

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.06.2023 01:03:31  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**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 МСЧН 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)

2023 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – изучение теоретических и практических основ проектирования полупроводниковых лазеров. Формирование навыков прикладного применения 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 (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
		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
		ОПК-7.2 Умеет сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии
		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
		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 Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО 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*
------	--------------------------	---	--

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	Безопасность жизнедеятельности Введение в нанотехнологии и микросистемную технику Химия Основы физики твердого тела в наноинженерии Физические основы микро- и наноэлектроники Сопротивление материалов	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Технологическая практика Преддипломная практика
ОПК-7	Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии	Электротехника Теоретическая механика Квантовая электроника Оптика и физика лазеров Функциональные наноматериалы	Основы наноустройств Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Технологическая практика Преддипломная практика
ПК-9	Способен осуществлять интеграцию топологических представлений блоков в общую топологию микроэлектромеханического устройства	Электротехника Электроника Оптика и физика лазеров	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Технологическая практика Преддипломная практика

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

#### 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 ОП ВО для ОЧНОЙ формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)		
		5	6	
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	144	72	72	
в том числе:				
Лекции (ЛК)	72	36	36	
Лабораторные работы (ЛР)	72	36	36	
Практические/семинарские занятия (СЗ)				
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	180	63	117	
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	36	9	27	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>360</b>	<b>144</b>	<b>216</b>
	зач.ед.	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для ЗАОЧНОЙ формы обучения\*

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		7	8
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	52	14	38
в том числе:			

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)		
		7	8	
Лекции (ЛК)	32	8	24	
Лабораторные работы (ЛР)	6	6		
Практические/семинарские занятия (СЗ)	14		14	
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	295	126	169	
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	13	4	9	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	<b>360</b>	<b>144</b>	<b>216</b>
	зач.ед.	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

\* - заполняется в случае реализации программы в заочной форме

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Физические основы полупроводниковых лазеров	Тема 1.1. Электронные состояния атомов и твёрдых тел. Модель энергетических зон. Квазиимпульс электрона. Долины энергии и зона Бриллюэна. Кристаллическая структура полупроводников АЗВ5. Особенности рекомбинации электронов и дырок в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Свойства твердых растворов соединений АЗВ5.	ЛК, ЛР
Раздел 2. Необходимые и достаточные условия генерации в полупроводниковом лазере	Тема 2.1. Особенности рекомбинации электронов и дырок в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Условие вынужденного излучения света. Методы создания инверсной населенности в полупроводниковых материалах. Достаточное условие генерации. Времена излучательной и безызлучательной рекомбинации. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность излучения. Время жизни фотона в резонаторе.	ЛК, ЛР
Раздел 3. Оптические характеристики полупроводниковых материалов для полупроводниковых лазеров	Тема 3.1. Связь между вещественной и мнимой частями диэлектрической проницаемости. Показатели преломления твердых растворов. Волноводная модель инжекционного лазера. Инжекционный лазер. Скоростные уравнения для лазерного диода (ЛД). Физическая модель инжекционного лазера. Типы лазерных структур.	ЛК, ЛР
Раздел 4. ЛД с узким каналом генерации	Тема 4.1. Основные механизмы изменения показателя преломления активного слоя при протекании тока. Образование оптического волновода в плоскости активного слоя при накачке ЛД. ЛД с контактом в виде узкой полоски. ЛД с зарощенным каналом генерации. ЛД с узким контактом и с волноводным ограничением за счет изменения эффективного показателя преломления.	ЛК, ЛР
Раздел 5. Характеристики излучения ЛД	Тема 5.1. Ватт-амперная характеристика излучения ЛД. Спектральные характеристики излучения ЛД. Спектр излучения ЛД. Температурная зависимость длины волны излучения. Одночастотный режим генерации ЛД.	ЛК, ЛР
Раздел 6. Динамические характеристики ЛД	Тема 6.1. Скоростные уравнения. Задержка включения и частота модуляции. Релаксационные колебания и влияние спонтанного излучения. Влияние нелинейности коэффициента усиления на	ЛК, ЛР

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	частотные характеристики ЛД. Эквивалентная схема быстродействующего ЛД. Получение сверхкоротких световых импульсов. Спектр излучения ЛД в режиме частотной модуляции тока накачки или при накачке импульсами тока. Модуляция ЛД большим сигналом. Сводка основных формул и параметров, используемых для проведения решений скоростных уравнений.	
Раздел 7. Лазерные диоды с распределенной обратной связью	Тема 7.1. Уравнения связанных волн. Пороговые условия и спектр продольных мод. ЛД с распределенной обратной связью. ЛД с распределенным брэгговским зеркалом. Особенности пространственных характеристик ЛД-РОС и ЛД-РБЗ. Селекция длины волны в ЛД с помощью волоконных дифракционных брэгговских решеток	ЛК, ЛР
Раздел 8. Методы измерения параметров излучения лазерных диодов	Тема 8.1. Измерение мощности излучения. Измерение длины волны излучения. Измерение расходимости излучения ЛД. Контроль поляризации излучения. Измерение ширины линии излучения одночастотных ЛД	ЛК, ЛР
Раздел 9. Методы формирования лазерных диодов	Тема 9.1. Выращивание гетероструктур. Формирование активного (излучающего) элемента ЛД. Конструкции ЛД.	ЛК, ЛР
Раздел 10. Курсовой проект «Основы проектирования полупроводниковых лазеров»	Тема 10.1. Выбор материала активной области, волноводов и эмиттеров, подбор их составов. Расчет фактора оптического ограничения, ватт-амперной характеристики и коэффициента полезного действия. Расчет температурной зависимости пороговой плотности тока от температуры.	ЛК, ЛР

## 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.	

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ___ шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом 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. Юрчук, С. Ю. Приборы квантовой и оптической электроники. Светоизлучающие и лазерные структуры. Курс лекций : учебное пособие / С. Ю. Юрчук, М. П. Коновалов. — Москва : МИСИС, 2020. — 92 с.

<https://e.lanbook.com/book/156021>

2. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. — ISBN 978-5-8114-5149-4. — Текст : электронный

<https://e.lanbook.com/book/133479>

### Дополнительная литература

1. Жуков А.Е. Лазеры на основе полупроводниковых наноструктур, СПб.:Элмор 2007 – 304 с.

2. Кейси, Х. Лазеры на гетероструктурах : В 2-х т. / Х. Кейси, М. Паниш ; Перевод с англ. 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 «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 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!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Основы проектирования лазеров» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

Доцент кафедры нанотехнологий и  
микросистемной техники

Должность, БУП



Подпись

А.А. Короннов

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:  
Заведующий кафедрой  
нанотехнологий и микросистемной  
техники

Наименование БУП



Подпись

С.В. Попов

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:  
Доцент кафедры нанотехнологий и  
микросистемной техники

Должность, БУП



Подпись

М.О. Макеев

Фамилия И.О.