

Nouveau procédé épitaxial de GaN sur Silicium pour transistor de puissance à avalanche

Pour faire face aux multiples défis de la transition énergétique, que ce soit au niveau de la génération, du transport ou de l'utilisation de l'électricité, des composants électroniques extrêmement efficaces sont nécessaires. Ainsi, des nouveaux composants sont développés à partir du nitrure de gallium (GaN) pour fabriquer des interrupteurs et des redresseurs rapides pouvant supporter de fortes tensions pour des tailles de composants réduites par rapport à ceux fabriqués avec du Silicium. Cependant tous ces composants qui doivent permettre de réduire les pertes d'énergie durant toutes les étapes de transformation de l'électricité restent difficiles à fabriquer en grandes quantités à faible coût. Que ce soit pour des applications grand public en deçà de 220 V, ou pour les véhicules électriques ou hybrides entre 600 et 1200V, le dépôt par épitaxie de semiconducteurs tels que le GaN sur des substrats de grand diamètre est un point clé pour faire baisser les coûts de fabrication. Pour cela, des substrats de Silicium sont utilisés comme support, mais les grandes différences de propriétés cristallines (paramètres de maille, coefficients de dilatation) entre le GaN et le Silicium sont à l'origine de défauts cristallins et de contraintes mécaniques néfastes pour une fabrication contrôlée de composants performants. Pour pallier ce point, le projet vise le développement de nouveaux empilements de couches épitaxiées contenant du Nitrure de Gallium (GaN) sur substrat Silicium pour démontrer un transistor de puissance capable de supporter des tensions supérieures à 1200 V. En particulier, le projet vise à lever les limitations liées au claquage qui oblige habituellement à recourir à des films de GaN très épais. Ces idées ont fait l'objet d'une première démonstration de principe à plus basse tension (500 V) avec des films fins. Des difficultés techniques demeurent cependant pour la réalisation de couches épitaxiales optimales, conformes à cette nouvelle approche et capables de résister à une tension de 1400 V. La thèse proposée explorera les différentes stratégies épitaxiales par EJM, EPVOM ou leur combinaison. Au sein de ce projet financé par l'ANR, l'entreprise III-V lab apportera son soutien avec l'épitaxie de structures par EPVOM. Le laboratoire LN2 mènera les activités de conception au moyen de simulations et fabriquera des composants de test. Les caractérisations électriques en modes continu et pulsé seront réalisées sous haute tension au LAAS pour démontrer les atouts de ces nouveaux dispositifs. La thèse proposée dans ce contexte se déroulera au CRHEA (Valbonne, 06). Elle portera sur l'épitaxie de ces nouvelles structures au moyen des techniques EJM et EPVOM et leurs caractérisations structurales et électriques qui seront validées par les partenaires via la fabrication et la caractérisation de dispositifs de test. Pour réaliser ces études, des compétences dans les domaines de la science des matériaux, de la physique du solide, et de la micro-nano fabrication seraient un atout majeur.

Direction de la thèse : Dr. Yvon CORDIER, yc@crhea.cnrs.fr

Université Côte d'Azur, CNRS, CRHEA, rue Bernard Grégory, 06560 Valbonne, France

Ecole Doctorale Sciences Fondamentales et Appliquées, Université Côte d'Azur.

Development of new epitaxial buffer layer schemes for avalanche-capable GaN on Silicon power switching transistors

To face the multiple challenges of the energy transition, whether at the generation, transport or use of electricity, extremely efficient electronic components are necessary. Thus, new components are developed from gallium nitride (GaN) to manufacture fast switches and rectifiers that can withstand high voltages for reduced component sizes compared to those manufactured with Silicon.

However, all these components that should reduce energy losses during all stages of electricity transformation remain difficult to manufacture in large quantities at low cost. Whether for consumer applications below 220 V, or for electric or hybrid vehicles between 600 and 1200V, the epitaxial deposition of semiconductors such as GaN on large diameter substrates is a key point to lower manufacturing costs. For this purpose, silicon substrates are used as a support, but the large differences in crystalline properties (lattice parameters, expansion coefficients) between GaN and Silicon are at the origin of crystalline defects and mechanical stresses harmful to a controlled manufacturing of high-performance components. To address this issue, the project aims at developing new stacks of epitaxial layers containing Gallium Nitride (GaN) on Silicon substrate to demonstrate a power transistor capable of withstanding voltages higher than 1200 V.

In particular, the project aims to remove the limitations related to the breakdown that usually requires the use of very thick GaN films. These ideas were the subject of a first proof of principle at lower voltage (500 V) with thin films. Technical difficulties remain however for the realization of optimal epitaxial layers, in accordance with this new approach and able to withstand a voltage of 1400 V. The proposed thesis will explore the different epitaxial strategies by MBE, MOVPE or their combination. Within this project funded by the French National Research Agency (ANR), the company III-V lab will provide support with the epitaxy of structures by MOVPE. The LN2 laboratory will conduct design activities through simulations and manufacture test components. The electrical characterizations in continuous and pulsed modes will be carried out under high voltage at LAAS to demonstrate the advantages of these new devices. The proposed thesis will take place at CRHEA (Valbonne, 06). It will focus on the epitaxy of these new structures using MBE and MOVPE techniques and their structural and electrical characterizations which will be validated by the partners through the manufacturing and characterization of test devices. To carry out these studies, skills in the fields of material science, solid-state physics, and micro-nano manufacturing would be a major asset.

Supervision of the thesis : Dr. Yvon CORDIER, yc@crhea.cnrs.fr

Université Côte d'Azur, CNRS, CRHEA, rue Bernard Grégory, 06560 Valbonne, France

Ecole Doctorale Sciences Fondamentales et Appliquées, Université Côte d'Azur.