Avis de Soutenance

Monsieur Damien RINNERT

Electronique, Micro et Nanoélectronique, optique et laser
Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés
Contrôle de l'upconversion de matériaux dopés aux lanthanides avec des cristaux photoniques
Travaux dirigés par Monsieur Christian SEASSAL
Soutenance prévue le ***lundi 07 décembre 2026*** à 14h30
Lieu : 36 Avenue Guy de Collongue, Bâtiment W1, 69130, Écully
Salle : Amphithéâtre 3

Composition du jury proposé

M. Christian SEASSAL	Directeur de recherche	CNRS - UMR5270 - Ecole Centrale de Lyon	Directeur de thèse
Mme Diana SERRANO	Directrice de recherche	CNRS - UMR8247	Rapporteure
Mme Christiane BECKER	Full professor	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH - Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin	Rapporteure
M. Olivier GAUTHIER-LAFAYE	Directeur de recherche	CNRS - UPR8001	Examinateur
M. Freddy RABOUW	Assistant professor	Debye Institute for Nanomaterials Science, Utrecht University	Examinateur
M. Gilles LEDOUX	Directeur de recherche	CNRS - UMR5306	Co-directeur de thèse
M. Emmanuel DROUARD	Associate professor	École Centrale de Lyon	Co-encadrant de thèse

Mots-clés : Nanophotonique, Upconversion, Cristaux Photoniques, UV, Avalanche de photons, Nanofabrication

Résumé :

Les lanthanides présentent des propriétés d'upconversion consistant en l'absorption séquentielle de plusieurs photons de basse énergie suivie de l'émission d'un photon de plus haute énergie. Particulièrement stables, ils sont ainsi très pertinents pour élargir la gamme spectrale utile pour la photocatalyse dans l'UV ou la photodétection dans le proche infrarouge. Cependant, l'efficacité des processus d'upconversion est sévèrement limitée par leurs faibles sections efficaces d'absorption intrinsèques. Dans ce travail, les cristaux photoniques ont été utilisés pour exalter l'interaction lumière-matière. À cette fin, des couches minces dopées à l'ytterbium et au thulium ont été élaborées et intégrées dans des structures photoniques. Des simulations électromagnétiques ont permis d'étudier le recouvrement spatial et spectral des résonances optiques avec les matériaux et transitions d'intérêt, respectivement, et ainsi d'identifier la géométrie pertinente des cristaux photoniques. Dans un premier volet, des structures ont été conçues et réalisées pour assister l'upconversion vers l'ultraviolet d'une excitation multicolore dans le proche infra-rouge et le visible. Une augmentation de l'upconversion d'un facteur 28, résultant de l'exaltation de l'absorption visible et de l'émission ultraviolette via des modes de Bloch, a d'abord été démontrée expérimentalement. Une approche plus avancée, permettant l'ingénierie de plusieurs résonances accordées avec les différentes transitions d'intérêt, a également été explorée par simulations. Ces résultats permettent d'envisager une photocatalyse sous excitation solaire plus efficace, en vue de la production de carburants solaires et de la réduction de polluants. Dans un second volet, des structures multi-résonantes ont été réalisées pour assister le régime fortement non-linéaire d'avalanche de photons. Une réduction du seuil du régime d'un facteur 3, assistée par une résonance de Bloch, a été mesurée expérimentalement. La caractérisation de la sensibilité de la réponse optique de ces structures à une excitation dans la gamme 1.1 – 1.9 µm pourrait permettre de réaliser des photodétecteurs dans cette gamme spectrale très convoitée, par exemple pour l'analyse de composés organiques.

Summary:

Lanthanides exhibit upconversion properties, which consist of the sequential absorption of several low-energy photons followed by the emission of a single higher-energy photon. As they are particularly stable, they are therefore highly suitable for broadening the useful spectral range for photocatalysis in the UV or photodetection in the near-infrared. However, the efficiency of upconversion processes is severely limited by their low intrinsic absorption cross-sections. In this work, photonic crystals were used to enhance the light–matter interaction. To this end, ytterbium- and thulium-doped thin films were fabricated and integrated with photonic structures. Electromagnetic simulations were used to investigate the spatial and spectral overlap of optical resonances with the materials and transitions of interest, respectively, and thus to identify the appropriate geometry for the photonic crystals. In the first part of the work, structures were designed and fabricated to facilitate upconversion to the ultraviolet spectral range from multiwavelength excitation in the near-infrared and visible spectral ranges. A 28-fold increase in upconversion, resulting from the enhancement of visible absorption and ultraviolet emission via Bloch modes, was first demonstrated experimentally. A more advanced approach, enabling the engineering of multiple resonances tuned to the various transitions of interest, was also explored through simulations. These results pave the way for more efficient solar-driven photocatalysis, towards the production of solar fuels and the reduction of pollutants. In a second part of the work, multi-resonant structures were fabricated to enhance the highly non-linear photon avalanche regime. A reduction in the threshold of this regime by a factor of 3, supported by a Bloch resonance, was measured experimentally. Characterizing the sensitivity of the optical response of these structures to excitation in the 1.1–1.9 µm range could enable the development of photodetectors in this highly sought-after spectral range, for example for the analysis of organic compounds.