

- Axe de GANEX : 1
- Titre du sujet : Boîtes Quantiques  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  pour LEDs UV
- Nom et email du porteur de projet : Julien Brault, [jb@crhea.cnrs.fr](mailto:jb@crhea.cnrs.fr)
- Date souhaitée de démarrage : avril 2016
- Durée du stage : 3 mois
- Lien avec un projet ANR ou H2020 : ANR projet NANOGANUV (Défi n°7 « société de l'information et de la communication »)
- Lien avec un autre partenaire de GANEX : ANR projet NANOGANUV : Laboratoire Charles Coulomb (L2C), Société RIBER SA
- Sujet développé : (*jusqu'au bas de page, police 11-12*)

**L'objectif est de fabriquer par épitaxie sous jets moléculaires des boîtes quantiques de nitrure d'aluminium et de gallium pour la réalisation de diodes électroluminescentes émettant dans l'ultra-violet.**

Les matériaux à base de nitrures d'éléments III ( $\text{Ga,Al,In}$ )N ont connu un développement considérable pour la réalisation de dispositifs optoélectroniques fonctionnant dans la gamme ultraviolet (UV) - visible (diodes électroluminescentes (LEDs), détecteurs et lasers). Cependant, le GaN, l'AlN et leurs alliages  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  sont généralement hétéroépitaxiés sur un substrat de saphir, ce qui conduit à de fortes densités de dislocations ( $10^8 - 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ). Ces dislocations sont des centres de recombinaison non-radiatifs et limitent fortement l'efficacité des dispositifs à base d' $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ . Le CRHEA travaille activement sur le développement de structures épitaxiales originales, à base de nanostructures (boîtes quantiques (BQs)) de GaN épitaxiées sur  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  émettant dans l'UV [1]. L'utilisation de BQs, qui présentent une forte efficacité radiative en raison du confinement tridimensionnel des porteurs, est mise à profit pour la réalisation de LEDs UV (applications : purification de l'eau, désinfection de surfaces...). Des LEDs à BQs GaN émettant dans l'UV-A (360 - 415 nm) ont ainsi été réalisés ces dernières années [2].

Cependant, les nanostructures sont épitaxiées sur des substrats saphir d'orientation [0001] (axe « polaire ») et la structure cristalline wurtzite des nitrures présente une polarisation suivant cet axe. Cette polarisation crée un champ électrique dans la structure (environ 3,5 MV/cm pour le BQs GaN/ $\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{N}$ ) qui s'oppose à l'obtention d'une émission dans l'UV car il déplace la longueur d'onde d'émission vers les grandes longueurs d'onde.

Pour réduire cet effet du champ électrique et obtenir une émission à courte longueur d'onde, une autre approche développée au CRHEA est de faire croître les BQs selon le plan (11-22), dit « semi-polaire » (l'axe [0001] fait un angle de  $32^\circ$  avec la surface de croissance) qui conduit à une forte réduction du champ électrique, et permet d'émettre dans l'UV [3].

En remplaçant alors les BQs de GaN par des BQs d' $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ , les alliages  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  présentant une énergie de bande interdite supérieure à celle de GaN, on peut espérer obtenir une émission à plus courte longueur d'onde et ainsi atteindre les régions UV-B et UV-C.

**L'objectif du stage est de fabriquer et d'étudier les propriétés structurales et optiques de BQs  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  suivant l'orientation [11-22].** L'étudiant participera à la réalisation des échantillons par épitaxie sous jets moléculaires. Il étudiera les propriétés structurales des BQs (par microscopies AFM, SEM) et devra caractériser les propriétés optiques par photoluminescence et/ou cathodoluminescence. Il s'agira d'associer mécanismes d'émission (longueur d'onde, intensité) et caractéristiques des BQs (taille, densité, composition) afin d'identifier les paramètres clefs pour la réalisation de LEDs UV ( $\lambda < 320 \text{ nm}$ ).

[1] **Labtalk:** <http://iopscience.iop.org/0268-1242/labtalk-article/57816>.

[2] J. Brault et al., *Semiconductor Science and Technology* **29**, 084001 (2014).

[3] A. Kahouli et al., *JAP* **110**, 084318 (2011) ; D. Rosales et al., *PRB* **88**, 125437 (2013).