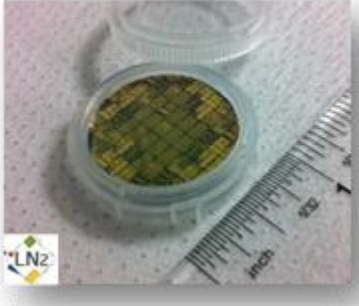


Développement d'une technologie à enrichissement à base de nitrure de gallium (GaN) pour les applications de puissance

Mots-clefs : nitrure de gallium, MOS-HEMTs, dispositifs de puissance, normally-off



Porteur du projet : Hassan Maher (LN2),

Étudiants impliqués : Ahmed Chakroun, Osvaldo Arenas, Meriem Bouchilaoun

Partenaires industriels : GaN Systems, OSEMI-CANADA

Autres partenaires académiques : Abdelatif Jaouad (LN2), Vincent Aimez (LN2), Richard Ares (LN2), Ali Soltani (IEMN)

Période du projet : 2013 – en cours



Description du projet et contexte: Le nitrure de gallium (GaN) est un matériau semi-conducteur de la famille III-V à large bande interdite directe, ayant de très bonnes propriétés électriques et thermiques. Grâce à sa large bande interdite, son fort champ de claquage et sa forte vitesse de saturation, ce matériau est très convoité pour la réalisation de dispositifs électroniques de puissance et de hautes fréquences pouvant fonctionner à haute température. Ce composant est utilisé dans différents types d'application et plus particulièrement l'électronique de forte puissance qui est très exigeante en termes de tenue en tension. Pour des raisons de sécurité et de simplicité de conception du circuit, les transistors utilisés dans ce type d'application doivent avoir un comportement normally-off. Or le HEMT à base de GaN est naturellement normally-on et par ce fait, se trouve désavantagé face aux autres filières technologiques. Dans ce projet nous développons une technologie HEMTs AlGa_xN-GaN à enrichissement (normally-off) pour lever ce verrou dont souffre la technologie GaN. Le but ultime est la réalisation de circuits intégrés à base de GaN pour des applications de puissance comprenant des éléments actifs (transistors) et passifs (capacités MIM, conductance, résistances, diodes) tels qu'illustré dans la figure 2.

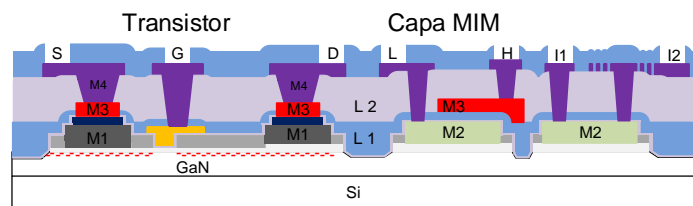


Fig. 2 – Schématisation des éléments actifs et passifs

Résultats remarquables et publications associées : Dans le cadre de ce projet, nous avons commencé par le développement de transistors HEMTs et MOS-HEMTs à enrichissement. Les méthodes couramment rapportés dans la littérature pour la réalisation de ce type de composants sont basées sur l'implantation de fluor (F) ou encore la gravure de la barrière AlGa_xN pour désorber le canal 2DEG. Ces deux méthodes permettent effectivement d'obtenir des transistors HEMTs avec un comportement normally-off mais souffrent respectivement d'une forte instabilité thermique et d'une mauvaise reproductibilité. En utilisant une approche basée sur l'utilisation d'une fine barrière Al_xGa_{1-x}N, et en appliquant un procédé de passivation développé au LN2, des transistors MOS-HEMTs à enrichissement ont été fabriqués (Fig. 1). Ces composants montrent un comportement *quasi-normally-off*, avec une tension de pincement de -0,7V, un courant I_{DS} maximal de 420 mA/mm à V_{GS}= +5 V (Fig. 3) avec une très faible hystérésis (Fig. 3 et 4) et de très faible courant de fuite (Fig. 4). Le rapport I_{ON}/I_{OFF} obtenus sur ces transistors est supérieur à 10⁹ (Fig. 4).

Les travaux réalisés ont fait l'objet des communications scientifiques suivantes:

- A. Chakroun, H. Maher, E. Al Alam, A. Souifi, V. Aimez, R. Arès, A. Jaouad, *Optimized Pre-Treatment Process for MOS-GaN Devices Passivation*, Electron Device Letters, IEEE, Vol.35, No.3, pp.318-320 (2014)

Ce travail présente le développement du procédé de passivation de la surface du GaN par dépôt PECVD de SiO_x. D_{it} record de 2 x10¹⁰ eV⁻¹cm⁻².

- A. Chakroun, A. Jaouad, A. Soltani, O. Arenas, V. Aimez, R. Ares, H. Maher, *Quasi Normally-Off AlGaIn/GaN MOSHEMTs with Ultra-Thin Al_{0.45}Ga_{0.55}N Barrier and PECVD SiO_x as Gate Insulator*, Soumis à la conférence ICNS-11 (2015)

Ce travail présente les résultats obtenus sur la première génération de transistors MOS-HEMTs à enrichissement réalisés au LN2

- A. Chakroun, A. Jaouad, A. Soltani, O. Arenas, V. Aimez, R. Ares, H. Maher, *Quasi Normally-Off AlGaIn/GaN MOS-HEMTs with Very Low Hysteresis*, Soumis à Electron Device Letters, IEEE (2015)

Ce travail présente une étude complémentaire des résultats obtenus sur la première génération de transistors MOS-HEMTs à enrichissement réalisés au LN2.

Autre faits saillants :

Développement d'un procédé de passivation de la surface du GaN qui a permis d'obtenir une densité d'états de surface (D_{it}) à l'état de l'art.

Développement d'une technologie MOS-HEMTs à enrichissement (*normally-off*) à base de GaN.

Développement des briques de bases pour la réalisation de circuits de puissance à base de GaN.

Financement :

- Subvention CRSNG
- Subvention I-nano
- Subvention FQRNT

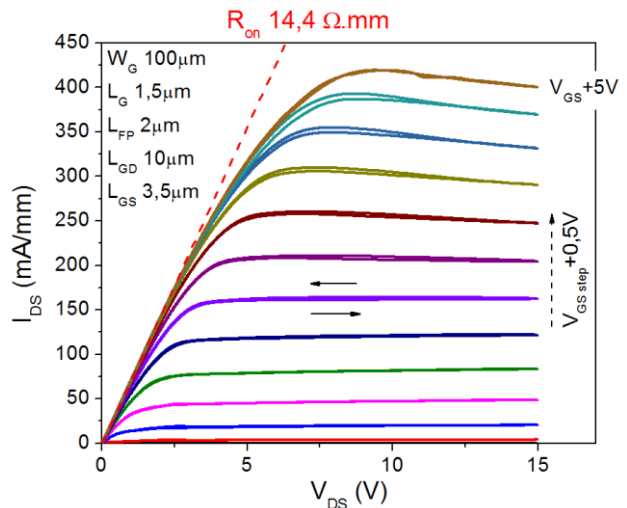


Fig. 3 – Caractéristique Ids-Vds obtenue sur des transistors MOS-HEMTs AlGaIn/GaN

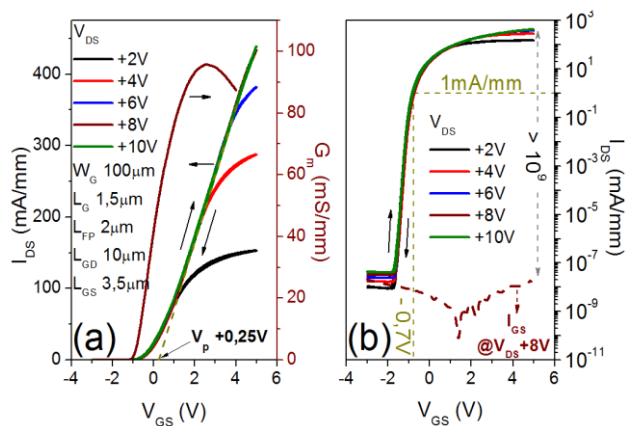


Fig. 4 – Caractéristiques IDS-VGS en hystérésis obtenues sur les transistors MOS-HEMTs