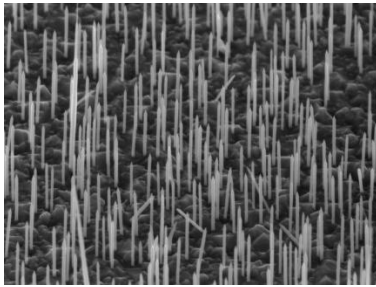


Études des propriétés de transport dans des nanofils Si et InP

Mots-clefs : Nanofils, Photoconductivité, Mobilité, États de surface, Dopage, Spectroscopie térahertz, Modélisation, Mesures pompe-sonde, Temps de vie des photoporteurs.



Porteurs du projet: Denis Morris (LN2), Bassem Salem (LTM-Grenoble), Michel Gendry (INL-ECL), Thierry Baron (LTM-Grenoble), Nicolas Chauvin (INL-INSA)

Étudiants impliqués : Alexandre Beaudoin (MSc. 2010-2013), Olésia Tutashkonko (PhD, cotutelle, 2009--), Amaury Mavel (PhD à ECL, 2013-)

Autres partenaires académiques : LTM, INL

Période du projet : 09/2009 – en cours



Description du projet et contexte: Dans des nanofils semiconducteurs de faible diamètre (< 400 nm), le dopage et la densité d'états de surface peuvent affecter drastiquement les propriétés électroniques et la dynamique de recombinaison des photoporteurs de charge. La caractérisation de ces propriétés revêt un grand intérêt pour leurs applications potentielles en nanoélectronique et en photovoltaïque. Au sein du groupe, nous avons mis en place un montage de spectroscopie térahertz (THz) dans le domaine temporel qui permet d'effectuer des mesures, sans contact, de l'absorption infrarouge des nanofils, dans la gamme allant de 0.1 à 3 THz. À l'aide d'un modèle simple de la fonction de transmission des impulsions THz à travers un milieu effectif constitué d'un réseau dense de nanofils sur substrat transparent, il est possible d'extraire les propriétés électroniques des nanofils. L'ajout d'un faisceau pompe optique et d'une ligne à délai supplémentaire permet d'effectuer des mesures de photoconductivité résolue en temps, utiles pour la détermination de la durée de vie des photoporteurs.

La croissance des nanofils est effectuée en France au sein du Laboratoire des Technologies de la Microélectronique (LTM) et de l'Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL). Les mesures électro-optiques sur les nanofils de silicium (crus au LTM) et d'InP (crus à l'INL) sont faites au LN2, dans le laboratoire de Pr. Morris. Dans ce projet, on cherche à mieux quantifier l'influence des divers paramètres expérimentaux (diamètre et dopage des nanofils, couche d'encapsulation, température du substrat) sur le transport électronique et la dynamique de recombinaison des photoporteurs dans ces nanofils.

Résultats remarquables et publications associées:

Les principaux résultats des études sur les nanofils de silicium ont été publiés dans la revue Physical Review B. Dans cet article, les parties réelle et imaginaire de la conductivité d'un réseau de nanofils ont été extraites d'une mesure d'absorption THz (voir Fig. 1). Des mesures pompe visible - sonde THz (voir Fig. 2) ont également permis de quantifier l'impact du dopage sur la durée de vie des photoporteurs ainsi que l'impact du nombre de porteurs libres sur le remplissage des états de surface des nanofils. Les traces THz, enregistrées à divers délais pompe-sonde, ont également permis d'extraire la dépendance en fréquence de la photoconductivité: comportement reproduit à l'aide d'un modèle de Drude-plasmon modifié. [Cet article a été sélectionné comme l'un des choix des éditeurs du périodique PRB de mars 2014.](#)

Dans le cas des nanofils d'InP sur Si, les études de l'influence du dopage et du diamètre des nanofils sur le temps de vie des photoporteurs sont présentement en cours. Les résultats obtenus jusqu'à maintenant sont originaux et devraient être publiés en cours d'année: il a été possible de transférer les nanofils sur un substrat de polymère et d'effectuer des mesures d'absorption THz et de photoconductivité sur ceux-ci.

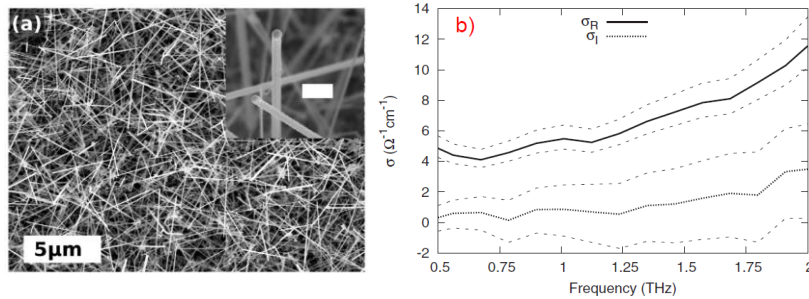


Figure 1: a) Image de microscopie électronique à balayage d'un échantillon de nanofils de Si, dopé N, crus sur substrat de quartz. b) Parties réelle et imaginaire de la conductivité de ce réseau de nanofils, extraites d'une mesure d'absorption THz. Les lignes pointillées correspondent aux barres d'incertitude découlant de la mesure et des approximations du modèle.

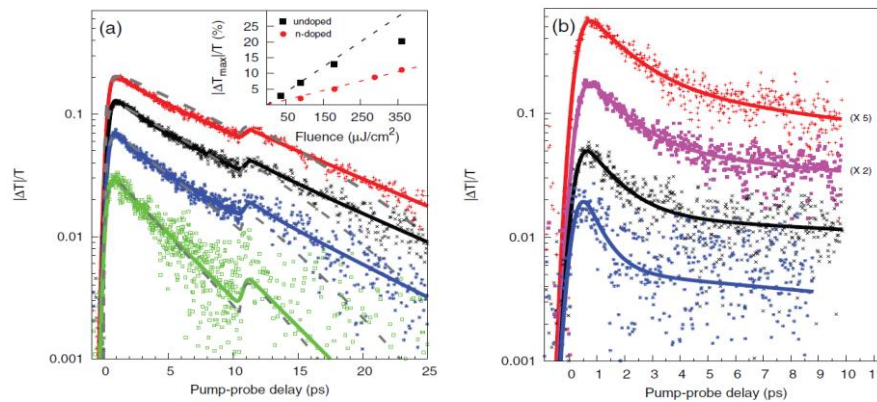


Figure 2: Mesures de transmission différentielle (avec et sans pompe) en fonction du délai entre la pompe optique (800 nm, 80 fs) et la sonde THz, obtenues pour des nanofils non-dopés (a) et dopés N (b). Les différentes couleurs correspondent à différents niveaux de fluence laser.

- Beaudoin et al., *Impact of n-type doping on the carrier dynamics of silicon nanowires studied using optical-pump terahertz-probe spectroscopy*, PRB, 89, 115316 (2014).
- D. Morris et al., *Carrier dynamics in semiconductor nanowires studied using optical-pump terahertz-probe spectroscopy*, invited talk at the CAP Congress, to be held in Edmonton, June 2015.
- D. Morris et al., *Carrier Dynamics in Pure Wurtzite InP Nanowires Studied Using Optical-Pump Terahertz-Probe Spectroscopy*, CSSTC 2015, to be held in Sherbrooke, August 2015.
- O. Tutashkonko et al., *Effect of doping on the structural and optical properties of Be-doped and Si-doped InP nanowires grown on silicon*, 6th Nanowire Growth Workshop, 4-6 June 2012, St. Petersburg, Russia
- O. Tutashkonko et al., *Radial p-n junction into InP nanowires grown on silicon substrate for photovoltaic applications*, Next Generation Solar 2012 – Photovoltaics Canada – Third National Scientific Conference, May 14 and 15, 2012, held in Montréal, Québec
- O. Tutashkonko et al., *Growth and doping of InP and GaAs nanowires on Silicon for photovoltaic applications*, 5th Nanowire Growth Workshop NWG 2010, 4-5 November 2010, Rome, Italy.

Financement :

Projet CFQCU, Partenariat stratégique en matière d'enseignement et de recherche, 2013-2015.
 Projet PHOTOFIL, Soutien à des initiatives internationales de recherche – MDEIE, 2010-2012.