



PhD proposal *(French version below)*

“Nanoscale integrated laser device for 3D photonic integration”

Context of the proposal:

The PhD position described below is funded by the CominLabs excellence center through the “3D-Optical many-cores” project. The position is open the 1st October 2014, and will last for three year. The candidate will be welcome in the FOTON laboratory (CNRS) of INSA (engineer school) in the city of Rennes (western part of France).

Scientific content:

3D integration paradigm and technology scaling down to ultra deep submicron domain provides for billions of transistors, which enable the integration of hundreds of cores on a single chip. These cores, running at a high clock frequency, lead to very high performance systems by massively exploiting the hardware parallelism. Therefore, the role of interconnect becomes a dominant factor in performance and energy efficiency. In this context, the integration of photonics functions on silicon is a very challenging issue. One of the hot topics developed in the recent years lies in the development of efficient laser on Silicon.¹ FOTON laboratory proposes to develop pseudomorphic epitaxy of efficient III-V nanostructure-based optical emitters on silicon, by using the GaP semiconductor and related nanostructures (quantum wells or quantum dots), which are nearly lattice-matched to the silicon.^{2,3,4,5}

The PhD position proposed here aims at developing a GaP-based laser device on silicon. The applicant will have to work on the optical mode simulation, laser device design, technological processing, optoelectronic characterisations, and finally the device optimisation. The integration scheme via ridge lasers or micro-disks will be examined carefully in order to give feedbacks to other partners of the CominLabs project. The PhD student will therefore make the link between fundamental physics at the nanoscale and the optical properties of the operating laser device.

Collaborations:

He/She will work in strong collaborations with other members of FOTON-OHM and FOTON-photonics systems involved in the project. He/She will also benefits from

¹ D. Liang and J. E. Bowers, Nat. Photon. **4**, 511 (2010).

² K. Volz et al., J. Cryst. Growth **315**, 37 (2011).

³ T. Nguyen Thanh et al., J. Appl. Phys. **112**, 053521 (2012).

⁴ C. Robert et al., Phys. Rev. B. **86**, 205316 (2012).

⁵ A. Létoublon et al. J. Cryst. Growth **323**, 409 (2011).

collaboration at the national level in the frame of different ANR projects already running at FOTON (TEM, tr-PL), or at the international level especially with European partners (positron annihilation, cathodoluminescence, DLTS, magneto-photoluminescence, X-STM). Finally, he/she will participate to the dissemination of the results in international conferences.

About FOTON Laboratory:

FOTON laboratory is part of the CNRS (biggest French research institute). FOTON is recognized at the European level through participations to European Networks of Excellence on nanostructures properties and devices SANDIE and EPIXNET. FOTON has also been recognized as part of "CominLabs" (excellence center) and is being selected for IRT (Technological Research Institute) B-Com at the national level.

The laboratory has a large experience in the growth,⁶ structural,⁷ optical⁸ and electrical characterisation of III-V semiconductor nanostructures, and for the development of semiconductor-based devices such as Light emitting diodes⁷, edge lasers⁹, saturable absorbers¹⁰ or Vertical Cavity Surface Emitting Lasers (VCSELs).¹¹ In order to use its know-how on the conventional and low-cost silicon substrate, FOTON-OHM has explored recently the coherent integration of III-V semiconductors on Silicon; The PhD position will leverage the very promising results obtained recently for the success of the project.^{12,13,14,15}

About the candidate:

The candidate should have convincing knowledge in the field of semiconductors and optics. He/She should show good capacities in oral and written English expression and be able to present research results verbally in international conferences. The candidate should show a real motivation to work in a group, and participate actively to the regular meetings and reports.

⁶ C. Paranthoën et al., Appl. Phys. Lett. **78**, 1751 (2001).

⁷ A. Létoublon et al., Phys. Rev. Lett. **92**, 186101 (2004).

⁸ C. Cornet et al., Phys. Rev. B **74**, 035312 (2006).

⁹ D. Zhou et al. Electron. Lett. **45**, 50 (2009).

¹⁰ M. Gicquel-Guézo et al. Appl. Phys. Lett. **85**, 5926 (2004).

¹¹ O. Castany et al. Appl. Phys. Lett. **98**, 161105 (2011).

¹² C. Robert et al. Phys. Rev. B . **86**, 205316 (2012).

¹³ T. Quinci et al. J. of Cryst. Growth **380**, 157, (2013).

¹⁴ C. Robert et al., Appl. Phys. Lett. **104**, 011908 (2014).

¹⁵ C. Robert et al., Thin Solid Films **541**, 87 (2013).

French Version:

“Développement de nano-lasers sur silicium pour l’intégration photonique 3D”

Contexte de la proposition:

Le poste décrit ci-dessous est financé par Le centre d’excellence Cominlabs dans le cadre du projet «3D-Optical many-cores». Le poste est ouvert au 1^{er} octobre 2014 pour une durée de 3 ans au sein de l’unité mixte de recherche Foton (UMR 6082) sur le site de l’Insa de Rennes.

Contenu scientifique:

Le concept d’intégration 3D et la miniaturisation des composants microélectronique au dessous de 10nm mènent à l’intégration de milliards de transistors et de centaines de cœurs sur un microprocesseur individuel.

Les performances annoncées de ces microprocesseurs sont colossales du fait de la haute vitesse d’horloge des cœurs et de l’exploitation massive du parallélisme. Le rôle des interconnexions devient alors primordial pour obtenir un microprocesseur de qualité, notamment sur le plan de l’efficacité énergétique. Face à ces problématiques, l’intégration de fonctions photoniques au sein des microprocesseurs, en remplacement d’une partie des interconnexions électriques et pour le traitement de l’information, présente des avantages considérables. L’un des verrous technologiques de ces futures architectures est le développement de sources laser sur silicium.¹ Le laboratoire Foton propose de développer des émetteurs à base de nanostructures III-V, intégrés sur silicium, en utilisant l’épitaxie pseudomorphique du phosphure de gallium sur silicium, en raison de leur faible désaccord de maille.^{2,3,4,5}

Le sujet de thèse proposé ici consiste au développement de ces structures lasers. Le (la) doctorant(e) devra concevoir les structures lasers, tant au niveau du confinement optique que des propriétés électroniques et aura en charge leur réalisation, leur caractérisation optoélectronique et leur optimisation, en collaboration avec le groupe épitaxie. Différentes géométries de lasers seront envisagées afin d’étudier avec les autres partenaires du projet 3D-Optical many-cores les architectures optoélectroniques possibles. Le (la) doctorant(e) devra donc faire le lien entre physique fondamentale, à l’échelle nanoscopique et caractéristiques de dispositifs intégrés.

Collaborations:

Le (la) doctorant(e) travaillera en étroite collaboration avec les membres des équipes Foton-Ohm et Foton-SP impliqués dans le projet. Il/elle bénéficiera également de collaborations nationales dans le cadre de plusieurs projets ANR en cours à Foton (TEM, TR-PL), et européennes (cathodoluminescence, DLTS, magneto-photoluminescence, X-STM). Enfin, il/elle contribuera à la dissémination des résultats du projet par la participation à différentes conférences internationales.

A propos du laboratoire FOTON:

Le laboratoire Foton est une unité mixte du CNRS. Foton est reconnu à l'échelle européenne par sa participation aux réseaux d'excellence européens SANDIE et EPIXNET sur les propriétés des nanostructures et dispositifs à semiconducteurs. Foton a également été intégré au sein du centre d'excellence Cominlabs et de l'institut de recherche technologique (IRT) B-Com sur le plan national.

Le laboratoire a une grande expérience dans la croissance⁶ et la caractérisation structurelle,⁷ optique⁸ et électrique des nanostructures semiconductrices III-V et pour le développement de dispositifs optoélectroniques (LED, laser à rubans,⁹ absorbants saturables,¹⁰ VCSELS¹¹). Dans le but de transférer ce savoir-faire sur des technologies à substrats bas-coût, Foton-Ohm a récemment développé un schéma d'intégration cohérente de semiconducteurs III-V sur silicium dont le (la) candidat(e) pourra tirer partie.^{12,13,14,15}

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

Le (la) candidat(e) devra avoir des connaissances approfondies dans le domaine des semiconducteurs et de l'optique. Il/elle devra avoir une aisance en anglais parlé et écrit afin de présenter ses résultats lors de conférences internationales. Le (la) candidat(e) devra avoir une réelle motivation pour le travail en équipe, impliquant des réunions régulières et la rédaction de rapports d'activité.

Contact:

O. Durand, Olivier.durand@insa-rennes.fr, (+33) 2 23 23 86 28, OPTOSI ANR project local coordinator.

Y. Léger, yoan.leger@insa-rennes.fr, (+33)2 23 23 82 98, CominLabs local coordinator

C. Cornet, charles.cornet@insa-rennes.fr, (+33) 2 23 23 83 99, SINPHONIC ANR project coordinator.

FOTON : <http://foton.cnrs.fr/v2012/>

FOTON-OHM (english pages) : <http://foton.insa-rennes.fr/>

INSA Rennes : <http://www.insa-rennes.fr/>