

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 21.05.2025 10:30:23  
Уникальный программный ключ:  
sa953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Инженерная академия**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛАЗЕРОВ**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

### **28.03.02 НАНОИНЖЕНЕРИЯ**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

### **НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2025 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Основы проектирования лазеров» входит в программу бакалавриата «Нанотехнологии и наноматериалы в приборостроении» по направлению 28.03.02 «Наноинженерия» и изучается в 5, 6 семестрах 3 курса. Дисциплину реализует Базовая кафедра «Нанотехнологии и микросистемная техника». Дисциплина состоит из 9 разделов и 54 тем и направлена на изучение теоретических и практических основ проектирования полупроводниковых лазеров.

Целью освоения дисциплины является формирование навыков прикладного применения расчетов для получения моделей полупроводниковых лазеров.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Основы проектирования лазеров» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

| Шифр  | Компетенция                                                                                                                                              | Индикаторы достижения компетенции<br>(в рамках данной дисциплины)                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-5 | Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии | ОПК-5.1 Знает эффективные и безопасные технические средства и технологии в области наноинженерии;<br>ОПК-5.2 Умеет принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности;                                                                                                                                                                 |
| ОПК-7 | Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии                                      | ОПК-7.1 Знает методологию проектирования производства технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии;<br>ОПК-7.2 Умеет сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии;<br>ОПК-7.3 Владеет методами проектирования производства технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии; |
| ПК-9  | Способен осуществлять интеграцию топологических представлений блоков в общую топологию микроэлектромеханического устройства                              | ПК-9.1 Знает методы интеграции топологических представлений блоков в общую топологию микроэлектромеханического устройства;<br>ПК-9.2 Умеет осуществлять интеграцию топологических представлений блоков в общую топологию микроэлектромеханического устройства;                                                                                                 |

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Основы проектирования лазеров» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Основы проектирования лазеров».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

| Шифр  | Наименование компетенции                                                                                                                                 | Предшествующие дисциплины/модули, практики*                                                                                                                                                                                                                 | Последующие дисциплины/модули, практики*                                                 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-5 | Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии | Физические основы микро- и наноэлектроники;<br>Основы военной подготовки.<br>Безопасность жизнедеятельности;<br>Введение в нанотехнологии и микросистемную технику;<br>Химия;<br>Основы физики твердого тела в нанотехнологии;<br>Сопротивление материалов; | Технологическая практика;<br>Преддипломная практика;<br>Научно-исследовательская работа; |
| ОПК-7 | Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологии                                     | Оптика и физика лазеров;<br>Электротехника;<br>Квантовая электроника;<br>Функциональные наноматериалы;<br>Теоретическая механика;                                                                                                                           | Технологическая практика;<br>Преддипломная практика;<br>Научно-исследовательская работа; |
| ПК-9  | Способен осуществлять интеграцию топологических представлений блоков в общую топологию микроэлектромеханического устройства                              | Электроника;<br>Электротехника;<br>Оптика и физика лазеров;                                                                                                                                                                                                 | Технологическая практика;<br>Преддипломная практика;                                     |

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы проектирования лазеров» составляет «10» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

| Вид учебной работы                               | ВСЕГО, ак.ч.   |            | Семестр(-ы) |            |
|--------------------------------------------------|----------------|------------|-------------|------------|
|                                                  |                |            | 5           | 6          |
| <i>Контактная работа, ак.ч.</i>                  | 144            |            | 72          | 72         |
| Лекции (ЛК)                                      | 72             |            | 36          | 36         |
| Лабораторные работы (ЛР)                         | 72             |            | 36          | 36         |
| Практические/семинарские занятия (СЗ)            | 0              |            | 0           | 0          |
| <i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i> | 162            |            | 81          | 81         |
| <i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i> | 54             |            | 27          | 27         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>             | <b>ак.ч.</b>   | <b>360</b> | <b>180</b>  | <b>180</b> |
|                                                  | <b>зач.ед.</b> | <b>10</b>  | <b>5</b>    | <b>5</b>   |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

| Номер раздела | Наименование раздела дисциплины                                                      | Содержание раздела (темы) |                                                                                                         | Вид учебной работы* |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Раздел 1      | Физические основы полупроводниковых лазеров                                          | 1.1                       | Электронные состояния атомов и твёрдых тел                                                              | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 1.2                       | Модель энергетических зон                                                                               | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 1.3                       | Квазиимпульс электрона                                                                                  | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 1.4                       | Долины энергии и зона Бриллюэна                                                                         | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 1.5                       | Кристаллическая структура полупроводников АЗВ5                                                          | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 1.6                       | Особенности рекомбинации электронов и дырок в прямозонных и непрямозонных полупроводниках               | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 1.7                       | Свойства твердых растворов соединений АЗВ5                                                              | ЛК, ЛР              |
| Раздел 2      | Необходимые и достаточные условия генерации в полупроводниковом лазере               | 2.1                       | Особенности рекомбинации электронов и дырок в прямозонных и непрямозонных полупроводниках               | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 2.2                       | Условие вынужденного излучения света                                                                    | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 2.3                       | Методы создания инверсной населенности в полупроводниковых материалах                                   | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 2.4                       | Достаточное условие генерации                                                                           | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 2.5                       | Времена излучательной и безызлучательной рекомбинации                                                   | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 2.6                       | Внутренняя и внешняя квантовая эффективность излучения                                                  | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 2.7                       | Время жизни фотона в резонаторе                                                                         | ЛК, ЛР              |
| Раздел 3      | Оптические характеристики полупроводниковых материалов для полупроводниковых лазеров | 3.1                       | Связь между вещественной и мнимой частями диэлектрической проницаемости                                 | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 3.2                       | Показатели преломления твердых растворов                                                                | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 3.3                       | Волноводная модель инжекционного лазера                                                                 | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 3.4                       | Инжекционный лазер                                                                                      | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 3.5                       | Скоростные уравнения для лазерного диода (ЛД)                                                           | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 3.6                       | Физическая модель инжекционного лазера                                                                  | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 3.7                       | Типы лазерных структур                                                                                  | ЛК, ЛР              |
| Раздел 4      | ЛД с узким каналом генерации                                                         | 4.1                       | Основные механизмы изменения показателя преломления активного слоя при протекании тока                  | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 4.2                       | Образование оптического волновода в плоскости активного слоя при накачке ЛД                             | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 4.3                       | ЛД с контактом в виде узкой полоски                                                                     | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 4.4                       | ЛД с заращенным каналом генерации                                                                       | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 4.5                       | ЛД с узким контактом и с волноводным ограничением за счет изменения эффективного показателя преломления | ЛК, ЛР              |
| Раздел 5      | Характеристики излучения ЛД                                                          | 5.1                       | Ватт-амперная характеристика излучения ЛД                                                               | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 5.2                       | Спектральные характеристики излучения ЛД                                                                | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 5.3                       | Спектр излучения ЛД                                                                                     | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 5.4                       | Температурная зависимость длины волны излучения                                                         | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 5.5                       | Одночастотный режим генерации ЛД                                                                        | ЛК, ЛР              |
| Раздел 6      | Динамические характеристики ЛД                                                       | 6.1                       | Скоростные уравнения                                                                                    | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 6.2                       | Задержка включения и частота модуляции                                                                  | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 6.3                       | Релаксационные колебания и влияние спонтанного излучения                                                | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 6.4                       | Влияние нелинейности коэффициента усиления на частотные характеристики ЛД                               | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 6.5                       | Эквивалентная схема быстродействующего ЛД                                                               | ЛК, ЛР              |
|               |                                                                                      | 6.6                       | Получение сверхкоротких световых импульсов                                                              | ЛК, ЛР              |

| Номер раздела | Наименование раздела дисциплины                       | Содержание раздела (темы) |                                                                                               | Вид учебной работы* |
|---------------|-------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|               |                                                       | 6.7                       | Спектр излучения ЛД в режиме частотной модуляции тока накачки или при накачке импульсами тока | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 6.8                       | Модуляция ЛД большим сигналом                                                                 | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 6.9                       | Сводка основных формул и параметров, используемых для проведения решений скоростных уравнений | ЛК, ЛР              |
| Раздел 7      | Лазерные диоды с распределенной обратной связью       | 7.1                       | Уравнения связанных волн                                                                      | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 7.2                       | Пороговые условия и спектр продольных мод                                                     | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 7.3                       | ЛД с распределенной обратной связью                                                           | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 7.4                       | ЛД с распределенным брэгговским зеркалом                                                      | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 7.5                       | Особенности пространственных характеристик ЛД-РОС и ЛД-РБЗ                                    | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 7.6                       | Селекция длины волны в ЛД с помощью волоконных дифракционных брэгговских решеток              | ЛК, ЛР              |
| Раздел 8      | Методы измерения параметров излучения лазерных диодов | 8.1                       | Измерение мощности излучения                                                                  | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 8.2                       | Измерение длины волны излучения                                                               | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 8.3                       | Измерение расходимости излучения ЛД                                                           | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 8.4                       | Контроль поляризации излучения                                                                | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 8.5                       | Измерение ширины линии излучения одночастотных ЛД                                             | ЛК, ЛР              |
| Раздел 9      | Методы формирования лазерных диодов                   | 9.1                       | Выращивание гетероструктур                                                                    | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 9.2                       | Формирование активного (излучающего) элемента ЛД                                              | ЛК, ЛР              |
|               |                                                       | 9.3                       | Конструкции ЛД                                                                                | ЛК, ЛР              |

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Тип аудитории              | Оснащение аудитории                                                                                                                                                                      | Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости) |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекционная                 | Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.                  |                                                                                                                  |
| Лаборатория                | Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием. |                                                                                                                  |
| Для самостоятельной работы | Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом                                         |                                                                                                                  |

| Тип аудитории | Оснащение аудитории                                         | Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости) |
|---------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС. |                                                                                                                  |

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература:

1. Динамика полупроводниковых лазеров: Учебное пособие для вузов. Р. А. Шаховой. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 404 с. — ISBN 978-5-507-48267-2.  
- <https://e.lanbook.com/book/367466>
2. Лазеры: устройство и действие : учебное пособие А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-8994-7  
- <https://e.lanbook.com/book/330503>

### Дополнительная литература:

1. А.Е.Жуков, М.В.Максимов, Современные инжекционные лазеры, СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, С-Петербург, 2009. - 276 с
2. А.Е.Жуков, Основы физики и технологии полупроводниковых лазеров, СПб: Изд-во Академ. унта, 2016. - 364 с
3. Кейси, Х. Лазеры на гетероструктурах : В 2-х т. / Х. Кейси, М. Паниш ; Перевод А. Е. Дракина. - М. : Мир, 1981

### Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров  
- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН  
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>  
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>  
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>  
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)  
- ЭБС «Троицкий мост»
2. Базы данных и поисковые системы  
- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации  
<http://docs.cntd.ru/>  
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>  
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>  
- реферативная база данных SCOPUS  
<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:

1. Курс лекций по дисциплине «Основы проектирования лазеров».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент

*Должность, БУП*

*Подпись*

Синельников Антон

Олегович

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Заведующий кафедрой

*Должность БУП*

*Подпись*

Попов Сергей Викторович

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Доцент

*Должность, БУП*

*Подпись*

Макеев Мстислав

Олегович

*Фамилия И.О.*