

# Croissance d'hétérostructures à base de GaN sur substrat Silicium (100)

Sylvain Joblot (Novembre 2007)

## Résumé de thèse

L'hétéro-épitaxie de structures à base de GaN est réalisée, depuis les années 1990, principalement sur trois types de substrat : le carbure de silicium (SiC), le saphir (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et le silicium (Si). Ce dernier possède les avantages d'une conductivité thermique identique à celle du GaN, d'une grande disponibilité, de tailles pouvant aller jusqu'à 12" et de coûts très compétitifs induits par l'activité sans égale de la filière silicium. L'orientation (111) du silicium était préférée jusqu'alors pour l'hétéro-épitaxie de structures à base de GaN de par sa symétrie de surface hexagonale compatible à la phase stable wurtzite du GaN. Néanmoins, en vu d'une intégration monolithique de futurs composants à base de GaN au côté de circuits intégrés de technologie MOS, les orientations de préférences de la filière silicium (001) et (110), avec leur symétrie de surface carrée et quadratique respectivement, sont préférées. Ce travail de thèse a donc eu pour objectif la mise au point d'un procédé de croissance de structures (Al,Ga)N sur l'orientation (001). Nous montrerons que l'utilisation de substrats désorientés suivant la direction [110] cumulée à une préparation de surface et un procédé de croissance spécifique nous ont permis d'obtenir des couches de GaN wurtzite, malgré la symétrie carrée du plan (001), avec une unique orientation cristalline par épitaxie par jets moléculaires (EJM) et épitaxie en phase vapeur d'organométallique (EPVOM). Nous développerons également, comment, par l'insertion de plusieurs alternances AlN/GaN, il nous a été possible d'obtenir par EJM des structures HEMTs AlGa<sub>x</sub>N/GaN non fissurées avec des propriétés proches de celles obtenues sur l'orientation (111).

*Mots clés : croissance ; épitaxie ; III-N ; silicium ; surface ; désorientation ; domaines ; contraintes ; dislocations ; transistor ; transport ; radio- fréquence*

GaN based devices are usually grown on silicon carbide (SiC), sapphire (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), and silicon substrates. Silicon substrate presents a thermal conductivity close to GaN one and advantages in terms of availability, size and cost. The (111) orientation with a 6-fold symmetry is preferred for the GaN-based heterostructures on silicon substrate. Nevertheless, in the aim of integrating GaN based devices into MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) based technology, the use of (001) and (110) orientations, with a square and quadratic surface symmetry, respectively, is preferred. This is why, in this thesis, we have developed the growth process of (Al,Ga)N structures on the (001) orientation. We have shown that the use of misoriented substrates towards the [110] direction with specific surface treatment and growth process have permitted to obtain a single orientation wurtzite GaN layers. They were grown by molecular beam epitaxy (MBE) and metal organic vapour phase epitaxy (MOVPE). We have also achieved, by the insertion of optimized AlN/GaN stack layers, crack-free AlGa<sub>x</sub>N/GaN HEMT structures and devices with properties close to those obtained on the (111) orientation.