

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СИЛЬНОНАПРЯЖЕННЫХ КВАНТОВЫХ ЯМАХ НА ОСНОВЕ INGAAS/GAAS**Ефимов А. О. (ИТМО)****Научный руководитель – к.ф.-м.н. Новиков И.И.
(ИТМО)**

Введение. В настоящее время полупроводниковые гетероструктуры с квантовыми ямами эффективно используются в различных оптоэлектронных устройствах. Расширить спектральный диапазон разрабатываемых приборов возможно с помощью гетероструктур с сильнонапряженными квантовыми ямами (КЯ), которые состоят из слоев с отличающимися от подложки постоянными кристаллических решеток. Так, например, для полупроводниковых подложек GaAs таким материалом является InGaAs. В случае полупроводниковых лазеров использование сильнонапряженных КЯ в качестве активной области потенциально ведет к снижению пороговой плотности тока и увеличению КПД лазера. Гетероструктуры с КЯ пространственно неоднородны ввиду наличия гетерограниц между слоями, поэтому для совершенствования параметров оптоэлектронных приборов необходимо учитывать физические процессы, напрямую влияющие на время жизни неравновесных носителей заряда. В литературе недостаточно информации о количественном анализе времени безызлучательной рекомбинации, которая напрямую влияет на эффективность работы светоизлучающих устройств на основе гетероструктур с КЯ [1-3].

Основная часть. В данной исследовательской работе проводится экспериментальное исследование фотолюминесценции гетероструктур с сильнонапряженными КЯ ямами (молярная доля индия более 30%), которое включает в себя моделирование процессов рекомбинации в сильнонапряженной квантовой яме на основе InGaAs/GaAs для дальнейшей оценки времени безызлучательной рекомбинации. Математическая модель строится на основе работ [4-5]. Вычисляются вероятности рекомбинации инжектированных носителей в объемном материале и КЯ, а также токи излучательной и безызлучательной рекомбинаций в матрице (GaAs) и квантовой яме (InGaAs). Зная положение уровня Ферми, одного из типов носителей можно найти положение уровня Ферми для другого типа носителей путем решения уравнения электронейтральности, поэтому при фиксированных параметрах структуры (параметрах входящих в нее материалов, а также положениях уровней размерного квантования) остаются независимыми лишь два расчетных параметра – температура структуры и положение квазиуровня Ферми одного из типов носителей. В математической модели варьируемыми величинами являются температура и рекомбинационный ток. Таким образом, задав температуру и рекомбинационный ток, можно решить уравнение электронейтральности относительно одного из квазиуровней Ферми и далее получить зависимости рекомбинационных токов от температуры.

Для оценки времени безызлучательной рекомбинации были экспериментально получены интегральные интенсивности фотолюминесценции гетероструктур при различных температурах, которые сравниваются с суммарными токами излучательной рекомбинации, вычисленными для разных времен безызлучательной рекомбинации. Сравнивая положения экспериментальной и теоретических кривых возможно оценить время безызлучательной рекомбинации в реальной гетероструктуре.

Выводы. Предложена методология оценки времени безызлучательной рекомбинации в гетероструктурах с сильнонапряженными квантовыми ямами InGaAs/GaAs. Результаты данного исследования могут быть актуальны для разработки монокристаллических гетероструктур вертикально-излучающих лазеров спектрального диапазона 1200-1300 нм.

Список использованных источников:

1. Звелто О. Принципы лазеров/Пер. под науч. ред. Т.А. Шмаонова. 4-е изд //СПб.: Издательство «Лань». – 2008
2. Зегря Г.Г., Самосват Д.М. Механизмы оже-рекомбинации в полупроводниковых квантовых точках //Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2007. – Т. 131. – №. 6. – С. 1090-1106.
3. Винниченко М.Я. Процессы рекомбинации и разогрева носителей заряда в наноструктурах с квантовыми ямами. – 2013.
4. Asryan L.V., Suris R.A. Inhomogeneous line broadening and the threshold current density of a semiconductor quantum dot laser //Semiconductor Science and Technology. – 1996. – Т. 11. – №. 4. – С. 554.
5. Асрян Л.В. Спонтанная излучательная рекомбинация и безызлучательная оже-рекомбинация в квантоворазмерных гетероструктурах //Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35. – №. 12. – С. 1117-1120.