Высокоразрешающая спектроскопия рассеяния света на парных кластерах магнитных ионов

Чербунин Р.В.¹, Литвяк В.М.¹, Рыжов И.И.¹, Кудинов А.В.^{1,2}, Geurts J.³, Karczewski G.⁴

¹ Лаб. оптики спина, НИИФ СПбГУ, 198504, Санкт-Петербург, Петергоф, ул. Ульяновская, 1

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

³ Physikalisches Institut (EP3), Universität Würzburg, 97074 Würzburg, Germany

⁴ Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, 02668 Warsaw, Poland

DOI 10.34077/Semicond2019-310

Точное измерение сил обменного (межспинового) взаимодействия между магнитными ионами имеет первостепенное значение для физики магнитосмешанных (полумангнитных, или разбавленных магнитных) полупроводников. Во-первых, межспиновые взаимодействия начинают оказывать влияние на магнитную восприимчивость, спиновую динамику, теплоперенос в этих системах уже начиная с малых концентраций магнитной компоненты ($x \geq 0.001$), то есть актуальны почти всегда. Во-вторых, при моделировании свойств – особенно для небольших концентраций – важны не только взаимодействия с ближайшим «магнитным» соседом, но и более слабые взаимодействия со вторыми, третьими и т.д. соседями. Закон ослабления взаимодействия с расстоянием между спинами позволяет также судить о фундаментальной природе (механизме) обменного взаимодействия. Поэтому исследователи вот уже около 40 лет изыскивают различные способы измерить обменные константы. Особенно в дефиците методы, дающие информацию селективно по различным типам локальной координации ионов. В результате имеющиеся данные по вторым и т.д. соседям весьма противоречивы.

В настоящем исследовании показано [1,2], что селективная информация по первым нескольким сортам пар магнитных ионов может быть получена методом резонансного комбинационного рассеяния света (КРС). Достигнув в несколько раз более высокого спектрального разрешения, чем наши предшественники, мы обнаружили (в экспериментах по множественному рамановскому парамагнитному резонансу в квантовых ямах CdTe:Mn) десятки не известных ранее слабых линий КРС. Классификация этого многообразия позволила с беспрецедентной точностью (± 0.05 K) определить четыре различные характерные энергии, отвечающие четырем типам соседства магнитных ионов: $J_{(1)} = 5.22$ K, $J_{(2)} = 1.51$ K, $J_{(3)} = 1.16$ K, $J_{(4)} = 0.70$ K. Для решения вопроса о влиянии деформации эпитаксиальной структуры на величины обменных констант мы планируем осуществить особое исследование. Тем не менее, очевиден методический потенциал полученного результата, в том числе применительно к другим семействам магнитосмешанных полупроводников, где также наблюдается рамановский парамагнитный резонанс.

Работа выполнена при поддержке проектов СПбГУ-DFG (№ 40.65.62.2017) и РФФИ (19-02-00422).

[1] A.V. Koudinov, A. Knapp, G. Karczewski and J. Geurts. *Phys. Rev. B* **96**, 241303(R) (2017)

[2] R.V. Cherbunin, V.M. Litviak, I.I. Ryzhov et al., *arxiv:1903.01276* (2019)

Рис.1. – Карта интенсивности сигнала КРС от квантовой ямы CdTe:Mn.