

<b>Titre Thèse</b>	<b>Etude des propriétés thermoélectrique du polysilicium nanostructuré. Applications à la réalisation de microcapteurs thermiques (radiomètres, fluxmètres, débitmètres...)</b>	
<b>(Co)-Directeur</b>	<b>Katir ZIOUCHE</b>	E-mail : <a href="mailto:katir.ziouché@univ-lille.fr">katir.ziouché@univ-lille.fr</a>
<b>(Co)-Encadrant</b>		E-mail :
<b>Laboratoire</b>	<b>IEMN</b>	Web :
<b>Equipe</b>		Web :
<b>Financement prévu</b>	Contrat Doctoral Etablissement	ULille <input checked="" type="checkbox"/> UPHF <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> Yncrea <input type="checkbox"/>
	Région – Autre <input type="checkbox"/>	Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Préciser :
<b>Financement acquis ?</b> <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser	Autre <input type="checkbox"/> Préciser

### Résumé du sujet :

En thermoélectricité, la notion de **Facteur de mérite intrinsèque  $Z^*$**  permet de rendre compte de l'efficacité des dispositifs thermoélectriques (TE) et de leur capacité à convertir de façon plus réversible une énergie thermique en énergie électrique. La valeur de  $Z^*$  est une quantité intrinsèque et n'est fonction que des paramètres spécifiques des matériaux TE utilisés. De nombreuses études ont principalement été focalisées sur l'optimisation de ces matériaux TE constituant les thermocouples indépendamment les uns des autres (amélioration du facteur

$$\frac{\alpha^2 \sigma}{\kappa}$$

de mérite unitaire  $\kappa$  - i.e. optimisation des propriétés de transports électriques et thermique). De manière générale, le meilleur compromis est obtenu avec des matériaux ayant des concentrations de dopants de l'ordre de  $10^{18}$ - $10^{19}$  cm<sup>-3</sup>, valeurs que l'on retrouve dans les semi-conducteurs fortement dégénérés ou les semi métaux. Cependant, l'interdépendance des caractéristiques thermique, électrique et thermoélectrique des matériaux TE, ne permet pas une optimisation facile du ZT avec des valeurs qui, en général, n'excède pas l'unité<sup>1</sup>.

Certains modèles théoriques prédisent une forte hausse du facteur de puissance  $\sigma \cdot \alpha^2$  grâce aux effets quantiques dans les structures à basse dimensionnalité tels les supers réseaux à puits quantiques et les nanofils<sup>2,3</sup> mais aussi de réduire significativement la conductivité thermique à l'aide de la nanostructuration<sup>4,5</sup>.

L'objectif principal du travail de thèse proposé sera de mettre en œuvre une technique innovante permettant de nanostructurer des couches minces de polysilicium par anodisation sélective. L'intégration de ces nouveaux matériaux nanostructurés dans nos dispositifs TE compatibles CMOS (microcapteurs infrarouges et microthermogénérateurs<sup>6,7</sup>) devraient permettre une amélioration sensible de leurs performances. Il s'agira de développer des modèles permettant d'évaluer l'évolution des propriétés électrique, thermique et thermoélectriques mais aussi de mettre en œuvre leurs caractérisations. Par ailleurs, la modélisation thermique des structures d'ensemble sous COMSOL 3D<sup>®</sup> permettra l'optimisation des paramètres structuraux de ces dispositifs TE.

**$\alpha$  pouvoir thermoélectrique ( $\mu V/K$ ),  $\sigma$  conductivité électrique (S/m) et  $\kappa$  conductivité thermique (W/m.K)**

<sup>1</sup> C. J. Vineis, A. Shakouri, A. Majumdar, M. G. Kanatzidis, "Nanostructured Thermoelectrics: Big Efficiency Gains from Small Features," *Advanced Materials*, 2010. 22(36): p. 3970-3980

<sup>2</sup> L. D. Hicks and M. S. Dresselhaus, "Effect of quantum-well structures on the thermoelectric figure of merit," *Physical Review B*, Vol. 47, Iss. 19, May 1993

<sup>3</sup> L. D. Hicks and M. S. Dresselhaus, "Thermoelectric figure of merit of a one-dimensional conductor," *Physical Review B*, Vol. 47, Iss. 24, June 1993

<sup>4</sup> T. C. Harman, M. P. Walsh, B. E. Laforge, and G. W. Turner, "Nanostructured thermoelectric materials," *J. Electron. Mater.*, vol. 34, no. 5, pp. L19-L22, May 2005

<sup>5</sup> K. Biswas, J. He, Q. Zhang, G. Wang, C. Uher, V. P. Dravid, and M. G. Kanatzidis, "Strained endotaxial nanostructures with high thermoelectric figure of merit," *Nat. Chem.*, vol. 3, no. 2, pp. 160-166, Feb. 2011.

<sup>6</sup> K. Ziouche, Z. Yuan, P. Lejeune, T. Lasri, D. Leclercq, Z. Bougrioua, Silicon-based monolithic planar micro thermoelectric generator using bonding technology, *J. Micro. Syst.* 26 (2017) 45-47

<sup>7</sup> K. Ziouche, I. Bel-Hadj, Z. Bougrioua, Thermoelectric properties of nanostructured porous-polysilicon thin films, *Nano Energy* 80, (2021), 105553