Косвенная спектроскопия корреляционных функций спиновых флуктуаций высоких порядков

Смирнов Д.С.¹, Кавокин К.В.²

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

² СПбГУ, 198504, Санкт-Петербург, ул. Ульяновская, 1

DOI 10.34077/Semicond2019-298

Спектроскопия спинового шума – это новый метод исследования спиновой динамики в полупроводниковых наносистемах, основанный на измерении фарадеевского вращения плоскости поляризации зондирующего луча, индуцированного спиновыми флуктуациями, в тепловом равновесии [1]. Корреляционная функция углов фарадеевского вращения в разные моменты времени связана со спиновой восприимчивостью системы в силу флуктуационно-диссипационной теоремы. Таким образом, спектроскопия спинового шума позволяет определять параметры спиновой динамики (временная релаксация, g-факторы и др.), не выводя систему из равновесия.

Традиционно при анализе спиновых флуктуаций ограничиваются изучением автокорреляционной функции второго порядка. Это связано с одной стороны с невысокой точностью существующих измерений, а с другой – с отсутствием общих подходов для теоретического описания спиновых корреляторов более высоких порядков. Тем не менее, полная информация о спиновой динамике системы может быть получена только из спиновых корреляционных функций всех порядков [2].

Мы предлагаем новый метод измерения спиновых корреляторов высоких порядков – косвенную спектроскопию спинового шума. Эта методика основана на нелинейной связи между углом фарадеевского вращения вблизи оптического резонанса и спиновой поляризацией магнитных примесей. Нами были рассчитаны спектры флуктуаций фарадеевского вращения, индуцированных спинами атомов марганца в разбавленных магнитных полупроводниках, при частоте зондирующего луча близкой к резонансу, связанному с локализованными экситонами. При этом величина расщепления оптического резонанса спиновыми флуктуациями не предполагалась малой по сравнению с однородной шириной резонанса.

Мы показали, что Фурье образ корреляционной функции фарадеевского вращения второго порядка в поперечном магнитном поле состоит из пиков на частотах, кратных частотам ларморовской прецессии. Это делает возможным измерение спиновых корреляционных функций высоких порядков. Теоретический анализ спектров позволяет получить дополнительную информацию о спиновой динамике, такую как количество спинов марганца в области локализации экситона и силу обменного взаимодействия между спинами.

Нами была установлена связь между спектром флуктуаций фарадеевского вращения и спектром комбинационного рассеяния с переворотом спина, аналогичная интерпретации первых измерений спинового шума [3]. Наличие множества пиков в спектрах флуктуаций эффекта Фарадея имеет ту же природу, что и эффект рамановского рассеяния с множественными переворотами спинов [4]. Таким образом, предложенный метод косвенной спектроскопии спинового шума и его описание закладывают теоретическую базу для изучения спиновых корреляционных функций высших порядков.

[1] V. S. Zapasskii, *Adv. Opt. Photon.*, **5**, 131 (2013).

[2] A. Bechtold et al., *Phys. Rev. Lett.*, **117**, 027402 (2016).

[3] Б. М. Горбовицкий и В. И. Перель, *Оптика и спектроскоп.*, **54**, 388 (1983).

[4] J. Stühler et al., *Phys. Rev. Lett.*, **74**, 2567 (1995).