

# Première étape de la croissance de GaN sur Si(111) : la nucléation d'AlN

Arnaud Le Louarn (Février 2006)

## Résumé de thèse

Ce travail concerne l'étude de la nucléation d'AlN sur Si(111), première étape nécessaire à la croissance de GaN sur ce substrat. En effet, les détails de la réalisation de cette étape, en particulier l'ordre de l'exposition de la surface Si(111) à Al et à NH<sub>3</sub>, jouent un rôle déterminant sur les propriétés finales des couches épitaxiales de GaN. Sur la base d'un dispositif expérimental couplant sous ultra-vide un microscope à effet tunnel (STM) et un réacteur d'épitaxie par jets moléculaires, l'objectif de cette thèse était d'identifier et de comprendre les différents mécanismes mis en jeu dans la nucléation d'AlN sur Si(111). Dans un premier temps, nous avons mené une étude détaillée des différentes phases pouvant résulter de l'adsorption d'Al sur Si(111) et dressé un diagramme de phases d'Al sur Si(111). Dans un second temps, nous avons identifié les différents types de surfaces pouvant résulter de la nitruration de Si(111) par NH<sub>3</sub>. Nous avons finalement montré que l'exposition d'une surface de type Al sur Si(111) à NH<sub>3</sub> conduit à la formation d'AlN amorphe alors que le dépôt d'Al sur une surface Si(111) nitrurée conduit à la formation d'une couche épitaxiale d'AlN par un mécanisme de réduction de la surface nitrurée par Al.

*Mots clés : microscope à effet tunnel (STM), diffraction d'électrons de haute énergie en incidence rasante (RHEED), épitaxie par jets moléculaires (EJM), surface Si(111), diagramme de phases Al sur Si(111), nitrure de silicium (SiNx), nitrure d'aluminium (AlN), nitrure de gallium (GaN)*

This work deals with the study of AlN nucleation on Si(111), the needed first stage for the growth of GaN on this substrate. Indeed, details of the realization of this stage, in particular the exposure sequence of Si(111) to Al and NH<sub>3</sub>, play a key role on final properties of GaN epitaxial layers. Based on an experimental setup coupling under ultra-high vacuum a scanning tunnelling microscope (STM) and a molecular beam epitaxy chamber, the purpose of this thesis was to identify and understand the mechanisms at work in AlN nucleation on Si(111). At first, we studied in details the different phases resulting of Al adsorption on Si(111) and we established a phase diagram of Al on Si(111). Subsequently, we identified the different types of surfaces which can result from Si(111) nitridation by NH<sub>3</sub>. Finally, it is demonstrated that NH<sub>3</sub> exposure on an "Al on Si(111)" type surface leads to amorphous AlN formation while Al exposure on a Si(111) nitrided surface leads to epitaxial AlN formation by a reduction mechanism of the nitrided surface by Al.

*Keywords : scanning tunneling microscope (STM), reflexion high energy electron diffraction (RHEED), molecular beam epitaxy (MBE), Si(111) surface, phase diagram of Al on Si(111), silicon nitride (SiNx), aluminium nitride (AlN), gallium nitride (GaN)*