Исследование кулоновских корреляций в ДЭС на основе ZnO

Кайсин Б.Д., Ваньков А.Б., Кукушкин И.В.

ИФТТ РАН, 142432, Черноголовка, М.О., ул. Ак. Осипьяна, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-225

В последние 10 лет широкое внимание привлекли к себе высококачественные гетероструктуры на основе ZnO. Данные структуры обладают большой эффективной массой двумерных электронов, большим g фактором и низкой диэлектрической проницаемостью в сравнении с традиционными кремнием и арсенидом галлия. Эти особенности обуславливают высокий масштаб кулоновских корреляций, что дает подходящую систему для исследования многочастичных эффектов.

Среди новых многочастичных эффектов в гетероструктурах ZnO/MgZnO обнаружен ферромагнитный переход на четных факторах заполнения уровней Ландау. Этот эффект наблюдался в серии магнитотранспортных экспериментов как пересечение смежных спиновых подуровней последовательных уровней Ландау, откуда извлекается параметр увеличенной спиновой восприимчивости [1,2,3]. В магнитооптических экспериментах удастся извлечь еще больше информации об энергетическом спектре системы. В частности, удалось наблюдать диапазоны параметров системы, отвечающие ферромагнитному и парамагнитному упорядочению в окрестности четных факторов заполнения [4]. В предшествующих работах был выдвинут феноменологический подход к объяснению данного перехода, который рассматривался как пересечение одночастичных спиновых подуровней

Рис.1. – Сопоставление экспериментальных значений энергии CSFM [$S_z = -1$] с результатами расчетов в приближении Хартри-Фока (штриховые линии) и точной диагонализации (сплошная кривая). Наблюдается точка неустойчивости FMT как результат смягчения возбуждения с лавинообразным образованием CSFM.

В настоящей работе была предпринята попытка дать объяснения данного перехода как следствие неустойчивости парамагнитной фазы в условиях значительного смягчения нижайшего по энергии коллективного возбуждения. Для этого, методом неупругого рассеяния света, были проведены исследования кулоновских корреляций на нижайших по энергии коллективных возбуждениях – циклотронные спин-флип магнитоэкситоны (CSFM), при парамагнитном факторе заполнения 2. Данные возбуждения представляют собой переход между двумя уровнями Ландау с переворотом спина. Энергии CSFM была измерена как функция концентрации на серии образцов ZnO/MgZnO (Рис. 1). Показано что в диапазоне концентраций, соответствующих параметру взаимодействия $r_s = 5 - 7$, совместный вклад кулоновской и зеемановской энергий приводит к “смягчению” CSFM, которое вызывает спонтанное переключение спиновой конфигурации на факторе заполнения 2 с парамагнитной на ферромагнитную [5]. Также были проведены теоретические оценки корреляционного вклада в энергию CSFM, которые находятся в согласии с экспериментом и проясняют механизм фазового перехода (Рис. 1).

- [1] A. Tsukazaki, M. Kawasaki et.al, *Phys.Rev. B* **78**, 233308 (2008).
 [2] Y. Kozuka, M. Kawasaki et.al, *Phys.Rev.B* **85**, 075302 (2012).
 [3] D. Maryenko, J. Falson, et al., *Phys.Rev.B* **90**, 245303 (2014).
 [4] A.B.Vankov, B.D.Kaysin, I.V.Kukushkin, *Phys.Rev.B* **96**, 235401 (2017)
 [5] A.B.Vankov, B.D.Kaysin, I.V.Kukushkin, *Phys.Rev.B* **98**, 121412(R) (2018)