Знакопеременная оптическая ориентация в структурах GaAs:Mn**Кокурин И.А.^{1,2}, Силов А.Ю.³, Аверкиев Н.С.¹**¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26² Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск, ул. Большевикская, 68³ Department of Applied Physics, Eindhoven University of Technology, The Netherlands

DOI 10.34077/Semicond2019-313

Предсказана смена знака электронной поляризации в структурах на основе GaAs, легированных Mn, в условиях оптической ориентации, когда фотовозбуждение осуществляется из состояния ионизированного акцептора (фотонейтрализация). Переключение намагниченности при этом осуществляется изменением интенсивности возбуждения. Для возникновения эффекта необходимо наличие в системе не только акцепторных примесей замещения Mn_{Ga} , но и двухзарядных доноров в междоузлиях Mn_I , а также более сложных комплексов, таких как димеры Mn_I-Mn_{Ga} , которые возникают при высоком уровне легирования [1]. Учет указанных конфигураций Mn и различных типов обменного взаимодействия в этих состояниях позволяет заключить, что при низкой степени фотовозбуждения (когда время захвата оказывается короче времени спиновой релаксации электронов) происходит захват неравновесных электронов на магнитные доноры преимущественно с переворотом спина. Это приводит к аномальной спиновой ориентации неравновесных электронов, т.е. знак намагниченности оказывается противоположным знаку, определяемому правилами отбора при возбуждении. Увеличение мощности накачки приводит к насыщению канала возбуждения-рекомбинации с участием доноров, а это в свою очередь восстанавливает «правильный» знак электронной намагниченности.

В работе [2] исследовалась поляризованная микро-ФЛ из квантовых ям (КЯ) GaAs:Mn/AlGaAs шириной 3,7 нм. ФЛ возбуждалась циркулярно-поляризованным светом с энергией кванта 1,53 эВ, что значительно ниже энергии междонного перехода в КЯ. Анализ спектров микро-ФЛ указывает на наличие ряда особенностей у линии, связанной с рекомбинацией с участием нейтрального акцептора Mn_{Ga} : а) синий сдвиг положения линии с ростом интенсивности возбуждения; б) спектральная зависимость циркулярной поляризации ФЛ (длинноволновый край линии поляризован отрицательно, а коротковолновый – положительно); в) изменение знака интегральной поляризации с ростом накачки, при этом аномальный отрицательный знак имеет место при малых накачках.

Предложенная модель объясняет описанные экспериментальные данные в предположении, что спектральная линия в действительности состоит из двух уширенных линий, одна из которых связана с рекомбинацией свободного электрона на акцептор, а другая соответствует донорно-акцепторной рекомбинации с участием магнитных центров. При этом следует учесть, что энергия ионизации донора Mn (около 4 мэВ) не превышает неоднородного уширения. С ростом интенсивности возбуждения происходит изменение относительных вкладов от низкоэнергетической и высокоэнергетической полос в пользу последней, что и объясняет «синее» смещение максимума линии и изменение знака интегральной поляризации ФЛ.

Таким образом, наше рассмотрение показывает, что возникновение неравновесной намагниченности в полупроводниках определяется не только правилами отбора при возбуждении, но также зависит от деталей захвата носителей примесями или дефектами, характера спин-спиновых взаимодействий и спиновой релаксации.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (проект 17-12-01182).

[1] T. Dietl, H. Ohno, *Rev. Mod. Phys.* **86**, 187 (2014).

[2] P.V. Petrov, I.A. Kokurin, Yu.L. Ivanov, N.S. Averkiev, R.P. Campion, B.L. Gallagher, P.M. Koenraad, A.Yu. Silov, *Phys. Rev. B* **94**, 085308 (2016).