Резонансные оптические свойства возбужденных состояний в экситонных брэгговских структурах GaAs/AlGaAs

Чалдышев В.В.¹, Maharjan N.², Nakarmi M.L.²

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

² Brooklyn College of the City University of New York, Brooklyn, 11210 New York, USA.

DOI 10.34077/Semicond2019-398

Системы множественных квантовых ям (QW), разделенных туннельно-непрозрачными барьерами, обеспечивающими брэгговскую дифракцию электромагнитных волн, позволяют значительно усилить взаимодействие света с экситонными возбуждениями в QWs [1]. Это усиление не требует реальной заселенности экситонных уровней и, поэтому может быть реализовано не только для основного, но и для более высоких энергетических состояний экситонов. Этот эффект был впервые продемонстрирован в работе [2].

В данной работе представлены результаты исследований оптического отражения (OR) и электроотражения (ER) от периодических систем QW GaAs, разделенных барьерами AlGaAs, толщина которых обеспечивала брэгговскую дифракцию света при энергиях фотонов, близких к энергиям экситонных состояний $x(e1-hh3)$, $x(e2-hh1)$, $x(e2-lh1)$ и $x(e2-hh3)$.

Исследованные структуры были выращены методом МЛЭ и состояли из 60 периодов [3]. Исследования OR и ER проводились при различных температурах и углах падения света, что позволило наблюдать как спектральные особенности связанные с основным состоянием экситонов $x(e1-hh1)$ и $x(e1-lh1)$, так и с более высокими квантовыми состояниями электронов и дырок. Наличие достаточно сильного электро-оптического сигнала, обусловленного квантовым эффектом Штарка (Рис.1), и спектральных особенностей, связанных с переходами, запрещенными по симметрии в прямоугольных ямах, свидетельствует о наличии в структурах встроенного электрического поля. Величина этого поля (5.2 kV/cm) в области вблизи интерфейса GaAs/AlGaAs была определена по осцилляциям Франца-Келдыша. Приложение внешнего электрического поля (Рис.2) позволило изменять вероятности оптических переходов для состояний с различной симметрией волновых функций в хорошем согласии с квантово-механическими расчетами. Из анализа экспериментальных кривых определены параметры экситонных состояний, соответствующих различным уровням размерного квантования электронов и дырок.

[1] Е.Л. Ивченко и др. ФТТ, **36**, 2118 (1994).

[2] V. V. Chaldyshev et al., *Appl. Phys. Lett.* **98**, 073112 (2011).

[3] Y. Chen et al., *J. Appl. Phys.* **121**, 103101 (2017).

Рис.1. – Спектр ER при 20 K для структуры с 60 QW толщиной 12.5 нм при угле падения света 23° .

Рис.2. – Спектры ER при 18 K для RBS с QW толщиной 10.4 нм при угле падения света 52° . Спектры записаны с приложением внешнего электрического поля.