

PhD proposal/Offre de thèse :

Gallium phosphide on silicon photonic devices for nonlinear optics

Composants photoniques GaP/Si pour l'optique non-linéaire.

(Traduction française ci-dessous)

Thesis director: Charles Cornet (charles.cornet@insa-rennes.fr)

Co-supervision:

- Alexandre Beck (alexandre.beck@insa-rennes.fr),
- Yoan Léger (yoan.leger@insa-rennes.fr)

Starting in 2017, October

Scientific context:

Nonlinear optics is at the basis of many present and future photonic applications, from modulation and frequency conversion to entanglement, quantum computing. The research community is thus constantly looking for materials presenting both great optical performances and simple fabrication, processing and integration possibilities. One of the short term goals is in particular to scale down actual nonlinear functionalities to the photonic chip, for applications in data-processing and novel sensing devices such as Terahertz detection.

In this framework, gallium phosphide (GaP) has recently been presented as a promising material for such integrated devices. In the field of nonlinear optics, the advantages of GaP are known for long: it features a wide and indirect band-gap, limiting optical losses in a large optical and radiofrequency bandwidth and its nonlinear properties are good in comparison to other nonlinear materials such as LiNbO_3 . Beyond this, the development of III-V photonic technologies has also made easier the fabrication of GaP-based devices and very recently, advances in the growth of III-V materials on silicon has promoted GaP-on-Si as a low cost photonic platform. This PhD proposal deals with the development of GaP-based nonlinear photonic devices with a strong emphasis on the technological processing of photonic structures.

Host laboratory

FOTON is a joint research unit of INSA engineering school, Rennes 1 University and the CNRS. The OHM research group (Optoelectronics Heteroepitaxy and Materials) is located in Rennes (France), and gather facilities in semiconductor growth (MBE), technological processing (cleanroom) and optical characterizations. Moreover, FOTON is a member of the Nanorennnes technological platform which has been labelled as "Proximity platform" by the CNRS.

FOTON has a unique and long expertise in the growth and characterization of semiconductor nanostructures and fabrication of original photonic devices. Since 2010, FOTON has explored the integration of III-V semiconductors on silicon substrate. More recently, the laboratory has started to investigate integrated non-linear photonic devices based on GaP.

Collaborations

This PhD project requires expertise in various fields like semiconductor processing, optics, materials science. Hence, the work will be performed in a highly collaborative team that gathers all these skills. The devices will be fabricated within the Nanorennnes platform, in both Foton and IETR cleanrooms. The PhD candidate will also benefit from collaboration with the FOTON Systèmes photoniques research group for non-linear photonic device characterization and modeling.

About the candidate

The candidate should have advanced knowledge in optics and photonic devices, basic knowledge in semiconductors and solid state physics. Knowledge in microwaves technology can be an asset. She/He will be directly involved in cleanroom works so that a real motivation for experimental physics is expected. The applicant should have good oral and writing skills in English (French is not mandatory), and well-developed team working skills (participation to regular meetings and reports).

French translation:

Contexte scientifique:

De nombreuses applications photoniques présentes et futures sont basées sur l'optique nonlinéaire, depuis la modulation et la conversion de fréquence jusqu'à l'intrication de photons et le calcul quantique. La communauté scientifique est donc constamment en quête du matériau le mieux adapté à une application donnée, de part ses propriétés optiques bien sûr mais aussi de part son intégrabilité au sein de dispositifs. L'un des objectifs à court terme est d'ailleurs la miniaturisation de fonctions optiques nonlinéaires au sein de puces photoniques dont les applications vont du traitement de grandes masses de données au développement de nouveaux schémas de détection, dans le régime térahertz par exemple.

Dans ce contexte, le phosphore de gallium (GaP) a récemment été présenté comme un matériau particulièrement prometteur pour de tels dispositifs photoniques. Dans le domaine de l'optique nonlinéaire, les atouts de GaP sont bien connus : une bande interdite large à caractère indirect, des pertes optiques limitées dans une grande gamme de longueur d'onde s'étendant des radiofréquences au domaine optique et des propriétés nonlinéaires compétitives face à d'autres matériaux tel que le niobate de lithium. Plus encore, le développement des technologies photoniques III-V a fortement bénéficié aux méthodes de croissance et de structuration des dispositifs à base de GaP. De récentes avancées dans le domaine de l'intégration monolithique de semiconducteurs III-V sur silicium démontrent même le caractère bas-coût de la plateforme GaP/Si.

Ce sujet de thèse a pour objectif le développement de dispositifs photoniques nonlinéaires à base de GaP et GaP/Si, avec une coloration importante sur la réalisation technologique des dispositifs.

Laboratoire d'accueil

FOTON est une unité mixte de recherche rassemblant l'INSA de Rennes, l'université de Rennes 1 et le CNRS. L'équipe OHM (optoélectronique, hétéroépitaxie et matériaux), située à Rennes (France), concentre des installations pour la croissance des semiconducteurs (MBE), pour la fabrication de dispositifs (salles blanches) et leur caractérisation. Foton est un membre de la plateforme technologique NanoRennes, labellisée plateforme de proximité du réseau CNRS Renatech.

FOTON a une expérience unique dans la croissance et la caractérisation de nanostructures semiconductrices et la réalisation de structures photoniques originales. Depuis 2010, FOTON explore la voie de l'intégration de semiconducteurs III-V sur silicium. Plus récemment, le laboratoire a initié l'étude de fonctions nonlinéaires dans les dispositifs à base de GaP.

Collaborations

Ce projet de thèse requiert un haut degré d'expertise dans plusieurs champs de compétences comme les technologies des semiconducteurs, l'optique et la science des matériaux. Ce travail sera donc mené au sein d'une équipe de chercheurs, techniciens et ingénieurs rassemblant ces compétences. Les dispositifs seront réalisés au sein de la plateforme NanoRennes dans les salles blanches de FOTON et de l'IETR. Le (la) candidat(e) bénéficiera également de collaborations avec l'équipe FOTON-SP (Système Photoniques) pour la caractérisation et la modélisation des dispositifs photoniques.

A propos du (de la) candidat(e)

Le (la) candidat(e) devra avoir une connaissance approfondie de l'optique et des dispositifs photoniques et plus généralement, de bonnes connaissances des semiconducteurs et de la physique du solide. Des compétences dans les technologies microondes seront appréciées. Il/Elle sera directement impliqué(e) dans le travail de salle blanche. Une réelle motivation pour le travail expérimental est donc attendue. Le (la) candidat(e) devra avoir de bonnes connaissances en anglais oral et écrit, un esprit d'équipe et des compétences de communication et d'organisation (participation à des réunions d'équipes régulières, rédaction de rapports).