

Proposition de Thèse 2022

Etude du couplage plasmonique-électrique au sein de matériaux quantiques

Mots-clés : Matériaux quantique, Mottronique, plasmonique, transition isolant-métal

Structure d'accueil : Intitulé : Institut des Matériaux Jean Rouxel, Université de Nantes

Encadrement :

Jean-Luc Duvail (Directeur), Tél. : 02 40 37 39 90 E-mail : jean-luc.duvail@cnrns-imn.fr
Bernard Humbert (co-Directeur), Etienne Janod (co-Encadrant)

Financement : Allocation doctorale de l'Université de Nantes – Début : Septembre 2022

Contexte

La plasmonique est un domaine de recherche en plein essor à la frontière entre l'optique et la physique de la matière condensée. Il consiste en l'étude de phénomènes produits et associés aux plasmons de surface, excitations élémentaires liées aux surfaces et interfaces de métaux nanostructurés : exaltation du champ électromagnétique, échauffement localisé, émission d'électrons chauds, plasmon-polariton de surface, etc. Ces nanostructures plasmoniques sont associées depuis une dizaine d'années aux matériaux semi-conducteurs afin de moduler leurs propriétés, améliorer les performances de dispositifs ou promouvoir de nouveaux comportements. En revanche, l'exploitation de ces effets plasmoniques pour moduler les propriétés de matériaux quantiques est un domaine encore peu exploré. Ces matériaux, dont les propriétés ne peuvent s'expliquer que par la prise en compte d'effets collectifs, peuvent conduire à des applications nouvelles et remarquables notamment en (opto)électronique.

L'équipe de Physique des Matériaux et Nanostructures de l'IMN a développé depuis 15 ans une expertise dans les domaines de la plasmonique (conception et étude de nanostructures pour l'étude de phénomènes de résonance localisée de surface et de plasmon-polariton) et de la Mottronique (élaboration et l'étude de matériaux complexes qui possèdent des propriétés électriques remarquables comme des transitions isolant-métal : transition résistive, isolants de Mott et application RRAM induites sous champ électrique en particulier).

Sujet de thèse

Dans ce contexte, nous proposons d'explorer et d'exploiter les interactions entre les plasmons de surface des nanostructures plasmoniques (0D ou 1D) et les propriétés électriques des matériaux quantiques. Parmi la vaste famille des matériaux quantiques, nous nous intéresserons en particulier :

- aux isolants de Mott.
- aux matériaux 2D (nitrure de bore, dichalcogénures de métaux de transition)

Pour les isolants de Mott, l'activation plasmonique de la transition résistive isolant-métal est visée, l'objectif étant de contrôler optiquement cette transition de façon localisée. Pour les matériaux bidimensionnels, nous explorerons en particulier les effets de couplage plasmon-exciton.

Dans les deux cas, il est nécessaire d'appliquer localement des stimuli électriques et optiques et de simultanément mesurer les réponses optiques et/ou électroniques de ces nouveaux systèmes. Cela nécessite la mise en œuvre de méthodes permettant de caractériser électriquement ces systèmes sous faisceau laser localisé. La stratégie consistera à utiliser des dispositifs micro/nanostructurés disponibles au laboratoire.

Cette thèse comportera un volet expérimental très complet avec le dépôt de couches (ultra)minces par plasma-enhanced chemical vapor deposition (PE-CVD) et pulvérisation cathodique, le transfert de systèmes bidimensionnels, les caractérisations structurales (DRX, TEM), morphologiques (MEB, AFM) et de composition (spectroscopies UV-visible-nIR et Raman). Le cœur de la thèse consistera à étudier l'impact de l'effet plasmonique sur les propriétés électriques et optoélectroniques de ces nouveaux systèmes.

Profil recherché

Le ou la candidate, possédant une solide formation en physique des solides et/ou nanosciences, doit avoir une réelle appétence pour le travail expérimental et pour l'exploration fondamentale en lien avec l'innovation technologique. Une expérience préalable en plasmonique ou relative aux matériaux quantiques sera très appréciée.