

Nano-contact thermique et paramètres d'influence en microscopie thermique à sonde locale

Localisation :

Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon (CETHIL)
UMR 5008 CNRS, INSA de Lyon, Université Claude-Bernard Lyon 1

Mots clés : nanosciences, nanomatériaux, conductivité thermique, microscopie thermique à sonde locale

Sujet de thèse :

Le développement des nanotechnologies et de nouveaux nanomatériaux pour l'énergie est fortement tributaire d'avancées significatives dans le domaine de la métrologie aux échelles submicroniques. Différentes métrologies à haute résolution spatiale et/ou temporelle sont actuellement en cours de développement pour les mesures thermiques. Parmi celles-ci, la microscopie thermique à sonde locale (S_{Th}M pour Scanning Thermal Microscopy) est une technique qui allie l'analyse de la topographie permise par la microscopie en champ proche de type AFM (Atomic Force Microscopy) et la mesure ultralocale de température et de propriétés thermophysiques par contact. De grandes avancées sont attendues grâce à ce type de métrologie, notamment parce que la description des transferts thermiques est très différente à l'échelle nanométrique : la loi de Fourier de la diffusion thermique est rarement applicable, le rayonnement thermique est différent et les mouvements de convection sont mal connus lorsque les tailles mises en jeu sont de l'ordre de celle de la couche limite.

La compréhension et la maîtrise de l'interaction thermique de proximité entre la pointe-sonde et la surface de l'objet à analyser est le principal verrou à lever pour caractériser et interpréter rigoureusement les mesures S_{Th}M. Comme l'ont montré des travaux antérieurs, plusieurs vecteurs de transfert thermique déterminent cette interaction : les micro et nano-contacts solide-solide entre la pointe et l'échantillon, les films dus aux molécules d'eau adsorbées entre la surface de la pointe et de l'échantillon, le gaz environnant et le rayonnement. La dépendance de ces mécanismes de transfert à la géométrie et à la taille de la pointe, à la chimie des surfaces et à d'autres facteurs tels

que la rugosité des surfaces est très mal connue. Par conséquent, la complexité des transferts de chaleur au contact entre la sonde et l'échantillon rend difficile l'évaluation des performances des techniques S_{Th}M, vis-à-vis de son environnement thermique immédiat et de la nature même des échantillons, de leur topographie etc...

L'objectif de cette thèse est d'apporter de nouveaux éléments pour améliorer la compréhension des transferts de chaleur au contact S_{Th}M. La contribution respective des différents mécanismes de transfert thermique mis en jeu lors d'une mesure dépend fortement des conditions environnementales de cette mesure et de la pointe utilisée. Les travaux de recherche à réaliser feront donc l'objet d'expériences dans différents environnements contrôlés avec des pointes thermiques de différentes caractéristiques (dimension, forme, composition...). Pour cela, des expériences inédites seront effectuées dans l'enceinte d'un microscope électronique à balayage (MEB) permettant notamment l'observation et le contrôle de l'état du contact pointe-échantillon lors des mesures (un montage spécifique est en cours de développement pour ces expériences). Le microscope S_{Th}M conventionnel du laboratoire sera par ailleurs instrumenté pour des mesures plus communes.

Afin de préparer les expériences et d'interpréter leurs résultats, une modélisation de la réponse de chacune des pointes utilisées (intégrant la modélisation des chaînes métrologiques) sera nécessaire. Il s'agira d'étalonner et de caractériser la mesure S_{Th}M avec différentes sondes et des échantillons de propriétés maîtrisées. Ceci permettra d'analyser, valider ou infirmer différents modèles de transferts de chaleur et de proposer une méthodologie d'identification des propriétés thermophysiques de matériaux pour chaque pointe.

Ce travail a donc pour objectif :

- d'obtenir des informations sur la modélisation des différents types d'échanges thermiques au contact pointe-échantillon,



- de discriminer les avantages et les inconvénients de différents types de pointe SThM en fonction de leurs géométries et conditions d'utilisation.

Différents échantillons nanostructurés seront analysés. La possibilité de transposer les résultats de ces actions de recherche à d'autres configurations permet d'envisager, par le biais de cette étude, de répondre à d'autres besoins de connaissances fondamentales en thermique des micro et nanotechnologies.

Ce travail sera effectué dans le cadre du projet collaboratif européen 'QUANTIHEAT' (<http://www.quantihheat.eu/>) financé par le 7ème PCRD, qui réunit 20 partenaires autour de la microscopie thermique à sonde locale et de ses applications. Des déplacements et des missions, notamment en Europe, sont à prévoir.

Prérequis : Le(la) candidat(e) possèdera un master (ou diplôme équivalent) en physique ou en sciences pour l'ingénieur. Il(Elle) sera intéressé(e) par, non seulement, les manipulations expérimentales mais également le développement de modèles en appui des expériences pour leur compréhension.

Encadrement de la thèse :

Séverine Gomès Chargée de Recherche CNRS (severine.gomes@insa-lyon.fr ; 04 72 43 64 28)

Financement : Thèse financée par une allocation du CNRS : rémunération forfaitaire brute mensuelle prévue pour tous les recrutements de doctorants de 1 757 €.

Procédure : Transmettre par e-mail votre CV, votre lettre de motivation ainsi que les noms de références qui pourront vous recommander.