

MOVPE Growth of Semipolar GaN on Patterned Silicon Substrates

Michel Khoury^{1,2} - PhD Thesis

¹CNRS - CRHEA, Rue Bernard Grégory, 06560 Valbonne, France

²CEA - LETI, 17 Rue Des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9, France

ABSTRACT (ENGLISH)

To-date, commercial III-nitride optoelectronic devices are grown along the c-direction, which suffers two intrinsic limitations. The first, is the strong polarization discontinuities across nitride hetero-interfaces that are responsible for the quantum confined Stark effect, leading in the case of GaN-based optical devices to electron-hole wave function separation within the quantum wells. The associated longer exciton lifetime together with the occurrence of non-radiative defects, result in reduced quantum efficiencies of optical emitters. The second is the indium incorporation on the polar plane, which is relatively limited when compared with its incorporation on other crystallographic orientations. These deleterious effects can be partially overcome by performing the growth of GaN on planes other than (000+1), such as semipolar ones leading to the eventual improvement of devices' performances. Growth of device-quality semipolar GaN, however, comes at a price, and the only currently available option is homoepitaxy, which is limited in size and is highly priced. At this point, the growth on foreign substrates becomes appealing, especially on silicon.

In this thesis, the MOVPE growth of (10 $\bar{1}$ 1) and (20 $\bar{2}$ 1) semipolar GaN on patterned silicon substrates has been performed. The general fabrication strategy, which consists of patterning the appropriate silicon wafer orientation in order to reveal the Si (111) facets, will be first described. Subsequently, the selective growth of GaN along the c-direction will be carried out, where the c-oriented crystals will be brought to coalescence until a semipolar layer is achieved. The configuration of the structural defects created in these layers will be optically and structurally characterized. Then, a novel strategy permitting drastic defect reduction will be introduced.

Keywords: GaN, Semipolar, Selective Area Growth, Silicon, MOVPE

ABSTRACT (FRANÇAIS)

Jusqu'à présent, les dispositifs optoélectroniques commerciaux à base de GaN étaient épitaxiés selon la direction c. Les hétérostructures épitaxiées selon cette direction souffrent de deux limitations intrinsèques. D'une part, les fortes discontinuités de polarisation aux interfaces sont responsables de l'effet Stark quantique confiné. Ceci mène, dans le cas des dispositifs optiques GaN, à une séparation de la fonction d'onde des électrons et des trous dans les puits quantiques. La combinaison d'une longue durée de vie excitonique et de la présence de défauts non-radiatifs se traduit par une diminution des performances du dispositif. D'autre part, l'incorporation d'indium pour l'orientation polaire est plus difficile que pour d'autres orientations cristallographiques. Ces effets néfastes peuvent être partiellement surmontés en réalisant la croissance du GaN sur des plans cristallographiques autre que le plan (000+1). Ces plans semipolaires ou nonpolaires peuvent conduire à l'amélioration des performances des dispositifs. La seule solution disponible pour l'instant pour la croissance de dispositifs performants à base de GaN semipolaire est l'homoépitaxie. Cette approche a plusieurs limitations liées à la petite taille et au coût élevé des substrats GaN. Cela justifie la croissance du GaN semi-polaire sur d'autres types de substrats, en particulier sur silicium.

Dans cette étude, la croissance de couches de GaN semi-polaire (10 $\bar{1}$ 1) et (20 $\bar{2}$ 1) par MOVPE sur des substrats de silicium structurés a été évaluée. La stratégie générale de fabrication consiste à structurer un substrat silicium d'orientation adaptée de façon à révéler des facettes Si(111) inclinées. La croissance sélective du GaN selon l'axe c sera réalisée sur ces substrats structurés. La coalescence des cristaux orientés selon l'axe c permettra d'obtenir une couche continue d'orientation semi-polaire. La configuration des défauts structuraux créés dans ces couches est optiquement et structurellement caractérisée. Enfin, une stratégie originale permettant de réduire drastiquement la densité de défauts sera introduite.

Mots-clefs: GaN, Semipolaire, Croissance sélective, Silicium, MOVPE