

Thésarde : Imen Daldoul

Sujet : Croissance par Epitaxie en Phase Vapeur d'Organométalliques (EPVOM) et caractérisations structurale et optique de GaN sur substrat GaAs (110)

Directeur de thèse : Nouredine Chaaben

La thèse de Imen Daldoul s'inscrit dans le cadre du développement d'un protocole de croissance menant à l'optimisation des conditions de croissance de GaN semi-polaire sur substrat GaAs orienté (110). La réussite de la croissance des couches de GaN semi-polaires contribuera à réduire le champ électrique interne associé à la polarisation spontanée, qui limite généralement les performances des LED au GaN classique. Cet effet néfaste peut être partiellement surmonté en réalisant la croissance du GaN sur le plan (110). La réduction de la densité de défaut étant l'objectif majeur, ce qui demande une optimisation des procédés de croissance et des caractérisations structurales, morphologiques et optiques très fines. Les techniques de cathodoluminescence, de microscopie électronique à transmission, de diffraction des rayons X et de photoréflectance permettent d'analyser les défauts structuraux générés lors de l'hétéroépitaxie afin d'être en mesure de les annihiler.

Durant sa première année (2016/2017) Melle Imen Daldoul a abordé ce sujet d'abord par une étude bibliographique sur les problématiques de croissance des nitrides-III semi-polaires et non polaires et leurs propriétés physiques. Ensuite elle a contribué massivement à l'étude du mode de nucléation à basse température de GaN sur substrat GaAs (110). L'optimisation des conditions de croissance de la couche de nucléation (température de croissance : 550 °C et épaisseur : 50 nm) est suivie d'une campagne d'épitaxie de séries de couches actives GaN sur substrat GaAs (110) dont les effets de la température de croissance (700-900 °C), de la nitruration du substrat et de la présence d'un élément surfactant (Bi) ont été étudiés. La majorité des couches, épitaxiées dans cette première campagne, ont été caractérisées in situ par réflectométrie laser et ex situ par MEB, DRXHR, AFM et CL.

Les résultats ont montré que la température optimale (850 °C) permet de mieux stabiliser le GaN (220) cubique de structure colonnaire, homogène et émettant à 3.23 eV. Parallèlement à cette étude la thésarde a développé un code de calcul permettant une analyse quantitative des courbes de réflectivité in situ. Les paramètres issus des travaux de simulations lui ont permis d'étudier en détail la cinétique de croissance de GaN/GaAs (110) et de corrélérer les résultats trouvés avec le mode de croissance et la variation de la température de croissance.

Cette étude se base sur l'analyse des profils de vitesse de croissance et de rugosité de surface conduisant aux meilleures simulations.

Ces résultats obtenus à ce stade, ont fait l'objet de deux projets d'article en cours de correction et quatre communications nationale et internationales.

Durant l'année 2017/2018, la thésarde a assisté à une campagne d'épitaxie de plusieurs séries de couche GaN(220) cubiques sur substrat GaAs(110) à 850 °C, permettant d'étudier les effets de nitruration du substrat et de la présence de Bi comme élément surfactant sur l'amélioration de l'alignement de GaN(220) sur substrat GaAs(110). Les différents stades de croissance de GaN/GaAs(110) ont été également étudiés dans cette campagne.

Durant l'année 2018/2019 M^{elle} Imen Daldoul a effectué deux stages (4 mois) durant lesquels des caractérisations par MEB, AFM, XRD et CL ont été effectuées, dans le cadre d'une coopération avec le laboratoire UMI-CNRS à Georgia-Tech, technopole de Metz.