



OFFRE DE THESE

Sujet de thèse : « Elaboration et caractérisation de nanocristaux d'aluminates destinés à des applications optiques ou télécoms »

Début de la thèse : octobre 2022 (peut être décalé à novembre 2022)

Titre du projet dans lequel s'inscrit le sujet de thèse : ChRomiUM-Based coatings for LasErs (CRUMBLE)

Mots clés : Nanoparticules, synthèse solvothermale, broyage, mise en forme, lasers.

Cette thèse est financée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du projet CRUMBLE. Celui-ci associe trois laboratoires académiques aux compétences complémentaires : l'Institut de Chimie de Clermont Ferrand (ICCF) (équipe Matériaux Inorganiques (MI), groupe Matériaux Luminescents (ML)) de l'Université Clermont Auvergne, le Laboratoire Hubert Curien (LabHC) (équipe Matériaux et Surfaces Fonctionnels) de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne et l'Institut de Microélectronique Electromagnétisme Photonique & Laboratoire d'Hyperfréquences & de Caractérisation (IMEP-LAHC) (équipe PHOTONICS Terahertz and Optoelectronics (PHOTO)) de Grenoble INP. Un partenaire industriel, Teem Photonics, spécialiste des microlasers et plateformes d'optique intégrée, est également impliqué dans ce projet.

Cette thèse de déroulera au sein du groupe ML de l'ICCF à Clermont-Ferrand.

RESUME DU PROJET

L'objectif de ce projet est de développer un nouveau matériau dont les propriétés optiques lui permettraient d'être incorporé dans des microlasers destinés à des *applications télécoms*, tels que les systèmes LIDARs (détection et estimation de la distance par laser) dans les *véhicules autonomes*, ou dans le domaine du *marquage anticontrafaçon*, de la *microchirurgie* ou encore de la *microfabrication* (micromécanique, microélectronique). Ce matériau, constitué de nanocristaux (NCs) d'aluminate $Y_3Al_5O_{12} : Cr^{4+}$ (YAG : Cr^{4+}) dispersés dans une matrice à base de silice élaborée par procédé sol-gel sera ainsi destiné à intégrer des systèmes optiques complexes développés par le partenaire industriel Teem Photonics. L'idée est de remplacer les matériaux actuellement utilisés par ce composite NCs YAG : Cr^{4+} /matrice sol-gel afin d'améliorer les propriétés optiques et la fiabilité des applications auxquelles il est destiné tout en simplifiant les procédés de fabrication.

Le principal challenge de ce projet sera l'élaboration de nanocristaux de YAG : Cr^{4+} de diamètre inférieur à 20 nm et pour lequel la concentration en ions Cr^{4+} devra être maximisée afin d'obtenir des performances comparables ou meilleures que l'existant. En effet, dans la littérature, toutes les études visant à développer la matrice YAG : Cr^{4+} utilisent des procédés haute température, nécessaires à l'oxydation des ions Cr^{3+} issus des précurseurs en Cr^{4+} , mais incompatibles avec l'obtention de nano-objets. Or la taille des NCs de YAG : Cr^{4+} doit être suffisamment petite et la distribution de taille suffisamment étroite pour éviter les phénomènes de diffusion, préjudiciables pour les applications visées, tout en garantissant leur bonne dispersion dans une matrice sol-gel convenablement choisie. De plus, les protocoles actuellement utilisés, impliquant la plupart du temps des compensateurs de charge de type Ca^{2+} ou Mg^{2+} conduisent à un taux de dopage en ions Cr^{3+}/Cr^{4+} faible avec une proportion d'ions Cr^{4+} très limitée. Le défi à relever dans ce projet est donc d'obtenir, en jouant sur les protocoles de synthèse ou des procédés de broyage et traitements thermiques appropriés, des NCs de YAG : Cr^{4+} présentant une taille et une distribution de taille contrôlée et stable ainsi qu'un taux de dopage en Cr^{4+} supérieur à l'existant (objectif 0.50% Cr^{4+}).

Une fois ces NCs optimisés obtenus, ils seront dispersés dans une matrice sol-gel à base de silice, spécifiquement développée dans le cadre du projet par le partenaire LabHC afin de répondre au cahier des charges fixé par les applications en termes de propriétés optiques et de stabilité sous stress thermique et photonique (flux laser). La stabilité des composites sera étudiée en conditions d'usage par les partenaires IMEP/LAHC et Teem Photonics. Au terme du projet (2026), nous espérons présenter un démonstrateur (prototype) intégrant le matériau développé au cours du projet.

SUJET DE THESE :

Le sujet de thèse « Elaboration et caractérisation de nanocristaux d'aluminates destinés à des applications optiques ou télécoms » sera mené à l'ICCF (UCA). Le ou la doctorant(e) devra s'appuyer sur ses connaissances en chimie des matériaux (synthèse et chimie analytique) afin de conduire un projet permettant à terme de proposer de nouveaux protocoles conduisant à des NCs de YAG :Cr⁴⁺.

Ce sujet de thèse intègre un défi de taille : l'élaboration de nanoparticules de YAG :Cr⁴⁺ dont on devra maîtriser la taille et la distribution de taille et pour lesquelles la quantité de Cr⁴⁺ devra être maximisée. Ce point apparaît comme critique car il conditionnera l'efficacité des NCs en tant qu'absorbant saturable ou milieu à gain qui sont les deux applications visées à court et moyen termes. Deux axes de travail seront abordés : approche ascendante (bottom-up) en synthétisant les luminophores sous forme de NCs et approche descendante (top-down) en partant de poudres microniques broyées :

- Approche bottom-up : élaboration directe de NCs de YAG :Cr⁴⁺ par le procédé solvothermal. Différents paramètres de synthèse seront optimisés (température, solvant, milieu gazeux, ajout d'additifs) afin d'obtenir des suspensions de NCs répondant au cahier des charges.
- Approche top-down la matrice YAG :Cr⁴⁺ sera alors synthétisée par voie solide ou voie sol-gel en jouant principalement sur les conditions de traitement thermique afin d'optimiser le ratio Cr³⁺/Cr⁴⁺. Les poudres microniques ainsi élaborées seront par la suite broyées en choisissant les paramètres de broyage les plus pertinents (taille des billes, vitesse de broyage, solvant, utilisation d'additifs chimiques etc...).

Les propriétés structurales, morphologiques et optiques des NCs obtenus par les deux stratégies d'élaboration seront caractérisées par différentes méthodes disponibles à l'ICCF ou sur le plateau clermontois (DRX, microscopies, spectroscopie UV-visible etc...). De plus, leur stabilité sous stress thermique et photonique sera étudiée par la biais d'un dispositif conçu et développé au sein de la thématique ML de l'ICCF.

Une fois les NPs de YAG :Cr⁴⁺ élaborées, elles devront être dispersées dans une matrice sol-gel développée par le LabHC et les composites mis au point seront évalués en termes de propriétés optiques à l'IMEP LAHC. *Le ou la doctorant(e) fera donc le lien entre les partenaires du projet CRUMBLE et sera 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 NPs), durabilité et aspect optique, en collaboration avec le post-doctorant recruté par le LabHC et le doctorant recruté par l'IMEP-LAHC.* Les chercheurs permanents impliqués chez les trois partenaires académiques apporteront les orientations nécessaires pour aller jusqu'à la réalisation d'un démonstrateur testé chez le partenaire industriel. Des missions chez les différents partenaires seront régulièrement organisées 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 2 100 €(environ 1 680 €nets) sur 36 mois

Contacts

- Audrey Potdevin : audrey.potdevin@sigma-clermont.fr
- Geneviève Chadeyron : genevieve.chadeyron@sigma-clermont.fr

Date limite de soumission des candidatures : 15 juin 2022, accompagnée d'un CV détaillé (avec relevé de notes et lettre(s) de recommandation si possible) et d'une lettre de motivation (à transmettre aux contacts ci-dessus)