



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель программы аспирантуры  
Лазерная физика (Физика и астрономия)

Голик С.С.  
(Ф.И.О.)  
«8» февраля 2022 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента  
общей и экспериментальной физики

Короченцев В.В.  
(Ф.И.О.)  
«8» февраля 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Оптоэлектроника**

**1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки)**

курс 2 семестр 3

лекции 8 час. / (8/36) з.е.

практические занятия 10 час. / (10/36) з.е.

лабораторные работы \_\_\_\_\_ час. / \_\_\_\_\_ з.е.

с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ / пр. \_\_\_\_\_ / лаб. \_\_\_\_\_ час.

всего часов контактной работы \_\_\_\_\_ час.

в том числе с использованием МАО \_\_\_\_\_ час., в электронной форме \_\_\_\_\_ час.

самостоятельная работа 54 час.

в том числе на подготовку к экзамену 0 час.

зачет предусмотрен семестр 3

экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 1.3.19. Лазерная физика..

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол №6 от « 8 » февраля 2022 г.

Директор департамента/заведующий кафедрой Короченцев В.В.

Составитель (ли): к.ф.-м.н., Бабий М.Ю.



## **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Оптоэлектроника»**

Рабочая программа дисциплины «Оптоэлектроника» разработана для аспирантов 2 курса по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», профиль «Лазерная физика».

Трудоемкость – 2 з.е. (72 часов). Дисциплина включает в себя 8 часов лекций, 10 часов практических занятий и 54 часа самостоятельной работы, из которых 18 часов отводится на экзамен. Обучение осуществляется в 3 семестре. Форма промежуточной аттестации: зачет (3 семестр).

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 03.06.01. «Лазерная физика».

**Цель:** освоение навыков применения физических закономерностей для объяснения принципов работы и устройства основных оптоэлектронных компонентов – источников и приемников оптического излучения различных типов, ознакомление с основными направлениями их применения и дальнейшего развития.

### **Задачи:**

- формирование знаний о современных тенденциях развития источников и приемников излучения оптического диапазона;
- формирование знаний об основных физических явлениях и закономерностях, определяющих работу источников и приемников излучения оптического диапазона;
- формирование знаний и умений в области экспериментального исследования параметров источников и приемников излучения оптического диапазона;
- формирование знаний и умений в области расчета и проектирования устройств оптоэлектроники на основе источников и приемников излучения оптического диапазона

Для успешного изучения дисциплины «Оптоэлектроника» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области лазерной физики	Знает	основные физические явления и закономерности, лежащие в основе работы квантовых источников и приемников оптического излучения
	Умеет	решать задачи в области применения источников и приемников оптического излучения
	Владеет	навыками самостоятельного решения задач в области применения источников и приемников оптического излучения
ПК-2 Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии	Знает	основные методики проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
	Умеет	собирать в соответствии с предложенной блок-схемой экспериментальные установки для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
	Владеет	навыками разработки и создания экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
ПК-3 Владение навыками разработки и создания функциональных элементов и устройств для различных областей лазерной физики, включая высокоточные оптические измерения, модификацию и обработку материалов	Знает	основные параметры и особенности применения современных источников и приемников оптического излучения
	Умеет	осуществлять выбор источников и приемников оптического излучения для решения поставленной задачи
	Владеет	навыками оптимального выбора источников и приемников оптического излучения для решения поставленной задачи

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Оптоэлектроника» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: мозговой штурм, дискуссия.

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

(**\_18\_ час., в том числе \_12\_ час. с использованием методов активного обучения**)

## **Раздел I. Источники оптического излучения. (8 час.)**

### **Тема 1. Основные характеристики излучения (1 час.)**

Спектр оптического излучения. Интегральные энергетические характеристики излучения: энергия излучения, объемная плотность энергии излучения, лучистый поток, сила излучения, поверхностная плотность излучения, яркость излучения. Спектральные характеристики излучения. Редуцированный поток, световое излучение. Коэффициент полезного действия и эффективная отдача излучения источников излучения. Энергетические, световые и временные характеристики импульсного излучения. Закономерности формирования оптического излучения в равновесных и неравновесных атомных системах. Тепловое и люминесцентное излучение. Сверхлюминесценция и сверхизлучение в атомных системах с инверсной населенностью уровней оптического перехода. Степени и критерии когерентности источников некогерентного и когерентного излучения.

### **Тема 2. Твердотельные и жидкостные лазеры (1 час.)**

#### ***Интерактивная форма : дискуссия***

Источники когерентного излучения. Классификация активных лазерных сред и лазеров: газовые, твердотельные, жидкостные и полупроводниковые. Физические основы и принципы работы, активные среды. Виды накачки в лазерах. Оптическая накачка твердотельных и жидкостных лазеров. К.п.д. оптической накачки. Неодимовые лазерные среды со стехиометрическим составом; малогабаритные твердотельные лазеры с диодной накачкой. Механизмы создания инверсной населенности в газовых средах; основные типы атомарных, ионных и молекулярных газовых лазеров. Эффективность преобразования энергии при различных механизмах накачки в газовых средах. Формирование пучков лазерного излучения в плоско-параллельных, устойчивых и неустойчивых резонаторах.

### **Тема 3. Режимы лазерной генерации и характеристики лазеров (1 час.)**

#### ***Интерактивная форма : дискуссия***

Характеристики излучения твердотельных, газовых, жидкостных лазеров.

### **Тема 4. Инверсная населенность в полупроводниковых материалах (1 час.)**

#### ***Интерактивная форма : дискуссия***

Создание инверсной населенности путем возбуждения полупроводников оптическим излучением, электронной бомбардировкой, сильным электрическим полем и инжекцией носителей заряда в гетеропереходах.

## **Тема 5. Структуры полупроводниковых инжекционных лазеров на основе гетеропереходов (1 час.)**

### ***Интерактивная форма : дискуссия***

Структуры полупроводниковых инжекционных лазеров на основе гетеропереходов. Усиление и потери излучения, пороговые условия генерирования. КПД полупроводниковых лазеров. Основные типы резонаторов. Режимы работы лазеров: стационарный и импульсный, многомодовый и одномодовый режимы. Особенности формирования модовой структуры излучения; влияние режимов работы лазеров на спектр лазерного излучения. Приемы селекции продольных мод, лазеры с распределенной обратной связью и брегговскими отражателями, составные резонаторы.

## **Тема 6. Лазеры на основе сред с квантоворазмерными слоями и квантовыми точками (1 час.)**

### ***Интерактивная форма : дискуссия***

Лазеры на основе сред с квантоворазмерными слоями и квантовыми точками. Модуляция усиления и добротности резонатора. Быстродействие и частотные характеристики инжекционных лазеров

## **Тема 7. Характеристики излучения полупроводниковых лазеров (1 час)**

### ***Интерактивная форма : мозговой штурм***

Временная и пространственная когерентность излучения одномодовых и многомодовых лазеров. Поля излучения в ближней и дальней зонах. Направленность пучков лазерного излучения. Энергетические характеристики пучков лазерного излучения. Стабильность параметров лазеров. Особенности измерения энергетических и пространственно-временных параметров лазерного излучения. Средства формирования оптических пучков, методы модуляции лазерного излучения. Изменение диаграмм направленности, фокусировка, преобразование распределения плотности излучения, отклонение и сканирование пучка. Методы амплитудной и фазовой модуляции лазерного излучения. Использование нелинейно-оптических эффектов для преобразования характеристик лазерного излучения. Методы управления оптическими пучками. Применение нелинейных оптических эффектов для преобразования частот лазерного излучения, временной компрессии лазерных импульсов, ограничения мощности и обращения волнового фронта лазерного излучения.

## **Тема 8. Применение лазеров в научных и прикладных исследованиях и в метрологии (1 час)**

### ***Интерактивная форма : мозговой штурм***

Применение лазеров в информационных системах, системах связи, дальнометрии, локации и исследованиях окружающей среды. Особенности взаимодействия лазерного излучения с различными материалами. Технологические применения лазеров для обработки материалов и в системах контроля. Применение лазеров в медицине.

## **Раздел II. Приемники оптического излучения. (10 час.)**

### **Тема 1. Основные параметры приемников оптического излучения (1 час.)**

Приемники излучения и их основные характеристики. Энергетические характеристики фотоприемников. Пороговые характеристики фотоприемников. Частотные характеристики фотоприемников. Пороговые параметры фотоприемников, шумы фотоприемников и ФПУ, способы снижения шумов. Устройства охлаждения чувствительных элементов фотоприемников.

### **Тема 2. Тепловые приемники оптического излучения (1 час.)**

Тепловые и квантовые фотоприемники; термопары, болометры, термоэлементы. Пироэлектрические фотоприемники. Полостные (абсолютные) тепловые приемники. Теплофизические параметры приемника. Уравнение теплового баланса приемника и его решения при действии на приемник немодулированного, периодически модулированного излучения и одиночного импульса. Факторы, определяющие чувствительность и инерционность тепловых приемников излучения. Области применения тепловых приемников излучения.

### **Тема 3. Фотоэлектронные приемники оптического излучения (2 час.)**

Виды фотокатодов, фотоэлементы. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ), электронно-оптические преобразователи (ЭОП).

### **Тема 4. Фотоэлектрические приемники оптического излучения (4 час.)**

#### ***Интерактивная форма : мозговой штурм, дискуссия***

Отражение в полупроводниках. Поглощение излучения в полупроводниках. Фоторезисторы на основе собственной и примесной проводимости. Устройство фоторезистора, схемы включения, основные параметры и характеристики. Влияние оптических, электрических и конструктивных свойств чувствительного элемента ФР на его чувствительность, инерционность, шумы. Фотодиоды на основе p-n-перехода. P-i-n-фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Фотодиоды с барьером Шоттки. МДП-фотодиоды. Фототранзисторы. МДП-фототранзисторы.

### **Тема 5. Многоэлементные фотоприемники излучения. (1 час.)**

Приборы с зарядовой связью. МДП-фотодиодные многоэлементные приемники. Сканисторы. Матрицы фотодиодов.

### **Тема 6. Оптроны (1 час)**

#### ***Интерактивная форма : мозговой штурм***

Назначение оптронов. Принцип действия оптрона. Типы оптронов. Оптопары.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

(18 час., в том числе 12 час. с использованием методов активного обучения)

### **Практические занятия (18/12 час.)**

#### **Раздел I. Источники оптического излучения. (8 час.)**

##### **Занятие 1. Законы равновесного теплового излучения (1 час.)**

1. Универсальные функции Планка и их применение для практических расчетов.
2. Расчет контрастного излучения абсолютно черных тел.

##### **Занятие 2. Активные лазерные среды (1/1 час.)**

###### ***Интерактивная форма : мозговой штурм***

1. Газовые лазеры.
2. Твердотельные лазеры.
3. Жидкостные лазеры.
4. Полупроводниковые лазеры.

##### **Занятие 3. Основные типы твердотельных лазеров (1/1 час.)**

###### ***Интерактивная форма : дискуссия***

1. Оптическая накачка твердотельных лазеров.
2. К.п.д. оптической накачки.
3. Неодимовые лазерные среды со стехиометрическим составом; малогабаритные твердотельные лазеры с диодной накачкой.

##### **Занятие 4. Основные типы газовых лазеров (1/1 час.)**

###### ***Интерактивная форма : мозговой штурм***

1. Механизмы создания инверсной населенности в газовых средах; основные типы атомарных, ионных и молекулярных газовых лазеров.
2. Эффективность преобразования энергии при различных механизмах накачки в газовых средах.
3. Формирование пучков лазерного излучения в плоско-параллельных, устойчивых и неустойчивых резонаторах.

##### **Занятие 5. Структуры полупроводниковых инжекционных лазеров на основе гетеропереходов (1 час.)**

1. Создание инверсной населенности путем возбуждения полупроводников оптическим излучением, электронной бомбардировкой, сильным электрическим полем и инъекцией носителей заряда в гетеропереходах.
2. Структуры полупроводниковых инжекционных лазеров на основе гетеропереходов.
3. Усиление и потери излучения, пороговые условия генерирования.
4. КПД полупроводниковых лазеров.



## **Занятие 6. Влияние режимов работы лазеров на спектр лазерного излучения (1 час.)**

### ***Интерактивная форма : мозговой штурм***

1. Влияние режимов работы лазеров на спектр лазерного излучения.
2. Приемы селекции продольных мод, лазеры с распределенной обратной связью и брегговскими отражателями, составные резонаторы.

## **Занятие 7. Характеристики лазеров (1 час.)**

### ***Интерактивная форма : мозговой штурм***

1. Временная и пространственная когерентность излучения одномодовых и многомодовых лазеров.
2. Поля излучения в ближней и дальней зонах.
3. Направленность пучков лазерного излучения.
4. Энергетические характеристики пучков лазерного излучения.
5. Стабильность параметров лазеров.
6. Особенности измерения энергетических и пространственно-временных параметров лазерного излучения.

## **Занятие 8. Способы пространственного преобразования пучков лазерного излучения (1 час.)**

### ***Интерактивная форма : дискуссия***

1. Средства формирования оптических пучков, методы модуляции лазерного излучения.
2. Изменение диаграмм направленности, фокусировка, преобразование распределения плотности излучения, отклонение и сканирование пучка. Методы амплитудной и фазовой модуляции лазерного излучения.

## **Раздел II. Приемники оптического излучения (10 час.)**

### **Занятие 9. Основные параметры приемников оптического излучения (1 час.)**

Приемники излучения и их основные характеристики. Энергетические характеристики фотоприемников. Пороговые характеристики фотоприемников. Частотные характеристики фотоприемников. Пороговые параметры фотоприемников, шумы фотоприемников и ФПУ, способы снижения шумов. Устройства охлаждения чувствительных элементов фотоприемников.

### **Занятие 10. Тепловые приемники оптического излучения (1 час.)**

Тепловые и квантовые фотоприемники; термопары, болометры, термоэлементы. Пироэлектрические фотоприемники. Полостные (абсолютные) тепловые приемники. Теплофизические параметры приемника. Уравнение теплового баланса приемника и его решения при действии на приемник немодулированного, периодически модулированного излучения и одиночного импульса. Факторы, определяющие чувствительность и

инерционность тепловых приемников излучения. Области применения тепловых приемников излучения.

**Занятие 11. Фотоэлектронные приемники оптического излучения (2 час.)**

*Интерактивная форма : мозговой штурм, дискуссия*

Виды фотокатодов, фотоэлементы. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ), электронно-оптические преобразователи (ЭОП).

**Занятие 12. Фотоэлектрические приемники оптического излучения (4 час.)**

*Интерактивная форма : мозговой штурм, дискуссия*

Отражение в полупроводниках. Поглощение излучения в полупроводниках. Фоторезисторы на основе собственной и примесной проводимости. Устройство фоторезистора, схемы включения, основные параметры и характеристики. Влияние оптических, электрических и конструктивных свойств чувствительного элемента ФР на его чувствительность, инерционность, шумы. Фотодиоды на основе р-п-перехода. Р-і-п-фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Фотодиоды с барьером Шоттки. МДП-фотодиоды. Фототранзисторы. МДП-фототранзисторы.

**Занятие 13. Многоэлементные фотоприемники излучения (1 час.)**

Приборы с зарядовой связью. МДП-фотодиодные многоэлементные приемники. Сканисторы. Матрицы фотодиодов.

**Занятие 14. Оптроны (1 час)**

Назначение оптронов. Принцип действия оптрона. Типы оптронов. Оптопары.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Оптоэлектроника» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА 1 семестр**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные характеристики излучения.	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1 - 2
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
2	Твердотельные и жидкостные лазеры	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 3
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
3	Режимы лазерной генерации и характеристики лазеров	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 4
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
4	Инверсная населенность в полупроводниковых материалах	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 5 - 6
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
5	Структуры полупроводниковых инжекционных лазеров на основе гетеропереходов	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 7 - 9
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
6	Лазеры на основе сред с квантоворазмерными слоями и квантовыми точками	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 10
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
7	Характеристики излучения полупроводниковых лазеров	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 11-13
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
8	Применение лазеров в научных и прикладных исследованиях и в метрологии	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 14
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	

## 2 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация

			умеет, владеет	Тест (ПР-1)	
1	Основные параметры приемников оптического излучения	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
2	Тепловые приемники излучения	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 2 - 5
			умеет, владеет	Тест (ПР-1)	
3	Фотоэлектронные приемники оптического излучения	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 6 - 9
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
4	Фотоэлектрические приемники оптического излучения	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 10 - 16
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
5	Многоэлементные фотоприемники излучения	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 17 - 20
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			умеет, владеет	Тест (ПР-1)	
6	Оптроны	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 21- 22
			умеет, владеет	Тест (ПР-1)	

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2011. – 539 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=684](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=684).

2. Привалов В. Е. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Привалов В. Е., Фотиади А. Э., Шеманин В. Г. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2013. – 288 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5851](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5851).

3. Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях [Электронный ресурс] : . – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2010. – 499 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2350](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2350).

4. Приемники оптического излучения и фотоприёмные устройства: учебно-методический комплекс /О. Т. Каменев. - Владивосток : Изд-во Дальневосточного технического университета , 2008.- 176 с. (24 экз.)

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:384880&theme=FEFU>.

5. Бараночников, М.Л. Приемники и детекторы излучений [Электронный ресурс] : справочник. – Электрон. дан. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 640 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4145](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4145).

6. Основы оптико-электронного приборостроения [Электронный ресурс] / Ю.Г. Якушенков. – М. : Логос, 2013. – 376 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14323>.

7. Теория и расчет оптико-электронных приборов [Электронный ресурс] / Ю.Г. Якушенков. – М. : Логос, 2011. – 568 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9130>.

### **Дополнительная литература**

1. Крюков, П.Г. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики [Электронный ресурс] : . – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2008. – 207 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2218](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2218).

2. Батенин, В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов – 2. Т.1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2009. – 542 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2668](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2668).

3. Батенин, В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов – 2. Т.2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2011. – 612 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2669](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2669).

4. Приемники оптического излучения : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева . – Санкт-Петербург : Лань , 2014. – 303 с. (3 экз.) <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:777541&theme=FEFU>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Бугров В.Е., Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов: Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2013. - 174 с. <http://window.edu.ru/resource/960/79960>

2. Шахно Е.А. Физические основы применения лазеров в медицине: Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2012. - 129 с. <http://window.edu.ru/resource/668/78668>.

3. Ишанин Г.Г., Мальцева Н.К. Приемники оптического излучения на внешнем фотоэффекте: Учебно-методическое пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2013. - 103 с. <http://window.edu.ru/resource/670/79670>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины (РПД). Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, результаты которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все аудиторные и самостоятельные задания необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с планом-графиком.

### **Использование материалов РПД**

Для успешного освоения дисциплины следует использовать содержание разделов РПД дисциплины, которое позволяет правильно организовать самостоятельную работу аспиранта.

### **Рекомендации по подготовке к лекционным и практическим занятиям**

Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие аспирантов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний.

При изучении и проработке теоретического материала аспирантам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД литературные источники. В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации использовать материалы РПД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения практических занятий используется оборудование научных лабораторий, оснащенных оптическими столами, оптическими компонентами для создания экспериментальных установок с использованием источников и приемников оптического излучения, большое количество измерительных приборов, персональные компьютеры.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Оптоэлектроника»**

*03.06.01. Лазерная физика (физика и астрономия)*



## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине 1 семестр

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	В течение семестра	Изучение разделов теоретической части курса	15 час.	Собеседование (УО-1)
2.	В течение семестра	Подготовка к практическим занятиям	30 час.	Тест (ПР-1) Контрольная работа (ПР-2)
3.	В течение семестра	Подготовка к экзамену	9 час.	Зачет

## 2 семестр

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	В течение семестра	Изучение разделов теоретической части курса	12 час.	Собеседование (УО-1)
2.	В течение семестра	Подготовка к практическим занятиям	24 час.	Тест (ПР-1) Контрольная работа (ПР-2)
3.	В течение семестра	Подготовка к экзамену	18 час.	Зачет

### Методические указания по выполнению самостоятельной работы по дисциплине

Самостоятельная работа включает в себя три вида работ: изучение разделов теоретической части курса, подготовка к практическим занятиям, подготовка к экзамену.

Изучение разделов теоретической части курса и подготовка к практическим занятиям осуществляется аспирантом в период между посвященной данной теме лекцией и соответствующим практическим занятием. Задание и литературу для изучения разделов теоретической части курса преподаватель сообщает в конце лекции. Подготовка к практическим занятиям осуществляется студентом по лекциям и литературе, использовавшейся при изучении разделов теоретической части курса.

Подготовку к экзамену рекомендуется осуществлять в течение семестра непосредственно после окончания изучения очередной темы по вопросам, представленным в приложении 2.

### Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Контроль выполнения работы по изучению разделов теоретической части курса осуществляется на практических занятиях выборочно в форме собеседования. Оформление ответов на вопросы не требуется.

Контроль выполнения работы по подготовке к практическим занятиям осуществляется на практических занятиях в форме контрольной работы.

Контрольные работы завершают изучение разделов учебной дисциплины. Количество работ – 9. Вопросы контрольных работ представлены в приложении 2.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Критерии оценивания контрольной работы:

ответ на все вопросы без ошибок – «отлично»;

ответ на все вопросы с одной ошибкой – «хорошо»;

ответ на все вопросы с двумя ошибками – «удовлетворительно»;

ответ только на половину вопросов или ответ на все вопросы с количеством ошибок более двух – «неудовлетворительно».

При получении оценки «неудовлетворительно» считается, что аспирант не прошел текущий контроль. В этом случае проводится повторный контроль на консультации.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Оптоэлектроника»**  
*03.06.01. Лазерная физика (физика и астрономия)*

## ПАСПОРТ ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области лазерной физики	Знает	основные физические явления и закономерности, лежащие в основе работы квантовых источников и приемников оптического излучения
	Умеет	решать задачи в области применения источников и приемников оптического излучения
	Владеет	навыками самостоятельного решения задач в области применения источников и приемников оптического излучения
ПК-2 Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии	Знает	основные методики проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
	Умеет	собирать в соответствии с предложенной блок-схемой экспериментальные установки для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
	Владеет	навыками разработки и создания экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
ПК-3 Владение навыками разработки и создания функциональных элементов и устройств для различных областей лазерной физики, включая высокоточные оптические измерения, модификацию и обработку материалов	Знает	основные параметры и особенности применения современных источников и приемников оптического излучения
	Умеет	осуществлять выбор источников и приемников оптического излучения для решения поставленной задачи
	Владеет	навыками оптимального выбора источников и приемников оптического излучения для решения поставленной задачи

### 1 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные характеристики	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1 - 2

	излучения.		умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
2	Твердотельные и жидкостные лазеры	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 3
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
3	Режимы лазерной генерации и характеристики лазеров	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 4
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
4	Инверсная населенность в полупроводниковых материалах	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 5 - 6
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
5	Структуры полупроводниковых инжекционных лазеров на основе гетеропереходов	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 7 - 9
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
6	Лазеры на основе сред с квантоворазмерными слоями и квантовыми точками	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 10
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
7	Характеристики излучения полупроводниковых лазеров	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 11-13
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
8	Применение лазеров в научных и прикладных исследованиях и в метрологии	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 14
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	

## 2 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Основные параметры приемников оптического излучения	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
2	Тепловые приемники излучения	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 2 - 5

			умеет, владеет	Тест (ПР-1)	
3	Фотоэлектронные приемники оптического излучения	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 6 - 9
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
4	Фотоэлектрические приемники оптического излучения	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 10 - 16
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
5	Многоэлементные фотоприемники излучения	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 17 - 20
			умеет, владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			умеет, владеет	Тест (ПР-1)	
6	Оптроны	ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 21- 22
			умеет, владеет	Тест (ПР-1)	

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-1 Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области лазерной физики	знает (пороговый уровень)	основные физические явления и закономерности, лежащие в основе работы квантовых источников и приемников оптического излучения	воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания и основные умения в области квантовых источников и приемников оптического излучения
	умеет (продвинутой)	решать задачи в области применения источников и приемников оптического излучения	выполнять типичные задачи в области применения источников и приемников оптического излучения	способность применить знания и практические умения в задачах, связанных с построением физико-математических моделей процессов, связанных с

				работой квантовых источников оптического излучения
	владеет (высокий)	навыками самостоятельного решения задач в области применения источников и приемников оптического излучения	самостоятельно ставить и решать задачи в области применения источников и приемников оптического излучения	способность применить фактическое и теоретическое знание, практические умения по получению новых знаний при самостоятельной постановке и решении задач в области применения источников и приемников оптического излучения
ПК-2 Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, в том числе нелинейной оптики и лазерной спектроскопии	знает (пороговый уровень)	основные методики проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения	воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания методик проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
	умеет (продвинутой)	собирать в соответствии с предложенной блок-схемой экспериментальные установки для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения	выполнять задания по созданию экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения	способность применить знания и практические умения при выполнении заданий по созданию экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
	владеет (высокий)	навыками разработки и	выполнять усложненные	способность применить

		создания экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения	задания в нетипичных ситуациях по созданию экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения	фактическое и теоретическое знание, практические умения при выполнении усложненных заданий по созданию экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований с использованием источников и приемников оптического излучения
ПК-3 Владение навыками разработки и создания функциональных элементов и устройств для различных областей лазерной физики, включая высокоточные оптические измерения, модификацию и обработку материалов	знает (пороговый уровень)	основные параметры и особенности применения современных источников и приемников оптического излучения	воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания параметров и особенностей применения современных источников и приемников оптического излучения
	умеет (продвинутой)	осуществлять выбор источников и приемников оптического излучения для решения поставленной задачи	выполнять типичные задачи по выбору источников и приемников оптического излучения для решения поставленной задачи	способность применить знания и практические умения в задачах, связанных с выбором источников и приемников оптического излучения
	владеет (высокий)	навыками оптимального выбора источников и приемников оптического излучения для решения поставленной задачи	самостоятельно осуществлять выбор оптимальных источников и приемников оптического излучения для решения поставленной задачи	способность применить фактическое и теоретическое знание, практические умения по выбору оптимальных источников и приемников оптического излучения для решения



				поставленной задачи
--	--	--	--	---------------------

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в форме экзамена в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

### Критерии выставления оценки на экзамене по дисциплине

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«отлично»	Оценка «отлично» выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## Вопросы к экзамену

### 1 семестр

#### 1. Основные характеристики излучения

Спектр оптического излучения. Интегральные энергетические характеристики излучения: энергия излучения, объемная плотность энергии излучения, лучистый поток, сила излучения, поверхностная плотность излучения, яркость излучения. Спектральные характеристики излучения. Редуцированный поток, световое излучение. Коэффициент полезного действия и эффективная отдача излучения источников излучения.

Энергетические, световые и временные характеристики импульсного излучения.

## **2. Квантовые свойства излучения.**

Закономерности формирования оптического излучения в равновесных и неравновесных атомных системах. Тепловое и люминесцентное излучение. Сверхлюминесценция и сверхизлучение в атомных системах с инверсной населенностью уровней оптического перехода. Степени и критерии когерентности источников некогерентного и когерентного излучения.

## **3. Твердотельные и жидкостные лазеры.**

Источники когерентного излучения. Классификация активных лазерных сред и лазеров: газовые, твердотельные, жидкостные и полупроводниковые. Физические основы и принципы работы, активные среды. Виды накачки в лазерах. Оптическая накачка твердотельных и жидкостных лазеров. К.п.д. оптической накачки. Неодимовые лазерные среды со стехиометрическим составом; малогабаритные твердотельные лазеры с диодной накачкой.

## **4. Режимы лазерной генерации и характеристики лазеров.**

Характеристики излучения твердотельных, газовых, жидкостных лазеров.

## **5. Механизмы создания инверсной населенности в газовых средах.**

Механизмы создания инверсной населенности в газовых средах; основные типы атомарных, ионных и молекулярных газовых лазеров. Эффективность преобразования энергии при различных механизмах накачки в газовых средах. Формирование пучков лазерного излучения в плоско-параллельных, устойчивых и неустойчивых резонаторах.

## **6. Инверсная населенность в полупроводниковых материалах.**

Создание инверсной населенности путем возбуждения полупроводников оптическим излучением, электронной бомбардировкой, сильным электрическим полем и инжекцией носителей заряда в гетеропереходах.

## **7. Структуры полупроводниковых инжекционных лазеров на основе гетеропереходов.**

Структуры полупроводниковых инжекционных лазеров на основе гетеропереходов. Усиление и потери излучения, пороговые условия генерирования. КПД полупроводниковых лазеров.

## **8. Полосковые лазеры. Лазеры с отдельным электрическим и оптическим ограничением.**

## **9. Особенности формирования модовой структуры излучения.**

Основные типы резонаторов. Режимы работы лазеров: стационарный и импульсный, многомодовый и одномодовый режимы. Особенности формирования модовой структуры излучения; влияние режимов работы лазеров на спектр лазерного излучения. Приемы селекции продольных мод, лазеры с распределенной обратной связью и брегговскими отражателями, составные резонаторы.

## **10. Лазеры на основе сред с квантоворазмерными слоями и квантовыми точками.**

Модуляция усиления и добротности резонатора. Быстродействие и частотные характеристики инжекционных лазеров.

### **11. Характеристики излучения полупроводниковых лазеров.**

Временная и пространственная когерентность излучения одномодовых и многомодовых лазеров. Поля излучения в ближней и дальней зонах. Направленность пучков лазерного излучения. Энергетические характеристики пучков лазерного излучения. Стабильность параметров лазеров. Особенности измерения энергетических и пространственно-временных параметров лазерного излучения.

### **12. Способы пространственного преобразования пучков лазерного излучения.**

Средства формирования оптических пучков, методы модуляции лазерного излучения. Изменение диаграмм направленности, фокусировка, преобразование распределения плотности излучения, отклонение и сканирование пучка. Методы амплитудной и фазовой модуляции лазерного излучения.

### **13. Применение нелинейных оптических эффектов.**

Использование нелинейно-оптических эффектов для преобразования характеристик лазерного излучения. Методы управления оптическими пучками. Применение нелинейных оптических эффектов для преобразования частот лазерного излучения, временной компрессии лазерных импульсов, ограничения мощности и обращения волнового фронта лазерного излучения.

### **14. Применение лазеров в научных и прикладных исследованиях и в метрологии.**

Применение лазеров в информационных системах, системах связи, дальнометрии, локации и исследованиях окружающей среды. Особенности взаимодействия лазерного излучения с различными материалами. Технологические применения лазеров для обработки материалов и в системах контроля. Применение лазеров в медицине.

## **2 семестр**

1. Параметры и характеристики приемников оптического излучения
2. Болометры
3. Пирозлектрические приемники излучения
4. Термоэлементы
5. Тепловые приемные устройства
6. Фотоэлементы
7. Фотоэлектронные умножители
8. Передающие телевизионные электронно-лучевые трубки
9. Электронно-оптические преобразователи
10. Отражение и поглощение в полупроводнике
11. Фоторезисторы
12. Фотодиоды на основе *p-n*-перехода
13. *p-i-n*-фотодиоды
14. МДП-фотодиоды

15. Фотоприемники с внутренним усилением
16. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью
17. МДП-фотодиодные многоэлементные приемники
18. Сканисторы
19. Матрицы фотодиодов
20. Формирователи видеосигнала на основе фотоприемников световых образов
21. Принципы действия и применение оптронов
22. Разновидности оптронов

### **Оценочные средства для текущего контроля**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения аспирантов и осуществляется преподавателем.

### **Вопросы для контрольных работ**

#### **1 семестр**

#### **Контрольная работа № 1. Основные характеристики и свойства излучения**

##### **Вариант 1**

1. Спектр оптического излучения.
2. Тепловое и люминесцентное излучение.
3. Спектральные характеристики излучения.
4. Степени и критерии когерентности источников некогерентного и когерентного излучения.

##### **Вариант 2**

1. Интегральные энергетические характеристики излучения.
2. Энергетические, световые и временные характеристики импульсного излучения.
3. Закономерности формирования оптического излучения в равновесных и неравновесных атомных системах.
4. Сверхлюминесценция и сверхизлучение в атомных системах с инверсной населенностью уровней оптического перехода.

#### **Контрольная работа № 2. Активные лазерные среды и основные типы когерентных источников излучения**

##### **Вариант 1**

1. Физические основы и принципы работы газовых лазеров
2. Физические основы и принципы работы жидкостных лазеров

### **Вариант 2**

1. Физические основы и принципы работы твердотельных лазеров
2. Физические основы и принципы работы полупроводниковых лазеров

## **Контрольная работа № 3. Инжекционные полупроводниковые лазеры**

### **Вариант 1**

1. Создание инверсной населенности в гетеропереходах путем возбуждения полупроводников оптическим излучением.
2. Стационарный режим работы лазеров.

### **Вариант 2**

1. Создание инверсной населенности в гетеропереходах электронной бомбардировкой.
2. Импульсный режим работы лазеров.

### **Вариант 3**

1. Создание инверсной населенности в гетеропереходах инжекцией носителей заряда.
2. Многомодовый режим работы лазеров.

### **Вариант 4**

1. Создание инверсной населенности в гетеропереходах сильным электрическим полем.
2. Одномодовый режим работы лазеров.

## **Контрольная работа № 4. Управление характеристиками пучков лазерного излучения**

### **Вариант 1**

1. Временная когерентность излучения одномодовых и многомодовых лазеров.
2. Поле излучения в ближней зоне.
3. Направленность пучков лазерного излучения.
4. Особенности измерения энергетических параметров лазерного излучения.
5. Методы амплитудной модуляции лазерного излучения.

### **Вариант 2**

1. Пространственная когерентность излучения одномодовых и многомодовых лазеров.
2. Поля излучения в дальней зоне.
3. Энергетические характеристики пучков лазерного излучения.

4. Особенности измерения пространственно-временных параметров лазерного излучения.
5. Методы фазовой модуляции лазерного излучения.

### **Контрольная работа №5. Применение источников оптического излучения**

#### **Вариант 1**

1. Применение лазеров в научных исследованиях.
2. Применение лазеров в информационных системах и системах связи.

#### **Вариант 2**

1. Применение лазеров в метрологии.
2. Применение лазеров в дальнометрии, локации и исследованиях окружающей среды.

### **2 семестр**

### **Контрольная работа №6. Классификация и основные характеристики приемников оптического излучения**

#### **Вариант 1**

1. Дать краткую характеристику основных видов приемников оптического излучения. Какие виды фотоэлектронных приемников вы знаете?
2. Перечислить энергетические характеристики оптического излучения. Дать им определения.
3. Что является основной характеристикой фотоприемника. Какие характеристики она определяет? Рассказать о них.
4. Задача. Для немодулированного света с длиной волны  $\lambda = 0,61$  мкм имеем поток излучения  $\Phi_{\text{ф}} = 200$  лм. Определить поток фотонов.

#### **Вариант 2**

1. Дать краткую характеристику основных видов приемников оптического излучения. Какие виды тепловых приемников вы знаете?
2. Фотометрические характеристики оптического излучения.
3. Рассказать о пороговых характеристиках фотоприемников.
4. Задача. Одиночный ультракороткий импульс излучения неодимового лазера ( $\lambda = 1,06$  мкм) с энергией  $W = 10$  мДж и длительностью  $t = 100$  пс сфокусирован на площади  $A = 0,05$  см<sup>2</sup>. Определить энергетическую освещенность мишени и плотность потока фотонов.

### **Контрольная работа № 7. Фотоэлектронные приемники оптического излучения**

## **Вариант 1**

1. Фотоэлементы.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

2. Секвидикон

Устройство. Принцип работы. Достоинства и недостатки.

3. Фотоумножитель ФЭУ-28 с кислородно-серебряно-цезиевым фотокатодом паспортно изготовлен по источнику типа "А" с температурой 2856 К. Найти удельный порог чувствительности фотоумножителя для излучения ЧТ с температурой 2360 К в световых и энергетических ФМВ.

## **Вариант 2**

1. Фотоэлектронные умножители.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

2. Диссектор.

Устройство. Принцип работы. Достоинства и недостатки.

3. Фотоэлемент Ф-5 с кислородно-серебряно-цезиевым фотокатодом паспортно изготовлен по источнику типа "А" с температурой 2856 К при полосе пропускания усилительного тракта 160 Гц. Найти: порог чувствительности фотоэлемента в заданной полосе частот для излучения паспортного источника в световых ФМВ. Указание: считать преобладающим дробовой шум.

## **Вариант 3**

1. Электронно-оптические преобразователи.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

2. Суперортикон.

Устройство. Принцип работы. Достоинства и недостатки.

3. Определить максимальную вольтовую чувствительность и постоянную времени схемной релаксации для фотоэлемента Ф-5, у которого межэлектродная ёмкость равна 50 пФ, если на фотоэлемент падает максимальный световой поток 0,4 лм.

## **Вариант 4**

1. Электронно-лучевые трубки.

Назначение электронно-лучевых трубок. Принципы формирования видеоизображения.

2. Суперкремникон.

Устройство. Принцип работы. Достоинства и недостатки.

3. Фотоэлемент Ф-5 с кислородно-серебряно-цезиевым фотокатодом паспортно изготовлен по источнику типа "А" с температурой 2856 К при полосе пропускания усилительного тракта 160 Гц. Найти интегральную чувствительность к потоку излучения ЧТ с температурой 2360 К. Указание. Считать преобладающим дробовой шум.

## Контрольная работа № 8. Фотозлектрические приемники оптического излучения

### Вариант 1

1. Фоторезисторы.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

2. МДП-фототранзисторы.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

3. Эффективность преобразования внешней (электрической) мощности планарного GaAs светодиода  $\eta$  равна 2 % при прямом токе  $I = 30$  мА и разности потенциалов  $U = 2,1$  В. Оценить генерируемую прибором оптическую мощность  $P_i$ , если коэффициент отражения  $R$  на границе GaAs-воздух равен  $R = 0,8$ . Коэффициент преломления GaAs  $n = 3,6$ .

### Вариант 2

1. Фотодиоды на основе  $p-n$ -перехода.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

2. Фотодиоды с барьером Шоттки.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

3. Оценить эффективность преобразования внешней мощности планарного GaAs светодиода  $\eta$ , когда внутренняя оптическая мощность  $P_i$  составляет 40 % от приложенной электрической мощности. Коэффициент преломления GaAs  $n = 3,6$ .

### Вариант 3

1.  $p-i-n$ -фотодиоды.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

2. Фототранзисторы.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

3. Рекомбинационное время жизни неосновных носителей заряда фотодиода  $\tau = 2$  нс. При протекании постоянного тока оптическая выходная мощность равна  $P_{dc} = 200$  мкВт. Определить выходную мощность  $P_f$ , когда сигнал через диод модулирован на частоте 30 МГц.

### Вариант 4

1. МДП – фотодиоды.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

2. Фототеристоры.

Принцип действия. Основные параметры. Область применения.

3. Идеальный фотодиод (т.е. с квантовым выходом равным 1) освещается излучением мощностью  $P = 20$  мВт при длине волны 0,8 мкм. Рассчитать ток и напряжение на выходе прибора, когда детектор используется в режиме фототока и фотоЭДС соответственно. Ток утечки при обратном смещении  $I_0 = 20$  нА, рабочая температура  $T = 320$  К.



### Вариант 5

1. Лавинные фотодиоды. Принцип действия. Основные параметры. Область применения.
2. Гетерофототранзисторы. Принцип действия. Основные параметры. Область применения.
3. Фотодиод на основе  $p-n$ -перехода имеет квантовый выход 40 % на длине волны 0,8 мкм. Рассчитать чувствительность  $R$ , поглощенную оптическую мощность  $P$  ( $I_p=1$  мкА) и число фотонов, поглощенных в секунду на этой длине волны  $\Gamma_p$ .

## Контрольная работа № 9. Многоэлементные фотоприемники

### Вариант 1

1. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью.
2. Определить коэффициент использования излучения источника типа "А" (ЧТ с температурой 2856 К) кремниевым ФПЗС 1200ЦМ1.
3. Рассчитать по паспортным данным порог чувствительности матричного ФПЗС 1200ЦМ1 со стандартным временем накопления 20 мс, паспортизованного по источнику типа "А" с температурой 2856 К, при освещении его лампой накаливания с истинной температурой нити накала 3500 К, если коэффициенты использования излучения лампы глазом и ФПЗС равны соответственно 0,082 и 0,36, а коэффициент использования излучения источника типа "А" ФПЗС составляет 0,22. ФПЗС используется в телекамере с фокусным расстоянием объектива 58 мм и расстоянием до движущегося со скоростью 0,1 м/с объекта 810 мм. Допустимый "смаз" изображения равен 1/4 элемента ФПЗС.

### Вариант 2

1. МДП-фотодиодные многоэлементные приемники.
2. Рассчитать токовую чувствительность матричного ФПЗС 1200ЦМ1 к потоку излучения и к световому потоку лампы накаливания, если квантовая эффективность материала ФПЗС составляет 0,6, а коэффициенты использования излучения лампы матричным ФПЗС и глазом равны соответственно 0,36 и 0,082.
3. Найти дисперсию шума матричного ФПЗС, обусловленного зарядовым пакетом, генерированным потоком излучения, если освещённость ФПЗС равна 850 лк, токовая чувствительность составляет 0,14 А/Вт, время накопления равно 0,7 мс, число строк элементов в секции накопления составляет 144, а число столбцов элементов в каждой из секций накопления и хранения - 232, неэффективность переноса равна  $10^{-3}$ , количество фаз управления - 3.

### Вариант 3

1. Матрицы фотодиодов.

2. Найти порог чувствительности матричного ФПЗС, если дисперсия шума, обусловленного зарядовым пакетом, генерированным потоком излучения, составляет  $14,64 \cdot 10^{-6}$ , а дисперсия шума, обусловленного внутренними факторами ФПЗС, -  $5 \cdot 10^4$ , время накопления равно 0,7 мс, токовая чувствительность ФПЗС к потоку излучения составляет  $2,5 \cdot 10^{-3}$  А/лм.

3. Найти дисперсию шума матричного ФПЗС, обусловленного внутренними факторами, если средняя плотность темнового тока равна 40 нА/см<sup>2</sup>, время накопления составляет 0,7 мс, среднее количество переносов зарядового пакета равно 996, температура окружающей среды составляет 293 К, плотность поверхностных состояний равна  $671031 \text{ Дж}^{-1} \text{ м}^{-2}$ , ёмкость выходной цепи усилителя ФПЗС, выполненного на одном кристалле с выходным регистром ФПЗС, составляет 0,2 пФ.