

Sujet thèse / PhD subject 2024

Titre Thèse	Charge Storage Mechanisms via <i>Operando</i> Atomic Force Microscopy (AFM) for Supercapacitor Applications / Mécanismes de stockage de charge par microscopie à force atomique <i>Operando</i> (AFM) pour les applications de supercondensateurs	
(Co)-Directeur	Wan-Yu TSAI	E-mail : wan-yu.tsai@univ-lille.fr
(Co)-Directeur		E-mail :
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
Groupe(s)	CSAM	Web: https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/groupe-csam
Projet phare (principal)	Matériaux	
Demande thèse labellisée IEMN	Oui (these Chaire de Professeur Junior 2023)	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, acquis ou pas) :
Financement acquis <input type="checkbox"/> Financement partiellement acquis <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	Autre <input type="checkbox"/> Préciser :

Résumé du sujet :

Pour répondre à la demande croissante d'appareils électroniques portables, des technologies avancées de stockage d'énergie électrochimique qui stockent plus d'énergie à des régimes de charges rapides avec un faible coût et une stabilité à long terme sont nécessaires, ce qui fait des supercondensateurs des candidats prometteurs. Pour atteindre efficacement l'objectif d'une puissance et d'une densité énergétique élevées, une compréhension fondamentale des mécanismes de stockage de la charge à l'interface solide/liquide à l'échelle nanométrique est nécessaire. Les électrodes à base de films minces, généralement utilisées dans les micro-dispositifs (micro-supercondensateurs ou micro-batteries), sans additifs ni liants et avec des dimensions contrôlées, permettent de caractériser les propriétés intrinsèques des matériaux d'électrode pendant le fonctionnement du dispositif, ce qui les rend idéales pour les études mécanistiques. La microscopie à force atomique (AFM) est une technique puissante qui permet de sonder les propriétés mécaniques, électriques et électrochimiques des matériaux avec une résolution spatiale de l'ordre du nanomètre, voire du sous-nanomètre. Plus important encore, elle peut fonctionner pendant le fonctionnement du dispositif (en mode *operando* dans un environnement liquide), ce qui révèle des informations cruciales en temps réel sur le dispositif pendant le cycle. La thèse se concentrera sur l'étude des mécanismes de stockage de charge à l'échelle nanométrique pour les micro-supercondensateurs (électrodes en couches minces) en utilisant l'AFM *operando*, la diffraction des rayons X (DRX) et en les combinant avec d'autres techniques *operando* (Raman, spectroélectrochimie UV/Vis) afin d'avoir une bonne vue d'ensemble des propriétés des matériaux. L'électrode fabriquée à partir de techniques de couches minces (pulvérisation magnétron) se concentrera sur les matériaux pseudocapacitifs (RuN, VN, W₂N, MoN). Les électrolytes liquides étudiés dans ce système seront des électrolytes aqueux, des électrolytes organiques et des liquides ioniques. La plateforme PCMP de l'IEMN accueillera un nouvel AFM dans une boîte à gants au cours de l'exercice 2024. Le candidat au doctorat commencera par développer et valider la cellule AFM électrochimique à l'extérieur et à l'intérieur de la boîte à gants pour différents types d'électrolytes. Il elle étudiera ensuite les relations structure-propriétés du système électrode/électrolyte sélectionné en combinant les informations électrochimiques, mécaniques et structurales. Le candidat aura accès au Centre de Micro et Nano Fabrication (CMNF) où les couches minces seront déposées, à la Plateforme de Caractérisation Multi-Physique (PCMP) pour l'AFM et à l'Institut Chevreul pour les outils de caractérisation avancés (TEM, XPS, XRD...).

Sujet thèse / PhD subject 2024

Titre Thèse	Charge Storage Mechanisms via <i>Operando</i> Atomic Force Microscopy (AFM) for Supercapacitor Applications / Mécanismes de stockage de charge par microscopie à force atomique <i>Operando</i> (AFM) pour les applications de supercondensateurs	
(Co)-Directeur	Wan-Yu TSAI	E-mail : wan-yu.tsai@univ-lille.fr
(Co)-Directeur		E-mail :
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
Groupe(s)	CSAM	Web : https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/groupe-csam
Projet phare (principal)	Matériaux	
Demande thèse labellisée IEMN	Oui (these Chaire de Professeur Junior 2023)	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, acquis ou pas) :
Financement acquis <input type="checkbox"/> Financement partiellement acquis <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	Autre <input type="checkbox"/> Préciser :

Résumé du sujet :

To fulfill the increasing demand for portable electronic devices, advanced electrochemical energy storage (EES) technologies which store more energy at fast rates with low cost and long-term stability are required, making supercapacitors promising candidates. To achieve the high power and high energy density goal efficiently, fundamental understanding of the charge storage mechanisms at the solid/liquid interface at nanoscale is required. Thin film electrodes, typically used in the micro-devices (micro-supercapacitors or micro-batteries), without additives and binders and with controlled dimensions allow characterization of the electrode materials' intrinsic properties during device operation, making them ideal for mechanistic studies. Atomic Force Microscopy (AFM) is a powerful technique which probes the materials' mechanical, electrical and electrochemical properties with nanometer and sometimes sub-nanometer spatial resolution. More importantly, it can operate during the device operation (*operando* mode in liquid environment) which reveals crucial real-time information about the device during cycling. The PhD thesis will focus on investigating the charge storage mechanisms at nanoscale for micro-supercapacitor (thin film electrodes) using *operando* AFM, XRD and combined with other *operando* techniques (Raman, UV/Vis Spectroelectrochemistry) to have a nice overview of the material properties. The electrode made from thin films techniques (magnetron sputtering) will focus on pseudocapacitive materials (RuN, VN, W₂N, MoN). The liquid electrolytes studied in this system will be aqueous-, organic-based electrolytes and ionic-liquids. The PCMP platform at IEMN will host a new AFM in the glovebox in FY 2024. The PhD candidate will first develop and validate the electrochemical AFM cell both outside and inside of glovebox for different types of electrolyte. He or she will then investigate the structure-properties correlation of the selected electrode/electrolyte system by combining electrochemical, mechanical and structural information. The candidate will have accessed to the Micro and Nano Fabrication Center (CMNF) where the thin films will be deposited, the Multi-Physics Characterization Platform (PCMP) for AFM and Chevreul Institute for advanced characterization tools (TEM, XPS, XRD...).