Эффекты спин-орбитального взаимодействия в режиме квантового эффекта Холла

Щепетильников А.В., Нефёдов Ю.А., Кукушкин И.В.

ИФТТ РАН, 142432, Черноголовка, ул.Академика Осипьяна, д.2

DOI 10.34077/Semicond2019-284

Взаимодействие между спиновой степенью свободы и орбитальным движением заряженной частицы лежит в основе значительного количества явлений современной физики конденсированного состояния. Например, спин-орбитальное взаимодействие оказывает значительное влияние на физику квантового эффекта Холла, «перемешивает» состояния с разными номерами уровня Ландау и проекциями спина и может привести к нарушению фундаментально важного ограничения по симметрии – теоремы Лармора. В рамках данной работы эффекты спин-орбитального взаимодействия были изучены в режиме квантового эффекта Холла посредством методики электронного спинового резонанса.

Эксперименты проводились на узких [001] AlAs квантовых ямах, содержащих двумерную электронную систему высокого качества. Электроны в такой структуре заселяют единственную долину, расположенную в X точке зоны Бриллюэна вдоль направления роста структуры. Обнаружено, что величина g-фактора электрона, вычисленная по магнитолевому положению спинового резонанса при фиксированной частоте микроволнового излучения, демонстрировала сильную нелинейную зависимость от магнитного поля с разрывами вблизи чётных факторов заполнения, при этом величина g-фактора увеличивалась с уменьшением магнитного поля в окрестности нечетных факторов заполнения. Более того, g-фактор при точно нечётном заполнении зависел непосредственно от величины фактора заполнения. Данные экспериментальные наблюдения указывают на «перемешивание» спиновой степени свободы электрона и его орбитального движения в режиме квантового эффекта Холла. Сделанное предположение подтверждается теоретическими расчетами, выполненными в одночастичном приближении с учетом спин-орбитального взаимодействия Дрессельхауза. Аппроксимация экспериментальных данных с помощью такой модели позволила определить силу спин-орбитального взаимодействия.

Удивительным образом, спиновый резонанс наблюдался также и вблизи чётных факторов заполнения системы. В отличие от нечётных факторов заполнения вблизи чётных резонанс расщеплялся на два хорошо разрешимых пика. Данное экспериментальное наблюдение пока не имеет обоснования и подчёркивает необходимость дальнейших исследований.

Работа выполнена в рамках госзадания ИФТТ РАН при частичном финансировании РФФИ (грант 18-02-00745), Щепетильников А.В. выражает благодарность за поддержку гранту Президента РФ (МК-6705.2018.2).