

Offre de thèse PhD 2020-2023 H/F

Nanocomposites à base de GeTe pour la gestion et le recyclage de la chaleur en microélectronique : de la compréhension aux applications

Date de début entre le 01/10/2020 et le 01/01/2021

Laboratoires d'accueil :

Institut Lumière Matière (ILM, Lyon, <http://ilm.univ-lyon1.fr/>) et Institut Néel (Grenoble, <http://neel.cnrs.fr/>)

Groupe d'accueil :

(Nano)matériaux pour l'Énergie à l'ILM et Thermodynamique et Biophysique des Petits Systèmes à Néel

Encadrants

Valentina Giordano (valentina.giordano@univ-lyon1.fr)

Olivier Bourgeois (olivier.bourgeois@neel.cnrs.fr)

Pierre Noé (pierre.noe@cea.fr)

Mots clé : transport thermique, nanocomposite, thermoélectricité, mémoires à changement de phase

Sujet

Ce projet concerne l'étude de nouveaux matériaux pour résoudre le problème de la gestion de la chaleur en microélectronique et dans les applications de recyclage d'énergie. Un défi majeur pour la société moderne est représenté par la nécessité de réduire les pertes de chaleur, qui correspondent à peu près aux deux tiers de l'énergie produite toutes sources confondues.

Dans ce contexte, la nanostructuration a montré tout son potentiel : la présence d'interfaces et le mélange à la nano-échelle de matériaux avec des propriétés différentes peut affecter significativement la propagation des quasi-particules responsables du transport de la chaleur dans des semiconducteurs, les phonons, sans perturber les autres propriétés fonctionnelles, parmi lesquelles le transport électronique.

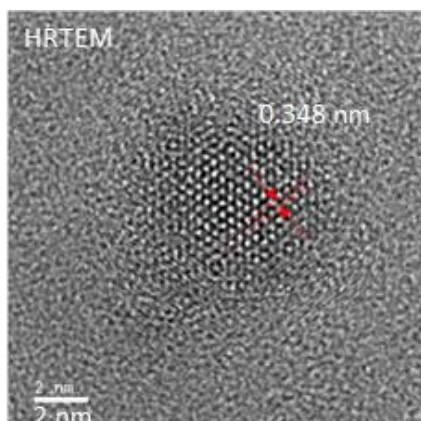


Figure 1: grain cristallin de ~7 nm entouré d'une matrice amorphe

Ici nous nous focalisons sur des nanocomposites à base de GeTe, faits de grains nanocristallins de GeTe entourés d'un matériau amorphe (Fig. 1). GeTe est un matériau à changement de phase qui a été très étudié dans le cadre des nouvelles technologies de mémoires à changement de phase. (PCM). Celles-ci sont des mémoires résistives non-volatiles dans lesquelles l'information est codée dans la phase amorphe ou cristalline du matériau. Le fort contraste de propriétés électroniques entre ces deux phases est utilisé pour coder le bit 0 ou 1 dans la cellule mémoire. Le changement de phase est caractérisé par une cinétique très rapide, et le chauffage s'effectue par effet Joule. Néanmoins, cela implique l'utilisation de forts courants électriques de programmation, donnant lieu à des échauffements locaux qui

limitent toute perspective de plus grande miniaturisation.

Des travaux récents ont montré que la nanostructuration permet de réduire fortement ces courants de programmation, suggérant une forte réduction de la conductivité thermique du matériau. Cette

réduction va aussi améliorer le pouvoir thermoélectrique du GeTe, c'est-à-dire son efficacité à transformer la chaleur perdue en courant électrique (conversion thermoélectrique). En effet, le potentiel thermoélectrique d'un matériau est inversement proportionnel à sa conductivité thermique. Ainsi, il serait possible de recycler la chaleur perdue dans les dispositifs microélectroniques.

Pour aller au delà de la preuve de concept, il est nécessaire de comprendre comment la nanostructuration affecte les propriétés de transport thermique ainsi que les propriétés thermoélectriques dans les nanocomposites à base de GeTe, en particulier au travers de paramètres tels que la taille des grains de GeTe, l'épaisseur de la couche mince de GeTe, les propriétés du matériau amorphe.

C'est là l'objectif du projet nanoCHARME financé par la région Auvergne-Rhône-Alpes, et impliquant l'Institut Lumière Matière, l'Institut Néel, le CEA-LETI ainsi que STMicroelectronics à Crolles, Grenoble.

Objectifs

L'objectif du projet est d'arriver à une compréhension fondamentale des mécanismes microscopiques régissant les propriétés de transport thermique dans les nanocomposites à base de GeTe. Dans ce but, on associera la mesure de la conductivité thermique en fonction des différents paramètres des nanostructures à l'étude des porteurs de chaleur dans ces matériaux : les électrons et les phonons (vibrations atomiques).

Le spectre des phonons sera étudié en utilisant la spectroscopie optique (Raman et Brillouin) ainsi que la diffusion inélastique des rayons X dans des sources de synchrotron. L'observation des effets de nanostructuration sur le spectre des phonons permettra de comprendre les modifications dans la contribution phononique à la conductivité thermique. L'étude des propriétés de transport électronique (résistivité, concentration des porteurs de charge) et du coefficient Seebeck permettra de comprendre les modifications de la contribution électronique au transport thermique et établir le potentiel thermoélectrique des nanocomposites optimisés.

Le ou la doctorant(e) sera en charge des mesures thermiques par la technique 3ω à l'Institut Néel, ainsi que des mesures des phonons à l'ILM et aux sources de synchrotron. Il/elle sera aussi en charge de la caractérisation thermoélectrique des nanocomposites à l'ILM.

Scientific Environment

A l'ILM l'étudiant.e sera intégré.e dans le groupe (Nano)matériaux pour l'énergie (NME).

NME réunit des experts du transport électronique et thermique, et il gère le pôle Transport de la plateforme technologique ILMTech, regroupant plusieurs montages expérimentaux pour la mesure des propriétés électroniques et thermoélectriques de basse (5K) à haute (900K) température. L'originalité de NME est son approche microscopique pour acquérir une compréhension fondamentale des propriétés de transport des matériaux pour les différentes applications dans la gestion et recyclage de l'énergie. Elle s'appuie sur l'expertise de S. Pailhes dans la caractérisation électronique par photoémission d'électrons en laboratoire et aux sources de synchrotron et celle de V. Giordano et S. Pailhès dans l'étude des phonons par spectroscopie optique au laboratoire et diffusion inélastique des rayons X et des neutrons aux sources de synchrotron et réacteurs de neutrons.

A l'Institut Néel, l'étudiant.e intégrera le groupe Thermodynamique des Petits Systèmes (TPS). O. Bourgeois, dans le groupe TPS, a développé depuis plus de 15 ans une expertise renommée dans les mesures thermiques de très hautesensibilité, notamment sur les nano-objets et les couches minces nanostructurées. Cette expertise a été largement utilisée pour étudier les propriétés thermiques de

matériaux pour les applications pour l'énergie et plus généralement pour la gestion innovante des flux de chaleur. Les différents montages expérimentaux permettent de balayer des très basses températures (30 mK) jusqu'à 400K.

La thèse se déroulera dans le contexte du consortium de nanoCHARME, en permettant à l'étudiant.e d'être en contact régulier avec tous les partenaires du projet (CEA-LETI et STMicroelectronics) et échanger avec des experts dans la synthèse des chalcogénures, le design des dispositifs mémoire, ainsi que la physique des matériaux à changement de phase. Cela lui donnera l'opportunité non seulement d'acquérir une formation à large spectre mais aussi d'avoir un contact avec le monde industriel, en travaillant en étroite collaboration avec une étudiante en thèse CIFRE en charge de la synthèse des nanocomposites.

Cette thèse permettra à la candidate ou au candidat de s'intégrer aussi dans une communauté scientifique très motivée et structurée autour d'organisations nationales telles que leGDR NAME Nanomaterials For Energy, C'Nano, SFP/JMC, GIS Thermoelectricity ou internationales (E-MRS, Eurotherm, International Conference of Thermoelectricity, International Thermoelectric Society etc...).

Profil et compétences requises

Le/la candidat.e doit avoir un diplôme d'ingénieur et/ou un diplôme de Master 2, avec une formation poussée en science des matériaux et en physique de la matière condensée.

Nous cherchons un.e étudiant.e très motivé.e ayant un fort intérêt pour la physique expérimentale et les sciences des matériaux, ainsi qu'un bon relationnel ; le dynamisme, la rigueur, ainsi qu'une capacité de travail en équipe seront appréciés. Le/la candidat.e devra pratiquer l'anglais oral couramment et si possible avoir des bases très solides en anglais écrit.

Salaire

En accord avec les réglementations française CNRS

2135 €/mois salaire brut (1715.89€ net)

Informations détaillées et Application

Pour plus d'informations, n'hésitez pas à nous contacter.

Pour candidater, merci d'envoyer à tous les encadrants par email le plus rapidement possible et avant le 30/06/2020 :

- Curriculum Vitae détaillé
- lettre de motivation
- les notes détaillées du cours de Master
- les coordonnées de deux référents

Les candidatures doivent être aussi envoyées par le Portail CNRS Emploi.