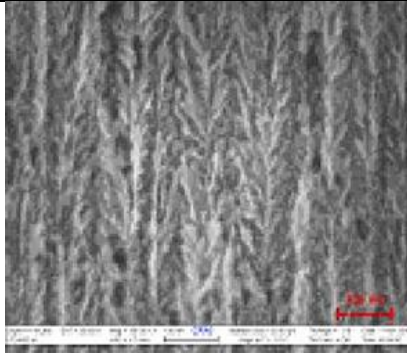


## Transport thermique dans les nanomatériaux

**Mots-clefs :** Transport thermique, Nanofabrication, Phononique, Matériau poreux



**Porteurs du projet :** Ali Belarouci (LN2), Luc Fréchette (LN2), Vincent Aimez (LN2)

**Étudiants impliqués :** Pascal Newby, Alexandre Juneau Fecteau, Mouhannad Massoud

**Partenaire industriel:** STMicroelectronics

**Autres partenaires académiques :** V. Lysenko (INL), J.-M. Bluet (INL), P.-O. Chapuis (CETHIL).

**Période du projet :** 2012 – en cours



**Description du projet et contexte:** Le travail porte sur la conception, la synthèse et la caractérisation de nouveaux matériaux nanostructurés par voie électrochimique (les deux principaux effets recherchés sont une forte diffusion des phonons par les joints de grains et les interfaces induisant une diminution de la conductivité thermique du réseau, et des effets de confinement quantique des porteurs de charge qui modifient fortement les propriétés de transport électrique) ou nanostructurés périodiquement par voie top-down (la nature périodique du cristal altère de manière cohérente le spectre phononique et réduit la conductivité thermique du matériau).

En proposant des technologies plus rapides, moins chères et incluant de nouvelles fonctionnalités, l'électronique conditionne les progrès de nombreux secteurs industriels. La miniaturisation des dispositifs et l'intégration 3D offrent de considérables opportunités mais impose, d'un point de vue thermique, un réel défi. Il apparaît de plus en plus difficile, avec les techniques thermiques conventionnelles, de garantir un refroidissement adapté, car les modules sont le siège de densités de pertes élevées dans des espaces très confinés. Le développement de nouvelles technologies, compatibles avec les procédés CMOS, permettant un " routage " thermique pour évacuer la chaleur ou la propager vers une zone préalablement définie, est fortement appuyé par les industriels du domaine.

Depuis quelques années, les développements se sont concentrés vers la recherche de nouveaux matériaux plus performants. Deux voies principales ont été poursuivies : la recherche de nouveaux matériaux massifs d'une part et les systèmes de dimension réduite (couches minces, fils quantiques) d'autre part. Ces derniers représentent une nouvelle classe de matériaux avec des propriétés peu communes et différentes des matériaux massifs, résultant des effets de confinement quantique et de l'augmentation de la densité d'interfaces. Les propriétés de conductivité thermique, de résistances aux interfaces et plus généralement de diffusion et de transport thermique sont fortement affectées par la présence de nanostructures.

### Résultats remarquables et publications associées:

Notre choix s'est porté sur les matériaux silicium et carbure de silicium. Nous avons mené une étude systématique de la porosification du Si et SiC (en fonction de la concentration en HF, de la densité de courant, de l'illumination UV (pour le SiC) et du rapport cyclique gravure/repos) afin d'obtenir un procédé de porosification contrôlé de couches poreuses épaisses (>100µm) et uniformes. Nous avons éprouvé la résistance chimique du SiC poreux aux principaux produits issus de la microfabrication et sa tenue en température est robuste (la structure est stable jusqu'à 1000°C). Un procédé de porosification sélectif a été mis en œuvre afin d'isoler thermiquement les points chauds et favoriser la dissipation (figure 1). Un banc de mesure de conductivité thermique (méthode 3w) a été développé. Les matériaux mis en forme possèdent

des caractéristiques d'isolation thermiques très performantes (conductivité thermique de quelques  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , soit plus de 2 ordres de grandeur plus faible que le matériau massif).

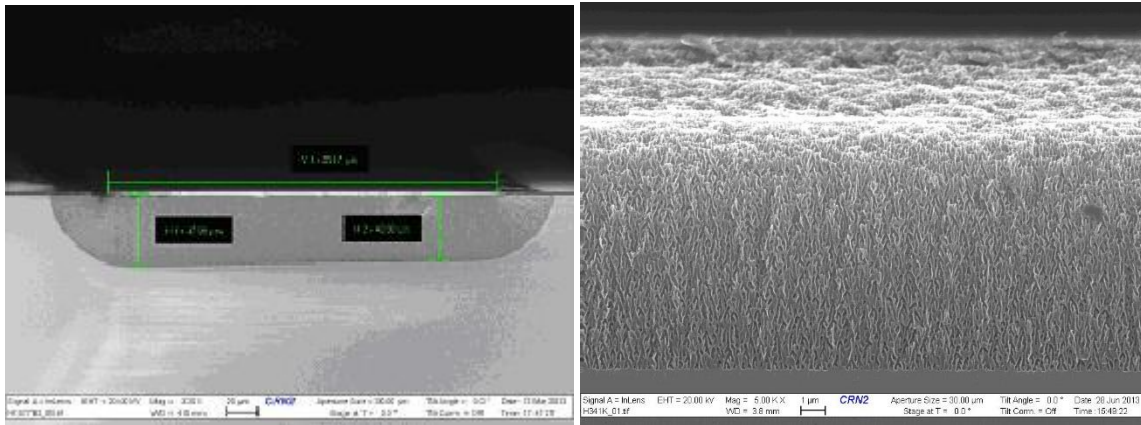


Figure 1 : Porosification sélective du SiC

P. J. Newby, B. Canut, J. Bluet, S. Gomes, M. Isaiev, R. Burbelo, K. Termentzidis, P. Chantrenne, L. G. Fréchette, V. Lysenko, *Amorphization and reduction of thermal conductivity in porous silicon by irradiation with swift heavy ions*, J. Appl. Phys., vol. 114, 2013.

P. Newby, J.-M. Bluet, V. Aimez, L.G. Fréchette, V. Lysenko. *Fabrication of porous silicon carbide*. In 8th Int'l Conf. Porous Semiconduc. Science & Tech. (PSST-2012), Malaga, Spain, March 25-30, 2012.

#### Financement :

Chaire de Recherche du Canada en Microfluidique et Microsystèmes Énergétiques  
CRSNG, Programme Découverte