

- Axe de GANEX : 4
- Titre du sujet : High Frequency Al(In)GaN/GaN HEMTs : AlN/Si interface study
- Porteur du projet : Defrance N. (nicolas.defrance@iemn.univ-lille1.fr)
- Nature du post doc  académique : laboratoire bénéficiaire : IEMN
- Date souhaitée de démarrage : Eté 2017
- Durée : 12 mois
- Lien avec un projet ANR ou H2020: ANR GoSIMP
- Lien avec un autre partenaire de GANEX : CRHEA

La montée en fréquence des dispositifs à base de nitrure de gallium est aujourd'hui confrontée à plusieurs verrous technologiques qu'il est important d'investiguer afin d'envisager des fonctionnements au-delà de 40GHz. La première limitation fondamentale est intrinsèquement liée à la nature des contacts ohmiques, lesquels sont traditionnellement réalisés à partir d'eutectiques subissant des recuits rapides. Une des actions GaNeX en cours vise à développer une technologie française de contacts ohmiques ré-épitaxiés, notamment via l'optimisation de l'interface GaN:Si/2DEG, associant des résistances de couches et de contacts les plus faibles possible. Concomitamment à ces actions, l'étude des surfaces et interfaces (Al(In)GaN/GaN ou passivation/barrière) est un point clé à adresser afin d'optimiser les conditions de fabrication des couches actives et de passivation in-situ (et/ou ex-situ). Aussi la nature même de l'interface AlN/Si ou GaN/Si (lorsque les technologies sur substrat Silicium sont concernées), induits des effets de diffusion d'espèces (Aluminium et Gallium) dans le cristal de silicium (111). Ces phénomènes de diffusion engendrent des plans ou volumes de dopages non-intentionnels qui absorbent l'énergie électromagnétique injectée dans les dispositifs fabriqués ; ceci résulte en une dégradation substantielle des performances extrinsèques mesurées, notamment en termes de fréquences de coupure et de rendement en puissance ajoutée. Si des efforts ont déjà été consentis par le passé en vue de la caractérisation électrique et la compréhension phénoménologique des effets de cette interface, les paramètres propres à l'épitaxie des réseaux nucléations et les conditions associées à l'épaississement du buffer de GaN sont encore en phase de recherche. A l'heure actuelle, le matériau fourni par la société EpiGaN démontre des pertes d'insertion à hauteur de 0.3dB/mm pour la technologie GaN-on-Si, ce qui correspond à l'état de l'art en la matière. Les premières collaborations entre l'IEMN et le CRHEA ont permis, au travers d'une étude matériau et technologique de réduire ces pertes de quelques 6dB/mm à 2dB/mm à 40GHz. L'objectif du travail ici demandé serait de poursuivre l'investigation systématique des structures de test AlN/Si et/ou GaN/Al/Si par croissance MOCVD ou hybride MBE/MOCVD. Des mesures de résistance sans contact corrélées à des caractérisations du type  $S_{ij}$  pourront fournir de précieuses informations quant aux conditions optimales liées à la croissance des matériaux III-N sur substrat silicium. Les modèles associés, déjà disponibles à l'IEMN, permettront d'extraire par ailleurs les coefficients d'ondes lentes et l'angle de pertes inhérents aux dispositifs testés (par ex. guides d'ondes coplanaires). Des campagnes de réalisation de dispositifs (capacités, isolation, CPW) seront programmées en amont des caractérisations (structurales et électriques) afin de déterminer la densité des défauts électriquement actifs ainsi que la profondeur de diffusion observée. Des simulations électromagnétiques seront également conduites au travers de logiciels commerciaux tels que CST ou Momentum dans le but de valider les hypothèses retenues. Notons que le travail fourni dans le cadre de ce projet pourra couvrir plus généralement les processus de caractérisation électrique des dispositifs fabriqués (Pulsé,  $S_{ij}$  pour les HEMTs, spectroscopie d'impédance aux températures cryogéniques concernant les Diodes, mesures RF relatives aux Guides d'onde) en vue de l'analyse des performances et de la caractérisation des différentes interfaces propres aux dispositifs III-N.

A l'issu de ce travail, des informations précises seront disponibles dans le but de lever le verrou technologique lié à la nature des interfaces GaN/AlN/Si et proposer des conditions de croissances permettant d'obtenir des pertes inférieures à 1dB/mm à 40GHz associées à des densités de défauts moindres dans les couches actives. Des briques de bases (HEMT) à longueur de grille sub-100nm pourront alors être réalisées afin de démontrer des fonctionnements en puissance jusqu'à des fréquences de l'ordre de 94GHz.