

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Устройства нанофотоники

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль:
Микроэлектроника и наноэлектроника

Курс: 4, семестр : 7

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	7
2	Всего часов	252
3	Всего занятий в контактной форме, час.	72
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	36
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	24
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	16
10	Самостоятельная работа, час.	180
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

ФГОС введен в действие приказом №218 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 07.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Филимонова Н. И.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
32. перспективы направления развития приемников излучения и элементной базы фотоприемных устройств	
у2. осуществлять выбор приемников излучения и фотоприемных устройств для регистрации оптических сигналов	
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования; в части следующих результатов обучения:	
36. классификацию приемников излучения и фотоприемных устройств	
38. принципы действия и параметры приемников излучения и фотоприемных устройств	
у1. осуществлять выбор методики исследования приемников излучения и фотоприемных устройств для регистрации оптических сигналов	
у4. решать задачи обработки данных с помощью современных фотоприемных устройств	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Устройства нанофотоники</i>	
ПК.1.36 классификацию приемников излучения и фотоприемных устройств	
1. классификацию источников и приемников излучения и фотоприемных устройств	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.1.38 принципы действия и параметры приемников излучения и фотоприемных устройств	
2. принципы действия и параметры источников и приемников излучения и фотоприемных устройств	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.7.у2 осуществлять выбор приемников излучения и фотоприемных устройств для регистрации оптических сигналов	
3. осуществлять выбор источников и приемников излучения и фотоприемных устройств	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.1.у1 осуществлять выбор методики исследования приемников излучения и фотоприемных устройств для регистрации оптических сигналов	
4. осуществлять выбор методики исследования источников и приемников излучения и фотоприемных устройств	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.1.у4 решать задачи обработки данных с помощью современных фотоприемных устройств	
5. решать задачи обработки данных с помощью современных фотоприемных устройств	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.7.32 перспективы направления развития приемников излучения и элементной базы фотоприемных устройств	
6. перспективы направления развития источников и приемников излучения и элементной базы фотоприемных устройств	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
-------------	----------------------	------	-------------------------------

Семестр: 7			
Дидактическая единица: Оптическое излучение. и характеристики источников излучения.			
1. Оптическое излучение. Энергетические и фотометрические единицы измерения и соотношение между ними. Энергетические характеристики источников излучения. Яркость и освещенность. Интегральные и спектральные характеристики. Излучение точечных и протяженных источников. Единицы измерения. Закон Ламберта. Равновесное тепловое и неравновесное излучение. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина. Источники и приемники излучения. Цели и фоны. Определения и термины. Окна прозрачности атмосферы.	0	2	2, 3, 5
Дидактическая единица: Источники некогерентного излучения			
2. Основы теории радиационных переходов. Общие физические принципы резонансного взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами. Спонтанное и вынужденное излучение и поглощение. Феноменологическая теория радиационных переходов Эйнштейна. Вероятность поглощения (излучения). Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция. Принцип действия светодиодов. Спектр излучения и яркость. Основные характеристики и параметры светодиодов. Внутренняя и внешняя эффективность светодиодов. Конструкции и основные схемы возбуждения светодиодов. Выбор типа светодиода. Новые материалы для светоизлучающих диодов.	0	3	1, 2, 3, 4, 5, 6
Дидактическая единица: Источники когерентного излучения			
3. Физические основы принципа действия оптического квантового генератора. Классификация и основные параметры лазеров. Вынужденное излучение. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Оптическое усиление в квантово-размерной структуре. Инжекционные ДГС-лазеры.	0	5	1, 2, 3, 4, 5, 6
Дидактическая единица: Основные параметры приемников излучения			
4. Классификация приемников излучения. Основные параметры и характеристики приемников излучения. Чувствительность. Быстродействие. Пороговая чувствительность. Обнаружительная способность. Интегральные и спектральные параметры. Шумы. Фотонный (фоновый), тепловой, дробовой, генерационно-рекомбинационный и токовый (1/f) шумы.	0	3	1, 3
Дидактическая единица: Фотонные приемники излучения			
5. Фотонные приемники излучения. Классификация и режимы работы фотонных приемников излучения. Фотоэлектрические явления в однородных полупроводниках. Фотопроводимость. в структурах с квантовыми ямами. Принцип действия фоторезистора. Характеристики, параметры, шумы и схемы включения. Фотовольтаические эффекты в неоднородных структурах. Принцип действия и режимы работы фотодиодов.	0	5	1, 2, 3, 4, 5, 6

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Оптическое излучение. и характеристики источников излучения.				
1. Энергетические и светотехнические единицы измерения. Фотометрические величины и фотометрические расчеты. Излучение точечных и протяженных источников. Закон Ламберта. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина. Источники излучения. Поглощение излучения в атмосфере. Коэффициент пропускания атмосферы. Пересчет параметров из энергетической системы единиц в светотехническую и обратно.	2	4	2, 3, 4, 5	решение задач
Дидактическая единица: Источники некогерентного излучения				
4. Энергетические уровни и квантовые переходы. Ширина спектральных линий и механизмы уширения спектральных линий. Светодиоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность и коэффициент вывода излучения из вещества.	4	6	2, 3, 4, 5	решение задач
Дидактическая единица: Источники когерентного излучения				
5. Усиление и генерация в квантовых системах. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические резонаторы. Моды резонатора и потери.	5	8	1, 2, 3, 4, 5, 6	решение задач
Дидактическая единица: Основные параметры приемников излучения				
2. Приемники оптического излучения. Интегральные и спектральные параметры. Расчет характеристик: интегральная и спектральная чувствительности, удельный порог чувствительности, обнаружительная способность. Шумы.	5	6	2, 3, 5	решение задач
Дидактическая единица: Фотонные приемники излучения				
3. Расчет параметров фотонных приемников излучения. Оценка максимального выходного сигнала и максимальной чувствительности.	8	12	2, 3, 4, 5	решение задач

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Источники когерентного излучения				
2. Классификация гетероструктур и сверхрешеток. Квантово-размерные электронные состояния. Оптическое усиление в диодах с гетеропереходами. Квантово-размерные лазерные диоды.	0	30	1, 2, 3, 4, 5, 6	Самостоятельное изучение теоретического материала.
Дидактическая единица: Фотонные приемники излучения				
1. Фоторезисторы на квантово-размерных структурах. Лавинный фотодиод. Устройство, принцип действия. Коэффициент ударной ионизации. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур. Лавинный фотодиод на гетероструктуре. P-i-n фотодиоды и диоды Шоттки.	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6	самостоятельное изучение теоретического материала

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	Контрольные работы	1, 2, 3, 4, 5, 6	30	4
подготовка к контрольной работе, выполнение контрольной работы, при необходимости работа над ошибками, подробная информация приведена в приложении №3 : Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил.				
2	РГЗ	1, 2, 3, 4, 5, 6	50	4
самостоятельный поиск, изучение и анализ специальной научной и методической литературы, связанной с вопросами по выбранной теме, освоение материала, оформление в форме реферата и презентации, подробная информация приведена в приложении №4 : Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил.				
3	Подготовка к занятиям	1, 2, 3, 4, 5, 6	20	4
Работа с литературой и справочными изданиями, самостоятельное изучение теоретического материала и подготовка к практическим занятиям: Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил.				
4	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5, 6	30	4
подготовка к экзамену, самостоятельная работа с литературой и справочным материалом., подробная информация приведена в приложении №2 : Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил.				
5	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 2, 3, 4, 5, 6	50	0

Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3 : Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
<i>Лекция:</i>	5	10
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>Контрольные работы:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил."		
<i>РГЗ:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил."		
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил."		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.7	з2. перспективы направления развития приемников излучения и элементной базы фотоприемных устройств	+	+	+
	у2. осуществлять выбор приемников излучения и фотоприемных устройств для регистрации оптических сигналов	+	+	+
ПК.1	з6. классификацию приемников излучения и фотоприемных устройств	+	+	+
	з8. принципы действия и параметры приемников излучения и фотоприемных устройств	+	+	+
	у1. осуществлять выбор методики исследования приемников излучения и фотоприемных устройств для регистрации оптических сигналов	+	+	+
	у4. решать задачи обработки данных с помощью современных фотоприемных устройств	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Филачев А. М. Твердотельная фотоэлектроника. Фоторезисторы и фотоприемные устройства : [учебное пособие для вузов по направлениям подготовки: 200400 - Опотехника; 200500 - Лазерная техника и лазерные технологии; 200700 - Фотоника и оптоинформатика] / А. М. Филачев, И. И. Таубкин, М. А. Тришенков. - Москва, 2012. - 363, [2] с. : ил., табл.
2. Филачев А. М. Твердотельная фотоэлектроника. Фотодиоды : [учебное пособие для вузов по направлениям подготовки: 200400 - Опотехника; 200500 - Лазерная техника и лазерные технологии; 200700 - Фотоника и оптоинформатика] / А. М. Филачев, И. И. Таубкин, М. А. Тришенков. - Москва, 2011. - 446, [2] с. : ил.
3. Филачев А. М. Современное состояние и магистральные направления развития твердотельной фотоэлектроники / А. М. Филачев, И. И. Таубкин, М. А. Тришенков. - М., 2010. - 125 с. : ил., табл.
4. Филачев А. М. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы : [учебное пособие для вузов по направлениям 200200 (Опотехника), 200600 (Фотоника и оптоинформатика) и оптическим специальностям] / А. М. Филачев, И. И. Таубкин, М. А. Тришенков. - М., 2007. - 381 с. : ил.
5. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : [учебное пособие по направлениям подготовки "Электроника и микроэлектроника" и "Телекоммуникации"] / А. Н. Игнатов. - Санкт-Петербург [и др.], 2011. - 538 с. : ил., табл.
6. Розеншер Э. Оптоэлектроника / Э. Розеншер, Б. Винтер ; пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова. - М., 2006. - 588, [1] с. : ил., табл.
7. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2006. - 495 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000066370

Дополнительная литература

1. Гайслер В. А. Оптоэлектроника : курс лекций для студентов 3-5 курсов РЭФ (направления 550700 и 553100) дневного и заочного отделений / В. А. Гайслер ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1999. - 83 с. : ил.
2. Колесников А. А. Оптоэлектроника. Ч. 2 : конспект лекций для студентов 3-5 курсов факультета РЭФ (специальности 2002, 0714) дневного и заочного отделений / А. А. Колесников, Р. П. Дикарева, Т. И. Белова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1996. - 44, [1] 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.

Интернет-ресурсы

1. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Игнатов. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 544 с. - Режим доступа: <http://www.novsu.ru/file/1205090>. - Загл. с экрана.
2. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
3. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
4. Гридчин В. А. Физика микросистем [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский. - Новосибирск. Изд-во НГТУ, 2006. - Ч.2. - 496 с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000066370. - Загл. с экрана.

5. Пихтин А. Н. Оптическая и квантовая электроника [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - Москва, 2001. - 573 с. - Режим доступа: <http://www.padaread.com/?book=16837>. - Загл. с экрана.

6. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

7. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>

8. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Салех Б. Е. Оптика и фотоника. Принципы и применения. [В 2 т.]. Т. 1 : [учебное пособие] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный, 2012. - 759 с. : ил.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Microsoft Office

2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Комплект мультимедийного оборудования	используется при чтении лекций

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Устройства нанофотоники

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль:
Микроэлектроника и наноэлектроника

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Устройства нанофотоники приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	32. перспективы направления развития приемников излучения и элементной базы фотоприемных устройств	Основы теории радиационных переходов. Общие физические принципы резонансного взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами. Спонтанное и вынужденное излучение и поглощение. Феноменологическая теория радиационных переходов Эйнштейна. Вероятность поглощения (излучения). Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция. Принцип действия светодиодов. Спектр излучения и яркость. Основные характеристики и параметры светодиодов. Внутренняя и внешняя эффективность светодиодов. Конструкции и основные схемы возбуждения светодиодов. Выбор типа светодиода. Новые материалы для светоизлучающих диодов. Физические основы принципа действия оптического квантового генератора. Классификация и основные параметры лазеров. Вынужденное излучение. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Оптическое усиление в квантово-размерной структуре. Инжекционные ДГС-лазеры. Фотонные приемники излучения. Классификация и режимы работы фотонных приемников излучения. Фотоэлектрические явления в однородных полупроводниках. Фотопроводимость. в структурах с квантовыми	Контрольные работы РГЗ, разделы 1-20	Экзамен, вопросы 1,3-6, 10-11, 13-17, 24-28.

		ямами. Принцип действия фоторезистора. Характеристики, параметры, шумы и схемы включения. Фотовольтаические эффекты в неоднородных структурах. Принцип действия и режимы работы фотодиодов. Фоторезисторы на квантово-размерных структурах. Лавинный фотодиод. Устройство, принцип действия. Коэффициент ударной ионизации. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур. Лавинный фотодиод на гетероструктуре. P-i-n фотодиоды и диоды Шоттки.		
ОПК.7	у2. осуществлять выбор приемников излучения и фотоприемных устройств для регистрации оптических сигналов	Классификация приемников излучения. Основные параметры и характеристики приемников излучения. Чувствительность. Быстродействие. Пороговая чувствительность. Обнаружительная способность. Интегральные и спектральные параметры. Шумы. Фотонный (фоновый), тепловой, дробовой, генерационно-рекомбинационный и токовый (1/f) шумы. Оптическое излучение. Энергетические и фотометрические единицы измерения и соотношение между ними. Энергетические характеристики источников излучения. Яркость и освещенность. Интегральные и спектральные характеристики. Излучение точечных и протяженных источников. Единицы измерения. Закон Ламберта. Равновесное тепловое и неравновесное излучение. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина. Источники и приемники излучения. Цели и фоны. Определения и термины. Окна прозрачности атмосферы. Основы теории радиационных переходов. Общие физические принципы резонансного взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами. Спонтанное и вынужденное излучение и поглощение. Феноменологическая теория радиационных переходов Эйнштейна. Вероятность поглощения (излучения).	Контрольные работы РГЗ, разделы 1, 3-11, 17-18, 2, 12-16	Экзамен, вопросы 5, 7-15, 18-22 25-28

		Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция. Принцип действия светодиодов. Спектр излучения и яркость. Основные характеристики и параметры светодиодов. Внутренняя и внешняя эффективность светодиодов. Конструкции и основные схемы возбуждения светодиодов. Выбор типа светодиода. Новые материалы для светоизлучающих диодов. Усиление и генерация в квантовых системах. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические резонаторы. Моды резонатора и потери. Физические основы принципа действия оптического квантового генератора. Классификация и основные параметры лазеров. Вынужденное излучение. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Оптическое усиление в квантово-размерной структуре. Инжекционные ДГС-лазеры. Фотонные приемники излучения. Классификация и режимы работы фотонных приемников излучения. Фотоэлектрические явления в однородных полупроводниках. Фотопроводимость. в структурах с квантовыми ямами. Принцип действия фоторезистора. Характеристики, параметры, шумы и схемы включения. Фотовольтаические эффекты в неоднородных структурах. Принцип действия и режимы работы фотодиодов. Фоторезисторы на квантово-размерных структурах. Лавинный фотодиод. Устройство, принцип действия. Коэффициент ударной ионизации. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур. Лавинный фотодиод на гетероструктуре. P-i-n фотодиоды и диоды Шоттки. Энергетические и светотехнические единицы измерения. Фотометрические		
--	--	---	--	--

		величины и фотометрические расчеты. Излучение точечных и протяженных источников. Закон Ламберта. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина. Источники излучения. Поглощение излучения в атмосфере. Коэффициент пропускания атмосферы. Пересчет параметров из энергетической системы единиц в светотехническую и обратно. Энергетические уровни и квантовые переходы. Ширина спектральных линий и механизмы уширения спектральных линий. Светодиоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность и коэффициент вывода излучения из вещества.		
ПК.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	зб. классификацию приемников излучения и фотоприемных устройств	Классификация приемников излучения. Основные параметры и характеристики приемников излучения. Чувствительность. Быстродействие. Пороговая чувствительность. Обнаружительная способность. Интегральные и спектральные параметры. Шумы. Фотонный (фоновый), тепловой, дробовой, генерационно-рекомбинационный и токовый (1/f) шумы. Основы теории радиационных переходов. Общие физические принципы резонансного взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами. Спонтанное и вынужденное излучение и поглощение. Феноменологическая теория радиационных переходов Эйнштейна. Вероятность поглощения (излучения). Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция. Принцип действия светодиодов. Спектр излучения и яркость. Основные характеристики и параметры светодиодов. Внутренняя и внешняя эффективность светодиодов. Конструкции и основные схемы возбуждения светодиодов. Выбор типа светодиода. Новые материалы для светоизлучающих диодов. Усиление и генерация в	Контрольные работы РГЗ, разделы.1-3, 10..	Экзамен, вопросы 5-20, 22-28.

		квантовых системах. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические резонаторы. Моды резонатора и потери. Физические основы принципа действия оптического квантового генератора. Классификация и основные параметры лазеров. Вынужденное излучение. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Оптическое усиление в квантово-размерной структуре. Инжекционные ДГС-лазеры. Фотонные приемники излучения. Классификация и режимы работы фотонных приемников излучения. Фотоэлектрические явления в однородных полупроводниках. Фотопроводимость. в структурах с квантовыми ямами. Принцип действия фоторезистора. Характеристики, параметры, шумы и схемы включения. Фотовольтаические эффекты в неоднородных структурах. Принцип действия и режимы работы фотодиодов.		
ПК.1	38. принципы действия и параметры приемников излучения и фотоприемных устройств	Оптическое излучение. Энергетические и фотометрические единицы измерения и соотношение между ними. Энергетические характеристики источников излучения. Яркость и освещенность. Интегральные и спектральные характеристики. Излучение точечных и протяженных источников. Единицы измерения. Закон Ламберта. Равновесное тепловое и неравновесное излучение. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина. Источники и приемники излучения. Цели и фоны. Определения и термины. Окна прозрачности атмосферы. Основы теории радиационных переходов. Общие физические принципы резонансного взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами. Спонтанное и вынужденное излучение и поглощение.	Контрольные работы РГЗ, разделы..1-20.	Экзамен, вопросы 1-4, 7-15, 18-28

		Феноменологическая теория радиационных переходов Эйнштейна. Вероятность поглощения (излучения). Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция. Принцип действия светодиодов. Спектр излучения и яркость. Основные характеристики и параметры светодиодов. Внутренняя и внешняя эффективность светодиодов. Конструкции и основные схемы возбуждения светодиодов. Выбор типа светодиода. Новые материалы для светоизлучающих диодов. Приемники оптического излучения. Интегральные и спектральные параметры. Расчет характеристик: интегральная и спектральная чувствительности, удельный порог чувствительности, обнаружительная способность. Шумы. Расчет параметров фотонных приемников излучения. Оценка максимального выходного сигнала и максимальной чувствительности. Усиление и генерация в квантовых системах. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические резонаторы. Моды резонатора и потери. Физические основы принципа действия оптического квантового генератора. Классификация и основные параметры лазеров. Вынужденное излучение. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Оптическое усиление в квантово-размерной структуре. Инжекционные ДГС-лазеры. Фотонные приемники излучения. Классификация и режимы работы фотонных приемников излучения. Фотоэлектрические явления в однородных полупроводниках. Фотопроводимость. в структурах с квантовыми ямами. Принцип действия фоторезистора. Характеристики, параметры, шумы и схемы включения.		
--	--	---	--	--

		Фотовольтаические эффекты в неоднородных структурах. Принцип действия и режимы работы фотодиодов. Фоторезисторы на квантово-размерных структурах. Лавинный фотодиод. Устройство, принцип действия. Коэффициент ударной ионизации. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур. Лавинный фотодиод на гетероструктуре. Р-і-п фотодиоды и диоды Шоттки. Энергетические и светотехнические единицы измерения. Фотометрические величины и фотометрические расчеты. Излучение точечных и протяженных источников. Закон Ламберта. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина. Источники излучения. Поглощение излучения в атмосфере. Коэффициент пропускания атмосферы. Пересчет параметров из энергетической системы единиц в светотехническую и обратно. Энергетические уровни и квантовые переходы. Ширина спектральных линий и механизмы уширения спектральных линий. Светодиоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность и коэффициент вывода излучения из вещества.		
ПК.1	у1. осуществлять выбор методики исследования приемников излучения и фотоприемных устройств для регистрации оптических сигналов	Основы теории радиационных переходов. Общие физические принципы резонансного взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами. Спонтанное и вынужденное излучение и поглощение. Феноменологическая теория радиационных переходов Эйнштейна. Вероятность поглощения (излучения). Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция. Принцип действия светодиодов. Спектр излучения и яркость. Основные характеристики и параметры светодиодов. Внутренняя и внешняя эффективность светодиодов. Конструкции и основные схемы возбуждения	Контрольные работы РГЗ, разделы.1-20	Экзамен, вопросы 3-8, 16-17, 21, 25

		светодиодов. Выбор типа светодиода. Новые материалы для светоизлучающих диодов. Расчет параметров фотонных приемников излучения. Оценка максимального выходного сигнала и максимальной чувствительности. Усиление и генерация в квантовых системах. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические резонаторы. Моды резонатора и потери. Физические основы принципа действия оптического квантового генератора. Классификация и основные параметры лазеров. Вынужденное излучение. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Оптическое усиление в квантово-размерной структуре. Инжекционные ДГС-лазеры. Фотонные приемники излучения. Классификация и режимы работы фотонных приемников излучения. Фотоэлектрические явления в однородных полупроводниках. Фотопроводимость. в структурах с квантовыми ямами. Принцип действия фоторезистора. Характеристики, параметры, шумы и схемы включения. Фотовольтаические эффекты в неоднородных структурах. Принцип действия и режимы работы фотодиодов. Фоторезисторы на квантово-размерных структурах. Лавинный фотодиод. Устройство, принцип действия. Коэффициент ударной ионизации. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур. Лавинный фотодиод на гетероструктуре. P-i-n фотодиоды и диоды Шоттки. Энергетические и светотехнические единицы измерения. Фотометрические величины и фотометрические расчеты. Излучение точечных и протяженных источников. Закон Ламберта. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина.		
--	--	--	--	--

		Источники излучения. Поглощение излучения в атмосфере. Коэффициент пропускания атмосферы. Пересчет параметров из энергетической системы единиц в светотехническую и обратно. Энергетические уровни и квантовые переходы. Ширина спектральных линий и механизмы уширения спектральных линий. Светодиоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность и коэффициент вывода излучения из вещества.		
ПК.1	у4. решать задачи обработки данных с помощью современных фотоприемных устройств	Оптическое излучение. Энергетические и фотометрические единицы измерения и соотношение между ними. Энергетические характеристики источников излучения. Яркость и освещенность. Интегральные и спектральные характеристики. Излучение точечных и протяженных источников. Единицы измерения. Закон Ламберта. Равновесное тепловое и неравновесное излучение. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина. Источники и приемники излучения. Цели и фоны. Определения и термины. Окна прозрачности атмосферы. Основы теории радиационных переходов. Общие физические принципы резонансного взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами. Спонтанное и вынужденное излучение и поглощение. Феноменологическая теория радиационных переходов Эйнштейна. Вероятность поглощения (излучения). Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция. Принцип действия светодиодов. Спектр излучения и яркость. Основные характеристики и параметры светодиодов. Внутренняя и внешняя эффективность светодиодов. Конструкции и основные схемы возбуждения светодиодов. Выбор типа светодиода. Новые материалы для светоизлучающих диодов.	Контрольные работы РГЗ, разделы.1, 3-11, 17-18..	Экзамен, вопросы 1-15, 18-28

		Приемники оптического излучения. Интегральные и спектральные параметры. Расчет характеристик: интегральная и спектральная чувствительности, удельный порог чувствительности, обнаружительная способность. Шумы. Усиление и генерация в квантовых системах. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические резонаторы. Моды резонатора и потери. Физические основы принципа действия оптического квантового генератора. Классификация и основные параметры лазеров. Вынужденное излучение. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Оптическое усиление в квантово-размерной структуре. Инжекционные ДГС-лазеры. Фотонные приемники излучения. Классификация и режимы работы фотонных приемников излучения. Фотоэлектрические явления в однородных полупроводниках. Фотопроводимость. в структурах с квантовыми ямами. Принцип действия фоторезистора. Характеристики, параметры, шумы и схемы включения. Фотовольтаические эффекты в неоднородных структурах. Принцип действия и режимы работы фотодиодов. Фоторезисторы на квантово-размерных структурах. Лавинный фотодиод. Устройство, принцип действия. Коэффициент ударной ионизации. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур. Лавинный фотодиод на гетероструктуре. P-i-n фотодиоды и диоды Шоттки. Энергетические и светотехнические единицы измерения. Фотометрические величины и фотометрические расчеты. Излучение точечных и протяженных источников. Закон Ламберта. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка и Вина.		
--	--	---	--	--

		Источники излучения. Поглощение излучения в атмосфере. Коэффициент пропускания атмосферы. Пересчет параметров из энергетической системы единиц в светотехническую и обратно. Энергетические уровни и квантовые переходы. Ширина спектральных линий и механизмы уширения спектральных линий. Светодиоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность и коэффициент вывода излучения из вещества.		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится 7 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.7, ПК.1.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам, составленным из вопросов, приведенных в паспорте экзамена, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.7, ПК.1, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание

курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Устройства нанофотоники», 7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной (письменной) форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-14 второй вопрос из диапазона вопросов 15-28 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 5

к экзамену по дисциплине «Устройства нанофотоники»

1. Фотонные приемники излучения. Классификация приемников оптического излучения.
2. Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, не знает особенности энергетического спектра носителей в квантово-размерных структурах, оценка составляет 0-19 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, знает особенности энергетического спектра носителей в квантово-размерных структурах, оценка составляет 20-26 балла.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов и явлений в квантово-размерных структурах и приборах на их основе,

способен провести теоретико-математический анализ данных процессов, проводит анализ причин шумов в устройствах нанофотоники и знает пути оптимизации параметров устройств, оценка составляет 27-33 балла.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы знает основные параметры и особенности различных типов излучателей и фотоприемников, умеет описывать процессы испускания и поглощения оптического излучения в наноструктурах и процессы, происходящие в приемниках и излучателях на их основе с помощью соответствующих моделей, проводит сравнительный анализ, теорий, подходов, пределов применимости той или иной модели, способен провести теоретико-математический анализ данных процессов, приводит конкретные примеры из практики, знает перспективы направления развития излучателей и приемников излучения на основе квантово-размерных гетероструктур и новых материалов, оценка составляет 34-40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Устройства нанофотоники»

1. Оптическое излучение. Энергетические и светотехнические единицы измерения. Функция видности. Оптические свойства атмосферы.
2. Тепловое излучение. Понятие АЧТ. Законы АЧТ.
3. Понятие наноматериала, особенности наноматериалов
4. Условия наблюдения квантово-размерных эффектов
5. Фотонные приемники излучения. Классификация приемников оптического излучения.
6. Классификация источников оптического излучения.
7. Шумы приемников оптического излучения.
8. Параметры приемников оптического излучения: чувствительность, обнаружительная способность, NEP.
9. Фотоэлектрические явления в однородных полупроводниках. Фоторезисторы.
10. Квантово-размерные лазерные диоды.
11. Фоторезисторы на квантово-размерных структурах.
12. Лавинный фотодиод. Устройство, принцип действия. Коэффициент ударной ионизации.
13. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур.
14. Лавинный фотодиод на гетероструктурах.
15. P-i-n фотодиоды и диоды Шоттки.
16. Классификация гетероструктур и сверхрешеток.
17. Размерное квантование электронных состояний в квантовых ямах. Квантово-размерные эффекты и особенности энергетической структуры микро- и нанообъектов
18. Спонтанное и вынужденное излучение и поглощение. Феноменологическая теория радиационных переходов Эйнштейна. Вероятность поглощения (излучения)
19. Механизмы излучения света в полупроводниках. Инжекционная электролюминесценция.

20. Принцип действия светодиодов. Спектр излучения и яркость.
21. Основные характеристики и параметры светодиодов. Внутренняя и внешняя эффективность светодиодов. Конструкции и основные схемы возбуждения светодиодов
22. Вынужденное излучение. Усиление и генерация в квантовых системах
23. Оптические резонаторы. Моды резонатора и потери.
24. Оптическое усиление в диодах с гетеропереходами.
25. Физические основы принципа действия оптического квантового генератора. Классификация и основные параметры лазеров.
26. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера.
27. Оптическое усиление в квантово-размерной структуре.
28. Инжекционные ДГС-лазеры.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Устройства нанофотоники», 7семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме (темам) Энергетические и светотехнические единицы измерения. Фотометрические величины и фотометрические расчеты. Излучение точечных и протяженных источников. Закон Ламберта. Излучение абсолютно черного тела. Законы теплового излучения Основные параметры и характеристики приемников излучения Шумы , Квантовые переходы. Энергетические уровни, ширина спектральной линии. Усиление и генерация в квантовых системах. Коэффициенты Эйнштейна , Оптические моды резонатора и потери , Фотовольтаические эффекты в неоднородных структурах Принцип действия и режимы работы фотодиодов, вариант включает 4 задания. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если студент при решении всех задач допускает принципиальные ошибки. Оценка составляет 0-9 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если студент при решении трех задач допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные. Оценка составляет 10-13 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если студент при решении всех задач допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные. Оценка составляет 14-16 баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студент не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. Оценка составляет 17-20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Задание 1. Поток излучения Φ_e от источника типа ЧТ в форме отверстия площадью

$A_1 = 1 \text{ мм}^2$ с энергетической светимостью $M_e^0 = 0,5 \frac{\text{Вт}}{\text{мм}^2}$ падает нормально на

плоскость площадью $A_2 = 3 \text{ мм}^2$, находящуюся на расстоянии $l = 1 \text{ м}$. Найти Φ_e , если плоскость отверстия и облучаемая плоскость параллельны. Указание: воспользоваться следствием из закона Ламберта.

Задание 2. Рассчитать интегральную чувствительность кремниевое фотодиода ФД-28КП

к потоку излучения ЧТ с температурой **2856 K**.

Задание 3. Определить коэффициент Эйнштейна по индуцированным переходам на длине волны $\lambda = 0,56$ мкм, если время жизни по спонтанным переходам $\tau = 0,5 \cdot 10^{-7}$ с

Задание 4. Имеется резонатор объемом $V = 1 \text{ см}^3$. Найдите, сколько мод резонатора находится на полосе $\Delta\lambda = 0,01$ мкм с центральной длиной волны $\lambda_q = 0,6$ мкм..

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Устройства нанофотоники», 7 семестр

1. Методика оценки

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны классифицировать объект диагностирования, изложить физические основы принципа действия источника или приемника излучения, провести теоретико-математический анализ процессов и особенностей энергетического спектра в квантово-размерных структурах, провести анализ основных параметров источника или приемника излучения на их основе, указать пути оптимизации параметров данного устройства, указать режимы работы и схемы включения, привести достоинства и недостатки данного устройства, области практических применений и перспективы направления развития излучателей или приемников излучения на основе квантово-размерных гетероструктур и новых материалов.

Обязательные структурные части РГЗ.

- Введение
- Основная часть
- Выводы и заключение
- Список литературы

Оцениваемые позиции: основная часть, в которой должен быть классификация объекта диагностирования, физические основы принципа действия источника или приемника излучения, теоретико-математический анализ процессов и особенностей энергетического спектра в квантово-размерных структурах, анализ основных параметров источника или приемника излучения, и выводы и заключения в которых должны содержаться сведения достоинства и недостатки данного устройства, области практических применений и перспективы направления развития излучателей или приемников излучения на основе квантово-размерных гетероструктур и новых материалов.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, не приведены основные виды шумов, не указаны режимы работы и схемы включения рассматриваемого объекта, нет анализа особенностей данного приемника или излучателя, оценка составляет 0-9 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, нет анализа особенностей данного излучателя или приемника, его шумов и режимов работы, диагностические признаки недостаточно обоснованы, оценка составляет 10-13 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, проведен теоретико-математический анализ процессов, положенных в основу принципа действия устройства, проведен анализ особенностей данного устройства, его шумов и режимов работы, но нет анализа путей и методов оптимизации параметров данного устройства, оценка составляет 14-16 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, проведен

теоретико-математический анализ процессов, положенных в основу принципа действия данного устройства, проведен анализ особенностей данного устройства, его шумов и режимов работы, проанализированы пути и методы оптимизации параметров данного устройства, показаны перспективы направления развития излучателей и приемников излучения на основе квантово-размерных гетероструктур и новых материалов, оценка составляет 17-20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

1. Конструкции фотоприемников на межподзонных переходах электронов.
2. Светоизлучающие диоды для волоконно-оптических систем.
3. Фоторезисторы на основе структур с квантовыми точками (QDIP–фоторезисторы).
4. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур
5. Ультрафиолетовые фотодиоды
6. Солнечно- и видимо-слепые фотодиоды
7. Германиевые фотодиоды
8. Фотодиоды на основе барьера Шоттки
9. Лавинные фотодиоды с отдельными областями поглощения и умножения.
10. Фоторезисторы на основе множественных квантовых ям
11. Лавинные фотодиоды на основе гетероструктур.
12. Полупроводниковые лазеры с электронной и оптической накачкой.
13. Лазеры на основе гетероструктур с отдельным электронным и оптическим ограничением.
14. Каскадные лазеры.
15. Гетеролазеры с распределенной обратной связью.
16. Светодиодные источники повышенной яркости и белого света.
17. Фоторезисторы, чувствительные в ультрафиолетовой области спектра и их применение.
18. Фоторезисторы, использующие эффект вытягивания (фоторезисторы с затененными контактами и спрайт-фоторезисторы).
19. Полосковые гетеролазеры.
20. Органические светодиоды