Время жизни надбарьерного экситона в гетероструктурах ZnSe/BeTe во внешнем электрическом поле

Филатов Е.В., Максимов А.А., Тартаковский И.И.

Институт физики твердого тела РАН, 142432, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-187

В гетероструктурах ZnSe/BeTe полоса фотолюминесценции (ФЛ) в области пространственно прямого перехода (2.8 эВ) обычно связывается с излучательной рекомбинацией надбарьерного экситона. Для структуры с толщинами слоев $L_{\text{ZnSe}} = 20$ нм и $L_{\text{BeTe}} = 10$ нм были проведены измерения длительности свечения полосы ФЛ в области 2.8 эВ при возбуждении 2-й гармоникой фемтосекундного Ti:Sa лазера, при приложении внешнего электрического поля в направлении вдоль оси роста. Измерения проводились с помощью стрик-камеры в режиме синхронного сканирования, что обеспечивало разрешение на уровне 2 пс. Обнаружено резкое уменьшение длительности свечения ФЛ (от 9 пс до < 2 пс) при изменении напряженности внешнего электрического поля от 0 до -2 мВ/нм (символы на рис. 1). Этот эффект связан с увеличением вероятности релаксации надбарьерной дырки из слоя ZnSe в основное состояние в слое BeTe.

Для описания данных эксперимента были проведены расчеты времени жизни надбарьерной дырки в слое ZnSe в зависимости от напряженности электрического поля. Рассматривалась одномерная задача в направлении оси роста. Было предложено две модели: свободная дырка над единичным барьером ZnSe, окруженном слоями BeTe (точечная линия на рис. 1) и дырка, связанная с электроном в слое ZnSe, в том же модельном потенциале (штриховая линия на рис. 1).

Для расчета времени жизни свободной дырки в слое ZnSe, модельный потенциал валентной зоны помещался в достаточно большой ящик, и определялось вносимое этим изменение плотности состояний $\Delta N(E)$. Время жизни дырки определялось по ширине пика $\Delta N(E)$. [1]

Для расчета времени жизни связанной с электроном дырки в слое ZnSe учитывались поправки к потенциалу дырки, полученные при решении двумерного уравнения Шредингера для экситона. [2]

Результаты расчетов, приведенные на рис. 1, показывают, что модель, учитывающая формирование экситона в слое ZnSe, лучше описывает данные эксперимента по сравнению с одночастичной моделью для надбарьерной дырки.

Работа частично поддержана проектом РФФИ № 17-02-00959.

[1] L.N. Pandey et al., *Appl. Phys. Lett.* **56**, 277 (1990).

[2] R.P. Leavitt et al., *Phys. Rev. B* **42**, 11774 (1990).

Рис.1. – Время жизни надбарьерного экситона в ZnSe/BeTe во внешнем электрическом поле: экспериментальные значения (символы), расчет для экситона (штриховая линия) и расчет для свободной дырки (точечная линия).