

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
Квантовая и оптическая электроника

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль:
Нанотехнология

Курс: 4, семестр : 7

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	64
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	10
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	8
10	Самостоятельная работа, час.	80
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): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №177 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 31.03.2015 г.

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

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

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: ПК.1 способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий; в части следующих результатов обучения:	
34. Знать физические эффекты лежащие в основе приборов оптоэлектронных приборов	
38. Знать физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в элементах, приборах и системах оптоэлектроники	
у3. Владеть основными методами построения оптоэлектронных систем и приборов	
у8. Уметь использовать математический аппарат теории квантовой оптики	
Компетенция ФГОС: ПК.5 готовность рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники; в части следующих результатов обучения:	
у5. Уметь правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании приборов квантовой и оптической электроники	

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>Квантовая и оптическая электроника</i>	
ПК.1.34 Знать физические эффекты лежащие в основе приборов оптоэлектронных приборов	
1.основы физики твердого тела, принципы использования физических эффектов в твердом теле в приборах и устройствах оптической электроники;	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.38 Знать физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в элементах, приборах и системах оптоэлектроники	
2.проводить измерения основных характеристик оптоэлектронных элементов: спектральные характеристики, ватт-амперные характеристики	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.1.у8 Уметь использовать математический аппарат теории квантовой оптики	
3.рассчитывать характеристики оптических элементов: коэффициент отражения на границе раздела двух сред, коэффициент отражения многослойных структур	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.1.у3 Владеть основными методами построения оптоэлектронных систем и приборов	
4.применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств оптической электроники и наноэлектроники;	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5.конструкции, параметры, характеристики и методы моделирования приборов и устройств оптической электроники;	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.5.у5 Уметь правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании приборов квантовой и оптической электроники	
6.владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств оптической электроники и наноэлектроники, современными программными средствами их моделирования и проектирования;	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				

Дидактическая единица: Основы квантовой и оптической электроники				
1. Предмет дисциплины и ее задачи. 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. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Символика энергетических состояний атомов. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Матричный элемент. Дипольное приближение. Правила отбора для электронных переходов. Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение. Рассеяние света. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига.	0	4	1, 3	Проведение лекции
2. Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Экситонные эффекты. Особенности зонной структуры и оптических свойств полупроводниковых соединений АЗВ5, Si. Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми, Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции.	0	8	1, 3	Проведение лекции
Дидактическая единица: Приборы квантовой и оптической электроники				

3. Общая характеристика и особенность полупроводниковых лазеров и свето-диодов. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и непрямой структурой энергетических зон. Активные материалы. Гетеросветодиоды. Полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с раздельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью.	0	8	2, 3, 4, 5, 6	Проведение лекции
4. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. P-i-n фотодиоды и лавинные фотодиоды. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения.	0	8	2, 3, 4, 5, 6	Проведение лекции
Дидактическая единица: Оптоэлектронные системы				
5. Оптопары. Разновидности, основные характеристики. Области применения оптопар.	0	4	2, 3, 4, 5, 6	Проведение лекции
6. Волоконно-оптические линии связи. Принцип работы оптоволокну. Типы оптоволокну. Характеристики оптоволокну. Принципы построения ВОЛС. Основные характеристики локальных, городских и магистральных ВОЛС.	0	4	2, 3, 4, 5, 6	Проведение лекции

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Приборы квантовой и оптической электроники				
2. Спектральные характеристики светоизлучающих диодов	3	5	2, 3, 4, 6	Проведение лабораторной работы
3. Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров	3	5	2, 3, 4, 6	Проведение лабораторной работы

6. Исследование характеристик солнечного элемента	0	4	2, 3, 4, 6	Проведение лабораторной работы
Дидактическая единица: Оптоэлектронные системы				
4. Статические характеристики оптопар	4	4	2, 3, 4, 6	Проведение лабораторной работы

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	Контрольные работы	1, 3, 4, 5	15	0
Подготовка к контрольной работе: Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы				
2	РГЗ	1, 2, 3, 4, 5, 6	29	4
: Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы Гридчин В. А. Введение в физику органических светоизлучающих диодов : учебное пособие / В. А. Гридчин, Р. П. Дикарева, Е. А. Макаров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 70, [1] с. : ил., цв. ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216605				
3	Подготовка к занятиям	1, 2, 3, 4, 5, 6	16	4
Подготовка к лабораторной работе: 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 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				
4	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5, 6	20	0
: 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 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				

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
Консультирование	e-mail
Размещение учебных материалов	ЭБС

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>Лабораторная:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "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 "		
<i>Контрольные работы:</i>	8	15
Контролирующие материалы приводятся в "Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы"		
<i>РГЗ:</i>	7	15
Контролирующие материалы приводятся в "Гридин В. А. Введение в физику органических светоизлучающих диодов : учебное пособие / В. А. Гридин, Р. П. Дикарева, Е. А. Макаров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 70, [1] с. : ил., цв. ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216605 "		
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы"		

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

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля			
		Защита Л/Р	Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ПК.1	34. Знать физические эффекты лежащие в основе приборов оптоэлектронных приборов	+	+		+
	38. Знать физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в элементах, приборах и системах оптоэлектроники	+	+	+	+
	у3. Владеть основными методами построения оптоэлектронных систем и приборов	+	+	+	+
	у8. Уметь использовать математический аппарат теории квантовой оптики	+	+	+	+
ПК.5	у5. Уметь правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании приборов квантовой и оптической электроники	+			+

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

7. Литература

Основная литература

1. Дудкин В. И. Квантовая электроника. Приборы и их применение : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки 140400 - "Техническая физика"] / В. И. Дудкин, Л. Н. Пахомов. - М., 2006. - 432 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. Бакланов Е. В. Основы лазерной физики : [учебник] / Е. В. Бакланов ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2011. - 130 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154906
4. Малышев В. А. Основы квантовой электроники и лазерной техники : [учебное пособие для вузов по специальности "Электронные приборы и устройства" направления "Электроника и микроэлектроника"] / В. А. Малышев. - М., 2005. - 542, [1] 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.

Дополнительная литература

1. 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. 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.
5. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
6. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
7. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы
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>
3. 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>
4. Гридчин В. А. Введение в физику органических светоизлучающих диодов : учебное пособие / В. А. Гридчин, Р. П. Дикарева, Е. А. Макаров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 70, [1] с. : ил., цв. ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216605

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Windows

2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Персональный компьютер №3 в комплекте	используется при проведении лабораторных работ

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Квантовая и оптическая электроника 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)
ПК.1/НИ способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	34. Знать физические эффекты лежащие в основе приборов оптоэлектронных приборов	Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Экситонные эффекты. Особенности зонной структуры и оптических свойств полупроводниковых соединений А3В5, Si. Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми, Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Предмет дисциплины и ее задачи. 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. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Символика энергетических состояний атомов. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Матричный элемент. Дипольное приближение. Правила отбора для электронных переходов. Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение. Рассеяние света. Оптические	Контрольные работы Отчет по лабораторной работе, работы 1-4	Экзамен, вопросы 1-11

		характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига.		
ПК.1/НИ	з8. Знать физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в элементах, приборах и системах оптоэлектроники	Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров Волоконно-оптические линии связи. Принцип работы оптоволокну. Типы оптоволокну. Характеристики оптоволокну. Принципы построения ВОЛС. Основные характеристики локальных, городских и магистральных ВОЛС. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. Р-и-п фотодиоды и лавинные фотодиоды. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения. Общая характеристика и особенность полупроводниковых лазеров и светодиодов. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и не прямой структурой энергетических зон. Активные материалы. Гетеросветодиоды. Полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантовых размерных эффектов. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Оптопары. Разновидности, основные характеристики. Области применения оптопар. Спектральные характеристики светоизлучающих диодов Статические характеристики оптопар	Контрольные работы Отчет по лабораторной работе РГЗ, темы 1-20	Экзамен, вопросы 1-30
ПК.1/НИ	у3. Владеть основными методами построения оптоэлектронных систем и приборов	Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров Волоконно-оптические линии связи. Принцип работы оптоволокну. Типы оптоволокну. Характеристики оптоволокну. Принципы построения ВОЛС. Основные	Контрольные работы Отчет по лабораторной работе РГЗ, темы 1-7, 12-20	Экзамен, вопросы 12-30

		характеристики локальных, городских и магистральных ВОЛС. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. Р-и-п фотодиоды и лавинные фотодиоды. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения. Общая характеристика и особенность полупроводниковых лазеров и светодиодов. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и не прямой структурой энергетических зон. Активные материалы. Гетеросветодиоды. Полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантовых эффектов. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Оптопары. Разновидности, основные характеристики. Области применения оптопар. Спектральные характеристики светоизлучающих диодов. Статические характеристики оптопар		
ПК.1/НИ	у8. Уметь использовать математический аппарат теории квантовой оптики	Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров. Волоконно-оптические линии связи. Принцип работы оптоволокон. Типы оптоволокон. Характеристики оптоволокон. Принципы построения ВОЛС. Основные характеристики локальных, городских и магистральных ВОЛС. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. Р-и-п фотодиоды и лавинные фотодиоды. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников.	Контрольные работы Отчет по лабораторной работе РГЗ, темы 1-20	Экзамен, вопросы 12-30, 1-11

		Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения. Общая характеристика и особенность полупроводниковых лазеров и свето-диодов. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и не прямой структурой энергетических зон. Активные материалы. Гетеросветодиоды. Полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Экситонные эффекты. Особенности зонной структуры и оптических свойств полупроводниковых соединений A_3B_5, Si. Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми, Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Оптипары. Разновидности, основные характеристики. Области применения оптипар. Предмет дисциплины и ее задачи. 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. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Символика энергетических состояний атомов. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни. Квантовые переходы. Вероятность перехода.		
--	--	--	--	--

		Матричный элемент. Дипольное приближение. Правило отбора для электронных переходов. Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение. Рассеяние света. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига. Спектральные характеристики светоизлучающих диодов. Статические характеристики оптопар.		
ПК.5/ПК готовность рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники	у5. Уметь правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании приборов квантовой и оптической электроники	Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров. Исследование характеристик солнечного элемента. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. P-i-n фотодиоды и лавинные фотодиоды. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения. Общая характеристика и особенность полупроводниковых лазеров и светодиодов. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и непрямой структурой энергетических зон. Активные материалы. Гетеросветодиоды. Полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Оптопары. Разновидности, основные характеристики. Области применения оптопар. Спектральные характеристики светоизлучающих диодов. Статические характеристики оптопар.	Отчет по лабораторной работе, работы 1-4	Экзамен, вопросы 12-30

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 7 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИ, ПК.5/ПК.

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 ПК.1/НИ, ПК.5/ПК, 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 «Квантовая и оптическая электроника», 7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-15, второй вопрос из диапазона вопросов 16-30 (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 № 1

к экзамену по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»

1. Предмет дисциплины и ее задачи. Стандартная терминология, основные понятия и определения. Метрологические системы квантовой и оптической электроники. Светотехническая и энергетическая система параметров.
2. Инжекционные лазеры на гетеропереходах.

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, 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, оценка составляет 20-26 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, лежащих в основе принципа действия приборов квантовой и оптической электроники, может представить качественные и количественные характеристики данных процессов, проводит анализ причин снижения параметров

приборов, условий их повышения, оценка составляет 27-33 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ параметров приборов квантовой и оптической электроники, выявляет проблемы, предлагает методы повышения параметров приборов, способен представить количественные характеристики, дает характеристику процессов, явлений, лежащих в основе принципа действия приборов квантовой и оптической электроники, способен провести теоретико-математический анализ данных процессов, приводит конкретные примеры из практики, знает перспективы развития данной области науки и техники, 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 «Квантовая и оптическая электроника»

1. Предмет дисциплины и ее задачи. Стандартная терминология, основные понятия и определения. Метрологические системы квантовой и оптической электроники. Светотехническая и энергетическая система параметров.
2. Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи. Принцип Ферма. Элементы квантовой теории излучения. Фотон и его основные свойства. Фотонные коллективы.
3. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Символика энергетических состояний атомов. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни.
4. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Матричный элемент. Дипольное приближение. Правила отбора для электронных переходов.
5. Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
6. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение.
7. Рассеяние света.
8. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига.
9. Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения.
10. Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми, Механизмы излучательной рекомбинации.
11. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции.
12. Общая характеристика и особенность полупроводниковых лазеров и светодиодов.
13. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и непрямой структурой энергетических зон. Активные материалы.
14. Гетеросветодиоды.
15. Полупроводниковые лазеры.
16. Инжекционные лазеры на гетеропереходах.

17. Лазеры на двойныхгетероструктурах.
18. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением.
19. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов.
20. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью.
21. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения.
22. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы.
23. Фотодиоды.
24. Р-і- n фотодиоды и лавинные фотодиоды.
25. Многоэлементные фотоприемники.
26. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников.
27. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения.
28. Оптипары. Разновидности, основные характеристики. Области применения оптипар.
29. Принципы построения ВОЛС. Основные характеристики локальных, городских и магистральных ВОЛС.
30. Типы оптоволокна. Характеристики оптоволокна.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника», 7 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам Светотехническая и энергетическая система параметров оптического излучения, Квантовые переходы. Ширина спектральных линий. Усиление и генерация в квантовых системах. Оптические резонаторы. Моды резонатора и потери. Фотоприемники. Светодиоды, включает 9 заданий. 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 0-7 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если студент при решении половины задач допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные. Оценка составляет 8-10 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если студент при решении одной задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные. Оценка составляет 11-13 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если студент не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. Оценка составляет 14-15 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

1. Кремниевый диод содержит р-п переход на глубине 40 мкм от поверхности р-области. Длина диффузии дырок составляет 30 мкм. Оценить возможность использования данного диода в качестве фотоприемника для света с $\lambda=0.5$ мкм. (Коэффициент поглощения света в Si на указанной длине волны составляет $1.1 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$).
2. Светодиод с непросветлённой поверхностью имеет внутренний квантовый выход 25%. Оценить внешний квантовый выход светодиода, считая показатель преломления полупроводника $n=3.5$.
3. Полупроводниковый лазер имеет длину резонатора 200 мкм, рабочая $\lambda=0.85$ мкм, полоса генерации составляет 3 А°. Определить количество продольных мод, генерируемых лазером. Показатель преломления полупроводниковой среды $n=3.6$.

4. Полупроводниковый лазер имеет длину резонатора 400 мкм, показатель преломления полупроводниковой среды $n=3.5$. Коэффициент усиления света, соответствующий порогу генерации, для данного лазера составляет $G=400 \text{ см}^{-1}$. Определить коэффициент оптических потерь в резонаторе данного лазера.
5. Некорпусированный полупроводниковый лазер погружен в диэлектрическую среду с показателем преломления $n=1.6$. Длина резонатора полупроводникового лазера – 200 мкм, показатель преломления полупроводника $n=3.6$. Коэффициент поглощения света на длине волны генерации лазера составляет 200 см^{-1} . Пренебрегая потерями света на рассеяние внутри резонатора, определить коэффициент усиления света, соответствующий порогу генерации.
6. Полупроводник с показателем преломления n_2 помещен в прозрачную диэлектрическую жидкость с показателем преломления n_1 . На границу раздела жидкость- полупроводник под углом $\alpha = \arctg(n_2/n_1)$ к нормали падает плоская электромагнитная волна р-поляризации. Определить амплитудный и энергетический коэффициенты отражения для данной волны.
7. Полупроводник с показателем преломления $n_2=3$ помещен в диэлектрическую среду с показателем преломления $n_1=1.5$. Определить толщину слоя и показатель преломления оптимального просветляющего покрытия для длины волны света $\lambda_0=400 \text{ нм}$.
8. Оптод с воздушным оптическим каналом состоит из светодиода с внешним квантовым выходом 0.1 и фотодиода с квантовым выходом 0.7. Определить коэффициент передачи по току, если потери в оптическом канале составляют 50 %.
9. Температура АЧТ изменилась при нагревании от 1000 до 3000 К. 1) Во сколько раз увеличилась при этом его энергетическая светимость? 2) На сколько изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? 3) Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральной плотности энергетической светимости.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника», 7 семестр

1. Методика оценки

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны провести анализ основных параметров и шумов приемника или источника излучения или модулятора, указать пути оптимизации параметров данного прибора, проанализировать физические процессы, положенные в основу принципа действия и особенности рассматриваемого прибора, указать режимы работы и схемы включения, привести достоинства и недостатки данного прибора, и области практического применения.

Обязательные структурные части РГЗ.

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

Оцениваемые позиции: основная часть, в которой должен быть анализ объекта диагностирования, теоретико-математический анализ свойств объекта с помощью соответствующих квантово-механических моделей, особенности рассматриваемого прибора, режимы работы и схемы включения, и выводы и заключения, в которых должны содержаться сведения о достоинствах и недостатках данного прибора, и области практического применения.

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 прибора, нет анализа особенностей данного прибора, не указаны области применения, оценка составляет 0-6 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, нет анализа особенностей данного прибора, его шумов и режимов работы, оценка составляет 7-9 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, анализ прибора выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, проведен теоретико-математический анализ процессов, положенных в основу принципа действия прибора, проведен анализ особенностей данного прибора, его шумов и режимов работы, оценка составляет 10-12 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 прибора, проведен анализ особенностей данного прибора, его шумов и режимов работы, проанализированы пути и методы оптимизации параметров приемников или источников излучения, оценка составляет 13-15 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. Светодиоды.
2. Полосковые полупроводниковые лазеры.
3. Лазеры с вертикальным резонатором.
4. Фоторезисторы: собственные и примесные.
5. Фотодиоды на основе р-п перехода.
6. Лавинные фотодиоды.
7. Фотодиоды на основе барьера Шоттки.
8. Абсорбционные модуляторы. Модуляция, основанная на эффекте Франца-Келдыша.
9. Акустооптические эффекты и методы управления параметрами лазерного излучения.
10. Магнитооптические эффекты. Магнитооптические модуляторы на эффекте Фарадея.
11. Электрооптические эффекты Покейса и Керра. Электрооптические модуляторы света.
12. Материалы и типы СД.
13. Элементная база ВОЛС. Виды ВОЛС.
14. Оптические резонаторы. Моды резонаторов.
15. Инжекционные ДГС-лазеры.
16. Органические светоизлучающие диоды.
17. Каскадные лазеры.
18. Лазеры на гетероструктурах с распределенной обратной связью.
19. Фоторезисторы на основе структур с квантовыми точками (QDIP–фоторезисторы).
20. Фотодиоды на основе квантово-размерных структур.

Паспорт лабораторных работ

по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника», 7 семестр

1. Методика оценки

Защита лабораторной работы проводится после выполнения лабораторной работы и предоставления отчета по лабораторной работе в устной форме, по вопросам, приведенным в конце каждой лабораторной работы в методическом пособии «Квантовая и оптическая электроника : методические указания к лабораторным работам для 4 курса РЭФ [сост.: В. А. Гайслер, Н. И. Филимонова].- Новосибирск, 2009. 37с. Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3734.pdf>. В ходе защиты преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы, касающиеся методики измерения и порядка выполнения работы.

К выполнению лабораторных работ следует приступать после изучения необходимого материала по данной теме из рекомендованной литературы. Все измерения проводить в соответствии с правилами техники безопасности. Отчет должен содержать : 1) цель работы, 2) таблицу , содержащую прямые и косвенные измерения, 3) графики полученных зависимостей, 4) расчет необходимых параметров и выводы, в которых должны быть приведены расчетные параметры и анализ полученных зависимостей. Графики следует на миллиметровой бумаге с помощью чертежных инструментов или на компьютере в соответствующей программе. На осях координат должны быть указаны откладываемые значения и единицы их измерения. Порядок выполнения и номера лабораторных работ определяется номером в групповом журнале

2. Критерии оценки лабораторной работы :

Работа считается не выполненной, если не проведены необходимые измерения, не определены необходимые параметры, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, не владеет методикой измерения, оценка составляет 0-2 баллов

Работа считается выполненной на **пороговом уровне**, если произведены необходимые измерения, определены необходимые параметры, но в расчетах допущены ошибки, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет 3 балла

Работа считается выполненной на **базовом уровне**, если произведены необходимые

измерения, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, лежащих в основе принципа действия приборов квантовой и оптической электроники, может представить качественные и количественные характеристики данных процессов, определенные из данных, полученных в результате выполнения лабораторной работы, оценка составляет 4 балла

Работа считается выполненной на **продвинутом уровне**, если студент уверенно владеет методикой измерения необходимых характеристик и может представить качественные и количественные параметры, определенные из данных, полученных в результате выполнения лабораторной работы, при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ параметров приборов квантовой и оптической электроники, выявляет проблемы, предлагает методы повышения параметров приборов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет 5 баллов

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за лабораторные работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. В семестре предусмотрено выполнение 4 лабораторных работы, максимальная сумма баллов за все 4 работы -20 .

Образец титульного листа лабораторной работы
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Лаборатория №120^б

Лабораторная работа №. 3

**Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых
лазеров.**

Выполнил:

Иванов И.И

Группа РНТ4-41

Дата

Принял:

Преподаватель

Новосибирск