

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет радиотехники и электроники

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан РЭФ

профессор, д.т.н. Хрусталева  
Владимир Александрович

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая и оптическая электроника

ООП: специальность 210108.65 Микросистемная техника

Шифр по учебному плану: ОПД.Ф.10

Факультет: радиотехники и электроники очная форма обучения

Курс: 4, семестр: 7

Лекции: 54

Практические работы: - Лабораторные работы: 18

Курсовой проект: - Курсовая работа: - РГЗ: 7

Самостоятельная работа: 40

Экзамен: 7 Зачет: -

Всего: 120

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 210100 Электроника и микроэлектроника.(№ 737 тех/сп от 18.01.2006)

ОПД.Ф.10, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Полупроводниковых приборов и микроэлектроники протокол № 4 от 24.05.2011

Программу разработал

д.ф.м.н.

Гайслер Владимир Анатольевич

Заведующий кафедрой

д.ф.м.н.

Гайслер Владимир Анатольевич

Ответственный за основную образовательную программу

д.ф.м.н.

Гайслер Владимир Анатольевич

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
<b>ОПД.Ф.10</b>	<p>Квантовая и оптическая электроника:</p> <p>способы описания и характеристики электромагнитного излучения оптического диапазона; физические основы взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами; энергетические состояния квантовых систем; оптические переходы, структура спектров; ширина, форма и уширение спектральных линий; оптические явления в средах с различными агрегатными состояниями; усиление оптического излучения; активные среды и методы создания инверсной населенности; насыщение усиления в активных средах; генерация оптического излучения; нелинейно-оптические эффекты; основные типы когерентных и некогерентных источников оптического излучения; физические принципы и основные элементы для регистрации, модуляции, отклонения, трансформации, передачи и обработки оптического излучения.</p>	<b>120</b>

## 2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Требования государственного образовательного стандарта (ГОС) по специальности 210108 "Микросистемная техника" регистрационный №737 тех/сп от 18.01.2006. Решение Ученого совета факультета РЭФ протокол №5 от 23.05.2007
Адресат курса	Инженер по специальности 210108 - Микросистемная техника
Основная цель (цели) дисциплины	Основная цель изучаемой дисциплины - дать представление о фундаментальных физических процессах, лежащих в основе оптической и квантовой электроники, рассмотреть принцип действия, особенности конструкций и требования к активным материалам и элементам. Рассмотреть возможности и технические характеристики приборов и устройств оптической электроники, подготовить будущих специалистов к теоретически грамотному их применению и дальнейшему изучению специальной литературы по отдельным вопросам данной отрасли.
Ядро дисциплины	Ядро курса - физическое и математическое описание процессов, происходящих в оптических средах и приборах в условиях различных внешних воздействий
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Квантовая механика, Физика твердого тела, Физика полупроводников

Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Для успешного изучения курса студенту необходимо знать высшую математику, физику твердого тела и физику полупроводниковых приборов, теоретическую физику, включающую следующие разделы: квантовую механику, электродинамику, статистическую физику
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	В курсе прививается умение анализировать результаты эксперимента; создавать адекватные физические и математические модели; проводить вычисления и анализировать результаты расчетов

### 3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	о фундаментальных физических процессах, лежащих в основе оптической и квантовой электроники
2	о принципах действия, особенностях конструкции и требованиях, предъявляемым к активным материалам
3	о месте оптической и квантовой электроники в современной науке и технике и областях применения соответствующих приборов
4	о современных принципах построения теоретических моделей физических процессов в оптических средах и приборах на их основе
5	о перспективных направлениях развития квантовой электроники и оптоэлектроники
знать	
6	понятийный аппарат (терминологию) дисциплины
7	физическую сущность процессов, протекающих при взаимодействии электромагнитного (оптического) излучения с веществом
8	принципы работы излучателей и фотоприемников
9	методы расчета основных электрических и оптических параметров оптоэлектронных приборов
10	технические характеристики приборов и устройств квантовой и оптической электроники
уметь	
11	выдвигать и проверять гипотезы, делать обоснованный выбор методов исследования свойств оптических сред и приборов, анализировать и обобщать полученные результаты
12	рассчитывать электрофизические и оптические характеристики, построить математическую модель параметров материалов и устройств квантовой и оптической электроники с целью их оптимизации
13	проводить измерения параметров материалов и устройств квантовой и оптической электроники
14	определять стабильность и воспроизводимость характеристик объектов при наличии внешних воздействий
15	представлять результаты решения отдельных задач, описание расчетно-графического задания в удобной для восприятия форме
иметь опыт (владеть)	
16	моделирования оптоэлектронных приборов и расчета их параметров
17	использования приборов квантовой и оптической электроники

#### 4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 7		
Модуль: Физические основы оптической и квантовой электроники		
Дидактическая единица: Способы описания и характеристики электромагнитного излучения оптического диапазона.		
Стандартная терминология, основные понятия и определения. Метрологические системы квантовой и оптической электроники. Светотехническая и энергетическая система параметров. Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи. Принцип Ферма. Элементы квантовой теории излучения. Фотон и его основные свойства. Фотонные коллективы.	1	1, 2, 3
Дидактическая единица: Физические основы взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами.		
Квантовые переходы. Вероятность перехода. Матричный элемент. Дипольное приближение. Правила отбора для электронных переходов	1	1, 11, 13, 15, 16, 6, 7, 8
Дидактическая единица: Энергетические состояния квантовых систем.		
Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Символика энергетических состояний атомов. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни.	1	1, 2, 6, 7
Дидактическая единица: Оптические переходы, структура спектров		
Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.	1	1, 6, 7, 8
Дидактическая единица: Ширина, форма и уширение спектральных линий.		
Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение.	1	1, 11, 12, 15, 16, 17, 6, 7
Дидактическая единица: Оптические явления в средах с различными агрегатными состояниями		
Распространение гауссовых пучков. Оптические свойства атмосферы. Отражение, преломление и рефракция света. Прохождение света через границу раздела двух сред. Особенности распространения света в тонких слоях. Диэлектрические волноводы. Волноводные моды. Ввод и вывод излучения в планарные и каналные волноводы. Оптика анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптическая индикатриса. Естественное двулучепреломление. Электрооптические эффекты Поккельса и Керра. Магнитооптические эффекты. Брегговская дифракция на акустических волнах.	7	10, 14, 15, 17, 4, 5, 7, 8, 9
Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Экситонные эффекты. Особенности зонной структуры и оптических свойств полу-проводниковых соединений $A_3B_5$ , Si. Люминесценция полупроводников. Квазиу-ровни Ферми, Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Фотоэлектрические эффекты в однородных кристаллах. Фотоэлектрические эффекты в неоднородных структурах и p-n-переходах. Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Эффект односторонней инжекции. Эффект	8	1, 12, 2, 4, 6, 7, 8, 9

сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Волноводный эффект. Фотоэлектрические эффекты в p-p гетеропереходах и в варизонных структурах. Оптические эффекты в сверхтонких слоях. Квантовые ямы. Оптические явления в квантово-размерных слоях и сверхрешетках.		
Дидактическая единица: Усиление оптического излучения, активные среды и методы создания инверсной населенности.		
Инверсия населенностей. Возбуждение активного вещества - накачка. Методы накачки. Кинетические уравнения. Двух-, трех-, и четырехуровневые схемы работы. Пороговая мощность источника накачки. Оптические резонаторы. Добротность резонатора. Потери в оптических резонаторах. Собственные типы колебаний - моды. Требования к резонаторам оптического диапазона. Типы резонаторов.	7	10, 12, 13, 17, 2, 4, 5, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Насыщение усиления в активных средах.		
Условие самовозбуждения лазеров. Пороговая энергия накачки по генерации. Насыщения усиления	2	10, 13, 15, 17, 2, 3, 5, 8, 9
Дидактическая единица: Генерация оптического излучения		
Одномодовая и многомодовая генерация. Нестационарная генерация. Модуляция добротности резонатора. Гигантские импульсы. Методы модуляции добротности. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы. Свойства лазерного излучения.	3	1, 11, 12, 13, 16, 17, 4, 6, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Нелинейно-оптические эффекты.		
Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты. Генерация гармоник. Условие фазового синхронизма. Параметрическое преобразование и параметрическая генерация света. Вынужденное комбинационное рассеяние и рассеяние Мандельштамма-Бриллюэна. Оптический пробой. Самофокусировка света. Двухфотонное поглощение света.	5	1, 13, 2, 6, 7
Модуль: Принцип работы и особенности когерентных и некогерентных излучателей оптического диапазона.		
Дидактическая единица: Основные типы когерентных и некогерентных источников оптического излучения.		
Принцип работы лазеров и мазеров. Общая характеристика и особенности газовых лазеров. Процессы в газовом разряде. Особенности устройства газоразрядных лазеров. Атомарные газовые лазеры. Гелий-неоновый лазер. Ионные газовые лазеры. Молекулярный лазер. Газоразрядные СО <sub>2</sub> -лазеры. Газодинамические, эксимерные, химические и фотохимические лазеры. Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров. Активные материалы. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, Твердотельные перестраиваемые лазеры. Общая характеристика и особенности жидкостных лазеров. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров. Общая характеристика и особенность полупроводниковых лазеров и светодиодов. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и непрямой структурой энергетических зон. Активные материалы. Гетеросветодиоды. Электролюминесцентные экраны. Газоразрядные индикаторы.	7	1, 10, 12, 13, 2, 4, 5, 7, 8, 9
Полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Полосковые	1	1, 10, 12, 13, 3, 4, 5, 6, 7, 8

гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью.		
Модуль: Принцип работы и классификация приёмников оптического излучения		
Дидактическая единица: Физические принципы и основные элементы для регистрации, модуляции, отклонения, трансформации, передачи и обработки оптического излучения.		
Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Фотоэлектронные умножители. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. P-i-n фотодиоды и лавинные фотодиоды. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников.	4	1, 10, 12, 16, 17, 4, 6, 7, 8, 9
Модуль: физические принципы и основные элементы для модуляции, отклонения, трансформации, передачи и обработки оптического излучения.		
Дидактическая единица: Физические принципы и основные элементы для регистрации, модуляции, отклонения, трансформации, передачи и обработки оптического излучения.		
Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения. Особенности приборов управления оптическим излучением. Модуляторы лазерного излучения. Электрооптические модуляторы. Абсорбционные модуляторы. Акустооптические модуляторы света. Пассивные затворы. Методы сканирования света. Дефлекторы. Приборы нелинейной оптики. Преобразователи частоты. Генераторы гармоник. Параметрические генераторы света. Характеристика и особенность оптической связи. Структурные элементы оптоэлектроники. Оптроны как структурные элементы оптоэлектроники. Типы оптронов. Передача оптических сигналов по световодам. Волоконно-оптические линии связи. Элементы интегральной оптики. Тонкопленочные волноводы. Связь между волноводами. Оптическая бистабильность. Направленные ответвители. Тонкопленочные модуляторы, фильтры, переключатели, детекторы. Принципы голографии. Свойства голограмм. Оптические методы обработки информации. Оптические вычислительные машины и комплексы	5	1, 10, 13, 2, 4, 5, 6, 7, 9

Лабораторная работа

Таблица 4.2

<b>(Модуль), дидактическая единица, тема</b>	<b>Учебная деятельность</b>	<b>Часы</b>	<b>Ссылки на цели</b>
Семестр: 7			
Модуль: Физические основы оптической и квантовой электроники			
Дидактическая единица: Физические основы взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами.			
Поглощение света в полупроводниках	Освоить методику проведения спектральных экспериментов. Записать спектр пропускания GaAs. Определить спектральную	4	1, 11, 13, 15, 6, 7

	зависимость коэффициента поглощения в GaAs. Провести анализ полученной характеристики. Определить ширину запрещенной зоны GaAs.		
Модуль: Принцип работы и классификация приёмников оптического излучения			
Дидактическая единица: Основные типы когерентных и некогерентных источников оптического излучения.			
Спектральные характеристики светоизлучающих диодов	Освоить методику проведения спектрального эксперимента. С помощью монохроматора определить спектральные характеристики светодиодов красного, зеленого, желтого и голубого свечения. Определить ширину полос излучения и относительные интенсивности, максимум спектра излучения.	4	1, 12, 13, 15, 17, 6, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Физические принципы и основные элементы для регистрации, модуляции, отклонения, трансформации, передачи и обработки оптического излучения.			
Исследование характеристик солнечного элемента	Провести измерение зависимости кремниевого солнечного элемента от мощности оптического излучения, вольт-амперной характеристики солнечного элемента и предельный коэффициент полезного действия.	4	1, 10, 13, 15, 17, 2, 4, 5, 7, 8, 9
Модуль: Принцип работы и особенности когерентных и некогерентных излучателей оптического диапазона.			
Дидактическая единица: Основные типы когерентных и некогерентных источников оптического излучения.			
Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров	Исследовать параметры полупроводниковых светодиодов полупроводникового инжекционного лазера. Провести измерения ватт-амперных характеристик излучателей и определить параметры внешней квантовой эффективности для	4	1, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 2, 4, 6, 7, 8, 9

	светодиодных излучателей и параметры порогового тока, плотности порогового тока и параметры дифференциальной квантовой эффективности до порога и после порога генерации для лазерного излучателя		
Модуль: физические принципы и основные элементы для модуляции, отклонения, трансформации, передачи и обработки оптического излучения.			
Дидактическая единица: Физические принципы и основные элементы для регистрации, модуляции, отклонения, трансформации, передачи и обработки оптического излучения.			
Статические характеристики оптопар (оптронов).	Ознакомиться с физическими принципами работы оптопар. Измерить передаточную характеристику, определить коэффициент передачи по току данной оптопары.	2	1, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 2, 4, 6, 7, 8, 9

## 5. Самостоятельная работа студентов

### Семестр- 7, РГЗ

Выполнение индивидуального расчётно-графического задания, оформление РГЗ и подготовка к его защите - 20 часов

### Семестр- 7, Индив. работа

Подготовка к лабораторным работам и оформление отчётов.- 10 часов

### Семестр- 7, Подготовка к занятиям

работа с литературой и справочными материалами. Подготовка к экзамену. - 10 часов

## 6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Оценка знаний студентов проводится при выполнении лабораторных работ и защите контрольной работы. Итоговая оценка знаний по всем разделам курса проводится в форме эк-замена. Оценка выставляется после устного ответа с учетом оценок за контрольную работу и защиту лабораторных работ.

отлично - общая сумма баллов 90-100

хорошо - общая сумма баллов 75-89

удовлетворительно - общая сумма баллов 60-74

№

Вид деятельности

Число баллов

Лабораторные работы (0-10)\*4=(0-40)

Контрольная работа (0-10)

РГЗ

(0-10)

Всего не более 60 баллов  
Экзамен (0-40)  
Всего не более 100 баллов

## 7. Список литературы

### 7.1 Основная литература

#### В печатном виде

1. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы : учебник для вузов / В. В. Пасынков. - М., 2001. - 479 с. : ил.
2. Астайкин А. И. Основы оптоэлектроники : [учебное пособие для вузов] / А. И. Астайкин, М. К. Смирнов. - М., 2007. - 275, [2] с. : ил.
3. Пихтин А. Н. Оптическая и квантовая электроника : учебник для вузов по направл. "Электроника и микроэлектроника" / А. Н. Пихтин. - М., 2001. - 573 с. : ил.

### 7.2 Дополнительная литература

#### В печатном виде

1. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике : учебное пособие для физ. специальностей вузов / Н. В. Карлов. - М., 1983. - 318, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
2. Носов Ю. Р. Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов. - М., 1989. - 359, [1] с. : ил., схемы
3. Ярив А. Квантовая электроника / А. Ярив ; пер. с англ. Я. И. Ханина. - М., 1980. - 487, [1] с. : табл., схемы

## 8. Методическое и программное обеспечение

### 8.1 Методическое обеспечение

#### В печатном виде

1. Квантовая и оптическая электроника : методические указания к лабораторным работам для 4 курса РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" дневного и заочного отделений и направления 210600 - "Нанотехнология" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. А. Гайслер, Н. И. Филимонова]. - Новосибирск, 2009. - 37, [2] с. : ил.
2. Квантовая и оптическая электроника : методические указания к лабораторным работам 4 курса РЭФ направления 210100-Электроника и микроэлектроника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Гайслер, Н. И. Филимонова]. - Новосибирск, 2008. - 27, [1] с. : ил.

#### В электронном виде

1. Квантовая и оптическая электроника : методические указания к лабораторным работам для 4 курса РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" дневного и заочного отделений и направления 210600 - "Нанотехнология" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. А. Гайслер, Н. И. Филимонова]. - Новосибирск, 2009. - 37, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3734.pdf>
2. Квантовая и оптическая электроника : методические указания к лабораторным работам 4 курса РЭФ направления 210100-Электроника и микроэлектроника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Гайслер, Н. И. Филимонова]. - Новосибирск, 2008. - 27, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3461.rar>

## 9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

Вопросы к экзамену:

1. Светотехническая и энергетическая система параметров.
2. Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи. Принцип Ферма. Фотон и его основные свойства. Фотонные коллективы.
3. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Плоские электромагнитные волны.
4. Поляризация электромагнитной волны.
5. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни.
6. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Матричный элемент.
7. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.
10. Квантовые переходы. Дипольное приближение. Классический осциллятор.
11. Квантовый осциллятор. Связь между матричным элементом перехода и коэффициентами Эйнштейна. Правила отбора для электронных переходов.
12. Факторы уширения спектральной линии.
13. Рассеяние света.
14. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Соотношения Крамерса-Кронига.
15. Принципы работы лазеров и мазеров. Инверсия населенностей.
16. Накачка. Методы накачки. Кинетические уравнения.
17. Оптические резонаторы. Добротность. Собственные типы колебаний.
18. Условия самовозбуждения генерации и насыщения усиления. Коэффициент квантового усиления.
19. Режим модуляции добротности. Синхронизация мод.
20. Свойства лазерного излучения.
21. Формулы Френеля. Правила изменения фазы для электромагнитной волны, отраженной и прошедшей границу раздела двух сред.
22. Энергетические коэффициенты отражения и пропускания. Угол Брюстера. Эффект полно-го внутреннего отражения. Световоды.
23. Оптика анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптическая индикатриса. Естественное двулучепреломление.
24. Эффект Погкельса. Электрооптические модуляторы.
25. Магнитооптические модуляторы.
26. Нелинейные оптические эффекты. Генерация второй гармоники.
27. Параметрическое преобразование и параметрическая генерация света.
28. Оптические переходы в полупроводниках.
29. Виды поглощения в полупроводниках. Спектр поглощения.
30. Люминесценция полупроводников. Условия усиления и инверсии в полупроводниках.
31. Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции.
32. Фоторезистивный эффект. Фоторезисторы.
33. Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Инжекционная электро-люминесценция.
34. Оптические явления в квантово-размерных слоях и сверхрешетках.
35. Светодиоды. Основные характеристики. Принцип работы.
36. Инжекционные лазеры.
37. Газовые лазеры. Типы. Свойства.
43. Твердотельные лазеры. Типы. Свойства. Лазеры на ионах редкоземельных элементов.
44. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения.
45. Фотодиоды. P-i-n фотодиоды и лавинные фотодиоды.

46. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений.
47. Оптроны. Разновидности. Основные характеристики.
48. Волоконно-оптические линии связи.
49. Волоконные лазеры и лазерные усилители.
50. Жидкокристаллические индикаторы. Принципы работы, разновидности, основные характеристики.
51. Солнечные элементы.
52. Принципы голографии.
53. Интегральная оптика.

## Контрольная работа

- 1 Точечный изотропный источник света, мощностью 1 мВт, расположен на расстоянии 50 мкм от торца световолокна. Диаметр сердцевины волокна равен 100 мкм, а показатель преломления сердцевины - 1.55. Показатель преломления оболочки - 1.50. Определить мощность световой волны в световолокне на расстоянии 100 км от входа. Суммарные потери в световолокне составляют 0.2 дБ/км. Отражением света от торца волокна пренебречь.
- 2 Светодиод с непросветленной поверхностью имеет внутренний квантовый выход 30 процентов. Оценить внешний квантовый выход светодиода, считая показатель преломления полупроводника  $n=3.6$ .
3. Полупроводниковый лазер имеет длину резонатора 400 мкм, рабочая длина волны 0.98 мкм, полоса генерации составляет 0.2 нм. Определить количество продольных мод, генерируемых лазером. Показатель преломления полупроводниковой среды  $n=3.5$ .
4. Длина резонатора полупроводникового лазера - 200 мкм, показатель преломления полупроводниковой среды  $n=3.6$ . Коэффициент поглощения света на длине волны генерации лазера составляет 100 см<sup>-1</sup>. Пренебрегая потерями света на рассеяние внутри резонатора, определить коэффициент усиления света, соответствующий порогу генерации.
- 5 Полупроводник с показателем преломления  $n_2=3.5$  помещён в диэлектрическую среду с показателем преломления  $n_1=1.5$ . Определить толщину слоя и показатель преломления оптимального просветляющего покрытия для длины волны 1000 нм.
6. Оптрон со световолоконным оптическим каналом состоит из светодиода с внешним квантовым выходом 0.1 и фотодиода с квантовым выходом 0.6. Длина световолокна, используемого в оптроне, составляет 1 метр, потери в волокне - 104 дБ/км. Определить коэффициент передачи по току в данном оптроне.
8. Акустооптический модулятор имеет рабочую апертуру 15 мм. Скорость звуковой волны в среде - 5 105 см/с. Оценить быстродействие модулятора.

Имеется 6 вариантов.

Вопросы к экзамену:

1. Светотехническая и энергетическая система параметров.
2. Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи. Принцип Ферма. Фотон и его основные свойства. Фотонные коллективы.
3. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Плоские электромагнитные волны.
4. Поляризация электромагнитной волны.
5. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни.
6. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Матричный элемент.
7. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.
10. Квантовые переходы. Дипольное приближение. Классический осциллятор.

11. Квантовый осциллятор. Связь между матричным элементом перехода и коэффициентами Эйнштейна. Правила отбора для электронных переходов.
12. Факторы уширения спектральной линии.
13. Рассеяние света.
14. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Соотношения Крамерса-Кронига.
15. Принципы работы лазеров и мазеров. Инверсия населенностей.
16. Накачка. Методы накачки. Кинетические уравнения.
17. Оптические резонаторы. Добротность. Собственные типы колебаний.
18. Условия самовозбуждения генерации и насыщения усиления. Коэффициент квантового усиления.
19. Режим модуляции добротности. Синхронизация мод.
20. Свойства лазерного излучения.
21. Формулы Френеля. Правила изменения фазы для электромагнитной волны, отраженной и прошедшей границу раздела двух сред.
22. Энергетические коэффициенты отражения и пропускания. Угол Брюстера. Эффект полно-го внутреннего отражения. Световоды.
23. Оптика анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптическая индикатриса. Естественное двулучепреломление.
24. Эффект Погкельса. Электрооптические модуляторы.
25. Магнитооптические модуляторы.
26. Нелинейные оптические эффекты. Генерация второй гармоники.
27. Параметрическое преобразование и параметрическая генерация света.
28. Оптические переходы в полупроводниках.
29. Виды поглощения в полупроводниках. Спектр поглощения.
30. Люминесценция полупроводников. Условия усиления и инверсии в полупроводниках.
31. Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции.
32. Фоторезистивный эффект. Фоторезисторы.
33. Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Инжекционная электро-люминесценция.
34. Оптические явления в квантово-размерных слоях и сверхрешетках.
35. Светодиоды. Основные характеристики. Принцип работы.
36. Инжекционные лазеры.
37. Газовые лазеры. Типы. Свойства.
43. Твердотельные лазеры. Типы. Свойства. Лазеры на ионах редкоземельных элементов.
44. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения.
45. Фотодиоды. P-i-n фотодиоды и лавинные фотодиоды.
46. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений.
47. Оптроны. Разновидности. Основные характеристики.
48. Волоконно-оптические линии связи.
49. Волоконные лазеры и лазерные усилители.
50. Жидкокристаллические индикаторы. Принципы работы, разновидности, основные характеристики.
51. Солнечные элементы.
52. Принципы голографии.
53. Интегральная оптика.