Одиночный и двойной переворот спина электрона в коллоидных нанопластинках CdSe

Сапега В.Ф.¹, Kudlaciak D.², Калитухо И.В.¹, Шорникова Е.В.², Яковлев Д.Р.^{1,2}, Родина А.В.¹,
Ивченко Е.Л.¹, Nasilowski M.³, Dubertret B.³, Bayer M.^{1,2}

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая 26, Россия

² Experimentelle Physik 2, Technische Universität Dortmund, 44227 Dortmund, Germany

³ Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux, ESPCI, CNRS, 75231 Paris, France

DOI 10.34077/Semicond2019-240

Методом неупругого рассеяния света с переворотом спина (РСПС) исследованы спиновые взаимодействия в двумерных нанопластинках CdSe толщиной 3, 4 и 5 монослоев. Этот метод позволил нам измерить g-фактор электрона и изучить механизмы, ответственные за переворот его спина. Эксперименты по РСПС проводились при низких температурах до 1.7 К и в сильных магнитных полях до 10 Тл в геометрии Фарадея и наклонной геометрии. Результаты РСПС сравниваются с экспериментами по поляризованной фотолюминесценции и фарадеевского вращения в эксперименте с накачкой-зондированием [1,2].

В спектрах фотолюминесценции (ФЛ) всех исследованных образцов (3, 4 и 5 монослоя) присутствуют полосы фотолюминесценции, обусловленные рекомбинацией экситонов и трионов [1,2]. Спектры РСПС измерялись при резонансном возбуждении в полосу экситонной ФЛ. Линия РСПС электрона наблюдалась как в стоксовой, так и антистоксовой областях спектра. Из зависимости рамановского сдвига линии РСПС электрона от магнитного поля была определена величина его g-фактора. Из экспериментальных данных получена зависимость g-фактора от числа монослоев: $g=1.82$ для 3 монослоев, $g=1.78$ для 4 монослоев и $g=1.62$ для 5 монослоев. Кроме того, анизотропия электронного g-фактора и правила отбора для РСПС позволили нам определять ориентацию нанопластинок на подложке.

В спектре РСПС, кроме линии с энергетическим сдвигом $\Delta^1=g\mu B$ наблюдалась линия с вдвое большим энергетическим сдвигом $\Delta^2=2g\mu B$. Эту линию РСПС с удвоенным энергетическим сдвигом мы приписываем двойному перевороту спина электрона. Рассеяние с двойным переворотом спина можно понять, если предположить наличие в нанопластинке двух резидентных электронов, которые переворачивают свои спины благодаря обменному взаимодействию с фотовозбужденным экситоном. Это предположение подтверждается сравнением спектров РСПС, измеренных без, и с дополнительной нерезонансной лазерной подсветкой. В последнем случае чрезвычайно слабая дополнительная подсветка значительно увеличивает сигнал РСПС. Сравнение спектров РСПС, измеренных при резонансном и нерезонансном возбуждении экситонов показало, что при резонансном возбуждении происходит нарушение правил отбора для оптических переходов с переворотом спина. Правила отбора для РСПС и механизм одиночного и двойного переворота спина электрона объяснены в теоретической модели, разработанной для РСПС в нанопластинках.

Благодарности: В.Ф. Сапега, И.В. Калитухо, А.В. Родина и Е.Л. Ивченко благодарят Российский фонда фундаментальных исследований, грант № 19-52-12064 ННИО-а за финансовую поддержку.

[1] E.V. Shornikova, L. Biadala, D.R. Yakovlev, et al., *Addressing the exciton fine structure in colloidal nanocrystals: the case of CdSe nanoplatelets*, *Nanoscale*, 10, 646-656 (2018).

[2] E.V. Shornikova, L. Biadala, D.R. Yakovlev, et al., *Electron and hole g-factors and spin dynamics of negatively charged excitons in CdSe/CdS colloidal nanoplatelets with thick shells*, *Nano Lett.* 18, 373 (2018).