

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
 УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ И ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ»

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники (ППЭНЭ)

Направление подготовки (специальности): 28.03.02 «Наноинженерия»

Профиль: «Инженерные нанотехнологии в приборостроении»

Часов по УП: 108 / **Часов по РПД:** 108

Часов по УП (без учета на экзамены): 72 / **Часов по РПД:** 72

Часов на самостоятельную работу по УП: 24 (33 %)

Часов на самостоятельную работу по РПД: 24 (33 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены 8; Зачеты —; Курсовые проекты —;
 Курсовые работы —.

Форма обучения: очная. **Срок обучения:** нормативный

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятия	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1/18		2/18		3/18		4/18		5/18		6/18		7/18		8/12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции															12	12	12	12
Лабораторные															12	12	12	12
Практические															24	24	24	24
Ауд. занятия															48	48	48	48
Сам. работа															24	24	24	24
Экзамен															36	36	36	36
Итого															108	108	108	108

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) — государственные требования к минимуму содержания и уровня подготовки бакалавра по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 3 декабря 2015 г. № 1414.

Программу составил канд. техн. наук, доцент

Г.И. Липатов

Рецензент: д-р техн. наук, профессор

С.А. Акулинин

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 «Наноинженерия», профиль «Инженерные нанотехнологии в приборостроении».

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ППЭНЭ.

Протокол № 5 от «14» января 2016 г.

Заведующий кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ.

Протокол № ___ от «22» января 2016 г.

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью изучения дисциплины «Основы лазерной и оптоэлектронной техники» является формирование у студентов знаний о физических процессах, лежащих в основе современных оптоэлектронных приборов, в которых эффекты взаимодействия между электромагнитными волнами оптического диапазона и электронами вещества используются для генерации, передачи, обработки, хранения и отображения информации
1.2	Для достижения цели ставятся задачи приобретения студентами знаний:
1.2.1	по устройству, принципу действия, характеристикам, параметрам и областям применения лазерной и оптоэлектронной техники

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Цикл (раздел) ОПОП: вариативная часть		Код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.20
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося: Б1.Б.5 «Физика» Б1.В.ОД.5 «Спецглавы физики» Б1.Б.12 «Электроника» Б1.Б.17 «Материаловедение наноматериалов и наносистем»	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Выпускная квалификационная работа	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование компетенции	
ОПК-1	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования

В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН

3.1	Знать: физические процессы, лежащие в основе современных оптоэлектронных приборов; характеристики и параметры приборов; области их возможного применения (ОПК-1).
3.2	Уметь: выполнять измерения характеристик и определять параметры оптоэлектронных приборов (ОПК-1).
3.3	Владеть: методами анализа и расчета параметров и характеристик приборов и устройств оптоэлектроники (ОПК-1).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость в часах					Всего часов
			Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	СРС	Экз.	
1	Излучение оптического диапазона	2	2	4	—	4		10
2	Источники некогерентного излучения	4	2	4	4	4		14
3	Источники когерентного излучения	6	2	4	4	4		14
4	Приемники излучения	8, 10	4	8	4	8		24
5	Оптоэлектронные устройства	12	2	4	—	4		10
6	Подготовка к экзамену						36	36
Итого часов:			12	24	12	24	36	108

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
1. Излучение оптического диапазона		
2	Основные свойства и параметры оптического излучения. Излучение и поглощение света в твердых телах	2
2. Источники некогерентного излучения		
4	Светоизлучающие диоды (СИД). Параметры и характеристики СИД	2
3. Источники когерентного излучения		
6	Полупроводниковые лазеры. Конструкции, параметры и режимы работы лазеров	2
4. Приемники излучения		
8	Основные характеристики фотоприемников	2
10	Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, ПЗС	2
5. Оптоэлектронные устройства		
12	Оптопары и оптоэлектронные микросхемы	2
Итого часов:		36

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	Виды контроля
1. Излучение оптического диапазона			Текущий контроль выполнения учебных заданий
1, 2	Спектральные характеристики полупроводников	4	
2. Источники некогерентного излучения			
3	Расчет спектральной характеристики светоизлучающего диода	2	
4	Зависимость интенсивности излучения светодиода от тока и напряжения	2	
3. Источники когерентного излучения			
5	Возбуждение спонтанной и лазерной люминесценции в полупроводниках и полупроводниковых структурах	2	
6	Оптические резонаторы	2	
4. Приемники излучения			
7	Расчета характеристик и параметров фоторезисторов из полупроводников с собственной проводимостью	2	
8	Расчета характеристик и параметров приемников ИК-излучения на базе примесных фоторезисторов	2	
9	Расчета характеристик и параметров фотодиодов	2	
10	Расчета характеристик и параметров фототранзисторов	2	
5. Оптоэлектронные устройства			
11	Расчет передаточной характеристики диодной оптопары	2	
12	Закономерности распространения излучения в световодах	2	
Итого часов:		24	

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
2. Источники некогерентного излучения			Проверка отчета по лабораторной работе
3	Исследование спектрального состава излучения полупроводниковых светодиодов	4	
3. Источники когерентного излучения			
7	Изучение характеристик и параметров лазерного излучения	4	
4. Приемники излучения			

11	Определение постоянной времени фоторезисторов	4	
Итого часов:		12	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1—12	Проработка материала лекций с использованием рекомендуемой литературы	Опрос	14
3, 7, 11	Подготовка к лабораторным работам	Ответы на контрольные вопросы	6
6, 12	Подготовка к контрольным работам	Выполнение контрольного задания	4
Итого часов:			24

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:

5.1	Лекции
5.2	Лабораторные работы
5.3	Практические занятия
5.4	Самостоятельная работа
5.5	Консультации по всем вопросам учебной программы

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Для текущего контроля успеваемости используются контрольные вопросы, помещенные в конце каждой лабораторной работы
6.2	Темы письменных работ не предусмотрены
6.3	Другие виды контроля не предусмотрены

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы/ составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспеченность
7.1.1 Основная литература				
Л1.1	Астайкин А.И., Смирнов М.К.	Основы оптоэлектроники. М.: Высш. шк., 2007. 277 с.	Учеб. для вузов, 2007	0,7
Л1.2	Пихтин А.Н.	Оптическая и квантовая электроника. М.: Высш. шк., 2001. 573 с.	Учеб. для вузов, 2001	1
Л1.3	Игнатов А.Н.	Оптоэлектроника и нанофотоника. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. 544 с.	Учеб. для вузов, 2011	1
7.1.2 Дополнительная литература				
Л2.1	Мальшев В.А.	Основы квантовой электроники и лазерной техники. М.: Высш. шк., 2006. 543 с.	Учеб. пособие, 2006	0,3
Л2.2	Игнатов А.Н.	Оптоэлектронные приборы и устройства. М.: Эко-Трендз, 2006. 272 с.	Учеб. пособие, 2006	1
Л2.3	Розеншер Э., Винтер Б.	Оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004. 592 с.	Учеб. пособие, 2004	0,2

Л2.4	Ермаков О.	Прикладная оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004. 416 с.	Учеб. пособие, 2004	0,2
Л2.5	Мартынов В.Н., Кольцов Г.И.	Полупроводниковая оптоэлектроника. М.: МИ-СиС, 1999. 400 с.	Учеб. для вузов, 1999	0,1
Л2.6	Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М.	Введение в оптоэлектронику. М.: Высш. шк., 1991. 191 с.	Учеб. для вузов, 1991	0,1
Л2.7	Зи С.	Физика полупроводниковых приборов: В 2 кн. М.: Мир, 1984. Кн. 2. 456 с.	Монография, 1984	0,4

7.1.3 Методические разработки

Л3.1	Липатов Г.И.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1, 2 по курсу «Квантовая и оптическая электроника». Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. 30 с.	Метод. указ., 2005	1
Л3.2	Липатов Г.И.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3—5 по курсу «Квантовая и оптическая электроника». Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. 42 с.	Метод. указ., 2008	1

7.1.4 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Системы компьютерной математики MathCAD, MATLAB

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1	Учебный компьютерный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в Интернет
8.2	Контрольно-измерительное оборудование

9. СТРУКТУРА И СОСТАВ ФОНДОВ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонды оценочных средств по дисциплине представляют собой: перечень вопросов для рейтинговых и контрольных мероприятий, варианты контрольных заданий и экзаменационные билеты.

9.1. Перечень вопросов для рейтинговых и контрольных мероприятий

- Какая длина соответствует верхней границе оптического диапазона:
а) 0,1 мкм; б) 0,5 мкм; в) 1 мм; г) 10 мм?
- Какая длина соответствует нижней границе оптического диапазона:
а) 1 нм; б) 10 нм; в) 100 н; г) 1 мкм?
- Какая длина соответствует инфракрасному излучению:
а) 0,3 мкм; б) 0,6 мкм; в) 0,5 мкм; г) 1 мкм?
- Какая длина соответствует ультрафиолетовой области спектра:
а) 0,3 мкм; б) 0,7 мкм; в) 0,9 мкм; г) 12 мкм?
- Какое из обозначений соответствует излучательному прибору:
а) КТ315А; б) КД252В; в) АЛ102В; г) КП103Ж?
- Какое из обозначений соответствует фотоприемному прибору:
а) КТ814А; б) ФД252; в) АОУ103; г) АЛС331А?
- Какое из обозначений соответствует индикаторному прибору:
а) ЦИЖ-2; б) АЛ103А; в) АЛ102В; г) АОТ101А?
- Какое из обозначений соответствует оптрону:
а) АЛС316А; б) АП601В; в) АОТ301А; г) ЗЛ341Г?
- С помощью каких частиц переносится оптическая энергия:
а) фотонов; б) фононов; в) электронов; г) дырок?
- Какой длине волны соответствует максимальная чувствительность глаза:
а) 0,41 мкм; б) 0,56 мкм; в) 0,63 мкм; г) 0,72 мкм?

11. Какой длине волны соответствует минимальная чувствительность глаза в области, близкой к ультрафиолетовому излучению:
 а) 0,4 мкм; б) 0,45 мкм; в) 0,5 мкм; г) 0,6 мкм?
12. Какой длине волны соответствует минимальная чувствительность глаза в области, близкой к инфракрасному излучению:
 а) 0,72 мкм; б) 0,62 мкм; в) 0,55 мкм; г) 0,5 мкм?
13. Какое из материалов относится к непрямозонным материалам:
 а) ZnSe; б) GaP; в) GaN; г) CdS?
14. Что предусматривается в структуре фотоприемника для повышения чувствительности:
 а) короткая поглощающая свет область; б) длинная поглощающая свет область;
 в) узкая поглощающая свет область; г) оптические контакты с низким сопротивлением?
15. От чего зависит частота излучения светодиода:
 а) напряжения; б) прямого тока; в) ширины запрещенной зоны; г) обратного напряжения?
16. При каком напряжении светодиод эффективно излучает свет:
 а) $U_{обр}=5$ В; б) $U_{пр}=5$ В; в) $U_{обр}=2$ В; г) $U_{пр}=2$ В?
17. Какие два условия необходимо выполнить для возникновения лазерной генерации:
 а) баланс фаз; б) баланс амплитуд; в) использование элемента накачки;
 г) использование оптического резонатора?
18. Какого типа лазеры обладают минимальными пороговыми токами:
 а) на основе моноперехода; б) на основе одиночной гетероструктуры;
 в) на основе квантовых ям; г) на основе квантовых точек?
19. Зависят ли свойства полупроводниковых наночастиц от их размера:
 а) не зависят;
 б) с уменьшением размеров спектр поглощения не меняется;
 в) с уменьшением размеров спектр поглощения сдвигается в красную сторону;
 г) с уменьшением размеров спектр поглощения смещается в голубую сторону?
20. Какие фотонные кристаллы способны к интенсивному испусканию света:
 а) GaAs; б) GaAlAs; в) GaS; г) InS?
21. Что называют модой оптического излучения:
 а) электромагнитную волну; б) частоту излучения;
 в) степень когерентности; г) поляризацию излучения?

9.2. Варианты контрольных заданий

Контрольное задание № 1

1. Перечислите энергетические и световые параметры. В чем их различие?
2. Чем определяется вид спектральной зависимости обнаружительной способности фоторезистора?
3. Факторы, определяющие внешнюю квантовую эффективность СИД.
4. Находится ли излучение GaP ($E_g=2,25$ эВ) в видимой части спектра?
5. Опишите типичные конструкции оптопар.
6. С какой целью в оптопарах в качестве детекторов используют фототранзисторы?
7. Что такое токовая и вольтовая чувствительность фотоприемника?
8. Дайте определение фотопроводимости. Чем определяется величина фотопроводимости полупроводника?

Контрольное задание № 2

1. Виды генерации оптического излучения.
2. С какими тремя основными типами переходов между двумя энергетическими уровнями E_1 и E_2 связана работа лазера?
3. Чем определяется вид диаграммы направленности полупроводникового лазера?
4. СИД на основе гетероструктур.

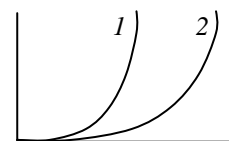
5. Параметры и характеристики СИД.
6. Охарактеризуйте оптопары с управляемым оптическим каналом.
7. Что такое коэффициент поглощения излучения и как он зависит от уровня легирования полупроводника?
8. Дайте определение фото-э.д.с. Чем определяется величина фото-э.д.с. в фотодиоде?

Контрольное задание № 3

1. На какие три группы можно разделить оптоэлектронные приборы?
2. Почему спектр излучения лазерного СИД претерпевает качественное изменение при переходе из диодного режима работы в режим оптической квантовой генерации?
3. Какие режимы работы фотодиода возможны?
4. Чем характеризуют инерционность фотоприемников?
5. Перечислите и охарактеризуйте предельные параметры оптопар.
6. Применение оптопар в цифровых устройствах.
7. Конструкции лазеров.
8. Какие условия необходимо соблюдать для уверенного приема оптического излучения?

Контрольное задание № 4

1. Что такое люминесценция? Чем она отличается от теплового излучения?
2. Сопоставьте характеристики СИД и полупроводникового лазера, оцените их преимущества и недостатки.
3. Проанализируйте факторы, определяющие быстродействие диодных оптопар.
4. Физические условия генерации и усиления лазерного излучения.
5. Находится ли излучение GaAs ($E_g=1,45$ эВ) в видимой части спектра?
6. Какой фотоэлемент допускает изменение полярности приложенного напряжения?
7. Нарисуйте схему наблюдения фотопроводимости.
8. Какая из приведенных вольт-амперных характеристик принадлежит полупроводниковому излучателю инфракрасного спектра излучения, а какая — видимого спектра излучения?



Контрольное задание № 5

1. Что такое инжекционная электролюминесценция?
2. Проанализируйте факторы, определяющие быстродействие СИД.
3. Чем определяется и от чего зависит коэффициент передачи по току в диодных оптопарах?
4. Параметры и характеристики фотоприемников.
5. На какую длину волны приходится максимум излучения Солнца (температура 6000 °С) и человека?
6. Будет ли изменяться фототок, если вместо дневного света осветить фотоэлемент через красный или зеленый светофильтр? Обоснуйте свой ответ.
7. Почему для преобразования энергии солнечных лучей в электрическую используют $p-n$ -переходы в кремнии?
8. Предложите оптоэлектронный метод определения скорости движения тела.

Контрольное задание № 6

1. Чем определяется ширина спектра электролюминесцентного излучения?
2. Что определяет спектральную характеристику фотоэлемента?
3. Чем определяется диаграмма направленности излучения СИД?
4. Проанализируйте факторы, ограничивающие чувствительность фоторезисторов.
5. Назначение оптопар и область применения диодных оптопар.
6. В чем различие в спектральных характеристиках теплового и люминесцентного излучения?
7. Нарисуйте зависимости фототока и фото-э.д.с. $p-n$ -перехода от светового потока.

8. Нарисуйте энергетическую схему инжекционного лазера и структуру лазера с двумя переходами.

Контрольное задание № 7

1. Перечислите основные возможные переходы в полупроводнике.
2. Чем определяется положение максимума электролюминесцентного излучения?
3. Опишите типовые конструкции индикаторных СИД и СИД для систем волоконной оптической связи ВОЛС.
4. Порог генерации лазера.
5. Спектр излучения лазерного СИД в диодном режиме работы и режиме оптической квантовой генерации.
6. Какие материалы считаются базовыми в технологии оптопар?
7. Как по передаточной характеристике оптопары определить статический и дифференциальный коэффициенты передачи по току?
8. Нарисуйте выходные вольт-амперные характеристики фототранзистора.

Контрольное задание № 8

1. Какими факторами определяется внешняя квантовая эффективность СИД?
2. Перечислите и охарактеризуйте полупроводниковые материалы, применяемые для изготовления фоторезисторов, работающих в видимом диапазоне.
3. Какие причины вызывают возникновение темнового тока?
4. Лазерное усиление в полупроводниках.
5. С какой целью в фотодиоде используют $p-i-n$ -переход?
6. В каком направлении происходит излучение в лазере с $p-n$ -переходом?
7. Параметры и характеристики оптопар.
8. Предложите оптоэлектронный метод определения уровня жидкости.

Контрольное задание № 9

1. Чем определяется эффективность люминесценции?
2. Перечислите известные вам прямозонные полупроводниковые материалы и определите спектральные диапазоны излучения СИД на их основе.
3. В чем состоят особенности фоторезисторов, используемых в далекой ИК-области спектра?
4. Опишите типичные конструкции оптопар.
5. Лазеры с гетерогенной структурой.
6. Применение оптопар в аналоговых устройствах.
7. Какие структуры используют в качестве многоэлементных фотоприемников для записи и считывания оптической информации?
8. Нарисуйте зонную диаграмму, отображающую принцип действия фототранзистора.

Контрольное задание № 10

1. Почему спектр излучения СИД зависит от температуры?
2. Охарактеризуйте важнейшие параметры фоторезистора.
3. Какие законы должны выполняться при поглощении электроном фотона в непрямозонном полупроводнике?
4. Нарисуйте семейство ВАХ выходной цепи оптопары для разных величин входного тока.
5. Виды генерации оптического излучения.
6. Находится ли излучение GaSe ($E_g=1,8$ эВ) в видимой части спектра?
7. Применение оптопар в импульсных устройствах.
8. Нарисуйте схемы включения фотодиода в фотогенераторном и фотодиодном режимах работы.

9.3. Примерные варианты экзаменационных билетов

Билет № 1

1. Энергетические и фотометрические параметры и характеристики оптического излучения.
2. Излучающие диоды на основе ДГС.
3. Какое минимальное запирающее напряжение необходимо приложить к кремниевому фотодиоду с поверхностным барьером Шотки, чтобы в нем поглощалось примерно две трети излучения? Принять концентрацию доноров 10^{17} см^{-3} , коэффициент поглощения 10^4 см^{-1} .

Билет № 2

1. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
2. Спонтанное излучение, индуцированное излучение и поглощение.
3. При освещении фотодиода, работающего в генераторном режиме, величина фототока через переход превышает темновой ток насыщения в 10^5 раз. Чему равна возникающая фото-э.д.с.?

Билет № 3

1. Собственное поглощение в полупроводниках при прямых переходах.
2. Условия работы лазера. Характеристики лазеров.
3. Определите плотность потока фотонов при плотности мощности излучения 100 мВт/см^2 с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$.

Билет № 4

1. Собственное поглощение в полупроводниках при непрямых переходах.
2. Конструкции лазеров.
3. Вычислите ширину полосы частот излучения на уровне $0,5$ лазера на GaAlAs, имеющего ширину спектральной линии 3 нм при средней длине волны излучения $0,82 \text{ мкм}$.

Билет № 5

1. Процессы рекомбинации и спектры рекомбинационного излучения.
2. Зависимость чувствительности фоторезистора от его конструктивно-технологических параметров.
3. Как изменится цвет свечения излучающего диода из $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ при изменении состава с $x=0,4$ на $x=0,6$? Принять для зависимости ширины запрещенной зоны от состава материала зависимость $E_g(x)=1,424+1,247x$.

Билет № 6

1. Конструкции СИД.
2. Оптопары и их основные параметры.
3. Лазер на ДГС GaAs/GaAlAs имеет длину резонатора $0,3 \text{ мм}$, коэффициент потерь 1 мм^{-1} и коэффициент отражения граней $0,33$. На сколько снизится пороговый коэффициент усиления в результате увеличения коэффициента отражения на одном торце на 100% ?

Билет № 7

1. Гетеропереходы; свойства и характеристики гетеропереходов.
2. Применение оптоэлектронных приборов.
3. Кремниевый $p-i-n$ -фотодиод имеет квантовую эффективность $0,7$ на длине волны $0,85 \text{ мкм}$. Рассчитать его чувствительность.

Билет № 8

1. Фоторезисторы.
2. Свойства гетероструктур. Полупроводниковый лазер на ДГС.
3. Постоянная времени фоторезистора равна 0,1 мкс. Постройте изменение фототока со временем, если длительность излучения: а) равна этой величине; б) превышает ее в три раза.

Билет № 9

1. Разновидности фотодиодов.
2. Волоконно-оптические линии связи.
3. При освещении кремниевого фоторезистора, легированного донорной примесью до концентрации $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, его сопротивление уменьшается в 100 раз. На сколько при этом увеличивается концентрация носителей заряда, если подвижность электронов втрое превышает подвижность дырок?

Билет № 10

1. Инжекционная люминесценция. Квантовая эффективность светоизлучающего диода.
2. Фоточувствительные МДП-приборы и фотоприемники с зарядовой связью.
3. Световод имеет оболочку из чистого кварца ($n=1,46$), его сердцевина легирована германием с максимальной концентрацией 13,5 %, обеспечивая $\Delta=0,0147$. Требуется обеспечить одномодовый режим работы СВ при возбуждении его лазерным источником, работающем на длине волны 1,55 мкм. Определить максимально допустимый диаметр сердцевины для волокна с треугольным профилем.

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

«___» _____ 20 г.

**Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД
«Основы лазерной и оптоэлектронной техники»**

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники.

Протокол № _____ от «___» _____ 20 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.А. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.А. Рембеза

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы/ составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обес- чен- ность
1. Основная литература				
Л1.1	Астайкин А.И., Смирнов М.К.	Основы оптоэлектроники. М.: Высш. шк., 2007. 277 с.	Учеб. для вузов, 2007	0,7
Л1.2	Пихтин А.Н.	Оптическая и квантовая электроника. М.: Высш. шк., 2001. 573 с.	Учеб. для вузов, 2001	1
Л1.3	Игнатов А.Н.	Оптоэлектроника и нанофотоника. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. 544 с.	Учеб. для вузов, 2011	1
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Мальшев В.А.	Основы квантовой электроники и лазерной техники. М.: Высш. шк., 2006. 543 с.	Учеб. посо- бие, 2006	0,3
Л2.2	Розеншер Э., Винтер Б.	Оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004. 592 с.	Моногра- фия, 2004	0,2
Л2.3	Ермаков О.	Прикладная оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004. 416 с.	Учеб. посо- бие, 2004	0,2
Л2.4	Мартынов В.Н., Кольцов Г.И.	Полупроводниковая оптоэлектроника. М.: МИСиС, 1999. 400 с.	Учеб. для вузов, 1999	0,1
Л2.5	Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М.	Введение в оптоэлектронику. М.: Высш. шк., 1991. 191 с.	Учеб. для вузов, 1991	0,1
Л2.6	Носов Ю.Р.	Оптоэлектроника. М.: Радио и связь, 1989. 360 с.	Учеб. для вузов, 1989	1
Л2.7	Зи С.	Физика полупроводниковых приборов: В 2 кн. М.: Мир, 1984. Кн. 2. 456 с.	Моногра- фия, 1984	0,4
3. Методические разработки				
Л3.1	Липатов Г.И.	Методические указания к выполнению лабора- торных работ № 1, 2 по курсу «Квантовая и оптическая электроника». Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. 30 с.	Метод. указ., 2005	1
Л3.2	Липатов Г.И.	Методические указания к выполнению лабора- торных работ № 3—5 по курсу «Квантовая и оптическая электроника». Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. 42 с.	Метод. указ., 2008	1

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.А. Рембеза

Директор НТБ

Т.И. Буковшина

Лист регистрации изменений

Порядковый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения