



université PARIS-SACLAY

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

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 transversale 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 λ 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 λ avec l'énergie incidente des électrons. Cela indique que $\lambda \approx 15 \mu\text{m}$ à 20 K dans le diamant massif ^{13}C . Une diminution de λ jusqu'à $3,3 \mu\text{m}$ 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 ^{12}C 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 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ heterostructures containing ZnO or ^{12}C 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 λ 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 $15 \mu\text{m}$ in ^{13}C bulk diamond. The values decrease down to $3.3 \mu\text{m}$ 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 ^{12}C wells.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Pierre LEFEBVRE, Directeur de Recherche, à l'Université de Montpellier 2/Laboratoire Charles Coulomb - Montpellier - Rapporteur

Brigitte SIEBER, Chargée de Recherche, Habilitée à Diriger des Recherches, à

l'Université de Lille 1/Unité Matériaux et Transformations (UMET) - CNRS UMR 8207 -
Villeneuve d'Ascq

Julien BARJON, Maître de Conférences, Habilité à Diriger des Recherches, à
l'Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Laboratoire Groupe d'Etude de la
Matière Condensé (GEMAC) - Versailles - Directeur de thèse

Daniel ARAUJO, Professeur des Universités, à la Faculté des Sciences/Departamento
Ciencia de los Materiales - Puerto Real-Cadiz (Espagne) - Examineur

Pierre GALTIER, Professeur des Universités, à l'Université Versailles
Saint-Quentin-en-Yvelines/Laboratoire Groupe d'Etude de la Matière Condensé
(GEMAC) - Versailles - Examineur

Alexandre TALLAIRE, Chargé de Recherche, à l'Université de Paris 13/Laboratoire
des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM) -Villetaneuse - Examineur

Contact : dredval service FED : theses@uvsq.fr