

Б.И. Махсудов, проф., д-р физ.-мат. наук;  
Х.Ш. Джураев, доц., канд. физ.-мат. наук; З. Каримов  
(ТНУ, г. Душанбе, Таджикистан)

## **ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ АКТИВНОГО НАНОСЛОЯ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОГО ТОКА ИНЖЕКЦИОННЫХ ЛАЗЕРОВ НА ОСНОВЕ АССИМЕТРИЧНЫХ ALGAAS/INGAAS/GAAS - ГЕТЕРОСТРУКТУР**

При протекании рабочего тока в активной области лазерной гетероструктуры пороговая концентрация носителей заряда достигает  $\sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , что согласно модели антиволноводного эффекта, может вносить свой вклад в температурную зависимость порогового тока лазерной наноструктуры. Внутренние оптические потери активной области лазерной наноструктуры зависит от концентрации носителей заряда и фактора оптического ограничения, поэтому при оптимизации лазерных гетероструктур толщину активной области уменьшают. Согласно экспериментальным результатам [1], изменение толщины слоя активной области в гетероструктурах, излучающих на длине волны 1060-1150 нм, на основе системы твердых растворов Al-GaAs/GaAs/InGaAs значительно влияет на параметры лазерной структуры. В частности, величина внутреннего квантового выхода имеет резко выраженный максимум и снижается как при увеличении, так и при уменьшении толщины активной области.

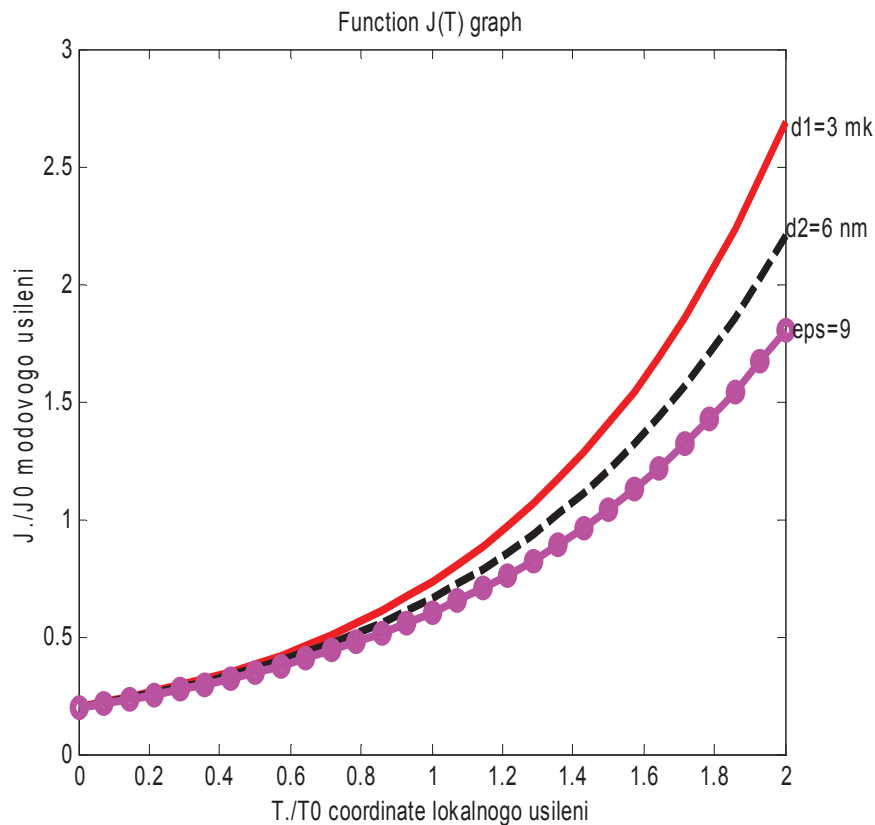
В данной работе проведена расчет с целью определения влияния толщины активного слоя на температурную зависимость порогового тока иннекционных лазеров на основе ассиметричных гетероструктур раздельного ограничения с расширенным волноводом, излучающих в диапазоне длин волны 1000-1150 нм. Метод расчёта и методы контроля волноводных параметров на основе сравнения расчётных данных по пороговому току использованные в настоящей работе, для оптимизации параметров лазера, были изложены в [2, 3, 4]. Толщина активной области варьировалась от 3 до 9 нм. Экспериментально известно, что минимальное значение толщины активной области 3 нм было ограничено в связи с снижением квантового выхода в слое активной области и технологическими сложностями дальнейшего уменьшения толщины слоя. Максимальная толщина активной области 9 нм была выбрана из-за отсутствия генерации в данном типе лазеров во всем диапазоне токов накалки [1]. Это связано с большим количеством дефектов в результате релаксации упругих напряжений в на-

ноструктуре и обусловлено существенным превышением толщины активной области расчетного значения критической толщины. В таблице 1 представлен состав слоёв и их назначение для базовой наногетероструктуры.

**Таблица 1- Параметры исследуемых типов лазерных гетероструктур**

№ слоя	Состав слоя	Толщина	$\epsilon$	$\alpha, \text{см}^{-1}$
7 – волновод с <i>p</i> -стороны	$\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{As}$	0,66 мкм	11,373	5
6 – барьерный слой	GaAs	19,45 нм	12,446	5
5 – квантовая яма	$\text{In}_{0,28}\text{Ga}_{0,72}\text{As}$	<i>d</i>	12,816	100
4 - барьерный слой	GaAs	7,7 нм	12,446	5
3 - волновод с <i>n</i> -стороны	$\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{As}$	1,06 мкм	11.373	5
2 – <i>N</i> – эмиттер	$\text{Al}_{0,25}\text{Ga}_{0,75}\text{As}$	2,0 мкм	11.303	5
1 – буферный слой	GaAs		12.446	10

Результаты расчета температурной зависимости порогового тока от толщины активной области ассиметричных гетеролазеров с одной квантовой ямой приведены на рис. 1.



**Рисунок 1 - Температурной зависимости порогового тока от толщины активной области ассиметричных гетеролазеров с одной квантовой ямой. Параметрами кривых является толщина активного слоя**

Измененные толщины активной области оказывает существенное влияние на пороговую плотность тока в асимметричных лазерных гетероструктурах разделенного ограничения. Это связано с тем, что распределение основной моды излучения в расширенном волноводе наноструктуры полностью определяется материальными и геометрическими параметрами эмиттерных и волноводных слоев. Это обстоятельство открывает широкие возможности по оптимизации спектральных, температурных, пороговых и мощностных характеристик лазерных гетероструктур в зависимости от толщины активной области.

Таким образом, результаты расчета показывают, что в асимметричной лазерной наноструктуре разделенного ограничения с расширенным волноводом с увеличением толщины активной области температурная зависимость излучательных характеристик лазеров улучшается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Винокуров Д.А. Влияние толщины активной области на характеристики полупроводниковых лазеров на основе асимметричных гетероструктур AlGaAs/GaAs/InGaAs с расширенным волноводом / Д.А. Винокуров, В.В. Васильева и др. // ФТП. – 2010. – Т. 44. Вып. 2. – С. 246 – 250.

2. Махсудов Б.И. Моделирование температурной зависимости излучательных характеристик нанослойных инжекционных лазеров на основе симметричных гетероструктур с двумя квантовыми ямами / Б.И. Махсудов, Х.Ш. Джураев, З.Д. Каримов, Н. Нарзуллоев // Вестник Таджикского национального университета. – 2016г. – №1/3(200). – С.132-137.

3. Джураев Х.Ш. Обратные задачи при изучение волноводных свойств многослойных квантоворазмерных гетероструктур / Х.Ш. Джураев, Б.И. Махсудов, З.Д. Каримов Научно–технический вестник Поволжья. №5. 2015г. – Казан: – С.25-27.

4. Махсудов Б.И. Матричный метод расчёта влияния параметров структуры на излучательные характеристики гетеролазеров / Б.И. Махсудов // Доклады АН РТ. – 2012. – Т.55. №8. – С.631 – 637.