

Excitons indirects dans des nanoplaquettes colloïdales de type cœur-couronne

Parmi les hétérostructures semiconductrices II-VI au centre des applications en optoélectronique et spintronique se trouvent les nanoplaquettes colloïdales de type cœur-couronne à l'épaisseur contrôlée à l'échelle de la monocouche atomique. Synthétisées pour la première fois en 2014, elles suscitent un intérêt grandissant dû à leur synthèse relativement aisée et leurs propriétés optiques et électroniques remarquables intimement liées à la génération d'excitons indirects. Ils sont photo-crées avec un électron dans le cœur (CdSe) et un trou dans la couronne (CdTe), ce qui conduit à un faible recouvrement des fonctions d'onde des deux particules et à une longue durée de vie de ces excitations. Les études de la structure fine et de la physique du spin de tels excitons indirects sont des étapes essentielles dans la course aux applications, et n'ont pas encore été abordées. C'est pourquoi l'équipe Photonique et cohérence de spin de l'INSPI¹ a exploré ces thématiques via des expériences de luminescence résolue en polarisation et en temps en fonction de la température et sous fort champ magnétique, et montré le fort potentiel applicatif de telles hétérostructures colloïdales CdSe/CdTe.

La polarisation linéaire de l'émission d'ensembles de nanoplaquettes après excitation résonnante linéairement polarisée a été conjointement analysée avec le taux de polarisation circulaire sous excitation circulaire résonnante et en fonction d'un champ magnétique jusqu'à 30 teslas [Figs. (a) et (b)]. La modélisation de l'ensemble des résultats nous a permis (i) de conclure à l'existence de deux états brillants aux polarisations linéaires croisées, (ii) séparés d'environ 50 μeV , (iii) de mesurer le facteur de Landé des excitons [Fig. (c)]. Des expériences de spectroscopie de battements quantiques de type pompe-sonde confirment la valeur du splitting de structure fine des états brillants et conduisent à une estimation du temps de cohérence de spin de plusieurs centaines de picosecondes.

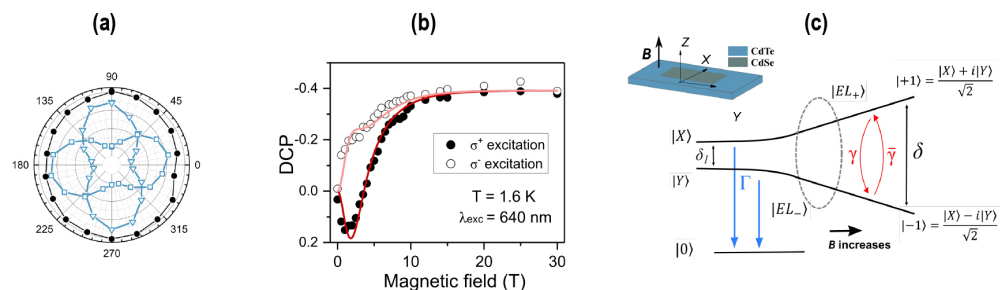


Figure 1

(a) Diagrammes de polarisation en champ nul d'ensembles de nanoplaquettes excitées de façon résonnante pour deux polarisations linéaires orthogonales (en bleu) ou de façon non résonnante (en noir). (b) Taux de polarisation circulaire $(\sigma^+ - \sigma^-)/(\sigma^+ + \sigma^-)$ de l'émission après excitations circulaires résonnantes. Les lignes rouges représentent des ajustements des données expérimentales par un modèle tenant compte (i) de l'existence d'états émetteurs linéaires séparés de $\delta 1$ de quelques dizaines de μeV en champ nul, (ii) de leur « elliptisation » au fur et à mesure que le champ croît, (iii) de la mesure de la dynamique de spin des excitons en champ. (c) Représentation schématique de la configuration expérimentale et des niveaux de la structure fine de l'exciton indirect.

A partir de la mesure résolue en temps du taux de polarisation circulaire, nous avons également obtenu l'ordre de grandeur, dans le domaine microseconde, du temps de relaxation du spin entre états brillants. L'ensemble des résultats et leur analyse mettent clairement en évidence le jeu essentiel de l'équilibre entre recombinaison radiative des excitons et relaxation de leur spin.

En conclusion, les longs temps de vie et de cohérence du spin excitonique mesurés dans des nanoplaquettes CdSe/CdTe de type cœur-couronne montrent la capacité de ces systèmes à retenir l'information du spin, un aspect fondamental en spintronique.

Référence

Fine Structure and Spin Dynamics of Linearly Polarized Indirect Excitons in Two-Dimensional CdSe/CdTe Colloidal Heterostructures

Raj Pandya, Violette Steinmetz, Yuttapoom Puttison, Marion Dufour, Weimin M. Chen, Richard Y. S. Chen, Thierry Barisien, Ashish Sharma, Girish Lakhwani, Anatolie Mitioglu, Peter C. M. Christianen, Laurent Legrand, Frédéric Bernardot, Christophe Testelin, Alex W. Chin, Sandrine Ithurria, Maria Chamarro, Akshay Rao, ACS Nano, 13, 10140 (2019).

Contact - Laurent Legrand : legrand@insp.jussieu.fr