

УДК 621.375.826:006.35

DOI: 10.17223/00213411/62/9/127

*Б.И. МАХСУДОВ, Х.Ш. ДЖУРАЕВ, З.Д. КАРИМОВ*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОРОГОВОГО ТОКА ГЕТЕРОНАНОЛАЗЕРОВ С УЧЁТОМ ТОЛЩИНЫ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ВОЛНОВОДНОГО НАНОСЛОЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР

Решена точная задача распространения электромагнитной волны в многослойной гетеронаноструктуре с комплексными значениями диэлектрической проницаемости. Учтён вклад в показатель преломления добавки к диэлектрической постоянной за счёт инжектированных носителей. Рассмотрена гетероструктура на основе наносистемы, применяемой для изготовления лазеров диапазона 0.94–1.14 мкм. Используемые методики и подходы применимы также и для оптимизации многослойных структур на основе других твёрдых растворов и с несколькими квантовыми ямами. На основании выполненных расчётов температурной зависимости излучательных характеристик инжекционных лазеров на основе гетеронаноструктур показано, что аномальное поведение температурной зависимости порогового тока связано с ослаблением волноводных свойств их активной области. В соответствии с результатами расчётов осуществлена оптимизация параметров гетеронаноструктуры инжекционных лазеров по толщине и диэлектрическим свойствам материала волноводного нанослоя, позволяющая существенно ослабить температурную зависимость их излучательных характеристик.

**Ключевые слова:** гетеронаноструктура, квантоворазмерные гетероструктуры, инжекционные лазеры, модовое усиление, локальное усиление, пороговый ток, твёрдый раствор, оптический волновод, оптимизация параметров гетероструктуры.

### Введение и постановка задачи

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 [1, 2], может вносить свой вклад в температурную зависимость порогового тока лазерной наноструктуры. Внутренние оптические потери активной области лазерной гетеронаноструктуры зависят от концентрации носителей заряда и фактора оптического ограничения, которая достигается введением дополнительного волноводного слоя, поэтому требуется оптимизация толщины и материала этого слоя.

В данной работе проведён расчёт с целью определения влияния толщины и диэлектрических свойств материала волноводного слоя на температурную зависимость порогового тока инжекционных лазеров на основе симметричных гетеронаноструктур раздельного ограничения с расширенным волноводом, излучающих в диапазоне длин волны 0.94–1.14 мкм. На основе этих расчётных данных произведена оптимизация конструкции гетеролазеров.

Метод расчёта и методы контроля волноводных параметров на основе сравнения расчётных данных по пороговому току для оптимизации параметров лазера, использованные в настоящей работе, были изложены в [3–5]. Для нахождения коэффициента усиления для волны необходимо решить соответствующее волновое уравнение и найти константу  $\beta$  распространения собственной моды волновода. Ввиду того, что при увеличении температуры происходит срыв лазерной генерации и это считается критической точкой, в данной работе для расчёта был использован метод модулирующих функций [3].

В работе рассмотрена квантоворазмерная гетеронаноструктура, используемая для изготовления лазеров диапазона 0.94–1.14 мкм. Указанная полупроводниковая система выбрана как наиболее технологически отработанная, но использованные методики и подходы применимы также и для оптимизации многослойных наноструктур на основе других твёрдых растворов.

### 1. Методы расчёта

Согласно [3–5], вначале рассчитаем зависимость модового коэффициента усиления  $g_M$  от величины локального усиления  $g$  в активном слое (величины накачки). Далее, используя эту зависимость и фиксируя величину модового усиления на уровне потерь резонатора, найдём зависимость порогового локального усиления от температуры. В качестве оптической модели активной

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>