

SUJET de THESE associé au Projet « France 2030 » / « NiGaSiCoVe »

« Hétéro-Structures Innovantes pour Substrats GaN / Si à Forte Conductance Electrique Verticale »

Laboratoire de Multimatériaux et Interfaces (LMI UMR 5615)

Bâtiment CHEVREUL / CAMPUS LYONTEC LA DOUA

6, rue Victor Grignard 69622 VILLEURBANNE

Cette thèse intervient en support au projet « NiGaSiCoVe » qui correspond à la contribution du laboratoire LMI aux programmes « IPCEI ME / CT » et « France 2030 ». Dans ces programmes, ST MICROELECTRONICS, qui est le leader industriel du programme, développe une nouvelle génération de composants pour l'électronique de puissance : chargeurs de batterie, convertisseurs pour véhicules électriques et hybrides, photovoltaïque, éoliennes . . .

Ces nouveaux composants exploitent les propriétés exceptionnelles du Nitrure de Gallium semiconducteur, des hétéro-structures associées (AlGa_N / GaN , AlIn_N / GaN) et des transistors HEMT (High Electron Mobility Transistors).

Pour ce domaine d'applications, le semiconducteur GaN est disponible sous la forme de couches minces déposées, vers 1000-1200°C, par hétéro-épitaxie, sur un substrat de silicium. Du fait des différences entre les réseaux cristallins du silicium et du GaN, une structure intermédiaire multicouches (« tampon » ou « buffer ») doit être insérée entre le substrat et la couche active de GaN.

Dans toutes les réalisations actuelles, cette structure intermédiaire comprend des couches isolantes à base de AlN qui bloquent le passage du courant entre le substrat et la couche active GaN. Cette isolation involontaire complique l'architecture du composant et rend sa réalisation à la fois plus complexe et plus onéreuse.

Au cours de la thèse d'Alexandre JAUD (2015-2017) et du programme NANO 2022 ultérieur, le LMI a développé des nouveaux modes d'épitaxie, qui sont actuellement mis en oeuvre dans un réacteur d'épitaxie innovant, « Made In France », modulaire et multimodes (MOCVD, VLS, ALD), conçu selon les principes définis par le LMI, puis fabriqué et installé par la société MPA dans la plateforme d'innovation AXEL ONE CAMPUS située à deux pas du LMI .

La thèse proposée vient en appui scientifique au développement de procédés d'épitaxie visant à la démonstration de la faisabilité de substrats GaN / Si avec continuité électrique entre les deux faces du substrat. La disponibilité de ce nouveau type de matériau est susceptible de représenter une rupture technologique majeure dans le domaine des composants actifs pour l'électronique de puissance.

On abordera, en premier lieu, les problématiques de la nucléation cristalline du GaN sur substrat Silicium, qui correspond à régime de désaccord en distances inter-atomiques inhabituellement fort, de l'ordre de 16 %.

Pour favoriser un passage par effet tunnel des électrons en bande de conduction à travers l'hétéro-interface, il est nécessaire que les cristallites synthétisées à ce stade soient dopées de type N aussi fortement que possible. Plusieurs approches seront étudiées, parmi lesquelles une nucléation directe et une nucléation avec intermédiaire en SiC.

Le second stade sera celui de l'optimisation de la coalescence. On cherchera à obtenir, après une croissance de quelques micromètres en épaisseur, une surface finale aussi plane que possible, tout en minimisant les densités de défauts cristallins tels que les dislocations et les fautes d'empilement.

Le troisième stade sera celui du contrôle du niveau de dopage dans la couche finale, visé de type N et à une concentration absolue d'environ 10^{16} cm^{-3} , ce qui représente une concentration atomique relative faible, de l'ordre de 100 ppb. Le niveau de pureté requis du matériau GaN ($< 10 \text{ ppb}$), et de contrôle du dopage de type N, ont déjà été démontrés dans les années 2000 sur substrat de saphir, mais pas, à notre connaissance, sur substrat de silicium.

La validation ultime de la qualité du monocristal GaN synthétisé sera obtenue par la fabrication et la caractérisation de composants électroniques actifs : diodes Schottky et diodes PN, éventuellement : diodes LED, en collaboration avec le laboratoire GREMAN situé à Tours, intervenant en amont de notre partenaire industriel ST MICROELECTRONICS pour la validation des matériaux et procédés intervenant dans le développement des composants à base de GaN.

Le ou la candidat(e) retenu(e) devra d'abord apprendre à faire fonctionner le réacteur de synthèse en phase vapeur, à effectuer la caractérisation des couches épitaxiales par Microscopie Electronique MEB et TEM, AFM, ellipsométrie, diffraction de rayons X, ... puis contribuer au développement des architectures, structurations de surface et procédés de synthèse, et également à la validation finale sur composants actifs des nouveaux substrats GaN / Si obtenus.

Le profil recherché correspond à une formation approfondie en chimie et / ou physique du solide et / ou des matériaux, si possible avec une orientation vers les semiconducteurs et les micro et nano-technologies. Une expérience préliminaire dans le domaine des couches minces, de la caractérisation des matériaux, des composants électroniques et / ou opto-électroniques serait un facteur valorisant pour la candidature.

Contact : christian.brylinski@univ-lyon1.fr

arnaud.brioude@univ-lyon1.fr