

2020

**Sujet de Post-Doctorat CEA**

*Référence du dossier :*

*Pôle :* **DRT**

*N° :* **PsD-DRT-20-0113**

**1 - Laboratoire d'accueil au CEA**

Centre : **Grenoble**

Département/Service : **DPFT / Service des procédés de Dépôts**

Nom du laboratoire : **LDJ/Laboratoire**

**2 - Titre du sujet de post-doctorat**

**Nouvelles méthodes de dépôt de couches minces d'Al(Ga)N pour l'initiation de la croissance épitaxiale de LEDs UV**

**3 - Thématique de Recherche**

**Sciences pour l'ingénieur / Matériaux et applications**  
**Défis technologiques / Matériaux et procédés émergents pour les nanotechnologies et la microélectronique**

#### 4 - Exposé du sujet

Les LEDs UV sont destinées à remplacer les lampes UV à base de Hg dans les systèmes de stérilisation (air et eau) et de décontamination bactérienne et virale, la crise actuelle liée au Covid 19 ayant accentué ce type de besoin. Mais les LEDs UV sont encore à l'heure actuelle trop peu efficaces pour envisager ce remplacement à une grande échelle : leur efficacité n'atteint en effet qu'autour de 10%. Une des raisons qui limitent cette efficacité tient à la médiocre qualité cristalline des couches épitaxiées qui composent la diode. Celle-ci est en grande partie liée au fait que les LEDs UV sont réalisées sur des substrats de saphir, principalement utilisés parce que transparents dans l'UV, mais très désaccordés en paramètre de maille avec les alliages ternaires  $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$  à forte concentration d'aluminium qui composent la diode. De façon à se rapprocher du paramètre de maille de ces alliages, la solution la plus simple et mise en œuvre jusqu'à présent consiste à utiliser une première couche du composé binaire  $\text{AlN}$  qui sert de « template » pour initier la croissance des couches qui composent la diode. Mais l'utilisation de cette couche d' $\text{AlN}$  est elle-même source de nombreuses dislocations dans les couches qui y sont épitaxiées :

1- les dislocations dans le template  $\text{AlN}$  ont pour origine la très faible diffusivité des atomes d'aluminium sur la surface de croissance aux températures usuelles d'épitaxie de ces composés (1100-1200°C) : ceci engendre une croissance par coalescence de grains de taille nanométriques. Ces grains étant désorientés les uns par rapport aux autres, leur coalescence résulte en la formation de joints de grains et donc de dislocations à l'interface entre les grains ; ces dislocations se propagent dans les couches épitaxiées sur ces templates.

2- La deuxième source de dislocations dans les couches épitaxiées qui composent la LED UV est liée à la différence de paramètre de maille entre ces couches et le template  $\text{AlN}$ . Les LEDs UV-C pour la désinfection sont en effet des hétérostructures à puits quantiques à base d'alliages ternaires  $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$  pour lesquels les concentrations en Al sont de l'ordre de 50 à 70%. On aurait donc tout intérêt à utiliser des « templates » d'un alliage équivalent à celui de l'hétérostructure épitaxiée pour éviter la génération de dislocations à l'interface template/hétérostructure.

Dans ce sens, le travail du post-doctorat que nous proposons consistera à mettre en œuvre des méthodes de dépôt de templates  $\text{AlN}$  sur substrat saphir optimisés pour y réduire la densité de dislocations et à étendre ces méthodes à la réalisation de couches d'alliages ternaires  $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$  à forte concentration d'aluminium. La plateforme silicium du Leti dispose de moyens de dépôt par pulvérisation réactive et co-pulvérisation à la fois en 8" et 12" permettant la mise au point de nitrure d'aluminium et d'alliages plus complexes. La composition des films peut être ajustée grâce à la polarisation indépendante de chaque cible du composé unitaire. Le Leti a également récemment acquis un nouvel équipement PLD (Pulsed Laser Deposition) permettant le dépôt de matériaux stœchiométriques grâce au transfert congruent de cette technique d'ablation laser.

gauche) système « pulse laser deposition » (PLD) et droite) système de « co-sputtering »

Les couches d' $\text{AlN}$  ou d' $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$  seront caractérisées par le(a) post-docteur(e) pour déterminer leur qualité structurale et qualifier leur surface. Dans le cadre de la collaboration avec les autres membres de l'équipe projet, les différentes méthodes de dépôt de ces templates seront bien sûr jugées à l'aune de la qualité des couches épitaxiées sur ces templates, et in-fine par les propriétés optiques des hétérostructures à puits quantiques émettant dans l'UV-C.

Ce travail s'effectuera au sein du CEA / LETI et s'inscrit dans le cadre d'un programme national appelé APOGEE et financé par le LABEX intitulé GANEXT. Ce programme agrège les compétences complémentaires de plusieurs laboratoires académiques, le CRHEA, GeorgiaTech Lorraine, le L2C, le LETI et St-Gobain-Lumilog. Le projet vise à développer une filière de LEDs performantes dans le domaine de l'UV-C pour les systèmes de désinfection en adressant chacun des verrous qui en limitent encore l'efficacité. Le(a) candidat(e) devra avoir obtenu un diplôme de doctorat en physique du solide et avoir acquis de solides connaissances dans les techniques de dépôt et/ou d'épitaxie, dans un contexte applicatif. Il ou elle devra avoir de très bonnes capacités de communication et savoir parfaitement présenter ses résultats, dans un contexte multi partenaires exigeant.

## 5 - Collaborations (éventuelles) prévues

Laboratoire : **CRHEA**

Organisme : **CNRS**

Responsable : **Brault Julien**

Raison de la collaboration :

**Dans le cadre du LABEX GANEXT, nous avons reçu un financement sur le sujet des LEDs UV. Le consortium regroupe le CEA / LETI, le CNRS / CRHEA, le CNRS / L2C à Montpellier et le Georgia Tec Lab ( Metz). Nous nous proposons de regrouper et optimiser nos savoir-faire sur l'épitaxie, le dopage et la technologie de LEDs UV de façon à dépasser les limites actuelles des LEDs UV qui empêchent un développement rapide de cette technologie, en remplacement des lampes Uv à base de Hg . Les applications visées sont celle reliées à la décontamination ( bacétries et virus), sujet important dans le contexte actuel.**

Duree : **48**

## 6 - Partenariat(s) industriels prévu(s) (éventuellement)

## 7 - Correspondant chargé du suivi du post-doctorat au CEA

Nom: **RODRIGUEZ**

Prénom: **Guillaume**

Adresse : **CEA GRENOBLE**

Téléphone: **04 38 78 12 51**

@mail: **guillaume.rodriquez@cea.fr**

Habilitation à diriger des recherches : **Non**

Organisme de rattachement : **CEA**

Combien de thèses avez-vous déjà encadré ?

Combien de doctorants encadrerez-vous durant l'année **1**