

Les étudiants seront amenés à développer la palette complète des compétences « nanophotonique / nanotechnologie », depuis la **conception des dispositifs** (simulation et design de microcomposants optiques, FDTD-Finite difference time domain, Bandsolve-calcul de structures de bandes, BPM-Beam propagation method, FEMSIM-finite element method) et leur intégrations dans un circuit, **la fabrication de ces composants dans des environnements salle blanche** (micro transfer printing, lithographie électronique, gravure chimique et gravure sèche), leur **caractérisation** (au sein d'un banc optique complet- couplage par la tranche, micro réflectivité, optique de Fourier, caractérisation non linéaire, laser pulsé, processus paramétriques- que l'étudiant aura contribué a concevoir et déployer) et le **traitement des données**.

Les 2 thèses pourront débuter en Septembre/Octobre 2023. Une offre de post-doctorat/ingénieur de recherche de 2 ans sera également offerte à l'INL en support des activités scientifiques liées à ce projet (ne pas hésiter à nous contacter pour en savoir plus sur ce poste).