



Cotutelle : Univ. Orleans – Kyoto Institute of Technology

Procédés de gravure du GaN et du Ga₂O₃ par plasma appliqué à l'efficacité énergétique

Objectif de la thèse : Développer et caractériser des procédés de gravure du GaN et du Ga₂O₃.

Description :

Dans le cadre d'une collaboration avec STMicroelectronics (Tours), ce projet vise à maîtriser les procédés de gravure du GaN par plasma, brique technologique indispensable à la microfabrication des composants de puissance de dernière génération. Nous nous intéressons à deux procédés différents pour graver le même matériau.

Le premier doit permettre de former des gravures profondes (plusieurs microns d'épaisseur) des couches de « buffer » ou couches « tampons » entre le silicium et le GaN. Ce « buffer » est composé de différents matériaux qui se gravent par plasma avec une chimie à base de chlore. Il faudra en outre adapter le procédé de gravure pour chacune des couches et mettre au point une détection de fin d'attaque pour chacune d'elles. Un effort important sera porté sur la caractérisation plasma pour comprendre son effet sur la gravure.

Le deuxième procédé concerne la gravure de la surface de GaN sur quelques dizaines de nanomètres avec une précision de l'ordre du nanomètre. Ce procédé est utilisé pour la microfabrication des transistors HEMT, pour lesquels il est important de maintenir un gaz bidimensionnel d'électrons (2DEG) dans une structure AlGaIn/GaN. Au cours d'un précédent projet, un procédé ALE (Atomic Layer Etching) du GaN a été mis au point à partir de chimies chlorées et fluorées. La chimie fluorée a permis d'obtenir un bon contrôle de la gravure, couche atomique par couche atomique et de réduire la rugosité. Il est prévu de mettre au point un procédé de cryo-ALE du GaN afin de minimiser les défauts de surface et d'améliorer les caractéristiques électriques des dispositifs.

Enfin, un autre type de matériau à base de gallium sera étudié : l'oxyde de gallium (Ga₂O₃). Ce matériau possède des propriétés particulièrement intéressantes pour la microélectronique de puissance et pourrait être un candidat sérieux pour certaines classes de composants de puissance. En particulier, il a une bande interdite et une tension de claquage bien plus élevées que celles du GaN. Plusieurs chimies, à la fois chlorées et fluorées, sont envisageables pour ce matériau et seront testées au GREMI.

Le GREMI est l'un des seuls laboratoires en France à travailler sur la cryogravure. Ce sera, à notre connaissance, les premiers essais de cryo-ALE du GaN. Les travaux seront menés au GREMI en étroite collaboration avec STMicroelectronics. Une partie des travaux sera effectuée en salle blanche (gravure sur réacteur à base de Cl₂, préparation d'échantillons : dépôt, lithographie...)

La thèse sera également dirigée en cotutelle avec le Kyoto Institute of Technology (KIT). Des études fondamentales sur le plasma et son interaction avec le matériau pourront être menées dans l'équipe de Kazuo Takahashi du KIT.

Il s'agit d'un travail expérimental. Des expériences pourront être réalisées au CERTeM avec le laboratoire GREMAN et STMicroelectronics.

Encadrement : Le doctorant sera encadré par :

2 enseignants chercheurs du GREMI: Thomas Tillocher et Rémi Dussart.

1 enseignant chercheur au KIT : Kazuo Takahashi.

1 ingénieur expert en gravure de STMicroelectronics : Mohamed Boufnichel

1 ingénieur de recherche du GREMI : Loïc BECERRA

Date limite de candidature: 2025/05/16

Démarrage des travaux : Octobre 2025

Support financier: contrat Nano2025 - IPCEI project (*Important Projects of Common European Interest*)

Contacts : remi.dussart@univ-orleans.fr (02 38 49 48 72)

Thomas.Tillocher@univ-orleans.fr (02 38 41 73 87)



Cotutelle : Univ. Orleans – Kyoto Institute of Technology

GaN and Ga₂O₃ plasma etching processes applied to energy efficiency

Objective : Develop GaN and Ga₂O₃ etching processes and study involved physical and chemical mechanisms.

Description :

Within a collaboration with STMicroelectronics (Tours), the project aims at developing and controlling GaN plasma etching processes, which is a crucial step in the microfabrication of up-to-date power components. The candidate will develop and focus on two different processes to etch the same material.

The first process consists in studying deep etching of buffer layers between Si and GaN. The buffer layer is composed of different materials, which can be etched with chlorine based chemistry. An endpoint detection technique will also be proposed and developed to monitor the etching of the different materials during the process. An important part of the work will consist in characterizing the plasma to better understand its effect on the material.

The second process will be dedicated to atomic layer etching (ALE) to reach a very good accuracy to etch a 20 nm thick GaN layer HEMT components, for which a 2 dimensional electron gas (2DEG) has to be maintained in a AlGaIn/GaN structure. During a previous project, ALE of GaN was developed from chlorine and fluorine based chemistries. Fluorine based chemistry gave promising results to control the etching at the atomic scale and reduce the surface roughness. Within this new project, a cryogenic ALE process will be developed in order to minimize surface defects and enhance the electrical characteristics of the device.

At last, another gallium based material will be investigated: gallium oxide (Ga₂O₃). This material has very interesting properties for power microelectronic and could play an important role in the next generation of some power components. In particular, its band gap is wider and it has a much higher breakdown voltage than GaN. Several chemistries (fluorine and chlorine based) will be tested at GREMI to etch this material.

GREMI lab is one of the only labs in France working on cryoetching. To our knowledge, this will be the first time that cryo-ALE is tested for GaN etching.

Experiments will be carried out at GREMI in close collaboration with STMicroelectronics. A part of the experiments will be performed in the clean room facility (Cl based etching reactor, sample preparation including lithography and deposition steps.) This PhD work will be led in *cotutelle* within a collaboration program on plasma characterization and fundamental etching mechanisms between Kyoto Institute of Technology (KIT) and GREMI lab. The PhD candidate will perform measurements (plasma and material characterization) in Prof. Kazuo Takahashi's lab at KIT.

The PhD candidate will basically focus on experiments

Some experiments might be carried out at CERTeM in collaboration with GREMAN and STMicroelectronics.

Supervisors :

2 professors from GREMI lab: Thomas Tillocher and Rémi Dussart.

1 professor from KIT : Kazuo Takahashi.

1 expert in etching at STMicroelectronics : Mohamed Boufnichel

1 research engineer at GREMI : Loic BECERRA

Application deadline: 2025/05/16

Work beginning : October, 2025

Financial support: Nano2025 - IPCEI project (*Important Projects of Common European Interest*)

Contacts : remi.dussart@univ-orleans.fr (02 38 49 48 72)
Thomas.Tillocher@univ-orleans.fr (02 38 41 73 87)