

Proposition de projet de stage de master

Conduction thermique dans un film de nitrure de bore hexagonal 2D

Lieu : Centre d’Énergétique et de Thermique de Lyon (CETHIL), UMR 5008 CNRS - INSA de Lyon, France

Durée : 6 months

Responsable de stage : Séverine GOMES (CETHIL), CNRS Director (severine.gomes@insa-lyon.fr)

Contexte et objectif

Le transport de la chaleur au sein des matériaux nanostructurés implique des mécanismes physiques très différents de ceux rencontrés dans les systèmes macroscopiques. La conduction thermique dans ces objets cesse d'être entièrement diffusive et une pléthore de phénomènes de transfert de chaleur tels que les régimes de transport balistiques-diffusifs ou hydrodynamiques de conduction thermique opèrent. Si ces phénomènes ont fait l'objet d'études théoriques intensives, ils ne sont pas encore compris, car la théorie n'est pas entièrement étayée par des mesures expérimentales.

Dans ce contexte, **le projet de stage de Master vise à étudier expérimentalement la conduction thermique dans un matériau 2D** : le nitrure de bore hexagonal 2D (2D-hBN). Ce matériau se caractérise par ses propriétés opto-électroniques exotiques ainsi que par sa robustesse mécanique, sa stabilité thermique et son inertie chimique. Il est largement étudié dans les transistors à effet de champ (FET), les dispositifs à effet tunnel, les émetteurs et détecteurs UV profonds, Cependant, la gestion thermique est le problème dominant dans tous ces domaines et la mesure thermique des matériaux 2D à l'échelle nanométrique reste un défi.

Pour aller au-delà de l'état de l'art, le projet de stage de Master propose de mesurer à l'aide d'un microscope thermique à sonde locale [1] les propriétés thermiques de matériaux 2D-hBN suspendus.

Programme de stage de master

Le plan de travail comprend les cinq étapes principales suivantes.

1. Comprendre les objectifs du projet grâce à une recherche bibliographique et apprendre à utiliser le microscope, lequel est basé sur un microscope à force atomique,
2. Réaliser la mesure de deux échantillons 2D-hBN (monocouche atomique et film épais) déjà existants,
3. Adapter une modélisation développée au laboratoire pour l'étude de nanofils suspendus [2] à la géométrie des échantillons 2D,
4. Identifier les propriétés thermiques des échantillons à l'aide du nouveau modèle et des données expérimentales,
5. Rédiger le rapport de stage.

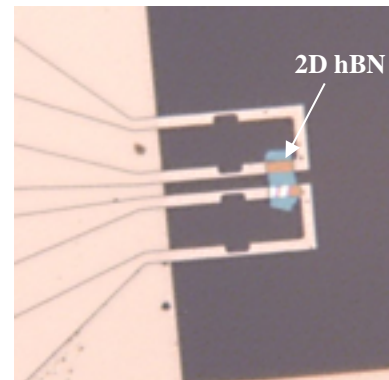


Fig.1 : Matériau suspendu à analyser.

Période de formation

6 mois du 1er février 2024 à fin juillet 2024.

References:

[1] Gomès et al. (2015). *Scanning thermal microscopy: A review*. *physica status solidi (a)*, 212(3), 477-494. [2] *Local heat dissipation and elasticity of suspended silicon nanowires revealed by dual scanning electron and thermal microscopies*. Sojo Gordillo, J.M.; Gadea, G.; Renahy, D.; Salleras, M.; Duque Sierra, C.; Vincent, P.; Fonseca, L.; Chapuis, P.-O.; Morata, A.; Gomès, S., Small (2024).

Master internship project proposal

Thermal conduction in a 2D hexagonal boron nitride film

Location: Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon (CETHIL), UMR 5008 CNRS - INSA de Lyon, France

Duration: 6 months

Advisor: Séverine GOMES (CETHIL), CNRS Director (severine.gomes@insa-lyon.fr)

Context and goal

Heat transport within nanomaterials involves very different mechanisms from that experienced in macroscopic systems. The heat flow in the solid ceases to be entirely diffusive in nanometric materials like grains, nanowires, 2D systems... A plethora of heat transfer phenomena such as thermal transport regimes beyond diffusive transport, like ballistic-diffusive or hydrodynamics regimes of heat conduction then operates. If these phenomena have been intensively theoretically studied, they are not yet understood, as theory is not fully properly backed up by experimental measurements.

In this context, **the Master internship project aims at studying experimentally the heat conduction regimes in a 2D material:** 2D hexagonal boron nitride (2D-hBN). This material is uniquely featured by their exotic opto-electrical properties together with mechanical robustness, thermal stability, and chemical inertness. It is extensively studied for application in field effect transistors (FETs), tunneling devices, deep UV emitters and detectors, photoelectric devices, and nanofillers. However, thermal management is the dominant problem in all these fields and 2D materials thermal measurement at the nanoscales remains challenging.

To go beyond the state of the art in the topic, the Master internship project proposes to measure the thermal properties of suspended 2D-hBN materials by means of a Scanning Thermal Microscopy instrument (SThM [1]).

Master internship Program

The work plan includes the following five main steps.

1. Understanding the project goals through bibliography research and learning how to use the SThM microscope, which is based on an atomic force microscope,
2. Performing experiments and measurements of already-existing 2D-hBN samples,
3. Adapting the modelling that was developed in the laboratory to study suspended nanowire [2] to the geometry of the investigated samples,
4. Identification of the thermal and mechanical properties of 2D-hBN samples using the new model and experimental data,
5. Write the internship report.

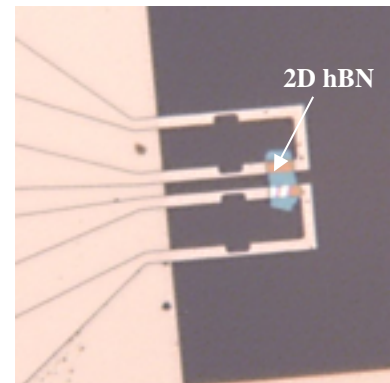


Fig.1: Suspended material to be analyzed.

Training period

6 months from February 1, 2024 to the end of July 2024.

References:

[1] Gomès et al. (2015). *Scanning thermal microscopy: A review*. *physica status solidi (a)*, 212(3), 477-494. [2] *Local heat dissipation and elasticity of suspended silicon nanowires revealed by dual scanning electron and thermal microscopies*. Sojo Gordillo, J.M.; Gadea, G.; Renahy, D.; Salleras, M.; Duque Sierra, C.; Vincent, P.; Fonseca, L.; Chapuis, P.-O.; Morata, A.; Gomès, S., *Small* (2024).