ÉTUDE PAR CATHODOLUMINESCENCE DE LA DIFFUSION ET DU CONFINEMENT DES EXCITONS DANS DES HÉTÉROSTRUCTURES ZNO/ZNMGO ET DIAMANT 12C/13C

Présentée par Georges Sakr
Discipline : physique - milieux denses et matériaux
Laboratoire : GEMaC

Résumé :
Ce travail de thèse porte sur la diffusion des porteurs de charge en excès dans deux semiconducteurs à large bande interdite: l'alliage ZnMgO et le diamant 13C. Il est basé sur l'étude d'hétérostructures ZnMgO/ZnO/ZnMgO et 13C/12C/13C à puits de collecte ZnO ou 12C. Sur leurs sections transverses et avec la résolution nanométrique en excitation par cathodoluminescence (CL), nous avons étudié l'évolution de l'intensité de l'

émission issue du puits en ZnO ou 12C en fonction de la distance entre l'impact de l' excitation et le puits. Cela nous a permis de mesurer directement les longueurs de diffusion effectives dans ZnMgO et le diamant.
Dans ZnMgO, la valeur de 55 nm à 300 K, mesurée sur section transverse clivée, est proche de celle du matériau massif. Elle correspond à une diffusion mixte excitons /porteurs libres. Avec l'utilisation de lames minces érodées par faisceau d'ions, une diminution de a été observée jusqu'à 8 nm dans les parties les plus fines. Cet effet est attribué aux recombinaisons non radiatives de surface. Les lames minces apparaissent alors d'un grand intérêt pour améliorer la résolution spatiale des images CL.
Dans le diamant, la diffusion excitonique à basse température montre une faible dépendance de avec l'énergie incidente des électrons. Cela indique que 15 µm à 20 K dans le diamant massif 13C. Une diminution de jusqu'à 3,3 µm à 118 K est observée en fonction de la température.
Enfin, nous avons mis en évidence la formation de polyexcitons dans le diamant en augmentant la densité des paires électron-trou, soit par la puissance d'excitation, soit par le confinement spatial des excitons dans des puits de diamant 12C de faible épaisseurs.

Abstract :
This work focuses on the determination of the carrier diffusion length in two wide bandgap semiconductors: the ternary alloy ZnMgO and diamond. This determination has been achieved by using of ZnMgO/ZnO/ZnMgO and 13C/12C/13C heterostructures containing ZnO or 12C collecting wells. Their transverse section was scanned by CL spectroscopy with a nanometer scale resolution in excitation. The effective excess carrier diffusion length is deduced from the evolution of the well emission intensity with the distance between the excitation impact and the well.
In ZnMgO, the value at 300 K is 55 nm, obtained from a cleaved cross section. It is close to the bulk material diffusion and is attributed to a mixed diffusion of excitons/free carriers. A decrease of down to 8 nm is observed in the thinnest portions of cross sections shaped by focused ion beam (FIB). This effect is attributed to non-radiative surface recombinations. These thin slabs appear of great interest to enhance the spatial resolution of CL images.
In diamond, the exciton diffusion at 20 K exhibits a slight dependence on the incident electron energy. This indicates that the exciton diffusion length is around 15 µm in 13C bulk diamond. The values decrease down to 3.3 µm at 118 K.
Finally, we highlighted the formation of polyexcitons in diamond by increasing the electron-hole pairs density either by the excitation power, or by the spatial confinement of excitons in thin 12C wells.

Membres du jury :

Pierre LEFEBVRE, directeur de recherche, université de Montpellier 2/laboratoire Charles Coulomb - Montpellier - rapporteur
Brigitte SIEBER, chargée de recherche, université de Lille 1/Unité matériaux et transformations (UMET) - CNRS UMR 8207 - Villeneuve d'Ascq
Julien BARJON, maître de conférences, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/laboratoire Groupe d'étude de la matière condensée (GEMAC) - Versailles - directeur de thèse
Daniel ARAUJO, professeur des universités, Faculté des sciences/Departamento Ciencia de los Materiales - Puerto Real-Cadiz (Espagne) - examinateur
Pierre GALTIER, professeur des universités, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/laboratoire Groupe d'étude de la matière condensée (GEMAC) - Versailles - examinateur
Alexandre TALLAIRE, chargé de recherche, université de Paris 13/Laboratoire des sciences des procédés et des matériaux (LSPM) -Villetaneuse - examinateur