

Études de transistors à gaz 2D à base de nitrures par mesure de courant induit par faisceau d'électron

Cadre général :

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet Novel AlGa_N channel transistors for high voltage applications (ACTION) financé par l'Agence Nationale de la Recherche. Ce projet vise à développer et améliorer des technologies à base de GaN pour des applications dans les domaines des hautes tensions (convertisseurs d'énergie électrique). Au cours des dernières années, de remarquables progrès sont apparus avec des transistors à hautes mobilités (HEMT) pour l'amplification de puissance et la commutation à hautes fréquences. Les transistors les plus matures sont composés d'une hétérojonction AlGa_N/GaN mais d'autres structures à base d'hétérojonctions (In)(Ga)AlN/GaN avec une couche très fine (inférieure à 10 nm) riche en Al sont à l'étude. Elles permettent d'accroître la densité du gaz d'électrons à deux dimensions dans le canal du transistor et sont compatibles avec un grand rapport de taille entre la longueur de la grille et la longueur du canal pour des grilles inférieures à 100 nm. Ces propriétés conduisent à des vitesses de fonctionnement plus élevées. Pour augmenter le gain en puissance à haute fréquence, les hétérojonctions à base de GaN sont fabriquées sur des substrats à forte dissipation thermique. Le projet s'intéresse aux nouvelles hétérojonctions contenant une couche fine riche en Al sur différents types de substrats mais principalement sur Si. Le projet a pour objectif d'améliorer la tenue en tension des transistors à haute mobilité en GaN pour des applications au-delà du kilovolt.

Sujet exact, moyens disponibles :

L'objectif de ce stage est d'étudier ces nouvelles structures HEMT en utilisant la technique de courant induit par faisceau d'électron (EBIC) afin d'imager le champ électrique, identifier les défauts à l'origine des inhomogénéités de ce champ et du claquage à haute tension. Pour cela, l'étudiant.e sera formé.e afin d'utiliser un microscope à balayage électronique muni d'un système de positionnement de pointes pour contacts électriques afin de réaliser les mesures d'EBIC. Elle/il pourra s'appuyer sur un savoir-faire de l'équipe encadrante qui a récemment mise en œuvre cette technique de mesures sur des nano- et micro-structures (voir par exemple les refs [1-5]). Les échantillons seront épitaxiés par le CHREA de Valbonne sur des substrats EASYGAN. Les composants seront ensuite réalisés en salle blanche par un doctorant de l'IEMN de Lille. La/le stagiaire sera impliqué.e dans la caractérisation EBIC des échantillons, l'analyse des données, la proposition de modèles physiques et la mise en forme des résultats.

Références :

- [1] P. Tchoulfian, F. Donatini, F. Levy, A. Dussaigne, P. Ferret, and J. Pernot, *Direct Imaging of p-n Junction in Core-Shell GaN Wires*, Nano Lett. **14**, 3491 (2014).
- [2] F. Donatini, A. de Luna Bugallo, P. Tchoulfian, G. Chicot, C. Sartet, V. Sallet, and J. Pernot, *Comparison of Three E-Beam Techniques for Electric Field Imaging and Carrier Diffusion Length Measurement on the Same Nanowires*, Nano Lett. **16**, 2938 (2016).
- [3] A.-M. Siladie, G. Jacopin, A. Cros, N. Garro, E. Robin, D. Caliste, P. Pochet, F. Donatini, J. Pernot, and B. Daudin, *Mg and In Codoped P-Type AlN Nanowires for Pn Junction Realization*, Nano Lett. **19**, 8357 (2019).

INSTITUT NEEL Grenoble

Proposition de stage Master 2 - Année universitaire 2022-2023

[4] T. Shimaoka, H. Umezawa, K. Ichikawa, J. Pernot, and S. Koizumi, *Ultrahigh Conversion Efficiency of Betavoltaic Cell Using Diamond Pn Junction*, Appl. Phys. Lett. **117**, 103902 (2020).

[5] T. Lassiak, P. Tchoulfian, F. Donatini, J. Brochet, R. Parize, G. Jacopin, and J. Pernot, *Nanoscale Dopant Profiling of Individual Semiconductor Wires by Capacitance–Voltage Measurement*, Nano Lett. **21**, 3372 (2021).

Interactions et collaborations éventuelles :

La ou le stagiaire sera intégré.e au sein de l'équipe SC2G et travaillera en relation étroite avec le pôle optiques et microscopies de l'Institut Néel. Il travaillera en particulier avec Fabrice Donatini, responsable du microscope électronique à balayage utilisé dans le cadre de ce stage. Il participera aussi aux réunions incluant les différents partenaires du projet ACTION.

Ce stage pourra se poursuivre par une thèse (ou ce sujet est limité à un stage M2...).

Ce stage pourra se poursuivre en thèse sur un sujet portant sur les mêmes structures de transistors centré sur l'EBIC mais élargi à d'autres techniques de caractérisation optique, comme la cathodoluminescence, ou électrique, comme la deep level transient spectroscopy, les mesures capacité-tension, mais également de simulation de type éléments finis basée sur les équations de Schrödinger-Poisson. Le financement de cette thèse, qui débutera en septembre ou octobre 2022, est déjà acquis.

Formation / Compétences :

Le ou la candidate devra avoir une formation de physicien.ne du solide avec des connaissances en physique des semi-conducteurs. Elle/il devra avoir un profil d'expérimentateur avec une appétence pour l'analyse de données et la mise en place de modèles physiques. Il ou elle devra être capable de s'intégrer facilement au sein d'une équipe de recherche et de communiquer ses résultats en anglais.

Période envisagée pour le début du stage : Janvier à mars 2022 pour une durée de 4 à 5 mois environ.

Contact : Pernot Julien

Institut Néel - CNRS : julien.pernot@neel.cnrs.fr

Plus d'informations sur : <http://neel.cnrs.fr>