Люминесцентные свойства одиночных донорно-акцепторных пар в квантовых ямах на основе ZnSe

Николаев С.Н., Кривобок В.С., Онищенко Е.Е., Пручкина А.А., Чернопицкий М.А.,
Ченцов С.И.

Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Ленинский проспект, 53, Москва, Россия, 119333.

DOI 10.34077/Semicond2019-342

Стандартные спектроскопические методы, которые оперируют интегральными, усредненными по макроскопическому ансамблю величинами, часто оказываются малоэффективными для исследования дефектов в полупроводниках гетероструктурах. Основные ограничения связаны со случайным положением дефектов по отношению к различным интерфейсам, которое определяет заметное неоднородное уширение линии излучения (комбинационного рассеяния света) для любого

Рис.1. – Спектры излучения одиночных ДАП, образованных двумя типами (А) и (В) акцепторов. Энергия отсчитывается от бесфононного перехода (ZPL). С) Характерное изображение, полученное с помощью ПЗС матрицы, где присутствует излучение отдельных ДАП.

макроскопического ансамбля дефектов. Для систематизированного исследования подобных сложных систем необходимо привлечение локальных методов, позволяющих выделять одиночные объекты и анализировать их свойства. В данной работе подобный метод успешно реализован для исследования оптически активных фононных мод одиночных (фоновых) акцепторов в квантовой яме (КЯ) на основе ZnSe.

Для $\text{Zn}_{0.84}\text{Mg}_{0.16}\text{S}_{0.12}\text{Se}_{0.88}/\text{ZnSe}$ структуры с КЯ толщиной 20 нм получены спектры излучения одиночных донорно-акцепторных пар (ДАП), в состав которых входят водородоподобные доноры и акцепторы с различной (80-230 мэВ) энергией основного состояния. На рис.1 приведён пример полученного изображения таких излучателей для области размером $\sim 1 \times 100$ мкм. Показано, что независимо от энергии залегания акцепторного уровня, для излучения ДАП характерны биения спектрального положения бесфононной линии излучения с течением времени. Данные биения вызваны взаимодействием дипольного момента ДАП (в основном состоянии) с флуктуациями локального электрического поля. Подбор плотности мощности возбуждения и использование времен накопления сигнала заметно меньших, чем характерные времена спектральной перестройки бесфононной линии, позволяет отслеживать спектральное положение бесфононной линии ДАП с течением времени. Аккумуляция спектров излучения в режиме, при котором энергия кванта отсчитывается от бесфононной линии, позволяет восстановить структуру оптически активных фононных мод для одиночной донорно-акцепторной пары. Ввиду того, что величина электрон-фононной связи пренебрежимо мала для состояний водородоподобного донора, полученные спектры демонстрируют зондирование оптически активных фононных мод для одиночных акцепторов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (грант № 19-32-70045).