

Vendredi 15 Décembre
14h, Amphithéâtre C2N

Développement de dispositifs à base de nanofils de Ga(In)N pour des applications piézoélectriques

Amaury CHEVILLARD

Directrice de thèse : Noëlle Lebeau Gogneau.

Co-encadrante : Maria Tchernycheva

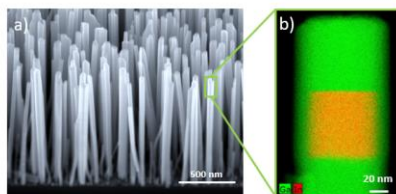
Membres du jury :

Rapporteurs : Yamin Leprince (Professeure, Université Gustave Eiffel) et Joël Eymery (DR, CEA Grenoble)

Examineurs : Pierre-Eymeric Janolin (professeur, Centralesupélec), Vincent Sallet (CR, GEMaC) et Gustavo Ardila (Maître de conf, IMEP-LAHC)

Abstract :

Au cours des dernières années, les nanofils (NFs) de nitrure de gallium (GaN) ont démontré leur potentiel pour une utilisation dans des dispositifs piézoélectriques. En plus des propriétés de grande stabilité chimique et thermique, et de biocompatibilité du GaN, les NFs ont l'avantage d'avoir une plus grande résistance mécanique et de meilleures propriétés piézoélectriques que le matériau massif. Ces particularités ouvrent alors la voie à une utilisation des dispositifs à NFs à la fois pour des capteurs de force sensibles à de très faibles déformations et pour des systèmes de récupération d'énergie ultra-compacts pour alimenter des dispositifs microélectroniques. Afin de pouvoir employer ceux-ci dans des cadres applicatifs, il est indispensable d'augmenter leur piézo-conversion. Deux axes s'ouvrent alors : l'amélioration des propriétés du matériau et l'optimisation de la conception du dispositif complet au regard de l'application visée. Dans cette thèse, ces deux axes sont abordés. Les étapes de fabrication des dispositifs sont présentées avec leurs objectifs et difficultés. Un système de caractérisation piézoélectrique macroscopique approchant les conditions de sollicitation réelles est utilisé pour l'étude de dispositifs fabriqués. D'un point de vue propriété du matériau, il est démontré que l'insertion d'InGaN dans le volume des NFs de GaN engendre une amélioration systématique des propriétés de piézo-conversion, atteignant une amplitude de tension de 71,4 mV pour une excitation sinusoïdale de 5 N d'amplitude et 210 Hz, et une densité de puissance maximale de 23,1 mW/cm³ (3,2 μW/cm²) en contact intermittent à 5 N de force maximale et 10 Hz. D'un point de vue de la conception du dispositif, l'influence sur la piézo-génération de la dureté de la matrice polymère encapsulant les NFs de GaN est discutée et complétée par des mesures de module de Young du composite nanofils/matrice. Pour les NFs de GaN présentant un diamètre inférieur à 100 nm, leur efficacité de piézo-conversion dépend fortement des charges de surface, et donc de leur environnement direct. La matrice exerce donc ici une seconde influence sur la piézo-génération du dispositif. Afin d'explorer cette incidence, des dispositifs avec différentes matrices polymères de duretés comparables, pour des NFs de GaN et de GaN/Al₂O₃, sont étudiés. Enfin, la dureté des électrodes de collecte des énergies générées est abordée. Tous ces aspects mettent en évidence les choix technologiques qui doivent être fait au regard de l'application visée.



- a) Image MEB de nanofils de Ga(In)N, b) image TEM-EDX d'un nanofil de Ga(In)N, c) courbe de réponse piézoélectrique en densité volumique de puissance et amplitude de tension en fonction de la résistance de charge, d) photo d'un dispositif

