

SUJET DE THESE

Etude des propriétés de transport électronique dans les transistors de puissance à base de GaN

Contexte du sujet

Cette thèse s'inscrit dans le cadre des projets HUGE (High frequency GaN Electronics) et HBV (High Breakdown Voltage) financés par l'Agence Nationale de la Recherche via le laboratoire d'excellence GaNext. Ces projets visent à développer et améliorer des technologies à base de GaN pour des applications dans les domaines des hautes fréquences (télécommunications 5G, militaires et spatiales) et des hautes tensions (convertisseurs d'énergie électrique).

Au cours des dernières années, de remarquables progrès sont apparus avec des transistors à hautes mobilités pour l'amplification de puissance et la commutation à hautes fréquences. Les transistors les plus matures sont composés d'une hétérojonction AlGaIn/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 distance entre la grille et le 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 HUGE s'intéressera aux nouvelles hétérojonctions contenant une couche fine riche en Al sur différents types de substrats (Si, SiC,...). Pour développer des amplificateurs de puissance opérant au-delà de la bande W (75-110 GHz), l'obtention de transistors avec une grande linéarité et une excellente fiabilité sont nécessaires. L'objectif est d'aboutir à un démonstrateur d'amplificateur à ondes millimétriques.

Par ailleurs, le projet HBV étudiera les composants latéraux de puissance élaborés sur des substrats riches en Al et aura pour objectif d'améliorer la tenue en tension des transistors à haute mobilité en GaN pour des applications au-delà du kilovolt.

Pour accompagner les projets HUGE et HBV dans leur réussite, des améliorations au niveau de la pureté des matériaux et des étapes technologiques sont essentielles. Elles se traduisent par une réduction du courant de fuite, une diminution des effets de piégeage, une optimisation de la mobilité des porteurs et une augmentation de la tension de claquage.

Objectifs de la thèse

L'objectif de la thèse est de détecter les défauts électriquement actifs dans les couches actives du transistor par Deep-Level Transient Spectroscopy, Deep-Level Optical Spectroscopy et spectroscopie d'admittance au sein de l'Institut Néel. Cette étude sera complétée par des mesures de mobilité des électrons situés dans le canal du transistor par effet Hall en fonction de la température au Laboratoire Charles Coulomb (L2C). Les résultats expérimentaux conduiront à une meilleure compréhension des mécanismes de transport en jeu dans les différents composants. Des échanges réguliers entre les laboratoires chargés de la caractérisation (Néel et L2C) et de la fabrication des dispositifs (CRHEA et IEMN) auront pour but d'améliorer les performances des transistors de puissance opérant à haute fréquence et d'augmenter leur tension de claquage.



Profil du candidat recherché

De niveau master ou école d'ingénieur, la ou le candidat(e) doit avoir des connaissances en physique des semi-conducteurs et composants. Une expérience en caractérisation de dispositifs microélectroniques serait un plus.

Laboratoire d'accueil

La thèse se déroulera au sein de l'Institut Néel à Grenoble. Des campagnes de mesures ponctuelles se dérouleront au Laboratoire Charles Coulomb à Montpellier.

Date de démarrage

Le début de la thèse est prévu pour le 1^{er} octobre 2020.

Financement

Le financement de la thèse est assuré par le laboratoire d'excellence GaNext pour 3 ans.

Directeurs de thèse et contact pour renseignements

Philippe Ferrandis (philippe.ferrandis@neel.cnrs.fr)

Co-encadrement

Julien Pernot (julien.pernot@neel.cnrs.fr)

Sylvie Contreras (Sylvie.Contreras@umontpellier.fr)

Etablissement d'inscription

Université Grenoble Alpes

Ecole doctorale

Ecole doctorale de Physique de l'Université Grenoble Alpes

PhD THESIS PROPOSAL

Study of electronic transport properties in GaN-based power transistors

Subject

This thesis takes part of the HUGE (High frequency GaN Electronics) and HBV (High Breakdown Voltage) projects, funded by the French agency “Agence Nationale de la Recherche” via the GaNext laboratory. The scope of these projects is to provide leading edge technologies in the field of III-V semiconductor compounds through the development and the improvement of wide band gap GaN technologies for high frequency (5G, space or military telecommunications) and high voltage applications (electric converters).

In the last decades, remarkable progresses have been achieved with GaN high electron mobility transistors (HEMTs) for use in high-frequency power amplification and switching applications. The most matured transistors are based on AlGaN/GaN heterostructures but others structures with Al-rich ultrathin sub-10 nm (In)(Ga)AlN/GaN heterojunctions are under investigation. They can provide more than two times higher 2 Dimensional-Electron-Gas (2DEG) sheet carrier density while benefiting from high aspect ratio (gate length / gate to channel distance) down to sub-100 nm gate lengths. Such properties lead the transistors to operate at much higher speed. To increase the power gain at high frequency, the GaN-based heterojunctions are performed on substrates with a high thermal dissipation.

The HUGE project will be focused on new heterojunctions containing an ultrathin Al layer on several type of substrates (Si, SiC,...). To develop amplifiers operating up to the W-band (75-110 GHz), the transistors will require high linearity and reliability. The goal is to demonstrate a highly efficient GaN power amplifier in the millimeter-waves.

Furthermore, the HBV project will study power lateral devices fabricated on Al-rich substrates and will be focused on the improvement of the breakdown voltage of HEMTs to reach applications needing a voltage greater than the kilovolt.

To succeed, material purity and technological steps have to be improved. This will conduct to a leakage current reduction, a trapping effect decrease, an optimization of the carrier mobility and an increase of the breakdown voltage.

Objectives of the thesis

The aim of the thesis is to detect electrical active defects in active layers of the transistor by Deep-Level Transient Spectroscopy, Deep-Level Optical Spectroscopy and Admittance Spectroscopy at the Néel Institute. Mobility measurements of electrons located in the channel of the transistor by Hall Effect as a function of the temperature will be conducted at the Charles Coulomb laboratory (L2C) to complete the study. Experimental results will provide a better understanding of the transport mechanisms involved in the devices. Regular interactions between characterization (Néel, L2C) and fabrication (CRHEA, IEMN) laboratories will occur to improve the performances of high frequency power transistors.

**Profile of the candidate**

The master or engineer school graduated candidate should have a good background in physics of semiconductors and devices. Knowledge in electrical characterization of microelectronic devices would be an advantage.

Laboratories

The thesis will be done in the Néel Institute at Grenoble. Punctual campaigns of measurement will occur in the Charles Coulomb laboratory at Montpellier.

Date of start

October 1st, 2020

Funding

The thesis is funded by the GaNext laboratory for 3 years

Main supervisor of the thesis and contact for information

Philippe Ferrandis (philippe.ferrandis@neel.cnrs.fr)

Others supervisors of the thesis

Julien Pernet (julien.pernot@neel.cnrs.fr)

Sylvie Contreras (Sylvie.Contreras@umontpellier.fr)

Administrative registration

Grenoble Alpes University

PhD school

Doctoral school of Physics of the Grenoble Alpes University