

Résumé

Les jonctions tunnel apportent une solution alternative aux problèmes qui limitent l'efficacité des diodes électroluminescentes émettant dans l'ultraviolet, notamment la forte résistivité des couches d'AlGaN dopées p et la mauvaise injection de trous qui en résulte. L'objectif de cette thèse est l'optimisation des structures LED à jonction tunnel à base de GaN et d'AlGaN et leurs caractérisations structurales et optoélectroniques. La croissance d'une LED à JT entièrement par MOCVD est attrayante sur le plan industriel, mais les couches de (Al)GaN dopées p développées par cette technique souffrent de la repassivation des accepteurs de Mg par l'hydrogène présent dans la chambre de croissance. Nous avons essayé et réussi à minimiser ce problème en modifiant les conditions de croissance de la jonction tunnel. Des résultats positifs ont été atteints sur des LED bleues, notamment avec des jonctions tunnel GaN comprenant une couche intercalaire en InGaN qui augmente sa transparence tunnel. Cependant, ce procédé tout MOCVD semble délicat à optimiser et son extension aux matériaux AlGaN difficile. Grâce à une approche de croissance hybride MOCVD+MBE, des couches de GaN et d'AlGaN dopées p peuvent être obtenues avec des accepteurs Mg actifs tout en profitant des régions actives de haute qualité fournies par le MOCVD. Avec un JT hybride à base de GaN, nous avons pu obtenir, aussi bien avec le Si qu'avec le Ge, des niveaux de dopage n++ plus élevés, que ceux des JT MOCVD, ce qui a permis de réduire considérablement la tension de fonctionnement des dispositifs. Le fort dopage Ge des couches de GaN a permis d'obtenir des densités électroniques de l'ordre de $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ avec des mobilités et des résistivités à l'état de l'art, sans introduire une forte contrainte dans le réseau. Dans la deuxième partie de ce travail, nous avons développés des JT à base d'AlGaN dopées Ge sur des LEDs UV en modifiant progressivement leur concentration d'Al jusqu'à une valeur de 70 %. Dans la gamme des UV, les JT deviennent d'une importance capitale en augmentant l'efficacité de l'injection sans compromettre l'extraction de la lumière. Des forts niveaux de dopage Ge ont été obtenus conduisant à des jonctions fines comme le montre l'holographie électronique. Même si les chutes de tension introduites par l'utilisation des JT restent notables (quelques volts), l'injection de trous hors équilibre permet une augmentation significative de l'efficacité d'injection dans la LED conduisant ainsi à une forte augmentation de l'efficacité quantique des dispositifs.

Mots clés : jonctions tunnel, croissance hybride, dopage germanium, ingénierie de la polarisation, nitrure de gallium, nitrure de gallium d'aluminium.