

Simulation, fabrication et caractérisation de transducteurs piézoélectriques transparents à base de nanofils de ZnO

Sujet détaillé

Les dispositifs piézoélectriques suscitent un intérêt croissant en tant que micro-source d'énergie en récoltant l'énergie mécanique ambiante, et en tant que capteurs via l'effet piézoélectrique direct. Dans ce contexte, les matériaux semi-conducteurs sous forme de nanofils constituent un élément de base prometteur pour la fabrication de dispositifs innovants. Les nanofils présentent généralement un diamètre de plusieurs dizaines de nanomètres et une longueur d'environ un micromètre. Grâce à cette géométrie, ils présentent généralement une excellente qualité cristalline et bénéficient de propriétés physiques remarquables liées à leur rapport surface/volume élevé. L'oxyde de zinc (ZnO), semi-conducteur biocompatible composé d'éléments abondants, présente notamment de nombreux atouts et peut être fabriqué sous forme de nanofils par un grand nombre de techniques de dépôt. Grâce à sa structure cristalline wurtzite, les nanofils de ZnO se développent le long de l'axe c piézoélectrique. Les réseaux de nanofils de ZnO alignés verticalement sont donc sensibles aux contraintes mécaniques et sont susceptibles d'être intégrés dans des nanocomposites piézoélectriques visant soit à détecter des contraintes mécaniques (par exemple, les lecteurs d'empreintes digitales), soit à récolter avec une bonne efficacité l'énergie mécanique dans l'environnement et donc à jouer le rôle d'une micro-source d'énergie.

L'objectif de cette thèse de doctorat est d'explorer théoriquement et expérimentalement l'amélioration des performances des réseaux à haute densité de nanofils de ZnO de taille ultime sur un substrat transparent (par exemple le verre) recouvert d'une électrode conductrice transparente (AZO, etc.). Des nanofils de ZnO de dimensions et de propriétés contrôlées (états de surface, dopage) seront développés à l'aide d'une technique de dépôt chimique à faible coût et à basse température, ayant un faible impact sur l'environnement et un potentiel industriel élevé. L'intégration dans des dispositifs sera réalisée sur la base du savoir-faire du consortium de laboratoires. Des techniques de caractérisation complémentaires avancées seront utilisées au niveau des dispositifs et des nanofils : des montages fait maison seront utilisés au niveau des dispositifs. Des plates-formes AFM complémentaires (SSRM, SCM, TUNA, SMIM, etc.) seront utilisées pour caractériser les nanofils individuels. Toutes ces données expérimentales (géométrie, dopage, états de surface) nous aideront à construire et à valider une plateforme de simulation à la fois au niveau du nanofil unique et du dispositif. La plateforme de simulation fournira des directives d'optimisation pour les futurs capteurs et dispositifs de récupération d'énergie.

Références:

1. M. Parmar et al. *Nano Energy* 56 859-867 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.11.088>
2. S. Lee et al. *Adv. Funct. Mater.* 24 1163-1168 (2014). DOI: <https://doi-org.gaelnomade-2.grenet.fr/10.1002/adfm.201301971>
3. J. Villafuerte et al, *Nano Energy* 114 108599 (2023), <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211285523004366>
4. T. Jalabert et al. *Nanotechnology* 34 115402 (2023). DOI 10.1088/1361-6528/acac35
5. R. Tao et al., *Adv. Electron. Mater.* 4(1) 1700299 (2018). DOI: 10.1002/aelm.20170029
6. A. Lopez et al, *Nanomaterials* 11(4) 941 (2021). <https://doi.org/10.3390/nano11040941>
7. A. Lopez et al., *Journal of Physics D: Applied Physics* 56 125301 (2023). DOI 10.1088/1361-6463/acbc86
8. C. Lausecker et al. *Inorganic Chemistry* 60 (3) 1612-1623 (2021) <https://doi-org.sid2nomade-2.grenet.fr/10.1021/acs.inorgchem.0c03086>
9. Q. C. Bui et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* 12 (26) 29583–29593 (2020) <https://doi-org.sid2nomade-1.grenet.fr/10.1021/acsami.0c04112>
10. M. Manrique et al., *Energy Technol.* 2301381 (2024), <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ente.202301381>

Localisation

Le candidat travaillera dans l'équipe Micro Nano Electronics Devices (CMNE) du Centre de radiofréquences, d'optique et de micro-nanoélectronique des Alpes (CROMA), dans l'équipe Nanomatériaux et Hétérostructures Avancées (NanoMAT) du Laboratoire de Génie Physique et Matériaux (LMGP), dans l'équipe PROSPECT du LTM et dans l'équipe Plateforme de Nanocaractérisation (PFNC) du CEA-LETI.

Liens internet: <https://croma.grenoble-inp.fr/>, <http://www.lmgp.grenoble-inp.fr/>, <https://lrm.univ-grenoble-alpes.fr/>, <https://lrm.univ-grenoble-alpes.fr/research>, <https://www.leti-cea.fr/cea-tech/leti/Pages/recherche-appliquee/infrastructures-de-recherche/plateforme-nanocaracterisation.aspx>

Profil et compétences requises :

Le (la) candidat (e) doit être un étudiant en école d'ingénieur ou en Master 2 dans les domaines de l'électronique, des nanosciences et/ou de la physique des semi-conducteurs. Il est souhaitable que le candidat ait des connaissances dans un ou plusieurs de ces domaines : physique des semi-conducteurs, simulation par éléments finis, microscopie à force atomique (AFM), techniques de salle blanche et caractérisations associées (SEM, etc.). Les notes et le rang obtenus en licence et surtout en master constituent un critère de sélection très important pour l'école doctorale. Des compétences spécifiques en matière de travail en équipe et d'expression orale et écrite en anglais seront appréciées. Nous recherchons des candidats dynamiques et très motivés.

Financement de la thèse de doctorat: Le financement est disponible via le LABEX Microélectronique (2024 - 2027) regroupant le CROMA, le LMGP, le LTM, et le CEA-LETI dans la région grenobloise..

Contacts

Dr. Gustavo ARDILA	gustavo.ardila@univ-grenoble-alpes.fr	Tel : 04.56.52.95.32
Dr. Vincent CONSONNI	vincent.consonni@grenoble-inp.fr	Tel : 04.56.52.93.58
Dr. Bassem SALEM	bassem.salem@cea.fr	Tel : 04.38.78.24.55
Dr. Gwenael LE RHUN	gwenael.le-rhun@cea.fr	Tel : 04.38.78.12.29