

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УДК 621.373.826

**ГОРБАЦЕВИЧ Александр Сергеевич**

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ И СТАТИСТИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРАХ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.21 – лазерная физика

Минск, 2013

Работа выполнена в Белорусском государственном университете

НАУЧНЫЙ  
РУКОВОДИТЕЛЬ -

**Буров Леонид Иванович,**  
кандидат физико-математических наук, доцент, доцент  
кафедры общей физики Белорусского государственного  
университета.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ  
ОППОНЕНТЫ:

**Гурский Александр Леонидович,**  
доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой метрологии и стандартизации  
ОУ «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»;

**ЛУЦЕНКО Евгений Викторович,**  
кандидат физико-математических наук, старший  
научный сотрудник лаборатории физики и техники  
полупроводников ГНУ «Институт физики имени Б.И.  
Степанова НАН Беларуси».

ОППОНИРУЮЩАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ -

**Белорусский национальный технический  
университет.**

Защита состоится 1 марта 2013 г. в 14.00 на заседании совета по защите  
диссертаций Д 02.01.17 при Белорусском государственном университете по  
адресу: 220030 Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ленинградская, 8, корпус  
юридического факультета, ауд. 407, e-mail: gulis@bsu.by; телефон ученого  
секретаря 209-57-09.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке  
Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан «30» января 2013 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций  
доктор физико-математических наук, профессор



И.М.Гулис

## ВВЕДЕНИЕ

Полупроводниковые лазеры являются компактными эффективными лазерными излучателями, способными обеспечивать широкий диапазон длин волн генерации, выходной мощности и длительности импульсов выходного излучения. Являясь базовым элементом большинства оптоэлектронных систем передачи и обработки информации эти излучатели в тоже время активно используются в новейших оптических системах, например, системах накачки других лазерных излучателей, портативных лазерных спектрометрах и излучателях, медицинских приборах различного назначения. Поэтому фундаментальным и прикладным аспектам разработки, функционирования и применения полупроводниковых лазеров посвящено огромное количество работ и многие вопросы проработаны достаточно детально.

Однако, несмотря на обширный объем исследований в этой области, ряд вопросов остается выясненным далеко не полностью. В частности, это касается проблемы формирования поляризации излучения в полупроводниковых лазерах, что нашло отражение в интерпретации эффектов поляризационных переключений - переключения с одной линейной поляризации на ортогональную при изменении параметров или режимов работы лазера. Такие эффекты, с одной стороны, используются для разработки высокоскоростных переключателей и элементов логических систем, однако являются крайне нежелательными в поляризационно-чувствительных системах. Несмотря на значительные усилия, в настоящее время так и не сложилось как однозначное понимание природы и механизмов поляризационных переключений, так и разработка универсальных способов их подавления в тех случаях, когда это необходимо.

В последнее время активно разрабатываются полупроводниковые лазеры, генерирующие в области 2-4 мкм. Интерес к таким источникам определяется, в частности, их использованием в приборах дистанционного определения малых концентраций веществ для медицинских целей и систем безопасности. Для таких излучателей механизмы формирования усиленного излучения изучены недостаточно детально, поскольку обладают спецификой, в связи с сильной нелинейностью процессов преобразования энергии накачки в лазерной системе.

Настоящая работа посвящена изучению механизмов формирования поляризованного излучения и условий поляризационных переключений в одномодовом полупроводниковом лазере для широкого круга режимов работы, реализуемых на практике, и процессов формирования углового распределения выходного излучения в лазерных диодах на основе  $\text{InAsSb/InAsSbP}$  гетероструктуры, генерирующих в спектральном диапазоне 3,1 - 3,2 мкм.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами**

Диссертационная работа соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011-2015 годы, утвержденным постановлением Совета министров Республики Беларусь от 19.04.2010 г. № 585:

6.4. новые типы лазеров в широком спектральном, временном и мощностном диапазонах, в том числе твердотельные и волоконно-оптические лазеры, лазеры на свободных электронах;

6.5. физические основы и разработка лазерных, оптико-электронных технологий и приборов, в том числе приборов ночного видения.

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с заданиями, входящими в следующие программы и проекты:

ГКНПИ «Фотоника», пункт 2.01.2 «Формирование излучения в резонаторах полупроводниковых инжекционных лазеров и твердотельных лазеров с диодной накачкой», 2006-2010 гг., номер гос. регистрации №20063146;

проект БРФФИ №Ф08Р-074 «Спектральные и пространственные эффекты в инжекционных лазерах среднего ИК диапазона», 2008-2010 гг., номер гос. регистрации №20081463;

проект БРФФИ №Ф05-149 «Механизмы быстрой токовой перестройки инжекционных лазеров для спектрального диапазона 2-3.3мкм», 2005-2007 гг., номер гос. регистрации №20051811;

ГПНИ «Электроника и фотоника», пункт 1.2.02, «Разработка, создание и исследование твердотельных лазеров с диодной накачкой и детекторных структур для регистрации импульсных излучений в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазоне спектра», 2011–н.вр, номер гос. регистрации №20115396.

### **Цель и задачи исследования**

Основная цель настоящей работы - определение механизмов формирования поляризованного излучения в полупроводниковых инжекционных лазерах, оценка влияния таких факторов, как инжекция оптического сигнала, флуктуации концентрации неравновесных носителей заряда и процессов спонтанного испускания на энергетические, поляризационные, динамические характеристики и их статистические свойства, а также природы сложного углового распределения интенсивности

выходного излучения в торцевых лазерах на основе гетероструктуры  $\text{InAsSb/InAsSbP}$ .

Реализация основной цели настоящего исследования предполагает решение следующих задач:

- адаптировать метод поляризационных компонент для описания формирования усиленного излучения в полупроводниковых лазерах;
- изучить явление и определить природу поляризационных переключений в полупроводниковых лазерах, в том числе при условии внешней оптической инжекции поляризованного сигнала;
- изучить влияние различных источников флуктуаций на мощностные и поляризационные характеристики полупроводниковых лазеров в области поляризационных переключений;
- изучить влияние геометрии активной области и пространственных флуктуаций концентрации неравновесных носителей заряда на выходные характеристики лазерного излучения лазеров среднего ИК диапазона на основе гетероструктуры  $\text{InAsSb/InAsSbP}$ .

В качестве объекта исследования рассматривались полупроводниковые лазеры. Предметом исследования являлись энергетические, динамические, пространственные и поляризационные характеристики выходного излучения полупроводниковых лазеров.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Обобщенный метод описания формирования усиленного поляризованного излучения, основанный на процедуре расчета динамики усиления отдельных линейно поляризованных компонент излучения (метод поляризационных компонент), позволяет определить основные энергетические, поляризационные и статистические характеристики выходного излучения одномодового полупроводникового лазера.

2. Переход от одной линейной поляризации к ортогональной в одномодовом полупроводниковом лазере реализуется через последовательность частично поляризованных состояний для близкого к изотропному ориентационному распределению разности коэффициентов усиления и потерь.

3. В условиях внешней оптической инжекции поляризация инжектируемого сигнала является управляющим параметром, влияющим на сдвиг области поляризационных переключений и позволяющим получать новые динамические состояния (динамический гистерезис, промежуточные поляризационные состояния).

4. Статистические характеристики выходного излучения, а также формирование диаграммы направленности в лазерных торцевых диодах на основе  $\text{InAsSb/InAsSbP}$  гетероструктуры определяются флуктуациями

плотности неравновесных носителей заряда в активном слое полупроводникового лазера.

### **Личный вклад соискателя**

Диссертация отражает личный вклад автора в исследования, выполненные в Белорусском государственном университете, Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Физико-техническом институте имени А.Ф. Иоффе России. Он заключается в непосредственном участии в постановке задач исследований, моделировании, в теоретических работах совместно с соавторами публикаций, а также в интерпретации полученных результатов, выдвижении и проверке идей. Научный руководитель Л.И. Буров сформулировал тематику и основное направление проводимых работ, группа соавторов под руководством Ю.П. Яковлева изготовила и провела измерения для спектров и диаграмм направленности для лазеров на основе InAsSb/InAsSbP гетероструктуры. Вклад остальных соавторов совместных научных работ состоял в участии в проведении отдельных экспериментов, помощи в некоторых расчетах, а также в обсуждении полученных данных. Результаты, полученные без участия автора, в диссертацию не вошли.

### **Апробация результатов диссертации**

Основные результаты исследований, включенных в диссертацию, докладывались на следующих научных конференциях и семинарах: Conference ICONO/LAT, Minsk 2007, 6-й Белорусско-Российский семинар «Полупроводниковые лазеры и системы на их основе», Минск 2007, 2-й Российский симпозиум «Полупроводниковые лазеры: физика и технология», С.-Петербург, 2010.

### **Опубликованность результатов диссертации**

Результаты исследований, представленные в диссертации, опубликованы в 9 научных работах, в том числе в 6 статьях в соответствии с п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (общим объемом 2,9 авторского листа), 1 статье в сборнике материалов научных конференций, 2 тезисах. По результатам диссертации получен 1 патент Республики Беларусь.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения и библиографического списка. Полный объем диссертации составляет 105 страниц, в том числе 36 рисунков занимают 12 страниц. Библиографический

список состоит из 132 наименований, включая собственные публикации соискателя, на 10 страницах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Показано, что обобщенный метод описания формирования усиленного поляризованного излучения в лазерных системах (метод поляризационных компонент) может быть использован для построения феноменологической модели однододового полупроводникового лазера. Особенности формирования поляризованного излучения в такой системе определяются ориентационной анизотропией разности коэффициентов усиления и потерь  $\Delta k(\psi)$ . Усиленное излучение изначально формируется как частично поляризованное и при последовательном усилении происходит сжатие функции ориентационного распределения амплитуд усиленного излучения в пределе перевода ее в  $\delta$ -функцию в направлении ориентации максимального значения  $\Delta k(\psi)$  [1, 3, 4].

2. Результаты численного моделирования показывают, что при условии, когда характерные времена изменения энергии накачки существенно больше времени обхода резонатора, пространственное распределение степени поляризации усиливаемого излучения вдоль оси резонатора является практически однородным при любом монотонном характере пространственного распределения энергии накачки внутри резонатора любой добротности. Этот эффект позволяет использовать упрощенные модели с усредненными по объему активного слоя параметрами для описания чисто поляризационных эффектов в полупроводниковых лазерах [6].

3. Переключение поляризации выходного излучения происходит в областях значений параметров, где ориентационное распределение разности коэффициентов усиления и потерь  $\Delta k(\psi)$  близко к изотропному. В этом случае «скорость» формирования поляризации намного меньше «скорости» формирования интенсивности и в условиях конечности времени жизни фотона в лазерном резонаторе наблюдаемое значение степени поляризации выходного излучения не достигает предельных значений  $\pm 1$ . При монотонном изменении эффективной плотности инжекционного тока происходит сдвиг кривой поляризационного переключения в область больших значений плотности тока при его нарастании и меньших при его спаде. Скорость поляризационных переключений падает, а ширина поляризационного гистерезиса растет при

уменьшении характерного времени формирования поляризации усиленного излучения [3, 4].

4. Для компонент выходной интенсивности при прохождении через поляризатор, ориентированный по двум взаимно ортогональным ориентациям, соответствующим экстремумам функции ориентационного распределения  $\Delta k(\psi)$  (аналог поляризационных мод), характерна «антифазная динамика», которая определяется как возрастание одной компоненты при одновременном уменьшении другой и является прямым следствием механизма формирования усиленного излучения в условиях малой ориентационной анизотропии  $\Delta k(\psi)$  [3, 4, 9].

5. Численное моделирование показывает, что основной вклад в формирование статистических характеристик выходного излучения дают флуктуации плотности неравновесных носителей заряда в активном слое. Поведение рассчитанных функций распределения для выходной интенсивности и степени поляризации хорошо согласуются с экспериментальными данными, приводящимися в литературе [4, 9].

6. Поляризация внешнего оптического инжектируемого сигнала является управляющим параметром для процессов поляризационных переключений и при ее изменении могут меняться основные характеристики поляризационных переключений: область переключения, ширина области поляризационного гистерезиса, дисперсия флуктуаций поляризационных характеристик лазера. Оптическая инжекция может приводить к образованию новых поляризационных состояний, включая динамический гистерезис, и, как частный случай, давать промежуточные устойчивые поляризационные состояния выходного излучения [3, 4, 7].

7. Показано, что в лазерных торцевых диодах на основе  $\text{InAsSb}/\text{InAsSbP}$  гетероструктуры при увеличении ширины полоскового контакта свыше 20 мкм начинает формироваться сложное угловое распределение излучения генерации, в результате чего на диаграмме направленности наблюдается, как правило, два максимума, причем угловая ширина их меньше, чем в случае генерации на основной моде. Процессы диффузии существенно сглаживают неоднородности распределения неравновесных носителей в активном слое и в случае широких полосковых контактов (порядка 40 мкм) приводят к формированию только одного максимума в угловом распределении генерации [2, 5, 8, 10].

8. Результаты численного моделирования показывают, что наличие флуктуаций концентрации неравновесных носителей в активном слое лазерных диодов на основе  $\text{InAsSb}/\text{InAsSbP}$  гетероструктуры слабо влияют на диаграмму направленности излучения в случае узких полосковых контактов, приводя лишь к незначительным смещениям центрального максимума. В случае широких полосковых контактов локальные флуктуации концентрации неравновесных

носителей приводят к тому, что угловое распределение выходной интенсивности может содержать и два, и три максимума, что соответствует экспериментально наблюдаемым данным. Сопоставление с экспериментальными данными показывает, что принятое при расчетах значение скорости изменения показателя преломления от концентрации неравновесных носителей  $\partial n/\partial N = 3 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3$  близко к истинному для InAsSb [5, 10].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Разработанный метод описания формирования усиленного излучения в полупроводниковых лазерах позволяет рассчитывать поляризационные и мощностные характеристики, их статистические свойства и области поляризационной неустойчивости для лазеров на основе различных гетероструктур, разнообразной геометрии и широкого диапазона режимов работы и может быть использован в организациях, занимающихся разработкой и исследованием таких систем Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Физико-технический институт им А.Ф. Иоффе РАН (С.-Петербург, Россия), НИИ Полус им М.Ф. Стельмаха (г. Москва, Россия), компания «Новая Лазерная Техника» - НОЛАТЕХ (г. Москва, Россия).

2. Результаты исследований влияния оптической инжекции на поляризационные характеристики выходного излучения полупроводниковых лазеров могут быть использованы при построении систем оптической обработки и передачи информации.

3. Результаты исследований пространственной структуры выходного излучения полупроводниковых инжекционных лазеров, излучающих в области 3-4 мкм, могут найти применение при оптимизации параметров данных лазеров. Такие работы проводятся в Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Физико-техническом институте им А.Ф. Иоффе РАН (С.-Петербург, Россия).

### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Статья в международных рецензируемых научных журналах**

1. Буров, Л.И. Метод поляризационных компонент для многочастотного режима генерации / Л.И. Буров, И.Н. Варакса, А.С. Горбацевич. // Журн. прикл. спектр. – 2007. – Т. 74, № 3. – С. 346-350.

2. Расчет пространственного распределения интенсивности излучения лазерных диодов на основе InAsSb/InAsSbP./ Буров Л.И., Горбацевич А.С., Рябцев А.Г., Рябцев Г.И., Именков А.Н., Яковлев Ю.П. // Журн. прикл. спектр. - 2008. - Т.75, №6. - С. 815-819.

3. Переключения поляризации излучения в одномодовом инжекционном полупроводниковом лазере / М. Джадан, Л.И. Буров, А.С. Горбацевич, Е.С. Соколов // Журн. прикл. спектр. - 2009. - Т.76, №5. - С. 717-724.

4. Динамика переключения поляризации излучения в одномодовом инжекционном полупроводниковом лазере./ М. Джадан, Л.И. Буров, А.С. Горбацевич, Е.С. Соколов // Журн. прикл. спектр. - 2010. - Т. 77, № 1. - С. 74-81.

5. Влияние диффузии и флуктуаций плотности неравновесных носителей заряда на угловое распределение выходной интенсивности инжекционных лазеров на основе гетероструктуры InAsSb/InAsSbP / Л.И. Буров, А.С. Горбацевич, М. Джадан, В.В. Шерстнев, Ю.П. Яковлев // Журн. прикл. спектр. - 2011. - Т.78, №5. - С. 787-793.

6. Джадан, М. Точечная модель для исследования поляризационных характеристик одномодового полупроводникового лазера / М. Джадан, Л.И. Буров, А.С. Горбацевич // Журн. прикл. спектр. - 2012. - Т.79, №4. - С. 593-598.

#### **Патент:**

7. Лазерная система с тремя состояниями поляризации выходного излучения: пат. РБ 7340 Респ. Беларусь, МПК H01S 5/40 / Л.И. Буров, А.С. Горбацевич; заявитель Бел. гос. ун-т. - № u20100988; заявл. 30.06.11; опубл. 26.11.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. - 2011. - № 3. - С. 228.

#### **Статьи в сборниках материалов научных конференций:**

8. Оптические свойства диодных лазеров с пассивными и негенерирующими областями в активных слоях / Л.И. Буров, А.С. Горбацевич, А.Г. Рябцев, Г.И. Рябцев, М.А. Щемелев, Ю.П. Яковлев. // Сборник статей 6-го Белорусско-Российского семинара «Полупроводниковые лазеры и системы на их основе», Минск, 4-6 июня 2007г. - Минск, 2007. - С. 43-44.

#### **Тезисы:**

9. Буров, Л.И. Поляризационные переключения, в полупроводниковых инжекционных лазерах / Л.И. Буров, А.С. Горбацевич, Е.С. Соколов // Тезисы докладов 2-го Российского симпозиума «Полупроводниковые лазеры: физика и технология», С. Петербург. 10-12 ноября 2010г. - С. Петербург, 2010. - С. 39.

10. Динамика формирования излучения в лазерных диодах на основе гетероструктуры InAsSb/InAsSbP с большой шириной полоскового контакта. / Буров Л.И., Горбацевич А.С., Шерстнев В.В., Яковлев Ю.П. // Тезисы докладов 2-го Российского симпозиума «Полупроводниковые лазеры: физика и технология», С. Петербург. 10-12 ноября 2010г. - С. Петербург, 2010. - С. 59.

## РЭЗЮМЭ

Гарбацэвіч Аляксандр Сяргеевіч

Фарміраванне палярызацыйных і статыстычных характарыстык у  
паўправадніковых лазерах

**Ключавыя словы:** палярызацыя, паўправадніковыя лазеры, палярызацыйная дынаміка, флуктуацыі шчыльнасці носьбітаў зараду, палярызацыйны гістарэзіс.

**Мэта дысертацыйнай работы:** вывучэнне палярызацыйных пераключэнняў, у тым ліку і стымуляваных знешнім аптычным сігналам, а таксама ўплыву флуктуацый шчыльнасці носьбітаў зараду на палярызацыйныя і прасторавыя характарыстыкі ў паўправадніковых лазерах.

**Метады даследавання:** мадэліраванне працэсаў палярызацыйных пераключэнняў, разлік уплыву знешняй аптычнай інжэкцыі і флуктуацый носьбітаў зараду на палярызацыйныя і энергетычныя характарыстыкі паўправадніковых лазераў.

**Атрыманія вынікі:** вызначана, што мадэль аднамодавага паўправадніковага лазера, створаная на аснове метаду палярызацыйных кампанент, дазваляе апісаць усе асноўныя заканамернасці з'яў палярызацыйных пераключэнняў, у тым ліку і ва ўмовах знешняй аптычнай інжэкцыі, і даць дастаткова простую і фізічна наглядную інтэрпрэтацыю назіраемых эфектаў. Паказана, што палярызацыя сігнала знешняй аптычнай інжэкцыі з'яўляецца кіруючым параметрам для працэсу палярызацыйных пераключэнняў, варыяцыі якога могуць прыводзіць да з'яўлення прамежавых устойлівых палярызацыйных станаў. На фарміраванне статыстычных характарыстык у асноўным уплываюць флуктуацыі шчыльнасці нераўнаважных носьбітаў зараду. Гэтыя ж флуктуацыі абумоўліваюць таксама складанае вуглавое размеркаванне выхадной інтэнсіўнасці тарцовых лазераў на аснове InAsSb/InAsSbP гетэраструктуры пры шырыні паласковага кантакту звыш 20 мкм.

Усе вынікі атрыманя ўпершыню і з'яўляюцца новымі для фізікі паўправадніковых лазераў. Іх можна прымяніць для аптымізацыі існуючых і стварэння новых тыпаў лазераў. Шэраг атрыманых у дысертацыі даных былі скарыстаны для аптымізацыі работы лазераў з даўжынямі хваляў 3–4 мкм у Фізіка-тэхнічным інстытуце ім. А. Ф. Іофе РАН (С.-Пецярбург, Расія).

## РЕЗЮМЕ

Горбачев Александр Сергеевич

Формирование поляризационных и статистических характеристик в полупроводниковых лазерах

**Ключевые слова:** поляризация, полупроводниковые лазеры, поляризационная динамика, флуктуации плотности носителей заряда, поляризационный гистерезис.

**Цель диссертационной работы:** изучение поляризационных переключений, в том числе и стимулированных внешним оптическим сигналом, а также влияния флуктуаций плотности носителей заряда на поляризационные и пространственные характеристики в полупроводниковых лазерах.

**Методы исследования:** моделирование процессов поляризационных переключений, расчет влияния внешней оптической инжекции и флуктуаций носителей заряда на поляризационные и энергетические характеристики полупроводниковых лазеров.

**Полученные результаты:** установлено, что модель одномодового полупроводникового лазера, построенная на основе метода поляризационных компонент, позволяет описать все основные закономерности явлений поляризационных переключений, в том числе и в условиях внешней оптической инжекции, и дать достаточно простую и физически наглядную интерпретацию наблюдаемых эффектов. Показано, что поляризация сигнала внешней оптической инжекции является управляющим параметром для процесса поляризационных переключений, вариации которого могут приводить к появлению промежуточных устойчивых поляризационных состояний. На формирование статистических характеристик в основном влияют флуктуации плотности неравновесных носителей заряда. Эти же флуктуации обуславливают также сложное угловое распределение выходной интенсивности торцевых лазеров на основе InAsSb/InAsSbP гетероструктуры при ширине полоскового контакта свыше 20 мкм.

Все результаты получены впервые и являются новыми для физики полупроводниковых лазеров. Они могут применяться для оптимизации существующих и создания новых типов лазеров. Ряд полученных в диссертации данных были использованы для оптимизации работы лазеров с длинами волн 3–4 мкм в Физико-техническом институте им А.Ф. Иоффе РАН (С.-Петербург, Россия).

## SUMMARY

Gorbatsevich Alexandr Sergeevich

Polarization and statistical characteristic formation in semiconductor laser

**Key words:** polarization, semiconductor laser, polarization dynamics, charge carrier density fluctuation, polarization hysteresis.

**Principal objective of dissertation work** comprises an investigation of polarization switch as well as stimulated by external optical signal, and effect of carrier density fluctuation on the polarization and spatial characteristics in semiconductor lasers.

**Research methods:** modeling polarization switch processes, calculating external optical injection influence and carrier density fluctuation on polarization and power characteristics of semiconductor lasers.

**Data obtained:** It has been established that a single mode semiconductor laser model based on polarized component method can be used to describe all key features of polarization switch phenomena including the case of external optical injection, and provide simple and intuitive physical interpretation of observed phenomena. It has been shown that polarization of external injected optical signal serves as a controlling parameter for polarization switch process, that variation can lead to formation of the stable intermediate polarization states. Fluctuations of charge carrier density plays main role in forming of the statistical properties. These fluctuations play determinative role in forming of the complex angular distribution of emission intensity of the edge emitting laser based on InAsSb/InAsSbP heterostructure with stripe width greater then 20 mkm.

All results have been obtained for the first time, they are new for physics of semiconductor lasers. The results can be applied for optimization existing and for creation of new types of lasers. A number of thesis data has been used during optimization of lasers emitting at 3-4 mkm at the Ioffe Physical Technical Institute RAN (St Petersburg, Russian Federation).

