

## PhD open position at Institut FOTON

### Nonlinear frequency conversion in Gallium phosphide microdisks on silicon

Conversion nonlinéaire de fréquences dans les microdisques de phosphure de gallium sur silicium (french version on page 3)

A 36 months duration PhD will start at « Institut FOTON », on nonlinear optical experiments on Gallium phosphide microdisks grown on silicon. The main objective of the project is to demonstrate an on-chip broadband optical parametric oscillator (OPO) by use of random-quasi-phase-matching in these devices.

**PhD starting** : between 1<sup>er</sup> September 2018 and 1<sup>er</sup> November 2018

**Duration** : 36 months

**PhD director** : Yannick Dumeige **PhD co-director** : Yoan Léger

**Funding** : ANR grant ORPHEUS, ANR-17-CE24-0019-01, gross salary : 1775€/month

**Involved Institut FOTON groups** : SP (Photonic systems), in Lannion, site of the PhD work and OHM (Optoelectronics, Heteroepitaxy and Materials) situated in Rennes

**Keywords** : whispering gallery modes, microresonators, second order nonlinear processes, III-V semiconductors, silicon integration

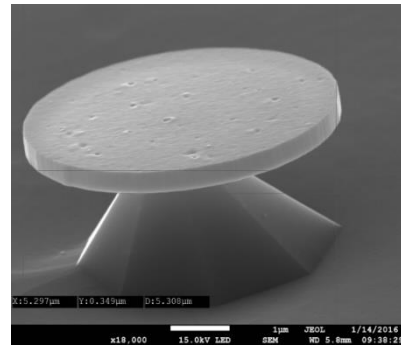
### PhD context

Second order nonlinear devices are at the basis of many present and future photonic applications, from modulation and frequency conversion to entanglement and 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 sensing. The recourse to resonant devices such as microdisk optical resonators is a promising route to achieve this goal while preserving large frequency conversion efficiencies.

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<sub>3</sub>. Beyond this, when GaP is grown on silicon, it features a specific crystal ordering that could relax the phase matching condition of nonlinear processes. **The goal of this PhD is to explore the nonlinear optical properties of GaP/Si microdisk optical resonators in the  $\chi^{(2)}$  regime, both theoretically and experimentally. Different processes will be investigated from second harmonic generation to parametric amplification and down conversion.**

## About Institut FOTON laboratory

FOTON is a joint research unit of INSA engineering school, Rennes 1 University and the CNRS. The PhD will take place in the SP (Photonic Systems) research group in Lannion, where state of the art experiments on photonic components are currently developed. The PhD student will work on a dedicated setup in order to characterize the optical properties of GaP/Si microdisks (see Fig.1) and perform the first nonlinear frequency conversion in these structures. The photonic devices are fabricated in the OHM research group (Optoelectronics Heteroepitaxy and Materials), located in Rennes (France), and gathering facilities in semiconductor growth (MBE) and technological processing (cleanroom) through the NanoRennes technological platform ("Proximity platform" of the CNRS).



**Fig.1 Scanning electron microscopy image of a GaP microdisk on Si pedestal realized in FOTON.**

FOTON has a unique and long expertise in the growth and characterization of III-V semiconductors on silicon as well as on the optics of optical microresonators. Our work on GaP/Si microdisks started in 2013.

## PhD objectives

The PhD student will take charge of the optical setup for the investigation of the microdisks realized in OHM. At the beginning of the PhD, the optical coupling to microdisks will be obtained using dimpled tapered fibers that will be fabricated by the PhD student. He/she will be responsible for the setup modification associated to our progresses on the photonic integration of the structures. The optical experiments on microdisks will consist first of measuring the linear optical properties of GaP/Si microdisks in different wavelength ranges. Then different 2<sup>nd</sup> order processes will be investigated, starting from second harmonic generation to more complex OPO processes. The theoretical framework of these processes will also be developed by the PhD student, in particular to predict the microdisk geometry suited to a given nonlinear process. The PhD will thus participate to the design of the future samples.

## About the PhD candidate

The candidate should have a master or engineer degree.

The candidate should have advanced knowledge in optics and photonic devices, basic knowledge in semiconductors and solid state physics. She/He will be directly involved in nonlinear optics experiments and associated theory so that a real motivation for experimental physics and its understanding 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).

## Additional information - Contact

More information by contacting :

OHM group : [yoan.leger@insa-rennes.fr](mailto:yoan.leger@insa-rennes.fr)

SP group : [Yannick.dumeige@enssat.fr](mailto:Yannick.dumeige@enssat.fr)

## How to apply

All candidates have to send by email to Yoan Léger (see mail above) the following documents:

- detailed curriculum vitae (CV),
- a letter describing the candidate motivations for the position,
- educational grades and marks (at university level),
- optionally people to contact for any recommendations.

Candidates from any countries are welcome.

Application deadline is 1/06/2018. Following the deadline, candidates will be rapidly informed of their status. Retained candidates will be invited for an interview, on site (Rennes or Lannion) or by web seminar depending of their location.

## Traduction française

Un doctorat d'une durée de 36 mois débutera à la rentrée universitaire 2018 à l'institut FOTON. Il portera sur des expériences d'optique nonlinéaire sur des microdisques de phosphore de gallium réalisés sur silicium. Le principal objectif de ce projet est de démontrer un oscillateur paramétrique optique large bande sur puce par l'utilisation d'un quasi-accord de phase aléatoire dans ces dispositifs.

**Démarrage** : entre le 1<sup>er</sup> Septembre 2018 et 1<sup>er</sup> Novembre 2018

**Durée** : 36 mois

**Directeur de thèse** : Yannick Dumeige **co-encadrant** : Yoan Léger

**Financement** : ANR ORPHEUS, ANR-17-CE24-0019-01, Salaire brut : 1775€/mois

**Groupe de l'institut FOTON impliqués** : SP (Photonic systems), à Lannion, où se tiendra la thèse et OHM (Optoelectronics, Heteroepitaxy and Materials) basée à Rennes

**Mots clés** : modes de galerie, microrésonateurs, processus nonlinéaires du second ordre, semiconducteurs III-V, intégration sur silicium

## Context du doctorat

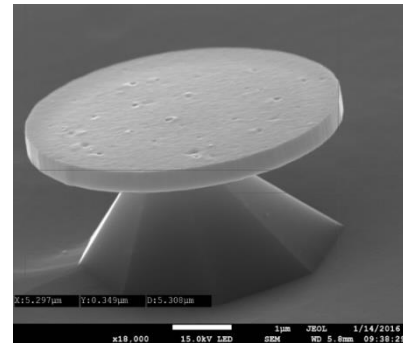
Les dispositifs nonlinéaires du second ordre sont à la base de nombreuses applications dans le domaine de la photonique, de la modulation à la conversion de fréquence, de l'intrication au calcul quantique. La communauté scientifique est donc constamment à la recherche de matériaux présentant des propriétés optiques favorables et une mise en œuvre simple. L'un des objectifs à court terme est notamment la miniaturisation de fonctionnalités pour la photonique sur puce, pour des applications dans la gestion de données ou la réalisation de capteurs. L'utilisation de dispositifs résonants tel que les microdisques est une voie prometteuse pour atteindre ce but car le confinement du champ électromagnétique permet de conserver de bonnes efficacités de conversion.

Dans ce contexte, le phosphore de gallium (GaP) a récemment démontré son potentiel pour de tels dispositifs. Dans le domaine de l'optique nonlinéaire, les avantages de GaP sont connus depuis longtemps : une bande interdite large avec un caractère indirect, limitant les pertes optiques dans une grande bande spectrale, du visible aux radiofréquences ; des propriétés nonlinéaires plus importantes que beaucoup de matériaux comme par exemple le  $\text{LiNbO}_3$ . Au-delà de ces aspects, le GaP, lorsqu'il est crû sur silicium, présente un arrangement cristallin spécifique permettant la relaxation de la condition d'accord de phase pour les procédés du

second ordre. **L'objectif de ce doctorat est d'explorer les propriétés nonlinéaires du second ordre de microdisques GaP/Si, à la fois sur le plan théorique et sur le plan expérimental. Différents processus seront étudiés, depuis la génération de seconde harmonique et l'amplification paramétrique jusqu'à la conversion paramétrique descendante.**

## À propos de l'Institut FOTON

FOTON est une unité mixte de recherche rassemblant l'INSA de Rennes, l'université de Rennes 1 et le CNRS. La thèse aura lieu dans le groupe SP (systèmes photoniques) à Lannion, ou des expériences à l'état de l'art sur l'étude de dispositifs photoniques sont développées. Le/la doctorant(e) travaillera sur un montage dédié à la caractérisation des propriétés optiques des microdisques GaP/Si (voir fig. 1). Il/elle effectuera les premières expériences de conversion de fréquence sur ces dispositifs. Les microdisques sont réalisés dans le groupe OHM (Optoélectronique, hétéroépitaxie et matériaux), localisé à Rennes et rassemblant des équipements de croissance des semiconducteurs (MBE) et de réalisation technologique (salles blanches) au sein de la plateforme NanoRennes (plateforme CNRS Renatech du second cercle).



**Fig.1 Image par microscopie électronique à balayage d'un microdisque de GaP sur piédestal de Si réalisé à OHM.**

FOTON a une longue et unique expérience dans la croissance et la caractérisation de dispositifs photoniques à base de semiconducteurs sur silicium ainsi que sur l'optique des microrésonateurs. Notre travail sur les microdisques de GaP/Si a débuté en 2013.

## Objectifs de thèse

L'étudiant(e) prendra en charge le montage de caractérisation des microdisques réalisés à OHM. Au démarrage, le couplage optique au microdisques sera effectué par le biais de fibres optiques effilées et incurvées. Le/la doctorant(e) aura en charge leur fabrication. Au long de la thèse, il/elle sera responsables des modification du montage associées à nos avancées sur l'intégration photonique des microdisques.

Les expériences d'optiques consisteront au départ à la caractérisation des propriétés optiques linéaires des résonateurs dans plusieurs gammes de fréquence. Par la suite différents processus du second ordre seront étudiés ; la génération de seconde harmonique bien sûr mais aussi de plus complexes processus en régime d'oscillateur paramétrique optique. Le cadre théorique de ces processus sera aussi développé par la/le doctorant(e), notamment afin de prédire les géométrie optimales de microdisques pour un processus donné. L'étudiant(e) participera ainsi au design des futurs échantillons.

## A propos du (de la) candidat(e)

Le/la candidate devra avoir un master ou un diplôme d'ingénieur.

Il/elle devra avoir des connaissances poussées en optique et sur la physique des dispositifs photoniques ainsi qu'une bonne connaissance des semiconducteurs et plus généralement de physique du solide. Elle/il sera directement impliqué dans les expériences d'optique

nonlinéaire et la théorie associée ; aussi, une grande motivation dans le travail expérimental et sa compréhension est attendue. Le/La candidat(e) devra avoir de bonnes compétences de communication (orale et écrite) en anglais ( la connaissance du français n'est pas nécessaire) et des facilités pour le travail d'équipe (réunion régulières, remise de rapports etc).

## Informations - Contact

Pour plus d'informations contactez :

OHM: [yoan.leger@insa-rennes.fr](mailto:yoan.leger@insa-rennes.fr)

SP: [Yannick.dumeige@enssat.fr](mailto:Yannick.dumeige@enssat.fr)

## Comment postuler?

Les candidats devront envoyer leur candidature par email à Yoan Léger avec les documents suivants:

- Curriculum vitae (CV) détaillé,
- Une lettre de motivation,
- Notes et classements au niveau universitaire
- En option, les coordonnées de personnes à contacter pour recommandation

Les candidats de toute nationalité sont invités à postuler.

La date limite pour candidater est fixée au 1/06/2018. Ensuite, les candidats seront informés rapidement de leur statut. Les candidats sélectionnés seront invités à une audition, sur site (Rennes ou Lannion) ou par visioconférence selon les contraintes géographiques.