GEMaC
Groupe d'Étude de la Matière Condensée

EXCITONS DANS LE NITRURE DE BORE HEXAGONAL ET SES HOMOSTRUCTURES EN ROTATION : PROPRIÉTÉS DE VOLUME, AUX SURFACES ET AUX INTERFACES

Sebastien Roux
LPCNO, Insa Toulouse

~~Mardi 6 octobre 2023 à 14 h 00~~ **Reporté**
bâtiment Fermat
salle F-4109

Abstract

Le nitrure de bore hexagonal (hBN) est un semi-conducteur à large bande interdite qui joue un rôle stratégique dans la famille des matériaux 2D en raison de propriétés telles

qu’une luminescence UV intense ou son rôle protecteur pour les autres matériaux 2D. L’ assemblage de différents matériaux 2D pour former des hétérostructures de matériaux 2D (h2D) offre des perspectives intéressantes pour l’ingénierie de leurs propriétés optiques et électroniques. Cela nécessite une compréhension des propriétés intrinsèques de chaque matériau 2D, mais aussi des influences réciproques des matériaux assemblés les uns sur les autres, ainsi que des effets de surface et d’interface.

Cette thèse est centrée sur les propriétés des excitons à la base de la luminescence du hBN. Il s’agit d’étudier sur des cristaux hBN, leur dynamique spatiale et temporelle en volume, leur diffusivité et l’effet recombinant de la surface pour ensuite aborder en détail les phénomènes d’émission lumineuse aux interfaces entre deux cristaux de hBN désorientés formant une homostructure hBN-hBN en rotation. Ces études ont été réalisées avec le dispositif de cathodoluminescence (CL) résolue en temps du GEMaC, qui permet un contrôle spatial et temporel de l’excitation, bien adapté à l’étude de la dynamique excitonique. Les expériences ont été menées sur des monocristaux de hBN de différentes qualités selon leur technique de synthèse et sur des homostructures hBN-hBN assemblées à partir de fragments exfoliés de cristaux massifs.

L’étude de la dynamique de déclin de l’exciton libre en volume de différents cristaux hBN a d’abord permis de mesurer sa durée de vie radiative, qui est une donnée intrinsèque au matériau, à 27 ns. Cette très faible valeur nous a permis de comprendre l’origine de la forte efficacité de luminescence du hBN, qui est un sujet débattu depuis plus de 10 ans. Il est ainsi établi que l’efficacité de luminescence est due à la compacité spatiale de l’ exciton qui rend sa désexcitation radiative particulièrement efficace. Le rôle des défauts cristallins sur la durée de vie de l’exciton est identifié et discuté à partir de l’étude comparative de cristaux de différentes qualités.

Ensuite, nous avons étudié la diffusion des excitons et leurs recombinaisons aux surfaces du hBN grâce à un nouveau protocole expérimental en CL qui utilise les recombinaisons de surface comme sonde de la diffusion de l’exciton. L’application du protocole a permis de mesurer la diffusivité hors du plan (jusqu’à 0.2 cm2 .s1 pour le meilleur échantillon) et la vitesse de recombinaison de surface (105 cm.s1). La surface de hBN se révèle être au niveau des plus recombinantes des semiconducteurs connus. Ces résultats ont été exploités pour dimensionner les homostructures hBN-hBN de façon à maximiser le transfert des excitons vers l’interface entre les deux cristaux.

Enfin, un phénomène de luminescence intense et large observé à 300 nm à l’interface des homostructures hBN-hBN désorientées a été étudié en détail. Une série d’

expériences menées en excitation continue et en dynamique a permis d'établir que cette bande d'émission est alimentée de façon très efficace par le transfert et le piégeage d' excitons libres à l'interface. Son rendement quantique interne peut atteindre 100% pour des angles de désorientation proche de 30°. L'ensemble des résultats est cohérent avec l' attribution proposée pour cette bande à la recombinaison d'excitons autopiégés à l' interface. L'étude des déclins de luminescence en fonction de la température a mis en évidence une barrière d'énergie à la formation des excitons auto-piégés de 10 meV et un potentiel de piégeage de l'interface pour les excitons de 100 meV aux angles de 11 et 15°.

Le dernier volet de la thèse traite de la fabrication de centres colorés dans le hBN par implantation ionique et irradiation électronique. L'effet de ces techniques sur la luminescence du hBN est étudié en CL et en photoluminescence afin d'évaluer l' application potentielle des centres créés pour les technologies quantiques.