

- Axe de GANEX : 4
- Titre du sujet : **Fabrication de transistors HEMTs haute fiabilité sur substrat GaN haute qualité**
- Porteur : Jean-Claude DE JAEGER jean-claude.dejaeger@iemn.univ-lille1.fr
- Nature de la thèse
Partagée académique : Option1 : GANEX 100%, Option2 : GANEX/ Université Lille1
Laboratoires bénéficiaires et taux de partage : IEMN 45%, LAAS 45%, CRHEA 10%
- Date souhaitée de démarrage : 1^{er} octobre 2016
- Lien avec un projet ANR ou H2020 : ANR Hi-Q-GaN
- Lien avec industriels : OMMIC
- Sujet développé : (*jusqu'au bas de page, police 11-12*)

Le nitrure de gallium constitue le meilleur candidat pour la réalisation de transistors de type HEMT de puissance fonctionnant à haute fréquence. A l'heure actuelle, en raison de la faible disponibilité de substrats GaN, la plupart des dispositifs sont fabriqués par hétéro-épitaxie sur des substrats Si, SiC, ou saphir. Jusqu'à présent, aucun de ces substrats ne permet la croissance directe de GaN de haute qualité cristalline. Par conséquent, le développement de ces technologies doit faire face à de nombreux défauts (dislocations de 10^8 - 10^{10} cm⁻²) et contraintes mécaniques notables (plusieurs 100s MPa) apparaissant dans le matériau entraînant de nombreuses questions quant à la fiabilité des dispositifs. Le but de ce sujet de thèse est de qualifier de nouveaux dispositifs électroniques de type HEMT pour les applications RF à partir d'une nouvelle stratégie de substrat GaN présentant une haute qualité cristalline avec l'objectif à moyen terme d'une industrialisation. Le sujet est basé sur une chaîne complète d'études allant du substrat jusqu'à l'analyse de la fiabilité via la technologie et la caractérisation des dispositifs.

A partir de substrats GaN free-standing, le CRHEA va faire croître une couche épaisse de GaN semi-isolante ayant une résistivité élevée permettant de minimiser le couplage capacitif RF du substrat avec l'hétérostructure AlGaIn / GaN. La technique de croissance MOVPE permettra d'obtenir des films de GaN épais avec des vitesses supérieures à 2µm/h en contrôlant la résistivité par auto-compensation de carbone ou incorporation de fer. La croissance de l'hétérostructure AlGaIn/GaN sera ensuite développée sur ces substrats.

Le procédé technologique de fabrication des composants HEMTs AlGaIn / GaN sur substrat GaN pour des applications RF sera développé à l'IEMN. Un procédé similaire sera également utilisé sur une épitaxie identique sur substrat SiC afin de mettre en évidence qualitativement et quantitativement l'amélioration apportée par les dispositifs innovants proposés. Un procédé basé sur la lithographie optique permettra dans un premier temps la fabrication rapide de dispositifs permettant d'évaluer aussi rapidement que possible la qualité du matériau. Des lignes coplanaires seront également fabriquées afin de déterminer les pertes en fonction de la fréquence. La lithographie électronique permettra ensuite de réaliser des composants avec des longueurs de grilles en T ultra-courtes, de longueurs 70-100nm. Les caractéristiques I-V en régimes DC et Pulsé et des mesures de paramètres S seront effectuées pour déterminer les fréquences de coupure des transistors et leur schéma équivalent. Des mesures de puissance hyperfréquence seront ensuite effectuées. Enfin, des mesures thermiques utilisant le microraman et la caméra infrarouge seront effectuées pour évaluer la résistance thermique des transistors.

Le LAAS a développé différents outils non destructifs et des modèles expérimentaux qui seront utilisés pour évaluer l'influence du substrat et de la croissance sur la fiabilité des dispositifs. L'étude sera divisée en deux aspects potentiellement corrélés. L'analyse du contact Schottky représentera l'un des cas d'étude critique car la zone de grille définit la qualité et la stabilité du contrôle des charges dans le canal : l'hétérogénéité de la hauteur de barrière de Schottky sera étudiée pour différentes durées des contraintes. Le deuxième aspect concerne l'étude des paramètres électriques du transistor. Des outils spécifiques transitoires et harmoniques seront utilisés pour localiser les défauts. L'étude des paramètres dynamiques (S_{21} , P_{1dB} , $V_{GS-GM-max}$, R_{on} , ...) permettra également de corrélérer et de conclure sur le comportement des dispositifs au cours de l'application de la contrainte.