



**HAL**  
open science

## Développement technologique d'un HEMT normally-off avec une grille à barrière P-GaN

Chaymaa Haloui, Josiane Tasselli, Karine Isoird, David Trémouilles, Patrick Austin, Mathieu Gavelle, Frédéric Morancho

► **To cite this version:**

Chaymaa Haloui, Josiane Tasselli, Karine Isoird, David Trémouilles, Patrick Austin, et al.. Développement technologique d'un HEMT normally-off avec une grille à barrière P-GaN. Journées Nationales du Réseau Doctoral en Micro-nanoélectronique (JNRDM), Jun 2019, Montpellier, France. hal-02278808

**HAL Id: hal-02278808**

**<https://laas.hal.science/hal-02278808>**

Submitted on 4 Sep 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Développement technologique d'un HEMT normally-off avec une grille à barrière P-GaN

Chaymaa HALOUI<sup>1,2</sup>, Josiane TASSELLI<sup>1</sup>, Karine ISOIRD<sup>1</sup>, David TRÉMOUILLES<sup>1</sup>, Patrick AUSTIN<sup>1</sup>, Mathieu Gavelle<sup>2</sup>, Frédéric MORANCHO<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, UPS, Toulouse, France  
<sup>2</sup>CEA Tech Occitanie, Toulouse, France

## 1. INTRODUCTION

L'augmentation de la consommation électrique et l'évolution des besoins en électronique de puissance nécessitent de nouveaux composants intégrés de puissance ayant une forte densité de courant et assurant une meilleure efficacité de conversion d'énergie. La technologie des transistors à haute mobilité électronique en nitrure de gallium (HEMT GaN) est très prometteuse et répond à ces exigences énergétiques. Cependant, ces transistors présentent l'inconvénient d'être normally-on : leur canal est peuplé d'électrons même à une tension de grille nulle. Pour des raisons de sûreté de fonctionnement, de nombreuses recherches se sont focalisées sur le développement de transistors normally-off. Nous présentons ci-dessous les travaux de réalisation technologique d'une nouvelle structure HEMT normally-off en GaN avec une grille à barrière P-GaN.

## 2. HEMT AVEC GRILLE A BARRIERE P-GAN

Le principe de cette structure consiste à insérer une couche de GaN de type P dans la couche d'AlGaN en dessous de l'électrode de grille (Fig. 1). L'intérêt de la couche de P-GaN est de rendre le transistor normally-off [1]. Les résultats de simulation montrent que cette structure peut afficher une tension de seuil supérieure à 2V [2].

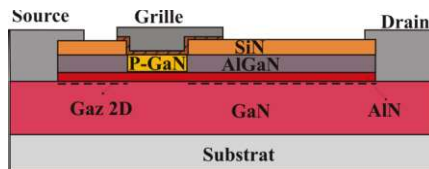


Fig. 1. Structure d'un HEMT en GaN avec une grille à barrière P-GaN

## 3. PROCEDE DE REALISATION TECHNOLOGIQUE

La réalisation de cette structure nécessite de passer par un ensemble d'étapes technologiques. L'étape d'ouverture de grille a été développée en amont du procédé de fabrication, en raison de sa criticité. En effet, la tension de seuil du transistor dépend de l'épaisseur de l'AlGaN gravé et de la qualité de surface après gravure. Nous présentons alors les différents résultats de l'étape de gravure de l'AlGaN.

L'objectif de cette étape est de graver 25 nm d'AlGaN et de s'arrêter sur 1 nm d'AlN. À notre connaissance, il n'existe pas de recettes de gravure permettant d'obtenir une sélectivité de gravure suffisante entre l'AlGaN et l'AlN. Nous avons donc opté pour la gravure ionique réactive (RIE) par Cl<sub>2</sub> en choisissant les paramètres de gravure de manière à réduire au maximum possible la vitesse de gravure (puissance = 60W, pression = 5 mTorr et le débit = 10sccm) [3].

L'AlGaN est couvert d'une couche de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> pour le protéger contre l'oxydation. Mesurer l'épaisseur gravée revient à mesurer la hauteur de marche *m*. Celle-ci correspond à l'épaisseur du Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> plus l'épaisseur gravée de l'AlGaN comme indiqué dans la Fig. 2 (a).

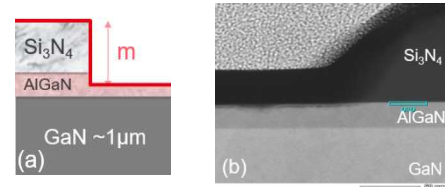


Fig. 2. (a) Schéma représentant la marche à mesurer, (b) Image TEM de la marche.

La Fig. 2 (b) montre les résultats d'une observation TEM lors d'une gravure de courte durée (25s). Comme nous l'observons, l'AlGaN n'a pas été gravé totalement. Pour obtenir une tension de seuil positive du HEMT, il est nécessaire de graver totalement la couche d'AlGaN. Nous avons alors augmenté le temps de gravure. Ces tests de gravure ont été réitérés plusieurs fois afin de déterminer la vitesse de gravure optimale de l'AlGaN avec cette recette qui est de l'ordre de 1 nm/s. Cette vitesse est très satisfaisante pour un mode de gravure RIE, il est difficile d'atteindre des vitesses d'ordre nanométrique pour ce type de gravure.

Nous avons aussi effectué des mesures de rugosité pour s'assurer de la qualité de surface après gravure. La rugosité moyenne arithmétique (Ra) obtenue dépend de la rugosité initiale des couches avant gravure et vaut environ 0,5 nm après gravure. Cette faible rugosité est avantageuse dans le cas de notre procédé de fabrication et nous confirme que la gravure ne l'a pas modifié.

## 4. CONCLUSION

Le développement en amont de l'étape d'ouverture de grille a permis de mettre en place une recette de gravure, à faible vitesse, assurant ainsi un contrôle de gravure d'ordre nanométrique. Une rugosité aux alentours de 0,5 nm a été obtenue après gravure, ce qui permet de conserver la rugosité initiale des couches. À partir de ces résultats, nous pouvons lancer le procédé de fabrication du composant pour démontrer la fonctionnalité normally-off et déterminer les performances du dispositif obtenu.

## 5. REMERCIEMENTS

Ces travaux ont bénéficié du support de la centrale de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS membre du réseau français RENATECH.

## 6. REFERENCES

- [1] S. HAMADY, «Nouveaux concepts de transistors de puissance à haute mobilité électronique (HEMT) en Nitrure de Gallium(GaN).» Toulouse, 2014.
- [2] T. Gaetan et M. Charles.FRANCE Brevet FR3047609A1, 2016.
- [3] D. Buttari, A. Chini, G. Meneghesso, E. Zanoni, B. Moran, S. Heikman, N. Q. Zhang, L. Shen, R. Coffie, S. P. DenBaars et U. K. Mishra, «Systematic Characterization of Cl<sub>2</sub> Reactive Ion Etching for Improved Ohmics in AlGaIn/GaN HEMTs,» *IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS*, vol. 23, n° 2, 2002.