

PhD proposal / GANEX network / Research axis n°7

Title: New epitaxial platforms for nanowire growth

Location: Laboratoire de Photonique et de Nanostructures (LPN, Marcoussis), Unité mixte Saint-Gobain Recherche (SGR, Aubervilliers), Institut d'Electronique Fondamentale (IEF, Orsay).

Scientific context:

A major advantage of semiconductor nanowires is the possibility to integrate these nano-materials on various substrates. Large lattice mismatches with the substrate can be accommodated with no generation of extended defects in these nanostructures. This is particularly attractive for the integration of III-V photonics on Si substrates. Nanowires of high crystalline quality can even be obtained on non-crystalline substrates. These perspectives are of great interest for the III-N nitrides. Indeed, the epitaxial growth of these compounds suffers from a lack of ideal substrate (hetero-substrates are not well adapted and homo-substrates are expensive). In this context, we propose to use low-cost amorphous substrates for growing (Al)Ga(In)N nanowires of high structural quality for developing future photonic devices (LEDs or photovoltaic cells). To this end, we need arrays of uniform nanowires oriented perpendicularly to the substrate. These conditions are essential to contact nanowire ensembles and to inject or collect charge carriers uniformly.

PhD research project:

Starting from an amorphous substrate, we propose to elaborate thin films of polycrystalline Si with a high fiber-texture in order to control the orientation of nanowire growth. We have developed some know-how (SGR-LPN) to obtain such crystalline platforms by metal-induced-crystallization (MIC). Combined with lithography, a similar process is being developed at LPN to produce organized arrays of mono-crystalline Si nano-patches. This technology leads to the concept of *nano-substrate*. The objective of this PhD project is to optimize the fabrication of these nano-substrates and to use them to grow vertical and uniform nanowires of GaN. Alternative platforms made of other materials which can crystallize with a strong fiber-texture will be also explored (some metallic layers for instance). The nucleation of nanowire growth on these new epitaxial platforms will be studied thoroughly. One important target will be to obtain a single nanowire on each nano-substrate. The morphology, the crystalline structure and the optical properties of these nanowires will be investigated. The thesis will be carried out in several laboratories: St Gobain Recherche for the deposition of fiber-textured polycrystalline layers (25%), LPN for lithography, III-N nanowire growth and structural analyses (50%), IEF for optical characterization and fabrication of test devices (25%).

Person specification: The candidate should have:

- a solid background in material sciences, physics of condensed matter and related areas,
- a keen interest for experimental research and nanotechnology,
- ability to work independently and within a research team,
- excellent communication skills.

Starting date: October 2013

Contact persons :

Jean-Christophe Harmand, jean-christophe.harmand@lpn.cnrs.fr, +33 (0)1 69 63 60 81

Elin Søndergård, Elin.Sondergard@saint-gobain.com, +33 (0)1 48 39 57 51

Maria Tchernycheva, maria.tchernycheva@u-psud.fr, +33 (0)1 69 15 40 51

Proposition de thèse / Labex GANEX / Axe de Recherche n°7

Titre: Nouvelles plateformes pour la croissance de nanofils

Lieu: Laboratoire de Photonique et de Nanostructures (LPN, Marcoussis), Unité mixte Saint-Gobain Recherche (SGR, Aubervilliers), Institut d'Electronique Fondamentale (IEF, Orsay).

Contexte scientifique:

Un avantage majeur de la croissance de matériaux III-V sous la forme de nanofils est la possibilité d'intégrer ces matériaux sur de nombreux substrats. Il est notamment possible d'obtenir des nanocristaux de III-V en fort désaccord de maille avec leur substrat sans génération de défauts étendus. C'est une voie très attractive pour la réalisation de fonctions optiques sur des substrats de Si. La croissance de nanofils de très bonne qualité structurale est même possible sur des substrats non-cristallins. Ces perspectives sont d'un intérêt tout particulier pour les composés nitrures (III-N). En effet, le choix du substrat représente une problématique récurrente pour leur croissance en couches minces: le compromis entre le coût du substrat et la qualité cristalline des matériaux III-V est difficile. Ici, nous proposons d'utiliser des substrats amorphes de faible coût pour la croissance de nanofils de (Al)Ga(In)N de haute qualité structurale et qui pourraient servir à la fabrication de composants photoniques (LEDs ou cellules photovoltaïques par exemple). Cet objectif requiert des assemblées de nanofils uniformes, tous orientés perpendiculairement au substrat. Ces conditions sont indispensables pour contacter l'ensemble des nanofils et pour y injecter (ou collecter) des porteurs de charge uniformément.

Sujet de la thèse:

Pour orienter la croissance des nanofils, nous proposons d'élaborer sur le support amorphe des films minces de Si poly-cristallin à forte texture de fibre. Nous avons déjà développé un savoir-faire (SGR-LPN) pour obtenir de telles plateformes par le procédé de cristallisation induite par un métal (metal-induced-crystallisation). Combiné avec de la lithographie, nous démontrons actuellement que le procédé peut également produire un réseau organisé de pastilles nanométriques et monocristallines. Cette technologie introduit le concept de *nano-substrat*. L'enjeu de la thèse est de parfaire et d'utiliser un tel réseau pour la croissance de nanofils de GaN verticaux et uniformes. D'autres matériaux développant une forte texture de fibre (certains métaux en couche mince par exemple) pourront être explorés. La germination des nanofils sur ces nouvelles plateformes sera étudiée en détail en s'appuyant sur le savoir-faire du LPN en croissance de nanofils de GaN sur Si (111). Un objectif important est d'obtenir un nanofil sur chaque *nano-substrat*. On explorera également les propriétés morphologiques, structurales et optiques de ces nanofils. La thèse se déroulera sur plusieurs sites : St Gobain Recherche pour les dépôts des couches poly-cristallines texturées (25%), le LPN pour les étapes de lithographie, pour la croissance des nanofils III-N et leur analyse structurale (50%), l'IEF pour les caractérisations optiques et la fabrication de composants de tests (25%).

Profil recherché: Le candidat devra avoir:

- de solides connaissances en sciences des matériaux et physique du solide,
- une forte motivation pour le travail expérimental et les nanotechnologies,
- une capacité d'autonomie dans le travail mais également le goût du travail en équipe,
- une très bonne compétence à communiquer.

Date de démarrage: Octobre 2013

Contacts :

Jean-Christophe Harmand, jean-christophe.harmand@lpn.cnrs.fr, +33 (0)1 69 63 60 81
Elin Søndergård, Elin.Sondergard@saint-gobain.com, +33 (0)1 48 39 57 51
Maria Tchernycheva, maria.tchernycheva@u-psud.fr, +33 (0)1 69 15 40 51