



OFFRE DE THESE

Sujet de thèse : « Elaboration et caractérisation de structures multi-matériaux multifonctionnelles auto-organisées pour l'éclairage à LEDs »

Début de la thèse : novembre 2019 (peut être décalé)

Titre du projet dans lequel s'inscrit le sujet de thèse : Structures Multi-matériaux multifonctionnelles Auto-organisées pour l'éclairage à LEDs (SMARTLEDs)

Mots clés : Luminophores, dispositifs à LEDs, nanofils ZnO, YAG :Ce, structuration.

Ce projet de thèse est financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Il associe deux laboratoires académiques : l'Institut de Chimie de Clermont Ferrand (ICCF) (équipe Matériaux Inorganiques (MI), groupe Matériaux Luminescents (ML)) de l'Université Clermont Auvergne et le Laboratoire des Matériaux et du Génie Physique (LMGP) (équipe Couches minces fonctionnelles et nano-ingénierie de surfaces (FunSurf), groupe Chimie Liquide et Fonctionnalisation de Surface) de Grenoble INP. Un troisième partenaire académique, le Laboratoire Hubert Curien (LabHC) (groupe Réseaux de Diffraction) de l'Université Jean Monnet de St Etienne, reconnu au niveau européen pour ses compétences en modélisation, design et fabrication de structures optiques, est également impliqué dans ce projet.

RESUME DU PROJET

Afin de présenter des caractéristiques optimales en termes d'efficacité, d'indice de rendu des couleurs (IRC) ou encore de température de couleurs (T(K)), les dispositifs d'éclairage blanc commercialisés actuellement utilisent des LEDs bleues associées à deux luminophores : la matrice $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG) :Ce³⁺ émettant dans le jaune et un luminophore rouge. Ce dernier s'avère souvent cher et/ou sensible à la température ou à l'humidité ce qui conduit à une diminution des performances optiques des LEDs. Des luminaires à LEDs UV permettant une plus grande modularité des paramètres photométriques sont également proposés, mais ils ne pénètrent pas encore le marché en raison de leur coût et de performances réduites en termes de lumens/watts. En effet, les LEDs bleues sont constituées d'une puce semi-conductrice d'InGaN dont l'élaboration est maîtrisée depuis les années 1990 tandis que les LEDs UV reposent sur des puces plus complexes, par exemple InGa_{1-x}Al_xN dopé ou non GaN, qui restent plus difficiles à réaliser et plus chères que les LEDs bleues. Des progrès restent donc encore à faire afin de venir concurrencer les diodes blanches au YAG: Ce, lesquelles constituent à court et moyen termes la meilleure solution technologique pour un éclairage à LEDs efficace et correspondant aux attentes du marché. Ainsi, les acteurs se focalisent sur l'amélioration des performances des dispositifs existants en travaillant sur les différentes étapes de la conception d'un luminaire à LEDs. Plusieurs voies d'amélioration sont explorées parmi lesquelles l'augmentation de l'efficacité d'extraction de la lumière de ces dispositifs car un grand nombre de photons sont encore perdus *via* des phénomènes de réflexion interne. Ces effets peuvent être réduits grâce à la structuration de surface des revêtements luminescents. C'est dans ce cadre que se place le projet SMARTLEDs.

Le sujet de thèse concernera la structuration de revêtements de YAG:Ce³⁺ *via* leur association avec des nanofils (NFs) de ZnO organisés sous la forme de réseaux périodiques. Ces derniers joueront un double rôle : 1- améliorer l'extraction de lumière ; 2- apporter la composante rouge, et ainsi remplacer le luminophore rouge, limitant ainsi l'utilisation de terres-rares. Les matrices YAG:Ce³⁺ et ZnO seront élaborées par des techniques de chimie en solution bas coût (voies sol-gel, hydrothermale et solvothermale). Leur combinaison devrait conduire à une émission de lumière blanche répondant aux exigences de l'éclairage intérieur en termes de colorimétrie (IRC > 90 ; température de couleur ≈ 4000K). La dimensionnalité et la périodicité des réseaux de NFs seront également optimisées *via* les simulations numériques réalisées au LabHC et visant à réduire les pertes par réflexion interne et à contrôler l'angle d'extraction de la lumière.

Une **exaltation de l'intensité d'émission d'au moins 20% par rapport aux dispositifs actuels** est visée sur la base des premières modélisations. Un nouveau concept de dispositifs à LEDs aux

performances accrues sera proposé à l'issue de ce projet et s'accompagnera de la réalisation d'un démonstrateur.

LE SUJET DE THESE :

Le sujet de thèse « Elaboration et caractérisation de structures multi-matériaux multifonctionnelles auto-organisées pour l'éclairage à LEDs » sera menée en co-direction entre l'ICCF (UCA) et le LMGP (Grenoble INP). Le ou la doctorant(e) devra à partir de ses connaissances en chimie des matériaux (synthèse et chimie analytique) conduire un projet s'appuyant sur des notions fondamentales pour proposer des solutions nouvelles dans le domaine des matériaux multifonctionnels, à destination de dispositifs à LEDs.

Ce sujet de thèse intégrera les différents aspects du projet à savoir :

- L'élaboration des NFs de ZnO : Les propriétés opto-géométriques, morphologiques et structurales des revêtements de NFs (diamètre et longueur (i.e. le facteur de forme), densité et verticalité des NFs ; dimension et périodicité des réseaux de NFs obtenus après photo-gravure) seront caractérisées par différentes méthodes disponibles au LMGP (ellipsométrie, microscopie optique, MEB, AFM, MET, DRX...). Ces travaux seront optimisés sur la base de simulations numériques réalisées au LabHC.
- L'élaboration du luminophore YAG:Ce . Pour les architectures élaborées dans le cadre de ce projet, nous envisageons 2 stratégies complémentaires qui seront étudiées de façon comparative à l'ICCF : la réalisation d'un revêtement de YAG:Ce servant de couche support aux NFs ou l'utilisation de suspensions de nanoparticules de YAG:Ce pour imprégner les NFs. Deux approches seront donc abordées : approche descendante (top-down) en partant de poudres microniques broyées, et approche ascendante (bottom-up) en synthétisant les luminophores sous forme de nanoparticules ou de revêtements.
- L'association NFs ZnO/YAG:Ce : l'objectif sera de définir l'association conduisant aux systèmes d'éclairage les plus performants. Pour ce faire, on s'appuiera sur la caractérisation des propriétés structurales, morphologiques et optiques de différentes architectures YAG:Ce/NFs. L'évolution de ces propriétés dans les conditions d'usage fera l'objet d'une étude approfondie (stress thermique et photonique essentiellement) afin de garantir la fiabilité des dispositifs proposés. Toutes ces caractérisations seront mises en œuvre pour les systèmes issus des deux approches complémentaires précédemment évoquées.
- La réalisation d'un prototype en fin de projet.

Le ou la doctorant(e) fera le lien entre les partenaires du projet SMARTLEDs et sera donc amené(e) à travailler à l'interface des différents domaines caractérisant ce projet interdisciplinaire : aspects physico-chimie des matériaux (synthèse en solution, mise en forme des luminophores, structuration de surface), durabilité et aspect optique (mesures de photoluminescence), en collaboration avec le post-doctorant recruté par le LabHC. Les chercheurs permanents impliqués chez les trois partenaires académiques apporteront les orientations nécessaires pour aller jusqu'à la réalisation du démonstrateur. Des missions chez les différents partenaires seront organisées tous les trimestres afin de valider les travaux du ou de la doctorant(e) et d'affiner ces orientations.

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Profil : Titulaire d'un M2 recherche (MASTER ou INGENIEUR) dans le domaine de la chimie des matériaux inorganiques / de la physico-chimie des matériaux

Financement : ANR, salaire mensuel brut 2120 € (environ 1670€ nets) sur 36 mois

Thèse en co-direction entre

- Le LMGP (<http://www.lmgp.grenoble-inp.fr/fr/recherche/chimie-liquide-et-fonctionnalisation-de-surface>) – Michel Langlet : michel.langlet@grenoble-inp.fr
- l'Institut de Chimie de Clermont Ferrand (<https://iccf.uca.fr/recherche/materiaux-inorganiques/materiaux-luminescents/>) – Audrey Potdevin : audrey.potdevin@sigma-clermont.fr
- (18 mois à Grenoble, 18 mois à Clermont-Ferrand)

Date limite de soumission des candidatures : 30 août 2019, accompagnée d'un CV détaillé (avec relevé de notes et lettre(s) de recommandation si possible) et d'une lettre de motivation (**transmettre aux contacts ci-dessus**)