

- **Axe de GANEX : 4 Electronique haute fréquence**
- Titre du sujet : Caractérisation approfondie des interfaces du module de grille de HEMTs GaN normally-off et impact sur la robustesse de la filière technologique.
- Nature de la thèse
 - ☒ Simple : GANEX 50%, laboratoire bénéficiaire : IMS ; co-financement ANR ED-GaN
- Date souhaitée de démarrage : septembre 2017
- Lien avec un projet ANR:ED-GaN qui a débuté en décembre 2016
- Lien avec industriels : OMMIC
- Sujet développé :

Le transistor HEMT standard à base de GaN est de type normally-on grâce à la création naturelle du gaz électronique 2D à l'interface canal/barrière. Ceci s'explique par la forte polarisation spontanée et piézoélectrique de ce matériau. Ainsi sans aucun dopage supplémentaire, les hétéro-structures à base de GaN peuvent atteindre des densités de porteurs dans le canal 10 fois plus grandes par rapport à la limite maximale qu'on peut atteindre avec les filières technologiques à base d'InP ou de GaAs.

Pour les applications RF et aussi numériques, susceptibles de fonctionner à haute température ou en commutation de puissance, l'intégration monolithique de HEMTs normally-on et normally-off peuvent apporter un gain en consommation et en fiabilité [1, 2]. De plus, la co-intégration de HEMTs n-ON et n-OFF permet aux concepteurs la réalisation de blocs numériques nécessaire à la fabrication de corechip pour les applications de type antenne électronique à balayage. Cependant, la réalisation de HEMTs normally-off rencontre plusieurs verrous technologiques en raison de la grande densité de porteurs. Plusieurs approches ont été publiées dans la littérature [3, 4, 5,6].

Dans cette étude, nous allons principalement nous focaliser sur deux approches qui ont pour but de désaturer le canal sous la grille tout en laissant les zones d'accès fortement peuplées de porteurs :

- La structure MIS-HEMT à couche barrière ultra mince (ALD),
- La structure avec une croissance localisée de couche P-GaN à la surface de la couche barrière [6]. La recroissance de la couche P-GaN sera réalisée par le CRHEA (MBE, MOCVD) et le LN2 (CBE).

Cette thèse sera réalisée en collaboration avec le laboratoire LN2 de l'Université de Sherbrooke qui travaille sur la mise au point des procédés de fabrication des deux variantes technologiques. Une attention particulière est accordée à la qualité des couches semiconductrices et diélectriques du module de grille. Le doctorant en thèse au LN2 s'attachera à caractériser les interfaces métal/diélectrique et diélectrique/semiconducteur pour extraire entre autres les densités d'états d'interface et en évaluer leur qualité structurale.

Le doctorant en thèse à IMS réalisera la caractérisation approfondie des effets parasites (dues aux pièges d'interface et de volume) par les techniques appropriées en particulier le bruit basse fréquence qui fait partie des spécialités du laboratoire IMS. Des développements seront réalisés sur le banc dédié à l'analyse du bruit aux basses fréquences sous pointes de ces dispositifs.

En effet, le niveau de bruit BF largement dépendant de la nature et de la maîtrise des procédés de fabrication, est un indicateur de la qualité globale de la structure épitaxiale et des interfaces. Il constitue un critère de comparaison des variantes technologiques puisqu'il est très sensible aux modifications des mécanismes de transport des porteurs dans le canal. Alors que le bruit BF en courant de drain trouve son origine essentiellement dans le canal, le bruit en courant de grille reflète les fluctuations des propriétés des porteurs au voisinage du contact métal-semiconducteur et des interfaces passivation-semiconducteur dans les zones d'accès.

Lorsque la qualité de la technologie de fabrication répondra aux spécifications fixées par les concepteurs de circuits (OMMIC), des tests de fiabilité seront menés pour évaluer la robustesse de la technologie mise au point. La caractérisation approfondie de l'effet des pièges et les mesures de bruit BF seront effectuées avant et après vieillissement accéléré des dispositifs.

Ces travaux contribueront à une meilleure compréhension des mécanismes de transport et des effets parasites en lien avec la qualité des interfaces dans le but ultime de réduire le courant de fuite du HEMT normally-off.

1. M. Asif et al., Enhancement and depletion mode GaN/AlGa_N heterostructure field effect transistors, *Applied Physics Letters*, vol. 68, pp. 514-516 (1996).
2. T. Palacios, C. S. Suh, A. Chakraborty, S. Keller, S. P. DenBaars and U. K. Mishra, "High-performance E-mode AlGa_N/Ga_N HEMTs," in *IEEE Electron Device Letters*, vol. 27, no. 6, pp. 428-430, June 2006.
3. S. Jia et al., "Enhancement-mode AlGa_N/Ga_N HEMTs on silicon substrate", *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 53, no 6, pp. 1474-7, June 2006.
4. W. B. Lanford, T. Tanaka, Y. Otoki and I. Adesida, "Recessed-gate enhancement-mode Ga_N HEMT with high threshold voltage," in *Electronics Letters*, vol. 41, no. 7, pp. 449-450, 31 March 2005.
5. B. Lu, M. Sun and T. Palacios, "An Etch-Stop Barrier Structure for Ga_N High-Electron-Mobility Transistors," in *IEEE Electron Device Letters*, vol. 34, no. 3, pp. 369-371, March 2013.
6. Y. Uemoto et al., "Gate injection transistor (GIT) - a normally-off AlGa_N/Ga_N power transistor using conductivity modulation", *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 54, no. 12, pp. 3393-3399, Dec. 2007.