Микроскопическая модель потенциала дефекта упаковки и локализованного на нём экситона в GaAs

Дурнев М.В.¹, Глазов М.М.¹, Линпенг К.², Виитаниemi М.², Джонсон К.³, Фу К.-М.²

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

² Университет штата Вашингтон, 98195, Сиэтл, Вашингтон, США

³ Университет штата Орегон, 97403, Юджин, Орегон, США

DOI 10.34077/Semicond2019-323

Дефект упаковки представляет собой плоский, атомарно тонкий дефект, который возникает в полупроводниках с решёткой цинковой обманки, когда упаковка кристаллических плоскостей в направлении $[111]$ нарушается за счёт добавления или пропуска одной плоскости. Благодаря высокой однородности плоскости дефекта упаковки, резонансы в спектре фотолюминесценции, связанные с оптическими переходами локализованных на дефекте двумерных экситонов, являются очень узкими. В нашей работе [1] показано, что локализованные на дефекте упаковки в GaAs двумерные экситоны обладают гигантским электрическим дипольным моментом, перпендикулярным плоскости дефекта, что проявляется в магнито-штарковском сдвиге линий фотолюминесценции. Однако микроскопическое происхождение такого большого дипольного момента оставалось неясным.

Рис.1. Схематическое изображение потенциала дефекта упаковки. На вставке показано расположение дефектов в кристалле.

В работе представлена микроскопическая модель потенциала дефекта упаковки в GaAs и исследованы свойства двумерных экситонов, распространяющихся в плоскости дефекта. В рамках предлагаемой модели дырка в экситоне сильно локализована на дефекте упаковки в направлении, перпендикулярном его плоскости, в то время как электрон удерживается вблизи дефекта упаковки за счет кулоновского притяжения к дырке. Встроенное электрическое поле, направленное перпендикулярно плоскости дефекта упаковки, возникает из-за спонтанной поляризации в дефекте и приводит к асимметричному распределению электронной плотности в направлении нормали к плоскости и, следовательно, к ненулевому дипольному моменту. В рамках предлагаемой модели рассчитан дипольный момент, диамагнитный сдвиг уровня экситона и радиационное время жизни как функции магнитного поля, лежащего в плоскости дефекта упаковки, и проведено сравнение результатов с экспериментальными данными. Предложенная модель качественно и количественно воспроизводит экспериментальные данные, что позволило нам извлечь величину встроенного в дефект электрического поля. Предложенная модель также согласуется с атомистическими расчётами электронной структуры дефекта упаковки, которые были выполнены с использованием метода теории функционала плотности.

[1] T. Karin et al., Phys. Rev. B **94**, 041201 (2016).