



ANR-11-NANO-012



Compte Rendu de la réunion à T0+27
du projet ANR-P2N 2011
« INSCOOP »

Intégration de Nanofils III-V sur SOI pour COnnexions Optiques sur Puce

Mercredi 18 Décembre 2013 à 10h,

INL-site ECL

36 avenue G. de Collongue, 69134, Ecully

Réunion T0+27 du projet ANR-P2N « INSCOOP »

Mercredi 18 Décembre 2013 à 10h,
A l'INL-site ECL,
36 ave G. de Collongue, 69134, Ecully
Salle de réunion du 2^{ème} étage

Ordre du jour

09h30 : Accueil-café

10h00 : Introduction-Infos M. Gendry

10h10 : Travaux-Résultats par tâche

20 mn : Tâche 6 : Modeling of nanowire-based PhC resonator coupling to SOI waveguide
Z. Lin-INL, X. Letartre-INL

10 mn : Tâche 4 : Substrate patterning and site controlled catalyst on SOI waveguide
B. Salem-LTM (B. Ben-Bakir-CEA)

20 mn : Tâche 3 : Core-shell InAsP/InP nanowires
F. Oehler-LPN, JC. Harmand-LPN

20 mn : Tâche 2 : Nanowire nucleation and orientation
JB. Barakat-INL, J. Penuelas-INL, G. Patriarche-LPN, A. Mavel-INL, M. Gendry-INL

10 mn : Tâche 2 : Selective growth
H. Dumont-INL, M. Gendry-INL

10 mn : Tâche 5 : Optical characterization of InAs/InP nanowires from INL and LPN
N. Chauvin-INL

20 mn : Tâche 5 : Modeling of nanowire optical properties
N. Chauvin-INL, (JM. Jancu-Foton),

12h30 : Déjeuner

14h30: Travaux-Résultats par tâche (suite)

30 mn : Tâche 5 : Modeling of the self-catalyzed nanowire growth
F. Glas-LPN

15h Discussions autour des résultats et des livrables à T0+36

- timing final pour la réalisation du démonstrateur et de sa caractérisation

16h-17h : Fin de la réunion

Présents : Amaury Mavel, Nicolas Chauvin, Frank Glas, Philippe Regreny, Pedro Rojo, Jean Baptiste Barakat, Jean Christophe Harmand, Xavier Letartre, Zhen Lin, Hervé Dumont, José Penuelas, Fabrice Oehler, Bassem Salem, Gilles Patriarche, Michel Gendry,

Introduction/infos Michel Gendry

- revue à mi-parcours de INSCOOP le 15 janvier 2014
- rappel des livrables clés pour le démonstrateur

Présentations par tâche

Tâche 6 : Coupling of nanowire-based PhC resonator to SOI waveguide

Zhen Lin-INL et X. Letartre-INL

- Les simulations FDTD 3D pour évaluer le couplage entre le résonateur à base de NFs et le guide d'onde Si sur SOI en fonction des caractéristiques du réseau de NFs (diamètre, hauteur et périodicité) ont été menées à leur terme. Les simulations ont été faites pour les deux types de polarisation du dipôle émetteur, \perp ou \parallel à l'axe des NFs. Le couplage avec le guide d'onde est plus efficace avec une polarisation \parallel . Le diamètre des NFs ne doit pas dépasser 200 nm pour ne pas privilégier la polarisation \perp . Avec la polarisation \parallel , le diamètre doit être au moins de 100 nm pour avoir un mode avec une forte densité d'énergie électromagnétique dans les nanofils. Une période de 350-400 nm permet d'obtenir un mode couplé à $1,3 \mu\text{m}$ (pour une épaisseur typique du guide Si sur SOI). La hauteur des NFs n'a plus guère d'influence sur le couplage au delà de 500 nm.
- Sur la base de ces calculs un dessin de masque permettant la réalisation de réseaux encadrant ces valeurs $D=100$ nm, $p=350-400$ nm a été réalisé. Le dessin du masque a été transmis au CEA.
- NB : Les valeurs sur les diamètres des trous, $D=100, 150$ et 200 nm sont à modifier en 70 nm qui est proche du diamètre optimal pour faire nucléer des nanofils à partir d'une goutte de catalyseur (cette valeur est légèrement ajustable en fonction du système étudié, InP/Si ou GaAs/Si). Le diamètre final des nanofils est à ajuster dans la phase de croissance radiale. Il sera possible d'atteindre des diamètres entre 100 et 200 nm sans grosse difficulté.

Tâche 3 : Core-shell InAsP/InP nanowires

F. Oehler-LPN :

- Les études qui ont été poursuivies sur la croissance localisée de NFs InP sur substrats patternés avec des réseaux de trous dans SiO₂/Si n'ont pas démontré de sélectivité suffisante que ce soit avec les catalyseurs or ou indium. Le sentiment du LPN est que l'on ne pourra démontrer le concept qu'en utilisant des réseaux à base de NFs de GaAs dont la sélectivité est quasi-parfaite sur ces substrats patternés.
- Mise en avant des facteurs (épaisseur, dopage du substrat, etc..., nature du substrat SOI plutôt que Si) qui peuvent conduire à un mauvais contrôle de la température de croissance des NFs et donc rendre la croissance des NFs non reproductible.
- La stratégie proposée est donc de fabriquer des nanofils GaAs incluant des « puits quantiques » radiaux d'InGaAs. Le cœur sera un fil de GaAs autocatalysé de diamètre optimal (environ 70 nm). Puis le catalyseur (Ga pur) sera consommé pour basculer d'une croissance VLS à une croissance conforme. Des puits de InGaAs et des barrières de GaAs seront réalisés en croissance conforme.

Tâche 2 : Nanowire nucleation and orientation

JB Barakat-INL + G. Patriarche-LPN, A. Mavel-INL: NFs InP auto-catalysée sur Si111, croissance, propriétés structurales et optiques

- 2 types de NFs InP auto-catalysés ont été observés. Leur origine est expliquée par deux origines différentes des gouttelettes d'In.
- les propriétés structurales et optiques de ces NFs difficiles à optimiser.
- La direction de croissance de ces NFs pose problème sur Si111. Le rôle d'une couche de SiO₂ à la surface de Si est mis en avant par TEM.
- La croissance est toujours plus problématique sur Si(001) (densité de NFs moins grande, voire nulle)

H. Dumont-INL: Croissance sur substrats patternés

- les conditions de dépôt (température en particulier) ont été trouvées pour une localisation de l'indium dans les trous de SiO₂/Si avec une sélectivité quasi-parfaite. La quantité d'indium à déposer reste à optimiser pour n'avoir qu'une seule gouttelette d'indium par trou, en fonction du réseau choisi (diamètre et période des trous). ça été fait depuis...
- la croissance des NFs d'InP n'a pu être obtenue à partir de ces réseaux de billes d'indium localisées.

Tâche 5 : Characterization and modeling of nanowire properties

N. Chauvin-INL : polarisation des nanofils InAs/InP

- mise en évidence expérimentale de l'état de polarisation de la lumière émise par des nanofils d'InP Wz contenant des « rods » d'InAs en fonction du diamètre des nanofils d'InP
- mise en évidence d'un effet photonique (polarisation // à l'axe du nanofil favorisée) pour des rapports diamètre/ λ inférieurs à 0,18, cad pour des diamètres inférieurs à 280 nm à 1.55 μ m et 230 nm à 1,3 μ m.

JM. Jancu-FOTON: potentiel de déformation

- les potentiels de déformation des nanofils Wz d'InP et d'InAs ont été calculés
- l'offset de bande de valence pour une interface InAs/InP a pu être estimée pour la phase Wz

F. Glas-LPN : Modélisation de la croissance autocatalysée

- Un modèle de la croissance de nanofils de GaAs auto-catalysés par le Ga a été développé.
- Les données expérimentales de variations de vitesse de croissance avec le flux incident d'As, avec la température du substrat et avec le diamètre du nanofil sont très bien reproduites. L'ajustement des paramètres du modèle permet d'extraire des grandeurs physiques essentielles pour la croissance des nanofils et jusque là inaccessibles : énergie de bord de germe, concentration d'As dans la bille de catalyseur pendant la croissance, sursaturation et barrière de nucléation.
- Ce modèle va être adapté et appliqué à la croissance auto-catalysée par l'In de nanofils d'InAs ou d'InP.

Discussion et conclusions sur les livrables à T0+36

- pour la réalisation du démonstrateur

- le masque va être réalisé au CEA d'ici la fin du premier trimestre 2014 et un lot de substrats patternés (réseau de trous sur guide SOI) devrait être processé dans le courant du deuxième trimestre 2014.
- des substrats patternés de SOI avec réseaux de trous seulement, vont être processés au CEA et livrés aux épitaxieurs afin qu'ils mettent au point la croissance des nanofils sur ce type de substrat (premier trimestre 2014).
- devant la difficulté d'obtenir une bonne sélectivité de croissance des nanofils d'InP sur une surface de SiO₂/Si patternée (certainement en raison de la fenêtre de température possible qui est aux alentours de 400°C), il est décidé que le démonstrateur sera réalisé avec des nanofils GaAs/GaInAs émettant autour de 1.3 μ m. Les études de croissance sur SOI patterné seront donc menées pour ces nanofils de GaInAs/GaAs.

Le démonstrateur ne sera certainement pas réalisé et caractérisé pour la fin septembre 2014 (T0+36). Il est donc envisagé de demander une extension de 6 mois à l'ANR pour le projet INSCOOP.